



UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA  
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

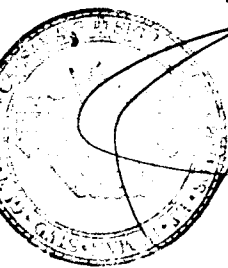
Ciudad Universitaria, s/n.  
Teléfono 55 16 47  
50009 ZARAGOZA

DR. D. JOSÉ MIGUEL OLTRA TOMAS, PROFESOR  
TITULAR Y SECRETARIO DE LA FACULTAD DE  
FILOSOFIA Y LETRAS DE ESTA UNIVERSIDAD:

CERTIFICO: Que según los antecedentes  
que obran en esta Secretaría, D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Carmen  
**GRANELL PEREZ**, ha verificado en esta Facultad la  
lectura de su Tesis Doctoral en fecha 24 de enero de  
1991, obteniendo la calificación de APTO CUM  
LAUDE.

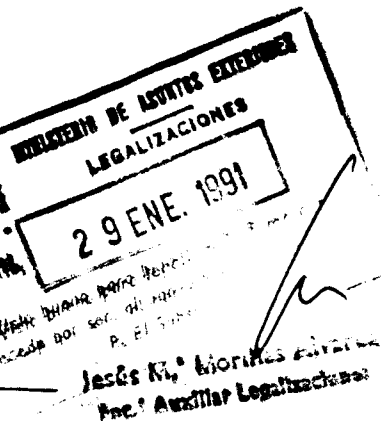
Y para que conste, expido el presente en  
Zaragoza a veinticinco de enero de novecientos  
noventa y uno.

Vº Bº  
EL DECANO



o buro en el  
DE EDUCACION Y CIENCIA  
para legalizar la firma de Don  
Guillermo Redondo  
Veintemillas Dera.  
u o de la Fac. Filosofia  
y Letras Univ. Zaragoza  
por ser, al parecer, la suya.  
Madrid, 28.1.91

EL SU SECRETARIO  
DE EDUCACION Y CIENCIA  
D. Resolución 10-11-89



UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

EROSIÓN Y PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

EN LA CUENCA DEL RÍO PARDINHO, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Tesis Doctoral elaborada por:

MARÍA DEL CARMEN GRANELL PÉREZ

Dirigida por:

Dr. FRANCISCO PELLICER CORELLANO  
(Universidad de Zaragoza)

Dra. DIRCE MARIA ANTUNES SUERTEGARAY  
(Universidad Federal de Rio Grande do Sul)

Zaragoza, enero de 1.991.

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

1. La cuenca del río Pardino	1
2. Materiales y métodos	4

## Capítulo I: LOS FACTORES NATURALES Y SU DINÁMICA

1. Estructura geológica	9
1.1. Evolución geológica del margen sureste de la Cuenca del Paraná	9
1.2. El dispositivo litofacial	10
Conclusiones	14
2. Génesis y evolución de la Depresión Periférica Gaucha	15
Conclusiones	18
3. Clima	19
3.1. La dinámica atmosférica regional	20
3.2. Los factores del clima local	21
3.3. El régimen de las precipitaciones	22
3.4. El régimen de las temperaturas	24
3.5. El clima regional	24
3.6. El balance hídrico	25
Conclusiones	27
4. Relieve	50
4.1. Altitud y energía del relieve	50
4.2. La compartimentación del relieve	51
4.2.1. La sierra	51
4.2.2. El llano	53
4.3. La red hidrográfica	54
Conclusiones	57
5. Suelos	60
5.1. Asociación de tierras pardas estructuradas y litosoles	61
5.2. Asociación de tierras <i>roxas</i> estructuradas y brunizens rojizos	61

5.3. Asociación de suelos podzólicos pardo grises, tierras pardas estructuradas y litosoles .....	62
5.4. Asociación de suelos podzólicos pardo grises y planosoles .....	62
5.5. Suelos podzólicos rojo oscuros .....	63
5.6. Cambisoles .....	63
5.7. Asociación de litosoles y brunizens rojizos .....	64
Conclusiones .....	64
6. Cubierta vegetal espontánea .....	66
6.1. La vegetación potencial .....	66
6.1.1. Los bosques .....	68
6.1.2. Los <i>campos</i> con <i>capões</i> y bosque galería .....	71
6.2. La vegetación secundaria .....	72
6.2.1. Las <i>capoeiras</i> .....	74
6.2.2. Los <i>potreiros</i> .....	75
Conclusiones .....	75

## Capítulo II. LOS FACTORES ANTRÓPICOS Y SU DINÁMICA

1. Proceso de formación del espacio agrario .....	78
1.1. El sistema de colonización .....	79
1.2. Los sistemas agrícolas derivados de la colonización .....	83
1.3. La regresión forestal y la ampliación del espacio agrario .....	85
1.4. La tendencia hacia la especialización agrícola .....	90
Conclusiones .....	91
2. Configuración del paisaje agrario .....	95
2.1. El hábitat .....	95
2.1.1. La distribución general .....	95
2.1.2. Los núcleos concentrados .....	98
2.2. Las vías de comunicación .....	99
2.3. Los usos del suelo .....	100
2.3.1. Los usos agrícolas .....	103
2.3.2. Los usos ganaderos .....	105
2.3.3. Los usos agrícolas y ganaderos .....	105
2.3.4. Los usos forestales .....	106
2.3.5. Los usos urbano industriales .....	107
Conclusiones .....	107
3. Estructura agraria: la agricultura familiar campesina .....	114
3.1. La fragmentación de las explotaciones .....	116
3.2. La fuerza de trabajo .....	119
3.3. La dependencia y el endeudamiento .....	122
3.4. Las inversiones productivas y la capacidad tecnológica .....	127
Conclusiones .....	129

4. Prácticas agrícolas .....	131
4.1. El policultivo .....	131
4.1.1. Las parcelas agrícolas .....	132
4.1.2. El ciclo biológico de las cultivos .....	134
4.1.3. Los caminos <i>da roça</i> .....	135
4.2. Los sistemas de cultivo .....	136
4.2.1. El barbecho en <i>capoeira</i> .....	136
4.2.2. Los cultivos promiscuos o continuos .....	137
4.2.3. La rotación de cultivos .....	138
4.2.4. Los cultivos alternados o en franjas .....	138
4.2.5. Los arropes vegetales .....	139
4.2.6. La labranza de contorno .....	139
4.3. El cultivo del tabaco .....	140
4.3.1. El proceso de cultivo .....	140
4.3.2. La cosecha .....	142
4.3.3. El secado .....	143
4.4. La maquinaria agrícola .....	143
Conclusiones .....	144

### Capítulo III. LA DINÁMICA MORFOGENÉTICA: MATERIALES Y FLUJOS

1. La respuesta litológica .....	161
1.1. Materiales muy resistentes .....	161
1.2. Materiales medianamente resistentes .....	162
1.3. Materiales medianamente deleznales .....	163
1.4. Materiales muy deleznales .....	163
Conclusiones .....	164
2. La escorrentia .....	165
2.1. El balance de escorrentia del río Pardiniho .....	165
2.2. La movilización de la escorrentia .....	168
2.2.1. Las superficies de avenamiento .....	168
2.2.2. La energía del relieve .....	170
Conclusiones .....	172

### Capítulo IV. LA DINÁMICA MORFOGENÉTICA: FORMAS Y PROCESOS

Introducción .....	184
1. Formas estructurales .....	186
1.1. Los rellanos estructurales .....	186
1.2. Los escarpes en basalto .....	186
1.3. Los cerros testigo y los anteceros .....	187
1.4. Los <i>gamelões</i> .....	187

2. Superficies de erosión degradadas .....	189
2.1. Superficie culminante ( $S_1$ ) .....	189
2.2. Superficie inferior ( $S_2$ ) .....	190
3. Modelado fluvial .....	191
3.1. Formas de denudación .....	192
3.1.1. Los valles .....	193
3.1.2. Los lechos rocosos .....	195
3.1.3. Los cauces meandriiformes .....	197
3.2. Formas de acumulación .....	200
3.2.1. Llanura de inundación .....	201
3.2.2. Terrazas fluviales .....	202
3.2.3. Conos de deyección .....	205
4. El modelado de laderas y formas menores .....	206
4.1. Laderas complejas con acusado control estructural .....	206
4.2. Laderas complejas solifluidales .....	208
4.3. Laderas convexas en <i>coxilhas</i> .....	209
Conclusiones .....	211

## Capítulo V. UNIDADES HOMOGÉNEAS

1. Proceso de zonificación .....	216
2. Unidades espaciales homogéneas .....	219
2.1. Sector I .....	219
2.2. Sector II .....	220
2.3. Sector III .....	221
2.4. Sector IV .....	222
2.5. Sector V .....	223
Conclusiones .....	224

CONCLUSIONES GENERALES .....	225
------------------------------	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	229
----------------------------------	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Balance hídrico normal en Santa Cruz do Sul .....	26
Tabla 2. Altitudes absolutas .....	50
Tabla 3. Energía del relieve .....	51
Tabla 4. Parámetros lineales de la red hidigráfica .....	56
Tabla 5. Superficie desforestada en la colonia de Santa Cruz (1849-1879) .....	86
Tabla 6. Evolución de la superficie forestal en la cuenca del río Pardino (1849-1986) ....	87
Tabla 7. Producción de tabaco seco en el municipio de Santa Cruz do Sul (1989) .....	88
Tabla 8. Producción de leña en el municipio de Santa Cruz do Sul (1980) .....	88
Tabla 9. Repoblaciones con especies productoras de leña en el municipio de Santa Cruz do Sul (1975-1980) .....	89
Tabla 10. Distribución de las tierras en la colonia de Santa Cruz (1849-1879) .....	90
Tabla 11. Extensión, densidad e índices de desviación de la red viária en la cuenca del río Pardino .....	100
Tabla 12. Población absoluta y crecimiento intercensal, municipios de Santa Cruz do Sul y Vera Cruz (1960-1990) .....	120
Tabla 13. Población rural y superficie agrícola utilizada, cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul (1980) .....	121
Tabla 14. Composición del valor total de la producción agraria, cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul (1980) .....	123
Tabla 15. Renta agraria y población ocupada en el sector agrario, cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul (1980) .....	123
Tabla 16. La financiación agraria y su aplicación, cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul (1980) .....	124
Tabla 17. Composición de las inversiones agrarias, cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul (1980) .....	127
Tabla 18. Composición de las inversiones en bienes inmuebles, cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul (1980) .....	128
Tabla 19. Caudales mensuales medios del río Pardino, aforo de Santa Cruz do Sul .....	166
Tabla 20. Caudales medios mensuales alcanzados o sobrepasados por el río Pardino .....	167
Tabla 21. Parámetros superficiales de seis subcuencas seleccionadas .....	169
Tabla 22. Parámetros hipsométricos de seis subcuencas seleccionadas .....	171

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de la cuenca del río Pardino en el Estado de Rio Grande do Sul, Brasil .....	3
Figura 2. Centros de acción atmosférica en Rio Grande do Sul (E. Nimer) .....	29
Figura 3. Distribución estacional de la precipitación y días de lluvia en Santa Cruz do Sul .....	30
Figura 4. Variación estacional de la precipitación, temperatura y humedad relativa en Santa Cruz do Sul .....	30
Figura 5. Variación mensual de la precipitación máxima en 24 horas y de los días de lluvia en Santa Cruz do Sul .....	31
Figura 6. Mapa de isoyetas anuales en la Región Sur del Brasil (E. Nimer) .....	32
Figura 7. Desvío medio anual de las precipitaciones en relación a la precipitación normal (%), Región Sur (E. Nimer) .....	33
Figura 8. Mapa de precipitación anual. Cuenca del río Pardino .....	34
Figura 9. Mapa de días de lluvia al año. Cuenca del río Pardino .....	35
Figura 10. Mapa de precipitación en verano. Cuenca del río Pardino .....	36
Figura 11. Mapa de precipitación en otoño. Cuenca del río Pardino .....	37
Figura 12. Mapa de precipitación en invierno. Cuenca del río Pardino .....	38
Figura 13. Mapa de precipitación en primavera. Cuenca del río Pardino .....	39
Figura 14. Variación mensual de la temperatura en Santa Cruz do Sul .....	40
Figura 15. Mapa de temperatura media anual. Cuenca del río Pardino .....	41
Figura 16. Mapa de temperatura media en enero. Cuenca del río Pardino .....	42
Figura 17. Mapa de temperatura media en abril. Cuenca del río Pardino .....	43
Figura 18. Mapa de temperatura media en julio. Cuenca del río Pardino .....	44
Figura 19. Mapa de temperatura media en octubre. Cuenca del río Pardino .....	45
Figura 20. Relación entre temperatura media mensual y precipitación mensual en Santa Cruz do Sul .....	46
Figura 21. Relación entre temperatura media mensual y humedad relativa mensual en Santa Cruz do Sul .....	46
Figura 22. Diagrama ombrotérmico correspondiente a Santa Cruz do Sul .....	47
Figura 23. Variación anual del balance hídrico normal en Santa Cruz do Sul .....	48
Figura 24. Curso anual normal de la disponibilidad hídrica de Santa Cruz do Sul, calculada por el método de Thornthwaite para 100 mm de capacidad de recarga .....	49
Figura 25. Perfiles seriados .....	59
Figura 26. Estructura del bosque subtropical sin <i>Araucaria angustifolia</i> .....	77
Figura 27. Estructura del bosque subtropical con <i>Araucaria angustifolia</i> (pinheiro) .....	77



Figura 28. Evolución de la población en la colonia de Santa Cruz, 1.850 a 1.872 .....	93
Figura 29. Evolución de los aprovechamientos agrícolas en la cuenca del río Pardino, 1.950 a 1.990 .....	94
Figura 30. Planos urbanos de Santa Cruz do Sul, Vera Cruz y Sinimbu .....	109
Figura 31. Superficies relativas dedicadas a diferentes usos del suelo en la cuenca del río Pardino, 1.986 .....	110
Figura 32. Superficies relativas dedicadas a diferentes usos del suelo en la cuenca del río Pardino, 1.965 .....	112
Figura 33. Regímenes de tenencia de la tierra en la cuenca del río Pardino, 1.985 .....	145
Figura 34. Evolución de la dimensión media de las explotaciones agrarias en la cuenca del río Pardino, 1.849 a 1.985 .....	145
Figura 35. Distribución de explotaciones y superficie, por dimensiones de explotación, en la cuenca del río Pardino, 1.960 y 1.985 .....	146
Figura 36. Porcentajes acumulados de explotaciones y superficie, por dimensiones de explotación, en la cuenca del río Pardino, 1.960 y 1.985 .....	147
Figura 37. Distribución de explotaciones y superficie, por dimensiones de explotación, en Rio Grande do Sul, 1.960 y 1.980 .....	148
Figura 38. Porcentajes acumulados de distribución de explotaciones y superficie, por dimensiones de explotación, en Rio Grande do Sul, 1.960 y 1.980 .....	149
Figura 39. Distribución de explotaciones y superficie por estratos de dimensión de explotaciones. Cuenca del río Pardino (1960, 1970, 1980 y 1985) y Rio Grande do Sul (1960 y 1980) .....	150
Figura 40. Distribución por edades de la población residente en los municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1.980 .....	151
Figura 41. Evolución de las poblaciones urbana y rural en los municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1.970 a 1.980 .....	152
Figura 42. Empleo temporario en actividades agrarias en los municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1.980 .....	152
Figura 43. Población ocupada en actividades agrarias, por categorías de ocupación, en los municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1.970 y 1.980 .....	153
Figura 44. Población con menos de 14 años de edad, ocupada en actividades agrarias, en los municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1.970 y 1.980 .....	153
Figura 45. Evolución de la participación de los sectores económicos en el valor total de la producción. Cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul, 1.959 a 1.980 .....	154
Figura 46. Participación de la producción agrícola, ganadera y forestal en el valor total de la producción agraria. Cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul, 1.980 .....	155
Figura 47. Composición del valor de la producción agrícola en la cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul, 1.980 .....	155
Figura 48. Estructura tecnológica agraria en la cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul, 1.980 .....	156
Figura 49. Índice de tractorización en la cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul, 1.980 .....	157
Figura 50. Superficies dedicadas a cultivos permanentes y temporarios en la cuenca del río Pardino, 1.980 y 1.990 .....	158

Figura 51. Usos del suelo en una explotación que cultiva tabaco (V. E. Etges) .....	159
Figura 52. Usos del suelo en una explotación que no cultiva tabaco (V. E. Etges) .....	160
Figura 53. Perfil longitudinal del río Pardinho .....	174
Figura 54. Ritmo anual de las aguas del río Pardinho .....	175
Figura 55. Frecuencia de los caudales medios mensuales alcanzados o sobrepasados por el río Pardinho .....	175
Figura 56. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Sinimbuzinho .....	176
Figura 57. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Pintado .....	177
Figura 58. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Marcondes .....	178
Figura 59. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Linha Santa Cruz .....	179
Figura 60. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Manoelito .....	180
Figura 61. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Chagas .....	181
Figura 62. Perfiles topográficos de las cuencas de los arroyos Sinimbuzinho, Pintado, Marcondes, Linha Santa Cruz, Manoelito y Chagas .....	182
Figura 63. Curvas hipsométricas de las subcuencas .....	183
Figura 64. Perfiles de laderas complejas con marcado control estructural .....	214
Figura 65. Perfiles de laderas complejas solifluidales .....	215
Figura 66. Perfiles de laderas convexas en <i>coxilhas</i> .....	215

## ÍNDICE CARTOGRÁFICO

- Mapa 1. Litología.
- Mapa 2. Altitudes absolutas.  
Perfiles topográficos.
- Mapa 3. Pendientes.
- Mapa 4. Unidades topográficas.
- Mapa 5. Red hidrográfica.
- Mapa 6. Suelos.
- Mapa 7. Vegetación potencial.
- Mapa 8. Distribución del hábitat.
- Mapa 9. Usos del suelo (1965).
- Mapa 10. Usos del suelo (1986).
- Mapa 11. Geomorfología.
- Mapa 12. Unidades homogéneas.
- Mapa 13. Mapa catastral del municipio de Santa Cruz do Sul, 1.922 (Anexo).

## INTRODUCCIÓN

### 1. LA CUENCA DEL RÍO PARDINHO.

La riqueza de variables que contribuyen a configurar el espacio geográfico brasileño y las fuertes contradicciones que la combinación de las mismas origina, se ponen de manifiesto con independencia de la escala territorial de análisis que se utilice al abordar un estudio geográfico.

Las regiones de colonización europea reciente del sur del Brasil, suelen asociarse a una imagen de prosperidad, basada en una agricultura eficaz, en la que hombre y naturaleza se integran armoniosamente, de tal forma que el progreso socioeconómico y la conservación de la tierra productiva parecen andar unidos. Esta simplificación contribuye a falsear el deficiente y parcial conocimiento que, no sólo fuera sino dentro del país, se divulga a través de los manuales de Geografía.

En este estudio, se ha descendido a la escala espacial de una cuenca hidrográfica de 1.075 km<sup>2</sup>, delimitados por las coordenadas 52° 21' 30", 50° 40' 30" de longitud oeste y 29° 14' 30", 29° 52' 30" de latitud sur, localizada en Rio Grande do Sul, el Estado más meridional del país (Figura 1).

La ocupación y organización territorial de la región en que se inscribe la cuenca del río Pardino, tuvo inicio a mediados del siglo pasado con la instalación de la colonia de Santa Cruz, destinada a asentar inmigrantes de origen alemán. El sistema de colonización determinó la división del territorio en unidades agrícolas de producción familiar, cuya posterior subdivisión por motivos de herencia resultó incompatible con la práctica del sistema de agricultura itinerante adoptado por los colonos. La necesidad de generar volúmenes crecientes de productos agrícolas y el crecimiento de la población, aceleraron la roturación de las tierras forestales y contribuyeron a la progresiva disminución del tamaño medio de las explotaciones.

La estructura minifundista que caracteriza al espacio agrario actual y la sobrevivencia de prácticas agrícolas con alto impacto ambiental, están estrechamente relacionadas al cultivo del tabaco, típico producto de exportación cuyo procesamiento y comercialización se encuentra controlado por el capital multinacional de la agroindustria tabaquera.

Los límites administrativos de seis municipios se sobreponen al área de la cuenca, sin que ninguno de ellos inscriba dentro de la misma su superficie total. La relación de municipios y la proporción de área de la cuenca que corresponde a cada término es la siguiente: Santa Cruz do Sul 79,1%, Vera Cruz 9,2%, Rio Pardo 5,2%, Lajeado 3,5%, Venâncio Aires 2,1%, Barros Cassal 0,9%. Esta división municipal se ha alterado en 1.990 con la creación del nuevo municipio de Boqueirão do Leão sobre parte de los términos de Santa Cruz do Sul y Lajeado.

El 90,4% de la superficie de la cuenca se inscribe en la *Microrregião Fumicultora de Santa Cruz do Sul*, nº 314 del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), a la que pertenecen los municipios de Santa Cruz do Sul, Vera Cruz y Venâncio Aires.

De las cuatro regiones coloniales de Rio Grande do Sul (*Serra Geral, Alto Uruguai, Planalto Médio-Missões, Serras do Sudeste*), la cuenca estudiada se localiza en la primera, *Serra Geral*, donde se instalaron las colonias creadas en la segunda mitad del siglo XIX.

Dentro de los grandes conjuntos geomorfológicos de Rio Grande do Sul, el territorio de la cuenca participa del *Planalto Basáltico* y de la *Depressão Periférica Gaucha*. Al primero corresponden las tierras altas y llanas de la cabecera, situadas por encima de los 600 m. de altitud, y los relieves vigorosos de la zona serrana entre 100 y 600 m. Al segundo, las tierras bajas y llanas del extremo meridional, entre 100 y 17 m.

En relación a los grandes conjuntos fitoecológicos del Estado sureño, se encuentran representados en la cuenca el *bosque subtropical húmedo* (parte de las tierras altas, zona serrana y parte de las tierras bajas) y los *campos* herbáceos y arbustivos (parte de las tierras altas y bajas).

La cuenca del río Pardinho se integra en el sistema hidrográfico del río *Jacui* que drena hacia el Atlántico buena parte de la Depresión Periférica Gaucha. La elección de una cuenca hidrográfica como unidad de observación y análisis de los fenómenos de degradación relacionados con las prácticas agrícolas, parte de considerar a dicha unidad un conjunto territorial adecuado para abordar la compleja interacción hombre-naturaleza.

La unidad cuenca hidrográfica, integrada por el conjunto de interfluvios drenados por una red fluvial, constituye un complejo sistema cuyo conocimiento ayuda a comprender el funcionamiento de un territorio. Las modificaciones ocurridas en la dinámica de sus laderas, tales como cambios en la cobertura vegetal y en el uso de la tierra, fenómenos erosivos de consideración, o las actuaciones que alteran la estructura general del paisaje (urbanización, vías de comunicación, desmontes, etc.), repercuten en la estructura de la red colectora de flujos hídricos y materiales. De forma similar, las modificaciones sufridas por la red de drenaje (variaciones en los niveles de base locales, rectificaciones de canales de avenamiento, captaciones de caudal, etc.) transmiten variaciones de flujo energético hacia las laderas de los interfluvios alterando su propia dinámica.

El estudio de la erosión y las prácticas agrícolas ha sido abordado en tres niveles de análisis, diferentes y complementarios, que se derivan del enfoque sistémico adoptado. A nivel regional, se analizan los sistemas controladores y sus efectos morfogenéticos. A nivel de la cuenca hidrográfica, se analiza la génesis, distribución y evolución de las formas y de los procesos. A nivel local, se estudia la interacción dinámica formas-procesos y se establece una zonificación de áreas homogéneas por su estado actual de degradación erosiva. Este cambio de escala permite, invirtiendo el proceso, extraer, posteriormente, conclusiones de carácter general para el conjunto de la cuenca o para áreas determinadas de la misma.

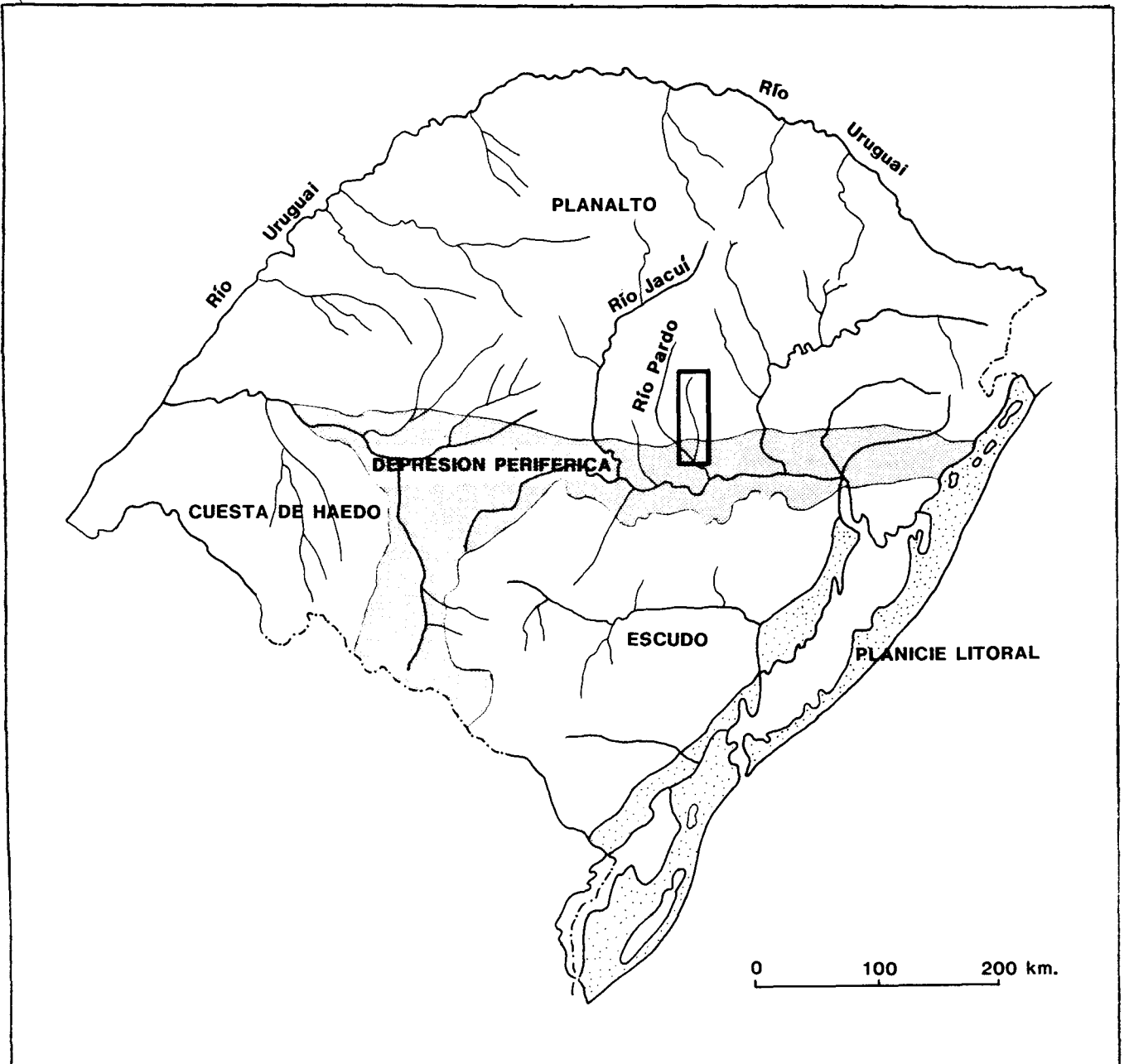


Figura 1. Mapa de localización de la cuenca del río Pardino en el Estado de Rio Grande do Sul, Brasil.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales.

El material básico de que se ha podido disponer para realizar el trabajo, ha sido escaso y no siempre apropiado, razón que ha condicionado buena parte del proceso de estudio.

#### a) Material cartográfico:

- Mapas climáticos, escala aproximada 1:2.000.000, del *Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul*, editado por el IPAGRO (1989), organismo de la Secretaría de Agricultura y Abastecimiento de Rio Grande do Sul.

- Mapas: geológico, geomorfológico, de evaluación del relieve, suelos y vegetación, escala 1:1.000.000, correspondientes al Proyecto RADAMBRASIL (1986).

- Mapas: geológico, geomorfológico, suelos y capacidad de uso del suelo, escala 1:750.000, elaborados por el Ministerio de Agricultura (1973).

- Mapa geológico de Rio Grande do Sul, escala 1:1.000.000, elaborado por el Instituto de Geociencias de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (1974).

- Mapa geológico de Rio Grande do Sul, escala 1:750.000, elaborado por el Departamento Nacional de Producción Mineral (1990).

- Mapa geológico, escala 1:100.000, elaborado por el Instituto de Geociencias de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (1982).

- Mapas topográficos, en escala 1:50.000, elaborados por la Directoría del Servicio Geográfico del Ministerio del Ejército (1980).

#### b) Fotografías aéreas e imágenes orbitales:

- 58 fotografías aéreas verticales, pancromáticas en blanco y negro, escala 1:60.000, obtenidas en vuelos efectuados entre 1.964 y 1.965.

- Una imagen LANDSAT TM-5 falso color, bandas 3-4-5, escala 1:100.000, de noviembre de 1.986.

#### c) Otros materiales.

- La fotointerpretación fue realizada con un estereoscopio de espejos dotado de barra de paralajes.

- En la adaptación de escalas cartográficas, fue utilizado un transferidor manual de cámara oscura.

- La planimetría cartográfica se realizó con auxilio de un planímetro convencional.

- En las mediciones cartográficas lineales se utilizó un curvómetro convencional.

## B. Métodos.

La constatación previa de los fenómenos: (a) sustitución del bosque espontáneo por tierra de labor, (b) avanzado estado de degradación de las tierras cultivadas en laderas y (c) convivencia de una agricultura de subsistencia lado a lado de otra esencialmente comercial relacionada al cultivo de tabaco, planteó el siguiente interrogante: ¿cómo y en qué grado los aprovechamientos agrarios y sistemas de cultivo contribuyen a alterar la dinámica morfogenética de la cuenca?

La búsqueda de respuestas parte de admitir que la unidad cuenca constituye un sistema medioambiental abierto y complejo, en el que las propiedades de factores naturales y antrópicos interactúan de tal forma que, generando procesos nuevos o intensificando los ya existentes, modifican la dinámica del sistema, pudiendo desplazarlo tanto hacia estadios de mayor estabilidad como hacia una inestabilidad progresiva.

El estudio pretende alcanzar cuatro objetivos que se considera pueden responder, al menos parcialmente, al interrogante inicial:

- conocer las propiedades de los diferentes factores que controlan el sistema medioambiental de la cuenca,
- interpretar su dinámica morfogenética a través de las interacciones formas-procesos y procesos-formas,
- identificar las principales manifestaciones de erosión acelerada,
- espacializar sus impactos negativos más significativos y establecer una zonificación de áreas por su estado actual de degradación erosiva.

Como inicio de la primera etapa de trabajo se procedió a recopilar los estudios realizados hasta el momento sobre la zona:

- Dos trabajos exploratorios para el conjunto de Rio Grande do Sul: *Levantamento e avaliação dos recursos naturais, socio-econômicos e institucionais do Rio Grande do Sul* (1973), elaborado por el ya extinguido Instituto de Colonización y Reforma Agraria (INCRA), y *Levantamento de recursos naturais*, volumen 33, correspondiente al Proyecto RADAMBRASIL (1986). Ambos trabajos cuentan con el apoyo de imágenes de radar en escalas 1:100.000.

- Dos estudios descriptivos y carentes de apoyo cartográfico: *Viagem pela Província do Rio Grande do Sul*, narrativa del viaje realizado en 1.858 por R. AVÉ-LALLEMANT, y *A fisionomia do Rio Grande do Sul* (RAMBO, B., 1956).

- Un estudio de vegetación espontánea: *A vegetação no Rio Grande do Sul*, realizado por C. A. M. LINDMAN en 1.906.

- Un estudio de geología: *Estudo geológico dos sedimentos do Gondwana na região de Candelária e Santa Cruz do Sul* (MONTARDO, D. K., 1982).

- Seis estudios de carácter histórico, demográfico o geográfico: *Os colonos alemães de Santa Cruz do Sul e a fumicultura* (CUNHA, J. L. da, 1988); *Sujeição e resistência: os camponeses gauchos e a industria do fumo* (ETGES, V. E., 1990); *Santa Cruz do Sul. Estudo demográfico* (GODINHO R. E., y otros, 1980); *Do núcleo colonial ao capitalismo monopolista. Produção de fumo em Santa Cruz do Sul* (MONTALI, L. T., 1979); *A colonização alemã e o Rio Grande do Sul* (ROCHE, J., 1969), y *Capítulos de Geografia do Brasil* (WAIBEL, L., 1979).



A continuación, se buscó una fundamentación teórica y metodológica que permitiese abordar la integración sistémica de aspectos naturales y antrópicos a estudiar, y orientase la sistematización del proceso de trabajo. Fueron consultados en esta fase los temas y autores que se relacionan a seguir, cuyas aportaciones irán apareciendo a lo largo del trabajo:

- Estudios relacionados, directa o indirectamente, con la morfogénesis tropical: A. N. AB'SÁBER (1949, 1969, 1970), J. J. BIGARELLA (1965), J. J. BIGARELLA y M. R. MOUSINHO (1965), J. DEMANGEOT (1976), A. KERN (1982), M. F. THOMAS (1979), J. TRICART (1974, 1979), J. TRICART y A. CAILLEUX (1955).

- Estudios sobre sistemas medioambientales, procesos fluviales, procesos y manifestaciones de erosión hídrica y suelos: F. FOURNIER (1960), A. C. IMENSON (1988), I. J. JACKSON (1977), M. J. KIRBY y R. P. C. MORGAN (1980), D. KNIGHTON (1984), E. LEFF (1984), L. B. LEOPOLD y W. B. LANGBEIN (1962), J. MARTINEZ-ALIER (1989), M. O'CONNOR (1989), S. A. SCHUMM (1977), V. B. SOTCHAVA (1977).

- Estudios climáticos generales y regionales: E. NIMER (1977, 1986), L. R. RATABONA (1976), A. TUBELIS y F. J. L. do NASCIMENTO (1980).

- Estudios relacionados con geografía, economía y sociología agrarias: C. BLASCO VIZCAÍNO (1980), B. A. KÜCHEMANN (1980), E. PÉREZ TOURIÑO (1983).

- Estudios históricos y económicos referidos al Brasil: F. H. CARDOSO (1962), C. FURTADO (1975), C. PRADO JUNIOR (1984).

La dinámica productivista y acumulativa que caracteriza a la actividad económica, interfiere en los procesos de organización y diferenciación ecológica, dando lugar a sistemas medioambientales abiertos y complejos en los que procesos naturales y sociales evolucionan conjunta e interdependientemente (O'CONNOR, M., 1989; MARTINEZ-ALIER, J., 1989). En este contexto, las articulaciones que se producen entre productividad ecológica de los recursos naturales, productividad tecnológica de los procesos de transformación y productividad social de la organización productiva (LEFF, E., 1984), hacen necesario adoptar un enfoque global cuando se trata de estudiar la cuestión ambiental en general, o los procesos de degradación de un territorio en particular.

J. L. F. TRICART (1987) propone abordar el fenómeno de degradación de tierras, una de las manifestaciones de degradación ambiental de un territorio, desde una perspectiva sistémica, situando el problema en la interfase medio natural-sociedad. Dicha interfase, ejemplificada por el autor en la unidad espacial parcela agrícola, resulta de la interacción entre el conjunto de componentes del medio natural (litología, evolución geomorfológica, suelos, clima) y la estructura agraria (estructura socioeconómica, demografía, técnicas, tradiciones culturales).

V. B. SOTCHAVA (1977) señala entre las tareas claves de la Geografía Física al abordar el estudio de los geosistemas, el análisis sistémico de las conexiones espaciales en las más diversas escalas y el estudio de la influencia de los factores socioeconómicos sobre el ambiente natural y en el pronóstico de geosistemas futuros.

La combinación y estrecha interdependencia de procesos complejos-elementales y procesos dominantes-subordinados que caracteriza a un sistema morfogenético (TRICART, J. y CAILLEUX, A., 1965), son función de las condiciones ambientales (físicas y biológicas)

dominantes en un territorio y, en una escala temporal y cualitativamente diferente, de la intervención antrópica sobre el mismo.

La unidad espacial cuenca hidrográfica permite abordar la integración de procesos naturales y antrópicos por constituir un sistema abierto cuya dinámica se expresa a través de un flujo de entradas (precipitaciones) y salidas (escorrentía y materiales) intermediado por la energía de los procesos morfogenéticos (LEOPOLD, L. B. y LANGBEIN, W. B., 1962; SCHUMM, S. A., 1977).

A. C. IMENSON (1988) recomienda abordar la problemática relacionada con la erosión y degradación de suelos, a partir de la cuenca vertiente, dado que dichos procesos afectan al ciclo hidrológico y al movimiento de agua y nutrientes a lo largo de los cauces.

La segunda etapa del trabajo consistió en realizar el inventario de datos e informaciones que permitiese caracterizar las propiedades de los factores de orden natural y antrópico que contribuyen a controlar la dinámica funcional del sistema cuenca. La valoración de las mismas permitió conocer el funcionamiento específico de los principales subsistemas controladores, las estrechas interacciones existentes entre ellos, la dinámica que les imprimen las dimensiones espacial y temporal, y los efectos diferenciados que su actuación origina sobre el paisaje.

La morfodinámica de una cuenca hidrográfica refleja la actuación de procesos morfogenéticos pasados, no funcionales, y presentes o funcionales. A su vez, la evolución morfológica interfiere en el desarrollo cualitativo y cuantitativo de los procesos modeladores del relieve. Formas derivadas y procesos están condicionados por una serie de factores que controlan el dinamismo del sistema morfogenético. Cada factor constituye, en sí mismo, un subsistema cuya dinámica varía espacial y temporalmente.

Subsistemas controladores o factores condicionantes de la morfodinámica del sistema cuenca, son: la estructura geológica, el clima, el relieve, la vegetación, los suelos y las actuaciones antrópicas.

A través del dispositivo litofacial, la estructura geológica proporciona los materiales sobre los que se ejerce la acción de los procesos morfogenéticos. El relieve, a través de la capacidad de movilización de la escorrentía (agua y materiales) en superficie y en profundidad, condiciona el tipo e intensidad de los procesos y, en consecuencia, el modelado de las formas con ellos relacionadas. El clima, a través de las variaciones de intensidad y desigual distribución temporal y espacial de la temperatura y la humedad, condiciona la dinámica de los procesos modeladores. La vegetación, a través de sus diferentes formaciones y del variable grado de cobertura que proporcionan a los suelos, condiciona la modalidad e intensidad de los procesos, creando un medio ecológico particular para el desarrollo de la morfogénesis. Los suelos, a través de sus propiedades mecánicas y físicas, determinan el estado de las superficies sobre las que se ejercen los procesos de degradación. Por último, la acción antrópica, a través de la organización territorial y, más específicamente, de los diferentes usos del suelo, introduce modificaciones tanto en los procesos como en las formas. Los aspectos inventariados se representaron cartográficamente en una serie temática, escala 1:100.000, cuya superposición y análisis combinado sirvió de base para abordar la tercera etapa del trabajo.

En esta etapa se enfocó la dinámica morfogenética interna del sistema cuenca partiendo de considerar las respuestas litológicas (materiales) y el comportamiento de la esorrentía (flujos hidricos), para, a continuación, analizar las diferentes escalas (temporales y espaciales) de formas y procesos que condicionan la percepción de tal dinamismo.

A este nivel básico de trabajo, resulta difícil precisar el umbral de diferenciación entre procesos y formas de erosión geológica (natural) y de erosión acelerada (antrópica), razón por la que sólo se interpretaron como fenómenos relacionados a la segunda los que físicamente eran más evidentes y podían justificarse por una clara confluencia de factores de tipo antrópico.

La cuarta etapa del trabajo procuró la integración progresiva de los contenidos desarrollados en las etapas anteriores con la finalidad de alcanzar el último objetivo: establecer una zonificación de áreas homogéneas por su estado de degradación erosiva.

Trabajando simultáneamente con formas, procesos y factores del más diverso orden, y con la ayuda de la cartografía temática, se estableció una escala cualitativa con cuatro clases o estadios erosivos que permitió compartimentar la cuenca en unidades con dinámica morfogenética diferenciada, dotadas, por tanto, de un potencial también diferente de degradación que se manifiesta actualmente a través de su estado erosivo. Los resultados dieron lugar a la confección de un mapa síntesis que resume la integración buscada.

## Capítulo I. LOS FACTORES NATURALES Y SU DINÁMICA

### 1. ESTRUCTURA GEOLÓGICA

#### 1.1. Evolución geológica del margen sureste de la Cuenca del Paraná.

La cuenca del río Pardo se inscribe en el margen sureste de la gran cuenca sedimentaria, precambriana e intracratónica del Paraná. Aunque la cuenca hidrográfica estudiada sólo comienza a individualizarse como tal a partir del Oligoceno con la instalación de las condiciones exorréicas que contribuyeron a excavar la Depresión Periférica Gaucha, su estructura geológica refleja el proceso de colmatación de la cuenca precambriana, desde el Triásico superior al Jurásico superior, y la fosilización cretácica de las series sedimentarias mesozoicas ocasionada por derrames fisurales de lava (Mapa 1).

La cuenca del Paraná se inició como un geosinclíneo asimétrico, comportándose, del Devónico al Pérmico, como un parageosinclíneo simétrico (AB'SÁBER, A. N., 1970, pp. 4-5).

La colmatación paleozoica de la depresión intracratónica originó la deposición de secuencias sedimentarias que no sufrieron más deformaciones que las derivadas de la subsidencia de la cuenca. En el margen sureste, las series paleozoicas, interrumpidas por lagunas estratigráficas en el Devónico y Carbonífero, presentan un ligero buzamiento periclinal hacia el noroeste, desde el Escudo Uruguayo-Sur Riograndense, en dirección al centro de la cuenca de sedimentación, posición actual del río Paraná y del curso bajo del río Uruguay (MULLER FILHO, I. L., 1970, pp. 9-15).

Las diferentes facies de las series paleozoicas indican una sucesión de ambientes continentales, de plataforma continental poco profunda, lagunares y lacustres, durante los cuales las condiciones climáticas glaciales características del Carbonífero superior fueron sustituidas por los climas cálidos y húmedos que dominaron en el Pérmico superior.

En el Mesozoico, el eje de deposición de la cuenca del Paraná debió migrar hacia el oeste y la cuenca dejó de comportarse como una unidad autónoma de sedimentación. Los sedimentos mesozoicos, en los que el Triásico superior y medio están ausentes, desbordaron los límites de la cuenca depositándose sobre los materiales precambrianos y eopaleozoicos marginales, deprimidos en fosas tectónicas reactivadas. El mayor espesor de los sedimentos triásicos en el área de la cuenca del río Pardo parece indicar la individualización de una subcuenca sedimentaria originada, probablemente, por la reactivación de un antiguo graben como consecuencia de la actividad tectónica que precedió a la formación del rift valley precursor de la fragmentación del continente de Gondwana (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, pp. 258-259).

El clima cálido y húmedo del Pérmico superior se prolongó durante el Triásico superior, período en el que se depositaron las primeras litologías que afloran en la cuenca del río Pardo. Los limos arcillosos que constituyen el techo de la formación triásica Santa Maria, afloramiento

más antiguo de la cuenca hidrográfica estudiada, indican un ambiente de sedimentación continental lacustre y drenaje endorreico.

En la transición al Jurásico inferior, comienzan a manifestarse condiciones climáticas más secas, durante las cuales se acumularon las areniscas y limos de facies fluvial de la formación Caturrita. Tanto la formación Santa Maria como la Caturrita son ricas en contenido fosilífero, siendo característica de la primera una fauna fósil de grandes vertebrados (dicinodontes y rincosaurios) y de la segunda una flora arbórea de considerable tamaño con abundante fauna de conchocrustáceos (MEDEIROS, E. R., 1980, pp. 23-24).

El clima cálido y seco que dominó hasta finales del Cretácico, favoreció la acumulación de depósitos de arenas eólicas, correspondientes a la formación Botucatu, y de estratos areniscosos, también de origen eólico, entre las sucesivas coladas de lava que fosilizaron las dunas a partir del Cretácico inferior. Las emisiones lávicas, relacionadas a los procesos geodinámicos que culminaron con la apertura del Atlántico Sur y la consecuente separación de los continentes africano y sudamericano, se prolongaron durante el Cretácico medio, dando origen a las litologías volcánicas de la formación Serra Geral.

Tras la relativa estabilidad tectónica mesozoica, el tectonismo terciario se tradujo en movimientos epirogenéticos de gran radio de curvatura que se limitaron a fracturar los escudos marginales y bascular hacia el oeste el paquete sedimentario y volcánico de la cuenca del Paraná. La inhibición de los procesos sedimentarios provocó la ausencia de formaciones terciarias en la porción sureste de la gran cuenca.

La originaria disposición de las formaciones paleozoicas y mesozoicas que no fue alterada sustancialmente por deformaciones tectónicas, originó una arquitectura geológica de gran simplicidad. La evolución geomorfológica postcretácica estuvo marcada por el control introducido por la diferente resistencia relativa de los materiales, fenómeno que se traduce en un paisaje dominado por macroformas escalonadas del que es bien expresiva la cuenca del río Pardo.

## 1.2. El dispositivo litofacial.

El sustrato geológico de la cuenca estudiada está formado por rocas de origen sedimentario (arcillas, limos arcillosos y areniscas) y extrusivo (basaltos, andesitas, riolitas y vitrófiros) correspondientes a diferentes formaciones mesozoicas de la cuenca del Paraná. En la base de la columna estratigráfica se sitúan los limos arcillosos de la formación Santa Maria (Triásico superior) y en su culminación las rocas extrusivas ácidas de la formación cretácica Serra Geral.

### A. Limos arcillosos triásicos:

Estos materiales afloran sobre los dos interfluvios de la porción meridional de la cuenca y en estrechas fajas que acompañan hacia el norte el pie de las laderas del bajo valle principal. Los afloramientos se encuentran localmente enmascarados por depósitos de ladera y materiales aluviales cuaternarios.

Los limos arcillosos conforman un conjunto horizontal de 30 a 50 m. de espesor, correspondiente a sedimentos de facies continental lacustre de la formación Santa Maria datada del Anisiano medio al Carniano, conocidos como miembro Alemõa. Son de color rojo y están intercalados por concreciones irregulares de carbonatos y venas claras de gipsita de 1 a 3 cm (MONTARDO, D. K., 1986, pp. 36-42).

Los sedimentos carecen de estructuras primarias. Su estructura maciza presupone una deposición floculada en la que los agregados de arcilla se disponen de forma caótica, sin orientación (MEDEIROS, E. R., 1980, p. 24).

#### B. Areniscas y limos triásico-jurásicos:

Sobre los limos arcillosos triásicos y a través de una superficie irregular de discordancia erosiva (SARTORI, P. L. y otros, 1987, p. 381), se asienta una formación de 35 m. de espesor constituida en la base por areniscas lenticulares, interdigitadas lateralmente con limos de estructura horizontal, que son masivas en la parte superior de la formación indicando el ambiente fluvial en que se procesó la deposición.

La coloración de las areniscas varía mucho, siendo predominantes las tonalidades rojizas y amarillas. Su textura es variada, fina y conglomerática, apareciendo los granos subarredondados de cuarzo englobados en una matriz arcillosa con cemento carbonático o silíceo. Las areniscas más groseras son frecuentes en la base de la formación y poseen la estratificación cruzada típica de depósitos de lecho fluvial. Las areniscas de grano fino muestran estructuras típicas de planicie de inundación (MEDEIROS, E. R., 1980, p. 381).

Los limos, de color castaño rojizo, abundan en la parte superior de la formación. Carecen de estructura cuando alcanzan espesores superiores a 50 cm. o presentan estructura laminar, planoparalela y continua en las capas de espesor inferior a 0,5 cm. Corresponden a depósitos de planicie de inundación.

Estos materiales de facies fluvial constituyen la formación Caturrita, depositada en el Triásico superior-Jurásico inferior y datada en el Carniano superior y Noriano (MONTARDO, D. K., 1986, pp. 43-86).

Las características típicamente fluviales de las litologías de la formación Caturrita permiten situarla en la transición de un ambiente eminentemente húmedo y lacustre, responsable por la sedimentación de los limos arcillosos subyacentes, al ambiente árido en que se formó el desierto que dio origen a las litologías de la formación Botucatu, sobrepuesta a la Caturrita (MEDEIROS, E. R., 1980, p. 36).

Estas areniscas intercaladas de limos afloran sobre las medias laderas de la porción meridional de la cuenca, pudiendo suponerse su continuidad bajo los depósitos cuaternarios de una pequeña parte del bajo valle.

### C. Areniscas juracretácicas:

En la base de algunos escarpes de la porción meridional de la cuenca, afloran las areniscas eólicas de la formación Botucatu, litología característica de la cuenca del Paraná pero de escasa significación espacial en la cuenca del río Pardinho (MONTARDO, D. K., 1986, p. 45).

Una superficie ondulada de discordancia erosiva separa los materiales fluviales infrayacentes (formación Caturrita) de las acumulaciones eólicas sobrepuestas que, en el área de la cuenca, no constituyen una serie continua, ya que la misma superficie de discordancia coloca en contacto directo materiales de la formación Caturrita con las coladas basálticas de la formación superior (Sera Geral) sin que exista vestigio de sedimentación eólica intercalada.

Los sedimentos eólicos que dan origen a la formación areniscosa Botucatu indican que durante el Triásico superior y Cretácico inferior las condiciones ambientales fueron extraordinariamente secas, permitiendo la acumulación de grandes volúmenes de arena que el viento se encargó de transportar y modelar en dunas. Coladas volcánicas de fisura fosilizaron posteriormente las formas dunares favoreciendo la diagénesis de las arenas que se transformaron en areniscas. El espesor de las areniscas eólicas varía localmente entre 15 y 30 m., testimoniando una paleotopografía dominada por conjuntos de dunas piramidales.

Los granos de cuarzo finos y medios, con cemento silíceo o de óxido de hierro, poseen estratificación cruzada en paquetes cuneiformes de 70 a 150 cm., o paralela en estratos horizontales de 5 a 150 cm. En este último caso, la estructura puede corresponder a la base de dunas truncadas por la deflación eólica que pudo afectar las proximidades del nivel freático (MONTARDO, D. K., 1986, p. 71).

El color de las areniscas varía entre el rojo anaranjado y el amarillo grisáceo, dependiendo del tipo de cemento y grado de diagenización.

### D. Basaltos y andesitas cretáceos:

La litología más expresiva de la cuenca del río Pardinho son las rocas extrusivas básicas (basaltos y andesitas) que configuran la mayor parte del relieve serrano.

Estos materiales, datados en el Cretácico inferior y medio,<sup>1</sup> se sitúan estratigráficamente en la parte media e inferior de la formación Serra Geral. Corresponden a tres coladas de lava intercaladas por estratos de areniscas eólicas interrapp. El dispositivo litofacial de la formación presupone la continuidad del ambiente desértico mientras duró la actividad volcánica y el carácter intermitente de las erupciones (CORDANI, U. G. y otros, 1980, p. 812).

Las coladas debieron rellenar los valles y depresiones de una paleotopografía accidentada, razón por la cual no forman capas continuas sino lenguas y cuñas. El contacto entre las coladas suele ser directo o intermediado por los estratos de areniscas eólicas.

<sup>1</sup> El enfriamiento terminal de las coladas basálticas tiene una antigüedad de 120 millones de años. SARTORI, P. L. P. y otros (1975); MACIEL FILHO, C. L. y otros (1988).

La colada inferior, con espesor de 30 a 70 m., se sitúa sobre las areniscas de la formación Botucatu o sobre los sedimentos fluviales de la formación Caturrita; está formada por un basalto gris con tonalidades verde, rojiza o parda cuando está alterado. La segunda, de 25 a 40 m., reposa directamente sobre las intercalaciones de areniscas o sobre la formación Botucatu cuando falta la colada inferior; el color del basalto varía entre gris oscuro y castaño oscuro. La tercera colada, con espesor aproximado de 50 m., puede igualmente asentarse sobre las areniscas intertrapp o sobre la formación Botucatu en ausencia de las coladas inferiores; corresponde a un basalto gris o gris oscuro. Dependiendo de la composición mineralógica, los basaltos de las coladas pueden pasar a andesitas.

Estas litologías se encuentran profundamente fracturadas debido al efecto de contracción de las lavas por enfriamiento. Las fracturas tienen disyunción columnar, en prismas pentagonales, en la parte central de las coladas y disyunción horizontal en las proximidades del techo y de la base de las mismas. En los basaltos de las tres coladas abundan vesículas centimétricas, rellenas por calcita, y geodas decimétricas de cuarzo y calcedonia. Son también frecuentes las intrusiones de diques de diabasio atravesando las coladas y los estratos intercalados (SARTORI, P. L. y otros, 1975, pp. 143-145).

#### E. Riolitas y vitrófiros cretáceos.

Recubriendo de forma generalmente continua la paleotopografía de las coladas basálticas intercaladas de areniscas, aparece la cuarta y última colada de la formación cretácica Serra Geral. De composición ácida, en el área de la cuenca su base se sitúa entre los 450 y 500 m., coincidiendo su techo actual con la topografía de la cabecera de la cuenca. En el área estudiada la base de esta colada parece reposar sobre el último estrato de areniscas intertrapp ya que esta litología aflora, en altitudes medias de 360 a 400 m., a través de ventanas erosivas excavadas en la colada riolítica (Gamelão, Alto Rio Pardinho, etc.).

Con un espesor siempre superior a 50 m., la colada corresponde a las últimas manifestaciones volcánicas que afectaron a la región. Está formada por vitrófiros poco espesos y de reducida extensión horizontal que parecen indicar escaso volumen de lavas con rápida solidificación en la base de la colada, y por granófiros más espesos de amplia distribución horizontal que pueden corresponder a un volumen mayor de lavas con enfriamiento más lento (SARTORI, P. L. P. e GOMES, C. B., 1980, p. 126).

La facies vítrea, de color negro o castaño rojizo y brillo resinoso, abunda en geodas de cuarzo y calcedonia. Aparece asociada a una estructura fluidal determinada por un intenso diaclasamiento paralelo y curvo. La facies microcristalina, de color claro, presenta un patrón regular de diaclasamiento con disyunción columnar en su zona central y disyunción horizontal en las zonas inferior y superior. Los microcristales aparecen envueltos por una trama de intercrecimiento micrográfico de cuarzo y feldespato alcalino (SARTORI, P. L. P. y otros, 1975, pp. 146-147).



## CONCLUSIONES

La estructura geológica de la cuenca del río Pardino refleja el proceso de colmatación mesozoica en el borde sureste de la cuenca precambriana del Paraná y la fosilización de las diferentes formaciones detríticas por coladas lávicas de fisura.

Los sedimentos paleozoicos subyacentes al paquete mesozoico no afloran dentro del área estudiada. Las formaciones mesozoicas son subhorizontales y conservan un ligerísimo buzamiento periclinal hacia el noroeste, en dirección al eje de subsidencia de la gran cuenca intracratónica.

La columna estratigráfica mesozoica presenta una secuencia ascendente integrada por las siguientes litologías:

- limos arcillosos triásicos, de facies continental lacustre, correspondientes al miembro Alemña de la formación Santa Maria, separados por una superficie de discordancia erosiva de las
- areniscas y limos triásico-jurásicos, de facies fluvial, correspondientes a la formación Caturrita que, a través de discordancia erosiva, entran en contacto con
- areniscas jurásicas silicificadas, de facies eólica, correspondientes a la formación Botucatu que está fosilizada por
- Basaltos y andesitas cretácicas con interstratificaciones de areniscas eólicas intertrapp, correspondientes a la base de la formación Serra Geral, y
- riolitas y vitrófiros cretácicos, situados en el techo de la formación Serra Geral, sobre los que fue modelada la actual topografía culminante de la cuenca hidrográfica estudiada.

Las diferentes litologías sedimentarias y volcánicas están afectadas por una densa red de fallas y fracturas con orientación dominante noreste-sureste y secundaria noroeste-sureste. Dada la relativa estabilidad tectónica que caracteriza a la región desde el Precámbrico, estas deformaciones deben relacionarse a movimientos epirogenéticos positivos que afectaron al craton suramericano.

Los materiales volcánicos presentan el intenso diaclasamiento columnar típico de la contracción experimentada en el proceso de enfriamiento y solidificación de las coladas de lava.

## 2. GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DE LA DEPRESIÓN PERIFÉRICA GAUCHA

El río Pardinho, tributario del margen izquierdo del río Jacuí, abre un valle anaclinal en el reborde meridional (Serra Geral) de la meseta volcánico-areniscosa del sur del Brasil (Planalto Meridional) que domina por el norte a la Depresión Periférica Gaucha. El origen y configuración de la cuenca hidrográfica estudiada están, por tanto, estrechamente relacionados con el proceso de formación de esta depresión periférica durante el Terciario y su posterior evolución cuaternaria.

La pirogénesis positiva postcretácica que afectó a la cuenca del Paraná, basculando hacia el oeste todo el paquete sedimentario y volcánico, y la humidificación progresiva del clima permitieron la organización de redes hidrográficas exorreicas y el esbozo de las grandes líneas que caracterizarán, posteriormente, la arquitectura del relieve en la porción sureste de la gran cuenca sedimentaria.

Grandes cursos consecuentes y paralelos se encajaron epigénicamente en los materiales de relleno de la cuenca, situando sus cabeceras en los terrenos cristalinos de los escudos marginales y fluyendo hacia el centro de la gran depresión. Sus primitivos afluentes subsecuentes desnudaron la periferia de la cuenca, exactamente en la zona de transición hacia los escudos donde las series sedimentarias eran menos espesas y carecían de protección volcánica, abriendo depresiones periféricas subsecuentes (AB'SÁBER, A. N., 1949, p. 11).

En Rio Grande do Sul, la Depresión Periférica Gaucha cortó las series mesozoicas haciendo aflorar los sedimentos paleozoicos subyacentes a lo largo de un arco, orientado de noroeste a sureste, que bordea el Escudo Uruguayo-Sur Riograndense.

La abertura de esta depresión periférica a la que contribuyeron, además de los factores erosivos, factores estructurales relacionados con el enfriamiento terminal de las coladas volcánicas (AB'SÁBER, A. N., 1964), contribuyó a configurar el esbozo del escalón meridional de la meseta volcánico areniscosa cuya evolución terciaria y cuaternaria dio origen a la Serra Geral.

El inicio de la formación de la Depresión Periférica Gaucha parece ser posterior al Eoceno, ya que, durante el Paleogeno, la superficie culminante y fallada de las rocas volcánicas fue nivelada por una superficie erosiva poligénica (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, pp. 361-362) cuya elaboración se inició bajo condiciones de drenaje endorreico (Eoceno superior) y se prolongó en condiciones exorreicas (Oligoceno superior). Los depósitos correlativos de la fase eocena de aplanamiento (formaciones Tupanciretã y Santa Tecla) proceden, además de los escudos marginales, de la periferia de la cuenca del Paraná, es decir, del área en la que se abre posteriormente la depresión periférica.

La elaboración de la superficie de erosión paleogena, denominada superficie Caçapava-Vacaria (AB'SÁBER, A. N., 1969, pp. 2-5), tuvo su inicio en la transición del Cretácico al Eoceno y terminó en el Oligoceno, períodos en los que las variaciones climáticas propiciaron la sucesión de los diferentes sistemas erosivos que le confieren un carácter poligénico. A esta superficie de erosión culminante, degradada por procesos morfogenéticos posteriores, podría relacionarse la topografía llana de la cabecera de la cuenca del río Pardinho.

La inestabilidad tectónica del Terciario medio interrumpió la evolución de la superficie Caçapava-Vacaria, originando fallamientos escalonados en el litoral atlántico, una transgresión marina miocénica y el basculamiento del continente hacia el suroeste. Las condiciones de baja energía erosiva, relacionadas con los cambios climáticos ocasionados por la transgresión miocena, posibilitaron la formación de mantos de alteración y el encajamiento lineal de las redes de drenaje. Sobre el nivel de base más bajo de la superficie Caçapava-Vacaria ya disecada, la instalación de ambientes de alta energía erosiva en el Mioceno superior (condiciones climáticas semiáridas), permitieron el desarrollo de una superficie de circundenudación periférica, elaborada a partir de un sistema de drenaje ortoclinal, que esbozó la Depresión Periférica Gaucha.

El escarpe de circundenudación contribuyó a individualizar al norte de la depresión el Planalto Meridional brasileño. La red anaclinal, tributaria de la margen izquierda del primitivo río Jacuí, disecó intensamente el escarpe que comenzó a adquirir la configuración festoneada característica del sector meridional de la Serra Geral.

La superficie de erosión neogena, denominada por A. N. AB'SÁBER (1969, p. 10) superficie Cerro da Cadeia, se puede identificar en la actualidad en los escalones más rebajados de la Serra Geral, en los bordes septentrionales del Escudo Uruguayo Sur-Riograndense y en algunos cerros testigo que se elevan sobre la Depresión Periférica Gaucha con altitudes medias de 250 a 300 m. Depósitos correlativos a la formación de la superficie Cerro da Cadeia pueden ser encontrados en la plataforma litoral atlántica (cuenca de Pelotas) y en la Mesopotamia argentina.

A esta superficie de circundenudación neogena podría relacionarse la topografía alomada o plana que, entre 200 y 260 m., se localiza al este de la ciudad de Santa Cruz do Sul acompañando la divisoria de aguas del interfluvio izquierdo de la cuenca del río Pardino. Sobre el interfluvio derecho, sólo se conservaría en pequeños fragmentos con forma de hombreras, localizados al noroeste de la ciudad de Vera Cruz.

Con posterioridad a la elaboración de la superficie Cerro da Cadeia, se siguió un período más húmedo, de baja energía erosiva, que se prolongó en el Plioceno permitiendo el desarrollo de procesos de alteración química y el encajamiento vertical de la red hidrográfica sobre la superficie de nivelamiento.

En el último millón de años, el modelado cuaternario introdujo los postreros retoques en el paisaje de la Depresión Periférica Gaucha y de la Serra Geral. Los diferentes episodios morfogenéticos resultantes de las oscilaciones climáticas y variaciones del nivel de base general oceánico, modelaron paleopaisejes cuyas evidencias geomorfológicas se plasman en la evolución de las vertientes y en el comportamiento de sistemas fluviales cuyos ajustes provocaron procesos de erosión y sedimentación en los cauces.

Las galciaciones pleistocenas de las altas latitudes repercutieron aquí en una sucesión de períodos pluviales (interglaciar) e interpluviales (glaciar), así como en variaciones glacioeustáticas de considerable amplitud sobre el litoral atlántico.

En los períodos interpluviales, el enrarecimiento de la cobertura vegetal favoreció las acciones mecánicas y el arrastre de los mantos de alteración en las vertientes cuyos materiales más

groseros se acumularon en los cauces fluviales (fases rexiásticas). En los períodos pluviales, una cobertura vegetal más densa permitió el desarrollo de procesos de descomposición química y la formación de mantos de alteración; simultáneamente, los cauces fluviales incidieron los depósitos acumulados en la fase semiárida anterior (fases biostásticas).

A lo largo del Pleistoceno, las oscilaciones eustáticas hicieron variar el nivel de base general. Con la oscilación positiva contemporánea a la transgresión Flandriense europea, el nivel marino se fue elevando gradualmente hasta alcanzar una cota máxima positiva de 3 a 4 m., unos 5.000 años AC. Las oscilaciones posteriores parecen haber sido de escasa amplitud, estableciéndose el nivel de base general actual unos 1.000 años AC.<sup>1</sup>

En el Pleistoceno inferior, se inició una nueva fase de aplanamiento que culminó en el período semiárido interpluvial, contemporáneo de la glaciación Günziense noreuropea (BIGARELLA, J. J., 1965, p. 126), y posibilitó la elaboración de una tercera superficie erosiva conocida como superficie de la Campanha (AB'SÁBER, A. N., 1969, p. 12). En opinión de J. J. BIGARELLA y M. R. MOUSINHO (1965, p. 160), la formación de esta superficie presupone la preexistencia de un relieve muy disecado, modelado durante la fase húmeda precedente.

En la Depresión Periférica Gaucha, la superficie cuaternaria puede ser identificada en las divisorias de aguas situadas en altitudes comprendidas entre 100 y 200 m. y actualmente disecadas. Depósitos correlativos a la elaboración de la superficie de la Campanha se encuentran en el litoral atlántico (formación Graxaim), en la Mesopotamia argentina y formando terrazas de grava en las proximidades de los cauces fluviales (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, p. 363).

Ya en pleno Pleistoceno, terminado el período interpluvial que dio origen a la superficie de la Campanha, condiciones climáticas más húmedas pudieron favorecer su disecación.

La semiaridez que acompañó el período interpluvial contemporáneo de la glaciación Mindeliense ocasionó el enrarecimiento de la cobertura vegetal y la actuación de procesos mecánicos areolares sobre las vertientes, asociados a movimientos de masa y coladas de fango, que arrastraron los mantos de alteración hacia las depresiones del terreno. En estas condiciones pudieron desarrollarse superficies alveolares a expensas de la superficie de erosión anterior (BIGARELLA, J. J. e MOUSINHO, M. R., 1965, pp. 161-162).

La existencia de diferentes niveles de terrazas de grava (graviers sous berges) recubiertas por capas espesas de materiales finos, taludes de derrubios fosilizando los pies de las laderas, secuencias de nappes de gravats o stone line sobre las vertientes, rupturas bruscas de pendiente, etc., atestiguan la impronta paleoclimática en unas formas de relieve cuya génesis no podría explicarse bajo las condiciones climáticas templadas y húmedas que se instalaron en el Holoceno reciente.

En la actualidad, impera un ambiente biostático en el que los procesos morfogenéticos funcionales naturales sufren la interferencia de actuaciones antrópicas que alteran la dinámica del frágil equilibrio morfoclimático. Procesos acelerados de arenización en la Campanha gaucha,

<sup>1</sup> Estudios relacionados con las oscilaciones del nivel de base atlántico pueden consultarse en: FAIRBRIDGE, R. W. (1961); BIGARELLA, J. J. y otros (1974); GOMES, A. M. y AB'SÁBER, A. N. (1969).

relacionados al sobrepastoreo, y la rápida colmatación del río Guaíba por la carga de sedimentos resultantes de la deforestación y uso agrícola de su cuenca vertiente, son tan sólo dos ejemplos que ilustran este fenómeno.

## CONCLUSIONES

La Depresión Periférica Gaucha se formó como resultado del proceso de circundenudación periférica que afectó al contacto del paquete sedimentario y volcánico de la cuenca sedimentaria del Paraná con el Escudo Uruguayo-Sur Riograndense.

La abertura de la depresión, drenada en la actualidad hacia el Atlántico por el río Jacuí del que el río Pardino es tributario, se inició en el Eoceno con la instalación de las condiciones exorreicas terciarias.

La depresión periférica subsecuente evolucionó, durante el Paleogeno y el Neogeno, a través de sucesivos procesos de incisión lineal y agradación lateral, cortando las litologías mesozoicas que configuran el front meridional del Planalto o Serra Geral. Las series paleozoicas quedaron al descubierto en el centro de la depresión y en los márgenes del escudo cristalino.

Tres superficies de erosión pueden ser identificadas: la superficie culminante Caçapava-Vacaria de elaboración paleogena, la superficie Cerro da Cadeia de edad neogena, y la superficie de la Campanha elaborada en el Cuaternario. Cuaternaria también es la superficie alveolar que de forma más localizada se elaboró en el período interpluvial contemporáneo de la glaciación Mindeliense.

El curso obsecuente del primitivo río Pardino abrió una percée en el front de la Serra Geral, quedando definido el esbozo de la cuenca actual al iniciarse el Cuaternario.

La evolución paleoclimática pleistocena, con los sucesivos períodos pluviales e interpluviales y las oscilaciones del nivel de base atlántico, contribuyó a modelar los principales rasgos del relieve de detalle actual en la Depresión Periférica y en la cuenca del río Pardino.

La instalación de condiciones climáticas similares a las actuales en las últimas fases holocenas, favoreció el crecimiento de una cobertura forestal densa sobre la mayor parte de la cuenca hidrográfica estudiada y el desarrollo de los suelos con ella relacionados. Manchas de vegetación *campestre* quedaron como relictos paleoclimáticos.

Esta integración ecológica se mantuvo en la cuenca hasta mediados del siglo pasado, época en que la implantación de la agricultura ocasionó una rápida disminución de las superficies forestales y la reducción del potencial edáfico por prácticas agrícolas inadecuadas. La interferencia antrópica en la dinámica del equilibrio ecológico, ha supuesto la aparición de condiciones favorables al impacto agresivo de los elementos meteorológicos y el consecuente desarrollo de fenómenos de erosión acelerada.

### 3. CLIMA

Localizada en el extremo meridional del territorio brasileño (29° 14' 30", 29° 52' 32" de latitud sur) y distando menos de 300 km. del litoral atlántico, la cuenca del río Pardino tiene el clima subtropical húmedo característico de las fachadas orientales de los continentes, en las bajas latitudes de las zonas templadas.

La abundancia (1.545 mm. anuales) y regular distribución de las lluvias (95 mm. en el mes menos lluvioso), y las temperaturas medias anuales que oscilan entre 13,8 y 24,9°C, impiden la existencia de un período seco.

La fisonomía del paisaje vegetal se asemeja a las regiones tropicales húmedas, aunque con marcadas diferencias en la composición florística. En consecuencia, los procesos morfogenéticos climáticos y el modelado derivado son bastante semejantes (TRICART, J. J., 1974, pp. 74-76).

La escasez de observaciones y registros meteorológicos sistemáticos en el área estudiada, impiden conocer el comportamiento climático a escala local y las variaciones microclimáticas tan necesarias en un estudio geomorfológico.

La cuenca del río Pardino cae dentro del área de influencia del anticiclón semiestacionario del Atlántico sur, de los anticiclones polares y de los sistemas depresionarios de las latitudes medias. La dinámica estacional de estos campos isobáricos y las masas de aire tropical marítima (mT), tropical continental (cT) y polar marítima (mP), determinan las condiciones de su clima subtropical húmedo (RATISBONA, L. R., 1976, pp. 225-226).

El comportamiento climático local está relacionado con la situación de la cuenca en el reborde sur del Planalto Meridional brasileño, y con las variaciones introducidas por los contrastes topográficos entre la zona serrana y el llano. No obstante, la existencia de un único observatorio meteorológico en el área de la cuenca, localizado en la zona llana de Santa Cruz do Sul, obliga a considerar sus registros como representativos de los tipos de tiempo que caracterizan el régimen general de la cuenca, impidiendo conocer aspectos tan relevantes como las variaciones locales en los valores de los diferentes parámetros climáticos.

Se ha intentado hacer una aproximación a las variaciones espaciales de temperaturas y precipitaciones, únicas variables para las que existen registros, confeccionando cartogramas de isoyetas e isotermas por interpolación de los valores relativos a Santa Cruz do Sul con los de otros observatorios situados fuera de la cuenca. Estos cartogramas son de dudosa validez, ya que las distancias entre los observatorios son lo suficientemente importantes como para que factores geográficos de carácter local introduzcan variaciones en el comportamiento espacial de los parámetros.

Con la finalidad de conocer la importancia de la escorrentía en el funcionamiento del sistema de drenaje, se ha calculado y analizado el balance hídrico normal de la cuenca.

### 3.1. La dinámica atmosférica regional.

La circulación atmosférica en el sur del Brasil está condicionada por el campo isobárico creado en América del Sur por la distribución sobre continentes y océanos de grandes centros de acción, anticiclónicos y depresionarios, a los que se asocian sistemas de corrientes perturbadas.

Tres núcleos de alta presión actúan al sur del trópico de Capricornio: los anticiclones semiestacionarios del océano Pacífico y del océano Atlántico, englobados en la zona de altas presiones subtropicales del hemisferio austral, y el anticiclón móvil polar, centrado sobre el extremo meridional del continente americano. Los núcleos depresionarios corresponden a la baja presión del Chaco, centrada en el interior del continente, y a la baja presión subpolar del mar de Weddell (Figura 2).

El anticiclón pacífico ocupa una posición media de 32° de latitud sur en enero y de 26° de latitud sur en julio. La posición del anticiclón atlántico es más meridional, 28° de latitud sur en enero y 23° de latitud sur en julio. La cordillera andina dificulta la penetración del anticiclón pacífico en el interior del continente, mientras que el anticiclón atlántico, no encontrando grandes obstáculos que dificulten su desplazamiento, invade con frecuencia el interior del Brasil.

La alta presión atlántica genera una mT con temperatura y humedad específica elevadas en la que la subsidencia dinámica superior, característica del anticiclón de origen, provoca una inversión térmica que limita la concentración de la humedad a su estrato más superficial volviéndola homogénea y estable. La mT, activa durante todo el año, invade el sur del Brasil con vientos del noreste que provocan, en general, tiempo soleado y estable.

El anticiclón móvil polar, centrado entre 35° y 55° de latitud sur, se origina sobre las altas latitudes australes, generando masas de aire secas, frías, estables, subsidentes y con frecuente inversión térmica, que en su trayectoria hacia el trópico absorben calor y humedad de la superficie del océano. Cuando tras penetrar en el continente se estacionan en su extremo meridional, la inversión desaparece y aumenta la inestabilidad.

La baja presión del Chaco se posiciona entre 15° y 23° de latitud sur. Su origen termodinámico, debido al fuerte calentamiento estival del interior del continente y a la frontólisis del sector septentrional del frente polar (FP) procedente del suroeste, le proporciona la movilidad que le permite desplazarse en verano hasta el Chaco argentino. Las masas de aire relacionadas con este centro depresionario originan tiempo seco y soleado, derivado de la baja humedad específica del aire continental y del efecto causado en la ascensión de las corrientes convectivas por una célula anticiclónica situada en los niveles superiores. Su influencia sobre el sur del Brasil se limita a los años con verano seco o poco lluvioso.

La baja presión del mar de Weddell corresponde a una de las células de la zona de baja presión subpolar. Cuando la actividad ciclónica se refuerza como consecuencia de su relación con el eje meridional del FP, atrae en dirección sur a los sistemas intertropicales y el sur del Brasil es invadido por vientos del noreste, procedentes del anticiclón atlántico, que originan una rápida elevación de las temperaturas y buen tiempo (NIMER, E., 1989, pp. 201-205).

Las corrientes de circulación perturbada corresponden a superficies de discontinuidad entre masas de aire, en las que la circulación ciclónica provoca tiempo inestable y lluvioso. Sobre el sur del Brasil actúan las corrientes perturbadas del sur o FP y las corrientes perturbadas del oeste o líneas de inestabilidad tropical.

El avance hacia el norte de las masas polares provoca una gran discontinuidad térmica entre el aire frío que se desplaza en superficie y el aire caliente que retrocede hacia el trópico. El anticiclón polar penetra en el continente sudamericano siguiendo dos trayectorias, una al oeste y otra al este de la cordillera andina. Durante el invierno austral, la mayor energía del anticiclón polar permite que el sector septentrional del FP, en su trayectoria occidental, supere la cordillera y se disipe al entrar en contacto con la depresión del Chaco, mientras que el sector meridional avanza hasta el Atlántico, al sur del paralelo 15° de latitud sur. La escasa humedad de la mT en ascensión y de la mP tras su trayectoria continental, impide la formación de lluvias importantes, aunque el granizo y los vientos del oeste son relativamente frecuentes.

De octubre a marzo, la trayectoria oriental es la más frecuentada por el FP. Los frentes fríos siguen la ruta marítima en dirección noreste, afectando a las áreas próximas al litoral atlántico hasta las proximidades del trópico, donde pueden permanecer estacionarias por varios días antes de entrar en frotólisis, provocando lluvias abundantes y fuertes aguaceros en las áreas serranas de las regiones sureste y sur del Brasil. En Rio Grande do Sul, el FP se mantiene en frontogénesis durante todo el año y sus corrientes perturbadas del sur invaden el territorio con intervalos que varían de cuatro a diez días. Las líneas de inestabilidad tropical o corrientes perturbadas del oeste son poco frecuentes en Rio Grande do Sul y afectan principalmente al norte del Estado.

De mediados de primavera a mediados de otoño, el movimiento ondulatorio del FP origina, en su lado norte, la formación de líneas de inestabilidad de gran movilidad que se desplazan hacia el este o suroeste, originando las típicas lluvias tropicales que anteceden en veinticuatro horas la llegada del FP. Son lluvias convectivas de finales de tarde, con corta duración, gran intensidad y acompañadas de fuertes vientos, que están provocadas por el elevado calor diurno (NIMER, E., 1989, pp. 205-211).

La distribución regular de las precipitaciones que caracteriza al sur del Brasil, es consecuencia directa de las corrientes de circulación perturbada. En verano, son las corrientes perturbadas del oeste las principales responsables por los aguaceros. De otoño a primavera, los sistemas frontales del FP aseguran la regularidad de las lluvias.

### 3.2. Los factores del clima local.

La latitud en la que se localiza la cuenca hidrográfica estudiada y la ausencia de barreras topográficas hasta el litoral atlántico, condicionan la fuerte intensidad de la radiación solar y la concentración en el aire de microcristales salinos que actúan como núcleos de condensación. Estas condiciones, favorables a la evaporación y a la condensación de la humedad en los niveles bajos de la atmósfera, determinan valores elevados de humedad que se traducen en aumento de la lluvia cuando las corrientes de circulación perturbada invaden la región.



El relieve local es lo suficientemente contrastado para que su influencia altere el comportamiento de las temperaturas y de las lluvias. Las unidades de relieve que se suceden de sur a norte, diferenciadas altimétrica y topográficamente, y la componente sur de los vientos dominantes, provocan variaciones espaciales en los valores de las temperaturas y en la frecuencia e intensidad de las lluvias.

La porción meridional de la cuenca, con altitudes inferiores a 100 m. y sin obstáculos a la circulación del viento en superficie, es más cálida y menos lluviosa. En el área serrana, la fuerte energía del relieve que ocasiona bruscas variaciones de altitud y fuertes pendientes en las laderas de los valles, obstaculiza el desplazamiento de las masas de aire, originando procesos de enfriamiento adiabático cuyos efectos se traducen en aumento de la lluvia y progresiva disminución de la temperatura. Las inversiones térmicas y las nieblas de contacto son fenómenos frecuentes en todas las estaciones del año, favorecidos por la propia configuración de los valles y el contenido elevado y constante de humedad en el aire.

Por encima de los 450-500 m. de altitud, temperaturas y precipitaciones reflejan el efecto del aumento de la altitud y la fácil circulación de vientos en superficie. La cabecera es más húmeda y más fría que el resto de la cuenca.

### 3.3. El régimen de las precipitaciones. <sup>1</sup>

La inestabilidad atmosférica regional, derivada de la actividad de los sistemas frontales y elevada humedad absoluta de la mT, garantiza la abundancia y regular distribución de las precipitaciones que caracterizan el régimen pluviométrico. Aunque la mayor parte de las mismas ocurre en forma de lluvia, el granizo es relativamente frecuente, pudiendo caer hasta diez días por año (RATISBONA, L. R., 1976, pp. 220-223).

El total anual de precipitación (1.545 mm.) se reparte de forma uniforme en todas las estaciones. Si el invierno austral (junio, julio y agosto) concentra el 26% de las lluvias anuales, las otras estaciones acumulan proporciones muy similares: 25% tanto en verano como en primavera, y 24% en otoño, impidiendo diferenciar una estación seca o poco lluviosa. Otro tanto ocurre con el número de días de lluvia registrado en cada estación, lo cual muestra que los valores trimestrales acumulados no indican variaciones en la intensidad estacional de las precipitaciones (Figura 3).

La comparación de las precipitaciones mensuales (Figuras 4 y 5) permite identificar un máximo pluviométrico principal en junio (148 mm.) y otro secundario en octubre (146 mm.) que pueden relacionarse con la tendencia al estacionamiento sobre la región de los sistemas frontales del FP, ya que son también estos dos meses los que registran mayor número de días de lluvia, 12 y 11 días respectivamente. El mínimo pluviométrico principal de noviembre (95 mm.) y el secundario de diciembre (115 mm.) coinciden con el predominio del anticiclón atlántico o la influencia ocasional de la baja presión del Chaco. El bajo coeficiente de variación (12,42%),

<sup>1</sup> Las series de datos analizados en el período 1.931-1.974, corresponden al observatorio meteorológico del Instituto Nacional de Meteorología localizado en Santa Cruz do Sul y actualmente desactivado. Los valores proporcionados son medias mensuales que sólo permiten una caracterización general.

calculado a partir de los totales mensuales de precipitación, caracteriza la uniformidad de la distribución anual de las lluvias en la región.

Aunque los datos existentes no permiten evaluar la erosividad de las precipitaciones, la observación conjunta de los valores mensuales de precipitación, días de lluvia, precipitación máxima en veinticuatro horas y temperaturas medias, lleva a deducir que el período de mayor erosividad corresponde al mes de enero. Los 47 mm. de lluvia registrados en veinticuatro horas, están precedidos por dos de los meses menos lluviosos del año (noviembre y diciembre), con menor número de días de lluvia y en los que las temperaturas medias registran valores crecientes y superiores a la media anual. Como se verá posteriormente, de mediados de noviembre a comienzos de enero, el balance hídrico se caracteriza por la utilización de agua del suelo que origina el resecaamiento en superficie, favoreciendo la acción erosiva del impacto de las gotas de lluvia o splash. Debe considerarse también que estas lluvias estivales son generalmente de origen convectivo y caen en forma de aguaceros de corta duración y fuerte intensidad.

En su estudio sobre el clima de la Región Sur del Brasil, E. NIMER (1989, pp. 220-223) atribuye al área en la que se inscribe la cuenca del río Pardiniho un desvío pluviométrico medio anual, en relación al índice pluviométrico medio o normal, que puede variar entre 15 y 20%, intervalo considerado por el autor como indicativo de regularidad en los totales anuales de precipitación (Figuras 6 y 7). Sin embargo, advierte que este bajo índice de variabilidad pluviométrica no se debe interpretar como una situación constante en el clima del sur del Brasil, sino como la situación más frecuente. Esporádicamente ocurren años en los que el total de lluvias duplica la precipitación normal y años en que este total no alcanza la mitad del valor normal.

Los años con fuertes desvíos positivos, años muy lluviosos, son causados por la mayor frecuencia de las invasiones del FP o por el estacionamiento de los sistemas frontales durante el verano. Los años con fuertes desvíos negativos, años secos, la ausencia de lluvia puede producirse en cualquier mes del año, aunque su incidencia es mayor a finales de la primavera y durante el verano (noviembre, diciembre y enero), coincidiendo con el período menos lluvioso de los años normales.

A escala local, la distribución espacial de las precipitaciones está influenciada por la configuración del relieve de la cuenca. Por encima de los 450-500 m., el total anual de lluvias (1.600-1.700 mm.) supera en 100 mm. al de las áreas con altitudes inferiores (Figura 8). No obstante, si se compara la Figura 8 con la Figura 9 en la que se muestra la distribución espacial del número de días de lluvia al año, se percibe que el incremento general de las precipitaciones que acompaña la elevación del terreno no se corresponde con el aumento de los días de lluvia sino que, por el contrario, su frecuencia disminuye. Esta constatación hace pensar que el efecto orográfico se manifiesta en un aumento de la intensidad y concentración de las lluvias que compensa su menor frecuencia.

En verano, otoño y primavera, la influencia del relieve repercute en la desigual distribución espacial de las precipitaciones (Figuras 10 a 13), mientras que durante el invierno toda el área de la cuenca es irrigada de manera uniforme.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> En las Figuras 9 a 13 las isoyetas fueron trazadas por interpolación entre valores correspondientes a observatorios localizados a distancias variables de la cuenca, razón por la que sólo reflejan una distribución espacial

### 3.4. El régimen de las temperaturas.

La posición latitudinal de la cuenca origina la diferenciación térmica estacional responsable por una amplitud térmica anual de 11,1°C. Las amplitudes térmicas diarias son muy acusadas cuando las bruscas invasiones de aire polar frío ocasionan descensos de temperatura de 20 a 25°C en veinticuatro horas (RATISBONA, L. R., 1976, p. 242).

La observación de los valores mensuales medios de temperatura correspondientes al observatorio de Santa Cruz do Sul (Figura 14), muestra que en los meses de verano la media mensual nunca es inferior a 23°C, alcanzando 24,9°C en enero, mes en que la máxima media llega a 32,5°C. Aunque no existe registro de valores absolutos que lo comprueben, es importante indicar que en esta estación son frecuentes máximas absolutas diarias entre 38 y 40°C (NIMER, E., 1977, p. 56). Las altas temperaturas estivales se relacionan con el dominio sobre la región de los sistemas tropicales y del anticiclón subtropical atlántico.

Durante el invierno, las medias mensuales oscilan entre los 15,1°C de agosto y los 13,8°C de junio, mes que registra la mínima media más baja del año, 8,9°C. En esta estación, la mP que sucede a los sistemas frontales del FP invade la región ocasionando una brusca disminución de las temperaturas que registran valores absolutos de 0 y -4°C (NIMER, E., 1977, p. 63). Bajo la influencia de la estabilidad atmosférica ocasionada por el anticiclón polar, la irradiación nocturna y el elevado contenido de humedad del aire favorecen la formación de heladas que acostumbran a ocurrir con una frecuencia de diez a quince días al año (NIMER, E., 1977, p. 247).

De forma similar a como ocurría con las precipitaciones, el relieve de la cuenca introduce variaciones en la distribución espacial de las temperaturas. La media anual disminuye hacia el norte acompañando el aumento de las altitudes (Figura 15). De forma general, la cota de 100 m. marca el límite de las temperaturas medias mensuales superiores a 19°C, y la cota de 500 m. acompaña el límite meridional de los 18°C de media anual. La distribución de las temperaturas medias de enero, abril, junio y octubre (Figuras 16 a 19) refleja también la influencia orográfica en el comportamiento espacial de la temperatura estacional. Como en el caso de las precipitaciones, el invierno, representado aquí por la temperatura media de julio, uniformiza la temperatura en toda el área de la cuenca, ya que sólo la isoterma de 13°C puede ser representada.<sup>1</sup>

### 3.5. El clima regional.

Gran variabilidad del tiempo atmosférico en todas las épocas del año es la característica del clima regional. Las condiciones de tiempo estable bajo el dominio del anticiclón subtropical atlántico, con vientos del cuadrante norte y temperatura elevada, son regularmente sustituidas por condiciones de tiempo inestable con lluvias frecuentes y vientos flojos de dirección variable, originadas por sistemas frontales en fase de oclusión que, inmediatamente, son seguidos por lluvias intermitentes y finas, humedad relativa elevada, nieblas y vientos fríos del sur que provocan un rápido descenso de las temperaturas. Bajo el dominio del anticiclón móvil polar que sucede a la

---

aproximada de las precipitaciones.

<sup>1</sup> La misma observación realizada en relación a los mapas de isoyetas debe ser considerada para los mapas de isotermas (Figuras 15 a 19).

situación anterior, el tiempo es despejado, la humedad relativa y las temperaturas decrecen y los vientos cesan favoreciendo la formación de heladas. Cuando el anticiclón polar pierde actividad, el ciclo comienza de nuevo.

A veces, durante el verano, líneas de inestabilidad tropical suceden al tiempo estable y cálido originado por el anticiclón subtropical. En esta situación, el tiempo se estabiliza, se producen aguaceros torrenciales y las temperaturas descienden.

E. NIMER (1989, pp. 253-254) clasifica el clima regional como mesotérmico blando, superhúmedo, sin estación seca y con el ritmo climático característico de las regiones templadas.

Los diagramas de las Figuras 20 y 21, y el gráfico ombrotérmico correspondiente al observatorio de Santa Cruz do Sul (Figura 22), muestran que únicamente los meses de junio y julio poseen la temperatura media inferior a 15°C y superior a 13°C que caracteriza un invierno fresco. Durante cuatro meses al año (diciembre, enero, febrero y marzo) la temperatura media es superior a 22°C, llegando a 24,9°C en enero, valores característicos de un verano caluroso.

Este comportamiento térmico estacional del clima que determina una amplitud térmica anual de 11,1°C, explica su carácter templado. No existe ningún mes seco, pues, en todos, la precipitación supera el doble del valor de la temperatura. Los totales pluviométricos mensuales elevados, tan sólo noviembre registra un valor inferior a 100 mm., y la regular distribución de los días de lluvia, de nueve a doce días por mes, caracterizan el clima como superhúmedo.

### 3.6. El balance hídrico.

Los datos existentes sólo permiten caracterizar el balance hídrico de la porción meridional de la cuenca. A las áreas serranas, más lluviosas y frías, deben corresponder balances hídricos diferentes que no se puede conocer, razón por la que se generalizan para el conjunto de la cuenca los resultados obtenidos en una parte de la misma.

La evapotranspiración potencial (ETP) se ha calculado por el método de Thornthwaite-Camargo <sup>1</sup> que se adapta a las características climáticas del territorio brasileño.

En la Figura 23 se muestra la variación mensual de la ETP. El total anual de 945 mm. se distribuye irregularmente a lo largo del año en función de las variaciones de la radiación solar y de la mayor o menor duración de cada período mensual. Los valores máximos de 143 mm. en enero y 130 mm. en diciembre, ocurren próximos del solsticio de verano, cuando la radiación solar es más intensa en el hemisferio. Los mínimos de 32 mm. en julio y 34 mm. en junio, se relacionan con la marcada disminución de la intensidad de la radiación, durante el solsticio de invierno, a 29° de latitud sur. La inflexión de la curva en febrero, está ocasionada por la menor duración de este

<sup>1</sup> El método permite determinar la ETP mensual a partir de las temperaturas medias mensuales y anual utilizando un nomograma y una tabla de factores de ajuste.  $ETP = P \times ETN$ , correspondiendo ETN a la ETP no ajustada de un mes de treinta días con doce horas diurnas, y P al factor de ajuste que considera el número de días de cada mes y la duración del período diurno de ese mes. TUBELIS, A. y NASCIMENTO, F. L. J. do (1988) pp.287-290.

mes. La amplitud anual de 11 mm. refleja la variación anual de la radiación solar en el subtrópico del hemisferio austral.

El balance hídrico que se ha calculado, relaciona la precipitación (P) mensual con su correspondiente ETP, considerando la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.

La evapotranspiración real (ETR) que se produce a expensas de la P y de la retención de agua en el suelo, será igual a la ETP siempre que no ocurra déficit de agua en el suelo. El excedente se produce cuando la P supera la cantidad de agua necesaria para alimentar la ETP y completar el almacenamiento. Inversamente, se produce déficit siempre que el agua del suelo no consigue suplementar a la P como respuesta a la ETP.

TABLA 1

## BALANCE HÍDRICO NORMAL EN SANTA CRUZ DO SUL (mm.)

Meses	P	ETP	P-ETP	Almacenamiento valor	alteración	ETR	Déficit	Excedente
ENE.	141	143	-2	77	-2	143	0	0
FEB.	128	115	13	90	13	115	0	0
MAR.	118	106	12	100	10	106	0	2
ABR.	116	66	50	100	0	66	0	50
MAY.	142	46	96	100	0	46	0	96
JUN.	148	34	114	100	0	34	0	114
JUL.	126	32	94	100	0	32	0	94
AGO.	127	40	87	100	0	40	0	87
SEP.	143	54	89	100	0	54	0	89
OCT.	146	78	68	100	0	78	0	68
NOV.	95	101	-6	94	-6	101	0	0
DIC.	115	130	-15	79	-15	130	0	0
Año	1.545	945	600		0	945	0	600

Fuente: Elaboración propia a partir de los valores mensuales de T y P correspondientes al observatorio de Santa Cruz do Sul (Instituto Nacional de Meteorología)

- P: precipitación total.
- ETP: evapotranspiración potencial, fórmula de Thornthwaite-Camargo, para 100 mm. de capacidad de almacenamiento.
- Valor de almacenamiento: el valor de almacenamiento del último mes de la serie con  $P > ETP$  corresponde a la capacidad máxima de almacenamiento (100). Los valores almacenados en los meses siguientes resultan de disminuir o aumentar el valor de P-ETP de cada mes, del valor de almacenamiento del mes anterior.
- Alteración del almacenamiento: variación en relación al mes anterior.
- ETR: evapotranspiración real.
- Déficit: diferencia entre ETR y ETP.
- Excedente: variación entre P-ETP y alteración del almacenamiento mensual.

Para estimar el balance hídrico fue utilizado el método de Thornthwaite que considera que se produce evapotranspiración potencialmente mientras hay agua almacenada. Cuando el almacenamiento es nulo, se produce un déficit de agua en el suelo, caracterizado por el agua que falta para que la ETR ocurra potencialmente (TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F. J. L., 1988, pp. 303-304).

En la Tabla 1 se muestran los resultados del balance hídrico normal, calculado a partir de los valores mensuales de P y ETP, considerando una capacidad de almacenamiento de agua en el suelo de 100 mm.

Los valores anuales de ETP y ETR son idénticos (945mm.) por lo que no se produce déficit en ningún mes del año. De marzo a octubre, el exceso hídrico acumulado alcanza 600 mm., correspondiendo el 80% del mismo al período comprendido de mayo a septiembre. Aunque durante todo el año hay agua disponible para que se produzca escorrentía, ésta debe alcanzar sus máximos durante el invierno y parte de la primavera, meses de junio a octubre.

La evolución anual del balance hídrico (Figura 23) permite observar la sucesión de tres períodos diferentes caracterizados por exceso, utilización y recarga de agua en el suelo. De finales de marzo a mediados de noviembre, la combinación de valores menores de ETP y máximos de P, produce excedente de agua que estará disponible para alimentar los flujos superficial y subsuperficial. De mediados de noviembre hasta la última semana del mes de marzo, la escorrentía se inhibe porque los valores crecientes de ETP alcanzan sus máximos como consecuencia del incremento de las temperaturas. El período de utilización de mediados de noviembre a mediados de enero, originado por el progresivo aumento de ETP que registra siempre valores superiores a la P, es sucedido por un período de recarga hídrica que se prolonga hasta la última semana de marzo en que, a pesar de la disminución de las precipitaciones, éstas superan siempre los valores también crecientes de ETP.

El curso anual normal de la disponibilidad hídrica representado en la Figura 24, muestra que la transición del período de exceso para el de almacenamiento se produce en noviembre, mientras que la transición del período de almacenamiento para el de exceso ocurre en marzo. Los dos máximos de disponibilidad hídrica ocurren en junio y julio, con 114 y 95 mm. respectivamente. Los mínimos se producen en enero y diciembre, 77 y 79 mm. respectivamente.

## CONCLUSIONES

El clima que afecta a la cuenca del río Pardiniho es mesotérmico blando, superhúmedo y sin período seco. Su característica más significativa consiste en una gran variabilidad de los estados de tiempo atmosférico en todas las épocas del año, ocasionada por la sucesión de masas de aire tropicales y polares, que va acompañada de sistemas frontales y líneas de inestabilidad.

Las precipitaciones mensuales alcanzan 1.545 mm. El régimen de las precipitaciones tiene un máximo pluviométrico principal de 148 mm. en el mes de junio y otro secundario de 146 mm. en octubre. Los mínimos pluviométricos coinciden con los meses de noviembre (95 mm.) y

diciembre (115 mm.). Consecuentemente, la distribución anual de las precipitaciones puede considerarse bastante regular.

Las temperaturas medias mensuales varían entre los 24,9°C de enero, mes cuya máxima media alcanza 32,5°C, y los 13,8°C de junio. Durante los meses de invierno, son frecuentes temperaturas absolutas con valores comprendidos entre 0 y -4°C.

Comparando los valores mensuales de precipitación, días de lluvia, precipitación máxima en veinticuatro horas y temperatura media, se puede deducir que el período de mayor erosividad de las precipitaciones debe corresponder a enero, mes en el que los 47 mm. de lluvia registrados en 24 horas, es precedido, en noviembre y diciembre, por las menores precipitaciones mensuales, inferior número de días de lluvia y temperaturas medias superiores a la media anual.

Las variaciones espaciales locales en el comportamiento de los parámetros climáticos, no han podido ser analizadas por carecer de un índice de corrección que permita ajustar los valores térmicos y pluviométrico a las variaciones introducidas por el relieve. La aproximación de carácter general conseguida a través de cartogramas de isoyetas e isotermas, sólo permite detectar variaciones entre la sierra y el llano durante la primavera, el verano y el otoño. En dichas estaciones, la zona serrana es más fría y lluviosa que la zona llana.

El balance hídrico normal no presenta déficit de agua en el suelo en ningún mes del año, razón por la cual la ETP y la ETR registran idéntico valor anual ( 945 mm.).

El excedente de agua en el suelo es elevado, totalizando 600 mm. anuales, el 80% de los cuales se concentra de mayo a septiembre. El excedente es nulo durante cuatro meses (noviembre, diciembre, enero y febrero) coincidiendo con el período más caluroso, menos lluvioso y, consecuentemente, con mayor evapotranspiración. De finales de marzo a mediados de noviembre, hay excedente de agua disponible para alimentar la escorrentía debido a la menor evapotranspiración. De mediados de noviembre a mediados de enero, se produce utilización de agua que vuelve a ser repuesta hasta finales de marzo, cuando se genera excedente de nuevo; los períodos de recarga y utilización inhiben la escorrentía sin que se produzca déficit de agua.

Este régimen hídrico, caracterizado por la inexistencia de déficit de agua en el suelo durante todo el año y la presencia de siete meses y medio con exceso, es favorable a que se produzca escorrentía y se generen los procesos morfogenéticos funcionales con ella relacionados.

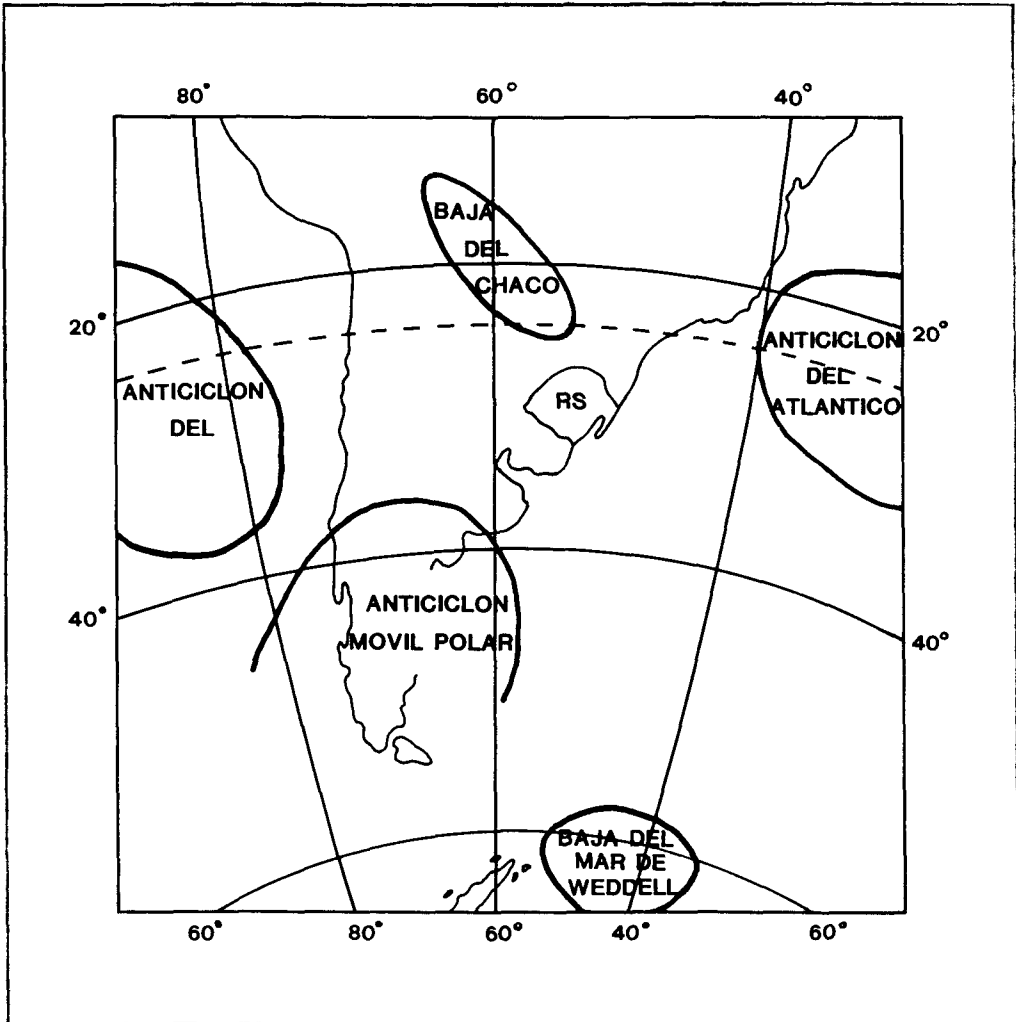


Figura 2. Centros de acción atmosférica en Rio Grande do Sul (E. Nimer).



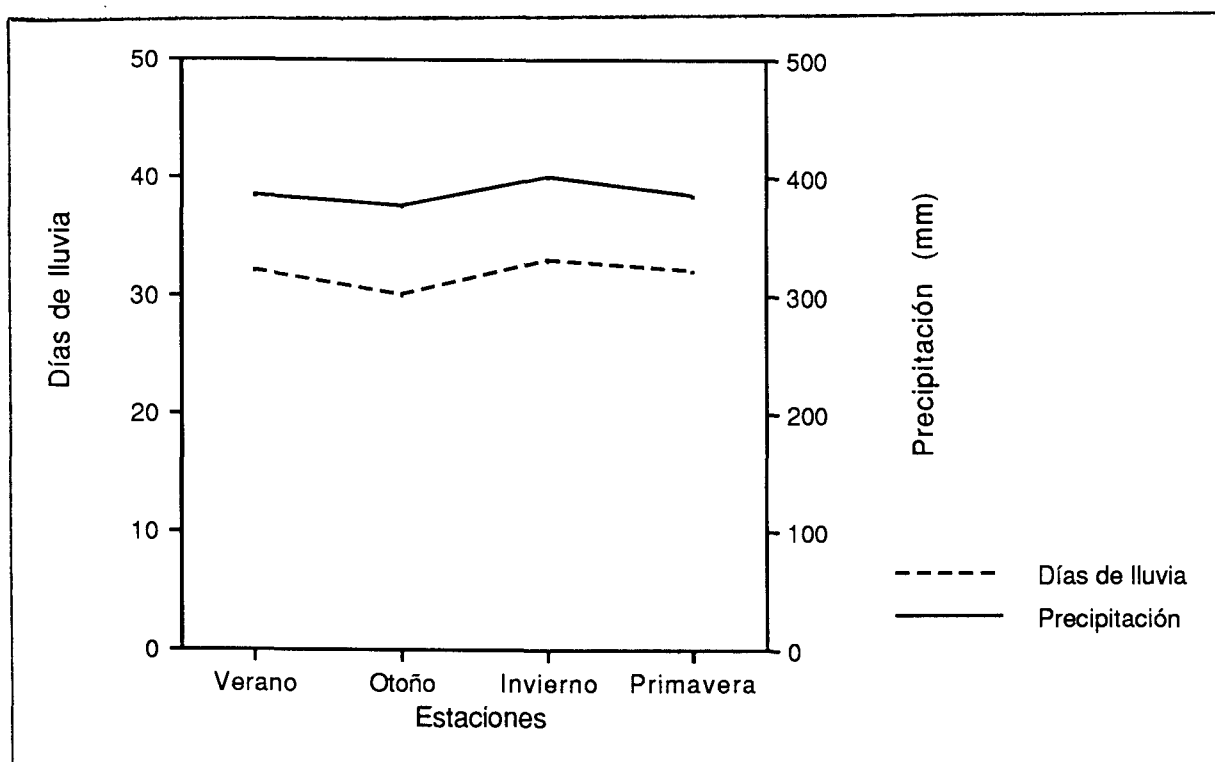


Figura 3. Distribución estacional de la precipitación y días de lluvia en Santa Cruz do Sul.

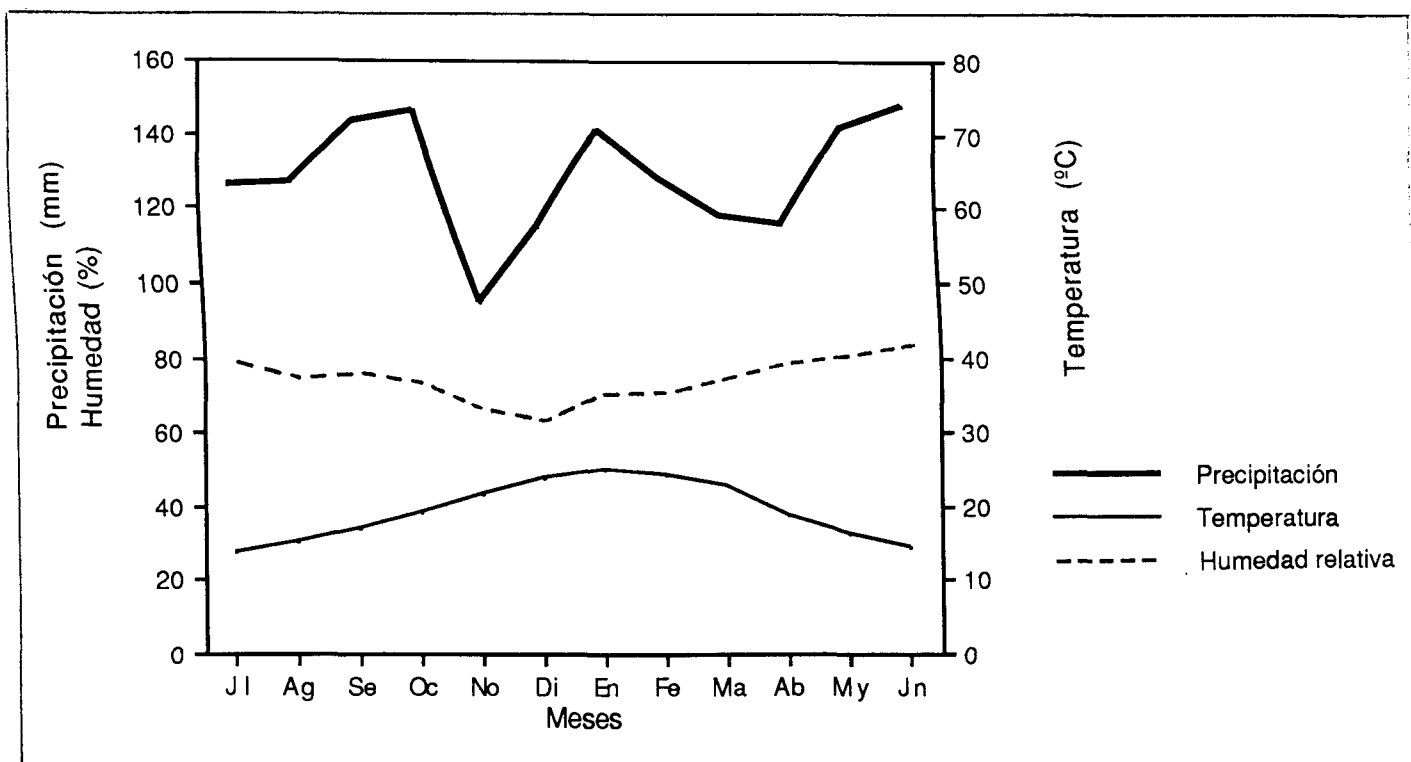


Figura 4. Variación estacional de la precipitación, temperatura y humedad relativa en Santa Cruz do Sul.

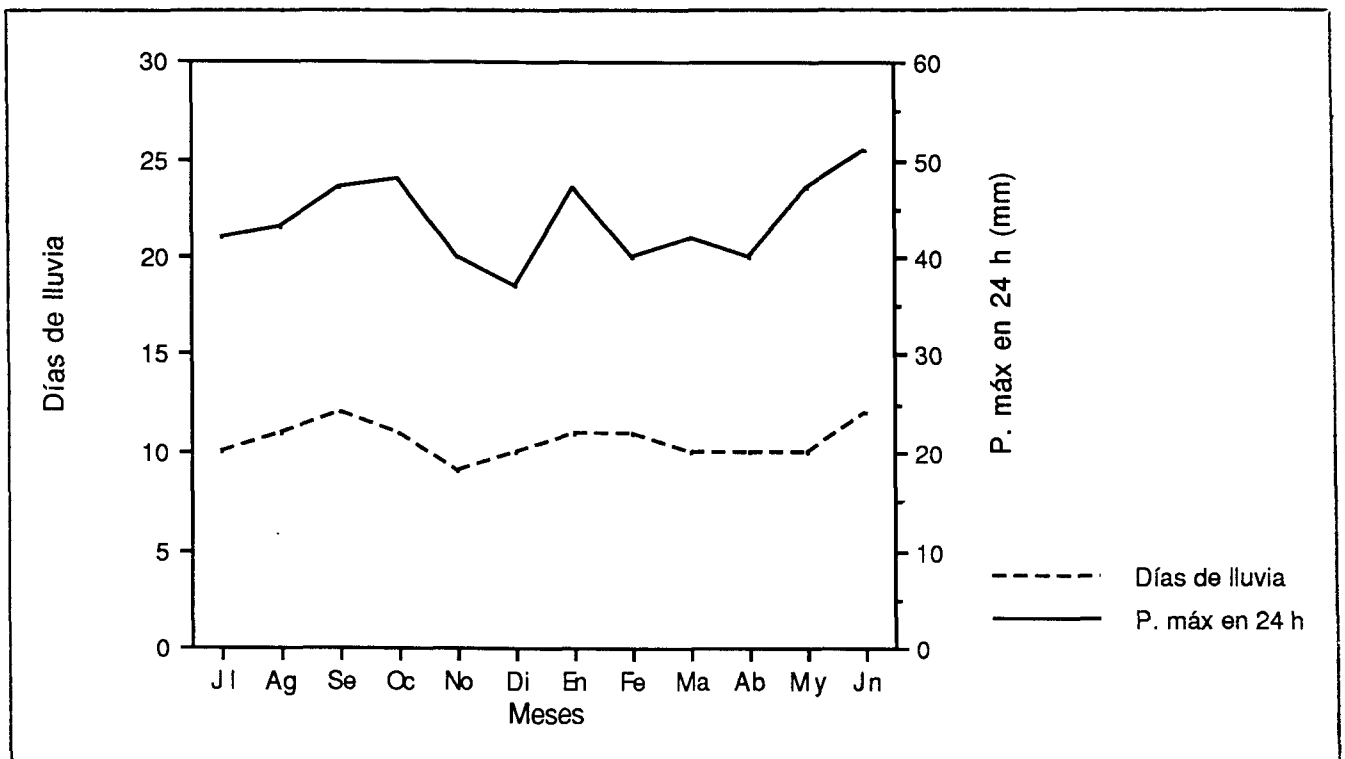


Figura 5. Variación mensual de la precipitación máxima en 24 horas y de los días de lluvia en Santa Cruz do Sul.

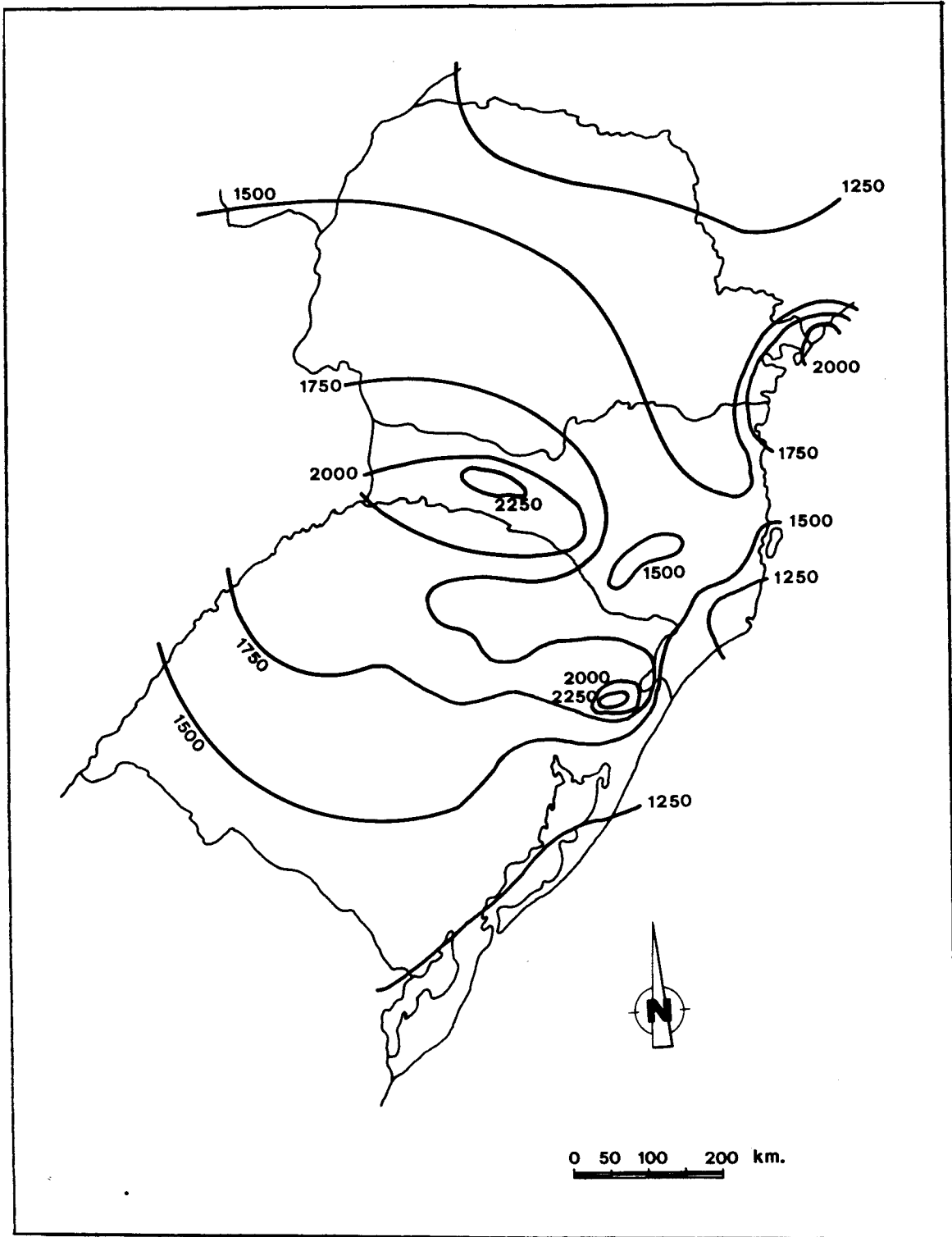


Figura 6. Mapa de isoyetas anuales en la Región Sur del Brasil (E. Nimer).

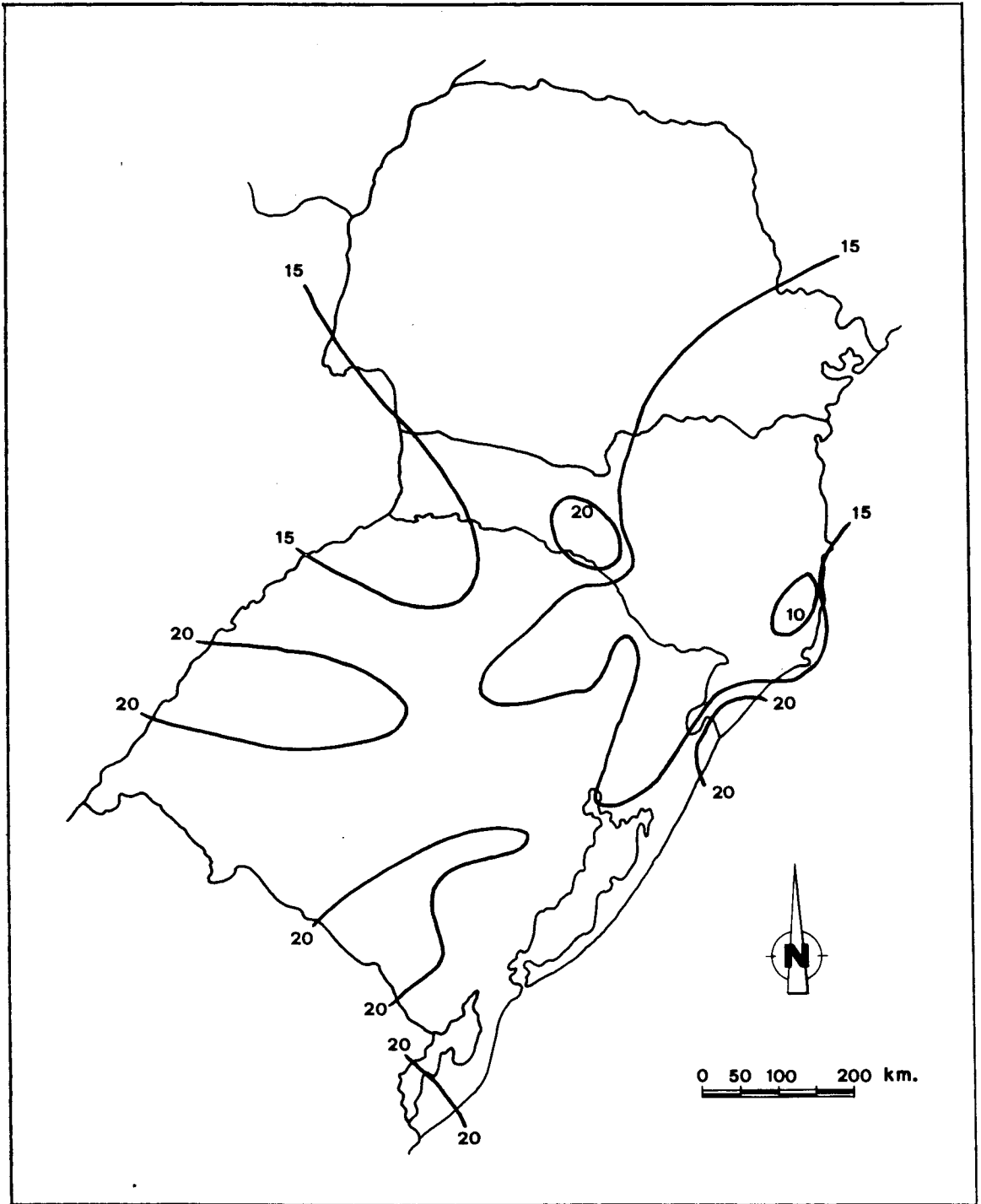


Figura 7. Mapa de desvío medio anual de las precipitaciones en relación a la precipitación normal (%), Región Sur (E. Nimer).

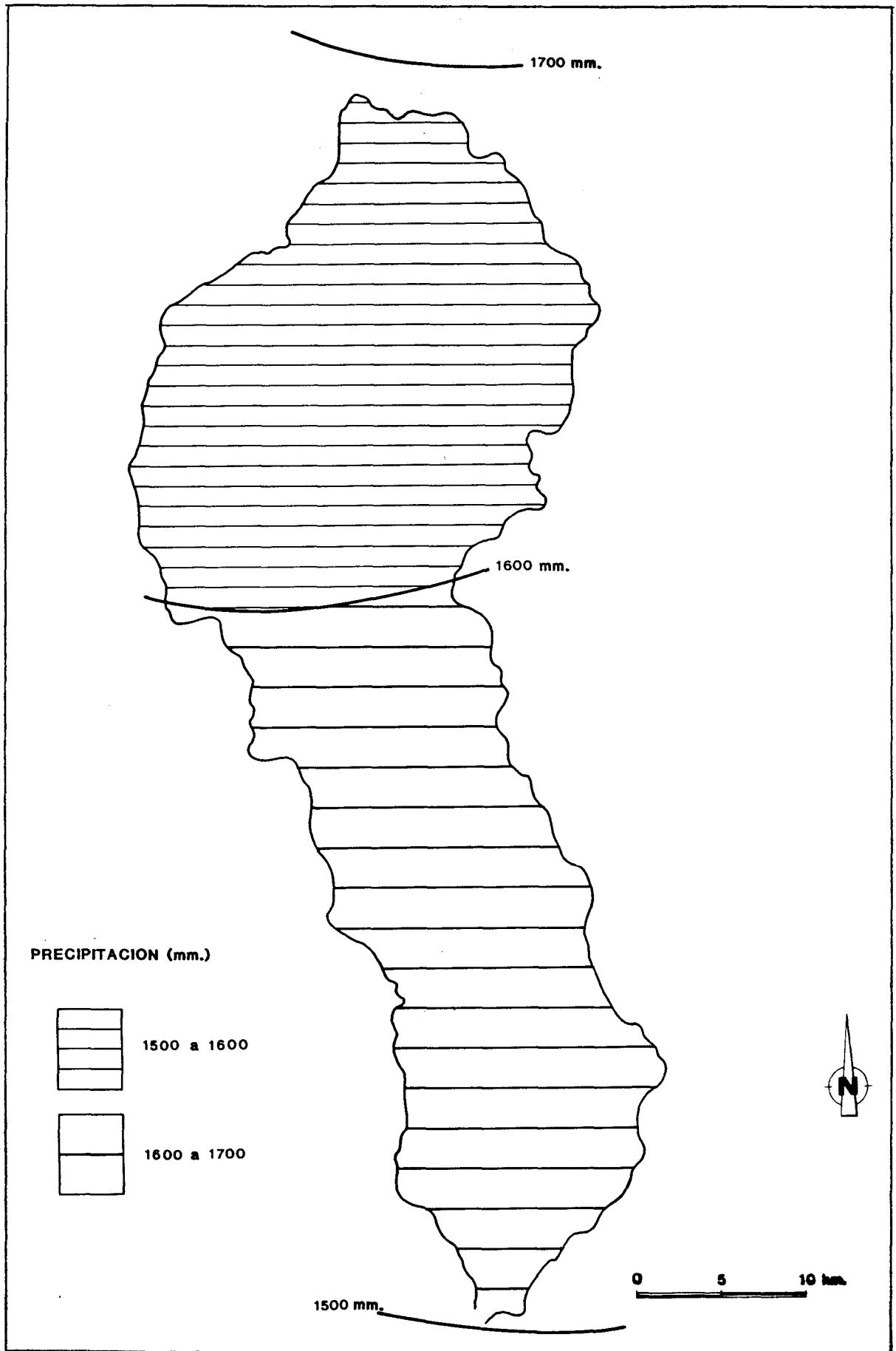


Figura 8. Mapa de precipitación anual. Cuenca del río Pardo.

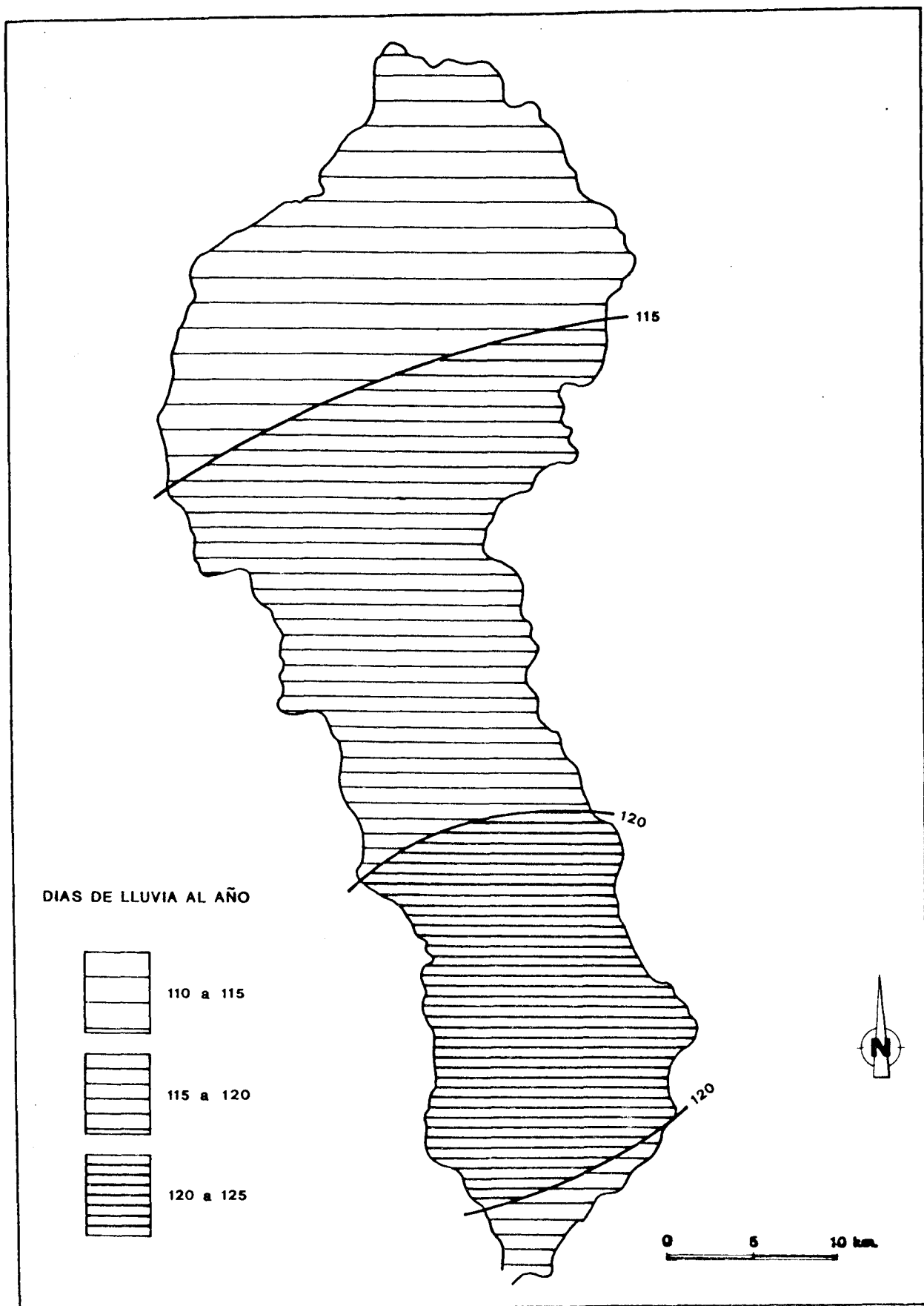


Figura 9. Mapa de días de lluvia al año. Cuenca del río Pardino.

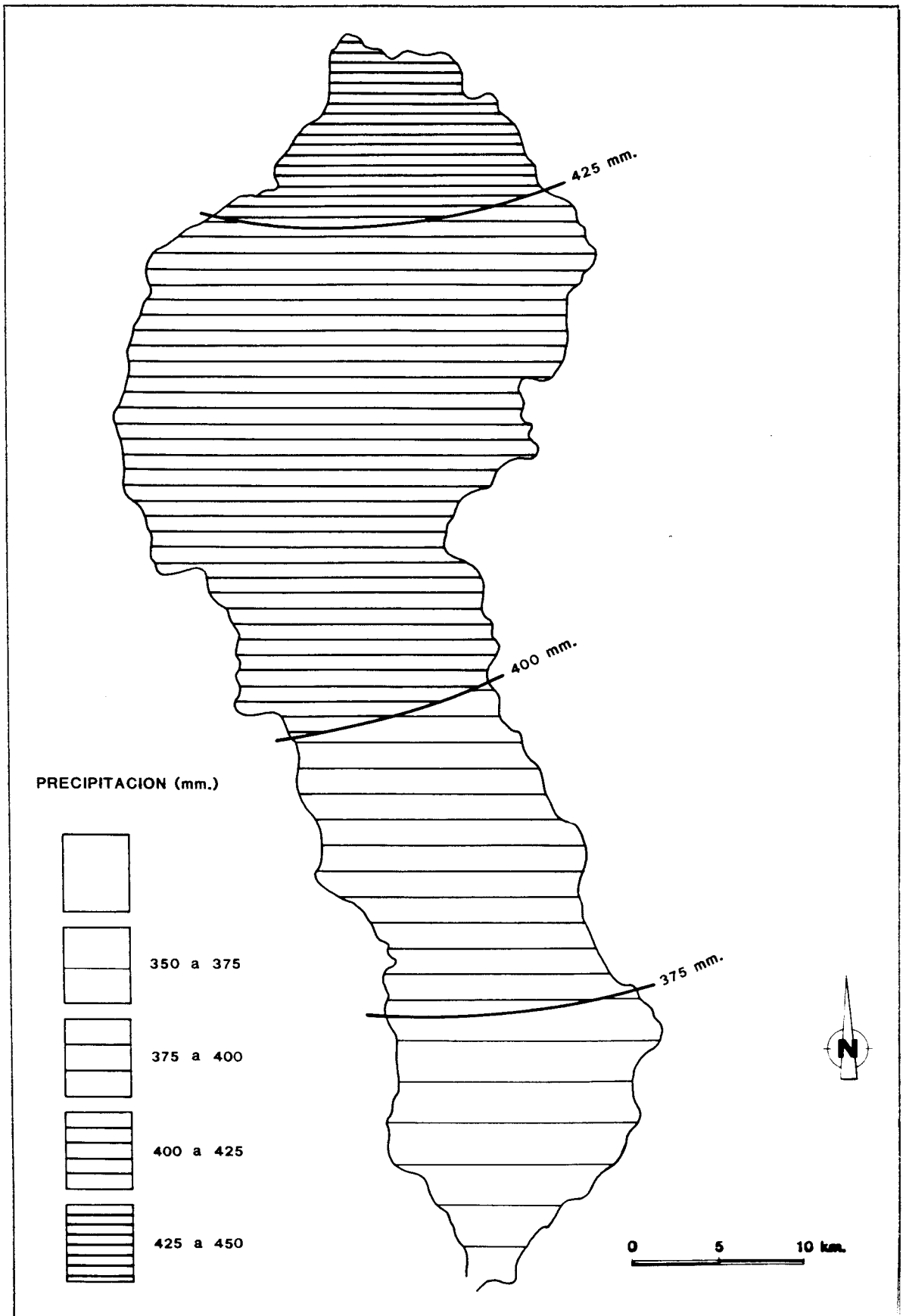


Figura 10. Mapa de precipitación en verano. Cuenca del río Pardino.

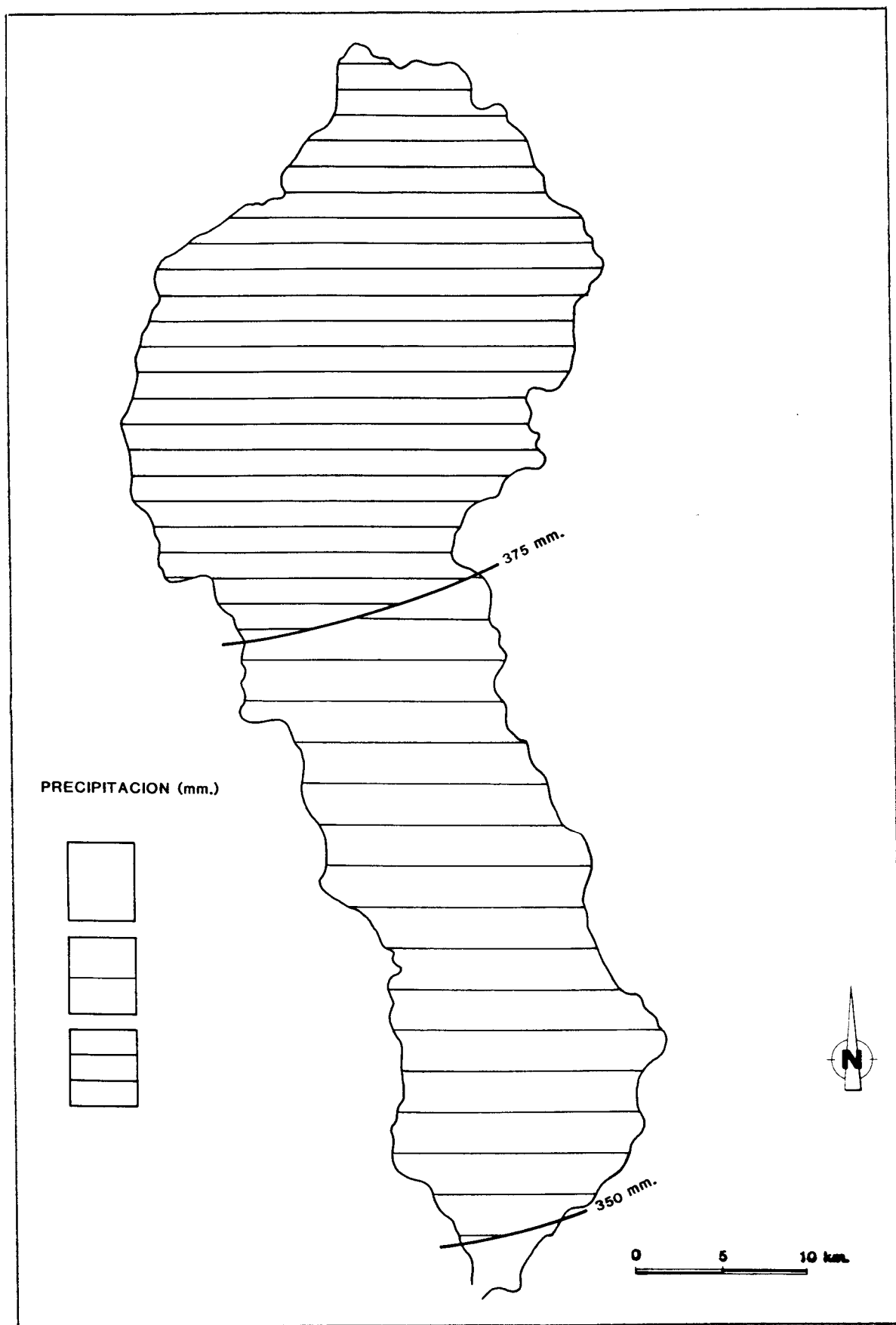


Figura 11. Mapa de precipitación en otoño. Cuenca del río Pardino.



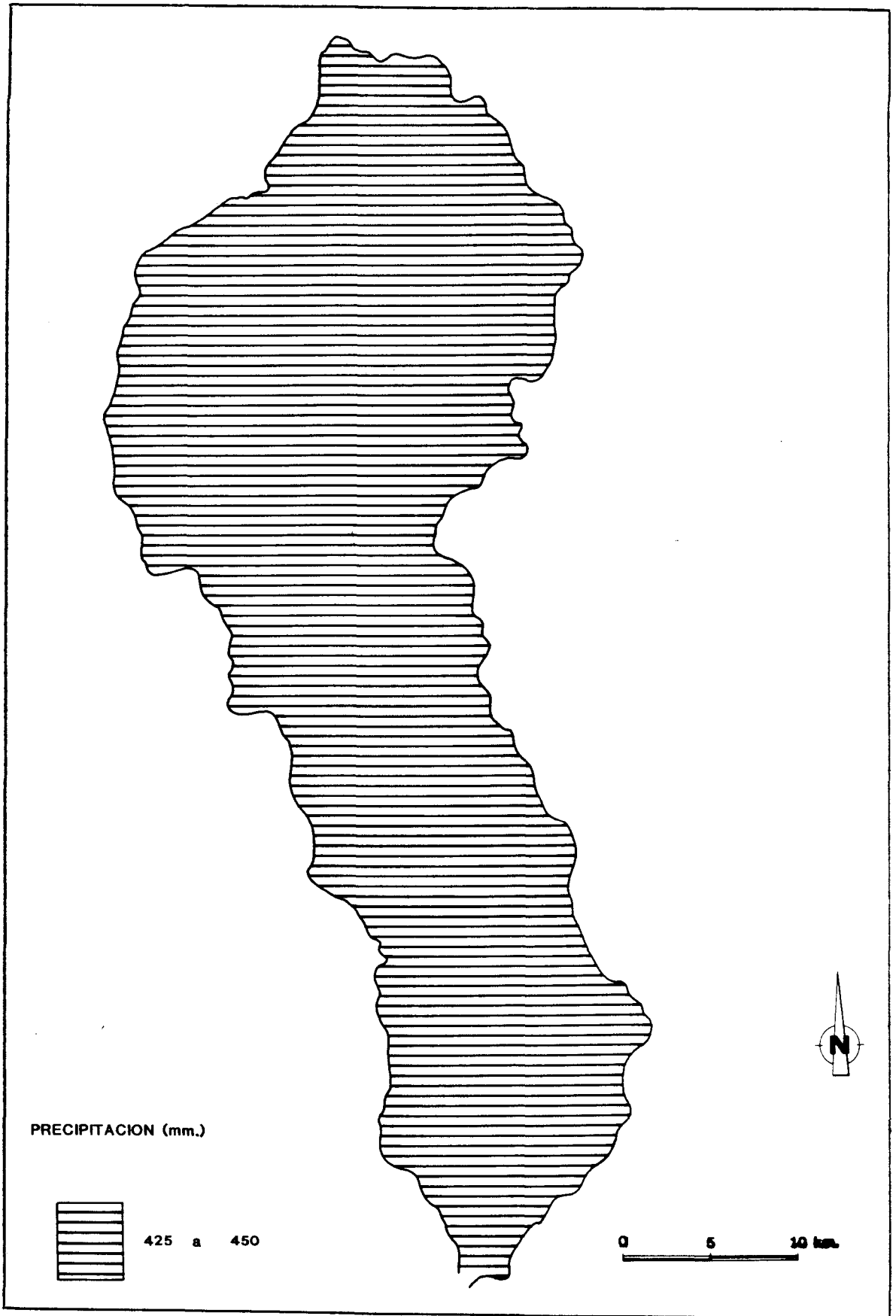


Figura 12. Mapa de precipitación en invierno. Cuenca del río Pardino.

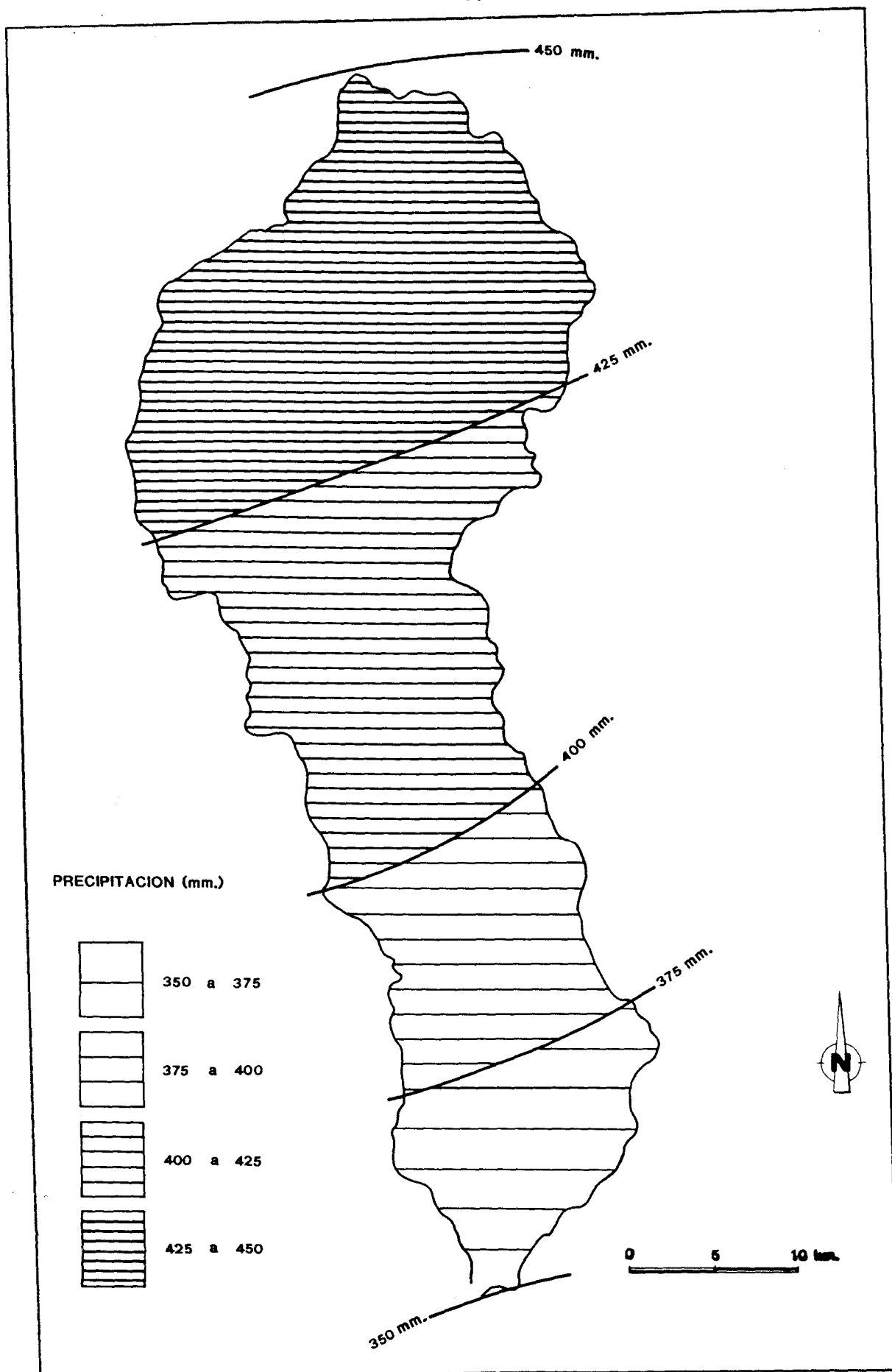


Figura 13. Mapa de precipitación en primavera. Cuenca del río Pardino.

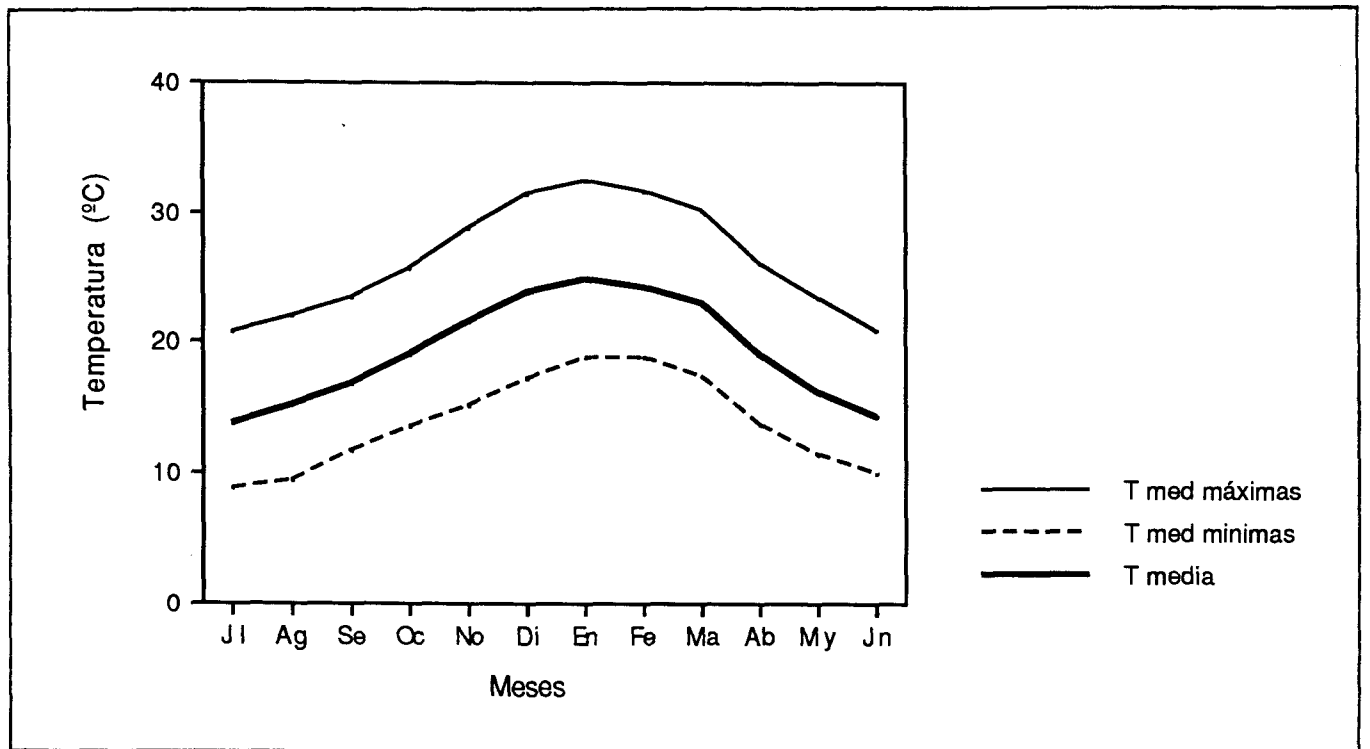


Figura 14. Variación mensual de la temperatura en Santa Cruz do Sul.

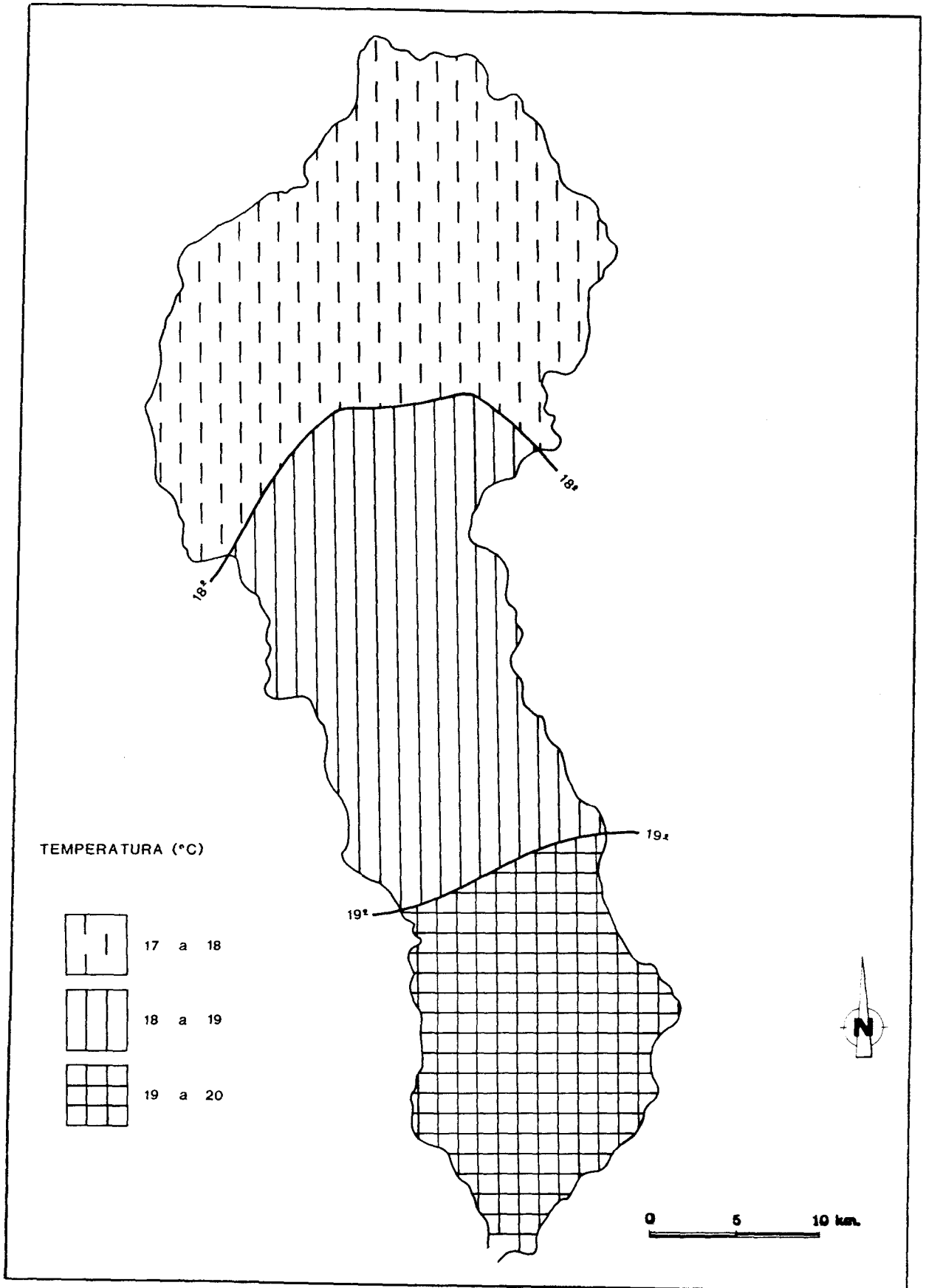


Figura 15. Mapa de temperatura media anual. Cuenca del río Pardino.

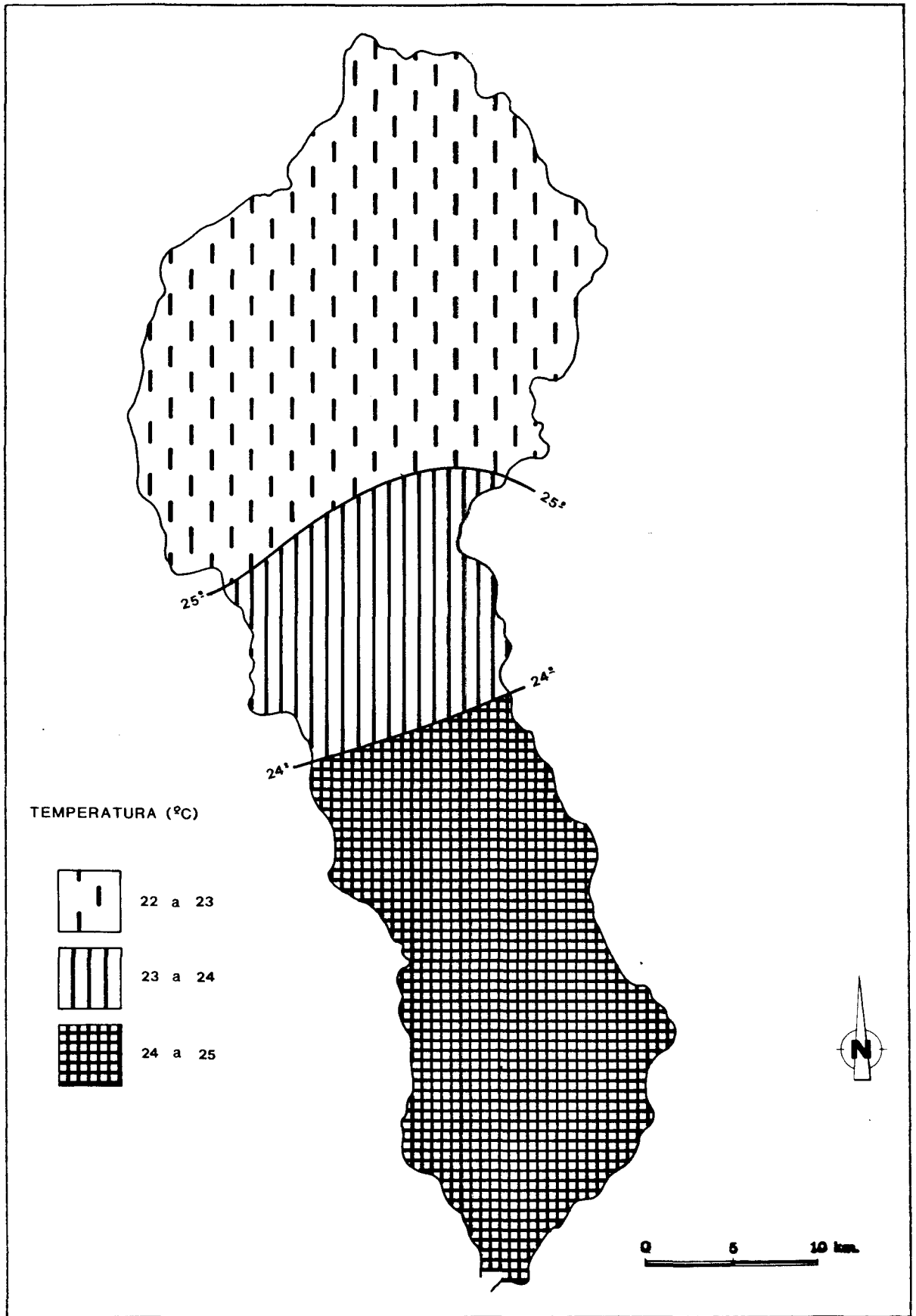


Figura 16. Mapa de temperatura media en enero. Cuenca del río Pardino.

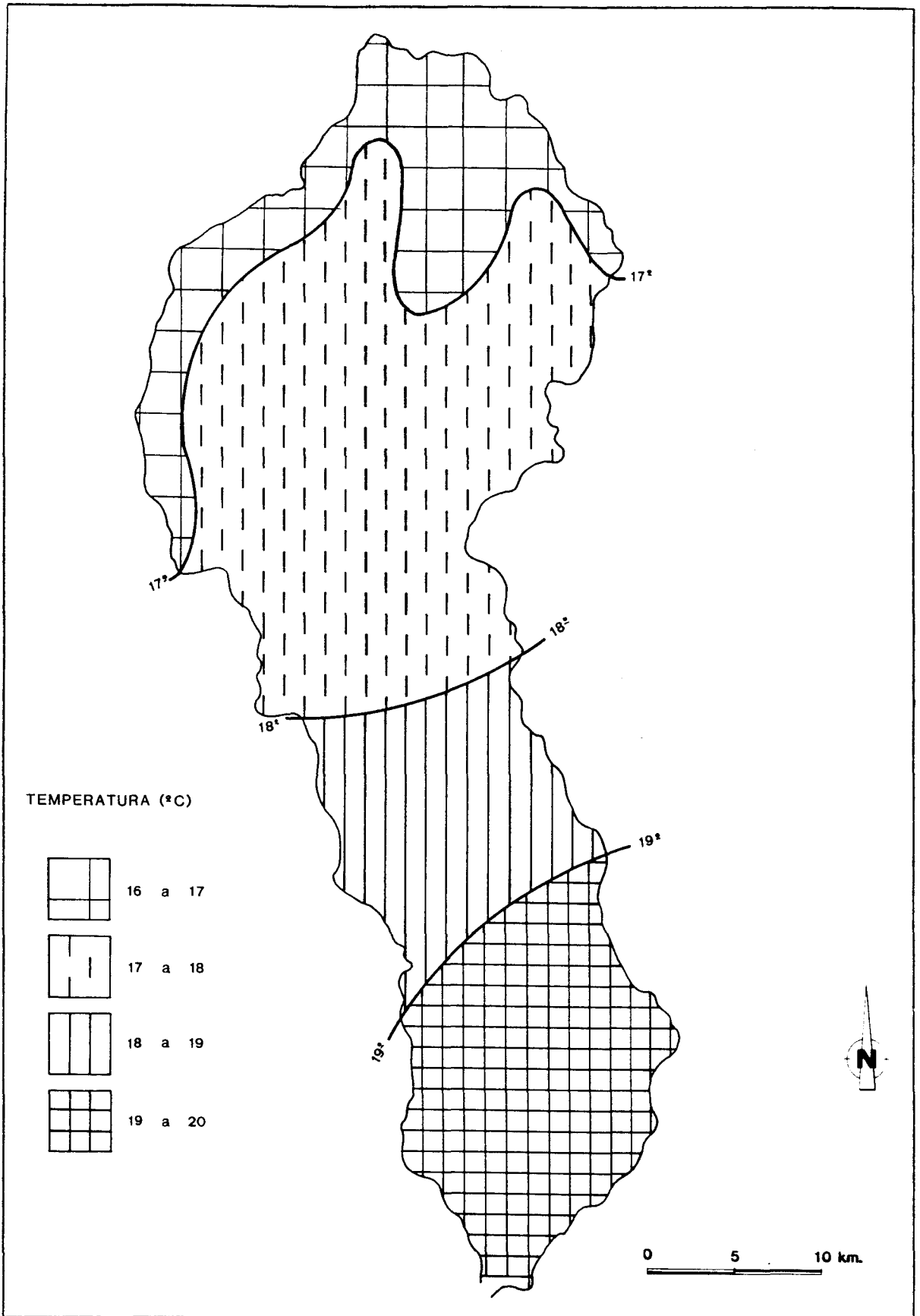


Figura 17. Mapa de temperatura media en abril. Cuenca del río Pardino.

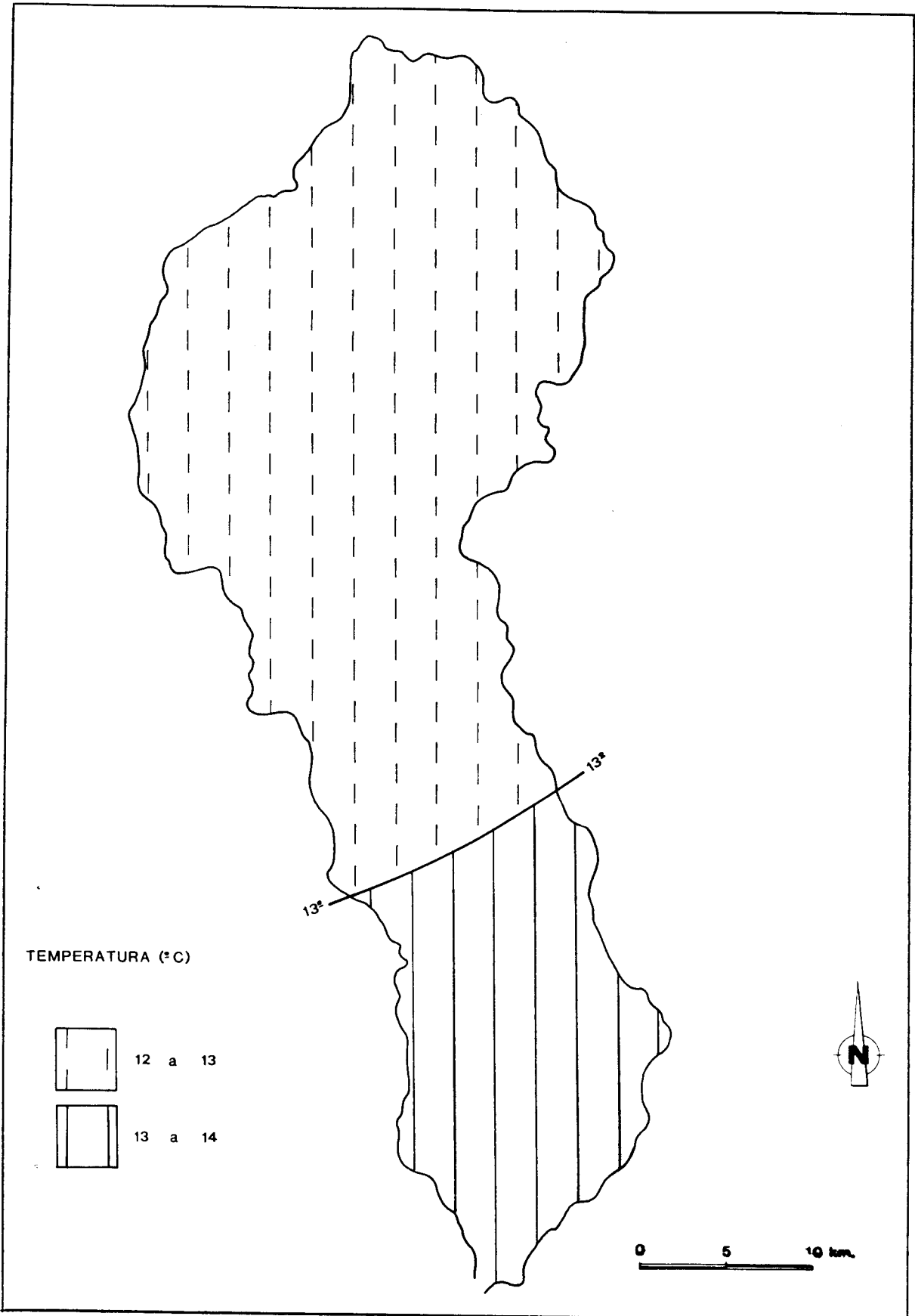


Figura 18. Mapa de temperatura media en julio. Cuenca del río Pardino.

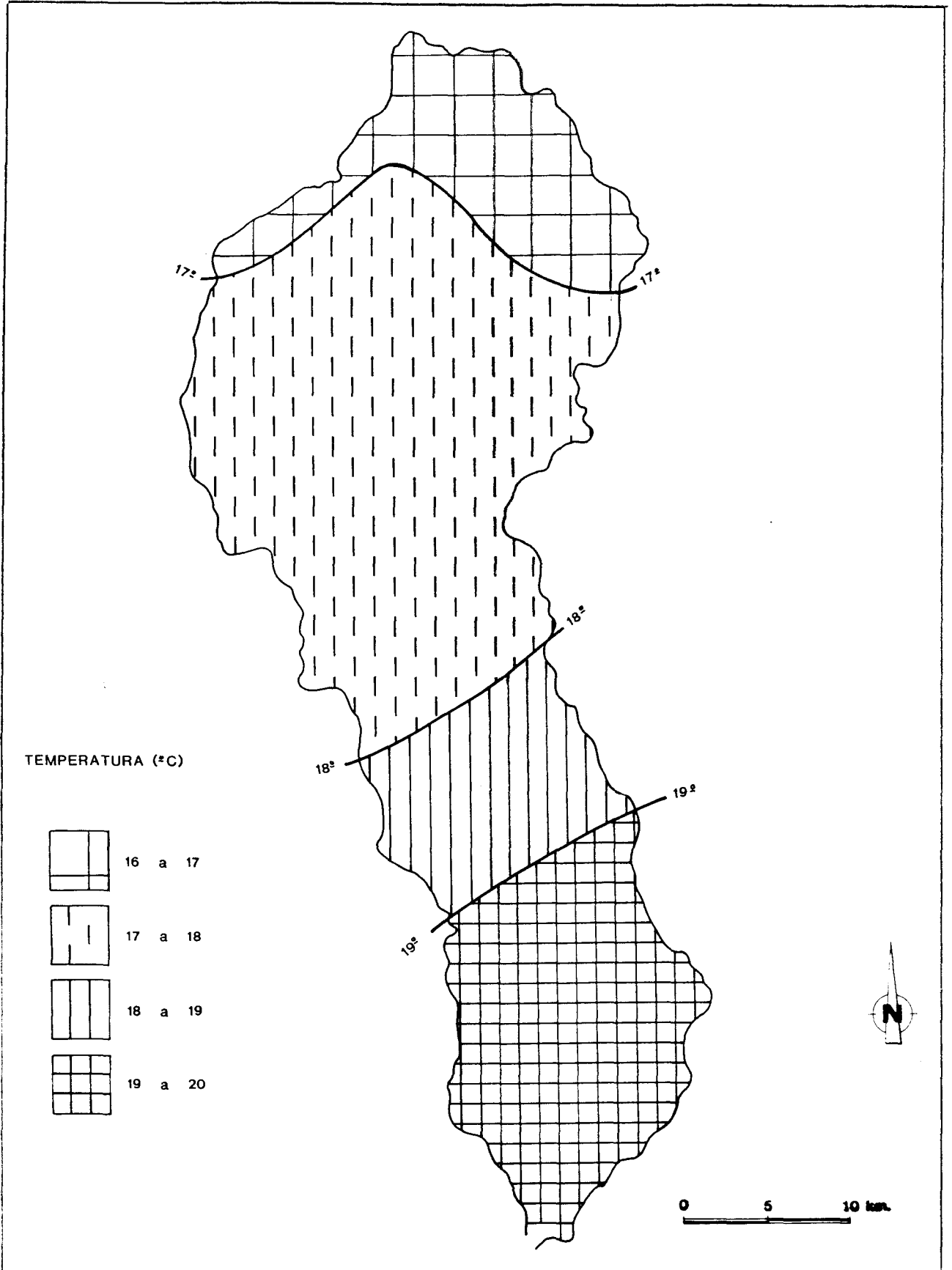


Figura 19. Mapa de temperatura media en octubre. Cuenca del río Pardino.



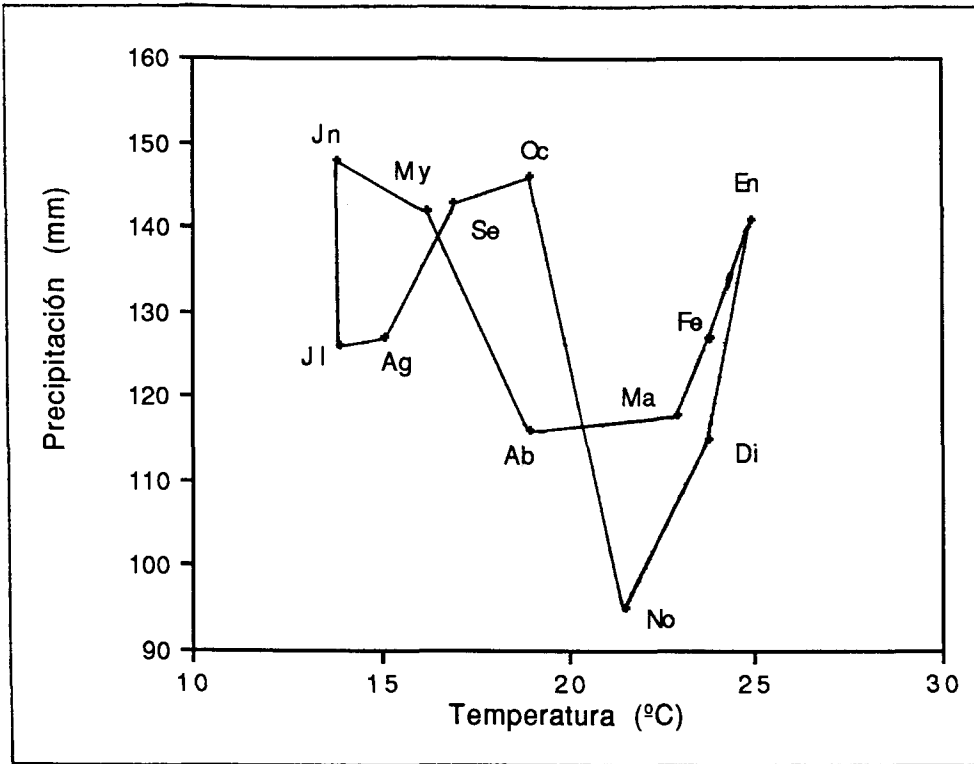


Figura 20. Relación entre temperatura media mensual y precipitación mensual en Santa Cruz do Sul.

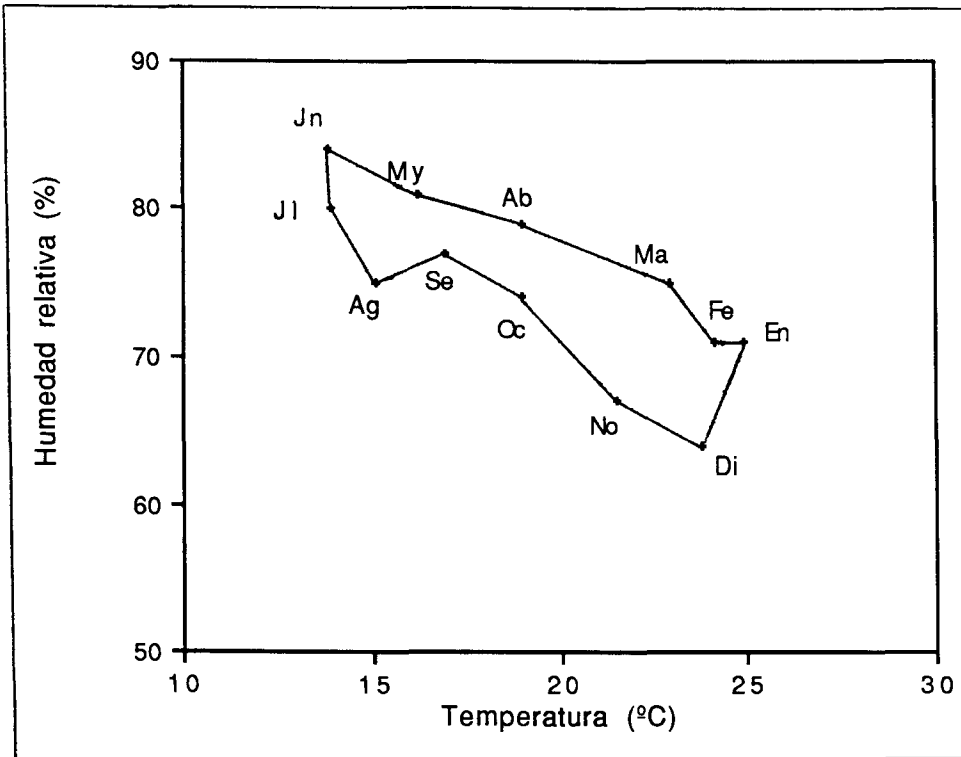


Figura 21. Relación entre temperatura media mensual y humedad relativa mensual en Santa Cruz do Sul.

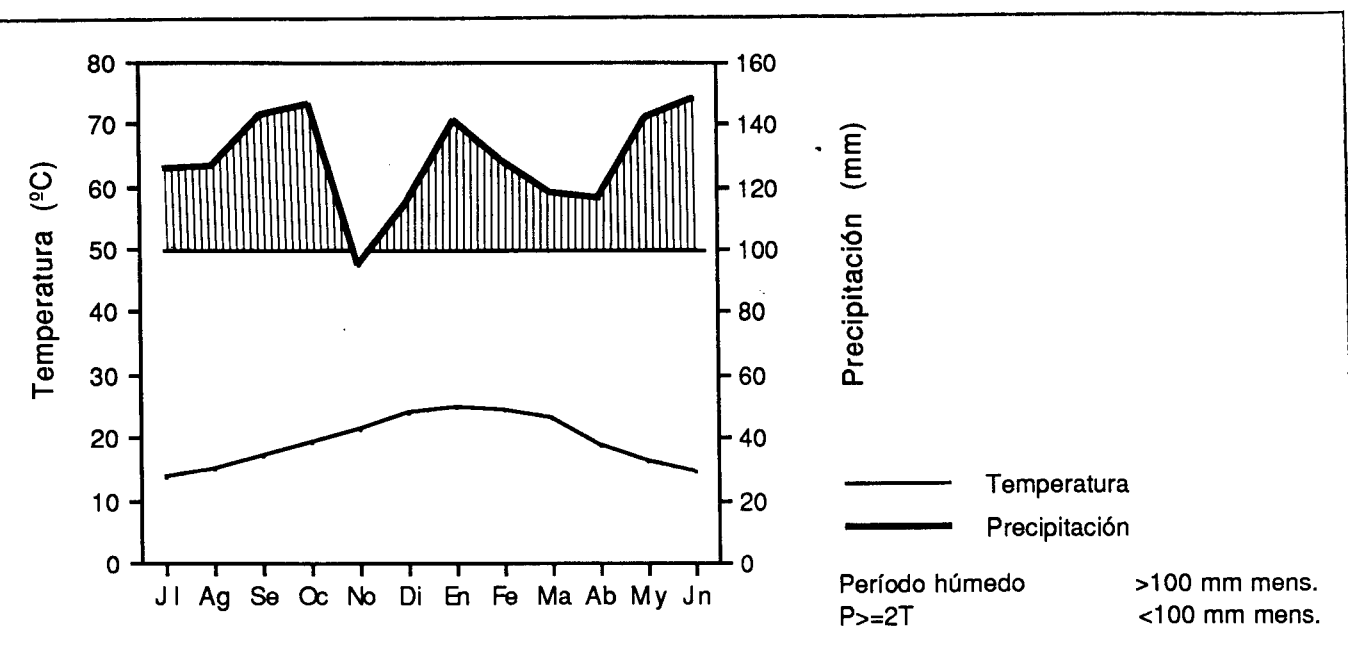
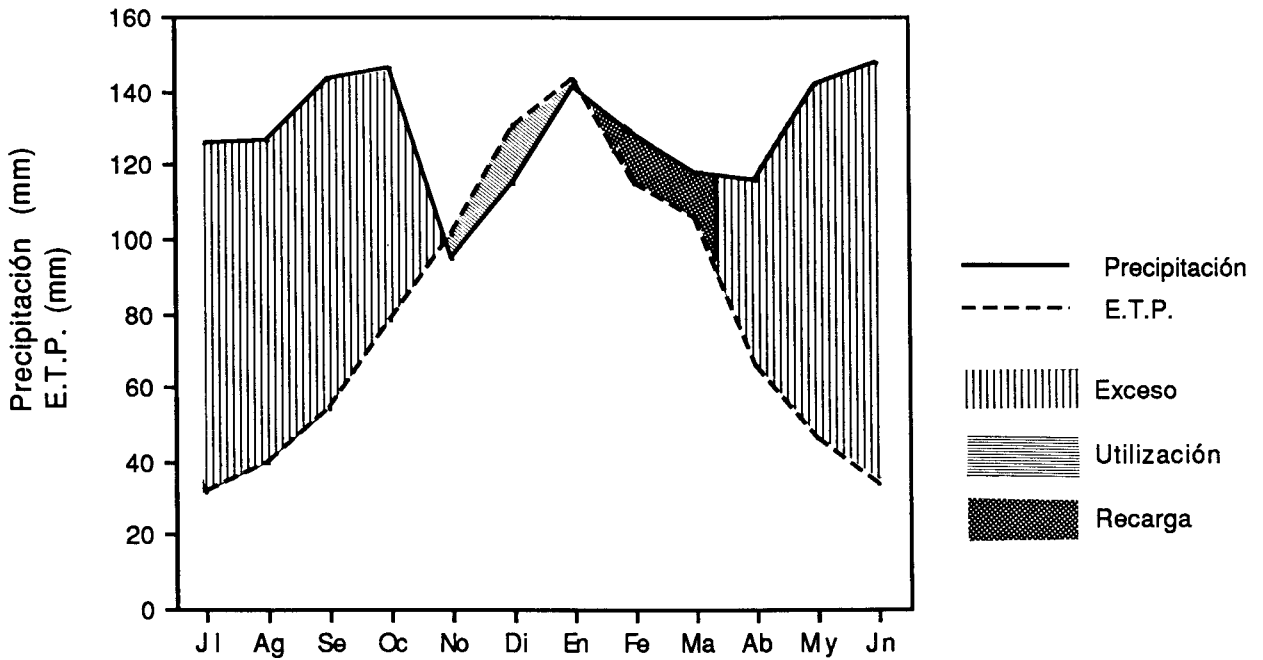


Figura 22. Diagrama ombrotérmico correspondiente a Santa Cruz do Sul.



**Totales anuales en mm:**

**P= 1545**

**ETP= 945**

**ETR= 945**

**Excedente= 600**

**Observación:** la transición del período de recarga al exceso se produce el 25 de marzo.

**$n = (\text{alteración} / P - ETP)N$**

**n:** día del mes

**alteración:** correspondiente a marzo

**P-ETP:** correspondiente a marzo

**N:** número de días de marzo

Figura 23. Variación anual del balance hídrico normal en Santa Cruz do Sul.

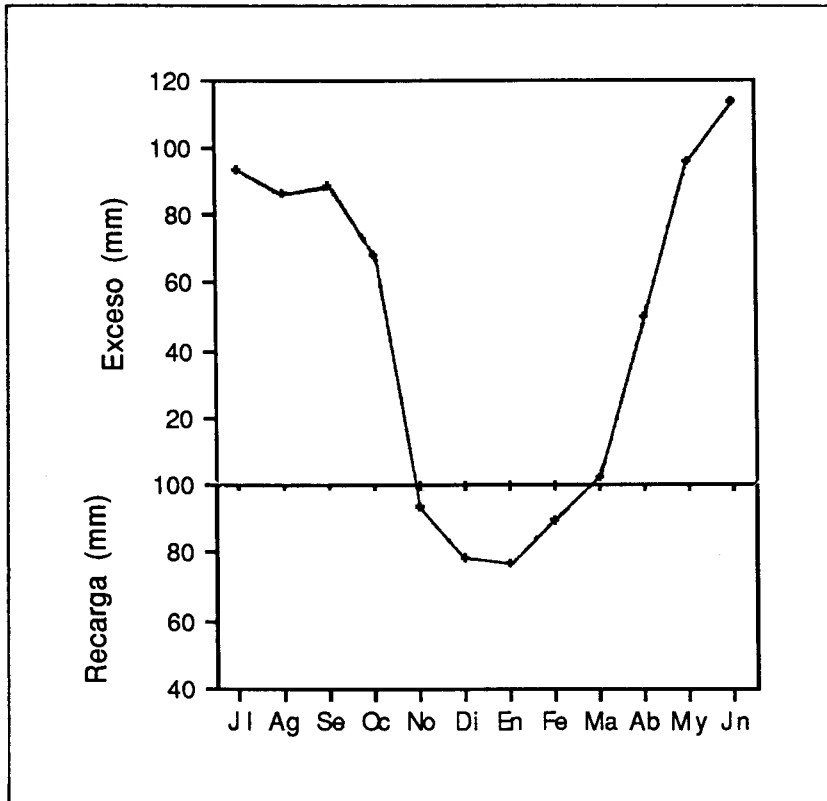


Figura 24. Curso anual normal de la disponibilidad hídrica en Santa Cruz do Sul, calculada por el método de Thornthwaite para 100 mm de capacidad de recarga.

#### 4. RELIEVE

El río Pardinho sitúa su cabecera en el Planalto Meridional del Brasil y, tras descender la Serra Geral, confluye con el río Pardo en la Depresión Periférica Gaucha.

La topografía de la cuenca de drenaje refleja la oposición entre la fuerte energía del relieve del área serrana y la suavidad de formas de la zona llana. Las dos grandes unidades comienzan a diferenciarse a partir de los 100 m. de altitud, cota en que se produce una nítida ruptura de pendientes. Esta generalización no presupone homogeneidad topográfica en cada compartimento, dado que áreas con características muy diferenciadas pueden individualizarse en ambas unidades.

##### 4.1. Altitud y energía del relieve.

Con una altitud media de 305 m. y una amplitud total de 683 m., las altitudes absolutas crecen hacia el norte, desde los 17 m. de la confluencia del río Pardinho con el río Pardo hasta alcanzar cotas de 700 m. en la cabecera de la cuenca (Mapa 2).

TABLA 2

ALTITUDES ABSOLUTAS

Altitudes (m.)	Área (%)
Hasta 100	28,5
de 101 a 300	24,4
de 301 a 500	20,1
de 501 a 700	27,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía topográfica 1:50.000.

La distribución espacial de los desniveles topográficos y pendientes que caracterizan las variaciones en la energía del relieve, permite diferenciar una cuenca baja llana que es sucedida hacia el norte por el vigoroso relieve de la cuenca media y una cuenca alta escasamente accidentada (Mapa 3).

La visión panorámica proporcionada por los perfiles topográficos seriados de la Figura 25, permite deducir los rasgos más significativos del relieve de la cuenca: a partir de los 550-500 m., la topografía llana de la cabecera y divisorias de agua pierde altitud hacia el sur; fuerte encajamiento de los cauces hasta la cota de 100 m.; culminaciones planas de las divisorias de agua de las subcuencas; frecuentes rupturas de pendiente en las laderas escalonadas de los valles; escasa altitud de la cuenca baja con presencia de cerros testigo y antecerro.

TABLA 3  
ENERGÍA DEL RELIEVE

Altitudes (%)	Área (%)
Hasta 5	20,3
de 5 a 10	14,0
de 11 a 20	21,7
de 21 a 30	33,7
de 31 a 40	8,0
41 y más	2,3

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía topográfica.

Combinando altitudes absolutas, desniveles relativos y pendientes, se han delimitado cinco sectores con características topográficas relativamente uniformes. A la sierra corresponden los sectores I, II y III, englobando el llano los sectores IV y V (Mapa 4).

La descripción del relieve se completa con la identificación genética de las principales macroformas y su distribución espacial sobre un mapa geomorfológico esquemático (Mapa 11).

#### 4.2. Compartimentación del relieve.

##### 4.2.1. La sierra.

El área serrana que se extiende por el 75% de la superficie de la cuenca, sólo ofrece aspecto de sierra cuando se la observa desde el sur. Englobada dentro del conjunto morfológico de la Serra Geral, la zona serrana corresponde a un fragmento del escalón topográfico que coloca en contacto la superficie del Planalto Meridional con la Depresión Periférica Gaucha.

La gran capacidad de incisión lineal de los cauces que sitúan sus cabeceras en las estribaciones de la superficie mesetaña, la resistencia litológica de los materiales volcánicos y areniscosos, y el intenso fallamiento a que están sometidos, ha condicionado el encajamiento de la red hidrográfica en valles estrechos, profundos, rectilíneos y separados por interfluvios de culminaciones planas y vertientes pronunciadas, con rupturas de pendiente, escarpes, abruptos y rellanos estructurales.

##### A. Sector I.

Ocupa el 67% del área serrana y el 50% de la superficie de la cuenca. Las altitudes absolutas varían entre los 100 m. de los fondos de valle y las bases de los abruptos topográficos que marcan la ruptura de pendiente con la zona llana, y los 500-550 m., altitudes que, en general,

corresponden a otra ruptura de pendiente que señala la transición hacia áreas culmiantes más planas.

Tan sólo el 17% de la superficie del sector presenta pendientes hasta 20%. Son áreas topográficamente rebajadas o fondos de valle colmatados por aluviones y derrubios.

Las altitudes relativas dominantes, superiores a 200 m., originan pendientes de 20,1 a 30% sobre las divisorias de agua de las subcuencas que se resisten a perder la horizontalidad impuesta por la disposición y resistencia de los derrames volcánicos, y sobre las laderas de valles ensanchados por erosión lateral de los cauces (perfiles topográficos 4, 5, 6 y 7).

Desniveles mayores que 300 m. y pendientes superiores al 35% son expresivos en todo el sector, llegando a superar las últimas el 80% en los abruptos y escarpes de algunas vertientes. El vigor del relieve es una respuesta al proceso de encajamiento de la red hidrográfica, favorecido por el régimen torrencial de los caudales en cauces con perfiles longitudinales de fuerte gradiente. Los lechos rocosos, característicos de este sector, han popularizado la denominación local de *lajeados* en sustitución de *arroyos*. Frecuentes y bruscas rupturas en el perfil longitudinal de los cauces originan cascadas de hasta 20 m. (*cachoeiras* y *saltos*) que podrían corresponder a fallas que desnivelan localmente los materiales volcánicos.

La morfología de las vertientes de los valles es compleja, con rupturas de pendiente por sucesión de escarpes y rellanos que les confiere un aspecto escalonado. El topónimo local *Paredão* y el término *perau* describen con precisión estas formas. El encajamiento de los cauces delimitados por escarpes rocosos configura cañones en tramos de los ríos Pequeno y Pardiniho y de los arroyos Pinhalzinho, Marcondes y Cerro da Mula.

El sector I presenta serias limitaciones topográficas al aprovechamiento agrícola sobre el 83% de su superficie, debiendo ser el uso forestal el más adecuado. No obstante, los aprovechamientos agrícolas y ganaderos de las tierras han hecho retroceder el bosque a las áreas más accidentadas e imposibles de roturar.

## B. Sector II.

Localizado en la cabecera de la cuenca, este sector se extiende sobre el 28% del compartimento serrano y el 20% de área total de la cuenca. En él se encuentran las mayores altitudes absolutas que oscilan entre los 500-550 m. del límite superior del sector I, y los 700 m. de las colinas meseteñas más septentrionales. Las altitudes relativas son inferiores a 200 m., conformando un relieve de colinas con culminaciones planas, individualizadas por valles abiertos con vertientes simples y simétricas. Estas colinas se conocen por la denominación de *coxilhas*.

El 30% de la superficie del sector presenta pendientes hasta 10% sobre los interfluvios menos disecados de la superficie del Planalto Meridional.

Los perfiles topográficos 1 y 2 muestran la incipiente disecación de las cabeceras más septentrionales. Sobre el perfil 3, localizado más al sur, un encajamiento mayor marca la transición hacia el sector I.

Topográficamente, las tierras del sector II presentan ligeras limitaciones al uso agrícola en el 60% de la superficie con pendientes de hasta 20%, limitaciones que pueden ser superadas adoptando prácticas de control de la erosión. Agricultura, pastos y repoblaciones forestales constituyen los usos del suelo característicos del sector.

### C. Sector III.

Sobre la porción sureste del interfluvio izquierdo de la cuenca y en altitudes de 100 a 200 m., se localiza un área de aspecto tabular constituida por una superficie alomada, a partir de los 180-200 m., y un abrupto topográfico cuya parte basal acompaña la ruptura de pendiente definida por los 100. de altitud. Este sector que ocupa el 5% del área serrana y el 4% de la superficie de la cuenca, constituye el escalón más meridional del compartimento serrano.

Las altitudes relativas son inferiores a 200 m. y configuran dos unidades topográficas diferenciadas por los valores de las pendientes. En la superficie culminante que ocupa el 58% del área del sector, las pendientes no superan el 10%, siendo de 10,1 a 20% las correspondientes al abrupto que marca la transición hacia la zona llana de la cuenca. Los perfiles topográficos 8 y 9 son expresivos de esta configuración topográfica.

Sobre la superficie culminante, la incisión lineal de los cauces es muy incipiente y el modelado se resuelve en una topografía alomada de culminaciones planas. La acusada pendiente del abrupto ha favorecido el encajamiento de los arroyos en los materiales resistentes (basaltos y areniscas) originando cortos valles que le dan un aspecto festoneado.

En las áreas más llanas, el uso agrícola es intenso. Las pendientes del abrupto topográfico marginal han favorecido la conservación de algunas manchas boscosas y dificultado la expansión, hacia el norte y el este, del núcleo urbano de Santa Cruz do Sul.

#### 4.2.2. El llano.

Este compartimento se abre, al sur de la cuenca, sobre materiales sedimentarios deleznales del sustrato (limos y arcillas) y formaciones superficiales cuaternarias inconsolidadas (aluviones y coluviones). Corresponde a un fragmento de la Depresión Periférica Gaucha, drenada hacia el Atlántico por el sistema hidrográfico del río Jacuí.

La escasa coherencia de los materiales ha dificultado los procesos de incisión lineal de los cauces, originando una topografía rebajada y de escasa energía que inhibe la capacidad de transporte fluvial y favorece los procesos de deposición.

### A. Sector IV.

Corresponde a la planicie de acumulación fluvial que se extiende por el 43% de la superficie de la zona llana y el 11% del área total de la cuenca estudiada.



Las altitudes absolutas varían entre los 17 m. de la desembocadura del río Pardino y los 40 m. Pendientes suaves hasta 2% y la falta de consistencia de los depósitos aluviales, favorecieron el trazado meandriforme de cauces con escaso gradiente longitudinal y el socavamiento basal en sus márgenes. La horizontalidad característica de este sector se puede observar en los segmentos correspondientes de los perfiles topográficos 8, 9 y 10.

El canal de estiaje del río Pardino, con una anchura media de 15 a 20 m., se hunde en el manto de aluviones, configurando márgenes abruptos de 12 a 15 m. en los que son frecuentes los desplomes.

Inundaciones periódicas que varias veces al año mantienen bajo las aguas las tierras de este sector, han orientado su utilización hacia el cultivo de arroz irrigado cuyos rastrojos aprovecha la ganadería bovina, y hacia las repoblaciones de eucalipto. Estas inundaciones suponen un freno al crecimiento urbano de Santa Cruz do Sul hacia el oeste.

#### B. Sector V.

La transición entre la planicie aluvial y el compartimento serrano se realiza a través de un piedemonte, estrecho y colinoso, que se prolonga en los interfluvios meridionales de la cuenca.

Su extensión abarca el 57% del llano y el 14% de la superficie de la cuenca. Los segmentos correspondientes a este sector en los perfiles topográficos 7, 8, 9 y 10, muestran el aspecto de suaves rampas, interrumpidas por cerros testigo y anteceros, característico del relieve de la zona.

La incisión lineal de los cauces procedentes del compartimento serrano y de los que se originan en el propio sector, ha configurado una topografía de colinas suaves, vertientes simples y anchos interfluvios sobre los limos y arcillas del sustrato y los depósitos cuternarios de ladera. Cerros testigos y anteceros de hasta 180 m. de altitud, acompañan la margen derecha del río Pardino y, más hacia el sur, sobre su margen izquierda, se eleva el cerro de Faxinal Velho dentro del área urbana de Santa Cruz do Sul. Las culminaciones planas de los cerros más elevados conservan la cobertura basáltica que ha protegido los materiales subyacentes de menor resistencia relativa.

Toda la superficie del sector V está sometida a un intenso aprovechamiento agrícola, ganadero, forestal (repoblaciones) y urbano-industrial.

#### 4.3. La red hidrográfica.

El sistema de drenaje de la cuenca del río Pardino está organizado en una red de cauces de diferente orden que reciben y canalizan los flujos de escorrentia superficial, subsuperficial y profunda, y las cargas de materiales aportados por los interfluvios de la cuenca.

La red de cauces configura un sistema hidrográfico anaclinal que secciona el front meridional del Planalto basáltico, integrándose a través del río Pardo en el sistema fluvial del río Jacuí, principal colector de la depresión ortoclinal gaucha.

La morfología de la cuenca tributaria y de la red hidrográfica receptora, refleja el control de la acción conjugada de una serie de factores cuya importancia varía en las diferentes zonas de la cuenca.

El condicionamiento estructural es determinante en los tramos de la red que labran sus cauces sobre la Serra Geral, cuencas alta y media. Este control se ejerce a través de la tectónica (malla de fallas y fracturas), de la litología (materiales rocosos resistentes pero con fácil infiltración) y del dispositivo litológico horizontal. En los tramos de la red que alcanzan la Depresión Periférica Gaucha, la impronta tectónica desaparece y la influencia litológica de los materiales homogéneos y arcillosos del sustrato geológico se restringe a dificultar la infiltración.

El condicionamiento topográfico es también sensiblemente diferente entre la zona serrana y el llano. En la primera, la elevada energía potencial del relieve favorece la escorrentía facilitando el dinamismo de los flujos. Sobre el llano, las suaves pendientes del terreno restan velocidad a los flujos.

El condicionamiento climático determina, tanto en la sierra como en el llano, la formación de mantos de alteración cuya profundidad depende de la naturaleza de las superficies rocosas, de la cobertura vegetal y de la declividad del terreno. Estos mantos de alteración o regolitas de posición, condicionan a su vez la infiltración y la escorrentía.

La evolución del paisaje por procesos de denudación fluvial, ha establecido una proporcionalidad entre la escorrentía total disponible y los cauces de la red, de modo a que cada cauce obtenga el agua necesaria para mantenerse en funcionamiento. Las pendientes de las laderas y de los cauces se han ajustado para garantizar la evacuación de los derrubios, definiendo el patrón de la red y estableciendo la jerarquía de los cauces.

La cuenca tiene una configuración groseramente rectangular que se traduce en un índice de circularidad ( $I_c$ ) de 0,3 (Mapa 5). El patrón de drenaje es dendrídico, con acusado control estructural en los tramos de la red de las cuencas alta y media.

Los cauces principales (ríos Pardino y Pequeno) calcan la orientación dominante NNE-SSW de las grandes líneas de debilidad tectónica. Los cauces secundarios (arroyos Pintado, Pinhalzinho, Marcondes, Cerro da Mula, etc.) marcan, con su orientación NW-SE, la segunda dirección de la malla tectónica en la mitad occidental de la cuenca alta. Una tercera orientación W-E de las líneas de debilidad tectónica, viene expresada por el trazado de los cauces tributarios de la margen izquierda del río Pequeno en el sector oriental de la cuenca alta, y el de la mayor parte de los afluentes de la cuenca media del río Pardino. La difluencia rectilínea de gran número de cauces de órdenes inferiores evidencia líneas de fractura secundarias que cruzan la malla tectónica principal.

Observando el trazado sensiblemente meridiano del eje de avenamiento constituido por el río Pequeno y cursos medio y bajo del río Pardino, el sensible paralelismo y distancia constante entre este eje y la divisoria izquierda de la cuenca, la dilatada extensión de las cuencas alta y media tributarias de la margen derecha de dicho eje, y si se considera el hecho de que el talweg del río Pequeno se encaja, aguas arriba, con mayor rapidez que el del Pardino, definiendo el conjunto de

laderas con mayor pendiente de la cuenca, podría pensarse que este eje constituyó el primitivo valle anaclinal del colector principal. Fenómenos de captura en su margen derecha, le permitieron incorporar nuevas líneas de drenaje y ampliar la superficie de su cuenca a través de las principales líneas de debilidad tectónica.

Superponiendo el mapa hidrográfico al de pendientes, se observa que el área de la cuenca comprendida entre los cursos actuales de los ríos Pequeno y Pardino, configura un bloque a modo de horst. Difícil de reconocer topográficamente, está definido por las fuertes pendientes de sus planos de falla trabajados por la incisión de ambos cauces.

La cuenca baja presenta una marcada disimetría entre las dos vertientes. El río Pardino corre más próximo de la divisoria derecha de aguas que lo separa de la cuenca del río Pardo; las altitudes máximas de esta divisoria alcanzan 95 m., su topografía es suavemente colinosa y los cauces que drenan las vertientes del interfluvio están poco desarrollados. La vertiente izquierda es más amplia y de topografía más vigorosa; la divisoria más septentrional alcanza cotas superiores a 250 m. en la transición a la cuenca del río Taquari-Mirim, y la divisoria más meridional con la cuenca del arroyo Pinheiro no supera los 100 m.

Esta disimetría parece deberse a la diferente capacidad erosiva de los cauces en las cuencas adyacentes, mayor en el caso de los integrados en la cuenca del río Pardo que hicieron retroceder a su favor el interfluvio con el río Pardino, provocando la desaparición de la cobertura basáltica. Esta cobertura protectora ha resistido mejor sobre la mitad septentrional de la divisoria izquierda, propiciando el desarrollo de amplias vertientes con escarpes de basalto y drenadas por cursos fluviales de mayor consideración.

TABLA 4  
PARÁMETROS LINEALES DE LA RED HIDROGRÁFICA

Orden de cauces	Número de cauces	Relación de bifurcación	Longitud total (km)	Longitud media (km)	Relación de longitudes
1	577	4,0	728,0	1,2	1,7
2	145	4,3	195,0	2,0	2,1
3	34	4,3	166,0	4,2	2,9
4	8	8,0	65,5	12,3	5,7
5	1		55,0	70,8	

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía topográfica 1:50.000 y fotografías aéreas 1:60.000.

La red fluvial de la cuenca del río Pardiniho alcanza una jerarquía de 5° orden en la clasificación de A. STRAHLER (Mapa 5). Los parámetros más significativos se recogen en la Tabla 4. Estos parámetros no reflejan con fidelidad el número real de cauces existente ni las dimensiones a ellos referidas, dado que las escalas que se ha debido trabajar son demasiado pequeñas para una correcta identificación de cauces de 1° y 2° orden, y los instrumentos de medida de que se dispuso eran de escasa precisión. Por tanto, la consideración de los valores debe ser entendida como una aproximación al comportamiento real de la red. Además, los valores medios tienen escasa significación cuando factores controladores como los mencionados con anterioridad se comportan espacialmente de forma tan diferenciada.

La densidad de drenaje (Dd) de 1,2 km. de cauce por cada kilómetro cuadrado de superficie, resulta excesivamente baja como promedio de la cuenca y, en consecuencia, el coeficiente de manutención (Cm) de 0,83 km<sup>2</sup> de área necesarios para mantener activo cada kilómetro de cauce, resulta excesivo.

Un análisis más detallado de las variaciones espaciales en el comportamiento de la red hidrográfica, se realiza en el Capítulo III al estudiar la movilización de la escorrentía.

En la zona serrana, las confluencias de los cauces de diferentes órdenes forman ángulos muy próximos al valor cuadrante como consecuencia del control tectónico. Cuando las confluencias se producen sobre la planicie de acumulación fluvial, los cauces tributarios describen trayectorias paralelas al colector principal, configurando canales tipo yazoo antes de alcanzar el talweg principal. Estas diferencias expresan una dinámica fluvial extraordinariamente contrastada entre la sierra y el llano que será analizada en el Capítulo III al estudiarse el modelado fluvial.

## CONCLUSIONES

Las altitudes absolutas de la cuenca del río Pardiniho no superan los 700 m., el 56% del área tiene desniveles de hasta 200 m. y las tierras con pendientes superiores a 20% abarcan el 43,6% de la superficie total.

La capacidad de movilización del flujo de agua y materiales dentro del sistema cuenca, está directamente relacionada con las condiciones topográficas de cada uno de los sectores en que ha sido compartimentada para su estudio.

El sector I que ocupa la mitad de la superficie total, es el que posee mayor energía de relieve, con pendientes superiores a 20% en el 83% de su superficie. La gran capacidad de movilización de los flujos limita los procesos de alteración química en profundidad y favorece los procesos de erosión mecánica en las vertientes, manteniendo activa la ablación a cargo de las corrientes fluviales y la evacuación de materiales.

En los sectores III, IV y V, predominan pendientes que no superan el 10%. La escasa energía del relieve dificulta la escorrentía, limitando los procesos mecánicos de incisión lineal y permitiendo una infiltración que acelera la descomposición química de los materiales y posibilita la formación de mantos profundos de alteración. El difícil avenamiento de algunas áreas del sector V

provoca problemas de hidromorfismo en los suelos y procesos de solifluxión generalizada sobre las laderas.

En el sector II, las pendientes oscilan entre 2 y 20%, por lo que la capacidad de movilización de flujos varía mucho localmente. En las áreas más planas y mal avenadas, la alteración química es profunda y los procesos mecánicos poco relevantes.

El trazado de la red hidrográfica refleja el condicionamiento de una topografía que la propia dinámica fluvial ha contribuido a modelar. Factores de orden tectónico imponen marcado control estructural a la red de drenaje dendrídica en las cuencas media y alta.

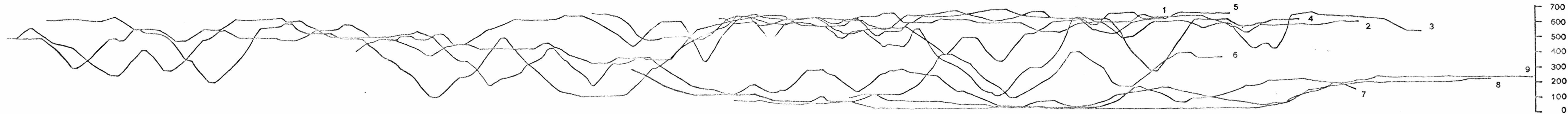
Como consecuencia de la configuración adquirida por la red, la cuenca de drenaje adopta una forma rectangular ( $I_c$  de 0,3), aunque con marcadas disimetrías entre las dos vertientes de la cuenca baja.

El río Pardino es un colector de 5° orden en la clasificación de A. STRAHLER.

Las trayectorias descritas por los cauces de la zona serrana sufren fuerte control estructural, mientras que las de los cauces del llano se relacionan con procesos morfodinámicos de acumulación fluvial que desvían las trayectorias iniciales.

W

E



E. HORIZONTAL 1 : 50,000

Fig. 25 PERFILES SERIADOS

## 5. SUELOS

La acción conjugada de los agentes atmosféricos (temperatura y humedad) y de los seres vivos sobre la superficie alterada de los materiales rocosos, origina la formación de suelos. La fracción mineral de los suelos está constituida por fragmentos de roca, arcillas coloidales y sustancias minerales en solución o bases intercambiables (Ca, Mg, K, Fe, etc.). La fracción orgánica o humus coloidal se origina a partir de la acción de microorganismos (bacterias y hongos) sobre los detritos orgánicos. Las bases intercambiables son nutrientes asimilables por las plantas; estas bases son rápidamente dispersadas por las raíces cuando no son fijadas sobre los coloides (arcillas coloidales y humus) que constituyen el complejo absorbente.

En condiciones de calor y humedad elevados, la alteración de los materiales se acelera originando la movilización de las sustancias solubles que poseen gran capacidad de disociación molecular ( $0,29_{-14}$  mol/l a  $10^{\circ}\text{C}$  de temperatura, y superior a  $1,46_{-14}$  mol/l a  $30^{\circ}\text{C}$ ) (DEMANGEOT, J., 1976, pp. 83-84). La actividad biológica se ve favorecida por la abundancia de detritos orgánicos vegetales y la eficacia de los microorganismos, sin embargo, el contenido de materia orgánica en el suelo es escaso. Esta contradicción se debe a la rápida descomposición de los detritos orgánicos a medida que se acumulan. La mineralización de la materia orgánica es muy rápida y la formación de humus coloidal se reduce, fenómeno éste que afecta a la fertilidad de los suelos.

Generalmente espesos, empobrecidos y porosos, los suelos de las regiones cálidas y húmedas varían mucho en función de las condiciones climáticas (suelos zonales), cobertura vegetal (suelos forestales y no forestales), condiciones locales de drenaje y topografía (suelos azonales e intrazonales), y tipo de material rocoso sobre el que se desarrollan.

La variedad edáfica de la cuenca estudiada comprende suelos de orden zonal (podzólicos y brunizens), intrazonal (planosoles) y azonal (litosoles), cuya distribución espacial origina un complejo mosaico de tipos y asociaciones. Sin embargo, los estudios pedológicos existentes sobre la región <sup>1</sup> sólo tienen carácter exploratorio, lo que impide un conocimiento detallado a escala local.

Esta limitación ha condicionado la elaboración del mapa de suelos (Mapa 6) que se reduce a esbozar la distribución general de las principales asociaciones a partir de la cartografía existente (1:750.000 en el caso del mapa del Ministerio de Agricultura y 1:1.000.000 en el correspondiente al Proyecto RADAMBRASIL) y de la relación entre topografía, afloramientos geológicos, formaciones superficiales, vegetación espontánea primitiva y características de las principales asociaciones edáficas.

En la caracterización de suelos que ha sido realizada, se describen los tipos más significativos de las asociaciones existentes en la cuenca, relacionando, siempre que es posible, dichos tipos con las denominaciones populares que se les atribuyen en la región. La sensibilidad de los suelos a los diferentes procesos de degradación y erosión será tratada con de talle en un capítulo diferente.

<sup>1</sup> Ministério da Agricultura (1973); RADAMBRASIL, Projeto (1986); RESENDE, M. y otros (1988).

### 5.1. Asociación de tierras pardas estructuradas con tendencia hacia suelos podzólicos pardo grises, y litosoles.<sup>1</sup>

Constituyen un conjunto de variedades formadas a partir de las rocas volcánicas ácidas (riolitas y vitrófros) de la cabecera de la cuenca, en áreas por encima de los 450 m. de altitud que originariamente estuvieron recubiertas por el bosque subtropical perennifolio con araucarias.

Las tierras pardas con tendencia hacia suelos podzólicos pardo grises, son suelos con profundidad inferior a 130 cm., desarrollados en áreas con drenaje moderado y pendientes inferiores al 10%.

Su perfil ABC se caracteriza por un horizonte A de 40 a 50 cm., pardo oscuro, con textura arcillosa (35 a 60% de contenido de arcilla) o muy arcillosa (más de 60% de arcilla), endurecido por las termitas, que posee elevado contenido de carbono orgánico y baja saturación de bases. El horizonte B, de 60 cm., es de color pardo-rojizo oscuro, muy arcilloso (más de 60% de arcilla) y con saturación de aluminio superior a 50%. Los dos horizontes superficiales tienen una estructura granular o en bloques subangulares medianamente desarrollada. El horizonte C posee una proporción alta de limos, resultado del avanzado estado de descomposición del sustrato rocoso.

Con bajo contenido de materia orgánica debido a la fuerte lixiviación y acidez elevada (pH de 5,0), las tierras pardas estructuradas poseen escasa fertilidad natural.

Los litosoles son rasos o poco profundos, con espesores inferiores a 50 cm., desarrollados en áreas accidentadas con pendientes medias de 30%. Su horizonte A, de 30 cm., descansa sobre la roca madre o sobre un estrecho horizonte C. Con textura arcillosa (35 a 60% de arcilla), saturación de aluminio superior a 50% y fuerte acidez, los litosoles tienen también reducida fertilidad.

En este tipo de suelo son muy abundantes los fragmentos (2 a 20 cm. de diámetro) y bloques rocosos (20 a 100 cm.) sobre la superficie y englobados en la masa del suelo (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, p. 428; Ministério da Agricultura, 1973, pp. 153-154).

Los campesinos conocen a esta asociación como *terra branca* a causa de su tonalidad blanquecina. La toponimia local atribuye el nombre de *Linha Branca* a la divisoria de aguas entre los arroyos Pinhalzinho y Marcondes.

### 5.2. Asociación de tierras *roxas* estructuradas y brunizens rojizos.

Se formó a partir de rocas basálticas y areniscosas de las áreas con topografía poco accidentada localizadas, entre 180-260 m. de altitud, en la prolongación más meridional del interfluvio izquierdo de la cuenca. La vegetación original fue el bosque subtropical caducifolio.

Las tierras *roxas* estructuradas son suelos profundos, entre 100 y 200 cm., bien drenados y con saturación de bases superior a 50%. Su perfil ABC muestra una transición gradual de color y

<sup>1</sup> En la clasificación del Ministerio de Agricultura se denomina a esta asociación «Suelos Oasis».



textura entre los horizontes. El horizonte A es muy arcilloso (más de 60% de arcilla) y el B posee una estructura bien desarrollada en bloques subangulares. El color oscuro de estos suelos se debe a que los óxidos de hierro y aluminio entran en una proporción superior a 15%.

Los suelos brunizens rojizos se localizan en las áreas con pendientes más acentuadas (8 a 20%). Su textura es menos arcillosa que la de las tierras *roxas*, pudiendo alcanzar proporciones de arena superiores a 15%. Generalmente son bastante pedregosos.

A esta asociación corresponden también manchas de litosoles y cambisoles, ambos neutros y pedregosos (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, p. 432).

Se los denomina popularmente *terra vermelha* debido a su color rojizo.

5.3. Asociación de suelos podzólicos pardo grises, tierras pardas estructuradas con tendencia a suelos podzólicos rojo oscuros, y litosoles.

Corresponde a suelos formados sobre las rocas volcánicas ácidas, situadas a más de 400 m. de altitud, y recubren la depresión topográfica drenada por el curso alto del río Pardiniho. La vegetación original era el bosque subtropical peremnífolio con araucaria.

Los suelos podzólicos pardo grises, con profundidades entre 50 y 200 cm., están moderadamente drenados. Su perfil ABC posee elevados contenidos de arcilla en los horizontes superiores. Son suelos ácidos y con saturación de aluminio superior a 50%, razón por la cual su fertilidad natural es muy baja. Generalmente son pedregosos y están intercalados por afloramientos de rocas del sustrato.

Las tierras pardas estructuradas con tendencia hacia suelos podzólicos rojo oscuros, son muy arcillosas, ácidas y con saturación de aluminio superior a 50%. Los litosoles también son arcillosos y ácidos, poseyendo fragmentos rocosos incorporados.

Todas las variedades de esta asociación son escasamente fértiles (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, pp. 434-435).

5.4. Asociación de suelos podzólicos pardo grises con tendencia hacia planosoles, y planosoles.<sup>1</sup>

Constituye una asociación formada a partir de los limos y areniscas en los interfluvios alomados del extremo meridional de la cuenca, con pendientes inferiores a 10% y altitudes menores de 100 m. La vegetación originaria fue el bosque subtropical caducifolio y las formaciones herbáceas y arbustivas de los *campos*.

Los suelos podzólicos pardo grises son más profundos, un metro aproximadamente, y sufren problemas de drenaje. Su perfil ABC se caracteriza por un horizonte A arenoso de 40 cm.,

<sup>1</sup> En la clasificación del Ministerio de Agricultura se denomina a esta asociación «Suelos Santa Maria».

claro o blanco cuando está seco, macizo y duro. La saturación de bases es inferior a 50% y la estructura granular está poco desarrollada. El horizonte B es estrecho, arcilloso, con estructura de bloques subangulares poco desarrollada, y fuertemente gleizado. El horizonte C es bastante profundo. Estos suelos poseen contenidos medios de materia orgánica y acidez elevada (pH de 2 a 5,0) en los horizontes superficiales que va aumentando en profundidad (Ministério da Agricultura, 1973, pp. 267-269).

Los perfiles de planosol son frecuentes en las áreas con pendientes inferiores a 3%. Son suelos ácidos, de textura areno-arcillosa y baja fertilidad natural (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, p. 436).

#### 5.5. Suelos podzólicos rojo oscuros.<sup>1</sup>

Se formaron a partir de limos y areniscas del sustrato y depósitos coluviales cenozoicos. Aparecen, en altitudes inferiores a 100 m., sobre el extremo meridional del interfluvio izquierdo de la cuenca, originariamente recubierto por vegetación de *campo*.

Son suelos bien drenados, con profundidad de 100 a 200 cm., que recubren una topografía alomada con pendientes inferiores a 10%. Su perfil ABC, de horizontes poco diferenciados, se caracteriza por un horizonte A pardo rojizo oscuro con textura arcillosa y profundidad de 70 cm. El horizonte B es rojo y arcilloso y el C también presenta color rojo. La estructura en bloques subangulares de los horizontes superiores está poco desarrollada. Son ácidos (pH de 5,0), pobres en materia orgánica, con saturación de aluminio superior a 50% y escasamente fértiles (Ministério da Agricultura, 1973, pp. 158-160).

Suelos de características similares, asociados con litosoles, aparecen sobre el interfluvio derecho de la cuenca al pie de las estribaciones meridionales de la sierra.

#### 5.6. Cambisoles.<sup>2</sup>

Corresponden a suelos desarrollados sobre sedimentos fluviales holocenos de origen mayoritariamente basáltico, depositados en la planicie aluvial de la porción meridional de la cuenca. Con pendientes inferiores a 10%, el área estuvo recubierta originariamente por el bosque galería.

Son suelos profundos y bien drenados aunque sometidos a inundaciones periódicas. Su perfil ABC tiene un horizonte A de 60 cm., pardo oscuro, con textura arenosa y estructura en bloques subangulares; es un horizonte friable, ligeramente plástico y pegajoso. El horizonte B es también profundo, pardo oscuro, con textura arcillosa o arcillo-limosa y estructura, friabilidad y plasticidad similares a las del horizonte A.

<sup>1</sup> Denominados «Suelos Rio Pardo».

<sup>2</sup> Denominados «Suelos Vila» y clasificados como brunizens rojizos.

El contenido de materia orgánica es escaso. Son suelos neutros o moderadamente ácidos (pH de 5,8 a 5,9) (Ministério da Agricultura, 1973, pp. 194-196).

### 5.7. Asociación de litosoles y brunizens rojizos.<sup>1</sup>

Constituyen una asociación muy compleja formada a partir de rocas basálticas. Ocupa la mayor extensión territorial de la cuenca, sobre altitudes entre 100 y 450 m. donde la vegetación originaria fue el bosque subtropical caducifolio.

Los litosoles se localizan en las áreas de mayor pendiente, son escasamente profundos y están bien drenados. Su perfil AC se caracteriza por un horizonte A de 20 a 40 cm., con textura arcillosa y estructura granular poco desarrollada; es de color rojo oscuro y posee una elevada proporción de fragmentos rocosos con dimensiones variables que le dan su típico aspecto pedregoso. El horizonte C está formado por fragmentos de basalto, redondeados por esfoliación, cuyo tamaño aumenta en profundidad.

Estos litosoles poseen un contenido de carbono orgánico que varía entre 1,5 y 3,2%, baja o nula saturación de aluminio y un pH de 5,8 a 6,5. Son, por tanto, suelos neutros y fértiles (Ministério da Agricultura, 1973, pp. 334-336).

Los suelos brunizens rojizos se desarrollan en las áreas poco accidentadas y partes bajas de las laderas. Con profundidades de 80 a 120 cm., están moderadamente drenados. Su perfil ABC tiene un horizonte A de 47 a 55 cm., con textura arcillosa, estructura granular medianamente desarrollada y color pardo rojizo oscuro. En la transición hacia el horizonte B, aparecen líneas de piedra con diámetros que varían entre 5 y 10 cm. El horizonte B, de 30 a 60 cm., es rojo oscuro, con textura arcillosa y estructura en bloques subangulares bien desarrollada. El horizonte C está constituido por basaltos en descomposición.

Los contenidos de materia orgánica varían de 2,7 a 5,5% en el horizonte superficial. Son suelos ácidos con un pH de 6,2 en el horizonte A y de 5,2 en el B. Su fertilidad natural es media (Ministério da Agricultura, 1973, pp. 189-191).

Los campesinos conocen a estas dos asociaciones como *terra vermelha*.

Asociados a los suelos anteriores, aunque en menor proporción, aparecen tierras *roxas* estructuradas, arcillosas y neutras (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, p. 478). Los afloramientos de rocas basálticas del sustrato son muy frecuentes en toda el área ocupada por esta asociación de suelos.

## CONCLUSIONES

Los suelos de la cuenca reflejan el material litológico de origen, las condiciones de drenaje derivadas de la topografía y la primitiva cobertura vegetal.

<sup>1</sup> Denominados «Suelos Ciriaco-Charrua».

Sobre las áreas bien drenadas, sometidas a la acción prolongada del clima subtropical húmedo y con vegetación predominantemente forestal, se desarrollaron suelos con perfil ABC como las tierras pardas estructuradas, tierras *roxas* estructuradas, podzólicos pardo grises, podzólicos rojo oscuros y brunizens rojizos. El deficiente drenaje de las áreas topográficamente menos accidentadas favoreció la formación de perfiles planosólicos y cambisoles sobre los limos del sustrato y acumulaciones cuaternarias. La fuerte energía del relieve serrano condicionó el desarrollo de litosoles sobre las vertientes escarpadas de los valles.

Sin considerar los litosoles, los suelos de la cuenca poseen perfiles ABC, caracterizados por un marcado contraste textural entre los horizontes A y B (el horizonte B es siempre más arcilloso que el A) responsable por la disminución de la permeabilidad cuando aumenta la profundidad. La diferencia de textura entre los horizontes A y B se traduce en una diferencia estructural, de forma que los agregados son menos estables en superficie que en profundidad.

Las condiciones de humedad elevada y abundante agua en el suelo favorecen la lixiviación de los horizontes superficiales, originando la migración de arcilla que compacta el horizonte B, y contribuyen a la concentración de aluminio en el horizonte iluvial. Sin embargo, la inexistencia de un período seco impide la formación de costras y concrecciones lateríticas. Con excepción de los litosoles y cambisoles, los demás grupos de suelos poseen saturación de aluminio superior a 50%.

En el caso de los litosoles, la lixiviación alcanza al horizonte C que se altera químicamente por debajo del verdadero perfil pedogenético. Los basaltos alterados tienen aspecto y volumen de rocas sanas pero suenan a hueco cuando se los golpea indicando su estado de descomposición.

Los litosoles pedregosos, con fragmentos de roca cuyos diámetros varían de 2 a 100 cm., ocupan la mayor extensión superficial de la cuenca.

## 6. CUBIERTA VEGETAL ESPONTÁNEA

El paisaje vegetal existente hoy en la cuenca del río Pardinho, se asemeja poco al que ciento cincuenta años atrás correspondió a la vegetación potencial u originaria. La acción agresiva e indiscriminada del hombre que como factor de transformación se incorpora a los ecosistemas de la cuenca a mediados del siglo pasado, ha supuesto un importante retroceso de las formaciones vegetales climáticas y el desencadenamiento de procesos avanzados de sustitución vegetal.

Dada la antropización actual del paisaje y la inexistencia de trabajos geobotánicos que permitan reconstruir a escala local la primitiva cobertura vegetal, se ha intentado una aproximación a su distribución espacial y composición florística confeccionando un esbozo de lo que podría ser el mapa de vegetación potencial de la cuenca, describiendo, paralelamente, las formaciones primarias forestales y *campestres* a partir de referencias históricas, toponimia local, relatos orales de viejos campesinos, localización de formaciones y especies residuales y estudios de carácter general.

La vegetación secundaria o de sustitución resultante de la intervención antrópica en el proceso de transformación del medio natural en espacio agrario, corresponde a la llamada vegetación de *capoeira* y de *potreiros*. Su representación cartográfica es imposible a la escala en que se trabaja, conjunto de la cuenca, dada su dispersa distribución en pequeñas áreas intercaladas con los cultivos y los cambios que, año tras año, se producen en la transformación de la superficie agrícola y en su abandono temporal o definitivo. Se considera que los mapas de usos del suelo (Mapas 9 y 10) en los que se identifican áreas de policultivo y *capoeira*, dan una idea aproximada de la distribución e importancia alcanzada por la vegetación secundaria, limitándose este apartado a describir su fisonomía y enumerar las especies más significativas.

### 6.1. La vegetación potencial.

El clima subtropical húmedo carece de un período seco capaz de provocar déficit de agua en el suelo que inhiba el crecimiento de la vegetación, hecho éste que dificulta la delimitación de diferentes áreas bioclimáticas cuando se carece de información adicional más precisa.

La vegetación potencial de la cuenca corresponde a dos tipos de asociaciones claramente diferenciadas: el bosque y el *campo* (Mapa 7). El marcado contraste entre ambas, característico del sur del Brasil, llamó la atención, en 1906, del botánico LINDMAN (1974, p. 179): "*... o seu aparecimento uma ao pé da outra em alternância repetida dentro de regiões estreitas é um phenomeno tão admiravel como a figura de Janus, de rosto duplo, dos povos antigos. Quando se ve como uma vegetação florestal gigantesca, rica e variada ferve de força vital n'um e mesmo lugar onde a flora campestre, pela maior parte, é modificada no sentido xerophilo, de distribuição hesitante e laxa (ou rala), comprehende-se que as diversidades nas condições vitales exteriores devem ser tidas como pequenas e insignificantes em relação as grandes diversidades na natureza dos vegetaes que elas produzem"* .

El mencionado autor cuestiona por qué siendo el clima de Rio Grande do Sul favorable al desarrollo de vegetación forestal y similares las condiciones edáficas, la transición entre bosques y *campos* se produce de una forma tan brusca: "*Para a solução deste enigma fica-se quasi reduzido a admitir que a vegetação nestas regiões de mistura do Brasil do sul ainda se acha num estado preparatorio, que os campos ainda em grande parte vegetam num «clima forestal» moderado, até que a rede de mattas ao longo dos cursos dagua tenha tempo para estender-se sobre uma area maior do paiz (se a intervenção humana não o impedir), influyendo sobre a qualidade do terreno e exercendo tambem alguma influencia sobre o aumento da procipitação, obrigando o vento maritimo a não passar mais por cima do terreno sem matta como um alizeo secco, mas deixar ali sua humidade*" (1974, p. 307).

Para B. RAMBO (1956, p. 410), gran parte de los *campos* de Rio Grande do Sul son relictos de un clima más seco que el actual y están sujetos hoy a la invasión del bosque, razón por la cual, si las condiciones ecológicas permaneciesen inalteradas, la vegetación tendería a ser predominantemente forestal.

E. KUHLMANN (1952, p. 195) afirma que el relieve alomado con deficientes condiciones de drenaje, es la causa principal de la existencia de *campos* bajo condiciones climáticas más apropiadas para el crecimiento del bosque.

Los bosques que hasta mediados del siglo pasado debían cubrir más del 90% del área de la cuenca según se deduce de los relatos de naturalistas europeos que recorrieron la región cuando se inició el poblamiento, <sup>1</sup> de documentos de la administración colonial <sup>2</sup> y de la localización de los reductos forestales todavía existentes, sufrieron un rápido proceso de transformación en tierra de labor que redujo su área de extensión en más del 70% (Mapas 7: Vegetación potencial y 10: Usos del suelo, 1.986).

Las manchas forestales que sobrevivieron a la devastación se localizan en áreas de difícil acceso y con relieve muy accidentado donde los afloramientos rocosos impiden el aprovechamiento agrícola. Estas manchas están alteradas en su estructura y composición florística debido a la extracción de madera para construcciones y leña para secaderos de tabaco. Transformados así en bosques secundarios, la reconstrucción de la fisonomía, estructura y composición florística original sólo puede realizarse hoy de manera indirecta.

Los *campos* que debieron ocupar un área equivalente al 8% de la superficie de la cuenca estudiada, vieron alterada su composición florística por la práctica de la ganadería extensiva y los cortes de leña para uso doméstico. Más recientemente, la introducción de la agricultura mecanizada y las repoblaciones forestales han reducido en un 80% su primitiva extensión (Mapas 7: Vegetación potencial y 10: Usos del suelo, 1.986).

<sup>1</sup> R. AVÉ-LALLEMANT y C. A. M. LINDMAN.

<sup>2</sup> Catastro de lotes distribuidos en la Colonia de Santa Cruz, realizado por C. TREIN FLILHO en 1879 y recogido en el Archivo Histórico de Rio Grande do Sul.

### 6.1.1. Los bosques.

En 1858, el naturalista de Leipzig R. AVÉ-LALLEMANT (1980, p. 170) que se encontraba en la colonia de Santa Cruz, expresa de esta forma la impresión que le produce el paisaje: "... *parecia ter diante de mim um mar de ondas de mato, especialmente à esquerda, de tão verde-azul, tão extenso como a imesa superficie do oceano, de formas gigantescas e elevações, mas com a mesma profunda solitude e fascinante monotonia. Para todos os lados um oceano de matas ...*".

C. A. M. LINDMAN (1974, p. 175) llama *mattas virgens* a las formaciones forestales primarias de Rio Grande do Sul caracterizadas por las asociaciones vegetales siguientes: bosque alto, bosque bajo, lianas, epífitas y vegetación inferior.

El bosque alto o estrato arbóreo superior está formado por grandes árboles de hojas perennes y, en proporción menor, por árboles caducifolios. Los árboles del estrato superior corresponden a especies de leguminosas, mirtáceas, tiliáceas, meliáceas, lauráceas, palmáceas, etc.

El bosque bajo o estrato arbóreo y arbustivo varía en altura desde unos pocos metros hasta las primeras ramificaciones del estrato superior, crece a la sombra de los grandes árboles y muchas de sus especies son individuos del bosque alto en fase de crecimiento. Los árboles de este estrato son especies de urticáceas, moráceas, piperáceas, solanáceas, gramináceas, etc.

Las lianas o *cipós* son clasificadas por C. A. M. LINDMAN en dos categorías, una formada por trepadoras de pequeñas dimensiones, vegetación inferior, y otra que alcanza las copas de los árboles mayores. Son especies de leguminosas, convulváceas, rubiáceas, compuestas, sapindáceas, cucurbitáceas, bignonuáceas, etc.

Las epífitas son mayoritariamente de pequeñas dimensiones y con menos frecuencia superiores. Entre las primeras destacan especies de orquidáceas, bromeliáceas, piperáceas y una gran variedad de polipodáceas y bryáceas recubriendo los troncos de los árboles hasta una altura de dos metros.

La vegetación inferior es muy rica en especies y tapiza el suelo forestal alcanzando un desarrollo que varía entre 30 cm. y 3 m. Está formada por helechos, gramíneas, arbustos delgados, árboles enanos y musgos (LINDMAN, C. A. M. e FERRI, M. G., 1974, pp. 203-220).

Estos bosque corresponden a la pluviisilva templada, vegetación climax característica de las regiones meridionales del Brasil. En la cuenca estudiada se diferencian dos conjuntos forestales de pluviisilva templada, uno con especies arbóreas caducifolias en el estrato superior y otro formado por especies perennifolias, cuyo elemento más característico es la *Araucaria angustifolia*.

### A. Bosque subtropical húmedo con especies caducifolias.

Esta formación forestal ocupaba más del 60% del área de la cuenca, extendiéndose sobre un relieve con fuertes contrastes altimétricos y morfológicos (Mapa 7: Vegetación potencial). El techo del bosque se sitúa entre 450-500 m. de altitud, en la porción central y septentrional de la cuenca, siendo su límite inferior local los 17 m. de la desembocadura del río Pardinho.

La topografía sobre la que crece el bosque es extraordinariamente variada. A los valles encajados y estrechos interfluvios con pendientes superiores al 40% suceden, hacia el sur, interfluvios incipientemente disecados, con pendientes entre 5 y 10%, y la planicie de acumulación fluvial.

Sobre los limos, areniscas y basaltos alterados del sustrato geológico y los materiales inconsolidados cuaternarios que recubren los fondos de valle y áreas deprimidas del relieve, los procesos pedogenéticos originaron un mosaico de suelos arcillosos, areno-arcillosos, arenosos y litólicos en los que el clima húmedo instalado en la región desde el Holoceno medio, favoreció la expansión de los bosques.

Estructuralmente (Figura 26), el bosque subtropical caducifolio presenta dos estratos arbóreos diferenciados. El superior es abierto, con una altura de 25 a 30 m., y está formado por leguminosas de origen tropical que pierden las hojas en invierno. El estrato inferior, nunca superior a 20 m., es continuo, está formado por especies perennifolias y ofrece una importante variedad florística.

El estrato arbustivo llega a alcanzar 10 m. de desarrollo, encontrándose en él a causa de su tamaño buen número de especies en crecimiento de los estratos arbóreos superiores. Las lianas y la epifitas son muy abundantes en los tres estratos del bosque.

Sobre los cambisoles de las áreas con baja altitud, recubiertas de aluviones holocenos y sometidas a inundaciones periódicas, el exceso de humedad en el suelo condiciona el crecimiento de un estrato arbóreo abierto integrado por *jerivá* (*Arecastrum romanzoffianum*), *cortizeira* (*Erythrina cristagalli*), *ingá* (*Inga uruguensis*), *branquillo* (*Sebastiania klotzchiana*), *salgueiro* (*Salix humboldtiana*), etc. Cuando los suelos están mejor drenados, en áreas donde las inundaciones sólo ocurren esporádicamente, la cobertura arbórea es densa y formada por *guajuvira* (*Patagonula americana*), *açoita cavalo* (*Luehea divaricata*), *angico* (*Parapiptadenia rigida*), *camboatá* (*Cupania vernalis*), *farinha-seca* (*Ruprechtia laxiflora*), etc. Al estrato arbustivo y de árboles pequeños corresponden *sarandí* (*Terminalia australis*), *mata-olho* (*Pouteria salicifolia*), *taquaruçu* (*Bambusa trinii*), *cafezeiro-do-mato* (*Casearia sylvestris*), etc.

Sobre litosoles ascillosos poco profundos y pedregosos, intercalados de afloramientos rocosos, el estrato arbóreo superior está integrado por *angico* (*Parapiptadenia rigida*), *grapia* (*Apuleia leiocarpa*), *umbú* (*Phitolacca dioica*), *loro* (*Cordia trichotoma*), etc., y el estrato arbóreo inferior por *canela-imbuia* (*Nectandra megapotamica*), *canela-guaicá* (*Ocotea puberula*), *guajuvira* (*Patagonula americana*), *batinga* (*Eugenia rostrifolia*), *açoita-cavalo* (*Luehea divaricata*), etc. En el estrato arbustivo destacan *cincho* (*Sorocea bonplandii*),



*laranjeira-do-mato* (*Actinostemon concolor*), *catiguá* (*Trinchilia clausseni*), etc. (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, p. 581).

#### B. Bosque subtropical húmedo con especies perennifolias.

Las estribaciones más meridionales del Planalto, localizadas al norte de la cuenca en altitudes superiores a 450-500 m., sustentaron una formación forestal ombrófila y mixta que ha visto reducida su primitiva extensión en más del 80% y se encuentra en la actualidad profundamente alterada (Mapas 7: Vegetación potencial y 10: Usos del suelo, 1.986).

Ocupando aproximadamente el 30% de área de la cuenca, este bosque cubría la topografía ondulada de los interfluvios de la cuenca alta y las áreas más planas de la superficie meseteña. Los valores de las pendientes del relieve varían entre 10 y 30%, y los tipos de suelos corresponden a las variedades conocidas popularmente como *terra branca*.

La estructura del bosque perennifolio (Figura 27) se asemeja a la del bosque caducifolio. El elemento florístico representativo es el *pinheiro* o *Araucaria angustifolia*, endemismo del sur del Brasil que la explotación indiscriminada amenaza con extinguir.

Un trabajo reciente describe el porte grandioso de esta conífera con apariencia de candelabro gigantesco: "... *árvore alta, de aspecto original e contrastante com as demais árvores do Sul do Brasil, de 20-50 m. de altura, 1-2 m. ou mais de diâmetro na altura do peito; tronco perfeitamente cilíndrico, reto e raras vezes ramificado em dois ou mais; casca grossa (até 15 cm.), resinosa, cuja superfície exterior se desprende em placas, cinzento-escura. Árvores adultas com ramos dispostos em 8-15 verticilos cujo afastamento se reduz gradualmente até o ápice, restando em árvores velhas somente a umbrela terminal. Folhas 3-6 cm. de comprimento, 4-10 mm. de largura, simples, pouco decurrentes, solitamente imbricadas, coriáceas, sésseis, lanceoladas, agudíssimo-pungentes, verde-escuras. Este colorido deu origem ao nome Mata Preta usado em Santa Catarina para esta mata com pinheiros em oposição à Mata Branca que indica floresta sem pinheiros*" (REITZ, R. y otros, 1988, pp. 395-396).

El bosque perennifolio está penetrado por especies del bosque caducifolio como *angico*, *guajuvira*, *açoita-cavalo*, etc.

C. A. M. LINDMAN (1974, p. 222) escribe: "... *o pinhal que descrevo era uma mata mixta, isto é, que a mata comum, alta, vegetava por baixo na sombra das copas das Araucarias, razão por que, em distância, ela parecia exclusivamente mata de Araucarias. No interior, na mata completamente fechada, estão as velhas araucarias tão densamente quanto possível, isto é, as suas copas se tocam; mas como tanto a sua altura como a sua largura são colossaes, o interior desta mata é menos denso e mais claro que o da mata virgem comum*".

El estrato arbóreo superior está formado por *pinheiro* (*Araucaria angustifolia*), *canela-lajeana* (*Ocotea pulchella*), *canela-pururuca* (*Crutocarya aschersoniana*), etc., además de aquellas especies pertenecientes al bosque caducifolio y ya mencionadas. En el estrato arbóreo inferior aparecen *canela-guaicá* (*Ocotea puberula*), *bracatinga* (*Mimosa scabrella*), *pessegueiro-brabo* (*Prunus sselowii*), etc.

El estrato arbustivo se compone de *erva-mate* (*Ilex paraguarensis*), *aroeira* (*Lithraea brasiliensis*), *guamirim-ferro* (*Calyptranthes lucida*), *cambuí* (*Myrciaria tenella*), etc. (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, p. 588).

Bajo el bosque perennifolio "... a superfície da terra da matta é uma camada grossa de folhas em decomposição, ramos, flores masculinas de *Araucaria*, etc., e por baixo de tudo isso uma camada profunda de humus puro e húmido. A consistência molle da casca e do lenho contribuem muito para uma rápida humedificação" (LINDMAN, C. A. M. e FERRI, M. G., 1974, p. 223).

#### 6.1.2. Los campos con capões y bosque galería.

C. A. M. LINDMAN (1974, p. 36) utiliza el término *campos* al identificar formaciones herbáceas, herbáceo arbustivas y herbáceo arborescentes localizadas sobre terrenos abiertos: "... em lugar do nome «savanna» que nunca se ouve no Brasil, nem no Paraguay, Uruguay ou Argentina, e que pertence a uma região (Guyana), uso, como toda a população indígena, o nome de «campos» que me parece preferível na geographia botânica. Sigo neste ponto os auctores dinamarquezes. Os auctores allemaes muitas vezes germanisam esta palavra para *Kamp*".

B. RAMBO (1956, p. 169) adopta también la denominación *campestre* al describir la vegetación típica de la Depresión Central Gaucha.

Un trabajo más reciente emplea el término *sabana* como sinónimo de *cerrado*<sup>1</sup>, y adjudica la misma denominación a las formaciones *campestres* espontáneas de las áreas tropicales y subtropicales intercaladas por plantas leñosas, a las que los fitogeógrafos barsileños llaman *campos*. Las condiciones ambientales que determinan el crecimiento de la sabana estarían relacionadas a clima con estaciones diferenciadas, suelos poco profundos o arenosos lixiviados, relieve suave, pedogénesis férrica responsable por suelos distróficos o álicos<sup>2</sup>, y vegetación gramíneo leñosa.

Dicho estudio identifica las formas biológicas predominantes en la sabana como hemicriptofitas, geofitas, camefitas y algunas terofitas, principalmente especies de gramíneas, ciperáceas, compuestas, leguminosas y verbanáceas. Como especies leñosas, las fanerofitas aparecen en cantidades variables según se trate de formaciones de sabana arbórea, sabana parque o sabana gramíneo leñosa (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, pp. 552-554).

Las tierras de *campo* de la cuenca del río Pardinho, corresponden a la sabana gramíneo leñosa surcada por bosques galería acompañando los cursos de agua, e intercalada de pequeñas manchas de bosque, los *capões*.

Tres áreas *campestres* se inscriben en la cuenca. Las localizadas al norte son la prolongación más meridional de los *campos de cima da serra* y la del extremo sureste forma

<sup>1</sup> Denominaciones brasileñas de formaciones de sabana: *cerradão*, *campo cerrado*, *parque* y *campo*.

<sup>2</sup> Los suelos distróficos poseen saturación de bases y aluminio inferior al 50%, los suelos álicos superior.

parte de los conjuntos *campestres* de la Depresión Periférica Gaucha. Estas áreas de pastos ocuparon antes de la intervención antrópica poco más del 7% del área de la cuenca.

Los *campos de cima da serra*<sup>1</sup>, separados por una mancha de bosque perennifolio y conservando buena parte de su extensión original, crecen por encima de los 600 m. sobre pendientes inferiores a 5%. Los *campos* meridionales, prácticamente desaparecidos, recubrían los amplios interfluvios alomados de altitudes inferiores a 100 m., escasamente disecados y con pendientes entre 5 y 10%, que son conocidos como *coxilhas*.

Sobre latosoles pardo rojizos al norte y brunizens hidromórficos al sur, la cobertura *campestre* se caracteriza por el predominio de especies rizomatosas como *grama-forquilha* (*Paspalum notatum*), *grama-tapete-de-folha-larga* (*Anoxopus compressus*), *grama-jesuita* (*Anoxopus fissifolius*) etc., además de *barba-de-bode* (*Aristida pallens*), *carqueja* (*Baccharis trimera*), *caraguatá* (*Erinygium horridum*) y otros agrupamientos de gramíneas, ciperáceas, leguminosas, umbelíferas y compuestas.

En las áreas más húmedas de las riberas de los arroyos o formando pequeños agrupamientos, crece el bosque galería con ejemplares de *leiteiro* (*Sebastiania brasiliensis*), *aroeira-salsa* (*Schinus molle*), *cafezeiro-do-mato*, (*Casearia sylvestris*), *cambuí* (*Myrciaria tenella*), *sarandí* (*Calliandra tweedei*), *branquilha* (*Sebastiania klotzschiana*), *maricá* (*Mimosa bimucronata*), *jerivá* (*Arecastrum romanzoffianum*), *salseiro* (*Salix humboldtiana*), etc. (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, p. 556).

## 6.2. La vegetación secundaria.

La mayor parte de las superficies que ocupaban los bosques y los *campos* han sido roturadas, y las formaciones vegetales originarias se han visto sustituidas por matorrales, comunidades forestales secundarias y pastizales parcialmente cultivados.

Las primeras actividades agrícolas de que se tiene noticia fueron practicadas por tribus de tradición ceramista tupiguaraní hacia 1550 (RIBEIRO, P. A. M., 1981). Los indígenas introdujeron el sistema de cultivos itinerantes en las márgenes del curso medio y bajo del río Pardinho. La práctica de la *coivara*, consistente en prender fuego al bosque para sembrar entre los troncos y ramas calcinados (ANDRADE, M. C. de, 1986,), les permitió cultivar mandioca, maíz y plátanos. Cuando, tras dos o tres años de cultivo, la productividad disminuía, el área se abandonaba para hacer una nueva *coivara* en las proximidades y permitir la regeneración vegetal del área abandonada.

Mientras fue practicado por los indígenas, este sistema primitivo fue poco expresivo en la región y su impacto sobre el medio debió de ser insignificante. Sin embargo, el mismo sistema agrícola fue adoptado después por los inmigrantes europeos que colonizaron la cuenca, provocando, en menos de siglo y medio, la práctica desaparición de su cobertura forestal.

<sup>1</sup> Denominación dada en Rio Grande do Sul a los *campos* situados sobre el Planalto.

A partir del siglo XVII, los *ervais* de los bosques serranos proporcionaron a las reducciones jesuíticas la «moneda» utilizada en sus transacciones comerciales, la yerba mate. Las hojas del arbusto *Ilex paraguarensis*, característico del bosque caducifolio, eran recolectadas en las regiones serranas y transportadas hasta las misiones localizadas a lo largo de los ríos Uruguay, Paraguay y Paraná. Esta práctica recolectora, como la de la mencionada *coivara*, no pudo contribuir a degradar el bosque.

Sobre las áreas *campestres* del sur de la cuenca, los indígenas practicaron una ganadería extensiva de bovinos y equinos que fué desarrollada desde el siglo XVIII por inmigrantes portugueses de las islas Azores. El bajo peso ganadero que los pastos soportaban en la época, "... *bastava um capataz e dez homens para se ocuparem de 10.000 cabeças de gado, isto é, para explorarem 15 ou 20.000 hectares, conforme a qualidade das pastagens ...*" (ROCHE, J., 1969, p. 28), lleva a deducir que las alteraciones sufridas por la cobertura herbácea no debieron ser muy importantes.

A partir de 1.849, la instalación de la colonia de Santa Cruz incorpora efectivamente la acción antrópica a los ecosistemas de la cuenca. El poblamiento con inmigrantes alemanes tenía como objetivo principal iniciar la producción de alimentos demandados por los núcleos urbanos en expansión del país, lo que impuso a los colonos la penosa tarea de transformar los bosques en tierra de labor. En los diez primeros años de existencia de la colonia, fueron distribuidas 37.723,9 has. de bosque, 31,1% de las cuales (11.725,84 has.) fueron totalmente desforestadas en este período <sup>1</sup>, dato que indica la rapidez del proceso de roturación del que, necesariamente, dependía la sobrevivencia de la población instalada.

Los dos ejes de expansión del poblamiento, con trayectorias sensiblemente paralelas sobre la divisoria de aguas entre el río Pardinho y el arroyo Taquari Mirim y remontando el fondo del valle del río Pardinho, hicieron retroceder hacia el norte la masa del bosque caducifolio hasta alcanzar el bosque perennifolio de la cabecera de la cuenca.

La estructura agraria creada por el proceso de colonización, forzó a las generaciones posteriores de colonos a continuar roturando las áreas menos aptas al aprovechamiento agrícola lo cual supuso un impacto decisivo sobre el medio. No sólo se frenó la natural expansión de los bosques hacia las áreas *campestres*, sino que las comunidades arbóreas casi desaparecieron y las que restaron fueron degradadas.

Más recientemente, el abandono de parcelas cultivadas originado por factores tan diversos como la pérdida de fertilidad del suelo, difícil mecanización o escasez de mano de obra agrícola, ha generado un proceso de recolonización vegetal que difícilmente conseguirá restablecer la climax primitiva.

Los procesos de sustitución vegetal muestran tendencias complejas vinculadas al tiempo de abandono, uso anterior de la tierra, nivel de degradación, condiciones medioambientales, etc. Por otra parte, la necesidad de disponer de grandes cantidades de leña para secar el tabaco, ha introducido en toda la cuenca especies arbóreas alóctonas de crecimiento rápido (eucalipto y

<sup>1</sup> Datos catastrales de 1.879.

acacia negra) cuyas repoblaciones han desplazado a las especies autóctonas sometidas a una mayor presión.

La vegetación de sustitución más frecuente en la cuenca estudiada, corresponde a comunidades vegetales de *capoeira* y plantas invasoras de los *potreiros*.

### 6.2.1. Las *capoeiras*.

En Brasil se conoce por *capoeira* a la vegetación que sustituye al bosque primario cuando éste ha sido degradado por la acción antrópica. La práctica consistente en talar las especies leñosas de mayor porte, cortar las ramas de los árboles caídos y los arbustos de los estratos inferiores para, finalmente, quemar la vegetación muerta y abrir una parcela de cultivo o *roça*, es hoy casi inexistente debido al agotamiento de las áreas forestales capaces de ser transformadas en tierra agrícola. Por el contrario, se aprecia la tendencia inversa de *deixar à roça virar capoeira* donde la topografía dificulta más el uso agrícola, donde los suelos están empobrecidos o cuando los campesinos toman conciencia de que vender leña o garantizar la alimentación hídrica de las cabeceras es más rentable a corto y largo plazo.<sup>1</sup>

C. A. M. LINDMAN (1974, p. 293) se sorprendía con la rápida capacidad de regeneración del bosque en las denominadas por él *caapuera da queimada* y *caapuera de descanso*<sup>2</sup> sobre las que, en sólo tres años, los árboles alcanzaban 4 m., los arbustos 3 m. y las lianas y bambúes eran exuberantes. En las proximidades de la localidad de Herveiras, pudo observarse una vieja *capoeira* con 30 años de abandono sobre la que la regeneración forestal había originado un bosque de porte y composición bastante similares a las del bosque primario.

Actualmente, buena parte de las parcelas agrícolas es cultivada ininterrumpidamente con uno o dos cultivos anuales, lo que impide la regeneración del bosque. Sin embargo, sigue siendo relativamente frecuente dejar la tierra en descanso de uno a tres años tras prolongados períodos de cultivo ininterrumpido. Este descanso practicado en las *roças velhas*, no permite la regeneración de la vegetación forestal pero es suficiente para que las parcelas sean invadidas por variedades arbustivas y herbáceas, formando matorrales enmarañados y cerrados con hasta de dos metros de altura, que recubren totalmente el suelo favoreciendo la recuperación parcial de su fertilidad natural.

Cuatro fases diferenciadas por su composición florística y relacionadas con el tiempo de abandono de la tierra y el grado de empobrecimiento del suelo, se suceden en la evolución de las *capoeiras* hasta transformarse en bosque: fase pionera, *capoeirinha*, *capoeira* y *capoeirão* (RADAMBRASIL, Projeto, 1986, pp. 616-617).

Las especies más representativas de la fase pionera son mayoritariamente terofitas de la familia de las compuestas, como *picão* (*Bidens pilosa*) y *mentrasto* (*Ageratum conyzoides*), asociadas a *vara-de-foguete* (*Solidago chilensis*), *flor-das-almas* (*Senecio brasiliensis*), a la

<sup>1</sup> Comportamiento observado en algunas explotaciones próximas a los núcleos urbanos más significativos.

<sup>2</sup> *Caapuera da queimada*: denominación dada por LINDMAN, C. A. M. a la regeneración del bosque sobre tierras quemadas que no llegaron a ser cultivadas. *Caapuera do descanso*: denominación dada por el mismo autor a la regeneración del bosque sobre *roças* cultivadas durante pocos años y después abandonadas.

gramínea hemicriptofita *capim-rabo-de-burro* (*Andropogon bicornis*) y a la geofita rizomatosa *samambaia-das-taperas* (*Pterium aquilinum*).

A la fase de *capoeirinha* o matorral bajo, pertenecen camefitas como *vassoura* (*Baccharis dracunculifolia*) y solanáceas como *fumo-bravo* (*Solanum erianthum*). Las terofitas, hemicriptofitas y camefitas típicas de los *vassourais*, son sustituidas en la fase de *capoeira* o matorral alto por especies mejor adaptadas a ambientes más húmedos. Son leguminosas como *ingá-feijão* (*Inga marginata*) y *pata-de-vaca* (*Bauhinia candicans*).

En la comunidad vegetal de *capoeirão*, las formas fanerofitas se diversifican y adoptan porte arbóreo. Predominan lauráceas, euforbiáceas, leguminosas y sapindáceas como *canela-guaicá* (*Ocotea puberula*), *angico-vermelho* (*Parapiptadenia rigida*), *camboatá-vermelho* (*Cupania vernalis*), *guajuvira* (*Patagonula americana*), *timbauva* (*Enterolobium contortisili-quum*), etc.

### 6.2.2. Los *potreiros*.

Destinadas a guardar y alimentar un reducido número de cabezas de ganado, las áreas de *potreiros* adyacentes a las dependencias domésticas de los campesinos, varían de tamaño según la cantidad de animales que deben soportar<sup>1</sup>. Considerados en su conjunto, los *potreiros* ocupan una extensión importante en la cuenca que resulta difícil de evaluar dada la dispersión que caracteriza al hábitat.

Corresponden, en general, a áreas deforestadas para construir la casa y realizar las primeras plantaciones. Con la ampliación de la superficie agrícola al progresar la deforestación, y el aumento de animales domésticos de tracción, carga y leche, las áreas próximas a las residencias campesinas fueron sembradas con herbáceas y cercadas, inicialmente, con muros de piedra.

Los *potreiros*, cuya cobertura herbácea no acostumbra a ser renovada, proporcionan pastos de escasa calidad que son invadidos por especies espontáneas *campestres*. Entre las gramíneas sembradas destacan la *grama-forquilha* (*Paspalum notatum*) y la *grama-jesuita* (*Axonopus fissifolius*). Las especies procedentes de los *campos* son *pega-pega* (*Desmodium*), *vassouras* (*Sida rhombifolia*), *carrapincho* (*Xanthium orientale*), etc. (LINDMAN, C. A. M. e FERRI, M. G., 1974, p. 302).

## CONCLUSIONES

En el conjunto de la cuenca del río Pardinho, la pluvisilva templada, caducifolia y perennifolia, constituye la climax histórica de la vegetación. Los *campos* con *capões* y bosque galería son una manifestación relictual de climas más secos que el actual.

<sup>1</sup> El alimento proporcionado por el pasto del *potreiro* es casi siempre insuficiente, por lo que los animales reciben también forrajes cultivados para este fin.

La organización de los paisajes vegetales está hoy condicionada por el uso antrópico del territorio. La transformación del suelo forestal en suelo agrícola ha supuesto una reducción superior al 70% de la superficie de bosque, que llegó a recubrir más del 90% del área de la cuenca, en un periodo inferior a 150 años. La vegetación *campestre*, poco significativa, ha disminuído su extensión en 80% por causa de roturaciones y repoblaciones con especies de eucalipto y acacia negra. Las comunidades forestales originarias están hoy relegadas a áreas en las que son impracticables actividades agrícolas.

El abandono definitivo de las parcelas permite la recolonización de especies endémicas capaces de regenerar una composición florística bastante similar a la original. Cuando el abandono es sólo temporal, las parcelas son colonizadas por matorrales de sustitución, *capoeirinha* y *capoeira*. En las áreas desforestadas y utilizadas como *potreiros*, el pisoteo permanente del ganado impide la regeneración forestal.

La rápida y profunda modificación sufrida por la cobertura vegetal ha debido alterar el comportamiento hidrológico y, consecuentemente, los procesos pedogenéticos y morfogenéticos actuantes en la cuenca.

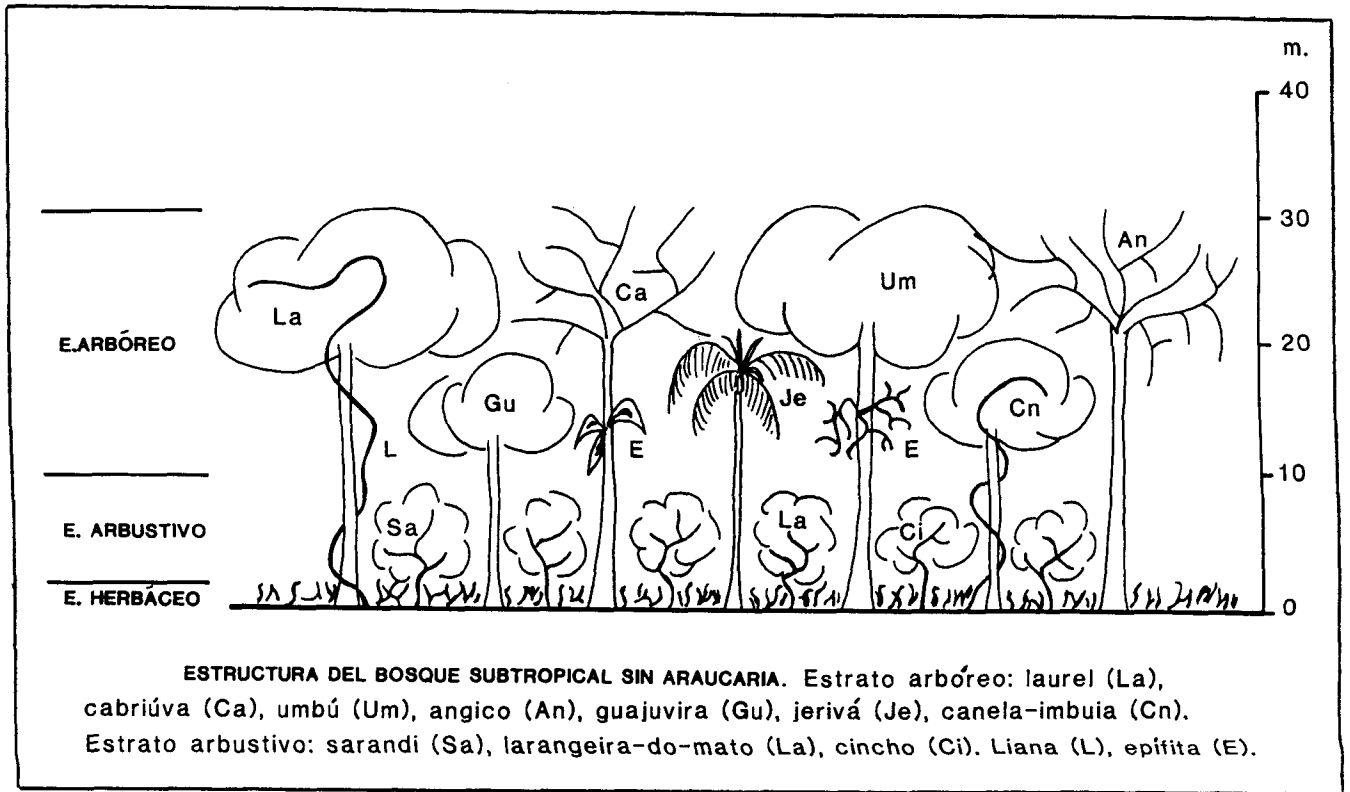


Figura 26. Estructura del bosque subtropical sin *Araucaria angustifolia*.

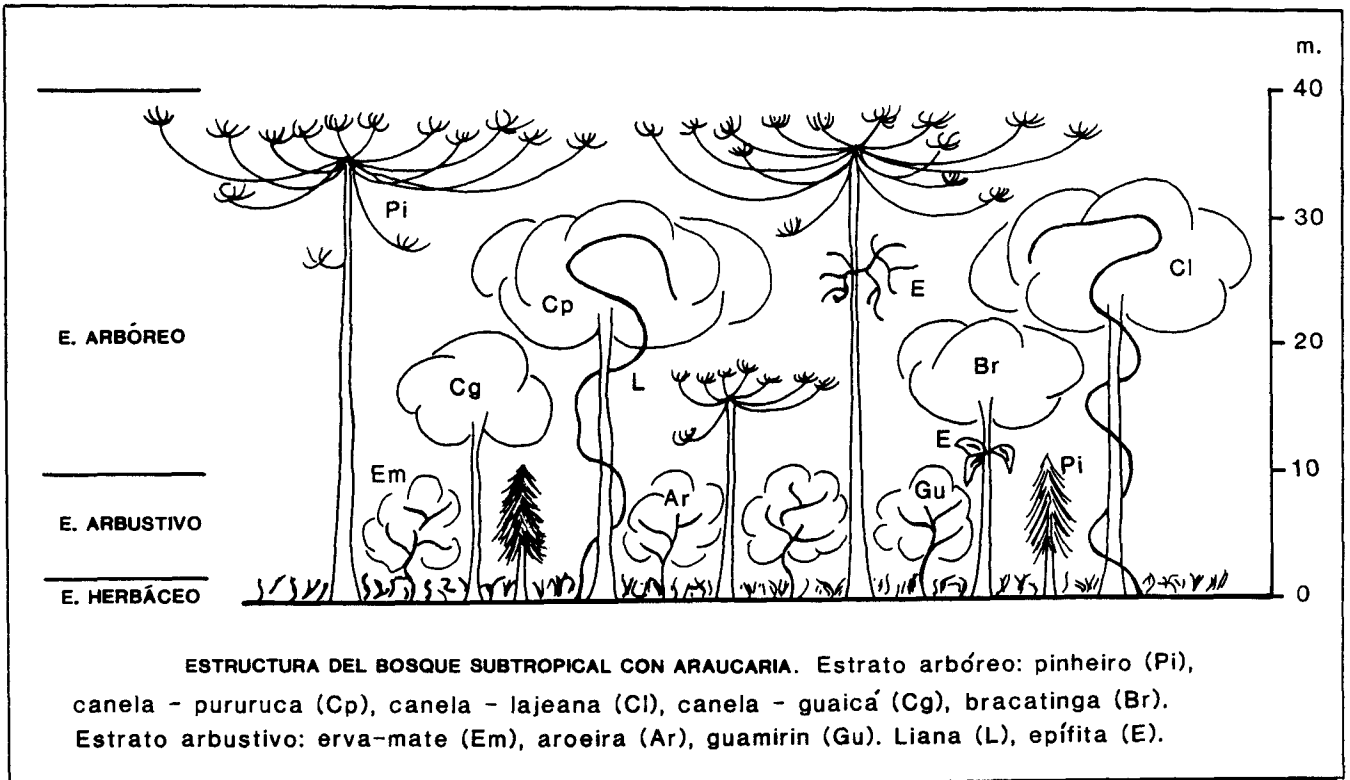


Figura 27. Estructura del bosque subtropical con *Araucaria angustifolia* (pinheiro).



## Capítulo II. LOS FACTORES ANTRÓPICOS Y SU DINÁMICA

### 1. PROCESO DE FORMACIÓN DEL ESPACIO AGRARIO

La cuenca del río Pardinho constituye un pequeño fragmento de la Región Colonial de Rio Grande do Sul, más específicamente de las Colonias Viejas, que se comienza a configurar social y económicamente en la primera mitad del siglo XIX y dentro de la cual surgieron, a partir de los años sesenta de la centuria actual, algunos de los núcleos urbanos más significativos de este Estado sureño.

Las tierras serranas fueron ignoradas hasta el siglo pasado por el proceso histórico de formación de la Provincia de Rio Grande de San Pedro. Espacialmente marginales a los *campos* y económicamente marginadas por la ganadería extensiva, se conservaron prácticamente vírgenes gracias a su accidentada topografía y la exuberancia del bosque subtropical húmedo que las cubría. Sin embargo, la posición geográfica que ocupaban, separando las dos grandes áreas de pastos de la provincia (*Campanha* al sur y *campos de cima da serra* al norte) y la fertilidad atribuida en la época a los suelos forestales, se constituyeron en factores determinantes de la incorporación de las sierras al espacio geográfico provincial y nacional.

La necesidad de garantizar caminos seguros para el tráfico de rebaños y productos derivados de la ganadería (salazones y cueros), despertó el interés por estas áreas obstáculo. Poblando las sierras y fijando en ellas núcleos estables, se mantendrían expeditas vías de comunicación vitales para la economía provincial. Simultáneamente, orientando los nuevos asentamientos hacia la agricultura se aprovecharían suelos fértiles para producir los alimentos demandados por el mercado interno en expansión.

El acondicionamiento y organización territorial de la cuenca del río Pardinho se inició en 1849 con la instalación de la colonia de Santa Cruz, destinada a recibir inmigrantes de origen alemán. A través del régimen de propiedad de la tierra y la práctica inicial de una agricultura de subsistencia que, posteriormente, se transformó en comercial y altamente especializada, los inmigrantes y sus descendientes integraron en el espacio económico nacional e internacional una parcela de las áreas forestales de Rio Grande do Sul que había permanecido al margen del proceso histórico de organización económica del Brasil.

El sistema de colonización determinó la división del territorio en unidades agrícolas de producción cuya posterior subdivisión, por motivos de herencia, resultó incompatible con la práctica de la agricultura itinerante que los colonos se vieron forzados a adoptar. La necesidad de producir volúmenes cada vez mayores de productos agrícolas y el crecimiento acelerado de la población, originaron la rápida transformación de los bosques en tierra de labor y la reducción del tamaño de las unidades agrícolas de producción familiar.

La aplicación de sistemas agrícolas primitivos y la progresiva disminución unitaria del tamaño de las explotaciones, motivaron la reducción del período de descanso y regeneración de

los suelos. La falta de recursos y de conocimientos técnicos impidieron adoptar prácticas agrícolas adecuadas al control de la erosión y conservación de los suelos sobre las áreas desforestadas.

Estos factores que caracterizan bien los primeros cien años del aprovechamiento agrícola en la región, originaron una estructura agraria minifundista con predominio de la pequeña producción campesina y aplicación de sistemas agrícolas arcaicos. En la actualidad se continúa practicando la agricultura itinerante, la quema de las *capoeiras* y de las escasas manchas forestales para cultivar un producto de exportación (tabaco) cuya elaboración intermedia y final, así como su comercialización, están totalmente controladas por el capital internacional de la agroindustria tabaquera.

### 1.1. El sistema de colonización.

La mayor parte de los inmigrantes europeos que entraron en Rio Grande do Sul durante el siglo XIX, se transformaron en *colonos*, es decir, en agricultores estrechamente ligados a la tierra que trabajaban (ROCHE, J. 1969, p. 3).

El sistema de colonización basado en asentar colonos-propietarios sobre lotes de tierra agrupados en núcleos con administración autónoma,<sup>1</sup> constituyó en la época un proceso de poblamiento y organización socioeconómica diferente al de la estructura social y concepción económica que el Brasil imperial había heredado del período en que fue colonia de Portugal.

La corona portuguesa impuso un sistema de administración territorial basado en capitanías hereditarias, dentro de las cuales el acceso a la tierra se producía a través de la donación de enormes extensiones (*sesmarias*) a los individuos que se habían destacado por los servicios prestados a la corona portuguesa. La distribución inicial de las tierras y el papel que le tocó desempeñar al Brasil colonial en la división internacional del trabajo durante los siglos XVII, XVIII y parte del XIX, determinaron una organización socioeconómica fundamentada en tres pilares básicos: la gran propiedad monocultora o ganadera, la producción de materias primas exportables y la utilización de fuerza de trabajo esclava.

A nivel espacial, esta organización se reflejó en la configuración del poblamiento. Las primeras ciudades brasileñas surgieron alrededor de los puertos atlánticos (Olinda, Recife, Salvador, Rio de Janeiro, etc.) o en los enclaves mineros (Ouro Preto, Mariana, etc.). Posteriormente, los diferentes ciclos económicos relacionados con las coyunturas del mercado internacional o con la demanda generada por el mercado interno, favorecieron el nacimiento de núcleos urbanos como São Paulo, Manaus, Porto Alegre, etc.

Hasta bien entrado el siglo XIX, la mayor parte del inmenso territorio nacional permaneció como un vacío demográfico, esporádicamente interrumpido por pequeños núcleos de población vinculados a *engenhos* azucareros, *fazendas* de cacao o café y *estancias* ganaderas.

<sup>1</sup> El término «colonia» designa indistintamente el lote o parcela única de la explotación familiar y el conjunto de lotes o explotaciones bajo una misma administración local que, en la figura del director de la colonia, se responsabiliza por la demarcación y distribución de los lotes y creación de la infraestructura necesaria al núcleo colonial, sirviendo también de puente entre el gobierno provincial y los colonos recién instalados.

En la época que nos ocupa, mitad del siglo XIX, la fuerza de trabajo de la economía brasileña estaba formada por unos dos millones de esclavos que padecían altas tasas de mortalidad, fenómeno que ocasionaba la elevación de su precio y una gran inestabilidad en la oferta de fuerza de trabajo. A partir de 1.850, sucesivas leyes imperiales procuraron sustituir la mano de obra esclava por el trabajo libre (ley del Vientre Libre de 1.850, ley del Sexagenario de 1.856 y ley de la Abolición de la Escalvitud de 1.888) y regularizar el acceso a la tierra a través de la compra (ley de Tierras de 1.850). Paralelamente, el gobierno imperial buscó en la inmigración europea una alternativa para resolver el problema de la escasez de fuerza de trabajo en las grandes plantaciones, introduciendo trabajadores libres y creando colonias de pequeños propietarios en el sur del país para abastecer de alimentos el mercado interno.

C. FURTADO (1975, pp. 124-125) opina que estas colonias carecían de fundamento económico y tenían como única razón de ser la creencia en la superioridad innata del trabajador europeo, particularmente de aquel cuya raza era diferente a la de los que habían colonizado el país.

El sistema de colonización adoptado en el sur del Brasil, se fundamentó en la pequeña propiedad policultora, la producción de alimentos para el mercado interno, el trabajo libre y la ocupación del territorio con poblamiento estable y disperso. La Administración imperial asumió la dirección del proceso colonizador interviniendo en su lanzamiento, escogiendo las zonas donde habrían de instalarse las colonias y regulando las condiciones a las que habían de someterse los colonos (ROCHE, J., 1969, p. 93).

La colonización que inicialmente fue subsidiada por el poder público, sufrió un proceso de degradación cuando las colonias fueron abandonadas a sus propias fuerzas. No habiendo todavía mercado suficiente para los excedentes generados, el sector monetario se atrofió, el sistema de división del trabajo involucionó y las colonias retrocedieron a un sistema económico rudimentario de mera subsistencia, de forma que, a partir de 1.859, el gobierno prusiano prohibió la emigración hacia el Brasil, siendo los flujos germánicos sustituidos por flujos de italianos.

Los colonos adaptaron el sistema agrícola de agricultura itinerante que aprendieron con los *caboclos*,<sup>1</sup> puesto que los escasos recursos de que disponían, la precaria atención que recibieron de los poderes públicos y la ostilidad de un medio forestal desconocidos para ellos, les impidieron realizar prácticas diferentes. Sin embargo, el tamaño fijado para los lotes era demasiado reducido para practicar la rotación de tierra provocando, en pocos años, el empobrecimiento de los suelos y, en ocasiones, el abandono de la tierra.

Los trabajos de desforestación y la economía de subsistencia inicial, exigieron la aplicación intensiva de fuerza de trabajo basada en la mano de obra familiar, constituyéndose en un incentivo a la natalidad. Si disponer de brazos abundantes motivó un incremento de la capacidad de trabajo en la unidad agrícola familiar, a partir del momento en que los hijos pasaron a constituir sus propias familias se reprodujo en las colonias un fenómeno similar al ocurrido en las regiones de origen, es decir, la fragmentación de las propiedades por motivo de herencia que constituyó uno de los factores de expulsión de la población en Alemania. De esta forma, la disminución progresiva

<sup>1</sup> El término *caboclo* en su sentido étnico, se aplica en Brasil al mestizo de blanco con indio, mulato de piel cobriza y cabellos lisos. Los *caboclos* constituían la población autóctona de Rio Grande do Sul cuando llegaron los primeros inmigrantes europeos.

del área en que cada familia practicaba la agricultura itinerante contribuyó a reducir todavía más el periodo de descanso de los suelos, comprometiendo su natural regeneración y agravando su empobrecimiento.

Para C. FURTADO (1975, pp. 125-147), el éxito de las colonias se podría haber conseguido si desde el comienzo se hubiesen dedicado a actividades productivas rentables, lo que supondría integrarlas en la línea de producción de algún artículo de exportación u orientarlas, desde el principio, a producir artículos para el mercado interno. No obstante, las producciones exportables estaban organizadas en el sistema de grandes plantaciones que exigían inmobilizaciones de capital y competir con empresas que explotaban mano de obra esclava. A su vez, producir para el mercado interno dependía de la expansión de este último, crecimiento que suponía el desarrollo de la economía de exportación y como la clave del problema de las exportaciones era la oferta de mano de obra se cerraba, así, un círculo vicioso retornando al punto de partida.

Sólo en la segunda mitad del siglo XIX, las economías coloniales de subsistencia pudieron aprovecharse indirectamente de la expansión de las exportaciones, al encontrar un mercado interno capaz de absorber sus excedentes de producción. En Río Grande do Sul, las exportaciones del sector ganadero hacia el mercado nacional que posibilitaron la integración de la economía de este Estado en la economía del país, y su propia expansión urbana, beneficiaron a las colonias aquí instaladas que pudieron comercializar algunos productos de calidad como manteca de cerdo, tabaco, vino, etc.

Las leyes que reglamentaron en la época la colonización del sur del Brasil, establecieron los principios básicos de un sistema colonial de alto impacto ambiental y dudosa contribución a la promoción socioeconómica de las poblaciones a las que estaba destinado. En este sentido, resulta ilustrativo comentar el contenido de dos de las leyes elaboradas por el gobierno de la provincia de Río Grande de San Pedro que influyeron directamente en la colonia de Santa Cruz, fundada en 1.849 sobre gran parte del área de la cuenca del río Pardiniho. Son éstas las leyes 229 y 304, de 1.851 y 1.854 respectivamente.

La primera, promulgada en diciembre de 1.851, preveía la instalación de colonias sobre tierras públicas, la gratuidad de los lotes y la entrega a cada colono de una ayuda a fondo perdido en concepto de gastos de viaje dentro del territorio provincial. Su corta vigencia motivó que fueran pocos los inmigrantes que pudieron acogerse a ella. A partir de 1.854, con la promulgación de la ley 304, se establecen definitivamente las normas que en adelante regirían el proceso de colonización en Río Grande do Sul y, particularmente, en la colonia de Santa Cruz.

A diferencia de la ley de 1.851, la de 1.854 autoriza la instalación de nuevas colonias en tierras compradas a terceros por el gobierno provincial (Art. 1º). Podría, tal vez, pensarse en la intención de beneficiar con la compra a grupos ligados al gobierno de la provincia y constituidos por especuladores, miembros de la aristocracia gaucha, antiguos colonos llegados años antes a la colonia de São Leopoldo y hasta extranjeros, puesto que desde 1.850, cuando la ley de Tierras prohibió cualquier acceso a la tierra que no fuese a través de la compra, estos grupos se adueñaron de grandes áreas forestales que, posteriormente, fueron loteadas y transformadas en colonias particulares. Así por ejemplo, en la colonia de Santa Cruz, una superficie de 47.250.000

brazas cuadradas, equivalente a cerca de 22.869 has., fue concedida a particulares que, entre octubre de 1.850 y septiembre de 1.851, se beneficiaron con su venta.

Paralelamente, el hecho de que desde 1.854 las colonias de la provincia de Rio Grande San Pedro se instalen en los contrafuertes de la Serra Geral, sobre tierras forestales despreciadas por los ganaderos, podría entenderse como una muestra del desinterés de los latifundistas gauchos en transformar en capital monetario parte de las tierras que los fundamentaban como clase social.

Ambas actitudes contribuyeron a asignar a los bosques serranos la función predominantemente agrícola que caracterizará, en adelante, a las colonias en ellos instaladas. Intereses especulativos y la preservación del factor tierra en las grandes propiedades ganaderas, dictaron la sentencia de muerte del bosque riograndense y su transformación en tierra de labor.

Otra diferencia importante entre las mencionadas leyes radica en la obligatoriedad de la compra de lotes que, con una extensión de 48,4 has., alcanzan un precio mínimo de venta de 300\$000 réis (Art. 2º). Precio elevado si se considera que, en la época, correspondía a 38 sacos de judías o 100 de maíz o 60 arrobas de tabaco, producciones difícilmente alcanzables en los primeros años de explotación de las propiedades, lo que lleva a pensar en la intención de atraer inmigrantes con recursos suficientes para pagar ese precio.

Por otro lado, el hecho de contemplar la posibilidad de compra de la tierra en un plazo de cinco años (Art. 4º) y la concesión de un adelanto de 50\$000 réis reembolsable en idéntico plazo, en concepto de ayuda de viaje (Art. 5º), parece indicar el interés del gobierno provincial en orientar la agricultura colonial hacia la producción de excedentes comercializables que garantizaran el pago de las deudas contraídas, abasteciesen el mercado provincial y confriesen a la economía gaucha un papel de complemento de la economía nacional organizada por São Paulo y Rio de Janeiro en base al modelo exportador de materias primas (CUNHA, J. L. da, 1988, pp. 78-82).

La prohibición de utilizar esclavos en los trabajos agrícolas (Art. 8º), muestra una preocupación en evitar que se reprodujesen en las colonias viejas formas de producción ya en crisis en la época, y la influencia de ideas liberales antiesclavistas que veían en los nuevos colonos agentes de regeneración social y económica (CARDOSO, F. H., 1962, pp. 210).

La necesidad de saldar la deuda contraída con el gobierno y la prohibición de utilizar fuerza de trabajo esclava, se pueden considerar como factores que orientaron la producción agrícola colonial hacia la especialización en productos con mercado garantizado y retorno monetario seguro. En la colonia de Santa Cruz, fue el tabaco, producto que comenzó a despuntar como comercializable a partir de 1.861, el cultivo que caracterizó su especialización agrícola.

En relación al papel desempeñado por este cultivo, J. L. da CUNHA (1988, pp. 178-181) escribe: *"... a cultura do fumo o tabaco se enquadra perfeitamente nas próprias possibilidades dos colonos. Obrigados a pagar a dívida colonial, desprovidos, em sua absoluta maioria de capital e, conseqüentemente, impossibilitados de investir em qualquer produção que o exija; impossibilitados também, de dispor de mão-de-obra escrava por lei e de mão-de-obra assalariada por sua própria condição de pequenos proprietários, os colonos tratam de investir*

*na produção de fumo onde podem aplicar toda a mão-de-obra familiar inclusive a dos velhos, das mulheres e das crianças, com a vantagem de poder utilizar apenas uma pequena parcela de terra disponível para a agricultura em seus lotes"*.

En la colonia de Santa Cruz, la extensión de los primeros lotes concedidos gratuitamente correspondía a 160.000 brazas cuadradas o 77 has. Esta dimensión se redujo a 48,8 has. al aplicarse la ley de 1.854 que sustituyó la gratuidad por la venta.

En la mencionada ley, se encuentran también las primeras referencias a la organización territorial de las áreas coloniales, al mardar reservar tierras para la instalación de servicios públicos y el trazado de vías de comunicación (Art. 3°). La abertura de nuevos caminos y la conservación de los existentes contribuyó al incremento de las producciones y a la especialización de las producciones agrícolas.

La población de la colonia de Santa Cruz experimentó un crecimiento acelerado motivado por la incorporación de sucesivas levas de inmigrantes y el crecimiento vegetativo de la población ya instalada. En el diagrama de la Figura 28 puede acompañarse la evolución demográfica desde 1.850 a 1.872, año en que la colonia pasa a constituir un distrito del municipio de Rio Pardo. Durante el período colonial, la población multiplicó por 101,5 los efectivos demográficos de 1.850 que tan sólo alcanzaban 72 habitantes.

## 1.2. Los sistemas agrícolas derivados de la colonización.

En 1.948, L. WAIBEL (1979, pp. 244-245) escribía: "*Tanto na literatura nacional quanto estrangeira, os métodos agrícolas dos colonos europeus no sul do Brasil, são altamente elogiados e considerados como retumbante êxito. Entretanto, quando se estudam esses sistemas no campo, faz-se uma observação chocante: a maioria dos colonos usa o mais primitivo sistema agrícola do mundo, que consiste em queimar a mata, cultivar a clareira durante alguns anos e depois dexá-la em descanso, revertendo em vegetação secundária, enquanto nova mata é derrubada para ter o mesmo emprego. O colono chama este sistema de roça ou capoeira; na literatura geográfica é geralmente conhecido como agricultura nômade ou itinerante. Na linguagem dos economistas rurais, é chamado sistema de rotação de terras"*.

Este autor afirma que la aplicación del sistema indígena de rotación de tierras significó en Brasil una separación económica y espacial entre agricultura y ganadería cuyas consecuencias fueron la adopción de formas extensivas en ambas actividades. En las pequeñas propiedades coloniales, el sistema agrícola extensivo en el que la tierra constituye el principal factor de producción frente al capital y al trabajo, originó el deterioro cultural y social de muchos inmigrantes que no pudieron aplicar durante varias generaciones este sistema primitivo sin perder su identidad cultural y acabaron asemejándose a verdaderos *caboclos*.<sup>1</sup>

L. WAIBEL (1979, pp. 245-257) distingue cuatro sistemas agrícolas en las áreas forestales de colonización europea del Brasil meridional, usando como criterios de clasificación los métodos

<sup>1</sup> El término *caboclo* con significado socioeconómico, se aplica al hombre más pobre del campo, perteneciente al grupo social más desprivilegiado de la sociedad brasileña.

agrícolas utilizados, la combinación ganadería-agricultura y el grado de elaboración de los productos para su comercialización. Son éstos, los sistemas de «rotación de tierras primitivo», «rotación de tierras mejorado», «rotación de cultivos primitivo» y «rotación de cultivos mejorado».

El sistema de rotación de tierras primitivo, característico de la fase pionera de colonización, supone abrir un claro en el bosque (la *roça* o rozado) para, usando la azada, practicar el policultivo y criar cerdos que aprovechen los excedentes de las cosechas y permitan vender manteca y carne. Cuando la productividad de la primera *roça* decrece, se reinicia el proceso abriendo otro rozado y abandonando el anterior.

El mencionado autor estimaba que, a mediados del presente siglo, una familia compuesta de 5 a 7 miembros precisaba mantener en producción 5 has. para asegurarse un nivel de vida «decente». En tierras de buena calidad, la regeneración del suelo dejado en *capoeira* exigía de 10 a 12 años, siendo este periodo de 15 a 20 años cuando las tierras eran más pobres. Consecuentemente, el tamaño mínimo de las explotaciones debería alcanzar entre 55 y 65 has. en el primer caso y entre 80 y 105 has. en el segundo. En la colonia de Santa Cruz, estas dimensiones sólo fueron parcialmente alcanzadas en la segunda mitad del siglo pasado, antes de que los lotes iniciales fuesen subdivididos por motivo de herencia.

El sistema de rotación de tierras mejorado se practica cuando las técnicas y condiciones económicas mejoran como resultado de la ampliación del área agrícola, del incremento de la fuerza de trabajo disponible y de la mejora de las comunicaciones. Este sistema permite obtener producciones mayores, elaborar mejor los productos destinados al mercado e introducir cultivos nuevos y algunas cabezas de ganado vacuno. La ampliación del área cultivada dentro de las explotaciones, exige sustituir el trabajo humano por la tracción animal y el uso del arado. Sin embargo, continúa sin aplicarse abono orgánico en los campos labrados que, después de algún tiempo, deben ser también abandonados y se transforman en *capoeiras*.

El sistema de rotación de cultivos primitivo supone la rotación de cereales y leguminosas sobre una misma parcela aunque sin aplicar abono, lo cual exige suelos fértiles para evitar las producciones decrecientes. Este sistema permite el desarrollo de una agricultura bastante próspera que L. WAIBEL encontró, a mediados de siglo, en algunas regiones coloniales de Rio Grande do Sul, Paraná y oeste de São Paulo.

El sistema de rotación de cultivos mejorado que correspondería al estadio final del desarrollo agrícola en el sur del Brasil, ya no puede ser considerado como sistema tradicional. Consiste en la rotación de cultivos sobre parcelas aradas y abonadas. La aplicación de fertilizantes exige a su vez aumento de trabajo, capital y conocimientos técnicos. La producción de abono orgánico suficiente supone asociar ganadería y agricultura, lo que exige adquirir ganado, construir establos, producir forrajes de invierno y acondicionar lugares para su conservación; la aplicación de abono químico exige disponer recursos para adquirirlo. Únicamente la producción de cultivos con valor comercial elevado podría animar a los colonos a invertir el trabajo y el capital necesarios al sistema. En la colonia de Santa Cruz, este papel correspondería al tabaco.

En lo que se refiere a las regiones coloniales de Rio Grande do Sul, J. ROCHE (1969, pp. 286-291) está en desacuerdo con la tipología de L. WAIBEL. Aquel autor distingue solamente dos sistemas: «agricultura temporaria y periódica de *queimada*» y «agricultura modernizada» que reconstituye la fertilidad del suelo con rotación de cultivos y fertilizantes. El primer sistema constituiría una práctica generalizada en la colonia de Santa Cruz hasta bien entrado el siglo XX.<sup>1</sup>

La agricultura temporaria y periódica de *queimada* comprende un ciclo que repite en cada rozado: la tala del bosque o de las formas arbustivas más desarrolladas de la *capoeira* anterior, la incineración de los restos de la tala y vegetación de pequeño porte, la siembra o plantación durante períodos más o menos prolongados de maíz, judías, patatas, mandioca y tabaco, para, finalmente, encerrar el ciclo con el abandono de la parcela y su transformación en *capoeira*.

La permanencia de este sistema tradicional que caracterizó la agricultura de las colonias alemanas de Rio Grande do Sul en los años 50, la justifica J. ROCHE por la falta de iniciativa de los colonos y la carencia de capital e instrumentos agrícolas.

Como se verá posteriormente, en la región en la que se inscribe la cuenca del río Pardiniho conviven en la actualidad prácticas relacionadas con el sistema de agricultura periódica de *queimada* y prácticas típicas de una agricultura modernizada.

### 1.3. La regresión forestal y la ampliación del espacio agrario.

El retroceso sufrido por la cobertura forestal espontánea en el área de la cuenca estudiada, puede considerarse como una consecuencia directa del sistema de colonización y de la especialización de la agricultura.

Inicialmente, el sistema de colonización exigió la transformación de la tierra forestal en tierra agrícola. Posteriormente, la práctica de la agricultura itinerante y la orientación hacia la producción de tabaco, cultivo que requiere suelos naturalmente fértiles cuando no se dispone de los recursos necesarios para mejorarlos, hicieron retroceder los bosques que no habían sido roturados. Por último, la especialización en variedades de tabaco cuyo primer proceso de transformación consiste en el secado en estufas de leña, condujo a la explotación de las últimas masas forestales con la finalidad de obtener combustible.

Dentro de la cuenca, el bosque primario sólo puede encontrarse hoy en las áreas con topografía muy accidentada sobre las que es imposible plantar. Sin embargo, estas manchas continúan proporcionando la madera que se utiliza en las construcciones domésticas, la leña que se transforma en carbón vegetal y parte de la destinada a los secaderos de tabaco. Esta extracción selectiva es responsable de su actual estado de degradación.

En 1.985, se promulgó en Rio Grande do Sul una ley prohibiendo, sin autorización previa, la tala de árboles de la flora autóctona. Al año siguiente, el gobierno federal modificó el Código

<sup>1</sup> En la región de Santa Cruz do Sul, la adopción del segundo sistema se relaciona con la consolidación de la agroindustria tabaquera, aproximadamente a partir de 1.920.



Forestal permitiendo a los propietarios de bosques extraer madera a condición de reponer las especies que fuesen taladas. En 1.988, la nueva Constitución brasileña autorizaba a los gobiernos de los estados a legislar en materia de medio ambiente, por lo que en Rio Grande do Sul volvió a entrar en vigor la ley de 1.985. No obstante, la práctica inexistencia de fiscalización y control del cumplimiento de la ley contribuye a que se continúe degradando el bosque espontáneo.

TABLA 5

## SUPERFICIE DESFORESTADA EN LA COLONIA DE SANTA CRUZ (1849-1879)

Período	Sup. deforest. (has.)	Sup. deforest. (%)	Sup. deforest./ Sup.distr.(%)
1.849-1.859	11.725,84	92,2	31,01
1.859-1.869	933,00	7,3	17,88
1.869-1.879	58,90	0,5	29,98
Total	12.716,84	100	29,47

Fuente: Elaboración propia a partir de datos catastrales.

La estimación del retroceso del área forestal dentro de la cuenca estudiada, sólo puede realizarse de forma indirecta por no existir datos ni documentos que permitan una evaluación más apurada y precisa..

La Tabla 5 recoge la importancia y el ritmo que adquirió la deforestación en los primeros treinta años de ocupación de la colonia de Santa Cruz. En este período, casi el 30% de la superficie distribuida a los colonos fue desforestada, correspondiendo a los diez primeros años un ritmo superior a 1.100 has. roturadas anualmente.

Considerando que los medios de que se disponía en la época para eliminar el bosque se reducían al uso del fuego y la utilización del hacha, estos valores expresan el acirrado empeño en crear tierra de labor en los primeros años de poblamiento de la colonia.

Comparando las superficies relativas ocupadas por el bosque en los mapas de vegetación potencial y usos del suelo, puede estimarse la pérdida de cobertura forestal sufrida por la cuenca estudiada desde mediados del siglo pasado hasta 1.986 (Tabla 6).

Se puede considerar que el mapa de vegetación potencial (Mapa 7) podría representar el paisaje ofrecido por la cobertura vegetal cuando los primeros inmigrantes llegaron a la cuenca del río Pardino. La explotación del bosque realizada hasta ese momento por las comunidades indígenas y por los *caboclos* recolectores de yerba mate, no pudo ocasionar un impacto ambiental significativo.

TABLA 6

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE FORESTAL  
EN LA CUENCA DEL RÍO PARDINHO (1849-1986)

Años	Superficie forestal (%)
1.849	98,0
1.965	19,5
1.986	12,1

Fuente: elaboración propia a partir de los mapas de vegetación potencial y usos del suelo.

Como muestran los datos de la Tabla 6, al iniciarse el poblamiento efectivo un 98% de la superficie de la cuenca correspondía a bosques. En poco más de cien años, su participación relativa se había reducido a un quinto de la original, y, en casi siglo y medio, a un octavo.

Si se considera que durante el periodo 1.849-1.965 la causa principal del retroceso forestal fue la aplicación del sistema de rotación de tierra característico de una agricultura atrasada, no puede decirse lo mismo en relación a los últimos veintiun años que están siendo contemplados.

A mediados de la década de los 60, el capital internacional pasa a controlar la industria tabaquera local que se encontraba en crisis como resultado de la política antiinflacionaria adoptada por el gobierno brasileño entre 1.962 y 1.967. La restricción al crédito impuesta por el sistema bancario, ocasionó la crisis de la agroindustria local. Paralelamente, otras medidas de política económica atrajeron hacia el sector tabaquero empresas extranjeras que se beneficiaron de las facilidades concedidas a la repatriación de beneficios y del fácil acceso a los créditos internacionales. Esta coyuntura, motivó la desnacionalización de la agroindustria local y la consolidación del capital internacional que, a partir de entonces, dio un fuerte impulso a la producción de tabaco en la región (GODINHO, R. y otros, 1980, pp. 81-86).

El interés de la agroindustria en elaborar productos exportables de calidad, contribuyó a modernizar las prácticas en las parcelas cultivadas con tabaco, especialmente en lo que se refiere a incorporación de abonos químicos, correctores de acidez de los suelos y aplicación de plaguicidas. Sin embargo, también se amplió significativamente la superficie agrícola dedicada a este cultivo y aumentaron las exigencias de leña para secar volúmenes crecientes de producción.

Considerando únicamente este último aspecto, se puede aproximar una estimación del volumen de leña consumido en cada cosecha. Dado que los datos existentes corresponden a términos municipales cuyas áreas sólo se inscriben parcialmente en la cuenca estudiada, las estimaciones no reflejan con fidelidad la situación real de la cuenca. Se considera que los datos referidos al municipio de Santa Cruz do Sul, dentro de cuyo término se localiza el 79,1% del área de la cuenca, pueden ser representativos ya que los restantes municipios <sup>1</sup>, con excepción de

Barros Cassal, participan de características muy similares. Como el término municipal de Santa Cruz do Sul supera el 50% el área total de la cuenca, esta diferencia ha sido tomada en cuenta al estimar los valores referidos a la misma.

TABLA 7  
PRODUCCIÓN DE TABACO SECO  
EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DO SUL (1989)

Sup. cosechada (has.)	Producción (Tm.)	Productividad (kg/ha.)
13.200	23.760	1.800

Fuente: Agencia del IBGE de Santa Cruz do Sul.

Si para obtener 1.800 kg. de tabaco seco se estima que es necesaria una media de 30 m<sup>3</sup> de leña, el volumen consumido en el municipio, en la cosecha de 1.989, debió alcanzar unos 396.000 m<sup>3</sup> o el equivalente a algo más de 198.000 m<sup>3</sup> en toda la cuenca del río Pardino. Teniendo en cuenta que una hectárea de bosque espontáneo equivale a 250 m<sup>3</sup> de leña, para obtener los 198.000 m<sup>3</sup> consumidos en la cosecha anual sería necesario desforestar 792 has. No obstante, la leña dedicada a este fin no procede exclusivamente del bosque espontáneo.

Como el Censo Agropecuario de 1.990 no ha sido publicado al redactar este estudio, se carece de datos para estimar la importancia relativa que adquiere en la actualidad la leña procedente del bosque y de las repoblaciones. No obstante, los datos de 1.980 permiten formar una idea aproximada de la situación hace diez años que no ha debido alterarse significativamente.

Los datos censales de la Tabla 8 son expresivos de que el secado del tabaco se realiza principalmente a expensas del bosque, bien sea primario o reconstituido en antiguas *capoeiras*.

TABLA 8  
PRODUCCIÓN DE LEÑA  
EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DO SUL (1980)

Total (m <sup>3</sup> )	(%)	Bosque espontáneo (m <sup>3</sup> )	(%)	Repoblaciones (m <sup>3</sup> )	(%)
273.000	100	237.000	87	36.000	13

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Agrop., 1.980.

<sup>1</sup> Proporción de superficie de cuenca correspondiente a diferentes municipios en 1.980: Santa Cruz do Sul 79,1%, Vera Cruz 9,2%, Rio Pardo 5,2%, Lajeado 3,5%, Venâncio Aires 2,1% y Barros Cassal 0,9%.

En la actualidad, las repoblaciones con especies de crecimiento rápido, introducidas con la finalidad de satisfacer la demanda de leña, son incentivadas por la agroindustria tabaquera que obliga a los agricultores a adquirir por un precio simbólico, tantas plantas de eucalipto cuantas se calcula que, ya adultas, han sido consumidas en la cosecha de cada año. Con esta actitud se pretende mostrar interés en reponer a la naturaleza el volumen de madera que le ha sido extraído y garantizar una reserva suficiente de leña. No obstante, la plantación se deja al libre arbitrio de cada agricultor que, frecuentemente, opta por comprar a terceros la leña que necesita o bien la extrae del bosque.

TABLA 9  
REPOBLACIONES CON ESPECIES PRODUCTORAS DE LEÑA  
EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DO SUL (1975-1980)

Años	Árboles existentes (1.000 unidades)	
	Eucalipto	Acacia negra
1.975	8.883	183
1.980	14.719	346

Fuente: Censo Agropecuario, 1.980.

Los datos de la Tabla 9 muestran que el eucalipto (*Eucalyptus ssp.*) es la especie preferida en las repoblaciones del municipio. Su rápido crecimiento permite realizar el primer corte seis años después de plantado y aprovechar los rebrotes en otros dos cortes más. El aumento de 60% en los efectivos durante los cinco años reflejados en la Tabla, indica la demanda creciente de leña.

Las repoblaciones con acacia negra (*Acacia molissima*) son poco importantes, aunque muestran un incremento mayor que el experimentado por el eucalipto. En la actualidad, las observaciones realizadas a campo no permiten confirmar esta tendencia.

A excepción de las áreas *campestres*, localizadas sobre la cabecera y el extremo sureste de la cuenca estudiada, que pertenecieron a grandes *estancias* y fueron aprovechadas desde antiguo por la ganadería extensiva, la ampliación del espacio agrario se ha producido siempre a costa del retroceso de las áreas forestales.

Como muestra la tabla 10, en treinta años se distribuyeron más de 43.000 has. en lotes con dimensiones medias de 52,56 has., siendo durante la primera década (1849-1859) cuando la distribución de tierras fue más activa. El tamaño medio de los lotes calculado para cada década, indica una ligera y progresiva tendencia a la reducción que, como se verá posteriormente, se aceleró rápidamente a partir de 1.920.

TABLA 10

## DISTRIBUCIÓN DE TIERRAS EN LA COLONIA DE SANTA CRUZ (1849-1879)

Periodo	Lotes (nº)	Área total (has.)	Área media (has.)	Área (%)
1.849-1.859	716	37.732,92	52,70	87,4
1.859-1.869	101	5.219,09	51,67	12,1
1.869-1.879	4	196,46	49,11	0,5
Total	821	43.148,47	52,56	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos catastrales.

Observación: No se consideran los lotes abandonados ni los dedicados a finalidad religiosa, núcleos de población y cementerios.

A los primeros inmigrantes les fueron asignados lotes en la *Picada Velha*, actual *Linha Santa Cruz*, localizada sobre el escalón serrano más meridional que acompaña el divisor izquierdo de la cuenca. En 1.852, se abrió la segunda *picada* que, paralela a la anterior, discurría junto al cauce del río Pardinho.

La orientación meridiana de ambas líneas de penetración, condicionada por la topografía del terreno, marcó la expansión del poblamiento y el acondicionamiento agrícola de las áreas forestales que se iniciaron incorporando las tierras menos accidentadas del sur de la cuenca para, progresivamente, ir avanzando hacia el norte sobre las áreas serranas.

#### 1.4. La tendencia hacia la especialización agrícola.

La participación relativa de los diferentes aprovechamientos en la superficie agrícola total, permite deducir el grado de especialización de la agricultura que se practica en la cuenca estudiada. <sup>1</sup> Con esta finalidad se han calculado los índices de Weaver, <sup>2</sup> correspondientes a cuatro años censales, para deducir la combinación de aprovechamientos que más se aproxima en cada año a una combinación ideal que pueda considerarse representativa.

Los diagramas de la Figura 29 corresponden a aprovechamientos que ocupan un mínimo de 500 has. Los años seleccionados son los que aparecen en los censos con una información más completa; los datos censales de 1.960 y 1.970 omiten las superficies dedicadas al cultivo del tabaco, razón por la cual no han podido ser analizados.

<sup>1</sup> Los datos censales proporcionan siempre valores referidos a municipios. En este capítulo y los posteriores se trabaja con valores relativos calculados a partir de la agregación de valores absolutos de los municipios de Santa Cruz do Sul y Vera Cruz. Las superficies de sus términos inscritas en la cuenca, representan el 88,3% de la misma, razón por la cual, los datos que a ellos se refieren se consideran representativos del conjunto de la cuenca estudiada.

<sup>2</sup> Índice de Weaver: cociente entre (a) el cuadrado de la diferencia entre los porcentajes ideales correspondientes a las superficies dedicadas a los diferentes cultivos y los porcentajes reales, y (b) el número de cultivos de la combinación.

De los cultivos considerados, únicamente el tabaco, la soja y parcialmente el arroz son productos directamente comercializables. El maíz, a pesar de ser el cultivo al que tradicionalmente se dedica mayor superficie, se destina al reemplazo como alimentación de animales domésticos cuyos derivados son parcialmente comercializados a escala local. La mandioca y la caña de azúcar o forrajera se destinan, también parcialmente, a ser transformadas en carne y leche.

La evolución de los índices de Weaver muestra una tendencia progresiva a la especialización agrícola hasta 1.985. En 1.950, el número de cultivos de la combinación real que más se aproxima a la ideal era de cinco aprovechamientos (maíz, tabaco, mandioca, caña de azúcar o forrajera y arroz); esta combinación refleja el policultivo característico de una agricultura diversificada, orientada básicamente a cultivos de subsistencia, en la que el principal producto comercial ocupa una posición relativa poco significativa. Treinta años después, en 1.980, la combinación se redujo a tres aprovechamientos (maíz, tabaco y soja), y de 1.985 a 1.990 se mantiene en sólo dos aprovechamientos (maíz y tabaco).

En un período de 35 años, la agricultura de la cuenca pasó del policultivo de subsistencia combinado con un aprovechamiento comercial de escasa significación, a un policultivo especializado en dos productos, directa o indirectamente comercializables en los mercados local e internacional.

Como se verá más adelante, los cultivos a que se ha hecho mención, excluyendo la caña de azúcar o forrajera y la mandioca, son cultivos anuales de corta duración que permanecen en el suelo durante períodos medios de 4 a 5 meses, raras veces se cultivan asociados entre sí y la rotación entre cultivos de invierno y verano es, en general, poco practicada.

## CONCLUSIONES

El espacio agrario de la cuenca del río Pardiniho es resultado de un proceso histórico, iniciado a mediados del siglo XIX con la instalación de la colonia de Santa Cruz, que incorporó, en menos de cien años, las tierras forestales vacías de la Serra Geral al espacio económico nacional y mundial.

El sistema de colonización se fundamentó en pequeñas propiedades policultoras, la producción de alimentos para el mercado interno, el trabajo libre y la ocupación del territorio a través de un poblamiento estable y disperso.

Factores de diverso orden como la escasez de recursos, el desconocimiento de técnicas apropiadas, la falta de apoyo gubernamental, etc., indujeron a los colonos a adoptar sistemas agrícolas de alto impacto ambiental.

La creación y ampliación de la superficie agraria a expensas del bosque espontáneo, ocasionó una rápida regresión del área forestal que, de representar el 98% del área total de la cuenca en 1.849, quedó reducida a tan sólo el 12,1% en 1.986.

El consumo de leña para el secado del tabaco continúa contribuyendo en la actualidad a degradar las escasas manchas forestales existentes.

El policultivo de subsistencia con comercialización de pequeños excedentes que caracterizó las primeras épocas de la economía local, pasó por un proceso de especialización que, en 1.980, determinaba un aprovechamiento de la superficie agrícola con tres cultivos principales: maíz, tabaco y soja. Desde 1.985, el maíz y el tabaco se constituyen en los cultivos más característicos, siendo a través del segundo como se produce la integración de la agricultura de la cuenca en la economía internacional.

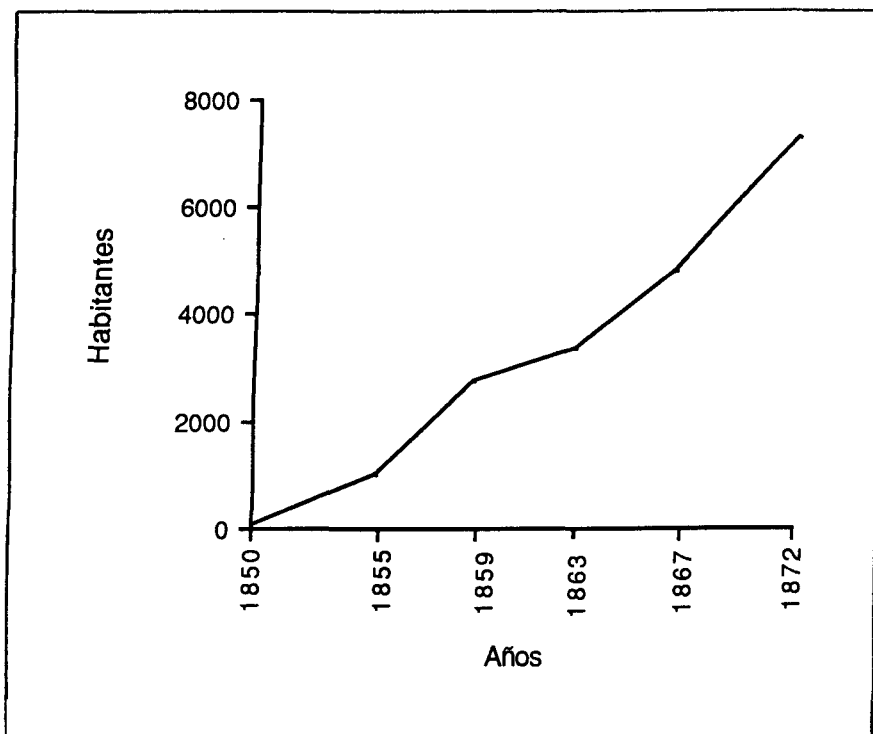


Figura 28. Evolución de la población en la Colonia de Santa Cruz, 1.850 a 1.872.



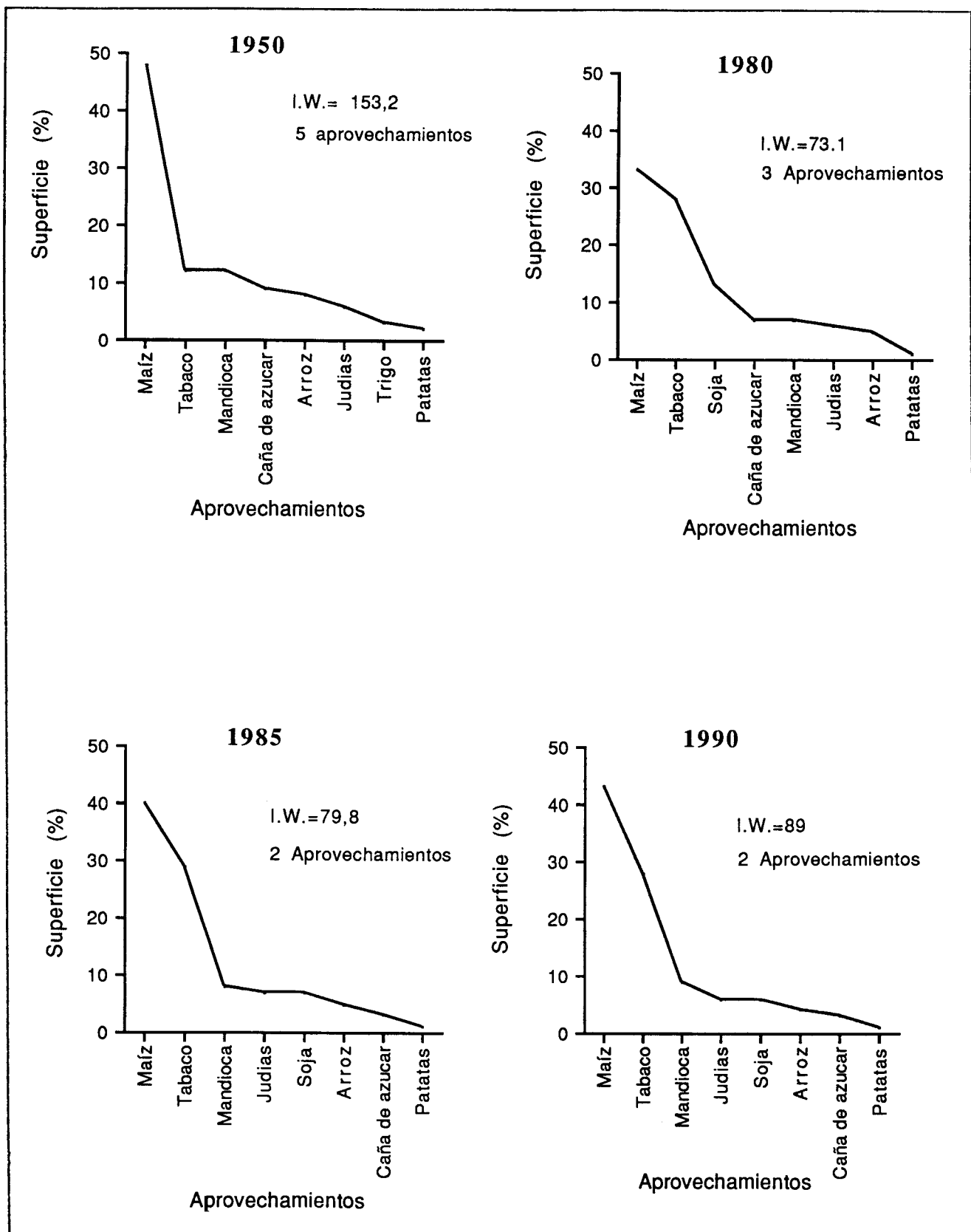


Figura 29. Evolución de los aprovechamientos agrícolas en la en la cuenca del río Pardo, 1.950 a 1.990.

## 2. CONFIGURACIÓN DEL PAISAJE AGRARIO

El acondicionamiento y organización territorial de la cuenca del río Pardinho es una consecuencia del proceso de formación de su espacio agrario. La configuración del hábitat colonial y el trabajo de varias generaciones de hombres y mujeres incorporado al medio natural, han dejado su marca en el paisaje humanizado de la cuenca. Las actividades agrarias, predominantes desde que se inició el poblamiento, han sido las principales responsables de la organización territorial, no sólo en el paisaje agrario sino en el urbano e industrial.

Santa Cruz do Sul, único núcleo que por su porte (más de 80.000 habitantes) y funciones merece la denominación de ciudad, ha tenido un desarrollo estrechamente vinculado a la agroindustria tabaquera y a los servicios demandados por la zona rural que integra su área de influencia. Los núcleos menores (Vera Cruz, Sinimbu y Boqueirão do Leão) cumplen en menor escala funciones similares, y difícilmente podrían explicarse sin su hinterland rural.

La distribución del hábitat, el trazado de las vías de comunicación y los usos del suelo, son elementos que contribuyen a definir los rasgos que caracterizan la configuración del paisaje agrario en la cuenca estudiada.

### 2.1. El hábitat.

La configuración del hábitat no constituye una característica exclusiva de la cuenca, pues configuraciones similares pueden observarse en casi todas las regiones de colonización europea del sur del Brasil.

La demarcación de lotes adoptada en las primeras colonias de alemanes de Rio Grande do Sul (São Leopoldo y Santa Cruz), se repitió en las demás colonias localizadas sobre la Serra Geral, pobladas tanto por alemanes como por italianos, y en las que, posteriormente, fueron surgiendo al norte (Alto Uruguay) y noroeste (Misiones) como consecuencia de la migración interna de los excedentes demográficos de las primeras colonias, a los que se fueron incorporando nuevos inmigrantes europeos procedentes de Polonia, Holanda, Ucrania, Letonia, etc.

#### 2.1.1. La distribución general.

En el conjunto de la cuenca del río Pardinho, el hábitat es disperso y con marcada tendencia al ordenamiento. Tan sólo cuatro núcleos (Santa Cruz do Sul, Vera Cruz, Sinimbu y Boqueirão de Leão) presentan características de concentración.

La dispersión bastante ordenada que caracteriza al hábitat, ha sido medida sobre el mapa topográfico 1:50.000 aplicando el método propuesto por BARNES y ROBINSON (PUYOL, R. y ESTEBANEZ, L., 1976, p. 40). Dicho método permite comparar el promedio de las distancias entre los diferentes núcleos que resultaría de una distribución teóricamente uniforme, con la distancia promedio real entre los núcleos más próximos.

Con esta finalidad se ha confeccionado el Mapa 8, en el que cada punto identifica todos los núcleos que poseen, como mínimo, tres viviendas agrupadas. Dado el elevado número de viviendas aisladas existente, se ha optado por escoger los agrupamientos de tres viviendas como unidad mínima de núcleo. Por esta razón, los valores obtenidos no reflejan con absoluta fidelidad la dispersión real que, evidentemente, es mayor.

La distribución teórica uniforme, deducida de la fórmula  $D = 1,11 \sqrt{\frac{S}{N}}$  en la cual D = distancia media entre los núcleos más próximos, S = superficie considerada, y N = número de núcleos, sería la siguiente:

$$D = 1,11 \sqrt{\frac{1.075}{258}} = 2,26$$

es decir, cada núcleo debería equidistar 2,26 km. de los núcleos más próximos.

La distribución real de los núcleos, deducida de la fórmula  $\bar{d} = \frac{\sum d}{N}$  en la cual  $\bar{d}$  = distancia promedio entre los núcleos más cercanos, d = distancia de cada núcleo al núcleo más próximo a él, y N = número de núcleos, es la siguiente:

$$\bar{d} = \frac{356,8}{258} = 1,38$$

es decir, la distribución media real entre los núcleos más próximos es de 1,38 km.

De la comparación de ambos promedios puede deducirse que la distribución real en relación a la teórica, indica una distribución bastante uniforme y regular.

El índice  $R_n$  sugerido por PINDEL y WHITERICK (PUYOL R. y ESTÉBANEZ, L., 1976, p. 43) para medir la concentración y tipo de dispersión de los asentamientos, permite obtener valores comprendidos entre 0 y 2,15. Cero indica concentración absoluta, 1 dispersión aleatoria o al azar, y 2,15 dispersión ordenada en la que cada núcleo está a la misma distancia de otros seis núcleos. El índice deducido de la fórmula  $R_n = 2 \times 1,80 \sqrt{\frac{N}{S}}$  en la cual  $R_n$  = valor del índice, N = número de núcleos, y S = superficie considerada, es el siguiente:

$$R_n = 2 \times 1,80 \sqrt{\frac{258}{1.075}} = 1,76$$

es decir, un valor próximo de 2 que indica una marcada tendencia a la dispersión ordenada de los asentamientos con tres o más viviendas. Hay que recordar que el valor obtenido sería mayor y, por tanto, más próximo aún a la dispersión ordenada, si hubieran sido consideradas las viviendas aisladas.

Se puede también aproximar una imagen de la dispersión del hábitat rural, relacionando el número de viviendas con la superficie sobre la que se distribuyen. Con esta finalidad, se ha realizado un muestreo aleatorio sobre el mapa topográfico 1:50.000, cuyo resultado da una media de 0,13 km<sup>2</sup> por vivienda.

En el Mapa 8 puede observarse el ordenamiento lineal que caracteriza al hábitat rural. Las líneas de poblamiento siguen las vías de comunicación que acompañan a los cauces fluviales y a las divisorias de aguas de los valles.

L. WAIBEL (1979, p. 259) atribuye el hábitat rural disperso y ordenado en líneas que caracteriza a las colonias alemanas del sur del Brasil, a la forma que adoptaron los primeros asentamientos. Inicialmente se abrían caminos estrechos en el bosque (*picadas*) que servían, junto con los ríos, como vías de penetración y comunicaciones. A ambos lados de cada *picada* con 10 a 20 km. de longitud, se demarcaban centenares de lotes rectangulares, muy estrechos y alargados, sobre cuyo lado menor, lindante con el camino, el colono construía sus dependencias domésticas.

Este tipo de poblamiento y distribución de la tierra era similar al que fue utilizado para poblar las montañas del este de Alemania a finales de la Edad Media, conocido como *Waldhufendörf* (*Wald*: bosque, *Dörf*: aldea, *Hufe*: faja de tierra concedida a cada poblador). Sin embargo, los primeros inmigrantes eran originarios de aldeas concentradas tipo *Haufendörf* en las regiones del norte, oeste y sur. Tal vez, el hecho de que los agrimensores que trabajaron en la demarcación de las colonias fuesen también alemanes de diverso origen, pudo influir en la semejanza de la configuración espacial de las regiones brasileñas de colonización germánica, con las regiones montañosas orientales del país de origen.

J. ROCHE (1969, pp. 210-211) opina que el poblamiento no ocurrió espontáneamente, ya que fué competencia de la administración brasileña delimitar y distribuir las tierras sin siquiera reservar espacios para las futuras aldeas, y que el hecho de que cada propiedad formase un lote único, hizo que el hábitat disperso fuese más racional que el concentrado.

El alineamiento del hábitat a lo largo de *picadas* más o menos paralelas y separadas por la longitud de dos lotes (6,4 km.), fué consecuencia de la instalación de las dependencias domésticas a ambos lados del camino y con relativa proximidad de las correspondientes a los vecinos frontales y laterales. De esta forma, cada pequeña propiedad aislada constituyó una célula de poblamiento, mientras que la *picada* se transformó en una unidad orgánica, eje económico y cultural sobre el que fueron surgiendo la iglesia, la escuela, la venta y el salón de fiestas comunitario.

El mapa catastral del municipio de Santa Cruz en 1.922 (Mapa 13), expresa con claridad la distribución de las *linhas* coloniales (agrupamientos de lotes en torno a un eje o camino) y el rígido patrón rectangular de los lotes de tierra demarcados.

En la colonia de Santa Cruz, los primeros lotes que se distribuyeron tuvieron una extensión de 160.000 brazas cuadradas (77 has.). A partir de 1.854, su dimensión se estipuló en 100.000 brazas cuadradas (48,4 has.) (ROCHE, J., 1969, P. 321).

Si se compara el mapa catastral mencionado con el mapa topográfico, se observa que el único criterio aparente en la demarcación de lotes es acompañar las trayectorias de caminos y ríos. La configuración topográfica del terreno parece haber sido ignorada. Este hecho, junto al sistema de rotación de tierras de cultivo y la fragmentación de las propiedades por motivos de herencia, forzaron a los campesinos a roturar terrenos inadecuados para la agricultura dadas las fuertes

pendientes y escasa profundidad de los suelos, generándose un proceso de degradación ambiental cuyas consecuencias son patentes hoy en toda la cuenca estudiada.

Dos áreas escapan a la configuración del hábitat que se acaba de describir, dado que su poblamiento se aproxima más al de núcleos concentrados y separados por vacíos demográficos. Una de ellas se localiza al sur de Santa Cruz do Sul ocupando todo el interfluvio izquierdo de la cuenca, situándose en ella el núcleo minúsculo de São José da Reserva y algunas viviendas aisladas, distantes y distribuidas al azar. Corresponde a un área de *campo*, utilizada tradicionalmente por la ganadería extensiva, que perteneció a grandes *estancias* cuando se inició el poblamiento de la colonia de Santa Cruz. Sobre la misma, la gran propiedad y el uso ganadero conviven hoy con propiedades menores y usos agrícolas.

Otra área con características similares en relación al hábitat, se localiza al noreste de la cuenca sobre la superficie del Planalto. En este caso, también la estructura agraria relacionada con el latifundio ganadero de los *Campos da cima da Serra* explicaría el enrarecimiento poblacional que la caracteriza.

### 2.1.2. Los núcleos concentrados.

Los rasgos más significativos del hábitat concentrado derivan también del proceso de poblamiento colonial y su forma de demarcación de las tierras.

Los emplazamientos, bien al pie de laderas de valle (Santa Cruz do Sul, Sinimbu, Rio Pequeno, Rio Pardino, etc), en laderas de cerros (Vera Cruz, Boqueirão do Leão) o sobre las divisorias de aguas de las cuencas fluviales (Herveiras, Sete Leguas), mantienen los núcleos a salvo de inundaciones y garantizan el abastecimiento de agua.

La situación está siempre condicionada por las vías de comunicación, principales o secundarias, que articulan un medio rural típicamente agrícola y minifundista, y orientan el poblamiento. Sólo Santa Cruz y Vera Cruz tienen una situación de contacto entre dos regiones fisiográfica y económicamente diferentes: la Campanha Gaucha al sur, tierra llana y de latifundio ganadero y rizícola, y la Serra Geral al norte, tierra accidentada, minifundista y agrícola.

La morfología de los núcleos con hábitat concentrado se traduce en dos tipos de planos simples: el plano en cuadrícula y el plano lineal (Figura 30). Santa Cruz do Sul posee el típico plano en cuadrícula de las ciudades coloniales nuevas. Sus calles, con rígida orientación norte-sur y este-oeste, se cortan definiendo manzanas regulares que se distribuyen alrededor de una plaza central perfectamente cuadrada. La red viaria rectilínea configura un plano versátil y de fácil trazado. No obstante, las fuertes pendientes de las laderas que rodean el centro del emplazamiento primitivo, han originado calles con fuerte inclinación al respetarse el rígido plano inicial en las zonas de expansión urbana posterior.

Los planos de los demás núcleos son lineales. En Vera Cruz y Boqueirão do Leão, el plano lineal adopta forma cuadrangular debido a la abertura de calles adosadas y paralelas a la vía

principal que dio origen a los núcleos. En ambos casos, esta vía continúa orientando el crecimiento lineal de los mismos.

Los núcleos de Sinimbu, Rio Pardino, Rio Pequeno y Herveiras poseen planos lineales con la morfología de aldeas camineras tipo *Strassendörf*, reflejando el alineamiento general del hábitat. Los segmentos de las *picadas* que organizaron la vida económica y cultural, dieron lugar a pequeñas aldeas.

Las funciones desempeñadas por los núcleos menores se relacionan exclusivamente con las actividades agrarias. Las tres capitales municipales (Santa Cruz do Sul, Vera Cruz y Boqueirão do Leão) cumplen también una función administrativa local.

Las funciones más diversificadas y complejas corresponden a Santa Cruz do Sul. La ciudad es un centro cultural y religioso con influencia regional. Su comercio es muy dinámico y su parque industrial bastante diversificado, destacando las ramas de vestuario, alimenticias, muebles, metal-mecánicas, derivados de caucho y, principalmente, agroindustria tabaquera. Esta última actividad, compartida en menor escala con Vera Cruz y totalmente controlada por el capital multinacional, crea una estrecha relación de interdependencia entre el medio rural y el urbano que se analizará posteriormente.

## 2.2. Las vías de comunicación.

A pesar de existir un aeropuerto dentro del área estudiada, su importancia carece de relevancia para las comunicaciones dado que no posee tráfico regular, limitándose su uso al tráfico privado de avionetas y a actividades deportivas.

El antiguo ramal ferroviario que ligaba Santa Cruz do Sul con Rio Pardo, integrando la zona a la red ferroviaria de Rio Grande do Sul, fue desactivado y totalmente privado de infraestructuras en los años 70.

Carreteras y caminos son las vías de comunicación características de la zona. Sólo dos carreteras que sirven exclusivamente a la porción meridional de la cuenca, poseen firme asfáltico y admiten tráfico en ambas direcciones: la carretera federal que une Santa Cruz do Sul con Rio Pardo y la carretera estatal que liga la primera ciudad con Santa Maria y Porto Alegre. Ambas vías totalizan una longitud de 29 km., siendo, por tanto, muy pequeña su relación de densidad: 2,7 km. de carretera asfaltada por cada 100 km<sup>2</sup>. El índice de desviación (107,4) en relación a un trazado teórico en línea recta (100), es bajo y puede explicarse porque ambas vías discurren por la zona llana donde los obstáculos topográficos son irrelevantes (Tabla 11).

Las carreteras sin firme asfáltico y con una sola vía conectan entre sí los principales núcleos de la cuenca. Los 122,5 km. de firme de piedra suelta son esporádicamente intransitables en las épocas más lluviosas. Su densidad es baja (11,7 km. de red por cada 100 km<sup>2</sup>) y el índice de desviación importante (132,3) dado que su trazado acompaña las sinuosidades de los fondos de valle y las principales divisorias de aguas.

TABLA 11

EXTENSIÓN, DENSIDAD E ÍNDICES DE DESVIACIÓN DE LA RED VIARIA  
EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO

Tipo de vía	Longitud (km.)	Densidad de la red (km/100 km <sup>2</sup> )	Índice de desviación
Carreteras con firme asfáltico	29,0	2,7	107,4
Carreteras sin firme asfáltico	122,5	11,7	132,3
Caminos locales	380,0	35,5	242,2
Caminos vecinales	420,0	39,1	242,2

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía topográfica 1:50.000.

Los caminos locales ligan las carreteras con los núcleos menores a través de 380 km. de vías de tierra precariamente acondicionadas. Son caminos estrechos, enlodados y de tránsito difícil para los vehículos a motor. Tanto su densidad como el índice de desviación son más altos que en las vías anteriores. Los caminos vecinales permiten el acceso a las viviendas aisladas en condiciones de firme y tránsito muy deficientes.

Caminos locales y vecinales poseen trazados muy tortuosos dada la fuerte energía del relieve en la mayor parte del área por la que discurren. Dichos trazados, condicionados como ya fue visto por la demarcación colonial de las tierras, sumados a los de los caminos internos de las propiedades agrícolas, tienen un relevante significado geomorfológico ya que contribuyen a inestabilizar las laderas cuando las cortan transversalmente, transformándose en barrancos de gran capacidad erosiva si su trazado acompaña la inclinación de los declives o forma con ellos ángulos de fuerte inclinación.

### 2.3. Los usos del suelo.

En la determinación de unidades de uso del suelo se adoptaron dos procedimientos sucesivos y complementarios. El primero consistió en un reconocimiento directo a campo que permitió identificar cinco grandes unidades de uso (agrícola, ganadero, agrícola y ganadero, forestal, y urbano industrial), englobando cada una de ellas conjuntos más o menos amplios de subunidades. El segundo procedimiento se vio condicionado por las posibilidades de identificación visual y delimitación cartográfica de las diferentes unidades y subunidades sobre fotografías aéreas 1:60.000 y sobre una imagen LANDSAT TM-5 en escala 1:100.000. Estos materiales de trabajo sólo permitieron diferenciar subunidades en los usos agrícola, agrícola y ganadero y forestal, por lo que la clasificación finalmente adoptada fue la siguiente:

- A. Uso agrícola:
  - A.1. policultivo.
  - A.2. policultivo y *capoeira*.
- B. Uso ganadero.
- C. Uso agrícola y ganadero:
  - C.1. policultivo y pastos.
  - C.2. arroz y pastos.
- D. Uso forestal:
  - D.1. bosque espontáneo.
  - D.2. repoblaciones.
- E. Uso urbano industrial.

Con la finalidad de confeccionar la cartografía temática de los usos correspondientes a 1.965 y 1.986, fechas respectivas de obtención de las fotografías aéreas e imagen LANDSAT, se elaboraron dos claves de interpretación visual.

#### CLAVE DE INTERPRETACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Usos del suelo	Tonalidad	Textura	Forma o contorno
A.1. Policultivo	gris claro gris medio	suave a medianamente rugosa	rectilíneo poligonal e irregular
A.2. Policultivo y <i>capoeira</i>	gris claro gris medio	medianamente rugosa a rugosa	rectilíneo poligonal curvilíneo irregular
B. Pastos	gris claro	lisa	curvilíneo irregular
C.1. Policultivo y pastos	gris claro gris medio	lisa a medianamente rugosa	rectilíneo poligonal
C.2. Arroz y pastos	gris claro gris medio	suave	rectilíneo poligonal curvilíneo irregular
D.1. Bosque espontáneo	gris oscuro	globulosa de suave a rugosa	curvilíneo irregular
D.2. Repoblaciones	gris oscuro	punteada homogénea y ordenada	rectilíneo poligonal
E. Urbano industrial	gris muy claro gris claro	rugosa a áspera	rectilíneo poligonal



En el caso de las fotografías aéreas pancromáticas en blanco y negro, la respuesta espectral de los diferentes albos está determinada por su variable capacidad de reflejar y emitir las longitudes de onda del espectro de luz visible. La combinación de intensidades de gris, texturas y formas o contornos, fue el criterio básico utilizado para elaborar la clave de interpretación. Es importante observar que la única serie de fotografías aéreas existente corresponde a vuelos realizados entre 1.964 y 1.965, razón por la que la diferenciación de usos agrícolas se ve dificultada dado el diferente estadio de desarrollo biológico de los cultivos en los periodos del año que se realizaron los vuelos. Otro factor que incide negativamente en la correcta fotointerpretación, es el estado en que se encontraron las fotografías en las diversas instituciones y empresas privadas a las que se tuvo que recurrir para conseguir la cobertura completa de la cuenca. La humedad y el uso poco cuidadoso habían alterado sensiblemente la calidad de buena parte del material fotográfico disponible.

CLAVE DE INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN LANDSAT TM-5

Usos del suelo	Color	Textura	Forma o contorno
A.1. Policultivo	rosa claro rosa medio rosa oscuro violeta amarillo verde claro	suave a medianamente rugosa	rectilíneo poligonal e irregular
A.2. Policultivo y <i>capoeira</i>	todos los de policultivo verde medio verde oscuro	medianamente rugosa a rugosa	muy irregular
B. Pastos	amarillo	lisa	irregular
C.1. Policultivo y pastos	amarillo rosa claro rosa oscuro	lisa a medianamente rugosa	regular irregular
C.2. Arroz y pastos	rosa claro violeta	suave	poligonal o irregular
D.1. Bosque espontáneo	verde claro verde oscuro	suave a rugosa	irregular
D.2. Repoblaciones	verde oscuro	suave a rugosa	rectilíneo poligonal
E. Urbano industrial	blanco rosa claro a rosa medio	áspera	rectilíneo poligonal

En la elaboración de la clave de interpretación de la imagen LANDSAT TM-5 se consideraron los comportamientos espectrales relacionados con las tres bandas del espectro electromagnético que componían la imagen (bandas 3, 4 y 5). La banda 3 corresponde a longitudes de onda de color rojo en el espectro visible (0,63 a 0,69 $\mu$ ), la banda 4 a longitudes del infrarrojo próximo (0,76 a 0,90 $\mu$ ) y la banda 5 a longitudes del infrarrojo medio (1,55 a 1,75 $\mu$ ).

Los colores falsos y sus tonalidades resultantes de la combinación de las tres bandas, las texturas y los contornos de las áreas, se utilizaron como criterios para establecer la clave de interpretación de la imagen. Su buena calidad y el conocimiento exacto de la fecha de obtención (15 de noviembre), permitieron relacionar los comportamientos espectrales con el estado vegetativo de los principales cultivos (maíz y tabaco) que en este mes tienen plenamente desarrollada su masa foliar. Sin embargo, la reducida escala de la imagen (1:100.000) dificultó una delimitación cartográfica apurada.

Las dos claves de interpretación permitieron confeccionar los Mapas 9 y 10, en los que se representan los usos del suelo con un intervalo de veintiun años. Estos mapas se utilizaron como documentos básicos para interpretar la extensión, distribución y evolución de los diferentes usos durante el período.

Se puede considerar que la importancia relativa y la distribución espacial de los diferentes usos no se ha alterado significativamente de noviembre de 1.986 a 1.990. En julio de este último año, se recorrió toda la extensión de la cuenca y se conversó con los campesinos a fin de contrastar las evidencias visuales y las informaciones recogidas en el mapa de usos de 1.986. Este reconocimiento confirmó que los cambios ocurridos no son demasiado importantes y, por tanto, no invalidan la proyección al presente de las informaciones representativas tres años atrás.

Para cuantificar la extensión de las áreas ocupadas por cada uso se utilizó la técnica del muestreo, superponiendo a los mapas una cuadrícula subdividida en centímetros cuadrados sobre la que se seleccionaron, aleatoriamente, los puntos que identificaban los usos previamente establecidos. Los resultados, transformados en superficies porcentuales de cada uso, tanto para el conjunto de la cuenca como para cada uno de los sectores en que fue compartimentado el relieve de la misma, se representan gráficamente en las Figuras 1 y 2.

### 2.3.1. Los usos agrícolas.

#### A.1. Policultivo.

Esta subunidad incluye aprovechamientos agrícolas con cultivos de ciclo vegetativo corto (maíz, tabaco, soja, hortalizas, forrajes, arroz de secano, etc.), cultivos de ciclo largo (caña de azúcar o forrajera, mandioca, herbáceas forrajeras, etc.) y cultivos permanentes (frutales, yerba mate, etc.). Aunque las áreas dedicadas a *potreiros* constituyen un aprovechamiento ganadero, su reducida dimensión unitaria y localización entre parcelas agrícolas impiden su individualización cartográfica, razón por la que también han sido incluidos en esta subunidad.

El aprovechamiento agrícola en sistema de policultivo, se plasma espacialmente en conjuntos de parcelas que se mantienen produciendo con una o dos cosechas anuales.

En 1.986 (Figura 31), este uso agrícola ocupaba el 40% de la superficie de la cuenca estudiada, sin embargo, su participación relativa variaba sensiblemente entre los diferentes sectores topográficos. Más de la mitad del área total del piedemonte serrano (sector V) y el 47% de las tierras de la cabecera de la cuenca (sector II) se dedicaban a este uso. En los sectores serranos I y III, y sobre la planicie de acumulación fluvial (sector IV) la participación relativa del policultivo oscilaba entre 30 y 40%.

La mayor intensidad adquirida por este uso en las zonas de piedemonte, podría relacionarse con diversos factores: son áreas ocupadas desde los inicios del poblamiento, sobre ellas se localizan los mayores núcleos de población en los que se pueden comercializar directamente los productos y, además, la topografía permite la mecanización. Sin embargo, comparando las Figuras 31 y 32 se observa que, entre 1.965 y 1.986, el policultivo ha reducido su participación relativa en casi 15% debido al incremento de los usos ganaderos, agrícolas y ganaderos y urbano industriales.

En las tierras altas, su importancia tiene que ver con un claro predominio del cultivo del tabaco y las escasas limitaciones impuestas por la topografía a la utilización de maquinaria agrícola. Durante el periodo que está siendo considerado, este uso incrementó su participación relativa en más de 9%, reflejando el retroceso de los demás usos, principalmente los ganaderos y forestales.

#### A.2. Policultivo y *capoeira*.

La subunidad configura un complejo mosaico de parcelas productivas, parcelas en descanso por períodos variables, parcelas abandonadas con diferentes estados de regeneración del bosque secundario, pequeñas áreas de bosque primario, *potreiros*, minúsculas repoblaciones, etc.

En 1.986 (Figura 31), se dedicaba a este uso el 37% de la superficie total de la cuenca. Las variaciones espaciales son muy acentuadas, ya que es inexistente en la planicie de aluvial (sector IV) y escasamente significativo sobre las áreas de piedemonte (sector V), suponiendo el 33% en las tierras altas de la cuenca (sector II) y la mitad de la superficie de cada uno de los sectores serranos I y III.

La incidencia de un uso tan heterogéneo sobre el sector I, se podría relacionar con la disminución de la fertilidad de los suelos, sometidos a procesos de erosión, y con el relieve accidentado que impide cualquier forma de mecanización. Con frecuencia, la falta de recursos para mantener las tierras con productividad constante obliga a los campesinos a dejar crecer la *capoeira* para que se produzca una regeneración natural de la fertilidad. La necesidad de disponer de leña para el secado del tabaco y el hábito de fabricar carbón vegetal en algunas zonas muy localizadas, son factores a considerar en el mantenimiento de esta mezcla de usos tan variados. La ligera reducción del 4% en su importancia relativa desde 1.965, puede reflejar la importancia creciente que va adquiriendo el policultivo propiamente dicho.

En el caso del sector III, la alternancia de usos diferentes tiene que ver también con la proximidad del núcleo urbano de Santa Cruz do Sul que ha favorecido la implantación de clubs deportivos dotados de amplias zonas verdes, y de pequeñas propiedades para el ocio familiar (*chacaras*). La disminución de la participación relativa expresa la urbanización del sector por la expansión del núcleo mencionado y el crecimiento de la participación relativa del uso de policultivo en las áreas dedicadas a la producción de hortalizas, directamente comercializables en mercados urbanos al efecto (*feiras rurais*).

### 2.3.2. Los usos ganaderos.

La importancia de las áreas dedicadas exclusivamente a pastos naturales y mejorados es insignificante, tanto en el conjunto de la cuenca (1,8%) como en los sectores que dedican parte de sus superficies al uso ganadero: tierras altas (sector II), planicie aluvial (sector IV) y piedemonte serrano (sector V).

Las tierras altas y el piedemonte conservan pequeñas manchas de pastos naturales, herencia de los *campos* que no fueron transformados en tierra agrícola. Generalmente corresponden a suelos de baja fertilidad natural localizados en grandes propiedades que continúan practicando la ganadería extensiva.

En 1.986, la superficie de pastos de las tierras altas había reducido su participación a la mitad de la que le correspondía en 1.965, habiéndose convertido en superficie agrícola. El incremento de la participación en las zonas de piedemonte, no parece corresponder a un aumento real de superficie sino a la menor participación relativa de los usos agrícolas y forestales. Las áreas de pastos localizadas sobre la planicie aluvial, no alteraron su participación durante el período considerado.

### 2.3.3. Los usos agrícolas y ganaderos.

#### C.1. Policultivo y pastos.

Esta subunidad de uso supone la asociación sobre las mismas parcelas agrícolas del policultivo (maíz, soja, tabaco, etc.) con el aprovechamiento ganadero de los restos de las cosechas. El uso principal es agrícola y sólo secundariamente ganadero.

Dicha forma de aprovechamiento es una característica exclusiva de la planicie aluvial (sector IV) y del piedemonte más meridional (sector V), zonas en las que, sin embargo, no llega a alcanzar una importancia muy significativa.

El aumento de su participación relativa en ambos sectores, tiene que ver con incrementos reales de la superficie agrícola a expensas de los pastos naturales, y a la conservación de la tradición ganadera típica de la Depresión Periférica Gaucha.

## C.2. Arroz y pastos.

El aprovechamiento agrícola con cultivos de arroz irrigado, asociado al pastoreo de los rastrojos, constituye también un uso exclusivo de la planicie aluvial y de reducidas áreas de transición en el piedemonte meridional.

El hecho de que a este uso se dedique prácticamente la mitad de la superficie de la planicie de acumulación, se justifica por los mínimos acondicionamientos que son necesarios para inundar los campos de cultivo, ya que buena parte de los mismos se localizan sobre la actual llanura de inundación del río Pardino y sus tributarios del curso inferior.

La asociación del cultivo de arroz con la cría de bovinos refleja, una vez más, la tradición ganadera gaucha.

## 2.3.4. Los usos forestales.

### D.1. Bosque espontáneo.

En 1.986, sólo el 12% de la superficie de la cuenca estaba recubierto por formaciones de bosque espontáneo. Sin embargo, mayoritariamente, este bosque no corresponde a formaciones primarias que han sido alteradas por extracciones de maderas de ley y cortes de leña. En las áreas que el bosque primario fue roturado para transformarlo en tierra de labor y, posteriormente, se abandonaron definitivamente, la capacidad de regeneración consigue devolverles un aspecto de bosque cerrado y denso siempre que el período de abandono supere los cuarenta años y la degradación de los suelos no haya sido excesiva.

El bosque se refugia en las zonas más inaccesibles y con mayores pendientes, lo cual no impide, como se pudo observar y documentar, que sigan abriéndose clareras para ampliar la tierra arable. El precio elevado de las maderas de ley, la disminución de la fertilidad en las parcelas más intensamente cultivadas, la ineficaz fiscalización y los nuevos tendidos de redes eléctricas, contribuyen al retroceso del bosque en áreas que deberían tener un uso exclusivamente forestal y constituir reservas protegidas.

Las manchas de bosque espontáneo que en 1.986 se conservaban en el sector serrano I ocupando el 15% de su superficie, se localizan allí donde las condiciones topográficas son muy restrictivas para los usos agrícolas. A pesar de esta limitación, la participación relativa del bosque había disminuido en 40% desde 1.965.

Las tierras altas (sector II) todavía mantienen los principales relictos del bosque de araucaria. Las formaciones espontáneas ocupaban, en 1.986, el 15% de la superficie del sector y habían reducido su participación relativa en más de 30% en el período de veintiun años. En ambos casos, la regresión forestal responde a la ampliación de la superficie agrícola.

La importancia relativa que alcanzaba el bosque espontáneo sobre la planicie de acumulación fluvial (sector IV) en 1.986, era tan sólo del 10,4% y corresponde a pequeñas

manchas de bosque galería que acompañan los márgenes de los cauces. Estos bosques han visto reducida su participación relativa, en el período considerado, en un 30%.

#### D.2. Repoblaciones.

Se han considerado como repoblaciones aquellas áreas cuya dimensión unitaria permitía su delimitación cartográfica. No obstante, repoblaciones de un cuarto de hectárea e inferiores, son frecuentes en la mayoría de las explotaciones rurales.

Las repoblaciones mayores se han identificado sobre el piedemonte serrano y la planicie de acumulación fluvial. En el primer caso se localizan sobre áreas de *campo*, ocupando el 4,1% de la superficie del sector V en 1.986, valor que corresponde a poco más de la mitad del alcanzado en 1.965. Las repoblaciones del sector IV ocupaban el 2% de su superficie en 1.986, habiendo reducido su participación relativa en 73,6% durante el período.

#### 2.3.5. Los usos urbano industriales.

Corresponden a los núcleos concentrados de mayor tamaño que se localizan en el piedemonte, planicie aluvial y sector serrano III.

La tradicional expansión horizontal de las áreas urbanas en las que las viviendas unifamiliares continúan predominando hasta hoy, proporciona a las áreas construidas una baja densidad habitacional en relación a sus dimensiones superficiales. En Santa Cruz do Sul, la tendencia está cambiando en la actualidad y comienzan a aparecer signos de un crecimiento vertical bastante acelerado.

Las construcciones industriales que antes se intercalaban con las residenciales y comerciales, se amplían hoy hacia áreas periféricas acondicionadas para este uso específico, los nuevos distritos industriales en los que crecen significativamente las instalaciones de las agroindustrias tabaqueras.

La participación relativa de los usos urbanoindustriales ha experimentado un considerable incremento en el período que está siendo considerado. La expansión urbana de Santa Cruz do Sul ha alcanzado al sector serrano III, ya que su crecimiento sobre la llanura de inundación está dificultado por las crecidas periódicas del río Pardino. La expansión de los usos urbano industriales no supone, hasta el momento, una transformación sensible del paisaje rural característico de la cuenca.

## CONCLUSIONES

El paisaje agrario que se acaba de describir a través del hábitat, vías de comunicación y usos del suelo, se configura como un paisaje antropizado a pesar de su relativa juventud. La configuración espacial y paisajística que presenta la cuenca, es similar a la de las demás áreas coloniales de la Serra Geral pobladas desde mediados del siglo pasado con inmigrantes europeos.

El hábitat rural es predominantemente disperso y con una marcada tendencia al ordenamiento lineal acompañando las vías de comunicación. La distancia media real entre los núcleos más próximos (mínimo de tres viviendas agrupadas) es de 1,38 km., siendo el índice  $R_n$  de 1,76.

La morfología de los núcleos con hábitat concentrado se traduce en planos simples, lineales o en cuadrícula.

Las funciones de los núcleos concentrados se relacionan siempre con las actividades agrarias. Sólo Santa Cruz do Sul ejerce funciones comerciales, culturales e industriales diversificadas.

Las vías de comunicación son precarias, correspondiendo al firme asfáltico una densidad de 2,7 km. por cada 100 km<sup>2</sup> y siendo de 242,2 el índice de desviación de los caminos locales y vecinales que constituyen la red viaria de mayor densidad.

Los usos del suelo muestran en el conjunto de la cuenca un fuerte predominio de los usos agrícolas y agrícolas y ganaderos que, en 1.986, ocupaban el 82,8% de la superficie total. La intensidad de estos usos varía mucho en los diferentes sectores debido a la desigual distribución de las áreas de *capoeira*. Los usos agrícolas en general, han experimentado un incremento considerable en el período 1.965-1.986.

La importancia relativa de los usos exclusivamente ganaderos y urbano industriales es muy poco insignificativa. La reducción de las áreas de pastos durante el período ha sido considerable.

Los usos forestales se restringen al 12,8% de la superficie de la cuenca. El bosque espontáneo recubría, en 1.986, el 12,1% del área total y había reducido su participación relativa en 38% desde 1.965. Las repoblaciones son poco expresivas, hecho que contrasta con la demanda de leña existente.

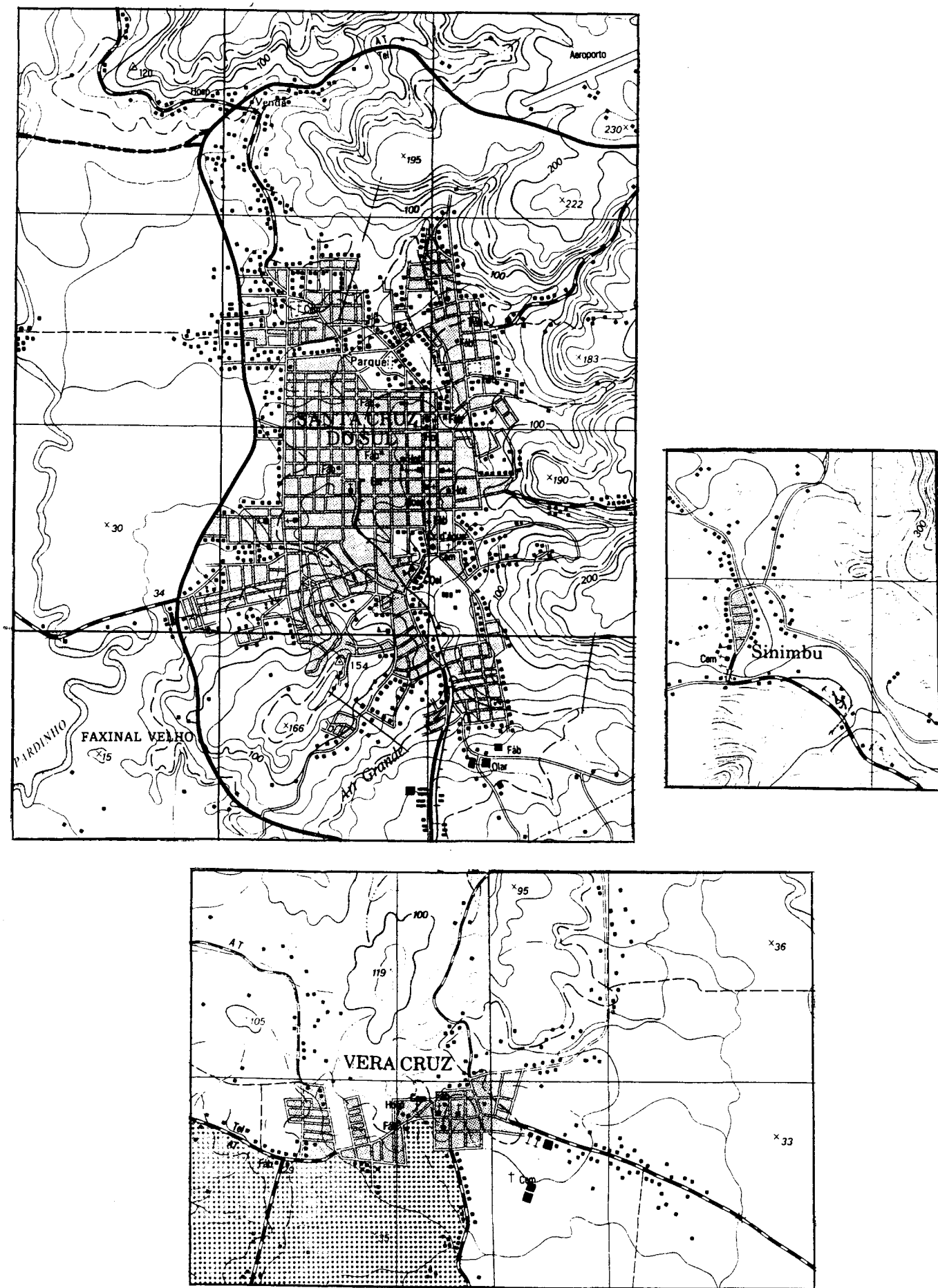
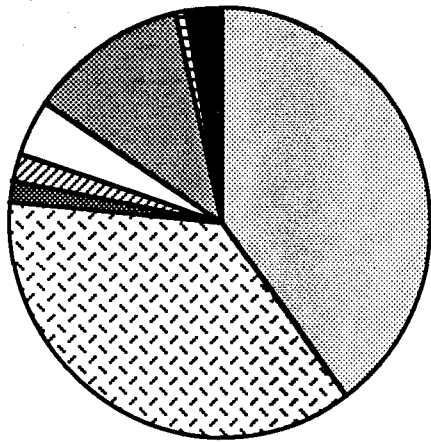
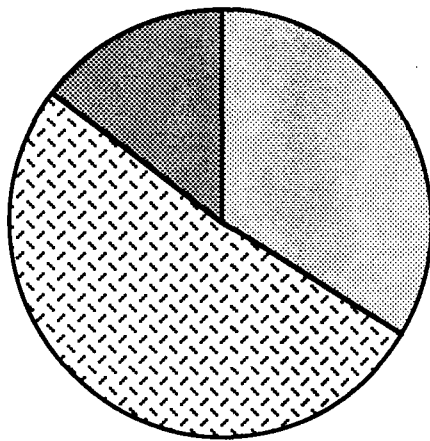


Figura 30. Planos urbanos de Santa Cruz do Sul, Vera Cruz y Sinimbu.

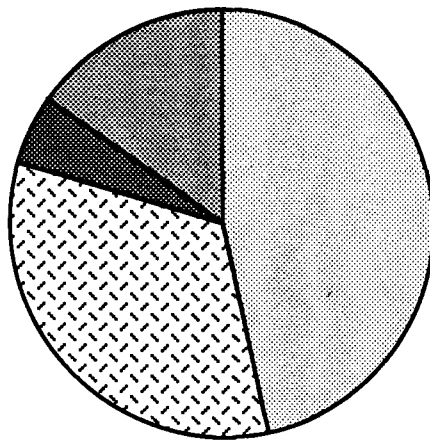




**CUENCA**



**SECTOR I**



**SECTOR II**

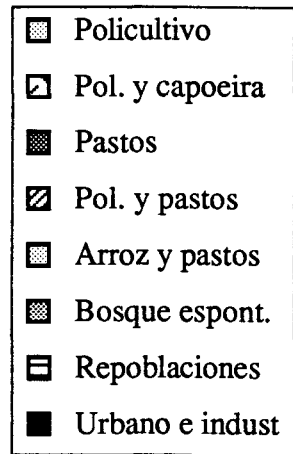
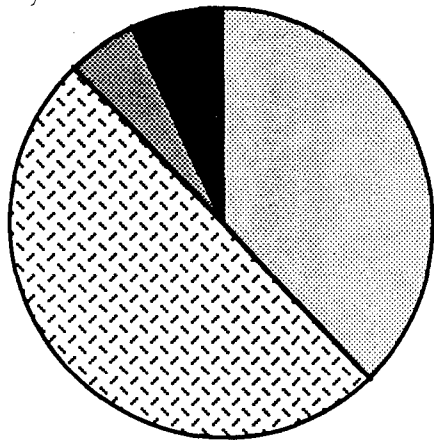
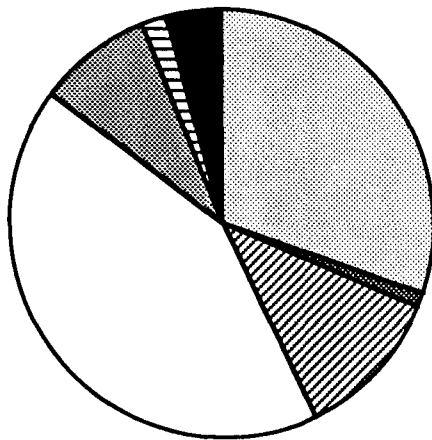


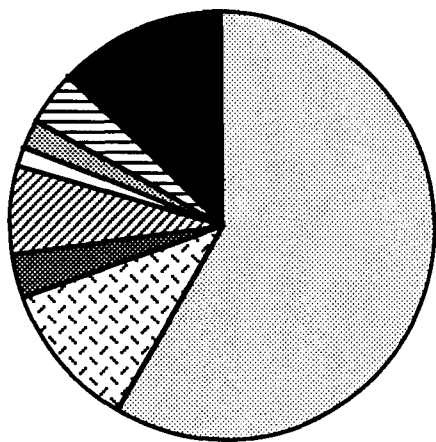
Figura 31. Superficies relativas dedicadas a diferentes usos del suelo en la cuenca del río Pardiniho, 1.986. (continúa)



**SECTOR III**



**SECTOR IV**



**SECTOR V**

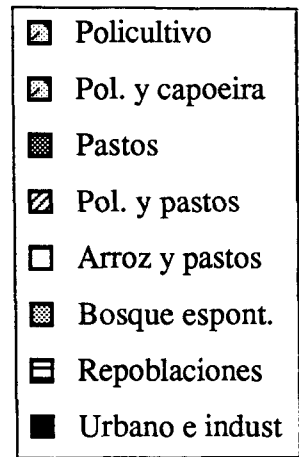
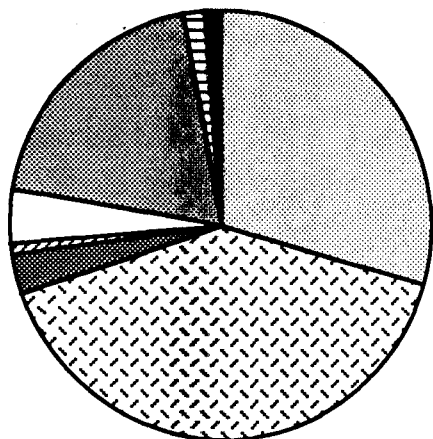
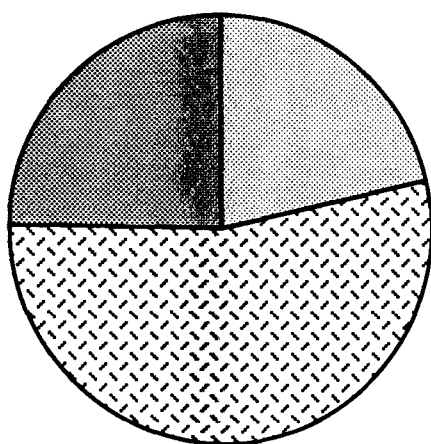


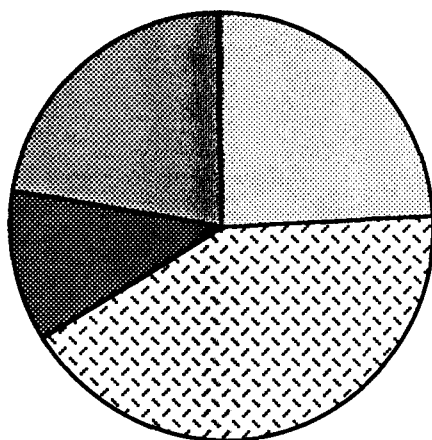
Figura 31. Superficies relativas dedicadas a diferentes usos del suelo en la cuenca del río Pardino, 1.986.



**CUENCA**



**SECTOR I**



**SECTOR II**

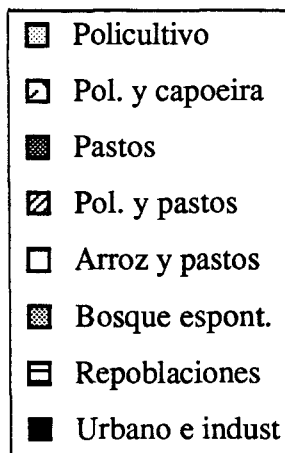
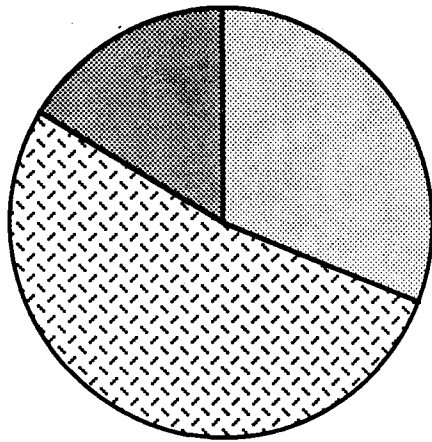
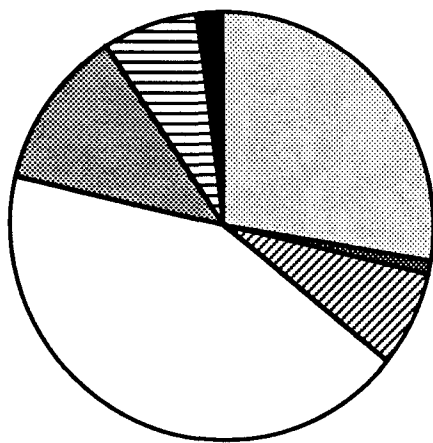


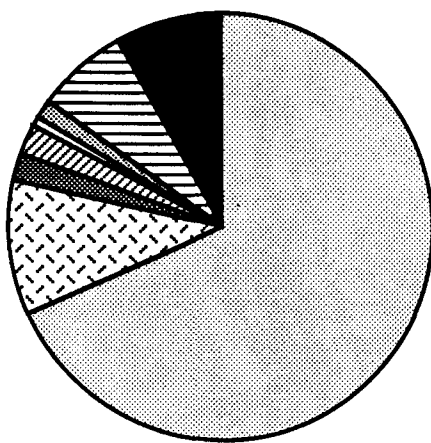
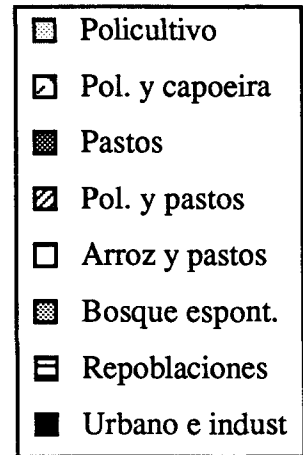
Figura 32. Superficies relativas dedicadas a diferentes usos del suelo en la cuenca del río Pardino, 1.965. (continúa)



**SECTOR III**



**SECTOR IV**



**SECTOR V**

Figura 32. Superficies relativas dedicadas a diferentes usos del suelo en la cuenca del río Pardinho, 1.965.

### 3. ESTRUCTURA AGRARIA: LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA.

En el conjunto del territorio brasileño pueden encontrarse todas las etapas de desarrollo agrícola, desde prácticas primitivas a las formas más modernizadas con elevadas tasas de productividad por unidad de superficie y trabajador.

La agricultura genera en la actualidad el 11% del PIB nacional. A partir de la década de los años 70, el incremento de la producción del sector agrario ha estado relacionado con el crecimiento de la productividad de la tierra. En el periodo 1.970-1.985, la población rural decreció a una tasa geométrica anual del 1,1%, el área dedicada a cultivos y pastos se incrementó a una tasa anual de 2,9%, y el área unitaria cultivada por trabajador creció a un ritmo anual de 1,9%. Esta evolución y el progreso de la mecanización durante el período, permiten suponer un crecimiento de la productividad de la mano de obra superior al 1,9%, indicador de intensificación en la adopción de tecnologías ahorradoras de trabajo (ALVES, E. y VERA, F., 1989, p. 213).

Sin embargo, reducir la problemática agraria brasileña a la oposición atraso-modernización y al comportamiento de las tasas globales de crecimiento de la productividad, impide conocer la variedad de niveles de desarrollo económico y social generados por la penetración del capitalismo en el campo, la importancia de las pequeñas y medias explotaciones familiares generadoras de más del 60% de la producción y el empleo agrarios (TODARO, M., 1988, pp. 348-349) y, en definitiva, ignorar la explotación diferenciada del suelo agrario y los impactos ambientales que se producen en todas las regiones del país.

Una somera aproximación a los rasgos que caracterizan la estructura agraria en la cuenca del río Pardino puede contribuir a desvelar el estado del desarrollo agrícola y las implicaciones socioeconómicas que condicionan las relaciones sociedad-naturaleza en una minúscula porción del territorio nacional: las zonas coloniales productoras de tabaco de la Serra Geral riograndense.

La estructura agraria de la cuenca estudiada se fundamenta en una agricultura familiar caracterizada por: a) el predominio de campesinos propietarios de pequeñas y medias explotaciones, b) que emplean mano de obra familiar y sólo eventualmente asalariada y c) cuyo principal objetivo es reproducirse como productores independientes.

E. PÉREZ TOURIÑO (1983, pp. 168-172) considera a la agricultura familiar campesina como un modo de producción: *"... una determinada forma de organización social de la producción, en un particular punto de desarrollo de las fuerzas productivas, contemporánea del modo de producción capitalista y que, por tanto, es absoluta y necesariamente diferenciable de las diversas formas precapitalistas que han precedido al mismo y tampoco recubre el conjunto de relaciones sociales existentes en los espacios rurales en el capitalismo, sino que representa una abstracción que permite dar cuenta de una forma determinada, de un específico modo, existente junto a otros, de organización social de la producción, cuya importancia histórica es, en determinados espacios económicos, muy elevada por representar el modo más normal de desarrollo del capitalismo en la agricultura"*.

Los rasgos que según este autor caracterizarían a la pequeña producción campesina, son los siguientes:

a) Unidad entre trabajador y medios de producción, de forma que el propio productor controla el acceso a los mismos y la puesta en marcha del proceso productivo. La forma de existencia social de la fuerza de trabajo no se configura ni por la separación de los medios de producción y su circulación como libre mercancía característica de la producción capitalista, ni por cualquier vínculo, que no sea estrictamente mercantil, con otras clases sociales.

b) El papel clave de la tierra como medio de producción, siendo otro medio fundamental el conjunto de capacidades y conocimientos técnicos, técnica y métodos de aplicación de la fuerza de trabajo. Los demás medios de producción son elementos subordinados y complementarios de la tierra y de la fuerza de trabajo.

c) La libre propiedad individual como fórmula jurídica que no supone la pertenencia del propietario a cualquier tipo de comunidad para gozar de la titularidad jurídica, como es característico de las diferentes formas de apropiación precapitalista de la tierra, pero que tampoco puede asimilarse con la propiedad privada capitalista ya que ésta implica la no propiedad de los medios de producción por los productores directos.

La propiedad real, plena y libre de los productores directos sobre los medios de producción y, particularmente, sobre la tierra que coincide con la unidad a nivel de posesión productor-medios productivos, es determinante de la especificidad de la pequeña producción campesina inserta en el sistema capitalista e implica, entre otras cosas, la capacidad de disponer libremente del excedente generado, cuando menos en apariencia.

La inserción de la agricultura familiar campesina en el sistema capitalista y la penetración de este modo de producción en la agricultura, acaban sometiendo a la producción campesina a leyes de funcionamiento del modo de producción dominante sin que ésto suponga la pérdida de su especificidad sino su subordinación. Al campesino se le deja sólo la propiedad formal de la tierra pero no la real y la pequeña explotación no desaparece porque al capital no le interesa ya que de ella obtiene el beneficio que a la misma le niega.

En el caso que nos ocupa, corresponde a la agroindustria tabaquera desempeñar el papel del capital, actuando en el sentido de preservar la sumisión de la agricultura campesina a través de la apropiación del excedente sin que, aparentemente, el proceso se asemeje a la extracción de la plusvalía del obrero agrícola, dado que el campesino al no percibir salario no está vendiendo su fuerza de trabajo. La subordinación del trabajo al capital se produce vía precios del tabaco que, con frecuencia, no llegan a cubrir el valor de un hipotético salario.

Para C. BLASCO VIZCAÍNO (1980, p. 60-67), la agroindustria: *"... sitúa a los agricultores en un callejón sin salida en cuanto a la inversión. Los incita a lanzarse en programas de inversiones de los cuales les es difícil desasirse una vez que los han emprendido. Para financiarlos tienen que recurrir al endeudamiento a través del crédito, lo que les supone entrar en un círculo vicioso, ya que para producir más han de invertir y para invertir han de producir más, si quieren pagar su préstamo. En consecuencia, si el excedente que genera es extraído totalmente, el agricultor para seguir invirtiendo y hacer frente a los compromisos contraídos, tendrá que recurrir a movilizar su propia fuerza de trabajo. De forma que las*

*inversiones las financiarán a través de infrarremunerar su trabajo. Es decir, la renta que obtiene el agricultor, sólo podría aumentarla si aumenta la producción, ya que su influencia en el precio es relativamente nula; para pagar sus inversiones tendrá que aumentar su trabajo a la vez que disminuir la parte de renta que dedica a la reposición de su propio trabajo y el de su familia" .*

Parece evidente que los campesinos se integran en el sistema de forma ilusoria pensando que son ellos los que deciden y determinan su ahorro, ahorro forzoso, deducido de su propio salario. La autofinanciación por el ahorro forzoso junto a la intensificación y ampliación del tiempo de trabajo, posibilitan la acumulación ya que al disminuir el salario que se otorga al agricultor aumenta la parte de renta dedicada a reponer el capital invertido y a realizar nuevas inversiones. De esta forma, la baja remuneración del trabajo campesino permite la acumulación forzada de capital en la agricultura.

Utilizando otras categorías de análisis, B. A. KÜCHEMANN (1980, pp. 112-113) atribuye a la agricultura familiar minifundista las siguientes características:

- insuficiencia absoluta y relativa de tierra agrícola;
- tendencia al fraccionamiento de las explotaciones como consecuencia de la presión demográfica y de la rigidez del sistema de herencia;
- enorme desempleo de la fuerza de trabajo;
- dependencia absoluta de las estructuras locales de poder en cuanto a venta de productos, endeudamiento crónico, etc.;
- dependencia de la organización del mercado a cualquier escala;
- escasa o nula capacidad de realizar inversiones en tecnología;
- reducida capacidad de organización para mejorar económicamente.

Como se verá a continuación, en las regiones productoras de tabaco de Rio Grande do Sul se pueden encontrar, con grados variables de intensidad, la mayor parte de las características que acaban de ser mencionadas.

### 3.1. La fragmentación de las explotaciones.

En 1.985, más del 70% de las explotaciones agrarias y del 80% de la tierra de la cuenca estudiada (Figura 33) eran explotadas directamente por propietarios. A las demás formas de tenencia (arrendamiento, aparcería y simple ocupación de la tierra) correspondían participaciones relativas muy poco significativas.

La dimensión media de las explotaciones ha experimentado una disminución progresiva desde 1.849. Antes de interpretar la evolución mostrada en la Figura 34, hay que observar que la metodología utilizada en los censos para definir el concepto de explotación agraria (establecimiento) se ha modificado varias veces, considerándose como explotación única bien todas las parcelas, confinantes o no, sometidas a una única administración, bien cada una de las parcelas aunque sometidas a la misma administración.

En la región estudiada, la gran mayoría de las explotaciones constituye un coto redondo, administrado familiarmente en régimen de propiedad. Este hecho y la dudosa fiabilidad de las estadísticas hacen que las informaciones censales deban ser consideradas como un reflejo no siempre fiel de la realidad a que se refieren.

El diagrama de la Figura 34 muestra una brusca reducción del tamaño medio de las explotaciones entre 1.849 y 1.854. La explicación viene dada por la imposición legal de modificar la dimensión de los lotes coloniales que, como fue visto con anterioridad, sólo afectó a los que se distribuyeron inicialmente.

En los 56 años siguientes, hasta 1.920, el tamaño medio varía poco, aunque se mantiene una ligera y progresiva disminución que alcanza una pérdida relativa de 17,4% al final del período. Esta estabilidad podría relacionarse al hecho de que los esfuerzos exigidos por la deforestación y el acondicionamiento agrícola absorbieron buena parte de la mano de obra familiar de dos nuevas generaciones de agricultores que, trabajando junto a los progenitores, no presionaron demasiado en la división de las propiedades.

No puede decirse lo mismo del medio siglo posterior ya que, hasta 1.975, la reducción de tamaño alcanza 55,75%. Es decir, la dimensión media de éste año corresponde a menos de la mitad de la alcanzada en 1.920. En el período, dos generaciones más demandan tierra para cultivar practicando el sistema de agricultura itinerante.

Durante toda esta época se produjo una expresiva emigración hacia nuevas áreas de colonización demarcadas al noroeste de Rio Grande do Sul y hacia los estados más septentrionales de Santa Catarina y Paraná, hecho que indica como el tamaño alcanzado por las explotaciones agrícolas había alcanzado el mínimo necesario para garantizar la sobrevivencia familiar. No obstante, todavía puede apreciarse una ligera reducción de 3,4% hasta 1.985, último año para el que existen datos. En estos diez años, el aumento de la productividad agrícola relacionado con una modernización en el cultivo del tabaco, la elevada capacidad de absorción de mano de obra temporaria por hectárea cultivada con este producto y el flujo emigratorio de los agricultores más jóvenes hacia los núcleos urbanos regionales y nacionales, pueden considerarse como factores que han frenado el parcelamiento de las ya reducidas explotaciones de la cuenca.

Cabe preguntarse si la dimensión media actual (17,2 has. en 1.985) caracteriza una estructura minifundista, ya que por sí solo el tamaño físico no es un indicador válido en una estructura agraria tan compleja como la brasileña.

El llamado *Estatuto da Terra*, ley federal de 1.964, considera como minifundio al inmueble rural con área y posibilidades inferiores a las del «módulo rural». Este último correspondería al inmueble explotado directamente por el agricultor que absorbe toda la fuerza de trabajo familiar, garantizándole el progreso económico y pudiendo, eventualmente, ocupar trabajo de terceros. Las áreas máximas de los módulos rurales varían según las regiones del país y los tipos de explotación agrícola existentes.

En la región que se inscribe la cuenca del río Pardino, el módulo establecido por el extinguido Instituto Brasileño de Reforma Agraria, corresponde a 20 has. cuando las



explotaciones se dedican a cultivos anuales. La dimensión **media** de 17,2 has. se aproxima pues al módulo regional. Sin embargo, como será analizado más adelante, el área media dedicada a cultivos anuales en las explotaciones de la cuenca sólo alcanza 5,5 has.

Los datos censales permiten diferenciar en el conjunto del área que nos ocupa, tres estratos de dimensión de las explotaciones que sintetizan la importancia relativa del minifundio: explotaciones con dimensiones inferiores a 20 has., explotaciones de tamaño medio con 20 a 49 has., y explotaciones grandes de 50 has. o más. Esta simplificación se basa en la adopción de dos criterios: a) la dimensión del módulo rural regional de 20 has. y b) la distribución del número de explotaciones y de la tierra según la dimensión de las explotaciones de la cuenca.

Los diagramas de las Figuras 35 y 36 permiten acompañar la evolución sufrida por el tamaño de las explotaciones y la distribución de la tierra entre 1.960 y 1.985, período más reciente para el que se disponen datos.

La comparación de los valores relativos de la cuenca con los valores promedio de Rio Grande do Sul (Figuras 37 y 38) dan una idea aproximada de la peculiaridad del espacio agrario regional en el Estado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los criterios adoptados para definir en la región el minifundio y las explotaciones de porte medio y grande no son aplicables a la unidad administrativa mayor dada la variedad de sistemas agrarios que en ella se incluyen y la convivencia de formas de agricultura intensiva de gran productividad con formas claramente extensivas y casi improductivas. A este hecho hay que añadir que en el conjunto de Rio Grande do Sul se encuentran también estructuras típicamente minifundistas (al 33,95% de las explotaciones con menos de 10 has. corresponde el 3,29% de la tierra) y un latifundio extraordinariamente concentrador de tierras (el 1,73% de las explotaciones con 500 y más hectáreas concentra el 42,65% de la tierra).

En 1.985 (Figura 39), el 72,26% de las explotaciones y el 39,31% de la tierra correspondían a explotaciones con tamaños inferiores a 20 has., indicando un claro predominio del minifundio. Los valores correspondientes al conjunto del Estado en 1.980, eran 61,72 y 10,85% respectivamente.

De 1.960 a 1.985, el número de explotaciones típicamente minifundistas experimentó un incremento de 18,7% y el de la tierra correspondiente a las mismas de 27,5%, aumentos que ponen de manifiesto el crecimiento del peso del minifundio. Los valores del Estado muestran también una tendencia similar, aunque menos acentuada, ya que entre 1.960 y 1.980 los incrementos respectivos fueron de 11,6 y 15,8%.

Las explotaciones de tamaño medio (20 a 49 has.) suponían, en 1.985, el 24,75% del total de explotaciones y el 40,12% de la tierra. Para el conjunto de Rio Grande do Sul, estos valores eran de 24,21 y 14,18% en 1.980.

En el período considerado para la cuenca, se produjo una disminución de 27,4% en el número de explotaciones y de 17,9% en la tierra correspondiente. En el Estado, los valores relativos también disminuyeron en los veinte años analizados aunque en proporción menor, sufriendo una reducción de 19,0 y 7,1% respectivamente.

Agregando todas las dimensiones inferiores a 50 has. se observa que, en 1.985, el 97,01% de las explotaciones y el 79,43% de la tierra se incluyen en este estrato, mientras que en el Estado los respectivos valores alcanzan porcentajes de 86,13 y 25,03%. Los datos de la cuenca son expresivos de una concentración de la tierra en explotaciones pequeñas y medias, frente a la escasa importancia relativa de la tierra perteneciente a este estrato en el conjunto de Rio Grande do Sul a pesar de incluirse en dicho estrato la gran mayoría de las explotaciones.

Las explotaciones con 50 y más hectáreas representan tan sólo el 2,99% del total de explotaciones y el 20,57% de la tierra. Ya en el Estado, los valores respectivos en 1.980 alcanzan 13,87 y 74,97%. Estos datos indican que la escasa importancia relativa alcanzada en la cuenca por las explotaciones consideradas grandes va también acompañada por una participación poco significativa de la tierra comprendida en ellas. En Rio Grande do Sul, aunque tampoco las explotaciones con estas dimensiones suponen un porcentaje muy expresivo, sí lo tiene, por el contrario, la tierra cuya participación corresponde a las tres cuartas partes del total de tierras del Estado.

Entre 1.960 y 1.985, la evolución experimentada por las explotaciones grandes supuso una pérdida relativa de 40,4% y un crecimiento insignificante de 1,5% en la tierra correspondiente, valores que indican la tendencia al crecimiento unitario de las pocas explotaciones grandes que se conservaron o constituyeron durante el periodo. En Rio Grande do Sul, las variaciones relativas alcanzaron proporciones escasamente significativas (0,2% de incremento en las explotaciones y 2,1% de disminución en la tierra), lo que permite considerar que apenas han variado durante los veinte años contemplados.

La considerable importancia y el progresivo incremento numérico de las pequeñas explotaciones agrarias constituyen uno de los rasgos de la estructura minifundista en la agricultura familiar de la cuenca del río Pardiniho.

En el caso que nos ocupa, podría pensarse en una insuficiencia relativa de la tierra por dos motivos principales. El primero consiste en la supervivencia de sistemas agrícolas arcaicos como la agricultura itinerante o rotación de tierras que, en la actualidad, se relaciona a la necesidad de suelos fértiles para cultivar tabaco, exigencia que obliga a dejar en *capoeira* las parcelas que han sido cultivadas tres años seguidos y reconvertir las viejas *capoeiras* en tierra agrícola. El segundo motivo tiene que ver con la topografía accidentada de la zona serrana que hace impracticable la agricultura en extensiones importantes de las explotaciones.

La progresiva tendencia al fraccionamiento de las propiedades agrarias es una continuación del proceso que se inició con la división de los lotes coloniales en el siglo pasado y que ha hecho de la región un foco de expulsión demográfica al ser incompatibles la superficie agrícola disponible con la demanda de tierra exigida por sucesivas generaciones de colonos.

### 3.2. La fuerza de trabajo.

La cuenca del río Pardiniho posee un gran potencial de fuerza de trabajo. En 1.980, el 42,5% de su población tenía menos de 20 años y el 49,2% de la misma estaba en edades

plenamente productivas (20 a 59 años). Tan sólo un 8,3% de la población total alcanzaba 60 y más años de edad.

El conocimiento directo que se posee de la población rural y sus actividades muestra que la edad no constituye una limitación para el trabajo en el campo. Hombres y mujeres participan activamente en las tareas desde los doce años hasta que la enfermedad o la muerte se lo impiden. El año escolar suele acabarse cuando inician las actividades de selección y secado del tabaco, finales de noviembre a principios de diciembre, dado que la mano de obra infantil y la de los ancianos es un complemento necesario en esta época.

TABLA 12

POBLACIÓN ABSOLUTA Y CRECIMIENTO INTERCENSAL  
MUNICIPIOS DE SANTA CRUZ DO SUL Y VERA CRUZ (1.960-1.990)

Años	Habitantes	Crecimiento (%)
1.960	86.147	
1.970	98.314	14,1
1.980	113.573	15,1
1.990	121.670	7,1

Fuente: Elaboración propia a partir de los Censos Demográficos.

Observación: La población de 1.990 aparece estimada en el Censo de 1.980.

El histograma de la Figura 40 corresponde a una estructura etaria piramidal, de base ancha y distribución regular en los estratos superiores a 14 años, que se estrecha ligeramente en los tres estratos de edades inferiores, indicando una tendencia a la disminución del peso de la población más joven y, por tanto, una desaceleración del crecimiento de la población.

Los datos de la Tabla 12 expresan la evolución en el crecimiento intercensal que se mantiene creciente hasta 1.980 y se reduce a la mitad en el último decenio. En 1.980, el 47,3% de la población residía en la zona rural mientras que en el conjunto de Rio Grande do Sul esta proporción era de 32,5%.

El diagrama de la Figura 41 indica la pérdida de importancia relativa de la población rural que, de 1.970 a 1.980, alcanzó el 25,75%. Esta pérdida de peso está motivada, más que por la disminución absoluta de la población rural que sólo supuso el 14,22%, por el fuerte incremento experimentado por la población urbana durante el período (67,66%).

TABLA 13

POBLACIÓN RURAL Y SUPERFICIE AGRÍCOLA UTILIZADA  
CUENCA DEL RÍO PARDINHO Y RIO GRANDE DO SUL (1.980)

Unidades espaciales	Población rural (habitantes)	S.A.U. (km <sup>2</sup> )	Habitantes/km <sup>2</sup> S.A.U.
Cuenca río Pardino	53.706	944,1	56,9
Rio Grande do Sul	2.522.897	199.849,3	12,6

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Agropecuario de 1.980.

Relacionando la población rural con la S.A.U. <sup>1</sup> se observa que la presión demográfica sobre la tierra productiva es cuatro veces y media superior en el área de la cuenca que en el conjunto del Estado (Tabla 13).

La importancia que puede adquirir el desempleo de la fuerza de trabajo en la zona rural, ha tenido que ser estimada a partir de los valores correspondientes a la población económicamente activa y ocupada en actividades agrarias, ya que los censos no registran el desempleo. La validez de esta estimación es muy dudosa pues los datos censales son escasamente fiables.

El Censo Demográfico considera población «económicamente activa» a las personas que han trabajado en los doce meses anteriores al 31 de diciembre de cada año censal aunque en esa fecha estuviesen desempleados. El Censo Agropecuario recoge la población «ocupada» en actividades agrarias, inclusive los menores de 14 años. <sup>2</sup>

En 1.980, la población económicamente activa dedicada a actividades agrarias alcanzó la cifra de 24.863 personas. En ese mismo año, la población con más de 14 años ocupada en estas actividades fue de 28.143 personas. Relacionando ambos valores podría decirse que el 88,3% del total de personas con más de 14 años trabajó durante el año, alcanzando el desempleo un 11,7%, valor que correspondería a poco más de un octavo de la mano de obra con esa edad. No obstante, la estimación de este valor debe ser interpretada con reservas debido a la estacionalidad que caracteriza al empleo en el sector.

Tomando como referencia el empleo asalariado de 1.980 (Figura 42), se observa que el 75% de la contratación anual de mano de obra se concentra de septiembre a enero. Este periodo coincide con la recolección del tabaco (mediados de noviembre a finales de enero) que ocasiona la contratación temporal en las explotaciones donde la mano de obra familiar o la colaboración de los vecinos no es suficiente para realizar las tareas.

<sup>1</sup> La Superficie Agraria Utilizada (S.A.U.) incluye las superficies en cultivo y las dedicadas a pastos. No se consideran las superficies en descanso.

<sup>2</sup> Los conceptos de población activa y ocupada que se manejan en este trabajo no coinciden con los utilizados en España en las Encuestas de Población Activa del INE.

El diagrama de la Figura 43 muestra que la mano de obra familiar constituía, en 1.980, la práctica totalidad de la fuerza de trabajo y que su participación no había variado desde 1.970.

La importancia del trabajo infantil es muy significativa (Figura 44) en la composición de la mano de obra familiar. El hecho de que su participación haya experimentado un fuerte crecimiento en el período considerado, pone de manifiesto la precaria situación general en que se encuentra la agricultura familiar campesina ya que precisa recurrir cada vez más al trabajo de los niños.

Los datos analizados no confirman el desempleo característico del minifundio, fenómeno que se explica por la especialización de la agricultura en un producto que absorbe la mano de obra disponible, incluidos ancianos y niños, durante menos de cinco meses al año. No obstante, fuera de este período debe producirse un grado considerable de baja productividad de la mano de obra familiar ya que los campesinos se dedican a producir cultivos de subsistencia, cuidar de los animales domésticos y cortar la leña que se utilizará en la siguiente cosecha de tabaco.

### 3.3. La dependencia y el endeudamiento.

La comparación de los valores relativos generados por los diferentes sectores económicos y la evolución de su participación en el valor de la producción total, permiten situar el sector agrario de la cuenca del río Pardo en el conjunto de su economía.

Los diagramas de la Figura 45 muestran como, en 1.980, las actividades agrarias contribuían con poco más del 13% al valor de la producción total, la industria generaba casi la mitad de este valor y las actividades terciarias el 39%. En el conjunto de Rio Grande do Sul, aunque la participación del sector agrario era ligeramente superior (16,3%), el sector industrial sólo generaba la cuarta parte del valor total y el sector terciario superaba la mitad de dicho valor. Estos datos expresan que el peso que adquieren las actividades industriales en la cuenca estudiada casi duplica al que les corresponde en el Estado, conjunto territorial donde la terciarización de la economía es más significativa.

De 1.959 a 1.980, el sector agrario vio reducida su participación relativa en dos terceras partes debido al fuerte incremento experimentado por el sector industrial. En el Estado, dicha reducción fue sólo de la mitad. A nivel de cuenca, son las actividades industriales las que impulsan la economía, mientras que en el conjunto de Rio Grande do Sul este papel continúa correspondiendo a las actividades terciarias.

La desagregación de la producción agraria en los valores generados por los subsectores agrícola, ganadero y forestal (Figura 46), pone en evidencia que la producción agrícola contribuye con el 66% al valor total agrario y que el tabaco supone la cuarta parte de aquella producción. La ganadería aporta el 29% y la producción forestal no alcanza el 5%. En el Estado, la participación de la producción agrícola es menor (60,5%), la ganadería es más representativa (37,4%) y a la producción forestal le corresponde menos de la mitad de la alcanzada en la cuenca.

Las informaciones proporcionadas por los censos agropecuarios no permiten reconstruir las cuentas del sector agrario, razón por la que hay que limitarse a establecer aquellas relaciones que parecen más significativas para caracterizar la estructura económica del sector.

TABLA 14

COMPOSICIÓN DEL VALOR TOTAL DE LA PRODUCCIÓN AGRARIA  
CUENCA DEL RÍO PARDINHO Y RIO GRANDE DO SUL (1980)

Unidades espaciales	Producción total agraria (%)	Ingresos por venta/ prod. total (%)	Reemp. y autoconsumo/ prod. total (%)
Cuenca	100	57,7	42,3
Rio G. do Sul	100	82,0	18,0

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Agropecuario, 1.980.

El peso que adquieren los reemplazos y el autoconsumo en el valor total de la producción agraria es muy elevado (Tabla 14). Poco menos de la mitad del valor de la producción se aplica directamente en las propias explotaciones como reemplazo o es autoconsumido, lo que, en principio, parece corresponder a una economía con elevado componente de subsistencia bien diferente de la que caracteriza al conjunto de Rio Grande do Sul. En este caso, la parcela de la producción total agraria que corresponde al valor generado por la venta de productos es cuatro veces y media superior a la dedicada a reemplazos y autoconsumos, caracterizando una economía agraria eminentemente comercial.

Descontando de la producción total agraria el importe de los gastos y pagos efectuados, se obtiene una magnitud que, se puede aventurar como hipótesis, podría aproximarse a la que correspondería a la renta líquida agraria.

TABLA 15

RENTA AGRARIA Y POBLACIÓN OCUPADA EN EL SECTOR AGRARIO  
CUENCA DEL RÍO PARDINHO Y RIO GRANDE DO SUL (1980)

Unidades espaciales	Producción total agraria (%)	Gastos y pagos/ prod. t. agraria (%)	Renta agraria líquida (%)	Renta agraria líquida/ población ocupada (cruzeiros)
Cuenca	100	27,4	72,6	56.328,9
Rio G. do Sul	100	47,2	52,8	79.086,4

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Agropecuario, 1.980.

En la zona de estudio, los pagos y gastos totales se aproximan al 30% de la producción total agraria (Tabla 15), indicando que, en su conjunto, el sector está poco integrado externamente y que la mayor parte de los inputs provienen del propio sector. La renta líquida corresponde a poco más del 70% del valor total. Estos datos muestran que la dependencia del sector en relación a terceros no es muy significativa, contrariamente a lo que sucede en el conjunto del Estado donde casi la mitad del valor total de la producción agraria se destina a pagos y gastos.

La relación entre la renta líquida y la población ocupada en el sector es 29% inferior en la cuenca que en Rio Grande do Sul, lo que parece indicar el mayor peso adquirido por la fuerza de trabajo absorbida en estas actividades y su menor capacidad de remuneración.

La importancia que adquiere la financiación externa constituye un indicador del grado de dependencia del sector agrario en relación al sistema financiero. El montante total de los créditos concedidos durante 1.980 representó casi el 12% del valor de la producción total agraria (Tabla 16), porcentaje que equivale a poco menos de la mitad de la importancia relativa alcanzada por los créditos agrarios en Rio Grande do Sul. El sector agrario de la cuenca parece pues poco dependiente del sistema financiero, al alcanzar un grado de endeudamiento significativamente inferior al del Estado.

TABLA 16

LA FINANCIACIÓN AGRARIA Y SU APLICACIÓN  
CUENCA DEL RÍO PARDINHO Y RIO GRANDE DO SUL (1980)  
(Porcentajes)

Unidades espaciales	Prod. total agraria	Financiación/ gts. y pgs.	Total	Aplicaciones de la financiación				
				Inversión/ financ.	Gts. y pgs./ financ.	Comercializ./ financ.	Otras fin./ financ.	Financ./ gt. y pg.
Cuenca	100	11,7	100	7,9	67,4	0,7	24,0	42,7
Rio G. do Sul	100	25,0	100	7,4	57,0	0,8	34,8	53,0

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Agropecuario, 1.980.

Sin embargo, si se considera la importancia relativa de las diferentes aplicaciones de los créditos se observa que el 67,4% de los mismos se destinaba a financiar pagos y gastos, y tan sólo un 7,9% a inversiones productivas. Si la financiación se compara con los pagos y gastos efectuados fuera del sector, se obtiene que la relación de dependencia es entonces de 42,7% frente al 53% en el conjunto del Estado, lo que muestra un nivel de dependencia bastante similar. Este indicador parece más acorde con la realidad financiera del sector agrario, puesto que lo que verdaderamente requiere recursos financieros son los gastos de fuera del sector.

Según informaciones orales proporcionadas por la agencia del Banco del Brasil en Santa Cruz do Sul, el 65% de los créditos concedidos para el cultivo del tabaco se dedican a la financiación de inputs intermedios y el 35% restante a los demás gastos de explotación. A partir de

enero de 1.989, el sistema bancario brasileño ha dejado de financiar las inversiones agrarias alegando falta de recursos.

Los datos comentados expresan que la estructura financiera de las explotaciones agrarias es muy vulnerable a posibles cambios en la política agraria general, a alteraciones de precios en el mercado, a eventuales malas cosechas, etc., indicando también la escasísima capacidad de capitalización de las explotaciones.

Es importante señalar que los inputs intermedios (abonos, correctores de acidez de los suelos, simientes y pesticidas) exigidos por el cultivo del tabaco alcanzan el 93% de los gastos de explotación. Es decir, que la vulnerabilidad de la estructura financiera de las explotaciones es directamente computable a la especialización agrícola de la cuenca en la producción de tabaco.

Ya en el conjunto de Rio Grande do Sul, la financiación de los gastos de explotación, aunque también considerable, tuvo una importancia relativa, en 1.980, inferior (15,4%) a la adquirida en la cuenca, representando la financiación de las inversiones productivas un porcentaje muy similar.

Dado que las relaciones de dependencia del sector agrario en relación al mercado y al sistema financiero se establecen a través de la producción y comercialización del tabaco, es importante conocer algunos rasgos de su expresión espacial y económica y los vínculos que por su mediación se establecen entre agricultura, industria, mercado y sistema financiero.

En 1.980, el cultivo del tabaco ocupaba la cuarta parte del área dedicada a cultivos temporarios, generaba un cuarto del valor de la producción agraria y casi un tercio del valor total agrícola. En el conjunto de Rio Grande do Sul, la importancia relativa de este cultivo, tanto por el área ocupada como por su expresión económica, era muy poco significativa (Figura 47).

Además del tabaco, las producciones más expresivas de la cuenca estudiada son el maíz y la mandioca que contribuyen respectivamente con 15,5 y 12,3% al valor agrícola total. En el conjunto del Estado, los tres productos con mayor relevancia económica son la soja, el arroz y el maíz (Figura 47).

El proceso de subordinación y dependencia de la agricultura a los mercados nacional e internacional se produce a través de las industrias tabaqueras locales, todas de capital internacional, y se inicia al comenzar el ciclo productivo "*... quando os instrutores das empresas visitam os agricultores tentando convence-lhes a plantar fumo para a empresa que representam. O vínculo se concretiza com um pedido de financiamento feito pelo produtor para compra de sementes, insumos e defensivos, quando então se estabelece um pacto entre o agricultor e a empresa, onde a empresa se compromete a fornecer assistência técnica e os insumos necessários e o produtor compromete-se a lhe «entregar» a sua produção. Assim, a empresa oferece as condições necessárias para que o campones se torne um produtor de fumo: fornece as sementes, os insumos e defensivos, orientação técnica e o dinheiro necessário para construção da estufa. Todo isso através do financiamento bancário por ela avalizado*" (ETGES, V. E., 1990, p. 141).



Es decir, el vínculo entre cultivadores y agroindustrias consiste en un pacto por el que los primeros se comprometen a adquirir los insumos proporcionados por una empresa determinada, a adoptar las orientaciones técnicas que se les propone y a «entregarle» (*abgeben*, según el habla popular, en vez de *verkaufen*) toda la producción en exclusiva. El hecho de que las propias empresas actúen como avalistas de los créditos bancarios les confiere, en la práctica, un papel de intermediarios financieros.

La dependencia del sistema financiero ocurre principalmente a través de la banca oficial <sup>1</sup> y sólo secundariamente por mediación de la privada, ya que ésta se limita a ofrecer los créditos obligatorios fijados por el Gobierno Federal.

Los agricultores se ven forzados a mantener la relación con la misma empresa hasta haber saldado la deuda bancaria que les fue avalada. En el caso de que un agricultor no consiga saldarla, la empresa avalista le induce a plantar, en el año siguiente, un área mayor que permita cubrir los costes de producción de ese año y garantice el pago del crédito adeudado del año anterior, prefiriendo mantener la deuda a que el agricultor se sienta inclinado a vender su tierra para poder saldarla.

Los créditos van siendo amortizados a medida que se entregan parcelas de la cosecha y la empresa tabaquera autoriza al banco su amortización. Es decir, el agricultor no recibe pago alguno hasta no haber saldado sus compromisos financieros.

El precio de las diferentes calidades de tabaco se estipula anualmente por acuerdo entre la Associação dos Fumicultores do Brasil (AFUBRA), el Sindicato dos Trabalhadores Rurais y el Sindicato das Industrias de Fumo (SINDIFUMO). La fijación del precio es "*... o momento mais importante de toda a relação de subordinação, pois é através dos preços pagos aos produtores, que muitas vezes não cobrem nem o custo da produção, que este transfere todo o seu trabalho não remunerado às empresas ...* ya que *... o trabalhador é explorado mas não vende sua força de trabalho, pelo contrário, é o produto de seu trabalho, o fumo, que contém todo o trabalho ... não remunerado que é apropriado pelo capital*" (ETGES, V. E., 1990, pp. 152-153).

El claro predominio de este cultivo tiene mucho que ver con el hecho de ser el único producto que tiene la venta garantizada y la producción financiada, aunque ésto suponga una situación permanente de endeudamiento para los agricultores.

Tras analizar las «cuentas» de varias explotaciones, constituidas por registros de «entradas» (venta de leche, hortalizas, tabaco, cereales, bovinos y porcinos) y «gastos» (necesidades básicas, costes de producción sin computar mano de obra, muebles y electrodomésticos, vehículos y compra de tierras) y sin considerar los valores correspondientes a reempleos y autoconsumos, V. E. ETGES (1990, p. 208) concluye que "*... o que garante a subsistência e reprodução destes pequenos proprietários como produtores de fumo, é o fato de produzirem outros produtos, além do fumo, cujos excedentes são comercializados ... além disso, eles ainda produzem praticamente tudo o que consomem como alimento ...*" sin que en momento alguno consideren la remuneración de la mano de obra familiar como un componente más de los

<sup>1</sup> Según informaciones orales proporcionadas por la agencia del Banco del Brasil en Santa Cruz do Sul, dicha institución financió entre 70 y 80% del área plantada con tabaco en el municipio durante el año 1.990.

costes de producción. Este hecho permite mantener los precios del tabaco por debajo de los que el mercado podría pagar, contribuyendo a la transferencia de parcelas mayores de renta hacia el sector industrial y al mantenimiento de las diversas formas de agricultura de subsistencia.

Como en las demás zonas tabaqueras de Rio Grande do Sul, los campesinos propietarios de la cuenca del río Pardinho no deben confundirse con pequeños empresarios que organizan la producción considerando que el precio de sus productos deba cubrir los costes de producción, remunerar la mano de obra y la renta del capital tierra además de proporcionar un beneficio medio. Para ellos parece ser suficiente que los precios garanticen su reproducción como propietarios, es decir, que remuneren la fuerza de trabajo familiar y permitan reponer su explotación cubriendo los gastos de producción (LIEDKE, E. R., 1977, p. 19).

Para la agroindustria, es preferible esta casi integración vertical a la integración total, ya que posibilita una mayor transferencia de excedente que en el caso de que los agricultores fuesen asalariados propios. La obtención del excedente se produce porque los campesinos, además de proporcionar la tierra, financian sus inversiones y soportan los costes de producción. De esta forma, la independencia y las garantías que creen obtener de la propiedad de los medios de producción se convierten de hecho en causas de la explotación, ya que como propietarios deben mantener su equipamiento y como productores integrados no están en condiciones de conservar el excedente que generan. Paralelamente, la independencia formal de los agricultores refuerza la independencia efectiva de las empresas integradoras que, no precisando inmovilizar capital en tierras, amortizar equipamientos, ni correr riesgos de malas cosechas, están libres para diversificar riesgos invirtiendo en otras ramas de producción y en diferentes regiones del país.

#### 3.4. Las inversiones productivas y la capacidad tecnológica.

El montante de las inversiones realizadas en el sector agrario durante el año 1.980, representó el 12,3% del valor total de la producción agraria, participación que equivale a menos de la mitad de la alcanzada por el mismo concepto en el conjunto de Rio Grande do Sul (26,5%). La mitad de las inversiones totales correspondió a bienes inmuebles, mientras que en el Estado esta clase de inversiones fue un 23% inferior (Tabla 17).

TABLA 17  
COMPOSICIÓN DE LAS INVERSIONES AGRARIAS  
CUENCA DEL RÍO PARDINHO Y RIO GRANDE DO SUL (1980)  
(Porcentajes)

Unidades espaciales	Inversión total	Bienes inmuebles	Nuevos cultivos	Repoblaciones forestales	Animales	Vehículos transporte	Maquinaria agrícola
Cuenca	100	54,0	0,6	2,1	25,9	4,4	13,0
Rio G. do Sul	100	41,6	1,0	1,7	33,8	5,7	16,2

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Agropecuario, 1.980.

Del total de la parcela invertida en bienes inmuebles (Tabla 18), más del 80% se dedicó a construcciones, instalaciones y mejoras. Dada la gran simplicidad que caracteriza a las viviendas rurales e instalaciones agrícolas, construidas en madera o materiales de baja calidad, este porcentaje sólo puede explicarse por la importancia que adquiere en las explotaciones la construcción de los secaderos de tabaco, edificados con ladrillo y con más solidez que la vienda familiar.

**TABLA 18**  
COMPOSICIÓN DE LAS INVERSIONES EN BIENES INMUEBLES  
CUENCA DEL RÍO PARDINHO Y RIO GRANDE DO SUL (1980)  
(Porcentajes)

Unidades espaciales	Total	Adquisición de tierras	Construc., instala. y mejoras
Cuenca	100	18,8	81,2
Rio G. do Sul	100	45,5	54,5

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Agropecuario, 1.980.

La compra de tierras no alcanza el 19,0% de la partida total de inversiones, porcentaje que se constituye en un indicador indirecto del agotamiento local de oferta de tierras.

A la compra de vehículos de transporte y maquinaria agrícola (Tabla 17) sólo se destina el 17,4% de las inversiones totales, expresando la escasa importancia relativa de las inversiones en tecnología y, consecuentemente, del atraso en la modernización del sector. Si se compara este valor con el correspondiente a la compra de animales que supera la cuarta parte de las inversiones totales, se deduce que buena parte de las funciones de las máquinas son desempeñadas por animales, bueyes en este caso, utilizados como fuerza motriz de transporte y de maquinaria agrícola rudimentaria. Es importante observar que en la compra de animales se incluye también la adquisición de porcinos y bovinos de leche y carne.

El diagrama de la Figura 48 muestra que únicamente el 17,5% de las explotaciones hacen uso de la tracción mecánica, siendo la animal la más utilizada. En la misma figura llama la atención que en casi todas las explotaciones se aplican fertilizantes y pesticidas, práctica exigida por el cultivo del tabaco, y que sólo el 20,1% declaran realizar acciones de conservación de suelos.

El índice de tractorización es bajo, 1,2 tractores por kilómetro cuadrado de superficie labrada (Figura 49). Comparando las Figuras 48 y 49, se observa que la estructura tecnológica de la cuenca estudiada es más deficiente que la correspondiente al conjunto del Estado y que sólo la especialización de su agricultura en el cultivo del tabaco puede explicar que lo supere en aplicación de fertilizantes y pesticidas.

## CONCLUSIONES

En la cuenca del río Pardino, más del 70% de las explotaciones agrarias poseen dimensiones inferiores al módulo rural de 20 has., concentrándose en ellas casi el 40% de la tierra. De 1.960 a 1.985, el número de explotaciones con menos de 20 has. experimentó un incremento de 18,7%.

Tan sólo el 3% de las explotaciones alcanza tamaños de 50 y más hectáreas, concentrándose en ellas el 20% de la tierra. En el mismo período, el número de explotaciones grandes sufrió una pérdida relativa del 40,4%.

El potencial de fuerza de trabajo es importante. En 1.980, el 42,5% de la población rural tenía menos de 20 años y el 49,2% se encontraba entre los 20 y 59 años de edad.

La presión demográfica sobre la superficie agrícola utilizada es alta (56,9 habitantes por kilómetro cuadrado de S.A.U.) y sensiblemente superior a la del conjunto del Estado de Rio Grande do Sul (12,6).

Se ha estimado que el 11,7% de la población activa agraria estaba desocupada en 1.980.

La mano de obra familiar supone el 89,0% de la población ocupada en actividades agrarias. Los asalariados, además de ser poco significativos (7,8% de la población ocupada), tienen un empleo condicionado por la estacionalidad de las cosechas. Los meses de septiembre a enero concentran el 75,0% del empleo anual.

La participación del trabajo infantil es muy importante. El 17,0% de la población ocupada tiene edades inferiores a 14 años.

La economía agraria posee un elevado componente de autosubsistencia. Más del 42% del valor total de la producción agraria se dedica a reempleos y autoconsumos. La escasa integración externa se debe a que la mayor parte de los inputs proviene del propio sector.

La dependencia financiera se produce a través de los gastos y pagos efectuados a terceros que absorben el 67,4% de la financiación total. La estructura financiera de las explotaciones es muy vulnerable y su capacidad de capitalización está muy reducida.

El cultivo del tabaco ocupa más del 25% de la superficie cultivada y genera el 25% del valor total de la producción agraria. Este producto crea una estrecha integración entre agricultura e industria y una fuerte dependencia del sistema financiero.

La reducida capacidad para realizar inversiones que caracteriza al sector agrario, ocasiona una deficiente estructura tecnológica e impide realizar los acondicionamientos necesarios para paliar la degradación de las tierras.

Los rasgos más significativos del sistema de organización de la producción agraria en la cuenca estudiada son los siguientes:

- predominio de explotaciones minifundistas, organizadas como unidades de producción familiar y sometidas a un proceso progresivo de descapitalización;
- elevada capacidad de absorción de mano de obra con bajos niveles de productividad y remuneración;
- asociación de una agricultura típicamente mercantil con formas de agricultura de subsistencia que garantizan la reproducción de la fuerza de trabajo;
- subordinación de la agricultura a la agroindustria y dependencia financiera del proceso productivo.

#### 4. PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

La susceptibilidad de los suelos ante los procesos de erosión se relaciona estrechamente con las prácticas agrícolas que se les imponen tras la eliminación de la cobertura vegetal espontánea y puesta en cultivo de las tierras. Los sistemas de cultivo y las técnicas correspondientes dependen, a su vez, del nivel de desarrollo de la comunidad campesina y de las exigencias del sistema económico en el que dichas comunidades están inmersas.

Según J. TRICART (1965, p. 229), los sistemas de cultivo determinan las características de la cobertura vegetal y, por tanto, la mayor o menor protección de los suelos. Las técnicas de cultivo están orientadas por la posibilidad de acceder al conocimiento y utilización real de los medios materiales más apropiados en cada caso concreto, lo que, en definitiva, supone tener también acceso a los medios de financiación necesarios para conseguirlos.

En el caso de las pequeñas explotaciones agrarias de la cuenca del río Pardino, surge un conflicto entre las metas económicas que se exigen a corto plazo para viabilizar la agricultura familiar y las prácticas que serían necesarias para mantener rendimientos económicos a plazo más largo. La reducida capacidad financiera de las explotaciones dificulta la realización de inversiones en conservación de suelos ya que supondrían gastos suplementarios que no están en condiciones de soportar, razón que las induce a desconsiderar la perspectiva de largo plazo.

Al efecto erosivo de las aguas de lluvia y escorrentía, favorecido por acusadas pendientes en la mayor parte de las laderas y el contenido arcilloso de los suelos, se suman así unas prácticas agrícolas inadecuadas que incrementan los impactos negativos sobre el medio.

La quema de las *capoeiras* destruye la microestructura de los suelos favoreciendo su degradación y haciendo disminuir su fertilidad. Las nuevas roturaciones exigen labores profundas que ocasionan cambios en los perfiles, facilitan los procesos de arrastre y la decapitación de horizontes. El laboreo en laderas acelera la tendencia natural a la migración de partículas hacia la base de las parcelas. Los rendimientos exigidos a los cultivos comerciales abligan a la utilización masiva de plaguicidas, herbicidas y fertilizantes que afectan al ciclo hidrológico, a los propios suelos y a los seres vivos (incluido el hombre) que integran los ecosistemas de la cuenca.

Aunque con anterioridad se ha hecho referencia a las prácticas agrícolas, se dedica este capítulo a describir los principales sistemas de cultivo que se practican hoy en la zona, prestándose una atención especial al cultivo del tabaco.

##### 4.1. El policultivo.

El Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) identifica a la región en la que se inscribe la cuenca estudiada como *Microrregião Fumageira de Santa Cruz do Sul*, no obstante, el tabaco sólo ocupa el 28% de la superficie cultivada total y las explotaciones le dedican un área media pequeña (1,8 a 2 has.) repartida, generalmente, entre varias parcelas. Es característico

practicar un policultivo en el que los cultivos de ciclo anual ocupan el 98,1% de la tierra cultivada, siendo los permanentes (arbóreos y arbustivos) muy poco expresivos (Figura 50).

Entre los cultivos anuales destacan el maíz y el tabaco, a los que se dedican las tres cuartas partes de la superficie cultivada. El primero se destina básicamente al reemplazo para ser transformado en leche o carne y el segundo se comercializa en su totalidad. La soja y el arroz irrigado son también cultivos comerciales, aunque con una relevancia económica y espacial poco significativa.

Los cultivos típicos de autoconsumo o subsistencia ocupan, aproximadamente, la cuarta parte de la tierra cultivada, destacando entre ellos la mandioca, utilizada en la alimentación humana y animal, y las judías o *feijão* como componente básico, junto al arroz, de la dieta popular brasileña.

En la Figura 50 puede observarse el retroceso sufrido en los últimos diez años por los cultivos anuales de subsistencia y por los permanentes; ambos han reducido su participación relativa en 36 y 20% respectivamente. Esta evolución parece indicar que la agricultura se ha orientado hacia el binomio maíz-tabaco.

#### 4.1.1. Las parcelas agrícolas.

El sistema de policultivo se plasma espacialmente en un mosaico de parcelas con usos diferentes dentro de cada explotación. Las Figuras 51 y 52 muestran los esquemas de distribución de usos, correspondientes al mes de diciembre, en dos explotaciones de la zona serrana y recogidos por V. E. ETGES (1990, pp. 117- 118).

Dado que dichos esquemas no llevan en consideración escala alguna, la representación planimétrica no pasa de una aproximación a la distribución y dimensiones de las parcelas dedicadas a usos diferentes. Sin embargo, son esquemas muy expresivos de la configuración espacial adoptada por el policultivo dentro de las explotaciones.

Se ha estimado una escala a partir del área total y de la representación gráfica de cada explotación, con la finalidad de cuantificar, con dudosa aproximación, las dimensiones de las parcelas y realizar comparaciones entre ambas explotaciones.

El esquema de la Figura 51 corresponde a una explotación de 20 has., productora de tabaco, que todavía mantiene la rígida configuración rectangular de los lotes coloniales. Las parcelas se distribuyen en fajas groseramente paralelas sobre las que se alternan y suceden usos diferentes. Como se desconoce la topografía no es posible saber si esta configuración responde a alguna preocupación de paliar procesos de degradación de los suelos o si es aleatoria. El hecho de que las áreas ocupadas por bosque, repoblaciones y las cultivadas con caña de azúcar se dispongan paralelamente a las parcelas agrícolas, podría, tal vez, confirmar la primera hipótesis.

La superficie de bosque (18% del área de la explotación) aparece fragmentada en siete parcelas, la mayor de las cuales se aproxima a una hectárea. Estas dimensiones tan reducidas y la

presencia del cultivo del tabaco hacen pensar que las manchas forestales deban estar muy degradadas o corresponder a viejas *capoeiras* en fase avanzada de regeneración forestal, ya que sólo se identifica como *capoeira* una parcela con dimensión inferior a una hectárea. Las dos pequeñas repoblaciones de eucaliptos podrían relacionarse a la necesidad de disponer de leña para el secado del tabaco.

Las parcelas agrícolas mayores, de una hectárea y media aproximadamente, se dedican a maíz y tabaco, y sólo en una de ellas se indica asociación de maíz y soja. Los cultivos de maíz y tabaco ocupan algo más del 40% de la superficie total de la explotación, mientras que el *potreiro* se reduce a menos del 4%.

La Figura 52 reproduce el esquema de una explotación de 38 has. en la que no se cultiva tabaco. Las parcelas agrícolas se concentran en los extremos superiores de la planta irregular de la explotación, sin que, aparentemente, su distribución espacial responda a cualquier tipo de ordenamiento.

El hecho de que la mayor parte de la superficie forestal aparezca en una mancha única separando las dos áreas agrícolas, hace pensar que su preservación pueda deberse a la fuerte declividad de una ladera. Sin embargo, el factor principal que ha favorecido su conservación sobre más de la cuarta parte de la superficie de la explotación, es la inexistencia del cultivo del tabaco que no impone la necesidad de roturar nuevas parcelas ni de explotar el bosque para obtener leña.

La diversidad de cultivos es mayor que en la explotación anterior. Al maíz y a la soja se dedican las parcelas mayores, destacando la asociación de dos cultivos en tres de ellas. Los cultivos típicos de subsistencia (mandioca, hortalizas, arroz de secano, frutales, etc.) aparecen bien representados. El hecho de que tres parcelas se destinen a cultivar forrejas y la considerable extensión del *potreiro* (35% de la superficie de la explotación) indican que la ganadería debe constituir una actividad significativa.

La forma y disposición de las parcelas ocupadas por caña de azúcar, parecen mostrar preocupación por controlar, o al menos paliar, los procesos de erosión de suelos.

De la comparación de las dos explotaciones se puede concluir que:

- el sistema de policultivo adopta una configuración espacial y determina unos usos del suelo diferentes dependiendo de la presencia o ausencia del cultivo de tabaco dentro de las explotaciones;
- cuando no se cultiva tabaco el tamaño unitario de las parcelas agrícolas es ligeramente inferior, la diversificación de cultivos es más rica, la asociación de cultivos más significativa, la preservación del bosque está menos perjudicada y la ganadería tiene posibilidades de ser más expresiva.

Aunque de forma general el policultivo atenúa los procesos de erosión por dificultar el arroyamiento y la acción del viento sobre el conjunto de una ladera cultivada ya que cada parcela tiene su régimen propio según el cultivo que sobre ella se practique, la composición del policultivo



y, en este caso, la presencia del tabaco introduce una serie de variables que contribuyen a acentuar la sensibilidad del terreno ante los procesos de degradación.

El hecho de que las empresas tabaqueras recomienden a los agricultores comenzar el plantío por las zonas más altas de las parcelas donde el crecimiento es más lento por la menor fertilidad del suelo (Souza Cruz, Cia., 1984, p. 8), es un indicador indirecto de la coexistencia de procesos de decapitación en las partes altas y enterramiento en las bajas, derivados de la pendiente de la ladera en la que se localizan las parcelas.

#### 4.1.2. El ciclo biológico de las cultivos.

El sistema de policultivo determina una cobertura vegetal diversificada y un grado de protección del suelo que varía mucho a lo largo del año entre las diferentes parcelas agrícolas.

A excepción de las forrajeras ciclo corto como la avena y la *ervilhaca* o *avica*, utilizadas también como abono verde, algunas forrajeras de ciclo largo como la caña de azúcar y el *capim elefante* (*Pennisetum purpureum*) que mantienen la estructura foliar durante la estación fría, y las patatas, cultivos todos característicos del invierno, los demás cultivos son típicos del verano: maíz, tabaco, mandioca, judías, arroz, etc.

Durante la primavera y buena parte de la estación estival, la parte aérea de los cultivos de verano se interpone entre el suelo y los elementos atmosféricos, especialmente los aguaceros convectivos tan frecuentes en estas épocas del año. No obstante, dependiendo del ciclo biológico de cada cultivo y de la estructura de su masa foliar la protección proporcionada a los suelos resulta más o menos eficaz.

En el caso de las leguminosas como judías y soja, o las incorporadas directamente al suelo como abono verde (*mucuna preta* y *crotalaria*), el índice de cobertura es elevado y la disposición de la estructura foliar propicia para paliar el splash y el arroyamiento concentrado. Sin embargo, los dos cultivos a los que se dedica la mayor parte de la tierra cultivada (maíz y tabaco) son escasamente eficaces como cobertura protectora. La configuración de su estructura foliar recoge y dirige directamente las aguas de lluvia hacia el pie de las plantas provocando el desenterramiento de las raíces. Los aguaceros de verano desencadenan procesos de erosión laminar que decapitan los horizontes superficiales de suelo y procesos de rigolización en las parcelas con mayor declive, seccionando los caballones y evolucionando hacia verdaderos gullys que rasgan las parcelas.

Cuando sobre la misma ladera se alternan parcelas ocupadas por leguminosas o herbáceas con otras dedicadas a maíz o tabaco, los procesos funcionales varían de modalidad e intensidad de una parcela a otra. Los materiales finos, erosionados en la parte más alta de las parcelas mal protegidas, son transportados por las aguas de arroyada hacia la parte basal, contribuyendo al enterramiento de los perfiles edáficos y al desarrollo de otros nuevos en niveles topográficamente inferiores.

Durante buena parte del otoño y a lo largo del invierno, la mayor parte de la superficie agrícola permanece desnuda ya que las parcelas ocupadas por forrajeras, caña de azúcar y patatas,

son muy pequeñas y el conjunto de su superficie poco expresiva. En estas estaciones, el volumen de precipitación alcanza los máximos anuales y la ausencia generalizada de cobertura vegetal protectora favorece la incidencia directa de los procesos de erosión hídrica.

Hay un factor de carácter sociológico que merece ser destacado por sus efectos en la degradación de los suelos agrícolas de aquellas explotaciones en las que, por motivos diversos, los agricultores conservan una mentalidad más tradicional o no llegan a percibir que eliminando determinadas prácticas ayudarían a paliar la pérdida del recurso suelo. El control social existente en las pequeñas comunidades campesinas de origen alemán, tiende a marginalizar a los agricultores que no mantienen «limpias» sus parcelas entre dos cultivos sucesivos (estos agricultores son tachados de *relaxados*), hecho que dificulta la convivencia y las relaciones de buena vecindad.

Las labores impuestas por el calendario agrícola durante las diferentes estaciones del año, tienen gran influencia sobre el comportamiento de los procesos de infiltración y arroyamiento en las parcelas agrícolas. En los meses de primavera, es necesario realizar más de tres pasadas de cultivador en aquellas que, al finalizar el invierno, fueron plantadas con maíz y tabaco a fin de destruir la costra superficial endurecida, aumentar la capacidad de infiltración y destruir la capilaridad superficial para amortiguar la evaporación. De esta forma, al tiempo que se mejoran las propiedades físicas del suelo, se controla la proliferación de plantas invasoras. También en primavera son labradas las parcelas en las que han de plantarse judías, soja, arroz, hortalizas, etc.

En los meses de verano se cosechan el tabaco y el maíz, quedando totalmente expuestas a la acción de los aguaceros las parcelas en las que estos cultivos habían favorecido, en la estación anterior, los efectos de la arroyada. En esta época se procede a arar las parcelas que van a dedicarse a la segunda cosecha de patatas y maíz.

Durante el otoño, los suelos no suelen ser removidos. Es la estación en que se recolectan la soja, el arroz y la segunda cosecha de maíz.

En invierno se procede al rozado de las *capoeiras* que han de tener uso agrícola y se labran dos veces las que, al finalizar la estación, se plantarán con maíz y tabaco. También en invierno se realiza la primera plantación anual de patatas y la recolección de la segunda cosecha.

Aunque la erosividad de las precipitaciones puede suponerse importante durante todo el año, la coincidencia de los aguaceros convectivos de fin del período estival e inicio del otoño con la desprotección de los suelos acentúa su capacidad erosiva en estas épocas.

#### 4.1.3. Los caminos *da roça*.

El mismo sistema de policultivo que origina la compartimentación de la superficie agrícola en pequeñas parcelas, crea la necesidad de establecer vías de acceso cuyo trazado no suele llevar en consideración la topografía del terreno. Con demasiada frecuencia, los caminos internos de las explotaciones (*caminhos da roça*) cortan las parcelas en ángulos agudos con la mayor pendiente, constituyéndose en colectores de agua sobre los que la incisión vertical puede progresar hasta el desmantelamiento completo de las formaciones superficiales.

Cuando el sustrato es poco resistente y escasamente permeable (caso de la formación limo arcillosa Santa María) o cuando las formaciones superficiales están constituidas por elementos finos y son profundas, la erosión progresa lateralmente a través de procesos solifluidales de movimientos de masa con deslizamientos y gallones o tepes. Si por el contrario, la incisión lineal alcanza un sustrato rocoso resistente (caso de los basaltos y riolitas de la formación Serra Geral) el arroyamiento concentrado en los caminos-canales origina el zapamiento basal de las márgenes, provocando su retroceso por desprendimientos laterales.

Estos caminos se constituyen así en un factor erosivo adicional, nada despreciable en el conjunto de la cuenca, que puede relacionarse directamente con el parcelamiento derivado del policultivo practicado en las explotaciones.

#### 4.2. Los sistemas de cultivo.

Los efectos de la erosión hídrica sobre los suelos agrícolas dependen mucho de los sistemas de cultivo que se aplican. Dada la diversidad de factores que influyen en la adopción de los diferentes sistemas y su promiscua distribución, habría que realizar un estudio detallado de los aspectos cualitativos, cuantitativos y espaciales que los caracterizan para valorar, con alguna aproximación, las funciones que desempeñan en la morfodinámica de la cuenca. Este trabajo, aunque necesario, escapa a las limitaciones que se han impuesto al presente estudio.

##### 4.2.1. El barbecho en *capoeira*.

Se ha comentado con anterioridad que la rotación de tierra constituyó una práctica consustancial a la ampliación de la superficie agrícola y que la escasez de recursos y conocimientos técnicos obligó a mantenerla cuando la mayor parte de la superficie había sido deforestada. Ha sido visto también que la orientación de la agricultura hacia el cultivo de tabaco exige disponer de suelos naturalmente fértiles cuando se carece de suficiente capacidad financiera para asociar agricultura con ganadería o incorporar abonos químicos a los suelos agotados. Dejar las tierras en *capoeira* para favorecer la recuperación de su fertilidad ha constituido y continúa siendo un sistema que ayuda a minimizar estas limitaciones.

Al analizar los usos del suelo pudo comprobarse que, en la zona serrana, el uso denominado «policultivo y *capoeira*» era muy expresivo cuatro años atrás. Aunque dicho uso no presupone la utilización exclusiva del suelo con agricultura y prolongados barbechos sino que es más complejo, y a pesar de que algunas *capoeiras* no vuelven a tener uso agrícola, el conocimiento directo que se posee permite constatar que la rotación de tierra continúa produciéndose con demasiada frecuencia.

La reconversión de las actuales *capoeiras* en tierra agrícola supone talar las especies leñosas más desarrolladas, prender fuego a la vegetación arbustiva y herbácea para, a continuación, arar en profundidad arrancando las raíces e incorporando las cenizas al suelo. Estos trabajos de *abrir a roça* o *roçar a capoeira* se realizan siempre en invierno, cuando la mano de obra familiar está menos ocupada, para proceder a la primera plantación en los meses de septiembre y octubre.

Es difícil precisar la duración del período que los suelos permanecen en barbecho ya que depende del tamaño de las explotaciones, la tierra arable de que se dispone, la fuerza de trabajo de la familia, el área destinada a cultivos anuales y de que los agricultores realicen o no rotación de cultivos sobre las parcelas.

Tomando como referencia el cultivo del tabaco se pudo constatar que, en general, no se producen más de tres cosechas consecutivas sobre una misma parcela, a pesar de la masiva incorporación anual de correctores de acidez y abonos químicos, lo que supondría períodos de descanso de tres a cinco años que no permiten la regeneración de los suelos. Hay que considerar que la quema que elimina la vegetación espontánea crecida en los barbechos, destruye los microorganismos responsables por la transformación de la materia orgánica en humus, acelerando su mineralización. La pérdida de humus facilita la desestructuración de los suelos arcillosos de la cuenca, repercute en la disminución de su permeabilidad superficial y, en consecuencia, favorece el arroyamiento y los consiguientes procesos de erosión hídrica.

El rozado asociado a la quema no se limita a la reconversión de las *capoeiras* en tierra arable. En la vertiente izquierda del valle formado por el arroyo Marcondes y en la vertiente derecha del primer tributario del río Pardinho aguas arriba de Salto, pudo constatarse en julio pasado la abertura de nuevas parcelas a expensas de manchas forestales en laderas con pendiente media de 60 a 70%. Estas prácticas de abrir y mantener parcelas en áreas de difícil acceso y más difícil laboreo han generalizado la expresión: *plantar com bodoque y recolher a laço*.

A los problemas ocasionados por la disminución del contenido húmico y desestructuración de los suelos se añaden, en estos casos, las condiciones adversas del relieve que dinamizan las escorrentías y aceleran el arroyamiento. Sin embargo, hay que recordar que dichas prácticas no afectan a toda la cuenca sino que se reducen a las laderas serranas, habiendo sido ya abandonadas en los fondos de valle y sobre la zona llana.

#### 4.2.2. Los cultivos promiscuos o continuos.

El aprovechamiento de las parcelas con cultivos mixtos constituye una práctica multiseccular propia de las comunidades indígenas, relacionada con la agricultura itinerante de *queimada*. Por constituir un sistema racional de protección y conservación de suelos, continúa siendo practicado por los campesinos más conscientes de la necesidad de minimizar los procesos de degradación. Este sistema se denomina en Brasil «consorciación de cultivos».

A pesar de no ser aplicable en las parcelas dedicadas a tabaco, dicho sistema pudo ser observado en explotaciones de la zona serrana y del llano. Se constató el consorcio de cultivos permanentes (cítricos y yerba mate) con leguminosas de ciclo anual (judías y guisantes), así como de dos cultivos anuales (maíz y judías).

En opinión de los agricultores consultados, la consorciación con cultivos permanentes es muy eficaz los dos o tres primeros años, debiendo ser luego abandonado el cultivo anual para evitar la competencia y favorecer el desarrollo del cultivo principal. En el caso de dos cultivos anuales consorciados, uno deben ser judías, leguminosa que fija el nitrógeno en el suelo

proporcinándole nutrientes al tiempo que aminora los efectos de la erosión hídrica en las parcelas en que se asocia con maíz.

#### 4.2.3. La rotación de cultivos.

Supone una forma de agricultura intensiva que ayuda a conservar la fertilidad y disminuir pérdidas de suelo, contribuyendo también a facilitar el control de plagas y limitar la proliferación de plantas dañinas a los cultivos. No obstante, para que los efectos sobre la erosión hídrica sean eficientes, es necesario que la sucesión de cultivos sea breve ya que la erosividad de las precipitaciones amenaza durante todo el año.

En la cuenca estudiada, se observaron rotaciones de patatas-cacahuete, soja-cereales de invierno, forrajeras-maíz, forrajeras-tabaco y maíz-tabaco. En la rotación de forrajeras con maíz o tabaco, se constató la utilización de herbáceas de gran porte y ciclo largo como el *capim elefante* o la yerba de de Guinea (*Penicum maximum*); de gramíneas (avena) mezcladas con leguminosas (*ervilhaca*), ambas de ciclo corto y cultivadas en invierno, y de leguminosas de verano (*mucuna preta* y *crotalaria*) que se incorporan como abono verde al preparar el suelo para la plantación de maíz o tabaco.

La rotación de maíz y tabaco en el mismo año agrícola está siendo incentivada por las empresas tabaqueras con el argumento de que plantar maíz inmediatamente después de la cosecha de tabaco permite aprovechar los abonos incorporados al suelo con el cultivo anterior y obtener dos cosechas diferentes. Sin embargo, esta rotación es contraproducente a la conservación de los suelos ya que ambos cultivos favorecen el arroyamiento. Se podría pensar que tras la campaña de incentivo de las empresas subyace un intento de evitar aumentos en los precios del tabaco que serían compensados por la renta adicional obtenida al disponer los agricultores de mayor cantidad de maíz para alimentar una pequeña cabaña ganadera en sus explotaciones.

La rotación de cultivos sobre una misma parcela agrícola no es una práctica generalizada pues, como en el caso de otros sistemas de cultivo, una compleja gama de factores sociales, económicos y culturales influyen en su adopción.

#### 4.2.4. Los cultivos alternados o en franjas.

Este sistema ayuda a disminuir los efectos de la erosión hídrica sobre las laderas con pendientes inferiores al 10%, pero es escasamente eficaz en pendientes mayores. Evita que la formación de rigolas y surcos afecte al conjunto de la ladera ya que interrumpe los flujos de arroyada superficial en la base de cada franja cultivada.

En las áreas del piedemonte más meridional localizadas al sur de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, el sistema es una práctica frecuente. Sobre laderas con pendientes de 5 a 10%, pudieron observarse franjas cultivadas de 30 metros de anchura separadas por barreras de retención de *capim elefante*, yerba de Guinea y caña de azúcar, cultivadas sobre terrazas con 2 a 3 m. de base que forman pequeños ángulos agudos con las curvas de nivel. Franjas de hasta 50 metros se

encontraron en laderas con pendientes inferiores al 5%. Independientemente de su anchura, cada franja se dedica a un cultivo distinto y, generalmente, se practica en ellas la rotación de cultivos.

Se constató también que cuando los aterrazamientos marginales de las franjas no se mantienen permanentemente cubiertos por herbáceas protectoras o no son periódicamente conservados, se rasgan en surcos, remodelándose hacia la estructura inicial de las laderas al intentar recuperar un nuevo estado de equilibrio.

Es importante considerar que este sistema presupone realizar una inversión en acondicionamiento del terreno y mantenimiento que no está al alcance de los campesinos que carecen de maquinaria apropiada o recursos para contratar servicios ajenos.

#### 4.2.5. Los arropes vegetales.

Con una expresión espacial muy poco significativa, la utilización de arropes vegetales se practica solamente en las explotaciones donde los agricultores están más sensibilizados con el problema que supone la pérdida de suelos agrícolas.

La práctica consiste en dispersar residuos vegetales sobre el suelo, mantener las plantas invasoras y labrar sin invertir el prisma de los terrones de forma que los residuos permanezcan en su lugar y se descompongan lentamente.

Es éste un sistema eficaz pues permite mantener una cobertura de protección permanente que evita el splash, atenúa el arroyamiento, proporciona materia orgánica, palió las variaciones de temperatura y humedad y disminuye la incidencia de plagas. Su utilización continuada ha permitido recuperar para el cultivo parcelas que habían perdido buena parte del suelo arable, hecho que pudo ser observado y documentado en una explotación localizada en *Linha 7 de Setembro*.

En los suelos arcillosos de la cuenca, el golpeteo directo de las gotas de lluvia sobre el suelo facilita la formación de una película superficial compactada e impermeable que dificulta la infiltración y favorece la escorrentía. Los arropes atenúan considerablemente estos efectos además de mejorar la estructura de los suelos por el aporte de materia orgánica y hacerlos más resistentes al arroyamiento.

#### 4.2.6. La labranza de contorno.

Arar y plantar acompañando el trazado de las curvas de nivel sobre las pendientes inferiores a 2% o formando ángulos agudos con las mismas cuando son mayores, obstaculiza el arroyamiento difuso y se constituye en una de las prácticas más elementales de conservación.

El sistema, bastante eficaz en la zona de piedemonte, tiene escaso efecto en las laderas serranas. La difícil mecanización de las parcelas situadas en ellas obliga a realizar la labranza de contorno con tracción animal y, por tanto, con muy escasa precisión. Cuando la pendiente lo permite, una yunta de bueyes tira del arado; si la pendiente es mayor, la tracción es realizada

por un sólo animal pues los declives fuertes impiden mantenerse en equilibrio a una pareja de bovinos.

En la zona llana donde las parcelas acostumbran a ser mayores y siempre que los recursos de los agricultores lo permiten, la labranza de contorno se realiza con tractores.

#### 4.3. El cultivo del tabaco.

La importancia económica y espacial que el tabaco adquiere en el conjunto de la cuenca estudiada justifica describir su proceso de cultivo, cosecha y secado.

##### 4.3.1. El proceso de cultivo.

El tabaco cultivado corresponde a variedades selectas (*Virginia* y *Amarelinho*), destinadas a la fabricación de cigarrillos y conocidas como *fumo estufa*. Las variedades de *fumo de corda* son aquí muy poco significativas y las de *fumo galpão*, para fabricar cigarros-puros, se cultivan en el Estado brasileño de Bahía.

Las labores de preparación del suelo antes de la plantar suponen la incorporación de correctores de acidez (*calagem*), arar y abonar la tierra y levantar los caballones.

La *calagem* incorpora a los suelos compuestos de calcio que corrigen su natural acidez, disminuyen las concentraciones tóxicas de aluminio y favorecen la vida microbiana que descompone la materia orgánica liberando nitrógeno, fósforo y azufre. Los correctivos más utilizados son compuestos calcíticos de  $\text{CO}_3$  (contienen 45% de Ca O) y dolomíticos de  $\text{Ca CO}_3$  y  $\text{Mg CO}_3$  (20 a 40% de Ca O y 10 a 20% de Mg O). La cantidad incorporada por hectárea varía entre 5.000 y 6.000 kg., dependiendo del pH del suelo.

La aplicación se realiza en una o dos veces, labrando en profundidad, entre 60 y 90 días antes de plantar. A medio plazo, la adición anual de carbonatos acaba empobreciendo los suelos si no se acompaña de suficiente reposición de materia orgánica.

El labrado posterior de la tierra tiene como finalidad enterrar los restos de cultivos anteriores y romper las capas compactadas del suelo conocidas como *pé de arado*. La profundidad de la reja nunca es inferior a 25 cm. y debe variar cada año para evitar la compactación que se ve agravada por el exceso de humedad. El número de pasadas de arado depende del tipo de suelo y la cantidad de restos vegetales que se precisa enterrar.

Antes de proceder al abonado se pasa la rastra o *grade* para deshacer los terrones y uniformizar la superficie. Si se utiliza tractor la rastra es sustituida por una grada de discos.

El abonado de base, realizado antes de levantar los caballones sobre los que se trasplantará el tabaco, proporciona a los suelos nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes cuya proporción

respectiva es de 10, 18 y 20%. En cada hectárea se adicionan, aproximadamente, 500 kg. de abono NPK.

Finalmente, se trazan y levantan los caballones con ayuda del arado o del *ailerador* de tracción animal o mecánica. Si son suelos bien drenados los caballones son bajos y anchos para evitar pérdidas de humedad; en suelos con mal drenaje, son altos y estrechos a fin de producir el efecto contrario.

Las labores relacionadas a los cuidados de la plantación comprenden el trasplante, las pasadas de cultivador, los abonados de cobertura, la *capação* y el desbrote y la aplicación de plaguicidas y pesticidas.

El tabaco que se trasplanta ha debido permanecer en planteros de 45 a 60 días, período en el que necesita numerosos cuidados con sustancias esterilizantes del suelo y coberturas protectoras del sol, viento y heladas.

El plantío se inicia en la parte más alta de las parcelas donde la menor fertilidad del suelo retrasará su crecimiento. Al realizar esta tarea, los agricultores procuran evitar las horas de sol intenso, los días con viento y los suelos encharcados tras la lluvia.

Dependiendo de la intensidad y frecuencia de las lluvias y del desarrollo de las yerbas dañinas, durante el período de crecimiento es necesario pasar el cultivador tantas veces cuantas necesarias para romper la costra superficial endurecida y eliminar las invasoras, lo cual supone recomponer los caballones tras las pasadas de cultivador. Las invasoras que crecen sobre los caballones son arrancadas manualmente con ayuda de azada.

También en este período se aplican tres abonados de cobertura con salitre de Chile para completar las necesidades de nitrógeno y potasio. La primera aplicación tiene lugar entre 15 y 20 días después del trasplante y las posteriores a intervalos de 15 días. Según las condiciones de cada suelo, se aplican de nuevo 300 a 400 kg. de abono de cobertura por hectárea, depositado en los surcos entre caballones e incorporado con el cultivador.

Cuando a las plantas les crece la inflorescencia terminal, se procede a su retirada manual para favorecer el vigor de las hojas. Es la labor denominada *capação*. Además, es necesario eliminar los brotes que crecen en cada intersección de las hojas con el tallo, brotes que se reproducen tres veces. El primer desbrote se realiza manualmente cuando su tamaño alcanza un máximo de 8 cm.; posteriormente, se pulverizan antibrotantes a base de alcoholes grasos de gran toxicidad para evitar los rebrotes. Esta labor se realiza en la época de mayor calor estival y sin que los agricultores se protejan con mascarillas y guantes.

Dada la gran sensibilidad que la planta de tabaco tiene a contraer enfermedades o verse afectada por plagas en condiciones de calor y humedad elevados, la aplicación de pesticidas y plaguicidas es una práctica necesaria, aunque de alto impacto ambiental, ya que los residuos tóxicos arrastrados por las aguas de arroyada contaminan pozos, fuentes y ríos. Sin embargo, los propios campesinos pueden fabricar controladores biológicos de plagas a partir de las hojas del tabaco que no son utilizados debido a las exigencias impuestas por las empresas tabaqueras.



Las principales plagas que atacan a raíces y tallos son: *lagarta rosca* (*Agrotis ipsilon*), *verme arame* (*Conoderus ssp.*), *vaquinha* (*Diabrotica speciosa*), *tripes* (*Thrips tabaci*), *nematoides* (*Meloidogyne ssp.*). Son plagas de las hojas: *marandová* (*Manduca sexta paphus*), *coró* (*Faustinus cubae*), *pulga do fumo* (*Epitrix ssp.*), *percevejo frade* (*Corecoris dentriventris*), *pulgões* (*Macrosiphum euphorbiae* y *Myzus persicae*), *percevejo verde* (*Nezara viridula*), *minador da folha* (*Gnrimoschema opercubella*), *gafanhoto verde* (*Aecanthus nigricornis quadripunctatus*) y *vaquinha* (*Gryllotapa hexadactyla*).

Las enfermedades que afectan al tallo son: *fusorriase*, causada por el hongo *Phytophthera nicotinae*; *murcha bacteriana*, debida a la bacteria *Pseudomonas solanacerum*, y *caule oco*, originada por la bacteria *Erwinia aroideae*. Las enfermedades de las hojas son: *olho de rã*, derivada del hongo *Cercospora nicotinae*; *mancha marron*, causada por el hongo *Alternaria ssp.*; *fogo selvagem*, debida a la bacteria *Pseudomonas tabaci*; *mosaico*, originada por el virus *TMV*, y *vira cabeça*, causada por el virus *TSMV*. Son enfermedades de las raíces: *podridão negra*, producida por el hongo *Thielaviopsis basicola*, y *podridão marrom*, por el nematoides *Pratylenchus ssp.*

Con la finalidad de tener una idea proximada de la cantidad de agentes tóxicos utilizados anualmente en cada cosecha, se recabaron informaciones con los campesinos e ingeniros agrónomos que trabajan en la región. Para conocer el grado de toxicidad de dichos agentes se contrastaron las informaciones con las recomendaciones del Ministerio de Agricultura brasileño. Es importante hacer constar que las toxicidades atribuidas a los productos por dicho organismo no siempre concuerdan con las de países de mayores niveles de desarrollo y que productos ya prohibidos en éstos, todavía no lo son en Brasil.

Se llegó a estimar que en una explotación que dedique 1,8 hectáreas a cultivar tabaco, se aplican anualmente: 5 latas de *Brometo de Metila*, esterilizador del suelo de alta toxicidad; 300 gramos de *Thiabendazole*, fungicida de baja toxicidad; 40 gramos de *Metaldeido*, antimoluscos de baja toxicidad; 800 gramos de *Mancozeb*, fungicida poco tóxico; 12 kilogramos de *Carbaryl*, insecticida poco tóxico; 1,5 litros de *Flumetali*, antibrotante medianamente tóxico, y 1,5 kilogramos de *Carbofuran*, insecticida y nematicida altamente tóxico.

#### 4.3.2. La cosecha.

La maduración del tabaco está influenciada por varios factores: condiciones climáticas, tipo de suelo, época en que se realiza el trasplante, abonos aplicados, variedad cultivada, enfermedades y plagas que afectan al crecimiento, así como la época en que se procede a la *capação* y al desbrote.

Dependiendo de los factores mencionados, la maduración se produce entre 60 y 80 días después del trasplante. Las temperaturas elevadas y las lluvias frecuentes disminuyen el período de maduración, mientras que bajas temperaturas y lluvias escasas retrasan la cosecha. Sobre suelos ácidos, pobres en fósforo y con exceso de materia orgánica, el tabaco tarda más en estar maduro; los suelos mal drenados aceleran el crecimiento. Cuanto más tarde se realiza el trasplante, más rápido es el desarrollo e inferior la calidad. Los abonados insuficientes anticipan la cosecha; exceso

de nitrógeno, deficiencia de fósforo y abonados de cobertura aplicados con retraso retardan la maduración. Las enfermedades y plagas pueden ocasionar la anticipación de la cosecha a fin de evitar pérdidas de producción mayores. Si la *capação* y el desbrote se retrasan, la maduración se acelera pero las hojas se desarrollan menos.

Una planta de tabaco produce de 12 a 22 hojas que comienzan a madurar por el pié del tallo. En general, cada planta posee 5 hojas *baixeiras*, de 6 a 7 *semimeeiras*, entre 7 y 8 *meeiras* y 5 *ponteiras*, con un ritmo de maduración de 2 a 4 hojas por semana, lo que obliga a cosechar manualmente con intervalos de 7 días.

#### 4.3.3. El secado.

Tras cada recolección, las hojas se atan en pares, hasta tres si son pequeñas, y se fijan en dos hileras paralelas sobre las varas que han de permanecer en el secadero o estufa. Cada vara admite de 120 a 150 hojas. Este proceso exige un mínimo de tres personas trabajando simultáneamente.

La estufa tiene como función curar y secar el tabaco. Funciona a base de leña cuya combustión calienta el aire que circula en unos caños situados junto al suelo. El aire del interior de la estufa, calentado en contacto con los caños, asciende entre las hojas absorbiendo su humedad y sale por unas aberturas practicadas en el tejado.

Una vez seco, se procede a la clasificación de hojas por calidades y al enfardado, dejándolo en condiciones de ser transportado a las industrias transformadoras.

#### 4.4. La maquinaria agrícola.

El grado de mecanización de la agricultura en la cuenca estudiada es muy bajo. En la mayor parte de las explotaciones se aplica la tracción animal, de forma que, como ya fue comentado, la yunta de bueyes es la principal ayuda en las labores agrícolas. Las razas bovinas más utilizadas son las que permiten un aprovechamiento combinado de trabajo, carne y leche, como las Scheyz, Caracu, Guzerá y cruces con zebuinos.

La maquinaria de tracción animal comprende: arados de *aiveca*, fijos o reversibles; arado cavador, utilizado para abrir surcos profundos en terrenos con raíces o troncos; grada de dientes y de discos, usada para nivelar y acamar los rastrojos; surcador, para abrir surcos de escasa profundidad que orienten el plantío, y cultivador o *escarificador* de cinco picos, utilizado para airear el suelo, controlar la proliferación de invasoras y enterrar raíces. Es también muy frecuente el uso de sembradoras y abonadoras manuales llamadas popularmente *matracas*.

La accidentada topografía de la zona serrana y la escasa capacidad financiera de buena parte de los agricultores reduce el uso de la mecanización a las zonas más llanas y a las explotaciones de tamaño unitario mayor.

La tracción mecánica es poco significativa, 1,2 tractores por km<sup>2</sup> de superficie labrada (Figura 49), y el 57% de los tractores tienen menos de 50 CV. La utilización de cosechadoras,

0,14 unidades por km<sup>2</sup> de superficie labrada, se reduce a las plantaciones de arroz irrigado y a las parcelas mayores cultivadas con maíz y soja en el piedemonte más meridional.

## CONCLUSIONES

La estructura agraria de la cuenca del río Pardinho condiciona en buena medida las prácticas agrícolas que en ella se realizan.

El policultivo es el sistema más generalizado. Se plasma espacialmente en un mosaico de pequeñas parcelas, con usos diferentes, dentro de cada explotación y en el conjunto de las laderas. Las explotaciones que no producen tabaco poseen mayor diversificación de cultivos, parcelas con dimensiones unitarias mayores y una ganadería más expresiva, además de conservar mejor las manchas de bosque.

La cobertura vegetal diversificada, característica del policultivo, ofrece a los suelos un grado de protección que varía mucho a lo largo del año entre las diferentes parcelas agrícolas. El ciclo biológico de los cultivos de verano dominantes en la cuenca, deja desprotegidos los suelos durante buena parte del año. El laboreo de las parcelas en invierno y primavera se une a la falta de protección en estas épocas.

La estructura foliar de los principales cultivos de verano (maíz y tabaco) favorece la concentración de las aguas pluviales en el pie de las plantas y el desarrollo de procesos de erosión hídrica relacionados con los fuertes aguaceros estivales.

Los caminos de acceso a las parcelas son un factor erosivo adicional por concentrar las aguas de arroyada facilitando el desarrollo de surcos profundos en las laderas.

Los sistemas de cultivo practicados son: barbecho en *capoeira*, cultivos promiscuos, rotación de cultivos, cultivos en franjas, arropes vegetales y labranza de contorno. De todos ellos el barbecho en *capoeira* y la labranza de contorno son los más generalizados.

El cultivo del tabaco adquiere una considerable significación geomorfológica dada su relación con la quema de *capoeiras*, nuevas roturaciones, frecuencia de labores de remoción del suelo y su exigencia en fertilizantes y agrotóxicos.

La agricultura está muy poco mecanizada. La tracción mecánica y el uso de instrumentos pesados que puedan contribuir a compactar los suelos y favorecer el arroyamiento, se limita a las parcelas mayores del llano y del piedemonte. La utilización de tracción animal y maquinaria leve aminora estos efectos en las laderas de la zona serrana.

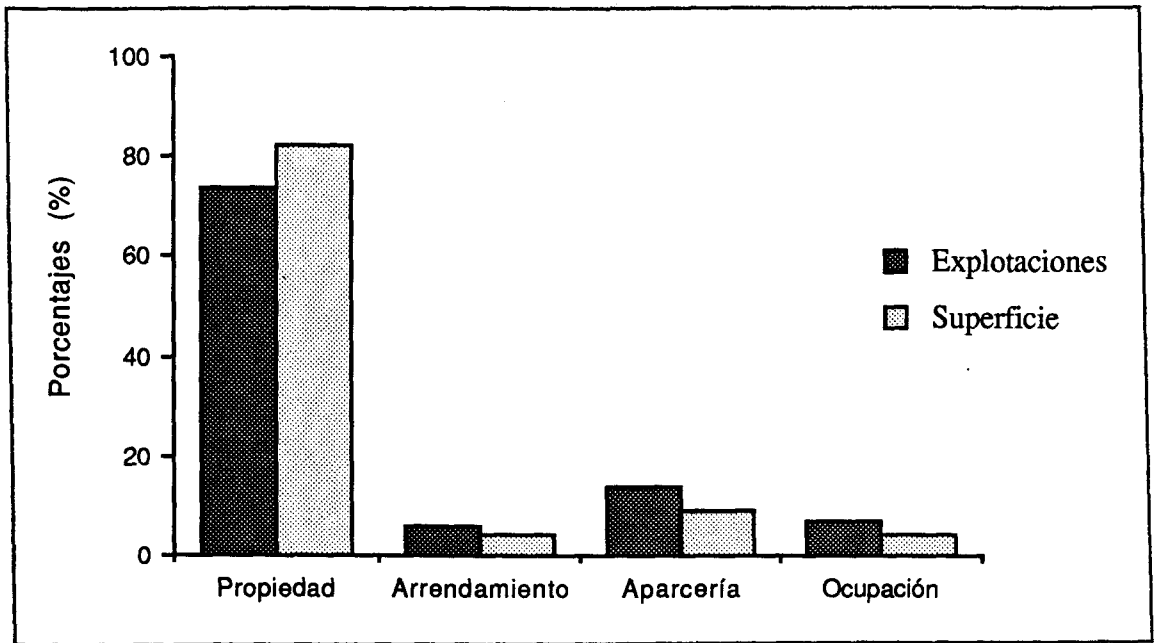


Figura 33. Regímenes de tenencia de la tierra en la cuenca del río Pardo, 1.985.

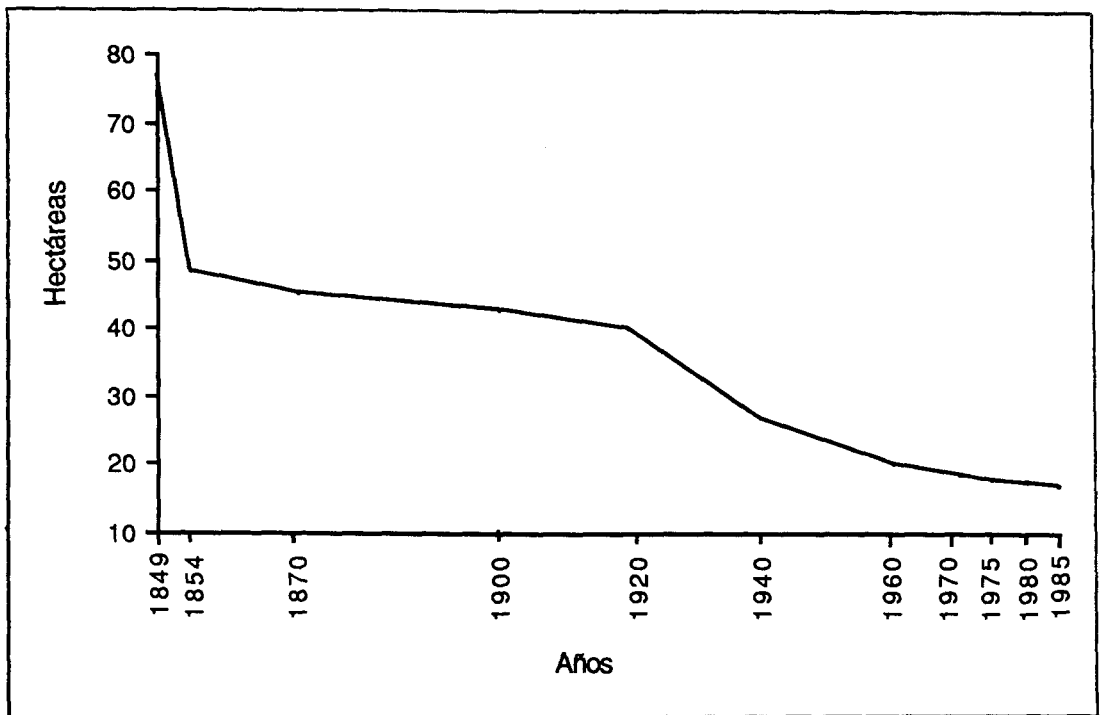


Figura 34. Evolución de la dimensión media de las explotaciones agrarias en la cuenca del río Pardo, 1.849 a 1.985.

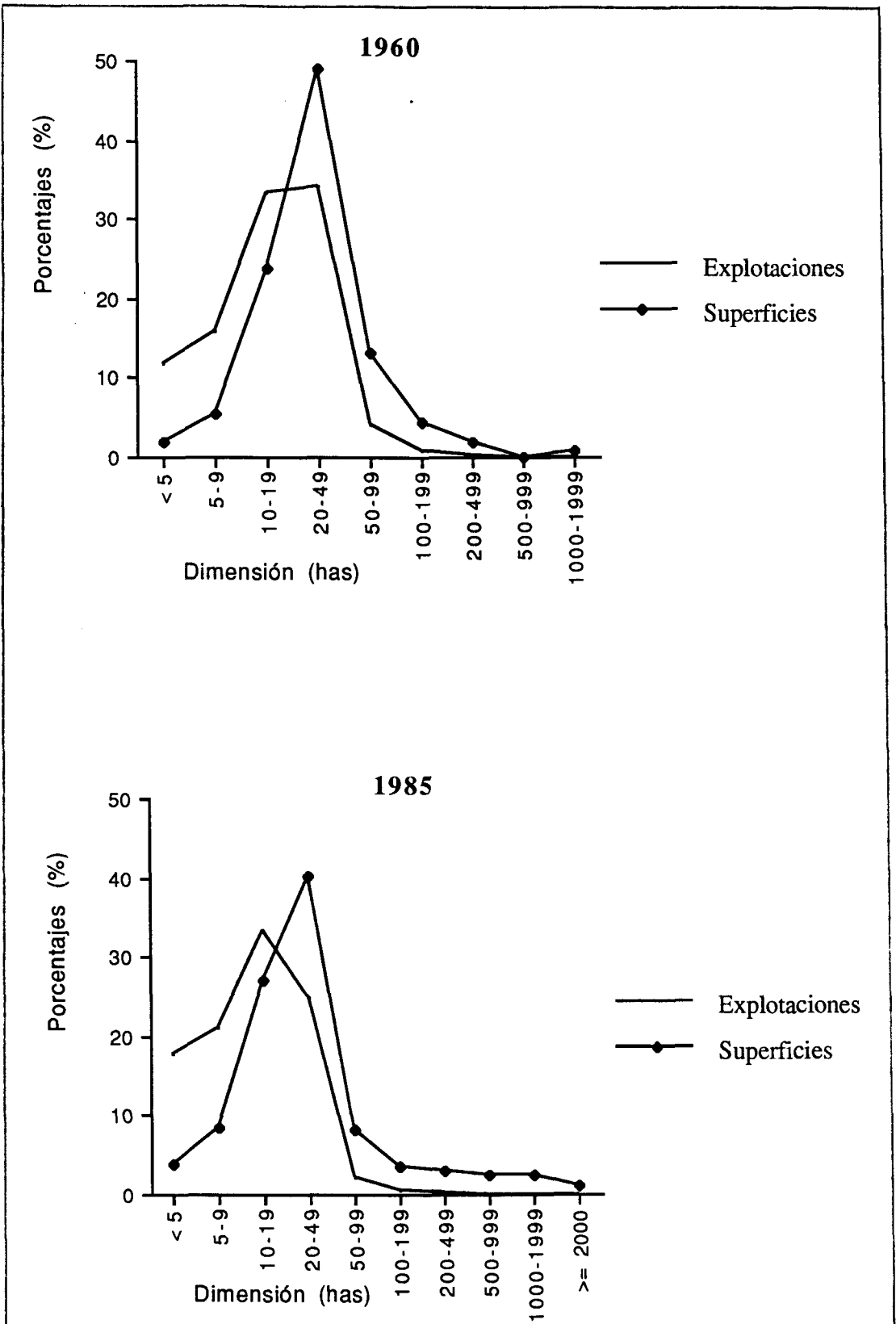


Figura 35. Distribución de explotaciones y superficie, por dimensiones de explotación, en la cuenca del río Pardino, 1.960 y 1.985.

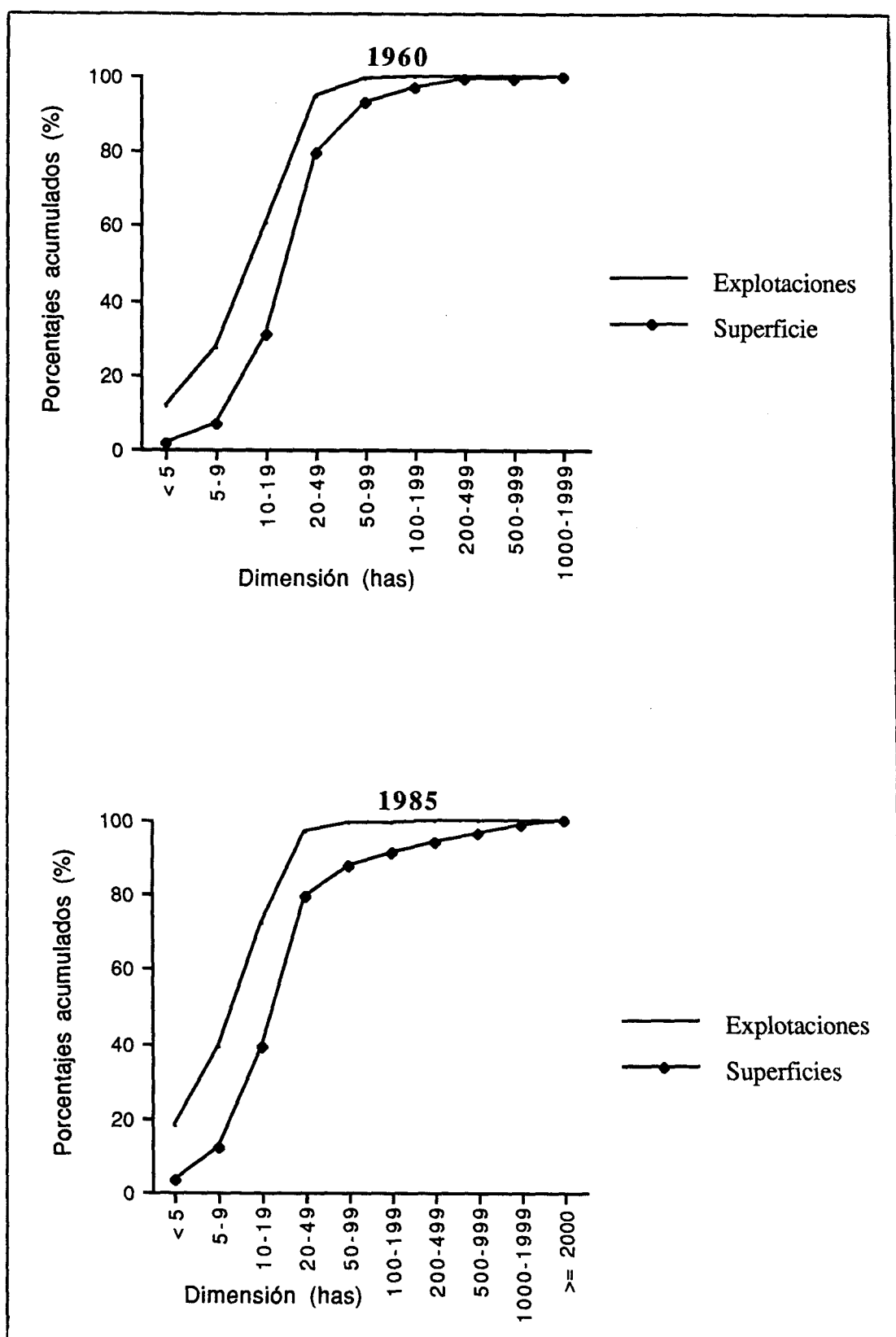


Figura 36. Porcentajes acumulados de explotaciones y superficie, por dimensiones de explotación, en la cuenca del río Pardiniho, 1.960 y 1.985.

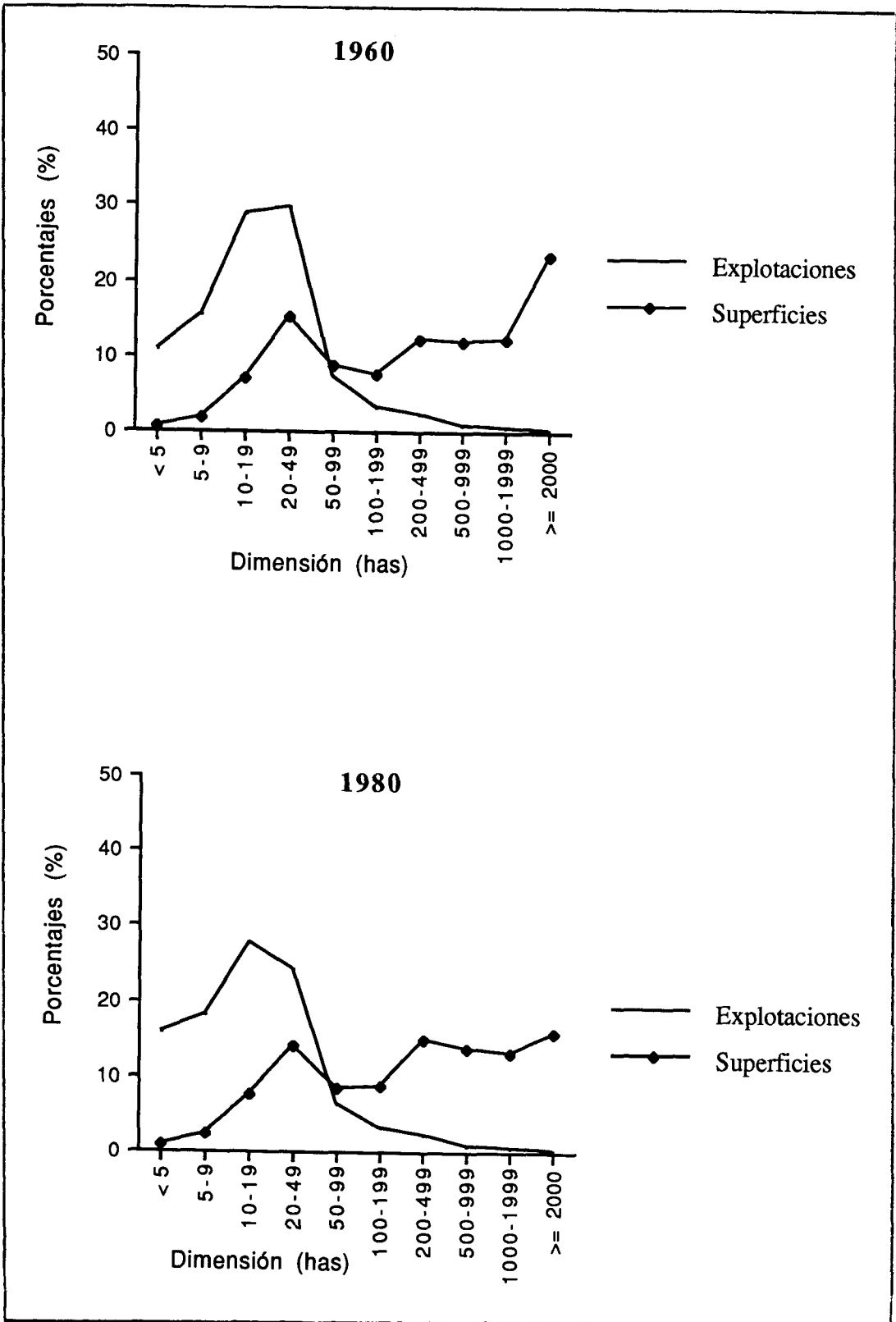


Figura 37. Distribución de explotaciones y superficie, por dimensiones de explotación, en Rio Grande do Sul, 1.960 y 1.980.

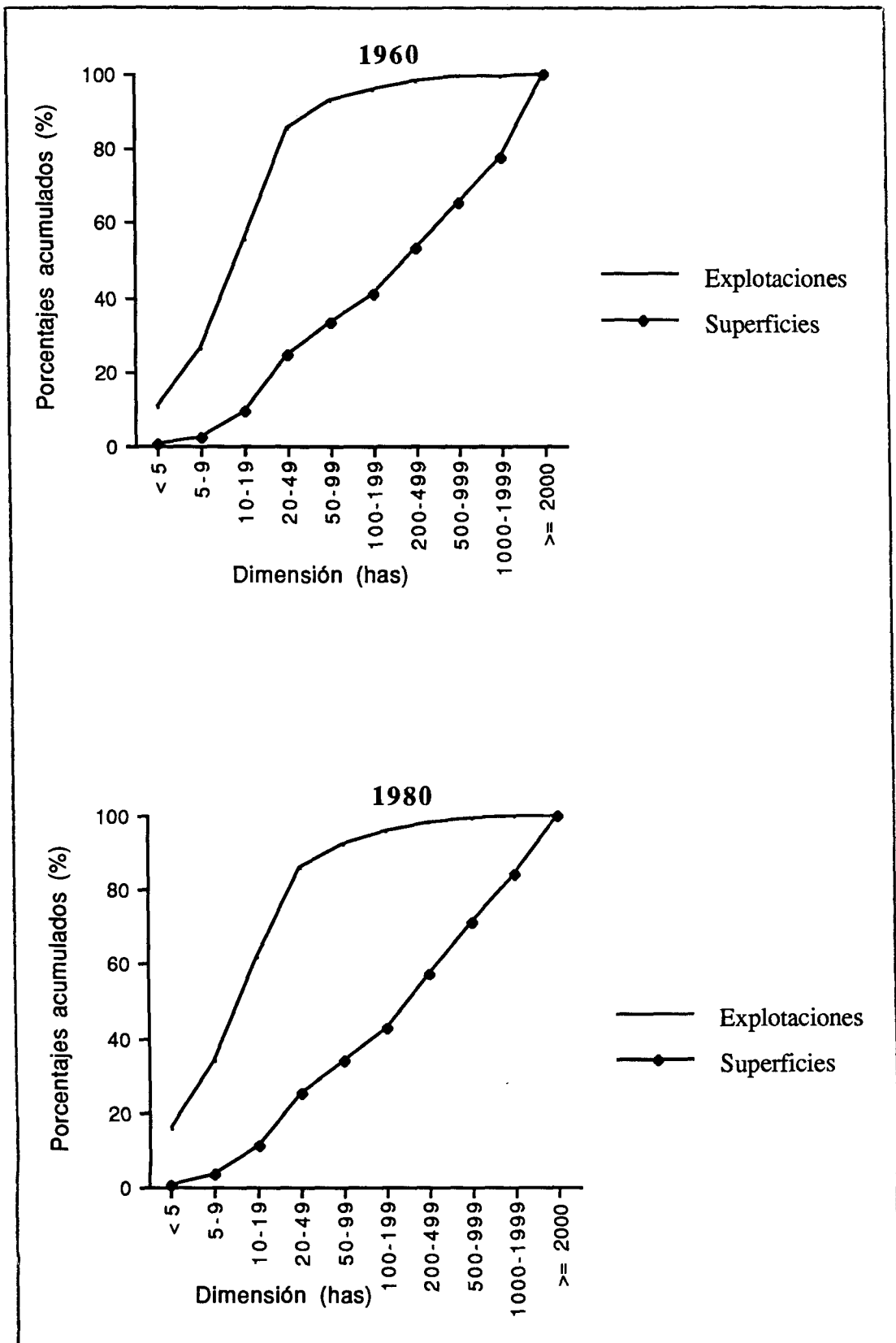


Figura 38. Porcentajes acumulados de distribución de explotaciones y superficie, por dimensiones de explotación, en Rio Grande do Sul, 1.960 y 1.980.



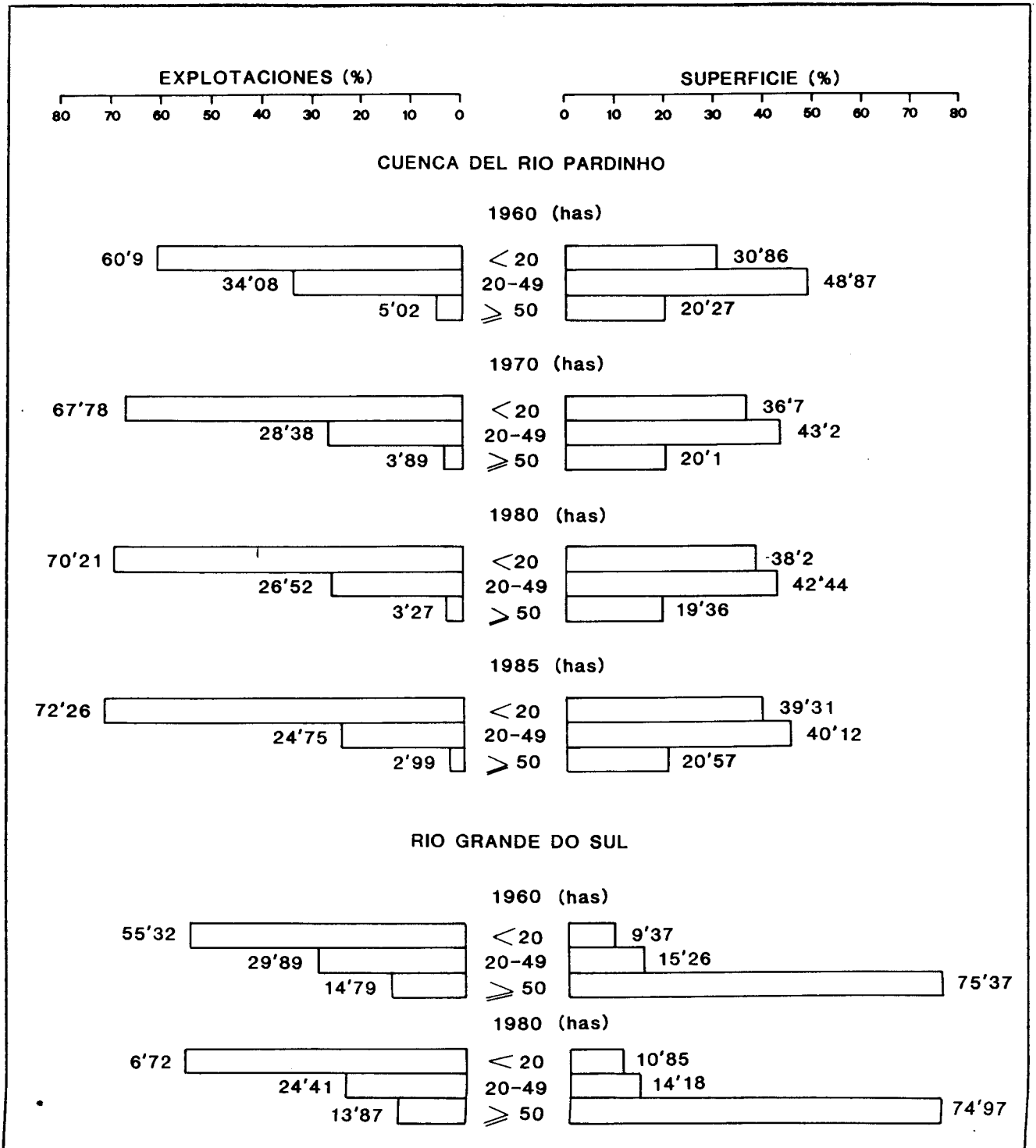


Figura 39. Distribución de explotaciones y superficie por estratos de dimensión de explotaciones. Cuenca del río Pardinho (1960, 1970, 1980 y 1985) y Río Grande do Sul (1960 y 1980).

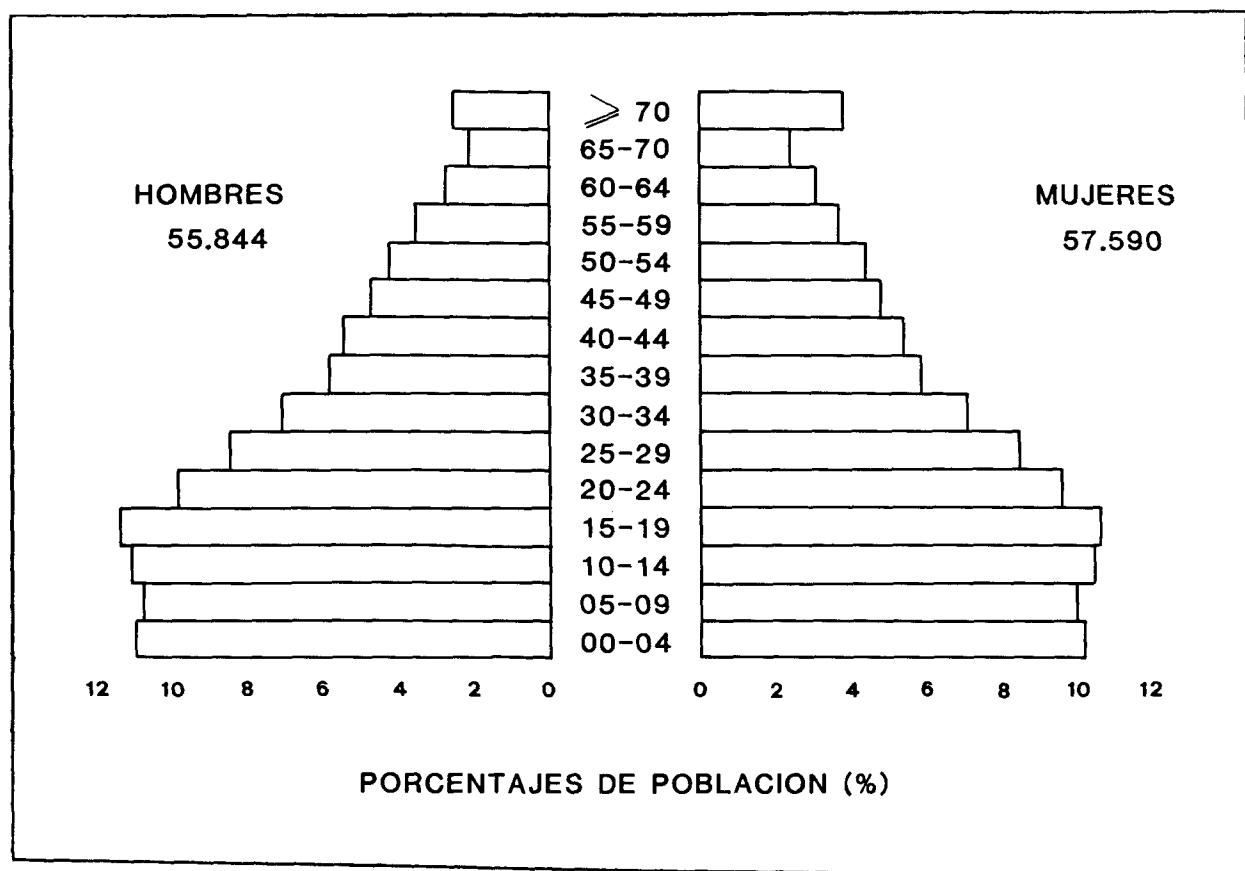


Figura 40. Distribución por edades de la población residente en los municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1.980.

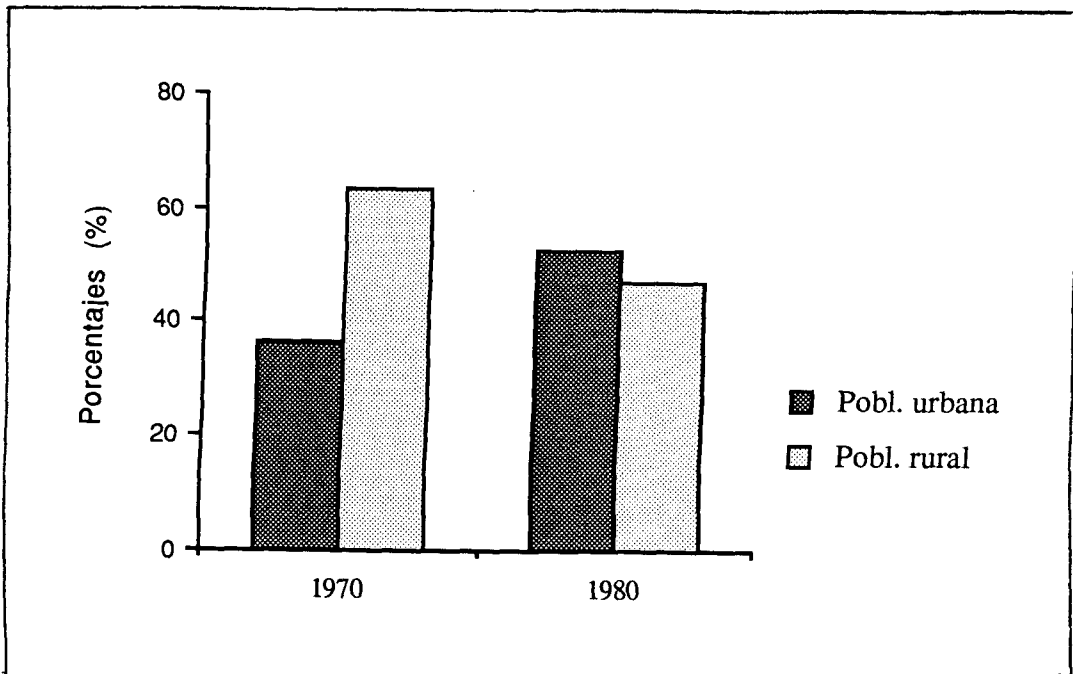


Figura 41. Evolución de las poblaciones urbana y rural en los municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1.970 a 1.980.

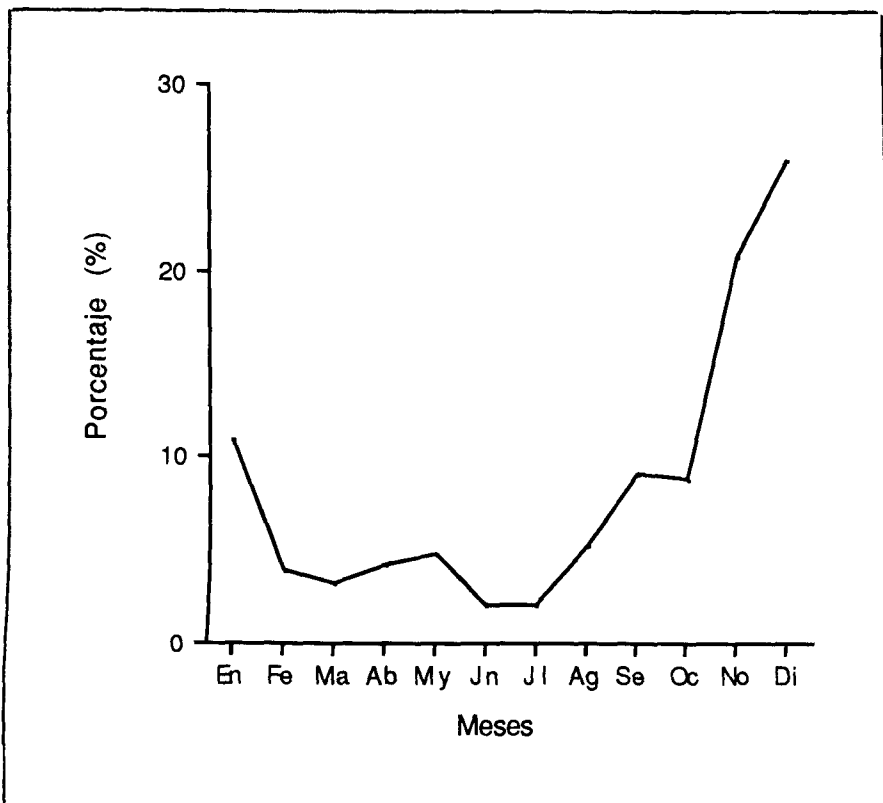


Figura 42. Empleo temporario en actividades agrarias en los municipios de Vera Cruz y Sta. Cruz do Sul, 1.980.

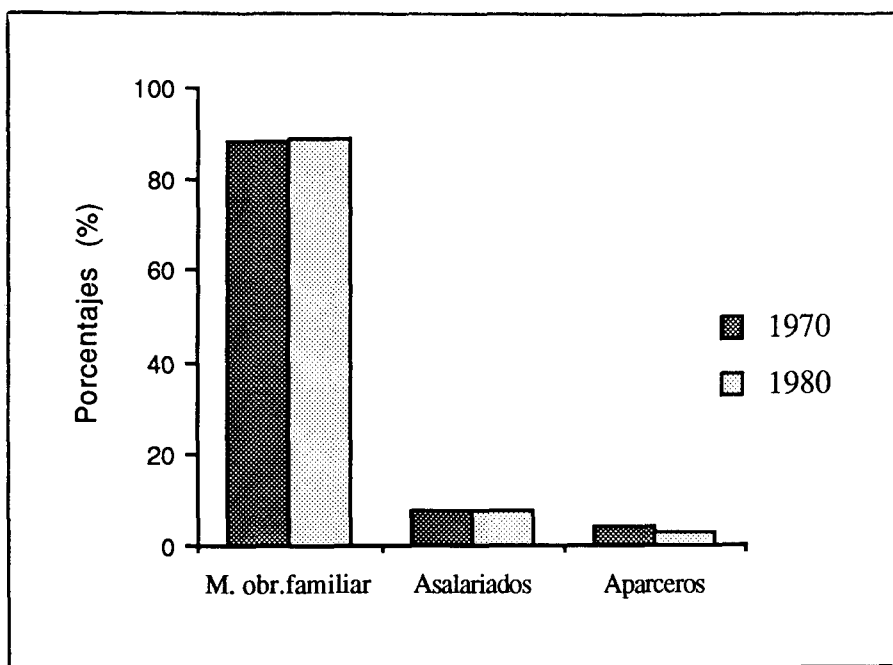


Figura 43. Población ocupada en actividades agrarias, por categorías de ocupación, municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1.970 y 1.980.

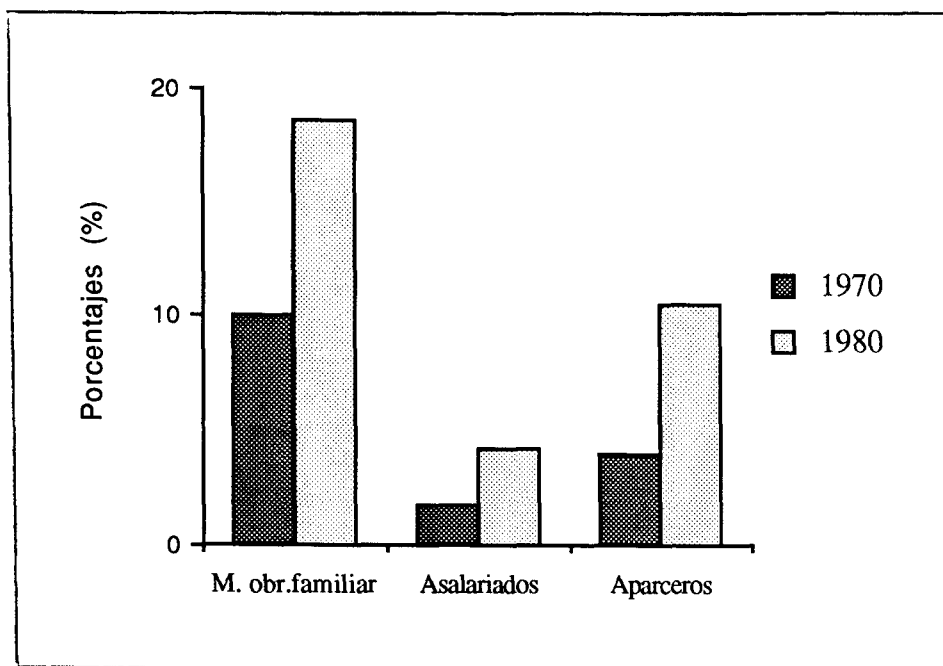


Figura 44. Población con menos de 14 años de edad, ocupada en actividades agrarias, en los municipios de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, 1970 y 1.980.

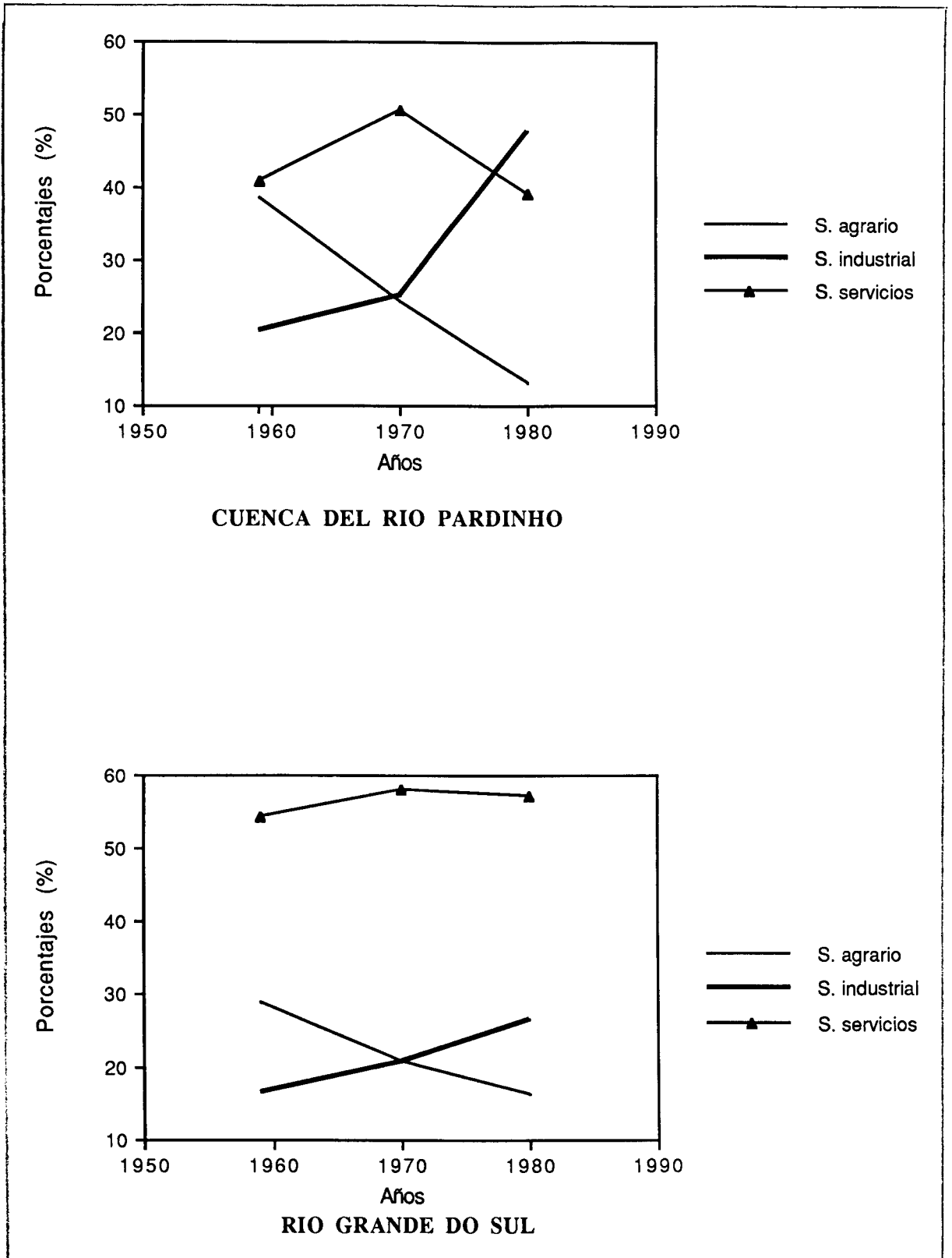


Figura 45. Evolución de la participación de los sectores económicos en el valor total de la producción. Cuenca del río Pardinho y Rio Grande do Sul, 1.959 y 1.980.

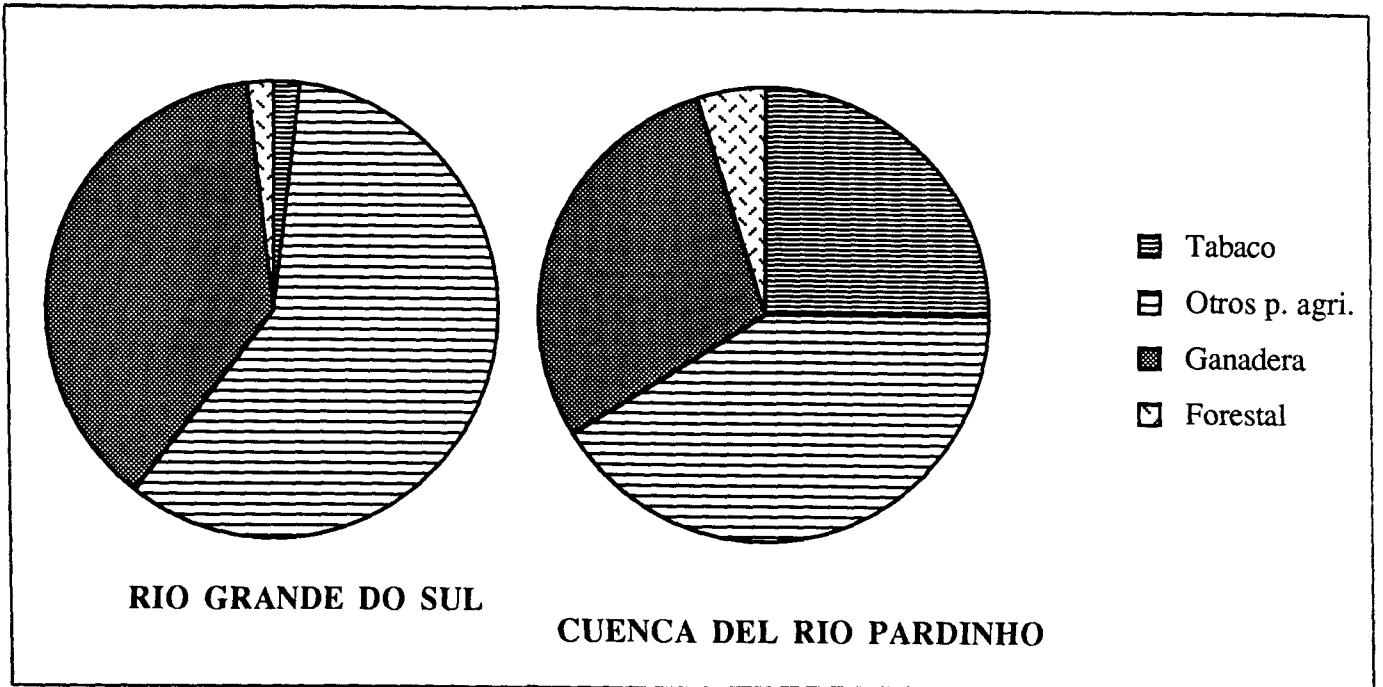


Figura 46. Participación de las producciones agrícola, ganadera y forestal en el valor total de la producción agraria. Cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul, 1.980.

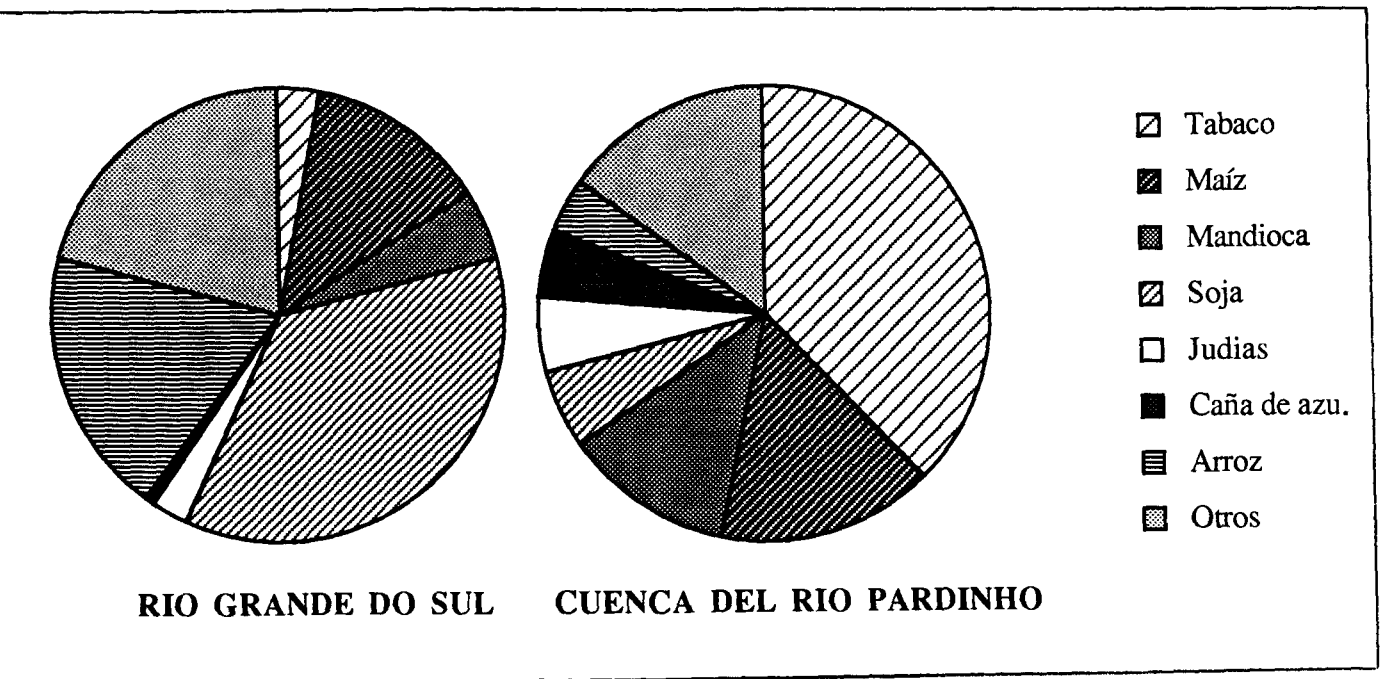


Figura 47. Composición del valor de la producción agrícola en la cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul, 1.980.

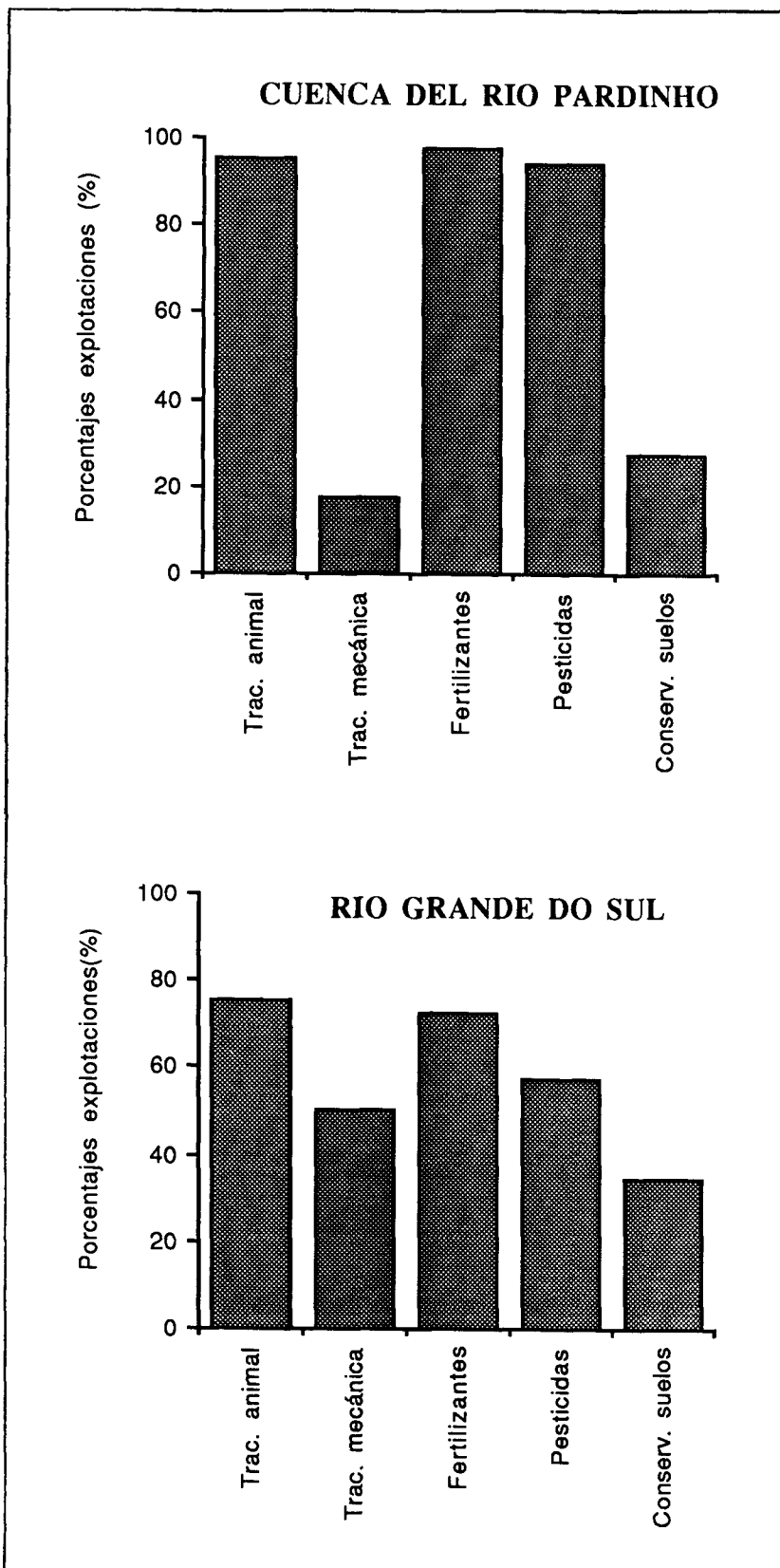


Figura 48. Estructura tecnológica agraria en la cuenca del río Pardo y Rio Grande do Sul, 1.980.

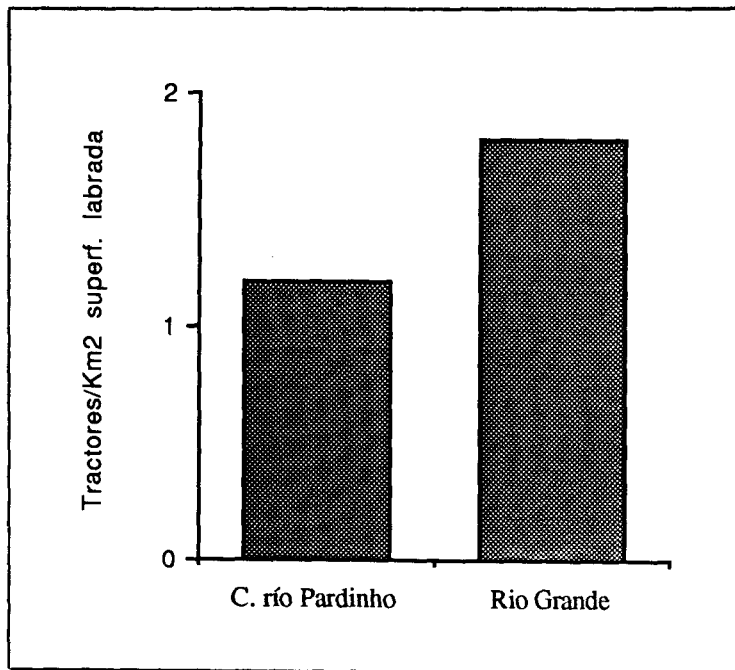


Figura 49. Índices de tractorización en la cuenca del río Pardino y Rio Grande do Sul, 1.980.



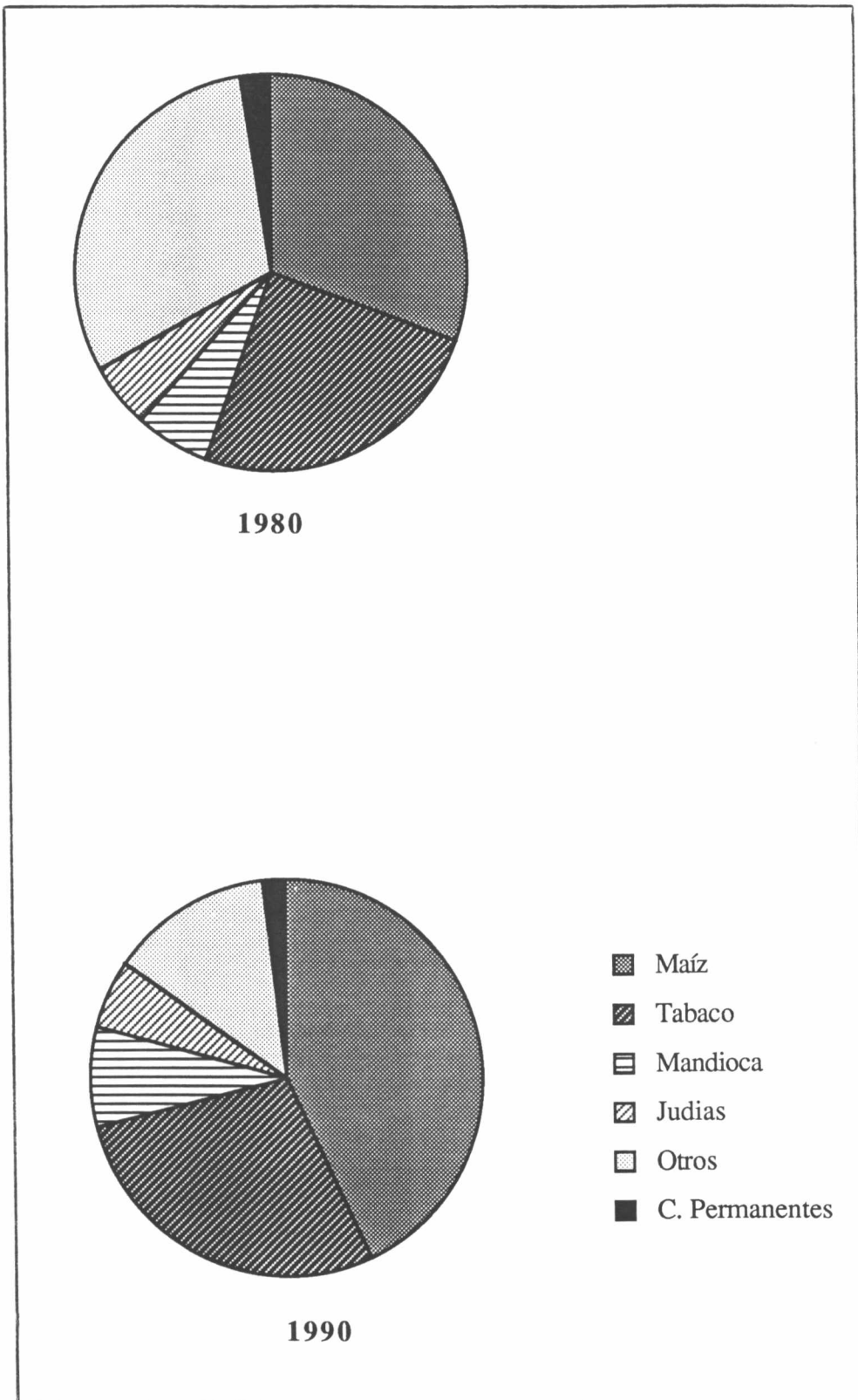


Figura 50. Superficies dedicadas a cultivos permanentes y temporarios en la cuenca del río Pardiniho, 1.980 y 1.990.

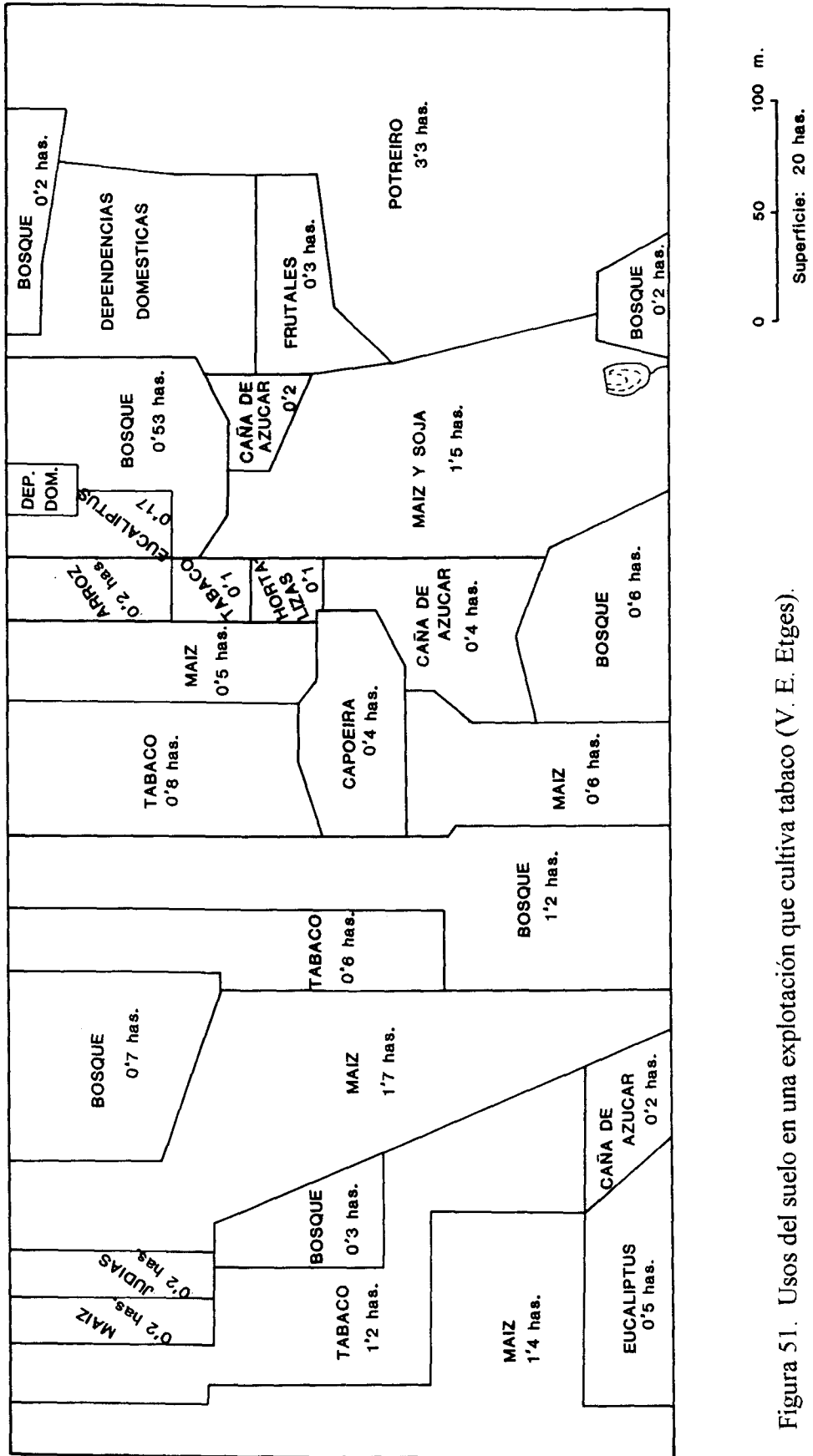


Figura 51. Usos del suelo en una explotación que cultiva tabaco (V. E. Etges).

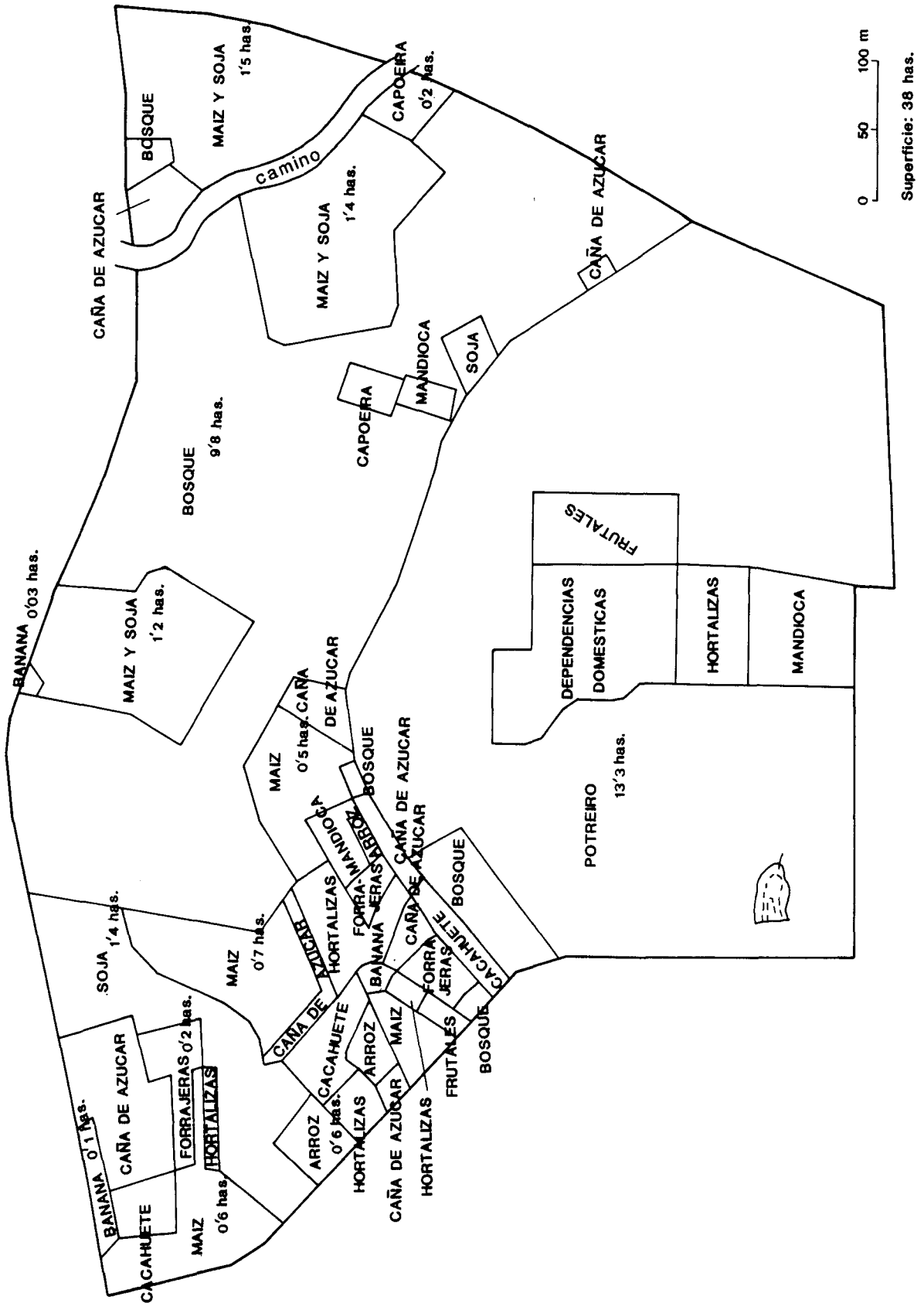


Figura 52. Usos del suelo en una explotación que no cultiva tabaco (V. E. Etges).

## Capítulo III. LA DINÁMICA MORFOGENÉTICA: MATERIALES Y FLUJOS

### 1. LA RESPUESTA LITOLÓGICA

La respuesta de los materiales rocosos a los procesos de esculturación varía sensiblemente en función de las propiedades geomorfológicas de las diferentes litologías presentes en la cuenca estudiada y de su dispositivo litofacial.

El aspecto tabular de las superficies culminantes, las vertientes escalonadas, los valles estrechos, profundos y rectilíneos de la zona serrana reflejan la mayor resistencia relativa de los materiales volcánicos a los procesos de modelado areolar, su acusada sensibilidad a los procesos de incisión lineal en las líneas de debilidad tectónica y la disposición horizontal de las coladas de lava. Las formas colinares del piedemonte, los amplios intrefluvios y sus vertientes cóncavo-convexas atestiguan la presencia de un sustrato sensible a los procesos areolares y con escasa capacidad de respuesta a la disecación fluvial. Los relieves invertidos de conformación horizontal de la zona llana, incipientemente disecados, indican la mayor resistencia de los materiales detríticos más antiguos (terrazas altas) de origen fluvial. Las formas menores de incisión lineal asociadas con movimientos de masa, características de las áreas de piedemonte, ponen de manifiesto la alta sensibilidad de los materiales coluviales inconsolidados ante los procesos de erosión hídrica.

Utilizando como criterios de diferenciación la morfología de la red hidrográfica, las pendientes del terreno y los procesos de modelado más evidentes, se han clasificado las litologías del sustrato y las formaciones superficiales en cuatro niveles de resistencia relativa: muy resistentes, medianamente resistentes, medianamente deleznales y muy deleznales.

#### 1.1. Materiales muy resistentes.

La mayor resistencia a los procesos de esculturación la ofrecen los basaltos, andesitas y vidrios cretácicos, litologías sobre las que han sido modeladas las formas de relieve más vigorosas de la zona serrana. Son materiales de gran dureza, intensamente diaclasados y fracturados por una red de juntas y planos de debilidad tectónica que imponen un patrón rectangular a la red hidrográfica.

En relación al conjunto de la cuenca, la densidad de drenaje en el área serrana es de tipo medio (1,4 a 1,8 km/km<sup>2</sup>).

Sobre los basaltos se desarrollan laderas con pendientes superiores a 40%, siendo frecuentes los escarpes y paredes de gran verticalidad. El encajamiento de los cauces ha modelado valles estrechos con vertientes de perfil rectilíneo o escalonado. Los perfiles longitudinales de los cauces tienen fuertes gradientes y aparecen interrumpidos por cascadas, rápidos y umbrales rocosos. El diaclasamiento columnar que afecta a los basaltos favorece la infiltración y el

desarrollo de procesos de meteorización química. Las vertientes están tapizadas por un manto de regolita residual, con espesor variable según las pendientes, integrado por arcilla roja y fragmentos esferoidales de roca alterada con dimensiones centimétricas y decimétricas.

Las andesitas y los vidrios limitan su expresión superficial al afloramiento de diques y sills. Su composición y estructura mineralógica les confiere una gran dureza; son materiales macizos y poco sensibles a la descomposición.

## 1.2. Materiales medianamente resistentes.

Riolitas cretáceas, areniscas eólicas juracretácicas y antiguos aluviones cuaternarios se comportan como materiales de mediana resistencia litológica.

a) Sobre las litofacies volcánicas se han modelado las divisorias planas o alomadas de la cabecera de la cuenca. La red hidrográfica sufre también el control de la malla de fallas y fracturas que afecta a todo el paquete volcánico, sin embargo, el condicionamiento estructural se limita a orientar el trazado de los cursos altos sin imponer un patrón rectangular a la red cuya configuración se asemeja más a la de un patrón subdendrítico.

La densidad de drenaje alcanza el valor más elevado de toda la cuenca ( $2 \text{ km/km}^2$ ). El escaso encajamiento de la red hidrográfica ha permitido conservar una topografía de lomas suaves con pendientes siempre inferiores a 20%.

El elevado contenido de sílice de las riolitas, el diaclasamiento a que están sometidas y su disposición horizontal en superficies culminantes han facilitado la actuación de procesos de meteorización química profunda bajo condiciones de temperatura y humedad elevadas. La regolita residual está constituida por arenas y arcillas blanquecinas con abundantes fragmentos angulosos de roca muy alterada. La frecuencia de lagunas y áreas pantanosas (*banhados*) son un efecto de la escasa permeabilidad de los materiales de alteración. Los principales procesos de esculturación son de tipo areolar y están relacionados con arroyada difusa y laminar.

Los basaltos infrayacentes, dotados de mayor resistencia relativa, parecen actuar como sustrato mantenedor de las riolitas en las superficies culminantes de la cuenca.

b) Las areniscas eólicas juracretácicas tienen escasa expresión superficial y sus afloramientos se reducen a estrechas fajas horizontales en laderas de la cuenca media, sobre las que originan pendientes de 10 a 20%.

Cuando están sanas estas areniscas cuarcíferas son poco sensibles a la alteración química debido a su fina granulometría, homogeneidad en el tamaño de los granos y escasa solubilidad de los cementos silíceos y férricos. No obstante, la red de diaclasas que las fragmenta y la posición estratigráfica que ocupan, entre los basaltos fracturados suprayacentes y los limos arcillosos impermeables infrayacentes, ocasiona una imbibición permanente de agua que favorece su pérdida de cohesión y estados avanzados de arenización. Son litologías muy sensibles a procesos de deslizamiento que inestabilizan las bajas laderas de la cuenca media.

c) Los depósitos fluviales más antiguos están constituidos por fragmentos heterométricos de basalto y arenisca, redondeados o aplanados por el rodamiento, vidrios, cuarzos y calcedonias fragmentadas o en geodas centimétricas y decimétricas, englobados en una matriz limo arenosa de color rojo vivo.

Parecen corresponder a niveles altos de terrazas que se han conservado tras un proceso de inversión topográfica, configurando en la actualidad las divisorias de aguas del extremo meridional de la cuenca.<sup>1</sup>

La mediana resistencia relativa de estos materiales detríticos podría deberse a una antigua consolidación ferruginosa bajo condiciones climáticas con alternancia de períodos secos y húmedos. La humidificación posterior del clima pudo detener el proceso e incrementar la escorrentía superficial contribuyendo a su parcial desmantelamiento.

### 1.3. Materiales medianamente deleznable.

Sobre los limos arcillosos triásicos y jurásicos se han modelado las formas colinares del piedemonte. La red hidrográfica adopta un patrón dendrídico, la densidad de drenaje alcanza el valor más bajo de la cuenca (1,3 km/km<sup>2</sup>) y las pendientes varían entre 2 y 10%.

Las propiedades geomorfológicas de estos materiales homogéneos y plásticos favorecen la evolución rápida de las vertientes por procesos de arroyada laminar y difusa. Las formas derivadas de este tipo de modelado son colinas alargadas de escasa altitud relativa y con vertientes convexas (*coxilhas*), separadas por amplios valles de fondo plano (*sangas*). En las laderas con mayor declive son frecuentes los movimientos de masa relacionados a procesos solifluidales.

### 1.4. Materiales muy deleznable.

Las litologías con menor resistencia relativa ante los procesos de esculturación son acumulaciones cuaternarias recientes, de origen coluvial y aluvial, constituidas por arenas y limos inconsolidados.

a) Coluviones arenosos y limosos de color pardo tapizan las laderas de las colinas modeladas sobre los limos arcillosos del sustrato en el interfluvio meridional izquierdo de la cuenca. La red hidrográfica adquiere un patrón dendrídico y una densidad de tipo medio (1,4 km/km<sup>2</sup>). Las pendientes varían de 2 a 5%.

El intenso flujo hipodérmico que afecta a estos materiales contribuye al desarrollo de *voçorocas*<sup>2</sup> en las laderas convexas de las colinas. *Voçorocas* y cabeceras activas de barrancos son formas de incisión lineal, combinadas con movimientos de masa activos, que poseen una extraordinaria capacidad erosiva.

<sup>1</sup> Véase el capítulo IV, apartado 3.2.2.

<sup>2</sup> Véase el capítulo IV, apartado 4.3.

b) Aluviones arenosos, limos y arcillas forman los depósitos de superficie de la planicie de acumulación del río Pardino. Su posición topográfica y las pendientes inferiores al 2% contribuyen a su conservación. No obstante, son materiales fácilmente afectados por desplomes en las márgenes del canal de estiaje por zapamiento basal de las aguas y cambios de presión hidrostática debidos a las frecuentes variaciones de caudal.

## CONCLUSIONES

En el modelado del edificio litológico de la cuenca estudiada, dos factores adquieren importancia relevante: la alternancia vertical de las litologías y su respuesta diferenciada a los procesos de alteración y esculturación. Dispositivo litofacial y resistencia relativa se expresan en un paisaje marcado por el contraste de formas entre la zona serrana y el llano.

Las diferencias de naturaleza y textura entre los materiales sedimentarios y detríticos de la zona llana y los materiales volcánicos de la sierra, ocasionan sensibles variaciones en el desarrollo de las formaciones superficiales de alteración que condicionan la infiltración y los procesos de transporte, y en la importancia adquirida por el drenaje superficial o subterráneo.

La combinación de naturaleza y textura litológica determinan, a su vez, las características de una disecación muy diferenciada sobre los diferentes materiales.

A partir de las morfologías presentadas por la red hidrográfica, las pendientes del terreno y la diferente respuesta a los procesos de modelado, las litologías del sustrato y las formaciones superficiales de acumulación se han clasificado en cuatro niveles de resistencia relativa:

- materiales muy resistentes: basaltos, andesitas y vidrios cretácicos;
- materiales medianamente resistentes: riolitas cretáceas, areniscas eólicas juracretácicas y antiguos aluviones cuaternarios;
- materiales medianamente deleznales: limos arcillosos triásicos y jurásicos;
- materiales muy deleznales: coluviones y aluviones cuaternarios recientes e inconsolidados.

## 2. LA ESCORRENTÍA

La morfodinámica de un sistema cuenca vertiente viene determinada por un flujo de materia (agua y detritos) y energía (velocidad de los flujos) cuya intensidad varía, temporal y espacialmente, en función de las disponibilidades hídricas y de las propiedades que caracterizan a las superficies de avenamiento.

Los procesos hídricos de denudación y acumulación desempeñan un papel esencial en el modelado de las formas de relieve de la cuenca estudiada dada la humedad del clima y presencia constante de agua en el suelo durante todo el año. La movilización de la escorrentía en los diferentes sectores topográficos depende de la energía del relieve que favorece o inhibe la velocidad de los flujos, condicionando la modalidad e intensidad de los procesos y, consecuentemente, la génesis y evolución de las formas de modelado.

### 2.1. El balance de escorrentía del río Pardinho.

El principal colector de la cuenca nace a 620 m. de altitud y alcanza la cota de 100 m. a los 32 km. de su recorrido. En este tramo inicial, la acusada pendiente media de su perfil longitudinal (1,62%) contribuye a excavar las gargantas serranas (Figura 53).

Entre la cota de 100 m. y el aforo de Santa Cruz do Sul, 47 km. de recorrido, la pendiente media disminuye a 0,25%, posibilitando la definición de una planicie de acumulación que se amplía hacia el sur a medida que el río pierde capacidad de transporte. La colmatación del valle, aguas abajo de Santa Cruz do Sul, reduce la pendiente a 0,07% y origina un espeso manto aluvial en el que se inscribe el canal de estiaje meandriforme del río.

La configuración topográfica de las cabeceras del río Pardinho y sus principales afluentes (río Pequeno y arroyos Pintado, Marcondes, Cerro da Mula y Urubé) favorece la pluviometría por el efecto orográfico y dinamiza las escorrentías sobre los acentuados declives de las vertientes desforestadas y en los perfiles longitudinales de los cauces.

En la cuenca no hay sistemas de regulación ni captaciones importantes que alteren los caudales, por lo que el régimen fluvial deberá reflejar el régimen pluvial y acompañar el ritmo del balance hídrico.

Los datos referentes a los caudales registrados en el aforo de Santa Cruz do Sul que concentra el avenamiento de 786 km<sup>2</sup> (73% de la superficie total) y los aportes de los principales tributarios, corresponde a una serie de 22 años comprendidos entre 1.940 y 1.979, período en el que debieron deshecharse 18 años con registros incompletos. La inexistencia de estaciones de aforo aguas arriba y abajo del considerado, impiden analizar las variaciones de caudal a lo largo de la trayectoria del río.



El módulo absoluto anual que revela la abundancia media, es de 15,4 m<sup>3</sup>/s, y la aportación hídrica por unidad de superficie avenada corresponde a un módulo específico de 19,6 l/s/km<sup>2</sup> (Tabla 19).

TABLA 19  
CAUDALES MENSUALES MEDIOS DEL RÍO PARDINHO  
AFORO DE SANTA CRUZ DO SUL

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Módulo absoluto (Q = m <sup>3</sup> /s)	6,4	8,2	9,5	8,8	11,5	21,3	24,9	24,8	24,2	20,8	13,4	11,2	15,4
Módulo específico (q = l/s/km <sup>2</sup> )	8,2	10,5	12,1	11,2	14,7	27,2	31,8	31,6	30,9	26,5	17,1	14,3	19,6
Desviación típica de Q.	6,1	8,9	7,3	7,8	10,6	11,2	15,2	12,6	17,0	15,8	12,6	10,0	4,7
Coefi. variación de Q en %	95,5	108,7	77,7	88,5	91,9	52,6	61,0	50,6	70,1	76,2	93,4	89,4	30,5

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del DNAEE.

La lámina de agua circulada (H) o precipitación circulada, calculada por la fórmula:

$$H = \frac{q(1/s/km^2) \times 86.400 \times 365,25}{10^6} = q \times 31,557$$

en la que (q) es el módulo específico anual de 19,6 l/s/km<sup>2</sup>, corresponde a 618,5 mm. anuales.

El coeficiente de escorrentía (c) que relaciona la precipitación circulada (H) con la

precipitación total anual (P) a través de la fórmula:  $C = \frac{H}{P} = \frac{q \times 31,557}{P(mm)}$

en la que (H) vale 618,5 mm. y (P) 1.545 mm., corresponde a 0,40, es decir, que la precipitación anual circulada en la cuenca equivale al 40% de la precipitación anual total.

De los valores de estos parámetros se deduce que el agua no aportada directamente al flujo superficial, determinada sustrayendo el valor de (H) del valor correspondiente a (P), alcanza los 926,5 mm. correspondientes al 60% de (P). Es importante observar que el flujo hídrico superficial se nutre también con las aguas infiltradas a través de los flujos subsuperficiales y aportes directos del nivel freático hacia el cauce.

El río Pardino presenta una irregularidad interanual de 3,98 m<sup>3</sup>/s, resultado de dividir el mayor módulo absoluto de la serie analizada (25,3 m<sup>3</sup>/s en 1.966) por el módulo menor (6,4 m<sup>3</sup>/s en 1.968). La irregularidad intraanual es de 3,89 m<sup>3</sup>/s (módulo absoluto del mes de julio dividido por el correspondiente al mes de enero), con una desviación típica de 4,7 y un coeficiente de variación de 30,5% (Tabla 19).

El ritmo anual de las aguas que expresa las variaciones estacionales de los caudales absolutos mensuales en relación al caudal absoluto anual (Figura 54), presenta aguas altas de junio a octubre y aguas bajas de noviembre a mayo. Los coeficientes más elevados de julio, agosto y septiembre reflejan el exceso de agua disponible durante estos meses en que la ETP es menos acentuada. Los bajos coeficientes de enero y febrero coinciden con los períodos de utilización y recarga en los que la ETP alcanza los valores máximos.

Las curvas de frecuencia de los caudales absolutos mensuales (Figura 55) muestran los caudales alcanzados cada mes con frecuencias del 90, 75, 50, 25 y 5%, definiendo con mayor precisión las variaciones en el ritmo anual de las aguas del río. Como puede observarse, el contraste es máximo en primavera y mínimo en verano.

TABLA 20

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ALCANZADOS O SOBREPASADOS POR EL RÍO PARDINHO  
AFORO DE SANTA CRUZ DO SUL

Frecuencias	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
90 %	2	1	2	2	2	5	6	13	3	3	2	2
75 %	2	1	4	2	4	11	10	17	14	7	4	4
50 %	4	4	8	7	6	23	25	24	18	16	10	8
25 %	6	11	11	13	20	31	35	32	35	29	17	12
5 %	20	25	24	24	32	37	46	46	54	46	35	31

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de DNAEE.

Por no existir registros de caudales referidos a períodos diarios, no se puede estimar la importancia de las crecidas invernales que son un fenómeno común en el curso bajo del río Pardino. La mayor intensidad de las lluvias en esta estación, la configuración de la cabecera de la cuenca, la deforestación de las vertientes, el predominio de suelos con horizontes arcillosos, etc., son factores que contribuyen, directa o indirectamente, a elevar el coeficiente de escorrentía y disminuir los períodos de concentración.

## 2.2. La movilización de la escorrentía.

La capacidad de movilización de la escorrentía está estrechamente relacionada con las propiedades superficiales y con la energía del relieve de las áreas avenadas que intervienen favoreciendo o inhibiendo la velocidad de los flujos, condicionando la modalidad e intensidad de los procesos de ablación y acumulación y determinando la génesis y evolución de las formas por procesos hídricos.

Partiendo del supuesto de que las condiciones que determinan la dinámica de la escorrentía y los procesos de modelado son diferentes en la sierra y en el llano, se han calculado parámetros de superficie e hipsométricos en seis subcuencas que se consideran representativas de los diferentes sectores topográficos en que ha sido compartimentada la cuenca estudiada.<sup>1</sup>

Dado que los parámetros han sido calculados a partir del mapa topográfico 1:50.000, sus valores no reflejan con exactitud el comportamiento real de las propiedades que se pretende caracterizar. La escala es demasiado pequeña para obtener medidas fieles a las que corresponden en el terreno además de omitir frecuentes informaciones sobre cauces de primer orden. Por estas razones, los resultados alcanzados deben considerarse como una aproximación a la realidad.

Con la finalidad de ilustrar gráficamente la energía del relieve de cada subcuenca, se han confeccionado mapas detallados de pendientes (Figuras 56 a 61) y perfiles topográficos transversales (Figura 62).

### 2.2.1. Las superficies de avenamiento.

Las superficies de las cuencas vertientes interceptan las precipitaciones y aportan agua y derrubios a los cauces fluviales encargados de transportar los flujos fuera del área de avenamiento. Las dimensiones de estas superficies están relacionadas con el orden que corresponde al colector principal en la jerarquía de la red hidrográfica.

De modo general, las formas que adoptan las superficies dependen de factores estructurales: litológicos y tectónicos. Los índices de circularidad ( $I_c$ ) que relacionan las áreas de las cuencas con las de círculos de igual perímetro, dan idea de sus formas; cuanto menores son los valores, es decir, cuanto más se aleja la forma de una cuenca de la de un círculo, menor es el control estructural y más homogéneos son los materiales y viceversa. Así, un  $I_c$  igual a la unidad correspondería a una cuenca exactamente circular.

Relacionando las longitudes de los cauces con las áreas de las cuencas, las densidades de drenaje ( $D_d$ ) expresan el avenamiento canalizado por unidad de superficie y pueden constituir un indicador indirecto de la mayor o menor importancia adquirida por la infiltración. Otra forma de expresar el mismo fenómeno son los coeficientes de manutención ( $C_m = 1/D_d$ ) que indican el área mínima necesaria para mantener un kilómetro de canal. Ambos indicadores pueden relacionarse con la naturaleza de los materiales.

<sup>1</sup> La localización de las seis subcuencas aparece indicada en el Mapa 5: Red hidrográfica.

TABLA 21

## PARÁMETROS SUPERFICIALES DE SEIS SUBCUENCAS SELECCIONADAS

Subcuencas	Área (km <sup>2</sup> )	Ic	Dd (km/km <sup>2</sup> )	Cm (km <sup>2</sup> /km)
Sinimbuzinho	22,0	0,69	2,0	0,50
Pintado	33,0	0,45	1,7	1,59
Marcondes	64,0	0,51	1,8	1,56
Linha Sta. Cruz	6,5	0,57	1,4	0,71
Chagas	9,0	0,67	1,3	0,77
Manoelito	22,0	0,57	1,4	0,71

Fuente: Elaboración propia a partir del mapa topográfico 1:50.000.

A fin de realizar comparaciones entre los parámetros de las subcuencas, se han calculado las medias aritméticas y desviaciones típicas de las series de valores. A continuación se han clasificado los valores en tres clases a las que se denomina: inferior, media y superior. La clase inferior incluye los valores inferiores a la media de la serie menos una desviación típica; la clase media incluye los valores entre la media menos y más una desviación típica; la clase superior incluye los valores superiores a la media más una desviación típica.

Clases	Ic	Dd	Cm
Inferior	A. Pintado	A. Chagas	A. Sinimbuzinho
Media	A. Marcondes A. L. Sta. Cruz A. Manoelito	A. Pintado A. Marcondes A. L. Sta. Cruz A. Manoelito	A. L. Sta. Cruz A. Chagas A. Manoelito
Superior	A. Sinimbuzinho A. Chagas	A. Sinimbuzinho	A. Pintado A. Marcondes

La subcuenca del arroyo Sinimbuzinho expresa las características superficiales de la cabecera de la cuenca estudiada (sector II). La combinación de Ic y Dd en la clase superior con Cm en la clase inferior, puede relacionarse a la mayor homogeneidad y menor capacidad de infiltración de los materiales litológicos, al menos en lo que a las formaciones superficiales de alteración se refiere.

Las subcuencas de los arroyos Pintado y Marcondes son bien representativas del sector serrano más vigoroso (sector I). Se caracterizan por Ic inferiores y medios, Dd medias y Cm superiores. Los índices de circularidad indican el mayor control estructural ejercido por los materiales del sustrato y la tectónica de fallamiento, control que condiciona también las densidades de drenaje e impide considerarlas como indicadores de la capacidad de infiltración.

La subcuenca del arroyo Linha Santa Cruz, localizada en el extremo meridional serrano (sector II), presenta valores medios en los tres parámetros que, en relación al conjunto de la cuenca, son indicadores una litología medianamente homogénea y un control estructural menos acusado.

Las subcuencas de los arroyos Chagas y Manoelito, localizadas en la zona llana (sectores IV y V), poseen  $I_c$  superiores y medios,  $D_d$  medias e inferiores y  $C_m$  medios, indicadores de litologías bastante homogéneas y capacidades de infiltración mayores que la cabecera de la cuenca aunque inferiores a las serranas.

Exceptuando el área correspondiente al sector II, la zona serrana es más propicia a la infiltración profunda por el diaclasamiento y fracturación de los materiales muy resistentes del sustrato y el escaso espesor de las formaciones superficiales de alteración; sin embargo, las escorrentías superficiales están favorecidas por la fuerte energía del relieve que propicia el encajamiento de los cauces y procesos de arrastre en las vertientes. En la zona llana, la escasa capacidad de infiltración profunda debida a la impermeabilidad de los materiales arcillosos del sustrato, posibilita la imbibición de las formaciones superficiales favoreciendo los flujos hipodérmicos y dinamizando movimientos de masa que se constituyen en importantes agentes de alteración morfológica sobre las laderas.

### 2.2.2. La energía del relieve.

La dimensión de la magnitud vertical del paisaje expresada por el relieve, puede caracterizarse por parámetros que cuantifican su energía y se constituyen en indicadores directos de la velocidad de la escorrentía e indirectos de la intensidad de los procesos de denudación, transporte y acumulación.

Los valores relativos de los intervalos de altitud relacionados con los valores relativos de las áreas comprendidas en dichos intervalos, permiten confeccionar curvas hipsométricas (Figura 63) que, además de expresar gráficamente la distribución de las masas rocosas existentes en cada intervalo de altitud, posibilitan el cálculo de integrales hipsométricas ( $I_h$ ) que cuantifican la importancia del volumen rocoso teóricamente posible de ser removido en el conjunto de una cuenca.

Los índices de rugosidad ( $I_r$ ) expresan la combinación entre las características de las vertientes (pendiente y longitud) y la densidad de drenaje, siendo indicadores de texturas de relieve más o menos groseras o finas. En el caso de la cuenca estudiada donde las densidades de drenaje de las subcuencas no presentan grandes variaciones y pueden caracterizarse como groseras, los índices de rugosidad vienen determinados por las características de las vertientes y, consecuentemente, pueden considerarse como indicadores directos de la energía del relieve y de la velocidad de los flujos.

Los encajamientos medios de los cauces, calculados a partir de la media aritmética de los encajamientos unitarios, constituyen también indicadores del vigor del relieve. Cuanto mayor sea el encajamiento mayores serán las pendientes y las longitudes de las vertientes y, por tanto, más

propicias serán las condiciones para que los flujos de escorrentía alcancen velocidades importantes.

TABLA 22

## PARÁMETROS HIPSOMÉTRICOS DE SEIS SUBCUENCAS SELECCIONADAS

Subcuencas	Altitud (m)		Amplitud altim. (m)	Ih	Altitud relativa media (m)	Ir	Encajamiento medio (m)
	máxima	mínima					
Sinimbuzinho	700	480	220	0,54	118,8	440,0	80
Pintado	665	180	485	0,75	363,7	824,5	160
Marcondes	640	100	540	0,63	340,2	972,0	202
Linha Sta. Cruz	260	120	140	0,66	92,4	196,0	30
Chagas	95	20	75	0,47	35,2	97,5	35
Manoelito	100	26	74	0,39	28,9	103,6	32

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía topográfica 1:50.000.

- Altitud máxima: media aritmética de los diez puntos más elevados de la subcuenca. Altitud mínima: menor altitud de la subcuenca. Amplitud altimétrica: diferencia entre altitud máxima y mínima. Ih: calculado a partir de la curva hipsométrica. Altitud relativa media: producto de la amplitud altimétrica por la integral hipsométrica. Ir: producto de la amplitud altimétrica por la densidad de drenaje. Encajamiento medio de los cauces: media aritmética de los encajamientos medidos en perfiles transversales a los valles.

Las áreas con menor energía de relieve dificultan el avenamiento, posibilitando la conservación de la humedad, la descomposición litológica y el desarrollo de espesos mantos de alteración. Los relieves más vigorosos propician la escorrentía superficial y la actuación de procesos de denudación y evacuación de detritos.

Clases	Integral hipsométrica	Altitud relativa media	Índice de rugosidad	Encajamiento medio cauces
Inferior	A. Manoelito A. Chagas	A. Manoelito A. Chagas	A. Manoelito A. Chagas	A. Manoelito A. L. Sta. Cruz
Media	A. Sinimbuzinho A. Marcondes	A. Sinimbuzinho A. L. Sta. Cruz	A. Sinimbuzinho A. L. Sta. Cruz	A. Sinimbuzinho A. Chagas
Superior	A. L. Sta. Cruz A. Pintado	A. Marcondes A. Pintado	A. Marcondes A. Pintado	A. Marcondes A. Pintado

Con la finalidad de realizar comparaciones entre los diferentes parámetros de las subcuencas se han clasificado los valores de las series en tres clases: inferior, media y superior. Dado que las amplitudes máximas entre los valores son elevadas, la media aritmética y la desviación típica no son estadísticos apropiados para definir las clases, por lo que se ha optado por separar los valores utilizando la mediana de cada serie. Se incluyen en la clase inferior los dos

valores menores de cada serie, en la clase media los dos valores centrales y en la clase superior los dos valores más elevados.

Las subcuencas de los arroyos Chagas y Manoelito (sectores IV y V) presentan los parámetros inferiores de toda la cuenca; tan sólo la del arroyo Chagas clasifica el encajamiento medio de sus cauces en la clase media. Generalizando para el conjunto del llano, puede afirmarse que este compartimento topográfico es el que posee menor energía de relieve por lo que el avenamiento y la velocidad de los flujos se ven dificultados, inhibiéndose los procesos de disecación y transporte fluvial y favoreciéndose los procesos deposicionales.

Los valores más elevados corresponden a las subcuencas de los arroyos Pintado y Marcondes (sector I). La fuerte energía del relieve facilita la velocidad de las escorrentías, la actuación de procesos denudativos en las vertientes y de incisión lineal y transporte a lo largo de los cauces fluviales.

Las subcuencas de los arroyos Sinimbuzinho y Linha Santa Cruz (sectores II y III) expresan una energía de relieve intermedia, por lo que tanto la velocidad de los flujos como los procesos de modelado con ella relacionados adquirirán una intensidad moderada.

## CONCLUSIONES

El balance de escorrentía canalizada por el río Pardinho parece reflejar con bastante aproximación el balance hídrico de su cuenca. La aportación hídrica anual por unidad de tiempo y superficie avenada es elevada, sin embargo, su ritmo no es uniforme a lo largo del año. Los meses de junio a noviembre presentan valores elevados de aportación, siempre superiores a  $15 \text{ l/s/km}^2$ , mientras que el resto del año las aportaciones son moderadas, con valores variando de 5 a  $15 \text{ l/s/km}^2$ .

El 40% de las precipitaciones anuales alimenta directamente el flujo superficial que se nutre, además, de las aguas infiltradas a través de flujos subsuperficiales y aportes directos del nivel freático hacia el cauce.

La irregularidad intraanual del caudal no es acentuada. El ritmo estacional presenta aguas altas de junio a octubre y aguas bajas de noviembre a mayo, ocurriendo el máximo contraste mensual en primavera y el mínimo en verano.

Las crecidas que provocan las frecuentes inundaciones de invierno en el curso bajo del río no han podido ser estudiadas por no existir registros apropiados. Sin embargo, su importancia se manifiesta en el freno que imponen a la expansión urbana de Santa Cruz do Sul, imposibilitada de crecer hacia el oeste, y en la inexistencia de otros aprovechamientos agrícolas diferentes al cultivo de arroz inundado sobre la planicie de inundación.

Las propiedades superficiales y del relieve en los diferentes sectores topográficos permiten deducir algunos rasgos de la dinámica morfogenética:

- La zona serrana en su conjunto presenta el mayor control estructural, los materiales más resistentes y la mayor infiltración de la cuenca. Es el área que ofrece condiciones más favorables a la actuación de procesos de disecación diferencial en los cauces y de arroyamiento laminar y difuso en las vertientes. No obstante, existen diferencias entre el sector I que participa plenamente de las características descritas, y los sectores II y III en los que las formaciones superficiales de alteración, arcillosas e impermeables, dificultan la infiltración, combinándose la disecación diferencial con la homogénea.

- El piedemonte serrano, sector V, refleja una respuesta más uniforme de los materiales arcillosos e impermeables del sustrato que inhiben la infiltración favoreciendo una disecación fluvial más homogénea y la denudación de las vertientes por movimientos de masa en las formaciones superficiales de alteración y acumulación.

- En la llanura aluvial, sector IV, son los procesos de acumulación los que adquieren alguna importancia morfogenética significativa.



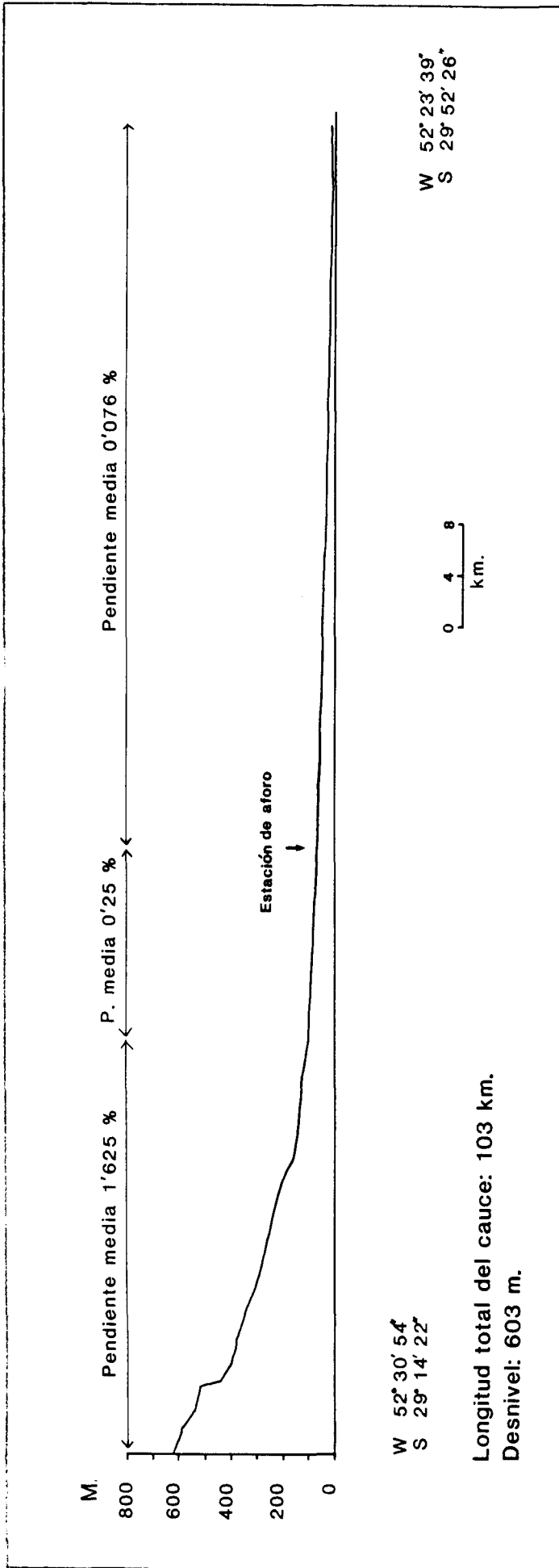


Figura 53. Perfil longitudinal del río Pardiniho.

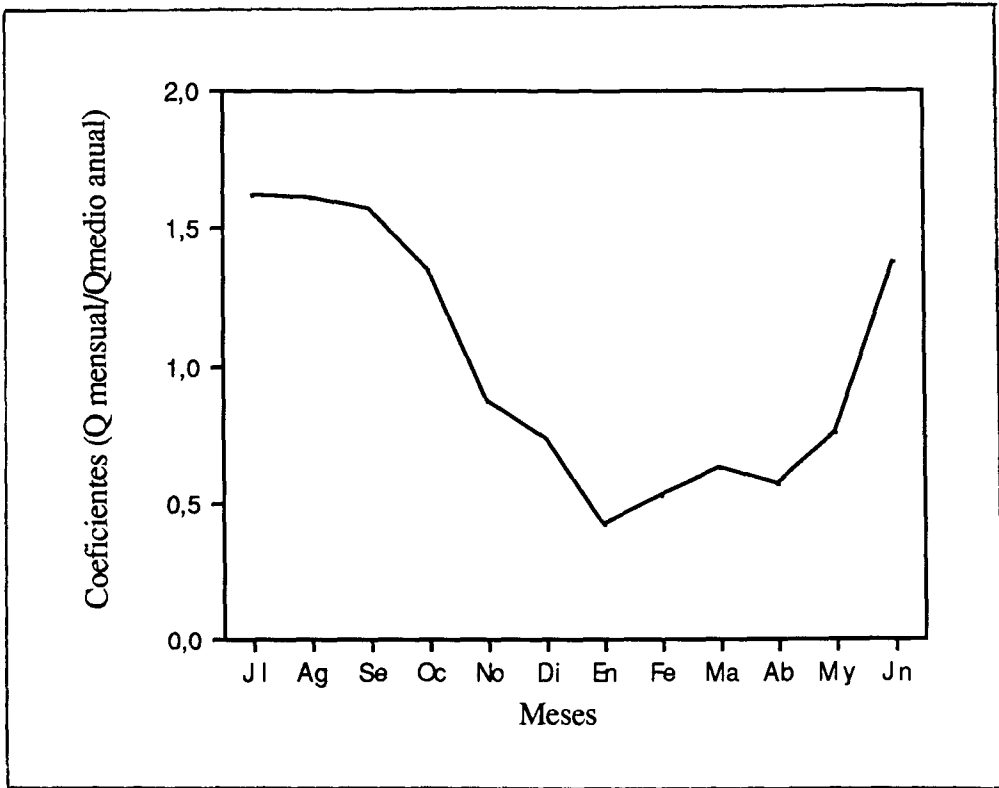


Figura 54. Ritmo anual de las aguas del río Pardo.

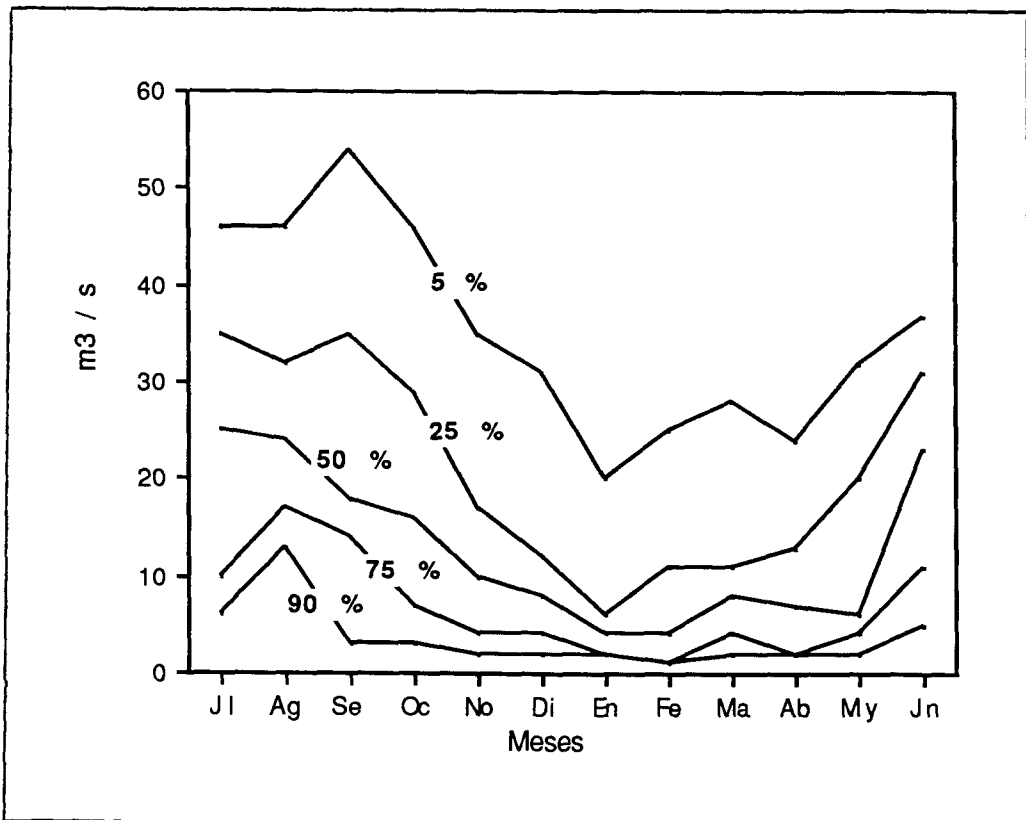


Figura 55. Frecuencias de los caudales medios mensuales alcanzados o sobrepasados por el río Pardo.

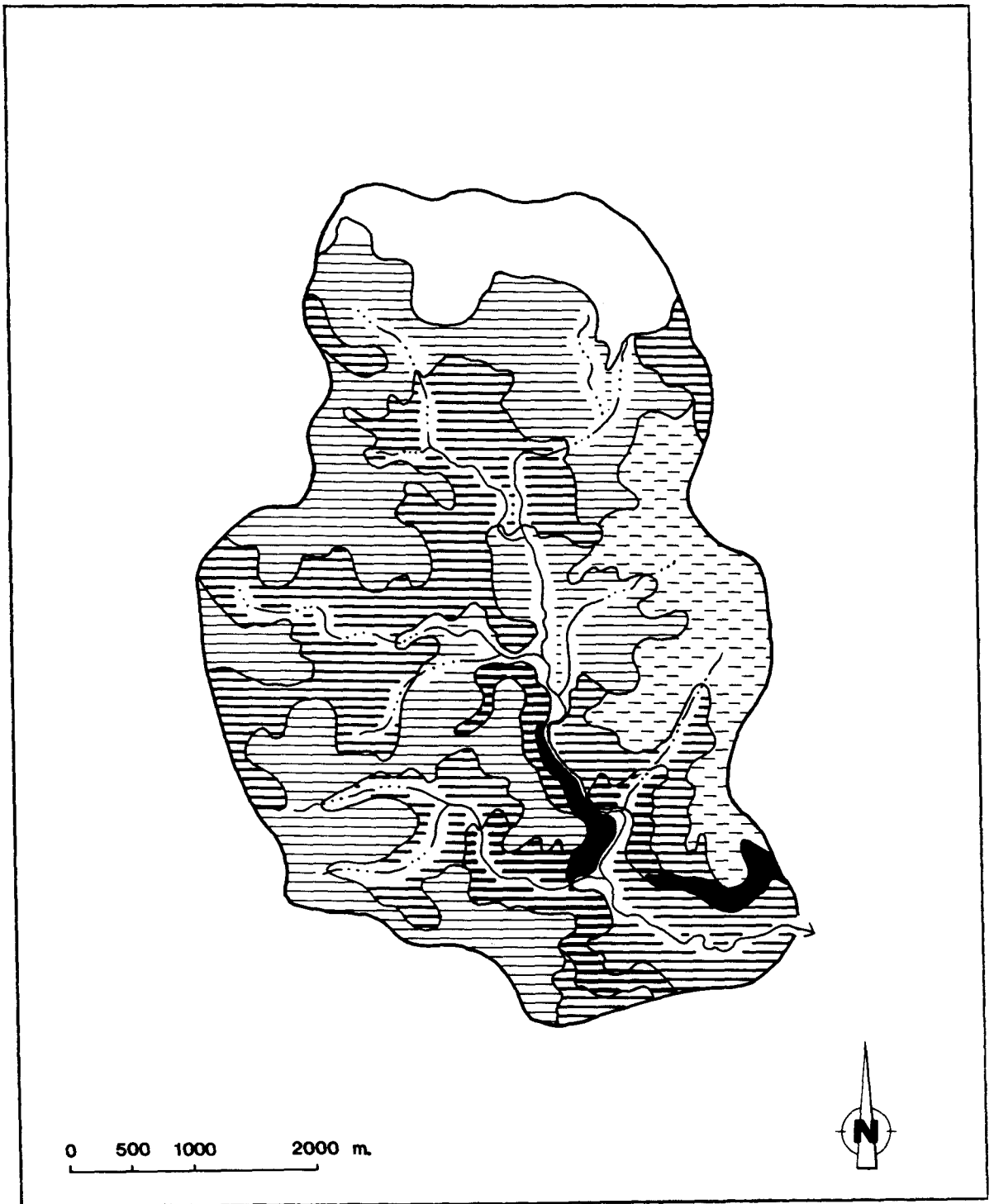


Figura 56. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Sinimbuzinho.  
(Leyenda en Mapa 3).

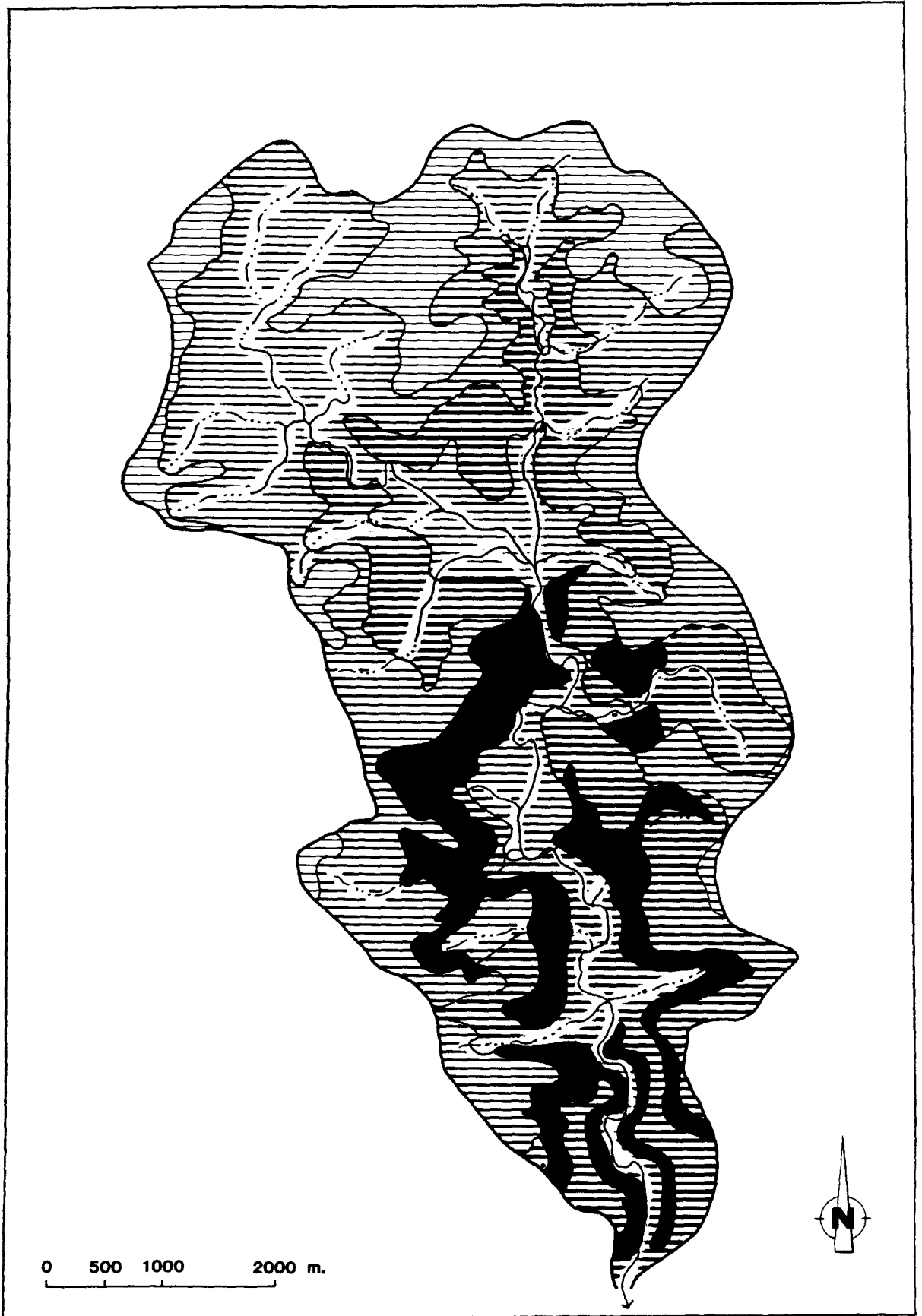


Figura 57. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Pintado.  
(Leyenda en Mapa 3).

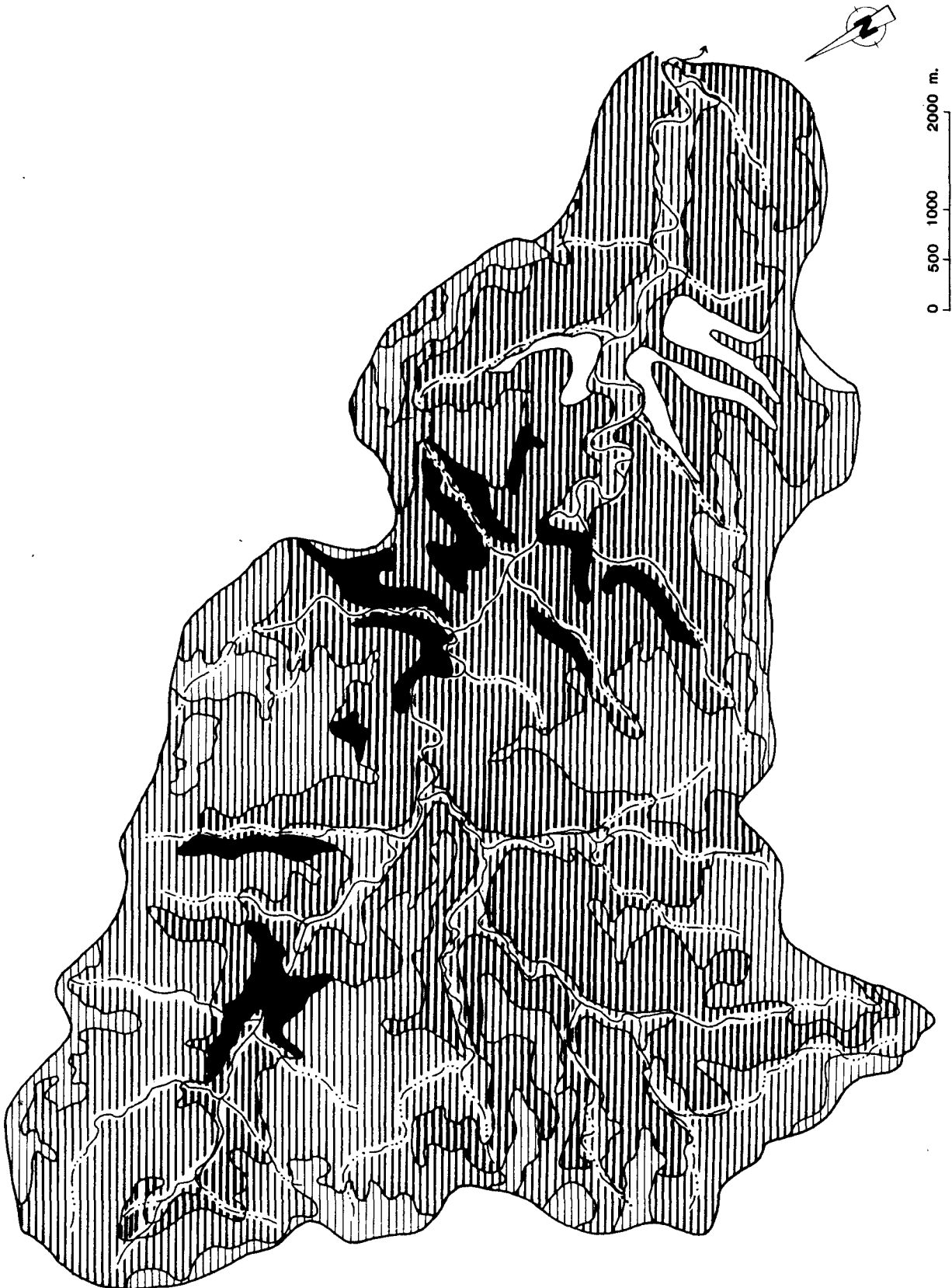


Figura 58. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Marcondes. (Leyenda en Mapa 3).

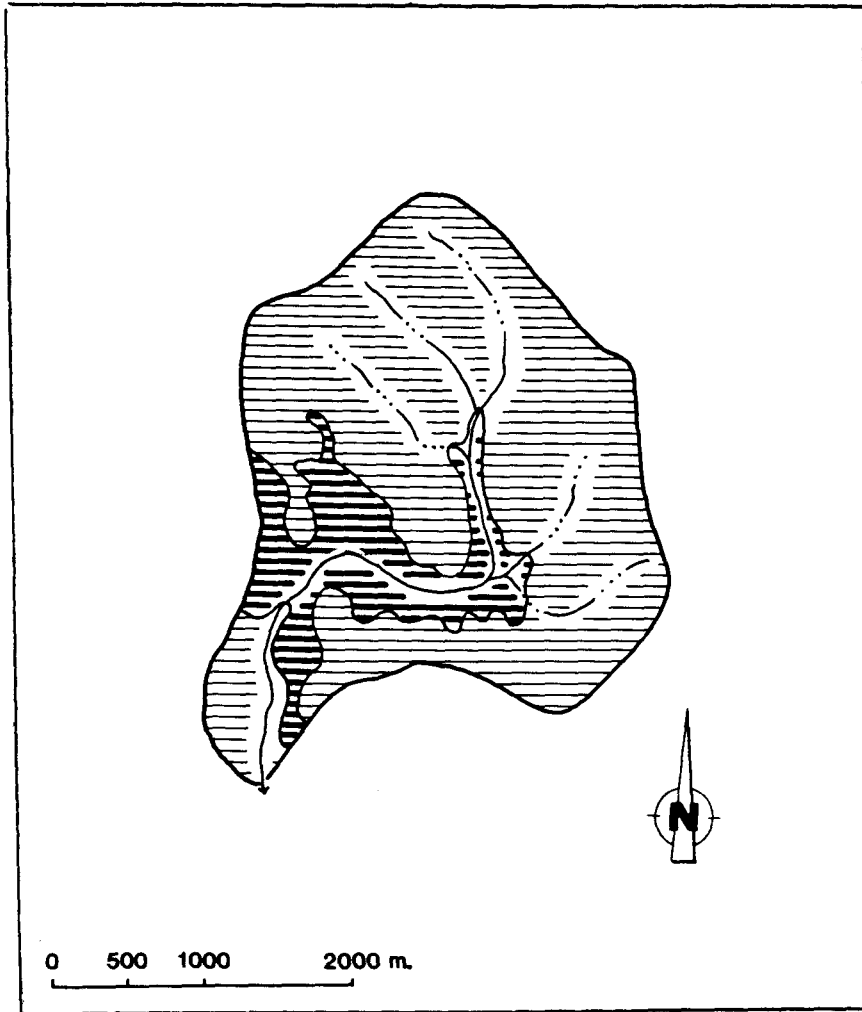


Figura 59. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Linha Santa Cruz. (Leyenda en Mapa 3).

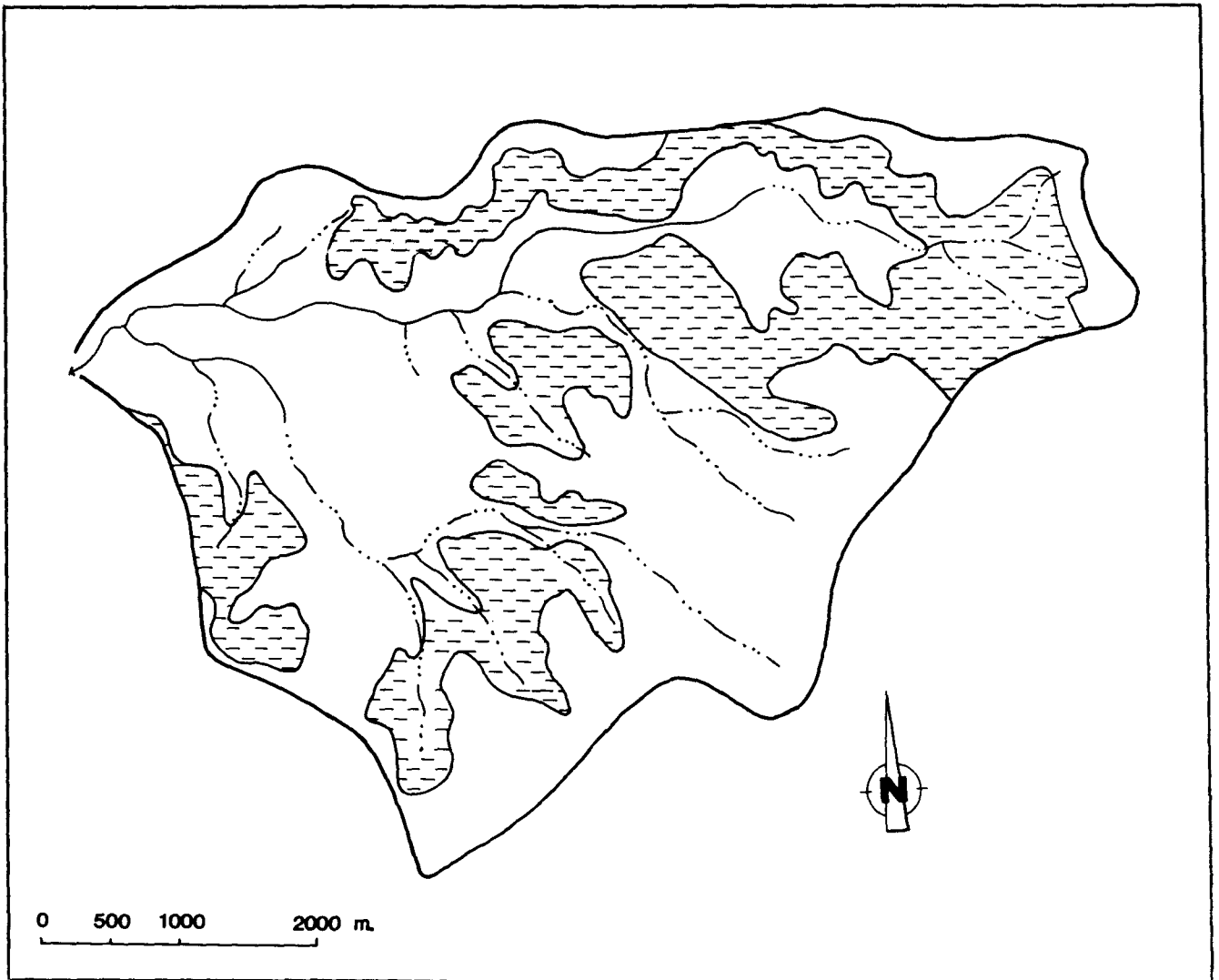


Figura 60. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Manoelito. (Leyenda en Mapa 3).

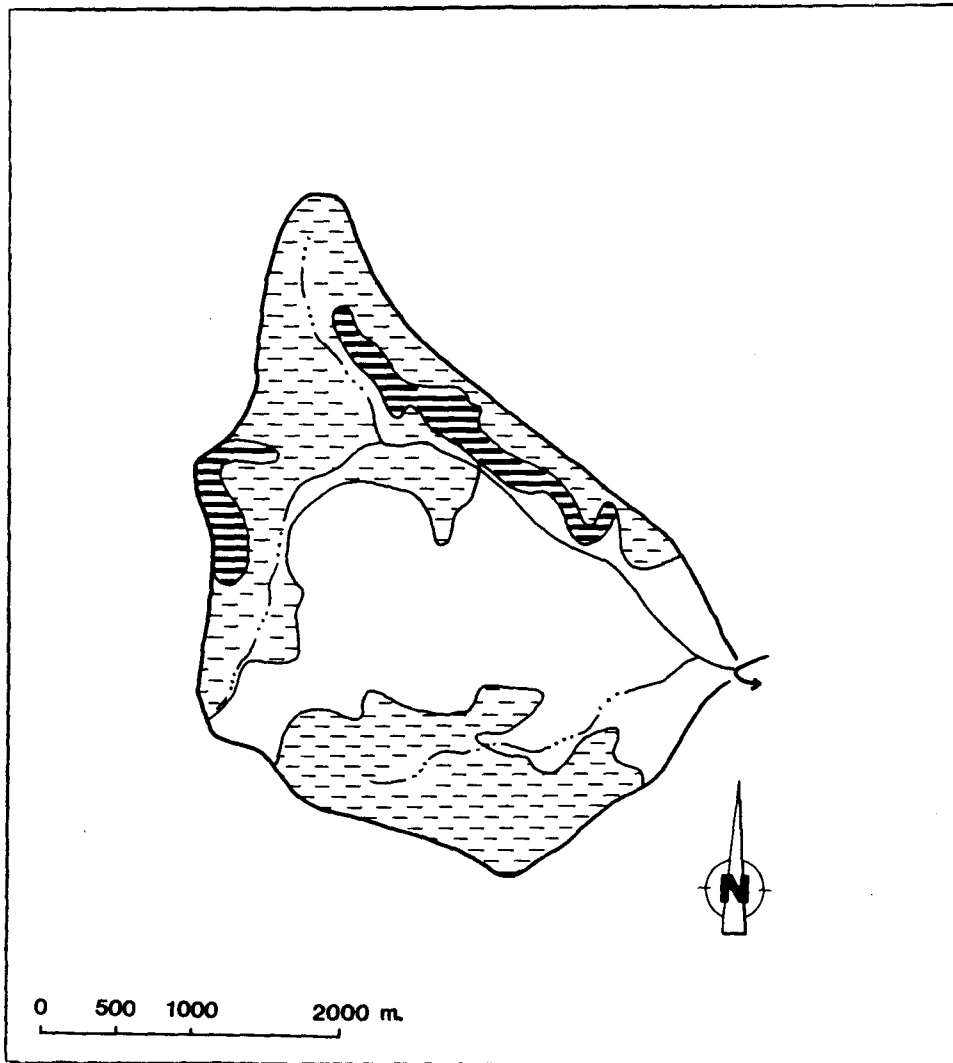


Figura 61. Mapa de pendientes. Cuenca del arroyo Chagas.  
(Leyenda en Mapa 3).



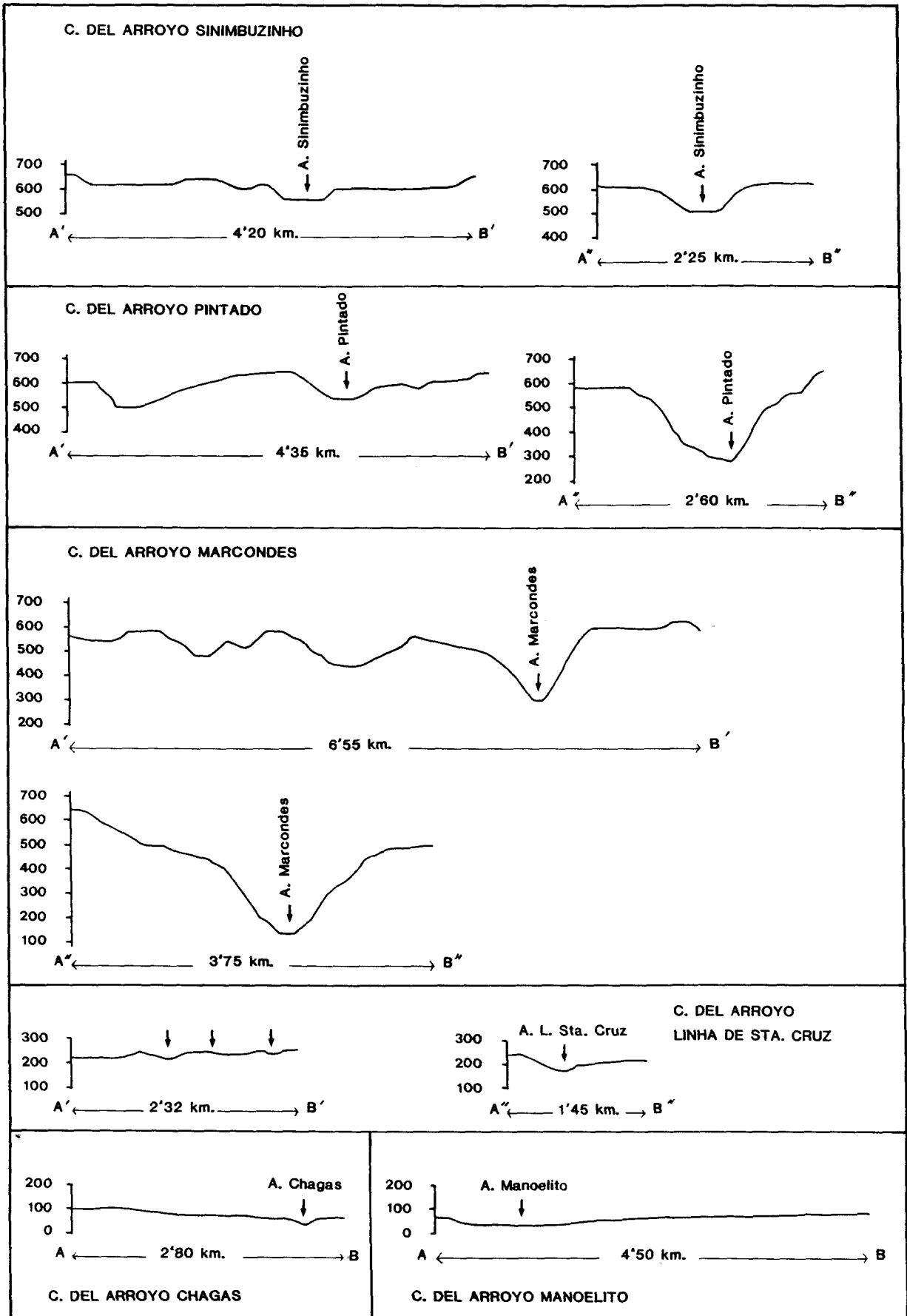


Figura 62. Perfis topográficos de las cuencas de los arroyos Sinimbuinho, Pintado, Marcondes, Linha Santa Cruz, Manoelito y Chagas.

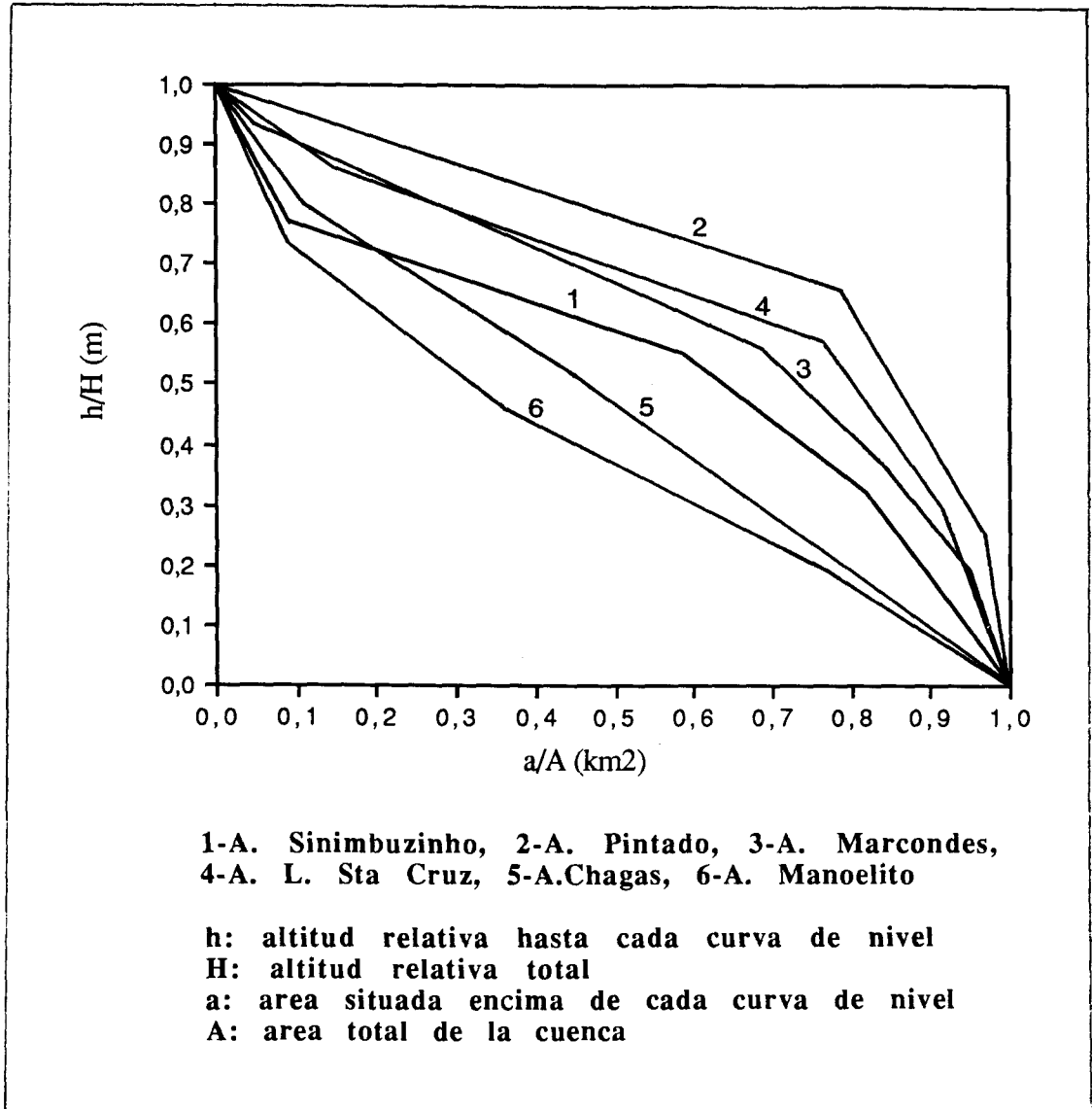


Figura 63. Curvas hipsométricas de las subcuencas.

## Capítulo IV. LA DINÁMICA MORFOGENÉTICA: FORMAS Y PROCESOS

### INTRODUCCIÓN

La morfología del relieve con sus formas asociadas expresa el complejo sistema de relaciones que se establece entre los procesos morfogenéticos que modelan las formas y los factores que condicionan la modalidad e intensidad de dichos procesos modeladores.

La combinación y estrecha interdependencia entre procesos complejos-elementales y procesos dominantes-subordinados que orientan el modelado y la evolución del relieve, constituyen lo que J. TRICART y A. CAILLEUX (1965) denominan «sistema morfogenético». Las peculiaridades y la dinámica del sistema morfogenético varían espacialmente en función de las condiciones ambientales de cada dominio climático, de tal forma que pueden diferenciarse «sistemas morfoclimáticos» diversos.

Los subtrópicos húmedos participan de un sistema morfoclimático similar al de las zonas intertropicales cálidas y húmedas, como lo demuestra el hecho de poseer cobertura forestal densa con ligeras variaciones florísticas en relación al bosque húmedo tropical. En consecuencia, los cambios en los procesos morfogenéticos pueden considerarse poco significativos: los perfiles de alteración son menos espesos aunque las rocas continúan descomponiéndose en profundidad, los productos de alteración son muy similares y las formas de relieve mantienen también una gran semejanza.

Como señala M. F. THOMAS (1979, pp. 3-7), la importancia que reviste la meteorización profunda en el desarrollo de las formas tropicales obliga a considerar los fenómenos que tienen lugar bajo la superficie topográfica.

J. TRICART (1974, pp. 56-63) observa que el factor determinante de la morfogénesis en los dominios tropicales húmedos es el desdoblamiento de los procesos modeladores de la litosfera en dos frentes o superficies disociadas (*front d'attaque dédoublé*): uno subterráneo de ablación química o alteración, inexistente en el caso de afloramientos rocosos, y otro aéreo en el que se ejercen procesos mecánicos a expensas del manto de alteración. Los procesos químicos son intensos y constituyen una vanguardia que modela el contacto entre la roca sana y el manto de alteración.

Ambos frentes no sólo se diferencian por los procesos que sobre ellos se generan sino por la diferente velocidad con que ambos progresan, pudiendo aparecer confundidos en los afloramientos rocosos de topografías vigorosas o estar separados por decenas de metros en los relieves con escasa energía. Es importante observar que este fenómeno se restringe al modelado de litologías coherentes, capaces de generar alteritas carentes de cohesión.

El frente de alteración interna genera lo que J. TRICART denomina «perfil de alteración» cuyo estudio no puede ser disociado del ecosistema, ya que el manto de alteración y las formas

que sobre él se desarrollan están integradas en el propio ecosistema a través de la interfase litosfera-biosfera-atmósfera. El desarrollo completo de un perfil de alteración exige, según este autor, períodos de tiempo que abarcan buena parte del Cuaternario, remontándose inclusive al Plioceno. El proceso presupone la sucesión de cuatro horizontes:

- Horizonte I o superficial, en el que no se reconoce la textura de la roca madre. Está formado por arcillas, esencialmente caoliníticas, y detritos de difícil alteración que a veces aparecen ordenados en nappes de gravats o stone lines. Sobre este horizonte se desarrolla el suelo vegetal.

- Horizonte II, se puede reconocer la textura de la roca madre a través de alineamientos de diaclasas o filones. La roca ha perdido consistencia y densidad por efecto de la alteración isovolumétrica debida a la migración de elementos por hidrólisis.

- Horizonte III, la alteración isovolumétrica no llega a afectar en profundidad a cada bloque rocoso. La descomposición es pelicular y está favorecida por la presencia de diaclasas ampliadas que garantizan una buena percolación.

- Horizonte IV o frente de ataque propiamente dicho, constituye un nivel freático irregular a través del cual el agua circula depositando un barniz ferruginoso sobre la roca madre inalterada aunque compartimentada por diaclasas.

Los mecanismos de alteración se ejercen de forma diferente en función de la naturaleza de las rocas sobre las que actúan. Los tipos de alteritas y sus diferentes espesores determinan las condiciones de la infiltración, los procesos de transporte en las laderas, el tipo de carga proporcionada a los cauces y la dinámica de la red hidrográfica.

Los perfiles longitudinales de los cauces reflejan las peculiaridades de la morfogénesis tropical. La alteración diferencial de los materiales y la fina granulometría de la carga aluvial dificultan su regularización según la curva exponencial característica de un perfil de equilibrio. No obstante, en lo que se refiere a la carga aluvial, los tramos fluviales de las zonas montañosas revisten características diferenciadas que repercuten localmente en su dinámica morfogenética.

Todos los aspectos que se acaban de comentar son llevados en consideración al analizar la dinámica morfogenética en la cuenca del río Pardinho. En este capítulo se describen las formas derivadas, los procesos generadores y sus mutuas interacciones, en cuatro apartados: formas estructurales, superficies de erosión degradadas, modelado fluvial, y modelado de laderas y formas menores. Los apartados suponen escalas espaciotemporales diferentes que condicionan la percepción de una dinámica más o menos estable en la interacción y evolución de formas y procesos (Mapa 11).

## 1. FORMAS ESTRUCTURALES

El control estructural en el modelado de la cuenca estudiada se plasma en una serie de formas, con dimensiones hectométricas y kilométricas, condicionadas por la disposición estratigráfica, respuesta a los esfuerzos tectónicos y resistencia relativa de las litologías volcánicas y areniscosas de la formación Serra Geral.

### 1.1. Los rellanos estructurales.

Los principales valles serranos (ríos Pardino y Pequeno, arroyos Pintado, Marcondes y Urubé) presentan una configuración escalonada o en trapp, resultado de la sucesión de fajas estrechas (hasta 100 m. de anchura horizontal máxima), paralelas y con pendientes medias de 30 a 40% que acompañan longitudinalmente las vertientes.

Dichas fajas corresponden a rellanos estructurales mantenidos por la disposición horizontal de las coladas basálticas intercaladas con areniscas eólicas. En unos casos, la superficie de los rellanos se puede relacionar al contacto de dos coladas diferentes y, en otros, a afloramientos de los estratos sedimentarios areniscosos. Esta diferencia puede ser comprobada en la textura predominantemente arcillosa de los suelos desarrollados sobre los rellanos del primer tipo o en el elevado contenido de arena en los correspondientes al segundo. No obstante, el escaso espesor de las litologías eólicas y la fácil remoción de las arenas resultantes de la alteración de las areniscas, ocasiona el predominio de litosoles arcillosos y pedregosos (*terra vermelha*) lo que indica que las alteritas de origen corresponden mayoritariamente al sustrato basáltico.

### 1.2. Los escarpes en basalto.

Bordeando los rellanos estructurales y algunos sectores marginales de las superficies de erosión ( $S_1$  y  $S_2$ ) que se describirán más adelante, bruscas rupturas de pendiente interrumpen los planos inclinados de las vertientes configurando paredes verticales cuyas dimensiones mayores llegan a superar los 40 m. de altura. A este tipo de forma se le reconoce localmente como *paredão* o *perau*.

Los escarpes corresponden a afloramientos de las coladas basálticas, típicos del despiece que se produce en las márgenes de las mesetas volcánicas (CHORLEY, R. y otros, 1985, pp. 190-192) por la combinación de factores tectónicos, procesos de alteración profunda en los planos de discontinuidad tectónica y, también en el caso que nos ocupa, por alteración diferencial de materiales con diferente resistencia relativa (basaltos y areniscas).

La verticalidad de estas formas dificulta la alteración química y la colonización vegetal contribuyendo a su buen estado de conservación. El diaclasamiento de los basaltos y la abundancia de grietas de descompresión litostática propician desprendimientos gravitacionales de bloques y fragmentos rocosos que hacen retroceder los escarpes paralelamente a sí mismos.

En las ocasiones que los escarpes se disponen transversalmente a los cauces fluviales, originan cascadas de gran belleza ya que los cauces se han limitado a dismantelar las formaciones regolíticas sin conseguir incidir el basalto, fenómeno que será analizado con posterioridad en este mismo capítulo.

### 1.3. Los cerros testigo y anteceros.

Estas formas estructurales se localizan en la zona de piedemonte más próxima a las primeras estribaciones serranas. Se elevan sobre la planicie de acumulación fluvial a partir de los 50 m., altitud que delimita sus bases marcando una ruptura de pendiente bien nítida.

Las dimensiones basales varían entre los 6 km<sup>2</sup> correspondientes al cerro Faxinal Velho, localizado en el área urbana de Santa Cruz do Sul, y los 0,5 km<sup>2</sup> de los anteceros que bordean la margen derecha del río Pardiniho entre Linha Santa Cruz y Sinimbu. Las altitudes relativas oscilan entre 125 y 30 metros. Sus laderas son rectilíneas con pendientes de 25 a 35%. Cuando no han sido aprovechadas para usos agrícolas o urbanos, tanto las cimas como las laderas aparecen recubiertas por el bosque.

El cerro de Faxinal Velho y el localizado al noroeste del núcleo urbano de Vera Cruz conservan la culminación plana, mantenida por una cobertura basáltica bastante degradada en la que la cornisa ha desaparecido. En los seis anteceros la protección basáltica ha sido demantelada y las culminaciones cónicas están modeladas sobre areniscas eólicas alteradas.

Cerros testigo y anteceros atestiguan el retroceso del reborde meseteño, el control de la tectónica de fallamiento (alineación de anteceros sólo en el margen derecho del río principal) y la actuación de procesos de erosión diferencial.

### 1.4. Los *gamelões*.

En los cursos altos de los ríos Pardiniho y Pequeno y de los arroyos Pintado y Pinhalzinho se configuran seis cubetas de conformación redondeada o alargada, fondos planos o en cuna y laderas vigorosas. Su fisonomía está perfectamente descrita por la toponimia local que designa con el nombre de *Gamelão* a la pequeña localidad situada en la cubeta atravesada por el arroyo Pinhalzinho. *Gamelão* es el aumentativo de *gamela* (gamella), término que identifica recipientes redondeados o alargados, de 10 a 20 cm. de profundidad y fondo llano, confeccionados por vaciado de un único tronco o segmento de tronco, cuyo uso doméstico es general entre los campesinos. La precisión del término y el hecho de que estas formas no hayan sido estudiadas hasta el momento, lleva a adoptar en este estudio dicha denominación.

Las dimensiones varían de pocos kilómetros cuadrados en el caso de las cubetas redondeadas (arroyo Pintado), a decenas de kilómetros cuadrados en las alargadas (Alto Río Pardiniho). Sus bases se sitúan entre 360 y 400 m. y los contornos de los márgenes más elevados entre 500 y 550 m. Las laderas son bastante rectilíneas, con pendientes siempre superiores a 40%, acentuándose la declividad en la parte superior aunque sin llegar a configurar verdaderos escarpes

en cornisa. El denso bosque que recubre estos márgenes superiores dificulta el acceso impidiendo realizar observaciones más apuradas.

Las variedades de suelos observadas: tierras pardas y podzólicos pardo grises (*terra branca*), brunizens rojizos y litosoles (*terra vermella*), y suelos muy arenosos (*terra de areia*), parece reflejar respectivamente el condicionamiento local de riolitas, basaltos y areniscas.

El hecho de que estas formas se sitúen sobre intersecciones de fallas, hace pensar que su primitivo origen es estructural. Los materiales riolíticos de la colada superior pudieron ser triturados a lo largo de los planos de fallamiento originando líneas de gran debilidad litológica que fueron siendo vaciadas y ensanchadas por procesos erosivos de disgregación mecánica y alteración química mientras duró el encajamiento de los cauces.

Otro dato que contribuye a reconstruir la génesis de los *gamelões* es que en el fondo de todos ellos afloran las areniscas intertrapp, materiales que, a veces, configuran dentro de los mismos colinas cónicas de 20 a 40 m. de altura. Las areniscas parecen haber imprimido al modelado de las cubetas un dinamismo diferente al del retroceso de las riolitas suprayacentes sobre las que nunca se han observado cerros con esta configuración.

Los fondos suelen estar recubiertos por depósitos inconsolidados de regolitas transportadas: fragmentos de vidrios, nódulos de calcedonia, fragmentos de arenisca y basalto, materiales todos mal calcificados y envueltos en una matriz arenoarcillosa de color pardo claro. Estos depósitos enlazan con las regolitas de posición de las laderas a través de una ruptura de pendiente muy suavizada. Su acumulación podría relacionarse a movimientos de masa solifluidales del manto de alteración de las laderas hacia el fondo de las cubetas. Los cauces fluviales seccionan estas formaciones superficiales transportadas formando canales de hasta dos metros de profundidad.

Puede concluirse que los *gamelões* son formas de relieve características de la cuenca alta, desarrolladas sobre las litologías volcánicas ácidas y el último estrato arenoso de la formación Serra Geral. En su génesis se combinan factores estructurales (tectónica de fallamiento y resistencia litológica diferenciada) con factores erosivos denudacionales (alteración diferencial, encajamiento y transporte fluvial y procesos solifluidales).

## 2. SUPERFICIES DE EROSIÓN DEGRADADAS

Como señala J. TRICART (1974, pp. 262-294), las variaciones de humedad que durante el Terciario y el Cuaternario provocaron la sustitución del bosque por la sabana y viceversa, repercutieron en la modificación de los sistemas morfogenéticos de la zona cálida. En los periodos más secos aunque con lluvias torrenciales, se elaboraron grandes superficies de aplanamiento por acción de flujos de alta energía erosiva que removieron los mantos de regolita nivelando las superficies. En los periodos húmedos, la disecación fluvial no impidió que el arroyamiento continuase nivelando los interfluvios aplanados.

Este autor destaca la acción pluvial y la formación de playas de obstrucción superficial. La combinación de ambos procesos ejercería un efecto de nivelamiento del microrrelieve que originó el desarrollo de superficies muy planas por alternancia de playas arcillosas, correspondientes a depresiones en las que se decantaron las arcillas, con afloramientos de roca en forma de dorsos de ballena. El hecho de que la superficie de alteración de la roca madre bajo el manto de regolita progrese en profundidad con velocidad similar a la del nivelamiento superficial, y posteriores fenómenos de laterización, podrían explicar la conservación de las superficies niveladoras.

La topografía sensiblemente llana de las tierras altas y del primer gran escalón serrano en la cuenca estudiada, podrían, a primera vista, relacionarse a plataformas estructurales. Sin embargo, aunque no se excluye la influencia del factor estructural derivado de la disposición horizontal y resistencia relativa de las coladas volcánicas, en este estudio se consideran dichas topografías como formas derivadas de antiguas superficies de erosión hoy degradadas.

Aunque el concepto de superficie de erosión o arrasamiento evoca la imagen de una superficie casi plana que nivela litologías de diferente resistencia relativa, las formas que identificamos como tales ni son bien llanas ni, en general, biselan litologías diferenciadas. El hecho de que ambas superficies tengan una expresión regional más amplia y que, en dicha escala, sean reconocidas por la bibliografía consultada como superficies de erosión, induce a concederles esta consideración.

### 2.1. Superficie culminante ( $S_1$ ).

Sobre la cabecera y divisorias de agua de la cuenca alta por encima de los 600 m. de altitud, se configura un modelado de colinas muy suaves y de escasa altitud relativa (20 a 60 m.) con culminaciones planas y vertientes simples y simétricas, intercaladas por áreas casi totalmente llanas. La disecación fluvial es homogénea y la red hidrográfica tiene un patrón dendrítico configurando microcuencas bastante circulares y con la mayor densidad de drenaje de toda la cuenca estudiada.

La primitiva superficie pudo desarrollarse sobre la última colada riolítica de la formación Serra Geral nivelando las posibles deformaciones tectónicas (bloques fallados) que afectaron al conjunto de la formación. Si se admitiese su relación con la superficie Caçapava-Vacaria, el



arrasamiento fué paleogeno: Eoceno superior a Oligoceno superior (AB'SÁBER, A. N., 1969, pp. 2-5). El proceso de formación ha sido descrito en el capítulo I.

La alteración de las litologías ácidas y vítreas arrasadas debió favorecer la formación de un manto de alteración bastante arcilloso que pudo ser sometido, en fluctuaciones climáticas sucesivas, a un proceso de endurecimiento ferralítico que, tal vez, explicaría la conservación parcial de la superficie. El hecho de que en la actualidad la vegetación espontánea alterne manchas de *campo* y bosque subtropical húmedo, podría relacionarse con esta hipótesis, es decir, sobre las áreas que conservaron resquicios de laterización se frenó la expansión del bosque. Otro aspecto que podría alegarse es la constatación de que, a pesar de las condiciones topográficas favorables, no ha habido difusión de la agricultura en estas áreas por la baja fertilidad de sus tierras pardas estructuradas.

En relación a la superficie culminante, cualquier hipótesis que se pueda formular es demasiado arriesgada. No existen estudios fuera de los ya comentados y el conocimiento detallado de su génesis y evolución desborda los objetivos de este trabajo.

## 2.2. Superficie inferior (S<sub>2</sub>).

El escalón serrano más meridional que puede identificarse entre 200 y 250 m. de altitud, sirve de divisoria de aguas del interfluvio izquierdo de la cuenca y configura, sobre el interfluvio derecho, pequeños fragmentos localizados al norte de la ciudad de Vera Cruz. Con escasa significación espacial en la cuenca estudiada, este escalón aparece extensamente representado fuera de la misma acompañando hacia el este la porción basal de la Serra Geral.

Los límites festoneados de la superficie están perfectamente definidos por escarpes abruptos que dominan el piedemonte. Hacia el norte, la superficie marca la transición al vigoroso relieve serrano propiamente dicho. Su topografía es sensiblemente llana, los cauces de los arroyos que sitúan aquí sus cabeceras no la han disecado ya que sus niveles de base locales se sitúan en los escarpes marginales.

En caso de admitirse su relación con la superficie de circundenudación periférica Cerro da Cadeia, la S<sub>2</sub> sería de formación neogena (AB'SÁBER, A. N., 1969, p. 10) y se habría desarrollado sobre los basaltos de la formación Serra Geral y areniscas Botucatu.

Por su suave topografía fue la primera zona de la cuenca a ser colonizada y, consecuentemente, desforestada. La textura arenoarcillosa de las tierras rojas estructuradas y brunizens rojizos, la agricultura intensiva y prácticas agrícolas poco cuidadosas han contribuido a la degradación de los horizontes superficiales de alteración, dejando al descubierto frecuentes afloramientos basálticos.

### 3. MODELADO FLUVIAL.

Una cuenca hidrográfica es un sistema abierto cuya dinámica refleja un flujo de entradas (precipitaciones) y salidas (escorrentía y exportación de sedimentos). La escorrentía y los sedimentos circulan por los cauces y los transforman con mayor o menor intensidad en función de su volumen global y de las variaciones que experimentan en el tiempo. No obstante, desde el momento en que las aguas se incorporan al sistema cuenca como precipitaciones hasta que lo abandonan con su carga de materiales, los flujos adquieren un comportamiento y un dinamismo diferentes según las características de la cuenca de drenaje: topografía, vegetación, litología y capacidad de infiltración de las formaciones superficiales y del sustrato rocoso (LEOPOLD, L. B. y LANGBEIN, W. B., 1962; SCHUMM, S. A., 1977).

En las regiones cálidas y húmedas, el comportamiento y la dinámica de los flujos y, consecuentemente, las formas de modelado a que dan lugar están estrechamente relacionados con las peculiaridades de un sistema morfogénico caracterizado por el predominio de los procesos de alteración química.

Las acciones químicas descomponen las rocas en profundidad propiciando el desarrollo de potentes mantos regolíticos sobre la roca madre. La superficie interna que marca el progreso de la alteración avanza con velocidades diferentes dependiendo de las litologías a las que afecta, encontrándose más próxima a la superficie topográfica cuando determinadas propiedades de la roca madre le hacen adoptar una resistencia mayor ante la alteración. Si por el contrario, las rocas se alteran con facilidad, la superficie avanza a mayor velocidad desarrollando mantos más profundos. Esta alteración diferencial debida a procesos químicos, condiciona también el calibre fino en los materiales alterados entre los que predominan las arcillas.

El diferente espesor de los mantos de alteración y la granulometría fina de los aluviones constituyen, en opinión de J. TRICART (1974, pp. 86-118), dos factores indisolubles que hay que considerar cuando se aborda el estudio del modelado fluvial en las regiones tropicales húmedas. Las condiciones en que se procesa la erosión remontante de los cursos fluviales son diferentes a las de otros dominios climáticos ya que las ondas de incisión se propagan con bastante dificultad por depender de la preparación química de los materiales sobre los que los ríos excavan y desarrollan sus cauces.

Cuando la incisión de los talwegs progresa con mayor velocidad que la superficie de alteración profunda, aparecen umbrales rocosos que bloquean la excavación y frenan la erosión remontante. Este fenómeno se traduce: a) en el hecho de que la evolución de los interfluvios se suele desarrollar en función de un mismo nivel de base local durante periodos de tiempo muy largos, y b) en desnivelaciones del perfil longitudinal correspondientes a barras rocosas transversales que configuran lechos rocosos.

Cuando la superficie de alteración avanza más rápidamente que la incisión de los talwegs, se originan segmentos del perfil con escasa pendiente y lechos de fondo móvil excavados en formaciones sueltas. La granulometría de los materiales es tan fina que los aluviones pueden ser

desplazados por fuerzas hidrodinámicas, de forma que el modelado del lecho se adapta a las mismas con gran rapidez.

D. KNIGHTON (1984) considera que las formas de modelado fluvial resultan de la acción conjugada de tres variables: caudal, carga y pendiente de los cauces. En el caudal y la carga detrítica se integran los efectos de los factores geológicos, climáticos y biológicos. La pendiente condiciona la capacidad de transporte de la carga a lo largo de los cauces.

En la cuenca estudiada, las características y disposición espacial de las formas de denudación y acumulación fluvial reflejan la dinámica de un sistema hidrológico en el que los factores geológicos y el dinamismo de las vertientes, derivado de una morfogénesis extraordinariamente activa, cobran relevancia muy significativa.

El tramo serrano del perfil longitudinal del río Pardinho (Figura 53) está constituido por una sucesión de umbrales rocosos y segmentos de escasa pendiente que reflejan la inhibición de la erosión remontante señalada por J. TRICART. La alteración diferencial se manifiesta en la mayor resistencia de afloramientos de basalto sano que configuran sobre el lecho cascadas, rápidos pulimentados y rápidos con bloques dispersos. Estos umbrales introducen rupturas de pendiente a lo largo de los 32 km. del tramo del perfil, con una pendiente media de 1,62% hasta los 100 m. de altitud. En este trayecto, el cauce sólo recibe dos tributarios de relativa consideración (arroyos Pinhalzinho y Desiderio) que, a pesar de no poseer caudales importantes, se caracterizan por un régimen torrencial.

En los 10 km. siguientes, hasta la cota de 60 m., el perfil describe una curva ligeramente convexa con pendiente media de 0,25%. Corresponde al tramo que recibe al principal tributario (río Pequeno) y a dos tributarios secundarios de relativa consideración (arroyos Marcondes y Urubé). El lecho comienza a configurar una estrecha planicie aluvial que se va ensanchando aguas abajo a medida que se amplía el valle. El lecho menor excava sus propios aluviones definiendo márgenes subverticales cuya altura aumenta conforme la llanura de acumulación se ensancha. El fondo del canal de estiaje aparece interrumpido por rápidos pulimentados de basalto sano.

El último tramo del cauce, de 52 km., presenta un perfil ligeramente cóncavo con 0,07% de pendiente media. Corresponde a un típico lecho de fondo móvil que dibuja curvas meandriformes encajadas más de 5 m. en el manto aluvial. No aparecen umbrales ya que los materiales del sustrato son limosos y arcillosos; las aguas de estiaje discurren sobre los propios aluviones de arenas y gravas de pequeñas dimensiones. Los tributarios del curso inferior no aportan caudales importantes y aunque su régimen es torrencial por la configuración de sus cabeceras montañas, el hecho de que sus cauces describan trayectorias tipo yazoo sobre la planicie aluvial antes de incorporarse definitivamente al colector, atenúa considerablemente el contraste energético con el cauce principal.

### 3.1. Formas de denudación.

Las formas de denudación fluvial se han abordado en dos escalas diferentes: los valles y los cauces. A escala de valle, sólo se pueden apreciar aspectos de tipo muy general relacionados con

procesos de incisión lineal no funcionales y procesos areolares funcionales en las vertientes; a escala de cauces, se perciben modelados de mayor detalle vinculados tanto a procesos subactuales como funcionales.

### 3.1.1. Los valles.

El encajamiento de los cauces y el retroceso de las vertientes ha generado valles cuya morfología varía en función de la naturaleza del sustrato rocoso, el tiempo transcurrido en su elaboración y la dinámica de las vertientes que los configuran (perfiles topográficos anexos al Mapa 2 y Figuras 64 y 65).

#### A - Valles en uve.

Son característicos de la zona serrana y reflejan la capacidad erosiva de cauces controlados por variaciones del nivel de base general, en condiciones climáticas diferentes a las actuales, que originaron un modelado de disecación diferencial.

La diferente resistencia de los materiales volcánicos y areniscosos a los procesos de erosión diferencial y los fallamientos que los afectan, favorecieron el encajamiento de los cauces definiendo perfiles longitudinales de fuerte gradiente marginados por vertientes próximas y de acusadas pendientes. Las variaciones pleistocenas del nivel de base general debieron propiciar la erosión remontante de las cabeceras y el avance de los valles en el front meseteño.

El trazado de estos valles, marcadamente rectilíneo y con bruscas inflexiones de dirección, y los ángulos vivos de las confluencias de los canales indican el control tectónico de líneas de debilidad (Mapas 1 y 5) que comandaron la organización de la red hidrográfica a partir del Plioceno. Aunque numerosos segmentos de los cauces acompañan las direcciones de los fallamientos, no es posible identificar espejos de falla en las laderas de los valles debido a la intensidad de los procesos de alteración bajo el sistema morfoclimático que se instaló en el Cuaternario.

Los materiales arcillosos de los mantos de alteración de las vertientes fueron siendo transportados en dirección a los talwegs por fenómenos lentos de creeping bajo las formaciones boscosas, procesos a los que se sumaron posteriormente los de arroyada difusa y laminar en las laderas desforestadas. Su fina granulometría y la gran capacidad y competencia de transporte de los cauces los evacúan con facilidad impidiendo la acumulación de derrubios al pie de las laderas y contribuyendo a mantener los segmentos rectilíneos de las mismas hasta los ejes de avenamiento. En las laderas, los mantos de alteración regolítica sobre basalto y arenisca son poco profundos.

La disposición horizontal de los materiales del sustrato que ocasiona la formación de escarpes y rellanos estructurales, confiere a algunas vertientes una morfología escalonada que no altera las formas rectilíneas de los segmentos que confluyen en los talwegs.

## B - Valles en cuna.

Esta morfología no corresponde exclusivamente a modelados de disecación fluvial ya que la propia dinámica de las vertientes, derivada de procesos hídricos, ahoga los procesos denudativos con abundantes aportes coluviales (Figura 65).

En la cuenca estudiada, los valles en cuna aparecen en : a) tramos de cabecera de los arroyos formadores de los ríos Pardino y Pequeno por encima de los 600 m. de altitud, b) tramos de los cursos altos serranos inscritos en los *gamelões* hasta 360 m. y c) tramos de los cursos medios y bajos de algunos arroyos serranos cuyo encajamiento progresó hasta cotas de 100 m. e inferiores. Tan sólo en el caso (a) podría hablarse con propiedad de formas de denudación fluvial; los valles correspondientes a tramos (b) y (c) son formas mixtas de acumulación y denudación relacionadas a una dinámica muy activa de laderas.

a) Los tramos de cabecera corresponden a valles anchos con vertientes cóncavo convexas, suaves, simétricas y regulares que enlazan con talwegs de incisión incipiente reflejando una disecación homogénea.

Estos valles se han desarrollado sobre formaciones arcillosas de alteración de las riolitas. La topografía poco vigorosa, el escaso caudal de los cauces incipientes y la predominancia de arcilla son factores cuya interacción inhibe la acción erosiva de los cauces, de forma que los flujos canalizados se limitan a transportar una carga en suspensión carente de poder abrasivo.

b) Los tramos fluviales que atraviesan los *gamelões* incidieron sus cauces hasta alcanzar las areniscas subyacentes a la última colada riolítica.

La alteración de las areniscas que afloran en las partes basales de las laderas ha ocasionado su desagregación granular. El hecho de que el estrato de areniscas repose sobre basaltos más resistentes, ha podido favorecer el desarrollo de movimientos de masa por saturación de agua del manto regolítico que, al comportarse plásticamente, se ha desplazado hacia el fondo de las cubetas obstruyéndolo con un material heterogéneo de arena y arcilla que engloba en su masa bloques y fragmentos de rocas volcánicas desprendidas de los escarpes que las coronan.

Los cauces actuales han incidido ligeramente estos depósitos hasta alcanzar un perfil que les garantice la evacuación del flujo de agua y aluviones finos. El poder abrasivo de las arenas transportadas como carga de fondo en las épocas de mayor caudal, sólo se manifiesta en el pulimento de algunos afloramientos de basalto que, ocasionalmente, aparecen en los lechos.

c) Valles en cuna se configuran también en los cursos bajos de los arroyos serranos que, tras seccionar las litologías más resistentes, han alcanzado las series sedimentarias infrayacentes: parte del curso bajo del río Pequeno, cursos medios y bajos de los principales tributarios serranos en la margen derecha del río Pardino aguas abajo de Sinimbu y algunos afluentes de la margen izquierda (Linha 7 de Setembro y curso alto del Arroyo Grande).

En estos casos, los estrechos valles en uve modelados sobre basaltos por los cursos altos y medios, se ensanchan al alcanzar la cota de 100 m. que marca, en general, el cambio de las

litologías volcánicas por las sedimentarias (areniscas eólicas de la formación Botucatu y limos y areniscas fluviales de la formación Caturrita) y cambian a un perfil cóncavo que enlaza la base de las vertientes con los talwegs.

En la formación de estos valles hay que suponer una evolución compleja en varias etapas. Inicialmente, una intensa actividad fluvial ocasionó el encajamiento de los cauces y el socavamiento lateral de los márgenes haciendo retroceder las vertientes y tapizando los lechos con aluviones groseros. Posteriormente, la disecación fluvial debió inhibirse mientras cobraba protagonismo la dinámica de laderas que, a través de movimientos de masa de los materiales más deleznales, soterró los cauces primitivos.

El hecho de que en las secciones de los márgenes actuales puedan observarse gravas muy groseras bajo espesos depósitos de coluvios finos que obstruyen los fondos de valle, podría confirmar esta hipótesis. Los cauces parecen haberse limitado a incidir las acumulaciones coluviales hasta alcanzar los antiguos pavimentos aluviales que aparecen hoy a lo largo de los talwegs.

### C - Valles de fondo plano.

Son característicos de las áreas de piedemonte más meridionales, con altitudes inferiores a 100 m., en las que los tributarios de ambas márgenes del río Pardiniho han modelado amplios valles poco profundos (*sangas*) sobre los limos arcillosos de la formación Santa Maria, cuyos fondos planos delimitan la base de las laderas de las lomas (*coxilhas*) (Figura 66).

Las vertientes son simétricas, ligeramente convexas y con pendientes inferiores a 10%. Los fondos planos está tapizados por materiales finos (limos y arcillas) o arenas en los tramos que seccionan acumulaciones coluviales. La naturaleza homogénea de los materiales de las laderas y la ausencia de cobertura forestal sobre las mismas, propicia la arroyada superficial difusa sobre los limos arcillosos y la arroyada concentrada y fenómenos de piping sobre los depósitos arenosos.

El aporte de materiales finos procedentes de las laderas ha colmatado los fondos de valle; el debil gradiente de los perfiles longitudinales de los cauces, su escaso caudal y la fina granulometría de los aluviones inhiben el encajamiento originando un modelado de disecación homogénea. A diferencia de los valles en cuna, los procesos fluviales no parecen ser lo suficientemente eficaces como para garantizar la evacuación de los aportes de las laderas.

#### 3.1.2. Lechos rocosos.

Aparecen en los tramos serranos de los cauces y se manifiestan en irregularidades de los perfiles longitudinales derivadas de afloramientos de basalto sano. El modelado de estos lechos rocosos refleja la actuación del control estructural y la alteración diferencial de los materiales. Parecen corresponder a paleoformas ya que este tipo de modelado no puede explicarse por procesos relacionados al sistema morfoclimático vigente desde el Holoceno y bajo el que los cauces alcanzaron su perfil de equilibrio real.

En la cuenca estudiada se pueden diferenciar tres tipos de lechos rocosos: cascadas, rápidos pulimentados y rápidos con bloques dispersos. Estas formas se encuentran separadas a lo largo de los cauces por segmentos de menor pendiente tapizados por bancos y barras longitudinales de gravas y arenas.

#### A - Las cascadas o *saltos*.

Configuran caídas libres de agua cuya altura varía de 10 a 20 m. Corresponden a paredes verticales de basalto, cortadas transversalmente por los cauces, que no presentan señales de retroceso o incisiones originadas por la acción abrasiva de los flujos.

Sólo en los cauces más caudalosos se constató la formación de concavidades basales, ensanchamiento acentuado de las diaclasas y bloques de dimensiones métricas reposando sobre el lecho, fenómenos que parecen atestiguar el funcionamiento de procesos mecánicos cavitacionales relacionados con la presión ejercida por la caída del agua en la base de los roquedos que, combinados con fuerzas gravitacionales, llegan a provocar el lento retroceso de las cascadas por desprendimientos de bloques. La manifestación más evidente de dichos procesos puede observarse a 18 km. del nacimiento del principal colector de la cuenca en el local denominado Salto del río Pardino.

El Salto posee 13 m. de caída libre de agua y una cavidad basal de 3 m. de altura, especialmente significativa en la margen derecha del cauce. El knick que marca la línea en que se inicia la caída de agua, tiene unos 25 m. de longitud (anchura máxima del cauce) y corresponde al vértice de un diedro invertido y regular. El escarpe se prolonga unos 30 m. aguas abajo a lo largo de ambas márgenes. Bloques angulosos de basalto reposan sobre un lecho tapizado de gravas y arenas que, en ocasiones, soterran parcialmente los bloques. El canal de estiaje discurre exactamente por la cavidad basal del margen derecho del cauce; la carga grosera de fondo y la trayectoria de las aguas bajas hace pensar que esta concavidad evoluciona actualmente por la abrasión de aluviones groseros en períodos de aguas altas.

Aguas arriba del knick se configura un lecho rocoso pulimentado de unos 80 m. de longitud y más estrecho que la cascada; la velocidad de las aguas es superior a la adquirida sobre el lecho aluvial que lo precede. La superficie perfectamente lisa del basalto tiene un color negruzco y un brillo que le es impropio.

Estas constataciones podrían explicar por qué, a pesar de la abundante carga de fondo que circula por el lecho en aguas altas, no hay indicios de incisión lineal. J. TRICART (1974, p. 112) justifica este fenómeno por el endurecimiento superficial de las rocas de los lechos originado por una lenta penetración de óxidos aportados por las aguas. La alternancia de aguas altas y aguas bajas, coincidentes las últimas con la fuerte insolación estival, favorecería la evaporación y el endurecimiento, de forma que la acción abrasiva de la carga aluvial sobre la superficie rocosa se vería compensada por la mayor resistencia que le confiere el endurecimiento.

## B - Rápidos pulimentados.

Determinados tramos de los lechos rocosos sobre basalto presentan una superficie pulida. Un micromodelado hidrodinámico se muestra en láminas curvadas con aristas suavizadas y, ocasionalmente, pequeñas marmitas que conservan en sus fondos fragmentos redondeados de cuarzo y vidrios de hasta 3 cm. de diámetro.

El modelado laminar refleja la acción abrasiva de las arenas transportadas en suspensión turbillonar por las crecidas. La pequeñas marmitas son modelados debidos a la carga grosera de fondo que al describir movimientos elicoidales esculpe las cavidades por la especial dureza de los cuarzos y vidrios que actúan de abrasivos.

Como se mencionó al describir el Salto del río Pardinho, las superficies rocosas de estos rápidos o umbrales poseen un barniz brillante y oscuro, de origen ferruginoso, que obliga a una evolución muy lenta de los micromodelados.

Los rápidos pulimentados son denominados en la región *lajeados* y su frecuencia es tan común que los campesinos se refieren a los arroyos con este nombre genérico.

## C- Rápidos con bloques dispersos.

Constituyen también un modelado característico de los lechos serranos aunque menos frecuente que el de los lechos pulimentados. Se localizan en los tramos de los cauces próximos de laderas con escarpes. Bloques angulosos de basalto de hasta un metro de diámetro y sin muestras de haber sido transportados, obstruyen los cauces forzando al agua a divagar entre ellos.

Su origen podría relacionarse, unas veces, a desprendimientos prosedentes de las vertientes y, otras, a movimientos de masa que transportaron los bloques hacia los talwegs siendo posteriormente lavados de la matriz más fina que los envolvía. En general, los bloques están muy diaclasados, sus aristas son vivas y no presentan pulimento ni barniz ferruginoso sino que muestran superficies ásperas y corroídas.

### 3.1.3. Los cauces meandriformes.

Los cauces meandriformes describen sinuosidades de amplitud y longitud de onda variable que acompañan la trayectoria de las aguas definiendo una sucesión de concavidades y convexidades en ambos márgenes de los cauces.

Las curvas meándricas son formas de ablación fluvial dotadas de gran dinamismo. Su formación presupone la existencia de cursos divagantes y con bajos gradientes que fluyen sobre depósitos fluviales no consolidados y capaces de ser removidos por los flujos hídricos canalizados en los cauces.

La dinámica de las deformaciones meándricas se procesa a través de : a) ahondamiento por incisión de la parte basal externa de la curvatura cóncava, b) socavamiento de su margen lateral



externo que amplía progresivamente la concavidad, c) acumulación de bancos de arena y grava en la margen convexa del lado interno de la curvatura (point bar), d) migración del cauce hacia el margen externo y en profundidad, y e) desplazamiento serpenteante de las curvas meándricas en dirección de la corriente originado por el gradiente del valle aluvial.

Cuando la dinámica muy activa de los meandros los estrecha hasta formar un cuello, la excavación de sus márgenes o una inundación pueden provocar su ruptura. La estrangulación desconecta el antiguo meandro del cauce principal originando un canal abandonado, en forma de collera de buey (oxbow), que puede llegar a colmatarse con sedimentos finos cuando ocurren crecidas posteriores.

Algunos cauces de la cuenca estudiada describen trayectorias meandriformes, tanto sobre lechos de fondo móvil en la planicie acumulación como en tramos serranos que carecen de planicie aluvial, razón por la que se han diferenciado dos tipos de cauces meandriformes: cauces con meandros encajados y cauces con meandros libres.

#### A - Meandros encajados.

Determinados tramos de los ríos Pardinho y Pequeno y de los arroyos Pinhalzinho y Marcondes describen trayectorias sinuosas entre laderas de fuerte pendiente. Los índices de sinuosidad varían de 1,5 a 1,6 y los gradientes de los cauces oscilan entre 1,0 y 1,3%.

Las deformaciones de los trazados son más zigzagueantes que sinuosas, con codos bruscos seguidos de pequeños segmentos rectilíneos. Esta morfología y el hecho de que sean líneas de debilidad litotectónica las que determinen la orientación y excavación de los cauces, hace dudar de que se trate de antiguos meandros impresos en el sustrato resistente.

Si se aceptase la hipótesis de que las deformaciones corresponden a verdaderos meandros encajados, habría que suponer: a) su preexistencia como meandros libres sobre una primitiva planicie aluvial situada por encima de los 600 m. y b) una capacidad de excavación de los cauces de tal intensidad que al incidir en el sustrato basáltico les permitiese conservar las curvaturas originales. Según R. CHORLEY y otros (1985, p. 321), este proceso exigiría admitir una evolución policíclica del relieve, relacionada con rebajamientos del nivel de base, o bien aceptar basculamientos de amplitud regional.

Sin descartar los condicionantes señalados por este autor en relación a la evolución general del relieve, resulta difícil admitir la sobreimposición de cauces meandriformes en líneas de debilidad litotectónica tan evidentes y exactamente en el borde de una meseta. Su formación podría interpretarse de la siguiente manera: a) encajamiento de la red fluvial siguiendo las líneas de debilidad litotectónica, b) progresiva regulación del perfil longitudinal y disminución del gradiente de los cauces, c) una vez establecido un determinado valor de pendiente, por leyes hidrodinámicas cualquier variación del elemento resistencia (roquedo, fracturas, etc.) pudo producir desviaciones en los cauces que fueron adquiriendo la dinámica necesaria para excavar las sinuosidades meandriformes.

## B - Meandros divagantes.

Los meandros de planicie aluvial son característicos de algunos tramos de los cursos bajos del río Pardinho y Arroyo Grande. Estos meandros libres tallan sus márgenes sobre aluviones reflejando el equilibrio entre el suave gradiente de los perfiles longitudinales, la carga fina transportada en suspensión y la resistencia homogénea de los depósitos aluviales.

En el río Pardinho se pueden diferenciar tres tramos meandriformes: el primero entre las confluencias de los arroyos Cerro da Mula y Urubé, con un índice de sinuosidad de 1,5 y un gradiente medio de 0,12%; el segundo entre las confluencias del primer tributario de la margen izquierda que describe un canal tipo yazoo y el arroyo Linha Andreas, la sinuosidad es de 1,6 y el gradiente 0,06%; el tercero entre la confluencia del arroyo Chagas y la desembocadura del colector principal, con sinuosidad de 1,7 y gradiente de 0,02%.

En el Arroyo Grande el tramo meandriforme se desarrolla entre las confluencias de los arroyos tributarios Levis Pedroso y Manoelito; el índice de sinuosidad corresponde a 1,6 y el gradiente a 0,03%.

Los valores de ambos cauces (Pardinho y Arroyo Grande) indican que la tendencia a adoptar trayectorias meándricas aumenta con la ampliación de la planicie aluvial y con la disminución de la pendiente del perfil longitudinal.

El hecho de que durante las crecidas las aguas recubran totalmente el lecho de inundación continuándose la colmatación, hace pensar que los meandros se forman y evolucionan en los periodos de aguas medias, cuando éstas retornan a su lecho aparente y conservan una potencia neta suficiente para excavar los cauces.

La existencia de meandros abandonados marginando las cauces actuales, indica su migración en el sentido de la corriente, al buscar calibrar los lechos a la dimensión de los meandros. Algunos meandros abandonados configuran lagos tipo oxbow, otros han sido colmatados y se reconocen porque carecen de aprovechamiento agrícola.

En el Arroyo Grande se observa: a) que es el único tributario de la planicie aluvial que no describe una trayectoria yazoo rectilínea, b) su prolongación imaginaria hacia el norte lo enlaza con el segundo tramo meandriforme del río Pardinho en un nivel altimétrico similar y c) la existencia en sus márgenes de meandros abandonados muy similares a los del colector principal. Podría aventurarse la hipótesis de que este tramo del Arroyo Grande pueda corresponder a un cauce primitivo del río Pardinho que fue abandonado en su migración hacia el oeste; desconectado del nuevo cauce más rectilíneo, el tramo pudo servir de colector de los arroyos Grande, Levis Pedroso y Manoelito ya que la potencia neta de los mismos difícilmente podría explicar un tramo de cauce con esta configuración.

Actualmente, los impactos producidos por la deforestación y uso agrícola en la mayor parte de la superficie de la cuenca deben estar alterando la dinámica fluvial y, consecuentemente, modificando la evolución de los tramos meandriformes descritos. El aumento de la carga en suspensión manifestada en la intensa turbidez de las aguas, los desbordamientos súbitos, la

desaparición del bosque galería, la remoción de la planicie de inundación para el cultivo de arroz, etc., avalarían esta apreciación.

### 3.2. Formas de acumulación.

Los modelados de acumulación fluvial expresan la pérdida de capacidad y competencia de transporte de las corrientes. En dichas formas se integran: a) la dinámica de las laderas, b) la capacidad de transporte de sedimentos hacia los cauces y a través de los cauces, y c) los desequilibrios energéticos entre cauces tributarios y colectores principales de una cuenca.

La dinámica de laderas y los procesos de transporte en las mismas condicionan el tipo y volumen de la carga aluvial. En la cuenca estudiada, las laderas dotadas de mayor dinamismo son las localizadas en el piedemonte; modeladas sobre materiales poco resistentes y escasamente permeables, sus mantos de alteración poseen una gran inestabilidad relacionada con procesos hídricos y gravitacionales que aportan a los cauces abundantes sedimentos arenosos y arcillosos.

Las laderas serranas modeladas en un sustrato resistente que admite gran infiltración, poseen mantos de alteración poco profundos y muy arcillosos, siendo bastante estables a pesar de sus acusadas pendientes. Estas laderas proporcionan una carga fina, transportada hasta los cauces por arroyada superficial, cuyo volumen varía en función del estado de conservación de la cobertura forestal y del uso agrícola.

Los tramos serranos y las cabeceras de algunos cauces del piedemonte poseen fuertes gradientes, lechos rocosos y cuencas de drenaje con pendientes muy acentuadas. Sus regímenes torrenciales súbitos les capacitan a transportar como carga de fondo los aluviones más groseros que tapizan determinados segmentos de sus lechos.

Los modelados de acumulación son característicos de los cursos medio y bajo del río Pardinho y se generan cuando el cauce abandona su tramo montano y alcanza la Depresión Central Gaucha a través del piedemonte.

A partir de la localidad de Sinimbu Alto (38 km. de recorrido), el gradiente longitudinal cae a 0,25%, las laderas del valle se separan progresivamente del eje de avenamiento y comienza a configurarse una estrecha planicie aluvial que se va ensanchando a medida que se amplía el área de drenaje y se van incorporando sectores de la cuenca dominados por una dinámica de laderas bastante activa.

Al entrar en la Depresión Central Gaucha donde el sustrato es más favorable a la divagación lateral del cauce y el gradiente se reduce a 0,07%, la planicie aluvial alcanza su anchura máxima de 5,5 km. entre Santa Cruz do Sul y Vera Cruz. Tras la confluencia del arroyo Manoelito, último tributario de relativa significación, la planicie se entreccha a 1 km.

Los aumentos de carga y la disminución progresiva del gradiente favorecen la colmatación del valle al producirse desequilibrios energéticos entre los afluentes y el colector principal. Las

formas de acumulación más expresivas en la cuenca estudiada son la actual llanura de inundación, varios niveles de terrazas longitudinales y pequeños conos de deyección.

### 3.2.1. Llanura de inundación.

La actual llanura posee unos 20 km. de longitud, una anchura media bastante regular de 2,5 km. y una pendiente media de 0,1%. Varias veces por año, en invierno y primavera, la superficie permanece bajo las aguas de crecida; la escasa permeabilidad de los materiales arcillosos del sustrato y el componente también arcilloso de los aluviones, favorecen inundaciones muy rápidas y la permanencia de las aguas durante varios días.

No se ha podido conocer el espesor del manto aluvial en la llanura inundada. El canal de estiaje de 30 a 50 m. de anchura, se encaja entre 5 y 8 m. en los aluviones configurando márgenes subverticales que permiten observar algunas características de los depósitos: en sus secciones no se perciben materiales górsicos, solamente arenas finas, limos y arcillas sin estratificar; los depósitos más superficiales son muy arcillosos y se cuartejan por efecto de la desecación; su color es pardo claro.

En el fondo del lecho menor se encuentran barras longitudinales de arena y gravas bien rodadas de cuarzo, vidrios y calcedonia, materiales que han resistido a la alteración química. Sus diámetros máximos no superan los 4 cm.

Este contraste entre los materiales y la configuración de los lechos mayor y menor expresa el predominio de procesos de decantación sobre el primero y de transporte y excavación sobre el segundo que se traducen en el fuerte desnivelamiento existente entre ambos y la configuración abrupta de las márgenes del canal de estiaje.

Sobre la llanura de inundación se localizan el segundo y tercer tramos mandriformes del río Pardiniho, ambos conectados por un tramo de menor sinuosidad entre las confluencias de los arroyos Linha Andreas y Chagas que coincide con la migración del cauce hacia el oeste.

Todos los cauces tributarios en esta zona desvían sus trayectorias a partir del momento en que penetran en la llanura de inundación, describiendo durante varios kilómetros trayectorias yazoo. Los cambios bruscos en las orientaciones iniciales expresan el efecto causado por diques marginales o levées del cauce principal; constituidos por depósitos arenosos abandonados por las aguas de crecida al comenzar a desbordarse sobre la llanura, suponen un obstáculo que fuerza el desvío de los cauces secundarios. Los trazados sensiblemente rectilíneos corren paralelos al cauce principal acompañando el gradiente de la planicie hasta que se incorporan al talweg principal.

Contrastes entre lecho de inundación y canal de estiaje, alternancia de tramos meandriformes y rectilíneos, migración lateral de los cauces, abundancia de meandros abandonados y canales yazoo, son todos fenómenos bien expresivos de la activa morfodinámica que caracteriza a la llanura de inundación de la cuenca estudiada.

Hace menos de siglo y medio la llanura estuvo recubierta por un bosque galería denso que produjo un efecto selectivo en la distribución de los aluviones y lentos procesos de decantación de los materiales finos. La deforestación, el aprovechamiento de los suelos con cultivos de arroz que exigen la construcción de canalizaciones y nivelamientos para garantizar una regular distribución de las aguas y las repoblaciones de eucaliptos en las áreas peor drenadas, son actuaciones locales que se han sumado a las sufridas por el resto de la cuenca para contribuir a alterar la morfodinámica de la planicie de inundación.

### 3.2.2. Terrazas fluviales.

Varios niveles de terrazas se pueden diferenciar por encima de la actual llanura de inundación. Su identificación topográfica está dificultada por haber perdido su fisonomía inicial y carecer de límites marcados por escarpes o abruptos topográficos. Los diferentes niveles atestiguan los cambios cuaternarios en la dinámica del río Pardino.

Es sabido que el escalonamiento de terrazas fluviales se debe a cambios climáticos y/o eustáticos que provocan alteraciones en las condiciones hidrodinámicas de las corrientes fluviales. En las regiones meridionales del Brasil atlántico, J. J. BIGARELLA y M. R. MOUSINHO (1965, pp. 153-197) relacionan la formación de terrazas aluviales con fases de acumulación en períodos secos o con elevaciones del nivel de base general que posibilitaron el desarrollo de planicies aluviales, y fases de excavación en períodos húmedos o rebajamientos del nivel de base que propiciaron el encajamiento de los cauces y la excavación lateral de los depósitos de la fase anterior.

Procesos posteriores a la formación de las terrazas, relacionados con acumulaciones de depósitos de ladera que fosilizaron sus límites superiores, y modelados de incisión lineal combinados con movimientos de masa en los primitivos escarpes, han contribuido a descaracterizar su fisonomía. Esta evolución les confiere un aspecto de rampas más o menos abruptas o suaves y orientadas hacia el eje actual de avenamiento.

Se han podido diferenciar cinco niveles de terrazas aluviales:

- La  $T_1$  corresponde al nivel más reciente y, por tanto, topográficamente más próximo al nivel de base local constituido por la llanura de inundación de la que se encuentra desnivelada por unos 10 m. En su delimitación se han utilizado como criterios la altitud máxima alcanzada por las aguas de inundación y la ruptura de pendiente que marca la transición hacia los modelados de laderas convexas en *coxilhas* o hacia el nivel  $T_2$ . Su identificación más clara en el paisaje la constituye el uso agrícola con aprovechamiento de pastos o cultivos anuales diferentes del arroz inundado.

Mejor conservada en la margen derecha y con sólo dos retazos en la margen izquierda sobre los que se expande el área urbana de Santa Cruz do Sul, su preservación en la primera y desmantelamiento en la segunda podría, tal vez, relacionarse con la migración hacia el oeste del cauce del río Pardino que, en su proceso de desplazamiento, no ha tenido tiempo para desmantelar los retazos más orientales.

No ha sido posible encontrar ninguna sección expuesta que permita observar la composición y estructura de los depósitos.

- La  $T_2$  se conserva en tres pequeños fragmentos localizados en la margen derecha y desnivelados entre 15 y 20 m. sobre el eje de avenamiento actual. Aguas arriba de Vera Cruz y Santa Cruz do Sul, este nivel aluvial pasa a constituirse en planicie aluvial continua a lo largo de ambos márgenes del cauce que, con una anchura de 20 a 30 m., se encaja en ella de 5 a 8 m. Sus límites laterales enlazan con laderas complejas solifluídicas cuyos depósitos enmascaran el contacto, o con laderas más estables a través de un cambio de pendiente más nítido.

Las crecidas invernales que aguas abajo inundan la llanura aluvial, no afectan su superficie como lo demuestra la existencia de pequeñas aldeas, viviendas aisladas, vías de comunicación y un intenso aprovechamiento agrícola hasta las márgenes del cauce fluvial.

Las secciones que pueden observarse en los escarpes subverticales que marginan el cauce, no presentan depósitos de gravas o de guijarros ni estratificación de los aluviones (arenas finas, limos y arcillas), no habiendo, por tanto, diferencias significativas con el perfil descrito en la actual llanura de inundación.

El hecho de que en el cauce del río se encuentren rápidos originados por barras transversales de basalto, hace pensar que la composición de los depósitos de la  $T_2$  carece de aluviones groseros ya que el talweg ha sido excavado hasta materiales resistentes que debieron constituir la base de la acumulación.

Los depósitos del cauce actual son potentes barras de arena y gravas groseras de hasta 10 cm. de diámetro, formadas por basalto y gruesos nódulos de calcedonia no fracturados.

- La  $T_3$  aparece desnivelada entre 15 y 20 m. por encima del nivel  $T_2$ . Se conserva en un fragmento situado en la margen derecha del valle entre la localidad de Rio Pardo y la confluencia del arroyo Urubé. Aguas arriba de la localidad de Vila Josefa, este nivel aluvial pasa a configurar una planicie de acumulación similar a la descrita para el nivel  $T_2$  que se estrecha progresivamente a medida que las vertientes del valle se aproximan.

Su límite superior es nítido cuando enlaza con laderas estables; cuando la transición se produce hacia el nivel superior de acumulación constituido por la  $T_4$ , el contacto aparece desdibujado.

La  $T_3$  tampoco está afectada por las aguas de crecida y su aprovechamiento agrícola es muy intenso. El cauce del río Pardo tiene una anchura variable y su encajamiento en el manto aluvial no supera los 5 m. La carga de canal es más grosera llegando a alcanzar los 15 cm. en los diámetros unitarios mayores. También son frecuentes los rápidos que originan cortos segmentos de lecho rocoso.

En las secciones definidas por los escarpes marginales al cauce, se observa por primera vez una incipiente estratificación de los depósitos aluviales expresada en acumulaciones lenticulares de gravas basales cuyas dimensiones no pudieron ser apreciadas por dificultades de acceso.

- La  $T_4$  se conserva en cinco pequeños fragmentos localizados entre Vila Josefa y Sinimbu, cuatro de ellos situados en la margen derecha del cauce actual. Desnivelados entre 15 y 20 m. sobre el nivel  $T_3$  y descaracterizados topográficamente por configurar rampas hacia el nivel de acumulación inferior, su identificación como depósitos fluviales ha sido posible gracias a las trincheras recién abiertas por la carretera que conduce a Sinimbu.

Las secciones de los perfiles cortan lechos horizontales de gravas basálticas bien redondeadas, de hasta 10 cm. de diámetro, cuya orientación los asocia claramente a depósitos de lecho fluvial, intercalados por estratos de aluviones finos (arenas y limos) de color rojizo y con espesores de hasta 30 cm. Sobre los depósitos aluviales existe una cobertura de arcillas y arenas envolviendo fragmentos angulosos; estos depósitos coluviales configuran rampas que fosilizan el nivel aluvial y se relacionan a laderas con estratos de arenisca Botucatu.

Tanto los aluviones groseros (gravas) del nivel  $T_4$  como los encontrados en el  $T_3$  podrían corresponder a los denominados por J. J. BIGARELLA y M. R. MOUSINHO (1965) *terraços com cascalheiros*. En la cuenca estudiada, tales acumulaciones, así como los depósitos coluviales superpuestos, deben relacionarse con una dinámica fluvial y de laderas muy activa dada la fuerte energía del relieve serrano.

- La  $T_5$ . Sobre las divisorias de aguas del extremo meridional de la cuenca se conservan fragmentos de depósitos aluviales coronando las colinas más elevadas en altitudes superiores a 80 m. En relación a la planicie de inundación actual están desnivelados entre 70 y 75 m.

Es importante adelantar que, como se verá más adelante, este nivel de acumulación, a diferencia de los anteriores, no debe relacionarse a la dinámica fluvial específica de la cuenca del río Pardino sino a la del río Pardo, dentro de la que se integra la cuenca estudiada.

Las trincheras de la carretera que conduce de Vera Cruz a Vila Progresso (interfluvio derecho) y la excavación producida por un camino en la acumulación localizada sobre la divisoria izquierda, permiten observar su composición. En ambos casos aparecen fragmentos redondeados de basalto alterado con diámetros entre 5 y 15 cm., grandes nódulos de calcedonia no fracturados de hasta 20 cm. y fragmentos menores de vidrios y cuarzo centimétricos. Estos materiales groseros carecen de estratificación aparente y están envueltos en una matriz arcillosa de color rojizo.

Si efectivamente se trata de acumulaciones fluviales, su aspecto se diferencia bastante del que comunmente se atribuye a los aluviones. Tal vez su apariencia pueda derivarse de condiciones ambientales de deposición que se desconocen sumadas a procesos posteriores de alteración ferralítica no funcionales en la actualidad. No obstante, las morfologías horizontales que originan y su disposición planimétrica respecto a los cauces, tanto del río Pardino como de los adyacentes, y el hecho de encontrar morfologías similares coronando interfluvios próximos que han sido identificadas como terrazas altas en estudios anteriores,<sup>1</sup> induce a considerarlas como tales.

<sup>1</sup> La ciudad de Rio Pardo, localizada al sureste de la cuenca estudiada, se levanta sobre una morfología muy similar que ha sido identificada como terraza fluvial por MONTARDO, D. K. (1982).

Podría aventurarse la hipótesis de que corresponden a depósitos aluviales muy antiguos, tal vez relacionados a una primitiva planicie de inundación del río Pardo. Un posterior encajamiento de la red hidrográfica y posibles procesos de endurecimiento superficial por laterización en condiciones climáticas diferentes a las actuales, habrían contribuido a su conservación originando un fenómeno de inversión del relieve.

### 3.2.3. Conos de deyección.

Los cauces serranos que alcanzan su nivel de base en la planicie de acumulación del río Pardino ( $T_2$  y  $T_3$ ) han desarrollado pequeños conos de derrubios que topográficamente se confunden con la superficie de los depósitos coluviales que enmascaran el contacto de las terrazas con las laderas del valle.

Su identificación fue posible gracias a la abertura de zanjas para canalización de arroyos bajo vías de comunicación. La sección del perfil muestra cantos angulosos y heterogéneos de 5 a 15 cm., caóticamente distribuidos en una matriz arenoarcillosa de color pardo amarillento. Superficialmente están recubiertos por un manto limoarcilloso más oscuro con espesor aproximado de un metro, sobre el que se ha desarrollado suelo vegetal y está colonizado por vegetación arbustiva espontánea o gramíneas de los *potreiros*.

No parece haber duda de que correspondan a antiguos conos no funcionales tapizados posteriormente por depósitos más finos también de origen fluvial.



#### 4. EL MODELADO DE LAS LADERAS Y FORMAS MENORES.

En el sistema morfogenético de la cuenca estudiada, el elemento laderas cobra una significación especialmente relevante ya que se identifica con la mayor parte de su paisaje geomorfológico. Como se ha visto con anterioridad, la morfología y la dinámica de laderas condiciona el comportamiento de los flujos y, por tanto, la propia dinámica de todo el sistema.

A escala de macromodelados, las laderas expresan los grandes rasgos morfológicos derivados de la disecación diferencial en los materiales resistentes de la zona serrana y de la disecación homogénea en los materiales deleznales de la zona llana.

A escala de mesomodelados, las laderas de la cuenca pueden agruparse en grandes conjuntos diferenciados por el grado de estabilidad derivado de la interacción entre pendientes, alteración diferencial de los materiales y comportamiento hidrológico de los afloramientos del sustrato y de las formaciones superficiales.

A escala de micromodelados, las laderas muestran diferencias unitarias por su sensibilidad ante procesos morfogenéticos recientes o funcionales que les confieren una evolución característica y diferenciada.

Considerando conjuntamente morfología, grado de estabilidad y sensibilidad ante los procesos modeladores funcionales, se han diferenciado tres grandes conjuntos: laderas complejas con acusado control estructural, laderas complejas sometidas a procesos solifluidales y laderas convexas en *coxilhas*.

##### 4.1. Laderas complejas con acusado control estructural.

Los valles serranos poseen, en general, vertientes con perfil escalonado resultante de la sucesión de tramos con diferente pendiente cuyas rupturas expresan la impronta estructural del dispositivo litológico (Figura 64). Los segmentos con menor declive corresponden a rellanos estructurales desarrollados sobre el techo de las diferentes coladas basálticas o sobre estratos areniscosos intertrapp; los segmentos verticales o subverticales son escarpes basálticos. Ambas formas han sido descritas con anterioridad. En estos valles se encuentran también vertientes rectilíneas con declive muy acentuado reflejando un perfil richter de equilibrio.

Las fuertes pendientes que caracterizan a las laderas serranas y la naturaleza esencialmente basáltica de las rocas del sustrato, han condicionado el desarrollo de perfiles de alteración incompletos y poco profundos que carecen de horizonte II.

El diaclasamiento de los basalto ha favorecido la percolación de las aguas entre los bloques y el ensanchamiento de los planos de discontinuidad por alteración progresiva de las superficies de los bloques que se descomponen esferoidalmente permitiendo el desarrollo del horizonte III. La alteración isovolumétrica que afecta a sus superficies ha ocasionado la formación de una cobertura

arcillosa, esencialmente caolinítica (horizonte I), que por su escasa permeabilidad dificulta el progreso del frente interno de alteración.

A efectos morfogénéticos, las laderas serranas poseen el doble frente de ataque descrito por J. TRICART (1974, pp. 56-63): a) uno subterráneo que progresa a expensas de la alteración química originando la descomposición esferoidal de los basaltos y b) otro aéreo que evoluciona por procesos de ablación mecánica a expensas de las alteritas arcillosas móviles.

La cobertura forestal que protegía el horizonte I contribuyendo también a su desarrollo, ha desaparecido de la mayor parte de las laderas. Las roturaciones y el uso agrícola han ralentizado el avance del frente subterráneo de alteración y favorecido la actuación del frente de ablación mecánica superficial. En buena parte de las laderas cultivadas, el horizonte I se encuentra en vías de desaparición y el basalto esferoidal del horizonte III aflora en dorsos de ballena con dimensiones variables.

En laderas que conservan cobertura forestal y cuya sección pudo ser observada en cortes efectuados por caminos, se detectó en el horizonte I la presencia de stone lines de unos 4 cm. de espesor, dispuestas paralelamente a la superficie y constituidas por fragmentos de cuarzo, calcedonia y vidrios con dimensiones inferiores a 3 cm. Los pavimentos detríticos están recubiertos por un manto arcilloso de hasta 50 cm.

J. TRICART (1974, pp. 287-290) atribuye a estas nappes de gravats una significación paleoclimática. Resultarían de oscilaciones climáticas relativamente antiguas, con sucesión de un período seco que posibilitó la decapitación de las laderas y la formación de pavimentos de guijarros, seguido de un período más húmedo y con cobertura vegetal más densa que permitió el enterramiento de los pavimentos por procesos de coluvionamiento o por acción de termitas.

Son laderas estables con perfiles regularizados como lo demuestra la cobertura boscosa. Bajo el bosque, los procesos modeladores se limitan al lento avance de la superficie de alteración profunda y a migraciones individuales de partículas (creeping) o a desplazamientos producidos por caídas de árboles o acciones de animales cavadores en el frente de ablación mecánica.

Los desprendimientos gravitacionales de bloques introducen cierta inestabilidad en los escarpes rocosos aunque sólo afectan muy localizadamente a estos segmentos de las laderas.

La dinámica de equilibrio que las caracterizaba comenzó a ser alterada al ser sustituida la vegetación forestal espontánea por otra cultivada que posibilita la acción pluvial directa y la escorrentía superficial, provocando el desarrollo de procesos mecánicos de ablación antes inexistentes. Sus efectos se manifiestan en desgarros del tapiz herbáceo, pérdidas de suelos por splash, arroyada difusa y laminar, y rigolización por arroyada concentrada. Las rigolas de las parcelas cultivadas suelen evolucionar hacia surcos profundos cuando una ruptura de pendiente o un camino favorecen la concentración de los flujos.

Una vez desaparecida la cobertura arcillosa más superficial, la ablación de las laderas se ve ralentizada por el afloramiento del horizonte de alteración III, disminuyendo los efectos erosivos al dispersarse los flujos.

Pérdida de suelos, desgarros, rigolas y surcos son manifestaciones típicas de erosión acelerada derivadas de la intervención antrópica en las laderas más vigorosas y con marcado control estructural de la cuenca estudiada.

#### 4.2. Laderas complejas solifluidales.

Las laderas de piedemonte modeladas sobre areniscas eólicas Botucatu y limos y areniscas fluviales Caturrita, constituyen un conjunto caracterizado por perfiles muy irregulares cuyas pendientes medias oscilan entre 20 y 25%. En general están coronadas por escarpes o abruptos topográficos de los afloramientos basálticos. Sus perfiles (Figura 65) dibujan segmentos convexos intercalados con ligeras concavidades o tramos con menor pendiente. Estas laderas son responsables por el desarrollo de valles en cuna cuando sus aportes coluviales ahogan los cauces.

Los segmentos modelados sobre areniscas son poco significativos y se limitan a tramos cortos localizados inmediatamente debajo de algunos escarpes. En las areniscas, el perfil de alteración está bastante desarrollado ya que la roca sana sólo aflora en los nichos dejados por deslizamientos muy recientes. El cemento ferruginoso facilita la descomposición química de estas rocas provocando un avance rápido de la superficie de alteración profunda y facilitando el desarrollo de un manto de alteración arenoso cuya permeabilidad propicia la permanente humectación de la superficie de la roca sana y el avance de la alteración.

Los limos carentes de cohesión dificultan el desarrollo de perfiles de alteración profundos; el modelado se produce directamente sobre los propios materiales o sobre eventuales depósitos coluviales arenosos. El hecho de que en la formación Caturrita lechos de arenisca alternen con potentes lechos de limos les confiere una respuesta morfogenética muy peculiar que, combinada con la de las formaciones arenosas de alteración, origina una compleja morfología de laderas.

La permeabilidad de las arenas favorece la imbibición y saturación de los limos, a la que contribuyen también la percolación profunda de los basaltos diaclasados que coronan las laderas y la impermeabilidad de los limos arcillosos subyacentes de la formación Santa Maria. Frecuentes surgencias de agua atestiguan la existencia de mantos freáticos colgados y cortados por los planos inclinados de las laderas.

Saturados de agua, los limos se constituyen en superficie lubricante sobre la que deslizan los paquetes diaclasados de arenisca suprayacente. Las movilizaciones observadas son de tipo rotacional, con nichos de despegue muy nítidos y lóbulos basales que pueden observarse en los valles de los arroyos Preto y de la Pedreira; en estos locales, los deslizamientos son muy frescos y arrastran, en época de lluvia, las precarias construcciones clandestinas de la periferia urbana de Santa Cruz do Sul.

La capa de limos saturados de agua se desplaza también en dirección de las pendientes configurando lóbulos convexos en las zonas de acumulación y segmentos ligeramente cóncavos en las de despegue. Son deformaciones de un modelado típicamente solifluidal que origina el desplazamiento de los finos inconsolidados. Sobre todas las superficies de las laderas se observan micromodelados de terracillas y tepes.

La dinámica ocasionada por procesos hídricos de considerable intensidad torna estas laderas muy inestables. Originariamente estuvieron protegidas por vegetación forestal que contribuyó a mantener su dinámica de equilibrio; la deforestación, el uso agrícola y la expansión urbana de Santa Cruz do Sul han contribuido a desestabilizarlas. Las diferentes orientaciones adoptadas por los troncos de los árboles en las laderas del parque Gruta dos Índios (valle del arroyo Preto) sin que su crecimiento aparezca deformado, los frecuentes deslizamientos en la zona urbana, las grietas que afectan a las construcciones edificadas sobre estas laderas, etc., atestiguan su inestabilidad.

#### 4.3. Laderas convexas en *coxilhas*.

Sobre los interfluvios de la zona llana de la cuenca se ha desarrollado un modelado de colinas alargadas de escasa altura (20 a 40 m.) y laderas convexas cuyas bases enlazan con planicies de acumulación fluvial (Figura 66). Este modelado es típico de la Campanha gaucha y ocurre tanto sobre litologías arcillosas como arenosas inconsolidadas. Los perfiles longitudinales de las colinas se asemejan ligeramente al contorno de la hoja de las cuchillas o navajas utilizadas por los antiguos gauchos, razón por la que se ha generalizado la denominación de *coxilhas* para este tipo de formas.

En la cuenca estudiada las laderas convexas tienen pendientes que oscilan entre 2,4 y 4%. Aparecen siempre modeladas sobre los limos arcillosos de la formación Santa Maria y, en el caso del interfluvio izquierdo, sobre los coluvios arenoarcillosos cuaternarios que fosilizan los materiales triásicos.

En el interfluvio derecho las colinas estuvieron tapizadas por vegetación forestal que ha desaparecido en su totalidad, siendo el aprovechamiento agrícola muy intenso. En el modelado de las colinas de este interfluvio hay que suponer una evolución compleja basándose en la constatación de dos fenómenos: a) el hecho de aparecer un nivel de acumulación fluvial ( $T_5$ ) por encima de los 80 m. de altitud coincidiendo con la topografía más elevada y b) por encontrar lechos de stone lines en las secciones de las laderas adyacentes a la  $T_5$ .

El modelado en colinas debe ser posterior a la acumulación fluvial y puede haberse originado en una fase climática favorable a la incisión lineal de los cauces que ocasionó el desmantelamiento de los depósitos aluviales haciendo aflorar el sustrato limoarcilloso. La homogeneidad e impermeabilidad que caracteriza a estos materiales pudo favorecer el desarrollo de procesos de arroyada difusa y laminar que modelaron las laderas convexas de las colinas. Los aportes coluviales de finos transportados por arroyada hasta los talwegs se evacuaron con facilidad evitando la formación de concavidades basales en las laderas.

Las stone lines constituidas por un pavimento de guijarros de 3 a 5 cm. de espesor recubierto por un manto arcilloso de 30 a 40 cm., pardo oscuro, con suelo vegetal penetrado de raíces, sólo podrían tener una significación genética relacionada, tal vez, a procesos solifluidales que desparramaron sobre las laderas los materiales menos alterados de la terraza superior.

En el interfluvio izquierdo no fueron observadas stone lines, lo que podría explicarse por el hecho de que si realmente existen no fueron halladas. También aquí se conserva un retazo de acumulación fluvial, correspondiente a la T<sub>5</sub>, en el extremo más meridional. Estas laderas estuvieron recubiertas por vegetación *campestre*.

La principal diferencia entre ambos interfluvios radica en la existencia sobre el izquierdo de una cobertura coluvial arenoarcillosa que se inicia en la ladera meridional del arroyo Levis Pedroso. Esta cobertura tapiza las colinas a partir de los 60 m. de altitud sin que, aparentemente, produzca variaciones en el perfil convexo de las laderas. Sobre la misma se desarrollan *voçorocas*,<sup>1</sup> los modelados erosivos más espectaculares de la zona llana de la cuenca.

R. AVÉ-LALLEMANT (1980, p. 171) que recorrió la región en marzo de 1.858 cuando las prácticas agrícolas eran casi inexistentes en la zona, describe estas formas de erosión y el proceso que las genera: "*As águas pluviais ninam o duro solo relvado e formam regatos subterraneos, muito extensos, enquanto cheios de água corrente. Vindo a estiagem e adelgaçando-se a crosta de terra que as cobre, precipitam-se para o interior da terra pedaços inteiros, formando poços de 16 a 20 pés de diâmetro e pelo menos outro tanto de profundidade*".

Una *voçoroca* es una forma típica de incisión lineal que a modo de cárcava o barranco se desarrolla en materiales inconsolidados y en cuya génesis se combinan arroyamiento superficial, suffosión y deslizamientos. En la zona estudiada, adoptan forma oval y carecen de digitaciones acentuadas. Sus dimensiones mayores llegan a alcanzar 120 m. de longitud por 40 o 50 m. de profundidad. Las mejor desarrolladas sitúan sus cabeceras próximas a las cimas de las colinas y rasgan las laderas hasta la base.

Todas poseen flujo basal concentrado, manifestaciones de piping y pequeños conos de deyección planos en su extremidad inferior. Los márgenes laterales ganan altura en dirección a las cabeceras que adoptan una configuración semicircular. Tanto los márgenes como las cabeceras tienen sus perfiles abruptos interrumpidos por deslizamientos paralelos de tepes. Los fondos son planos y se van ampliando hacia abajo. Algunas *voçorocas* aparecen colonizadas por vegetación herbácea y arbustiva, lo que hace suponer que se encuentran en proceso de estabilización.

J. TRICART (1974, pp. 277-281) atribuye la formación de las *voçorocas* o lavakas a rupturas del equilibrio morfogenético derivadas de la intervención antrópica, aunque admite que, en algunos casos, puedan deberse a oscilaciones climáticas secas. Esta segunda interpretación se adapta mejor al origen de las *voçorocas* de la cuenca estudiada, dado que ya parecen existir antes del aprovechamiento agrícola de las tierras.

El área en que se desarrollan estos modelados erosivos coincide con la parte de la cuenca que recibe menor volumen de precipitaciones durante el verano, otoño y primavera (menos de 375 mm. en cada estación) contrastando con la intensa pluviosidad invernal (más de 425 mm.). Esta ligera irregularidad en el régimen anual de precipitaciones, la más acentuada de la cuenca, favorece la percolación e imbibición de los coluvios arenoarcillosos cuando reciben las primeras lluvias invernales. Las aguas saturan los limos arcillosos basales tornándolos impermeables y

<sup>1</sup> En Madagascar se atribuye a formas similares la denominación de «lavakas».

posibilitando un intenso flujo hipodérmico que genera fenómenos de piping o suffosión propiciando el desarrollo de *voçorocas* a partir del desarrollo de formas iniciales de incisión lineal.

Actualmente se observa un intenso uso agrícola y la utilización de maquinaria pesada hasta los márgenes de las *voçorocas*, lo que lleva a suponer que se está comprometiendo su precaria estabilidad.

Además de las formas erosivas descritas, los tramos basales de las laderas convexas modeladas directamente sobre los limos arcillosos del sustrato y cuyas superficies están recubiertas por gramíneas de *potreiros*, presentan problemas generalizados de gully erosion. Siempre que un cambio de pendiente o la abertura de un camino crean condiciones favorables a la concentración de la arroyada, las aguas excavan surcos (gullys) que evolucionan con gran rapidez por erosión remontante de las cabeceras hasta configurar cárcavas. Cuando están bien desarrolladas, adoptan una configuración digitada, alcanzando hasta 40 m. de longitud por 30 m. de anchura y 4 m. de profundidad.

Poseen fondos planos tapizados de arcilla y configuran microconos aluviales llanos. Los márgenes laterales y la cabecera son subverticales, con perfiles irregulares por el deslizamiento de tepes. A nivel de micromodelado son similares a las *voçorocas*, diferenciándose de ellas en las dimensiones y, principalmente, en la ausencia de flujo hipodérmico aparente que ocasione fenómenos de piping.

En el área estudiada, su actividad se manifiesta en que estas cárcavas no consiguen ser colonizados por las gramíneas y en la frescura de los desgarros de sus laderas por desplazamientos de tepes. Un campesino declaró que en sólo veinte años había visto nacer y crecer en su *potreiro* un barranco de este tipo en el que pudo medirse una longitud de 25 m. Ciertamente, el pisoteo del ganado contribuye a acelerar la dinámica de estas formas erosivas.

Otro modelado característico de las laderas convexas viene dado por el patrón semicircular de las cabeceras de los arroyos, perfectamente apreciable en las fotografías aéreas. Su contorno se define por una brusca ruptura de pendiente en relación a la ladera; este ángulo vivo hace pensar que se trata de cabeceras bastante activas que retroceden paralelamente a sí mismas a pesar de que sus fondos aparezcan colonizados por vegetación arbórea y arbustiva. El difícil acceso motivado por el enmarañado vegetal limitó las observaciones realizadas a la parte superior de las cabeceras, por lo que se desconoce su morfología interna así como indicios de su comportamiento hidrológico.

## CONCLUSIONES

A escala del conjunto de la cuenca, los grandes rasgos del macrorrelieve derivan de procesos morfogenéticos de larga duración relacionados a cambios climáticos, al componente litotectónico y a la disecación fluvial.

La evolución genética ha estado condicionada por la apertura terciaria de la Depresión Pariférica Gaucha cuyo desarrollo definió, en la zona objeto de estudio, la individualización de las unidades geomorfológicas: Planalto, Serra Geral y Depresión del río Jacuí. En esta primera etapa

se modelaron a partir del Plioceno las superficies de erosión superior ( $S_1$ ) e inferior ( $S_2$ ) y se crearon las condiciones necesarias para la organización de una red hidrográfica anaclinal en el reborde meridional del Planalto (Serra Geral).

La disposición estratigráfica horizontal de los materiales sedimentarios y volcánicos del sustrato geológico, su diferente resistencia relativa y los cambios climáticos y eustáticos que se sucedieron a lo largo del Cuaternario, favorecieron el progresivo encajamiento de la red fluvial, el desarrollo de las laderas que configuran los valles, las diferentes formas de modelado de los cauces y los sucesivos niveles de acumulación fluvial.

Las formas de modelado de la cuenca expresan los cambios morfogenéticos originados por fases de estabilidad e inestabilidad natural. Su evolución resulta de la actuación de procesos de erosión natural (ablación y acumulación) que imprimieron un dinamismo diferente a la región en cada una de las fases.

El sistema morfogenético vigente en la actualidad se relaciona con las condiciones ambientales propias del dominio subtropical húmedo que se ejercen a partir del Holoceno. La presencia constante de humedad en el suelo, las temperaturas elevadas durante la mayor parte del año y una acción biológica intensa, han contribuido al desarrollo de mantos de alteración, esencialmente arcillosos, cuya profundidad varía en función de la respuesta diferenciada de las litologías a los procesos de meteorización química, de la energía del relieve y del tipo de cobertura vegetal. La acción fluvial refleja también los procesos de alteración diferencial en la conservación de perfiles longitudinales cuya regularización está dificultada por la inhibición de la erosión remontante de cabeceras.

La dinámica morfogenética derivada del equilibrio morfoclimático se ha debido mantener inalterada hasta que, a mediados del siglo pasado, la acción antrópica se incorpora como un factor más a condicionar la evolución del sistema morfogenético de la cuenca. La intervención antrópica ha supuesto el desencadenamiento de procesos de erosión acelerada, inducidos directa o indirectamente por las actividades agrícolas, cuyos efectos son perceptibles a escala histórica. La profunda alteración sufrida por la cubierta vegetal espontánea, tanto forestal como campestre, y el uso agrícola de la tierra han acelerado los procesos de erosión natural tornando más eficaz su acción morfogenética y ocasionando la aparición de nuevos procesos modeladores.

La eficacia de la erosión acelerada varía espacialmente en función de las características de los horizontes de alteración, la coherencia del sustrato aflorante, la presencia o ausencia de depósitos inconsolidados y la pendiente de las laderas. Sus efectos se evidencian en la degradación de los suelos, la aparición de nuevas formas de modelado y la reactivación de formas que parecían estabilizadas.

En las laderas serranas, la desaparición del bosque, las roturaciones, la puesta en cultivo y la práctica de la quema han propiciado los procesos de erosión pluvial, la aceleración de la arroyada laminar y difusa, y la aparición de procesos de rigolización y gully erosion por arroyadas concentradas. Sus efectos se manifiestan en decapitación y enterramiento de suelos, desgarros en el tapiz vegetal y afloramientos locales del horizonte III de alteración.

En las laderas de piedemonte y zona llana de la cuenca, la deforestación y los usos agrícolas, pecuarios y urbanos han contribuido a acelerar la erosión pluvial, las diferentes formas de arroyada y los procesos solifluidales cuya dinámica estaba controlada anteriormente por la retención efectuada por las raíces arbóreas o herbáceas. Sus efectos se manifiestan en suelos decapitados, terracillas de solifluxión, acarcavamientos, deslizamientos y reversión de los procesos de estabilización de las *voçorocas*.

Los efectos más perceptibles de la actuación antrópica en el modelado fluvial se manifiestan en desplomes de paquetes de arenas y limos en los márgenes abruptos de los canales de estiaje, relacionados directamente con la deforestación y puesta en cultivo de los márgenes aluviales e indirectamente con la alteración del ciclo hidrológico del conjunto de la cuenca vertiente por las actuaciones introducidas en sus laderas.

Los fenómenos descritos ponen en evidencia la fragilidad de una cuenca hidrográfica en la que en menos de 150 años se ha desencadenado una ola de erosión cuyas previsible consecuencias amenazan su precario equilibrio morfodinámico y la propia supervivencia de la comunidad campesina local.



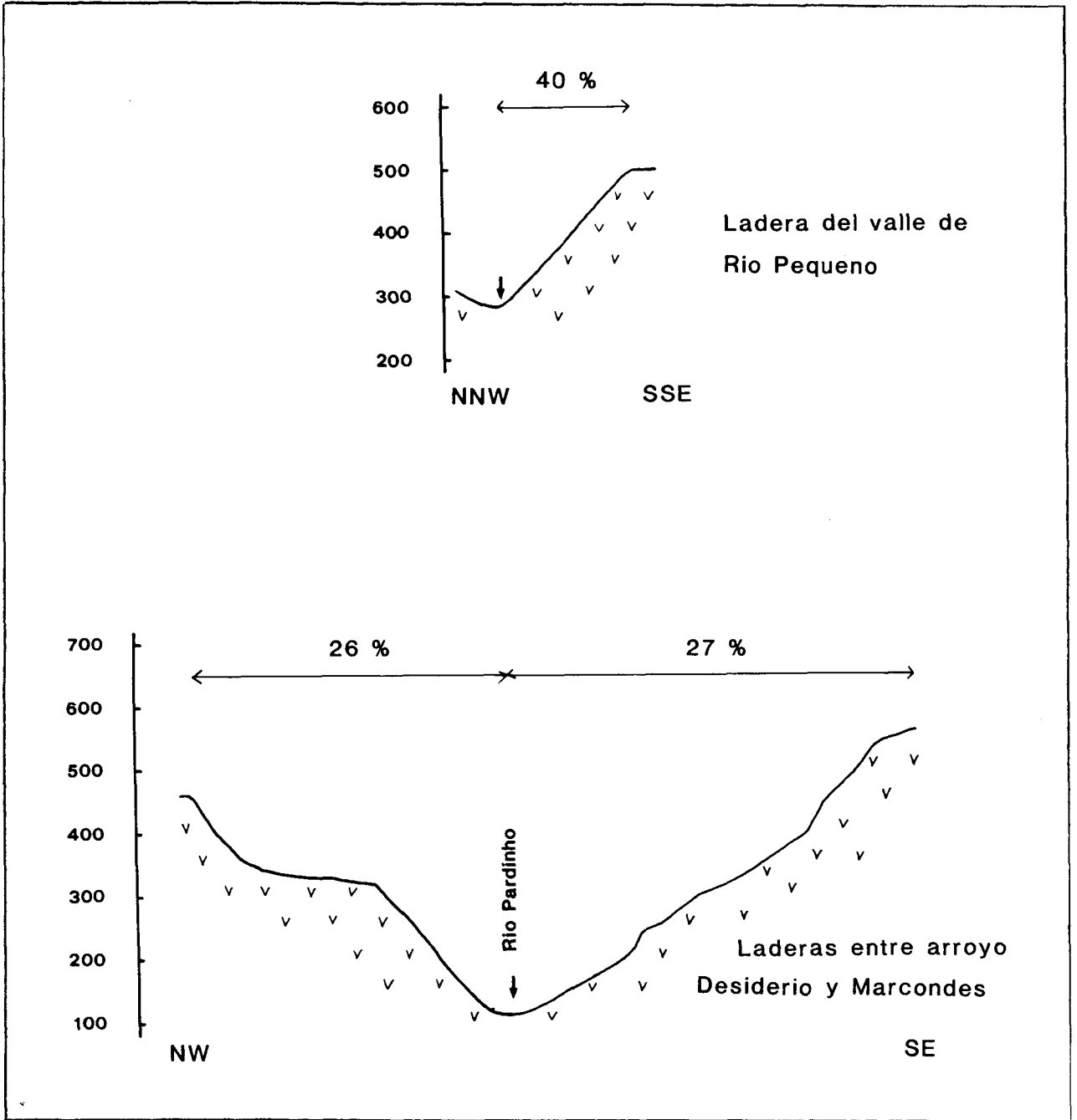


Figura 64. Perfiles de laderas complejas con marcado control estructural.

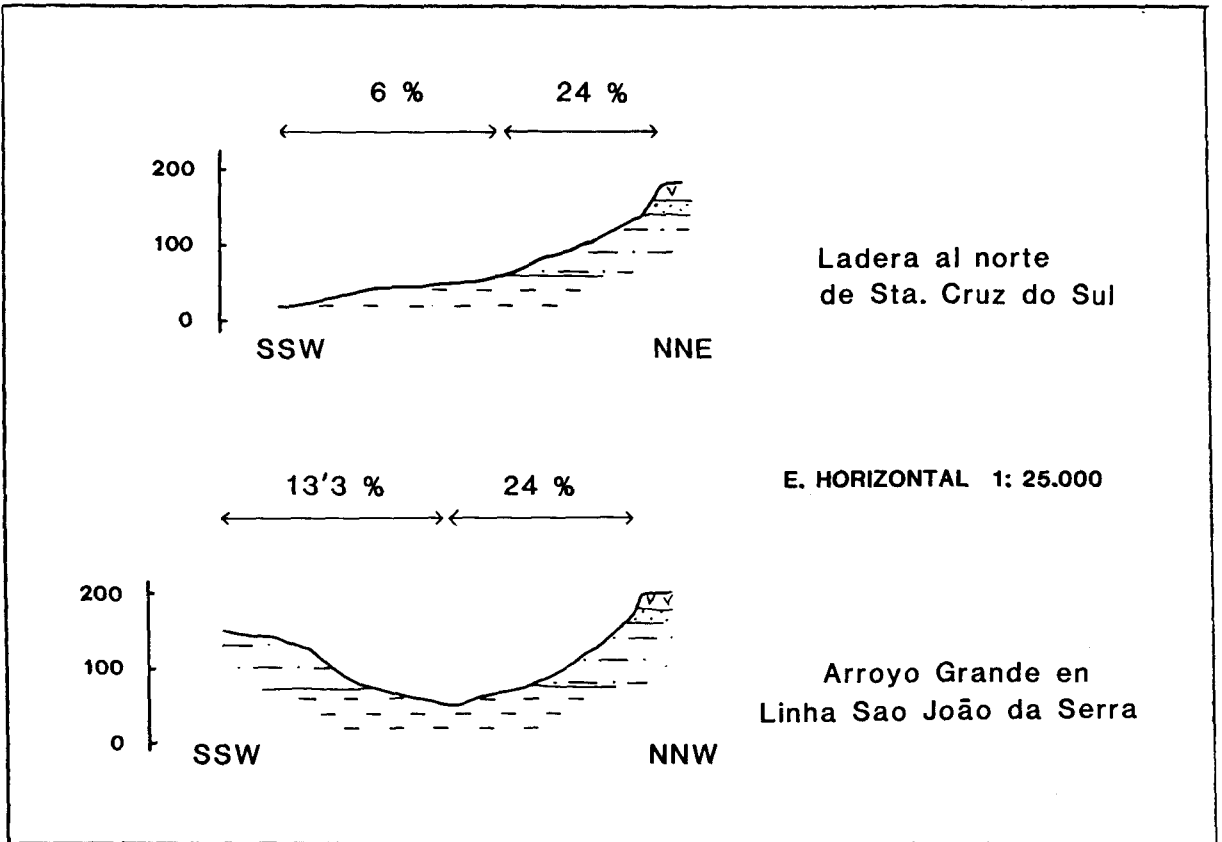


Figura 65. Perfiles de laderas complejas solifluidales

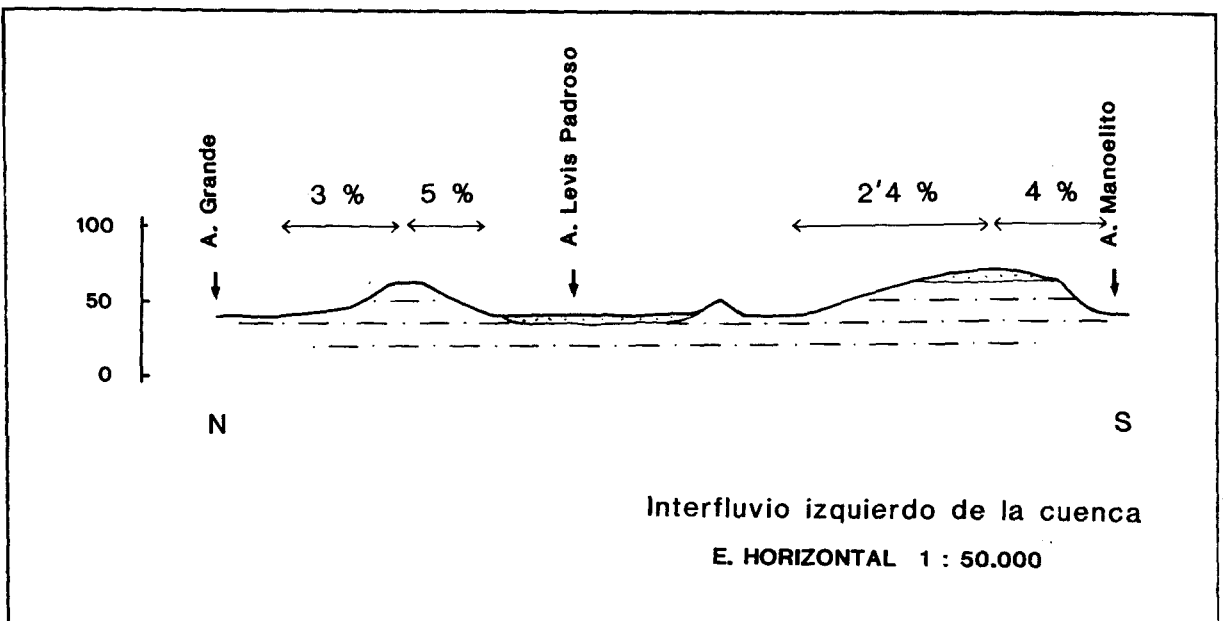


Figura 66. Perfiles de laderas convexas en *coxilhas*.

## Capítulo V. UNIDADES HOMOGÉNEAS

### 1. PROCESO DE ZONIFICACIÓN

La dinámica morfogenética del sistema cuenca ha sido abordada partiendo de caracterizar el comportamiento espacial y temporal del conjunto de factores naturales y antrópicos que orienta tal dinamismo (capítulos I y II) para, a continuación, pasar a analizar la dinámica interna del sistema expresada a través de las interacciones materiales-flujos y formas-procesos (capítulos III y IV) que ha sido sintetizada en una representación cartográfica simplificada (Mapa 11) donde, a pesar de la generalización, se muestran los rasgos morfodinámicos más significativos del conjunto de la cuenca estudiada.

Dado que uno de los objetivos propuestos en el estudio consiste en identificar los impactos producidos en la dinámica del sistema por las actividades agrícolas, se procede en este capítulo a la integración espacial de las variables y atributos de los diferentes elementos para establecer una zonificación de áreas cuya respuesta unitaria a los procesos de erosión acelerada pueda considerarse dotada de una cierta homogeneidad.

Con esta finalidad y condicionada su elección por la escala de trabajo, se han superpuesto los mapas temáticos de energía del relieve, litología, hidrografía, suelos y vegetación potencial. Sus diferentes combinaciones en la superficie de la cuenca, han definido un mosaico de unidades espaciales en las que cada combinación específica presupone una homogeneidad de estructura y funcionamiento en la escala mencionada y, consecuentemente, una respuesta similar a los procesos de erosión natural o potencial. No obstante, al aumentar la escala y considerar los diferentes usos del suelo y los procesos morfogenéticos relacionados directa o indirectamente con las actividades agrarias, cada unidad presenta diversidad interna y respuestas diferenciadas ante los procesos de erosión antrópica o acelerada.

La zonificación se ha realizado en tres fases sucesivas y complementarias. En la primera se ha partido de considerar cada uno de los sectores topográficos definidos en el capítulo I; cada sector lleva implícita una cierta homogeneidad en cuanto a energía de relieve y comportamiento de la red hidrográfica (capítulo III). Dentro de cada sector, la combinación de los atributos correspondientes a litología y vegetación potencial que se considera llevan también implícita una determinada asociación de suelos, ha permitido diferenciar unidades de primer orden (litologías) y de segundo orden (vegetación potencial diferenciada sobre una misma litología) que se distribuyen espacialmente de la forma siguiente:

- En el sector I (predominio de pendientes superiores a 30%, Dd de clase media, Ir y encajamiento medio de cauces de clase superior) la variable litología define dos unidades de primer orden: I.1 (basaltos) y I.2 (areniscas). Dado que la vegetación potencial es similar en todo el sector (bosque) no se pueden definir unidades de segundo orden.

- En el sector II (predominio de pendientes hasta 10%, Dd superior, Ir y encajamiento de cauces medios) la litología define tres unidades de primer orden: II.1 (riolitas y vidrios volcánicos), II.2 (basaltos) y II.3 (areniscas). La variable vegetación potencial diferencia en la unidad II.1, dos subunidades de segundo orden: II.1.1 (*campo*) y II.1.2 (bosque).

- En el sector III (predominio de pendientes inferiores a 10%, Dd e Ir medios y encajamiento de cauces inferior) la litología define dos unidades de primer orden: III.1 (basaltos) y III.2 (areniscas con limos). La vegetación potencial es similar en todo el sector (bosque).

- En el sector IV (pendientes hasta 2%, Dd, Ir y encajamiento de cauces inferiores) se ha considerado como variable diferenciadora de unidades de primer orden la inundación periódica de la planicie aluvial dado que las litologías son similares (aluviones inconsolidados): IV.1 (inundable) y IV.2 (no inundable). Tampoco en este sector la variable vegetación potencial (bosque) permite diferenciar subunidades.

- En el sector V (pendientes entre 2 y 10%, Dd media, Ir inferior y encajamiento de cauces medio) la litología define cuatro unidades de primer orden: V.1 (areniscas con limos), V.2 (limos arcillosos), V.3 (coluvios) y V.4 (aluviones). La vegetación potencial define en la unidad V.2, dos subunidades de segundo orden: V.2.1 (*campo*) y V.2.2 (bosque).

La segunda fase de la zonificación considera las manifestaciones de degradación observadas en las parcelas dedicadas a usos agrícolas y ganaderos, con la finalidad de establecer una clasificación cualitativa con cuatro clases o grados de erosión, en la que se utilizan las denominaciones usadas por el SOIL SURVEY STAFF (1951) para zonas agrarias. Cada clase presupone la primacía de alguna o algunas de las siguientes manifestaciones:

- Erosión muy severa: degradación profunda del perfil de alteración o de las formaciones superficiales transportadas, expresada en el desarrollo de *voçorocas* y cárcavas con dimensiones métricas y decamétricas, movimientos de masa de considerable amplitud tanto en superficie como en profundidad, afloramientos del horizonte de alteración III y surcos con profundidad decimétrica afectando de forma generalizada a la superficie de las parcelas.

- Erosión severa: degradación acentuada de los perfiles edáficos expresada en rigolización generalizada de las superficies cultivadas, formación esporádica de surcos, decapitación y enterramiento de horizontes edáficos tanto en las parcelas consideradas unitariamente como en el conjunto de cada ladera, y desgarros en el tapiz herbáceo de las superficies dedicadas a pastos.

- Erosión moderada: degradación incipiente de los horizontes edáficos superficiales expresada en lavado de finos, variaciones de tonalidad en suelos secos acompañando el declive de las parcelas y formación esporádica de rigolas.

- Erosión ligera: no se parecían arrastres superficiales de consideración ni hay evidencias de incisiones.

En la tercera fase se integra el atributo correspondiente a usos del suelo con las prácticas agrícolas aplicadas y la modalidad e intensidad de las manifestaciones de degradación observadas en las unidades y subunidades, a fin de atribuirles las clases de erosión establecidas en la segunda fase del proceso. La zonificación resultante (Mapa 12) expresa una respuesta espacial diferenciada a las actuaciones antrópicas sobre el territorio. Su carácter cualitativo y la escala reducida a que se ha debido trabajar para abarcar el conjunto de la cuenca, le confieren un nivel de generalización muy alto que oculta importantes variaciones internas en las diferentes unidades.

## 2. UNIDADES ESPACIALES HOMOGÉNEAS

### 2.1 Sector I.

#### COMBINACIÓN DE VARIABLES

Litología	Hidrografía	Suelos	Veget. potencial	Unidades homogéneas
Basaltos	- Convergencia de cauces de 2º y 3º orden. - Dd media	Litsoles y brunizens	Bosque	I.1
Areniscas	- Convergencia de cauces de 4º orden	Litsoles y podzólicos	Bosque	I.2

#### Unidad I.1.

Los usos del suelo dominantes en esta unidad son policultivo con *capoeira* y forestal. El primero va asociado a prácticas agrícolas rudimentarias y a las quemadas periódicas, mientras que el segundo se restringe espacialmente a las áreas de mayor pendiente que conservan el bosque espontáneo. La combinación de fuerte energía de relieve, escasa profundidad de los perfiles incompletos de alteración y actividades agrícolas de alto impacto erosivo se constituye en el principal factor de degradación.

Los procesos de degradación aparecen siempre relacionados al uso agrícola. Sus manifestaciones más evidentes son la decapitación generalizada de horizontes edáficos en las parcelas situadas en laderas con mayor declive; desgarros en el tapiz vegetal, rigolas y surcos decimétricos en las laderas con pendiente acentuada; afloramientos del horizonte III de alteración e incapacidad de recolonización vegetal sobre las laderas más degradadas. Se incluye a esta unidad en la clase de «erosión muy severa».

#### Unidad I.2.

El policultivo es el uso del suelo característico; supone un aprovechamiento agrícola intensivo con cultivos de verano, generalmente sin rotación, y escasas prácticas conservacionistas. La desestructuración de los suelos derivada de la escasez de aportes orgánicos y la desprotección a que están sometidos tras las cosechas estivales, son factores esenciales en el proceso de degradación.

El deterioro de las bajas laderas y fondos de valle se manifiesta en la progresiva degradación de los horizontes del suelo agrícola por arrastres de finos, debidos a arroyada difusa y

laminar, que originan ritmos variables de crecimiento de los cultivos en una misma parcela y el desarrollo de rigolas centimétricas por arroyada concentrada a partir de los cambios de pendiente. Se incluye a la unidad en la clase de «erosión moderada».

## 2.2. Sector II.

### COMBINACIÓN DE VARIABLES

Litología homogéneas	Hidrografía	Suelos	Veget. potencial	Unidades
Riolitas y vidrios	- Divergencia de cauces de 1º orden. - Dd alta	Tierras pardas y litosoles	<i>Campo</i> Bosque	II.1.1 II.1.2
Basaltos	- Convergencia de cauces de 2º orden. - Dd media	Litosoles y brunizens	Bosque	II.2
Areniscas	- Convergencia de cauces 2º y 3º orden	Podzólicos pardo grises y litosoles	Bosque	II.3

#### Unidad II.1.1.

Se caracteriza por dos usos dominantes: policultivo y ganadero. El aprovechamiento intensivo del primero supone rotación de cultivos de verano con forrajeras de invierno, sin embargo, esta rotación no es una práctica generalizada, siendo frecuente en este uso la mecanización. El uso ganadero tradicional no supone un peso excesivo de cabezas de vacuno por unidad de superficie.

Las manifestaciones de degradación son la decapitación incipiente de los horizontes edáficos más superficiales, medianamente desarrollados bajo una cobertura vegetal originariamente *campestre*, y la formación de rigolas centimétricas en las parcelas cultivadas en pendiente. En las áreas dedicadas a pastos suelen aparecer terracillas y desgarros en el tapiz de gramíneas, microformas cuya intensidad varía dependiendo de la estructura más o menos arcillosa de los suelos y de las pendientes de las laderas. Se incluye a la unidad en la clase de «erosión moderada».

#### Unidad II.1.2.

Los usos dominantes son policultivo y forestal (bosque espontáneo). Las características del policultivo son similares a las descritas en la unidad anterior para este mismo uso. El hecho de que la unidad se localice sobre las últimas áreas de la cuenca a ser desforestadas, ha podido contribuir a que los suelos conserven parte de su potencial húmico que los hace menos sensibles al deterioro.

La degradación expresada en procesos de arroyada difusa, laminar y concentrada, con decapitación de horizontes edáficos y formación de rigolas, es menos acentuada ya que los horizontes de alteración desarrollados bajo cobertura forestal son más profundos y los suelos están mejor estructurados. Se incluye a la unidad en la clase de «erosión moderada».

#### Unidad II.2.

Participa de características muy similares a las comentadas en la unidad I.1 por lo que se la incluye en la clase de «erosión muy severa».

#### Unidad II.3.

En este caso se observa una convergencia muy acentuada con la unidad I.2, correspondiéndole la clase de «erosión moderada».

### 2.3. Sector III.

#### COMBINACIÓN DE VARIABLES

Litología	Hidrología	Suelos	Veget. potencial	Unidades homogéneas
Basalto	- Divergencia de cauces de 1º orden. - Dd media	Tierras roxas y brunizens rojizos	Bosque	III.1
Areniscas y limos arcillosos	- Convergencia de cauces de 2º orden	Podzólicos pardo grises	Bosque	III.2

#### Unidad III.1.

El uso dominante del suelo es policultivo, lo que supone un aprovechamiento agrícola intensivo. Esta unidad fue una de las primeras a ser desforestada y dedicada a cultivos de ciclo anual. El laboreo continuado sin aportes de abono orgánico ni aplicación de medidas conservacionistas ha contribuido a su degradación.

A pesar de la escasa energía de relieve, las manifestaciones de degradación son muy evidentes: escasa fertilidad de unos suelos en proceso avanzado de agotamiento que ya fueron muy fértiles, decapitación de horizontes edáficos, rigolización generalizada y, ocasionalmente, afloramientos del horizonte III de alteración. Se incluye a la unidad en la clase de «erosión severa».



### Unidad III.2.

Los usos del suelo son variados: policultivo con *capoeira*, forestal (bosque espontáneo) y urbano. El primero corresponde a áreas parcialmente abandonadas debido a la pérdida de fertilidad, el bosque se confina en las zonas escarpadas y el uso urbano progresa con bastante rapidez.

La degradación se expresa en procesos generalizados de solifluxión que, sumados a procesos gravitacionales y deslizamientos, genera movimientos de masa en las formaciones superficiales de las laderas desestabilizándolas y ahogando los fondos de valle. Se incluye a la unidad en la clase de «erosión muy severa».

### 2.4. Sector IV.

#### COMBINACIÓN DE VARIABLES

Litología homogéneas	Hidrografía	Suelos	Veget. potencial	Unidades
Aluvial inundable	- Convergencia de cauces de 4º orden	Cambisoles	Bosque	IV.1
Aluvial no inundable	- Convergencia de cauces de 4º orden	Cambisoles	Bosque	IV.2

### Unidad IV.1.

La combinación del uso agrícola (arroz inundado) y ganadero (pastos) con el uso forestal (bosque galería) caracteriza el aprovechamiento del sector. El primero supone la utilización de maquinaria pesada y labores profundas para canalizar las aguas de irrigación; el peso ganadero es poco significativo, además de estacional, y el bosque galería se limita a pequeñas manchas discontinuas.

Las manifestaciones de degradación más evidentes se reducen a desprendimientos en los márgenes del canal de estiaje del río Pardino, originados por la escasa significación del bosque galería y los cambios hidrodinámicos en la corriente fluvial. Se incluye a esta unidad en la clase de «erosión ligera».

### Unidad IV.2.

El aprovechamiento con policultivo de la planicie aluvial no inundable, no parece producir manifestaciones aparentes de degradación erosiva por los que se incluye a la unidad en la clase de «erosión ligera».

## 2.5. Sector V.

## COMBINACIÓN DE VARIABLES

Litología homogéneas	Hidrografía	Suelos	Veget. potencial	Unidades
Areniscas y limos	- Convergencia de cauces 2º y 3º orden	Podzólicos	Bosque	V.1
Limos arcillosos	- Divergencia de cauces 2º y 3º orden - Dd media	Podzólicos	<i>Campo</i>	V.2.1
			Bosque	V.2.2
Formaciones coluviales	- Divergencia de cauces 1º y 2º orden - Dd media	Podzólicos	<i>Campo</i>	V.3
Formaciones aluviales	- Convergencia de cauces de 4º orden	Cambisoles	Bosque	V.4

## Unidad V.1.

Esta unidad posee características muy similares a las descritas en la unidad III.2; tan sólo el uso de policultivo supone un aprovechamiento agrícola más intenso. La menor energía de relieve en las laderas de los valles medios y bajos aminora los procesos solifluidales. No obstante, en las áreas dedicadas a *potreiros*, el empobrecimiento de la cobertura de gramíneas por el ramoneo y pisoteo continuados del ganado favorece el desarrollo de cárcavas de dimensiones métricas y decamétricas que avanzan con gran rapidez desgarrando los materiales inconsolidados de las bajas laderas. Se incluye a la unidad en la clase de «erosión muy severa».

## Unidad V.2.1.

Los usos del suelo son ganadero (pastos naturales o cultivados) y forestal (replantaciones de eucalipto). Sobre las laderas de las colinas dedicadas a pastos son frecuentes las terracillas, bancos paralelos y desgarras en el tapiz herbáceo, manifestaciones de procesos solifluidales poco profundos que afectan de forma generalizada a toda la unidad. Las replantaciones con eucalipto contribuyen a empobrecer los suelos por la acción bactericida de sus detritos que contribuye a desestructurarlos haciéndolos más vulnerables a los procesos erosivos. Se incluye a la unidad en la clase de «erosión severa».

## Unidad V.2.2.

El policultivo es el uso dominante en esta unidad. Las suaves laderas de las lomas tienen un aprovechamiento agrícola intenso que admite la mecanización. En las laderas de mayor declive se

observa decapitación y enterramiento de horizontes edáficos y la formación de rigolas centimétricas. Los suelos están mejor estructurados que los correspondientes a la unidad V.2.1 por causa de la primitiva cobertura forestal, siendo, por tanto, menos vulnerables. Se incluye a la unidad en la clase de «erosión moderada».

#### Unidad V.3.

La variedad de usos supone policultivo, policultivo y pastos, y repoblaciones, sin que ninguno de ellos tenga una expresión espacial dominante. Toda la unidad presenta problemas generalizados de degradación que se manifiestan en la decapitación y enterramiento de los horizontes edáficos, formación de rigolas y surcos, desarrollo de *voçorocas* y cabeceras activas de barrancos.

Las manifestaciones erosivas corresponden a la combinación de arroyadas superficiales, flujos subsuperficiales (suffosión o piping) y movimientos de masa localizados. En las laderas con aprovechamiento agrícola intenso la dinámica de las formas erosivas es muy activa, habiéndose observado la reactivación de *voçorocas* cuya colonización vegetal lleva a pensar que se encontraban en proceso de estabilización natural. Se incluye a esta unidad en la clase de «erosión muy severa».

#### Unidad V.4.

Posee gran semejanza con la unidad IV.2, razón por la que se la incluye en la clase de «erosión ligera».

### CONCLUSIONES

La medición de las áreas correspondientes a las unidades incluidas en cada una de las cuatro clases descriptivas de erosión, posibilita una evaluación global del estado erosivo de la cuenca estudiada.

El 67,3% de su superficie total sufre «erosión muy severa» (unidades I.1, II.2, III.2, V.1 y V.3). En dicha fase se encuentran el 73,5% de las tierras serranas y el 58,9% de las correspondientes al piedemonte.

La «erosión severa» afecta al 5,5% de la superficie (unidades III.1 y V.2.1), incluyéndose en la misma el 18,5% de las tierras de piedemonte y el 3,2% de las serranas.

El 21,0% de la superficie total presenta «erosión moderada» (unidades I.2, II.1.1, II.1.2, II.3 y V.2.2), correspondiendo esta fase a 23,3% de las tierras serranas y 16,7% de las de piedemonte.

En la fase de «erosión ligera» tan sólo se encuentra el 6,2% de la superficie total de la cuenca (unidades IV.1, IV.2 y V.5), correspondiendo a la totalidad de la planicie aluvial y al 6,0% de las tierras de piedemonte.

## CONCLUSIONES GENERALES

Del análisis de los elementos y factores que condicionan las relaciones interactivas entre la erosión y las prácticas agrícolas en la cuenca del río Pardino, se desprende una serie de conclusiones específicas que han sido desglosadas en los diferentes capítulos del estudio. A modo de síntesis, se presentan en este apartado las conclusiones de carácter general que permiten apreciar el grado de aproximación entre objetivos y resultados, al tiempo que se hacen algunas reflexiones sobre recomendaciones y alternativas.

Las propiedades de los «factores de orden natural» que controlan la dinámica morfogénica del sistema cuenca son las siguientes:

a - El factor estructural (dispositivo litofacial y tectónica de fallamiento) resulta de la localización de la cuenca en la transición del Planalto Meridional a la Depresión Periférica Gaucha, abierta por un proceso de circundenudación posteocena.

La disposición horizontal de las series mesozoicas (sedimentarias y volcánicas), su resistencia litológica diferenciada y la tectónica de fallamiento condicionaron la evolución neogena y cuaternaria de la cuenca. El control estructural es especialmente significativo en las cuencas media y alta, y se manifiesta en el patrón rectangular impreso en numerosos segmentos de la red hidrográfica y en el desarrollo de formas de erosión diferencial.

b - El factor climático (humedad y temperaturas elevadas y constantes) deriva de la inclusión de la cuenca en la zona de transición subtropical de la fachada atlántica sudamericana y del condicionamiento local impuesto por la topografía.

El clima subtropical húmedo (Cfa de Köppen) se caracteriza por abundante (1545 mm.) y regular distribución anual de las precipitaciones, por variaciones térmicas oscilando entre 13,8°C en junio y 24,9°C en enero y por una gran variabilidad de los estados de tiempo atmosférico durante todo el año. El balance hídrico expresa una correspondencia entre ETP y ETR, inexistencia de déficit de agua en el suelo durante todo el año y un excedente anual de 600 mm. Estas condiciones climáticas favorecen el desarrollo de procesos de alteración profunda de los materiales y la actuación de procesos de erosión hídrica relacionados con las escorrentías superficiales y subsuperficiales. Localmente, la modalidad e intensidad de los procesos presenta variaciones entre los diferentes compartimentos topográficos en que se ha subdividido la cuenca.

c - El factor relieve se vincula al desarrollo de una red hidrográfica anaclinal sobre el gran front meridional (Serra Geral) del Planalto. La disposición y encajamiento de la red sobre materiales con diferente resistencia relativa, profundamente fallados y fracturados, ha ocasionado fuertes contrastes topográficos entre la sierra y el llano condicionando su diferente capacidad de movilización de los flujos de agua y materiales.

Sobre el sector serrano I, el avenamiento se ve favorecido por la fuerte energía de relieve que limita los procesos de alteración química profunda y favorece los de ablación mecánica que demudan las vertientes. En los sectores III, IV y V (escalón serrano meridional, planicie de

acumulación fluvial y piedemonte), el escaso vigor del relieve dificulta la escorrentía inhibiendo los procesos mecánicos de incisión lineal y favoreciendo la infiltración que acelera el desarrollo de los mantos de alteración. Sobre el sector II (tierras altas), las variaciones de energía de relieve introducen sensibles diferencias en la capacidad de movilización de la escorrentía alterando localmente la modalidad e intensidad de los procesos.

d - Los suelos constituyen un factor de orden complejo cuya distribución en la cuenca deriva de interacciones locales entre factores litológicos, climáticos, topográficos y biológicos. Sin considerar los litosoles, los suelos poseen perfiles ABC más o menos desarrollados y caracterizados por un marcado contraste estructural entre los horizontes superficiales (el horizonte B es más arcilloso que el A) que origina una disminución de la permeabilidad en profundidad. La lixiviación favorece la migración de arcilla compactando el horizonte B (iluvial) y contribuyendo a la concentración de aluminio.

La inexistencia de un período seco impide el desarrollo de procesos de laterización funcionales. La textura arcillosa de los suelos es propicia a las escorrentías superficiales y, consecuentemente, a la génesis y dinamización de los procesos morfogenéticos derivados de las mismas.

e - El factor biológico principal es la vegetación espontánea. El bosque subtropical húmedo con o sin especies perennifolias constituye la climax histórica, mientras que la vegetación *campestre* de herbáceas con *capões* y bosque galería es una manifestación relictual de climas más secos que el actual.

La organización de los paisajes vegetales está muy condicionada por el uso antrópico del territorio. En siglo y medio, el área inicialmente ocupada por el bosque (90% de la cuenca) se ha reducido en más del 70% y los *campos* han disminuido su extensión en 80%. La transformación de la primitiva cubierta vegetal ha debido alterar el comportamiento hidrológico e influir en la modalidad e intensidad de los procesos morfogenéticos funcionales.

Abordar las propiedades de los «factores de orden antrópico» exige un cambio brusco en la escala temporal de percepción: pasar del tiempo geológico a una escala histórica con menos de 150 años de antigüedad. Supone también abandonar las leyes de la dinámica de la naturaleza para entrar en el complejo campo de las relaciones sociales. En el territorio objeto de estudio, dichos factores se relacionan al proceso de formación de un espacio agrario colonial peculiar y a la inserción del mismo en la periferia del sistema capitalista, hechos que han supuesto el mantenimiento de una agricultura familiar campesina como rasgo más característico de la estructura agraria.

Dos son los factores de tipo antrópico que se consideran significativos por su influencia en la dinámica morfogenética del sistema cuenca: usos del suelo y sistema agrícola de policultivo.

a - Los diferentes usos del suelo impuestos por el proceso de agrarización han supuesto la sustitución de la cobertura forestal espontánea, esencialmente forestal, por otra cultivada provocando, de entrada, una alteración en la dinámica del equilibrio ecológico bajo el que se procesaba la erosión geológica o natural. Los usos agrícolas y ganaderos ocupan más del 80% de

la superficie de la cuenca, mientras que los escasos reductos forestales existentes continúan siendo degradados.

b - El sistema agrícola de policultivo ha transformado las laderas en un mosaico de parcelas con usos agrícolas diferentes en las que predominan los cultivos de verano, obligando a los suelos a permanecer desprotegidos durante la mayor parte del año. La estructura foliar de los dos cultivos más característicos (maíz y tabaco) contribuye al desarrollo de procesos mecánicos de ablación hídrica coincidiendo con los fuertes aguaceros estivales.

El cultivo de tabaco es un importante agente erosivo dada su relación con la quema y roturación de las *capoeiras*, las frecuentes labores de remoción de los suelos y su exigencia en pesticidas, herbicidas, fertilizantes y correctores de acidez. Las quemas periódicas tienen una importancia morfogenética relevante por contribuir a la desestructuración de los suelos y favorecer su vulnerabilidad ante los procesos de erosión hídrica.

La «morfodinámica de la cuenca» viene pautada por el desarrollo de procesos hídricos con modalidades e intensidades diferentes según la resistencia relativa y disposición topográfica de los materiales rocosos, grado de cobertura vegetal y presión ejercida por los usos y aprovechamientos agrícolas.

En las laderas serranas, las roturaciones, puesta en cultivo y quemas sucesivas, aceleran la erosión pluvial y generan procesos nuevos de arroyada difusa, laminar y concentrada que provocan arrastres y, consecuentemente, el deterioro de las tierras cultivadas.

En las laderas de piedemonte, los aprovechamientos agrícolas y pecuarios contribuyen a acelerar el dinamismo de movimientos de masa ligados a procesos solifluidales y deslizamientos, y a reactivar el desarrollo de *voçorocas* por procesos combinados de arroyada superficial concentrada, suffosión y deslizamientos.

En las llanuras aluviales, la tala y roturación del bosque galería y el laboreo de los márgenes de los cauces provocan desprendimientos en las paredes de los canales de estiaje por procesos relacionados a la propia dinámica fluvial, como el socavamiento basal y los cambios de presión hidrostática.

La «zonificación territorial» efectuada integrando variables físicas, biológicas, antrópicas y manifestaciones de erosión observadas, muestra que el 67,3% de las tierras de la cuenca se encuentran en una fase erosión muy severa por lo que deberían ser totalmente incompatibles con aprovechamientos agrícolas intensivos. Las tierras en fase de erosión severa, 5,5% del total, constituyen áreas de riesgo que exigen medidas correctoras y restricciones a los aprovechamientos intensivos. El 21,0% de las tierras de la cuenca presenta erosión moderada, siendo compatibles con aprovechamientos agrícolas intensivos si se adoptan sistemas de cultivo que contribuyan a preservar su potencial edáfico. Finalmente, tal sólo el 6,2% de las tierras se encuentra en fase de erosión ligera; no obstante, por corresponder a bajas áreas aluviales en las que reprecute la dinámica del resto de la cuenca, su preservación para usos agrícolas dependerá de las medidas que puedan adoptarse fuera de ellas.

El presente estudio se vio acotado por las limitaciones que se imponen a los trabajos realizados en cualquier región latinoamericana cuando se carece de recursos y se está lejos de los centros de investigación que los poseen: dificultades en debatir líneas de trabajo e interpretaciones; materiales escasos, obsoletos y frecuentemente en mal estado; imposibilidad de realizar tratamiento digital de datos, mapas e imágenes; trabajo a campo dificultado por las condiciones de acceso, climáticas, de locomoción, etc.

No obstante, los resultados alcanzados, aunque modestos, pueden considerarse adecuados a los objetivos propuestos y es de esperar que puedan servir como punto de partida a estudios posteriores que evalúen con precisión los impactos producidos por el proceso de agrarización y subsidien, en el futuro, una ordenación territorial cuidadosa.

Parece evidente que el espacio analizado refleja bien la conflictiva relación Sociedad-Naturaleza en la periferia del mundo actual, del que la cuenca del río Pardino es una pequeña muestra. Llegados a este punto, cabría proponer alternativas enfocadas a obtener del territorio el máximo beneficio posible sin que el sistema medioambiental continúe deteriorándose. Algunas recomendaciones se han apuntado en esta conclusión final, todas ellas orientadas bien a dejar de cultivar las tierras en proceso más avanzado de degradación permitiendo que el bosque se regenere, bien a sustituir los cultivos anuales por permanentes en las que todavía conservan potencial edáfico, bien a adoptar prácticas conservacionistas tanto sobre éstas como en las que se muestran aptas a soportar aprovechamientos intensivos.

Ahora bien, la única alternativa que se ofrece al pequeño campesino que abandona sus tierras es pasar a engrosar las *favelas* urbanas para convertirse, con su familia, en un marginalizado más, ya que ni está preparado para ejercer una profesión diferente a la de agricultor ni, aunque lo estuviese, el mercado de trabajo está en condiciones de generar nuevos empleos. Sustituir tabaco y maíz por cultivos permanentes (frutales, yerba mate, caña de azúcar) choca con la dificultad de encontrar mercados para los nuevos productos compitiendo con la especialización y/o bajos costes de producción de grandes propiedades monocultoras en otras regiones del país. Adoptar prácticas conservacionistas exige, en la mayoría de los casos, realizar inversiones que las explotaciones familiares descapitalizadas y endeudadas no permiten.

Por todo lo expuesto, en lugar de recomendaciones, fáciles de hacer pero muy difíciles de llevar a la práctica, sólo cabe proponer un desafío a todos los interesados en compatibilizar desarrollo socioeconómico con preservación de la naturaleza y potenciación de sus recursos (comunidad campesina, movimientos sociales y administraciones locales, profesionales y técnicos, etc.) para, conjuntamente, buscar esas alternativas que tanto las tierras como aquellos que las trabajan están precisando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. (1949): «Regiões de circundesnudação pós-cretácea no Planalto Brasileiro», *Boletim Paulista de Geografia* nº 1, pp. 3-21.
- \_\_\_\_ (1964): «O relevo brasileiro e seus problemas» en *Brasil a terra e o homem*, vol. I, São Paulo, Companhia Editora Nacional.
- \_\_\_\_ (1969): «Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Rio Grande do Sul», *Geomorfologia* nº 11, USP, pp. 1-17.
- \_\_\_\_ (1970): «Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil», *Geomorfologia* nº 20, USP, pp. 1-26.
- ALVES, E. y VERA, F. (1989): «Modernización de la agricultura brasileña en el contexto del desarrollo económico-social», *Investigación Agraria* serie Economía, vol. 4 nº 2, Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, pp. 209-228.
- ANDRADE, M. C. de (1986): *Geografia Econômica*, São Paulo, Editora Atlas, 219 págs.
- AVÉ-LALLEMANT, R. (1980): *Viagem pela província do Rio Grande do Sul (1858)*, Belo Horizonte, Editora Itatiaia-USP, 417 págs.
- BIGARELLA, J. J. (1965): «Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil», *Boletim Paranaense de Geografia* nº 16-17, pp. 117-151.
- \_\_\_\_ y MUOSINHO, M. R. (1965): «Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas», *Boletim Paranaense de Geografia* nº 16-17, pp. 153-197.
- \_\_\_\_ y otros (1974): «Cuaternário do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul», 28 *Congresso Brasileiro de Geologia. Roteiro de excursões*, 142 págs.
- BLASCO VIZCAÍNO, C. (1980): *La agricultura a tiempo parcial. El caso de la provincia de Málaga*, Sevilla, Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 211 págs.
- BONNAMOUR, J. (1970): *Structures Agraires*, Paris, CDU, 129 págs.
- CARDOSO, F. H. (1962): *Capitalismo e escravidão no Brasil Meridional. O negro na sociedade escravocrata do Rio Grande do Sul*, São Paulo, Difusão Europeia do Livro.
- CEOTMA (1984): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*, 2ª edición, Madrid, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 572 págs.
- CHORLEY, R. y otros (1985): *Geomorphology*, New York, Methuen & Co., 605 págs.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1974): *Geomorfologia*, São Paulo, Editora E. Blücher-USP, 149 págs.
- CORDANI, U. G. y otros (1980): «Geoquímica dos isótopos de estroncio e a evolução da atividade vulcânica na Bacia do Paraná (Sul do Brasil) durante o Cretáceo», *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, nº 52 (4), pp. 811-818.



- CUNHA, J. L. da (1988): *Os colonos alemães de Santa Cruz e a fumicultura, 1.849-1.881*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 196 págs.
- DEMANGEOT, J. (1976): *Les espaces naturels tropicaux*, Paris, Masson, 190 págs.
- ETGES, V. E. (1990): *Sujeição e resistência: os camponeses gauchos e a indústria do fumo*, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 246 págs.
- FRAIRBRIDGE, R. W. (1961): «Eustatic changes in sea level» en L. H. Ahrens: *Physics and chemistry of the earth*, New York, Pergamon Press, pp. 99-185.
- FOURNIER, F. (1960): *Climat et érosion: la relation entre l'érosion du sol par leau et les précipitations atmospheriques*, Paris, PUF, 201 págs.
- FURTADO, C. (1975): *Formação econômica do Brasil*, São Paulo, Companhia Editora Nacional, 248 págs.
- GODINHO, R. E. y otros (1980): *Estudos de População VI. Santa Cruz do Sul*, São Paulo, Centro Brasileiro de Análises e Planejamento.
- GOMES, A. M. y ABSÁBER, A. N. (1969): «Uma gruta de abrasão interiorizada nos arredores de Torres, RS», *Geomorfologia* nº 20, USP, pp. 1-15.
- IMENSON, A. C. (1988): «Una vía de ataque ecogeomorfológica al problema de la erosión del suelo» en *Desertificación en Europa*, Madrid, MOPU, pp. 161-181.
- INCRA (1973): *Levantamento e avaliação dos recursos naturais, socio-econômicos e institucionais do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, Instituto de Colonização e Reforma Agrária.
- INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE):  
 \_\_\_\_ *Censos Demográficos do Rio Grande do Sul (1970-1980)*.  
 \_\_\_\_ *Censos Agropecuários do Rio Grande do Sul (1970-1980)*.  
 \_\_\_\_ *Sinópsis Preliminar do Censo Agropecuário do Rio Grande do Sul (1985)*.
- IPAGRO (1989): *Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 326 págs.
- JACKSON, I. J. (1977): *Climate, water and agriculture in the tropics*, New York, Longman Group Limited, 248 págs.
- KERN, A. A. (1982): «Paleopaisagens e povoamento pré-histórico do Rio Grande do Sul», *Estudos Ibero-Americanos*, vol. VIII, nº 2, Porto Alegre, pp. 153-207.
- KIRBY, M. J. y MORGAN, R. P. C. (1980): *Soil erosion*, Chirstreter, John Wiley & Son, 312 págs.

- KNIGHTON, D. (1984): *Fluvial forms and processes*, London, E. Arnold, 218 págs.
- KÜCHEMANN, B. A. (1980): *O minifundio gaúcho. Ajuda técnica como alternativa*, Caxias do Sul, UCS/EST, 251 págs.
- KUHLMANN, E. (1952): «Vegetação campestre do Planalto Meridional de Brasil», *Revista Brasileira de Geografia*, abril-junho, pp.181-197.
- LEFF, E. (1984): «Racionalidad ecotecnológica y manejo integrado de recursos. Hacia una sociedad neuentrópica», *Revista Interamericana de Planificación*, vol. XVIII, nº 69, pp. 70-85.
- LEOPOLD, L. B. y LANGBEIN, W. B. (1962): *The concept of entropy in landscape evolution*, US Geological Survey Professional Paper, 500-A, 20 págs.
- LIEDKE, E. R. (1977): *Capitalismo e camponeses. Relações entre indústria e agricultura na produção de fumo no Rio Grande do Sul*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 129 págs.
- LINDMAN, C. A. M. y FERRI, M. G. (1974): *A vegetação no Rio Grande do Sul*, Belo Horizonte, Editora Itatiaia, 377 págs.
- MACIEL FILHO, C. L. y otros (1988): *Mapa geológico de Camobi, RS*, Universidade Federal de Santa Maria, 10 págs.
- MARTINEZ-ALIER, J. (1989): *Ecological Economics and Eco-Socialism*, CNS Z, pp. 109-122.
- MINISTÉRIO da Agricultura (1973): «Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul», *Boletim Técnico nº 30*, Recife, DPP/DNPA, 431 págs.
- MEDEIROS, E. R. (1980): *Estratigrafia do grupo São Bento na região de Santa Maria e paleocorrentes da Formação Botucatu*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 143 págs.
- MONTARDO, D. K. (1986): *Estudo geológico dos sedimentos do Gondwana Superior na região de Candelária e Santa Cruz do Sul, RS*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MULLER FILHO, I. L. (1970): *Notas para o estudo da geomorfologia do Rio Grande do Sul*, Universidade Federal de Santa Maria, 34 págs.
- NIMER, E. (coautor) (1977): *Geografia do Brasil. Região Sul*, vol. V, Rio de Janeiro, IBGE, 534 págs.
- \_\_\_\_ (1989): *Climatologia do Brasil*, 2ª edición, Rio de Janeiro, IBGE, 421 págs.

- O'CONNOR, M. (1989): *Codependency and Indeterminacy: A Critique of the Theory of Production*, CNS, 3: 33-58.
- PÉREZ TOURIÑO, E. (1983): *Agricultura y capitalismo. Análisis de la pequeña producción campesina*, Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 332 págs.
- POU, A. (1988): *La erosión*, Madrid, MOPU, 121 págs.
- PRADO JUNIOR, C. (1984): *História Econômica do Brasil*, 30ª edición, São Paulo, Editora Brasiliense, 364 págs.
- PUYOL, R. y ESTÉBANEZ, L. (1976): *Análisis e interpretación del mapa topográfico*, Madrid, Editorial Tebar Flores, 88 págs.
- RADAMBRASIL, Projeto (1986): *Levantamento de Recursos Naturais*, vol. 33, Rio de Janeiro, IBGE, 791 págs.
- RAMBO, B. (1956): *A fisionomia do Rio Grande do Sul. Ensaio de monografia natural*, 2ª edición, Porto Alegre, Livraria Selbach, 456 págs.
- RATISBONA, L. R. (1976): «The Climate of Brazil» en *Climates of Central and South America*, World Survey of Climatology, vol. 20, Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Co., pp. 219-194.
- REITZ, R. y otros (1988): *Projeto madeira do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 525 págs.
- RESENDE, M. y otros (1988): *Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações*, Barsilia, ESAL/POTAFOS, 81 págs.
- RIBEIRO, P. A. M. (1981): «O tupiguarani no vale do Rio Pardo e a redução jesuítica de Jesus e Maria», *Revista do Centro de Pesquisas Arqueológicas* nº 10, Faculdades Integradas de Santa Cruz do Sul, 124 págs.
- ROCHE, J. (1969): *A colonização alemã e o Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, Editora Globo, 806 págs.
- RUELLAN, F. (1953): «O papel das enxurradas no modelado do relêvo brasileiro», *Boletim Paulista de Geografia* nº 13, pp. 5-18 y nº 14, pp. 3-25.
- SAINT-HILARIE, A. de (1974): *Viagem ao Rio Grande do Sul (1820-1821)*, Belo Horizonte, Editora Itatiaia, 207 págs.

- SARTORI, P. L. P. y otros (1975): «Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS», *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 5, pp. 141-160.
- \_\_\_\_\_ y GOMES, C. B. (1980): «Composição químico-mineralógica das últimas manifestações vulcânicas na região de Santa Maria, RS», *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (52), pp. 125-133.
- \_\_\_\_\_ y otros (1987): «As relações estratigráficas entre as formações geológicas da Bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS», *Atas do III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia*, vol. 1, pp. 379-392.
- SCHUMM, S. A. (1977): *The fluvial system*, New York, John Wiley & Son, 338 págs.
- SEVERO, C. (1985): *Levantamento estatístico de Santa Cruz do Sul e municípios vizinhos*, Faculdades Integradas de Santa Cruz do Sul, 203 págs.
- SEYFERTH, G. (1974): *A colonização alemã no vale do Itajaí-Mirim. Um estudo de desenvolvimento econômico*, Porto Alegre, Editora Movimento, 159 págs.
- SOIL Survey Staff (1951): *Soil Survey Manual*, USDA Handbook, 18, Washington DC.
- SOTCHAVA, V. B. (1977): «O estudo de geossistemas», *Métodos em questão* nº 16, USP, pp. 1-52.
- SOUZA Cruz, Cia. (1984): *A cultura do fumo. Instalação e condução da lavoura*, Florianópolis, 15 págs.
- STRAHLER, A. N. (1987): *Geología Física*, Barcelona, Ediciones Omega, 629 págs.
- THOMAS, M. F. (1979): *Tropical geomorphology. A study of weathering and landformment in warm climates*, London, The MacMillan Press, 332 págs.
- TODARO, M. (1988): *El desarrollo económico del Tercer Mundo*, Barcelona, Alianza Editorial, 725 págs.
- TREIN FILHO, C. (1879): *Catastro de terras*, Porto Alegre, Arquivo Histórico do Rio Grande do Sul.
- TRICART, J. (1965): *Principes e metodes de la Géomorphologie*, Paris, Masson, 490 págs.
- \_\_\_\_\_ y CAILLEUX, A. (1965): «Introduction a la géomorphologie climatique» en *Traité de Géomorphologie*, vol. I, Paris, SEDES, 306 págs.
- \_\_\_\_\_ (1974): «Le modelé des régions chaudes. Forêts et savanes» en *Traité de Géomorphologie*, vol. V. Paris, SEDES, 345 págs.
- \_\_\_\_\_ (1977): *Géomorphologie Dynamique*, Paris, SEDES, 335 págs.
- \_\_\_\_\_ (1978): *Géomorphologie Appllicable*, Paris, Masson, 204 págs.
- \_\_\_\_\_ (1979): «L'analyse de système et letude intégrée du milieu naturel» *Annales de Geographie* LXXXVIII, pp. 70-74.

- TRICART, J. L. F. (1987): «Approche systématique de la dégradation des terres», *Revue de Géomorphologie dynamique*, XXXVI n° 4, pp. 122-127.
- TUBELIS, A. y NASCIMENTO, F. J. L. (1988): *Meteorologia Descritiva. Fundamentos e aplicações brasileiras*, São Paulo, Editora Nobel, 374 págs.
- WAIBEL, L. (1979): *Capítulos de geografia tropical e do Brasil*, Rio de Janeiro, IBGE, 328 págs.

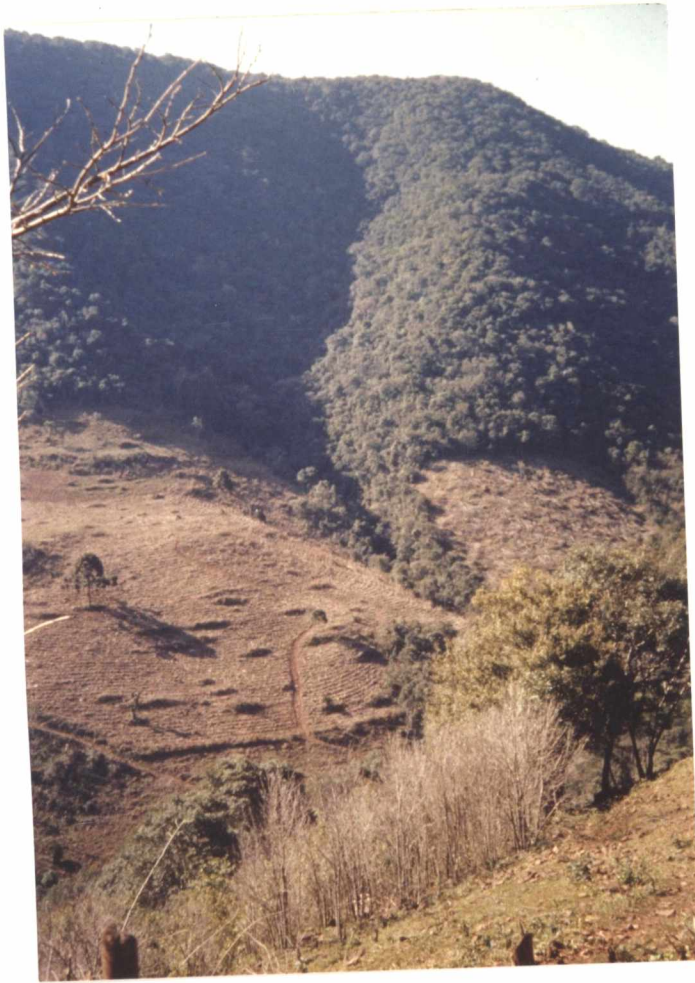


Foto 1. Unidad I.1: a la derecha, un área recién desforestada; en el centro y a la izquierda, arrastre de horizontes edáficos y efectos erosivos de los caminos sobre una parcela de cultivo.



Foto 2. Unidad I.1: ladera muy degradada, por pérdida de horizontes edáficos, y con dificultades de recolonización vegetal.



Foto 3. Unidad I.1: rigola en parcela cultivada con tabaco sobre litosol.



Foto 4. Unidad I.1: en primer plano *potreiro* con manifestaciones de solifluxión; en segundo plano afloramientos de basalto en proceso de descomposición esferoidal.



Foto 5. Unidad I.2: laderas desforestadas y quema de *capoeiras*.



Foto 6. Unidad I.2: rozado sobre litosol, abierto en *capoeira* recientemente quemada a la que se ha transplantedo tabaco.





Foto 7. Unidad I.2: en primer plano, parcela cultivada con tabaco; en segundo plano, regeneración de *capoeiras*.

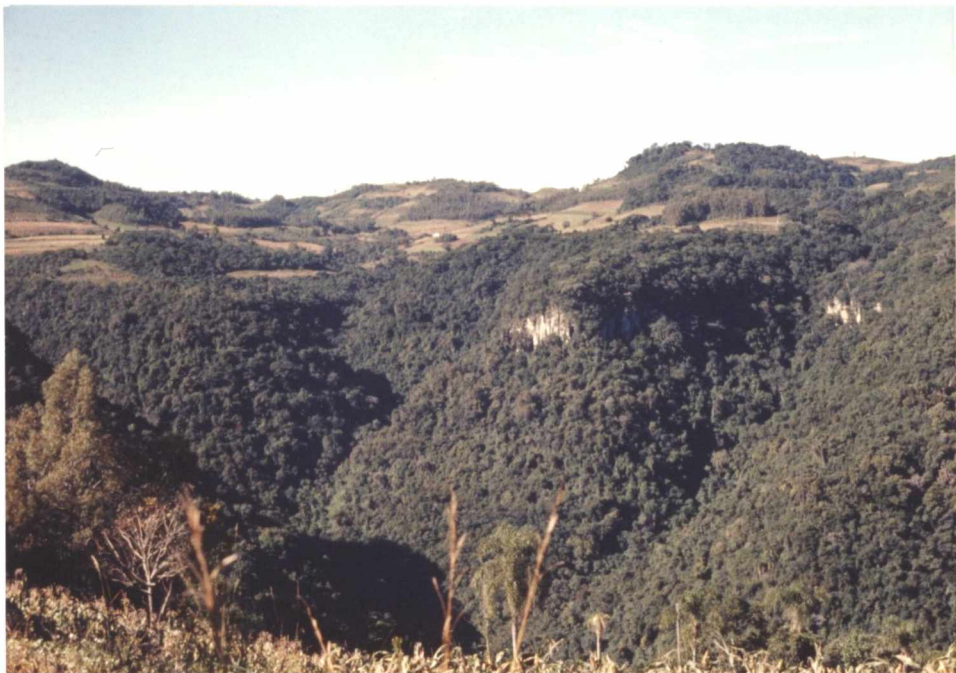


Foto 8. Unidad II.1.2: al fondo, superficie de erosión culminante ( $S_1$ ) con policultivo, bosque y pequeñas repoblaciones. Unidad II.2.2: en segundo plano, escarpes en basalto y cabeceras de primer orden. Unidad I.1: en primer plano, laderas complejas con marcado control estructural.



Foto 9. Unidad II.3: *Gamelão*.



Foto 10. Unidad III.1: «dorso de ballena» en basalto.



Foto 11. Unidad III.2: ladera con manifestaciones generalizadas de soliflucción.



Foto 12. Unidad III.2: en primer plano, fondo de valle en cuna con perfil de depósitos coluviales; en segundo plano, detalle de ladera solifluidal.



Foto 13. Unidad IV.1: desplomes de arenas y arcillas en el margen del canal de estiaje del río Pardinho a su paso por la planicie de inundación.



Foto 14. Unidad V.2.2: policultivo y *potreiros* sobre morfología de *coxilhas*.



Foto 15. Unidad V.2.2: cárcava en proceso de evolución hacia *voçoroca*.



Foto 16. Unidad V.2.2: incisión lineal sobre los limos arcillosos de un *potreiro*.

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO**

**EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS**  
**EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS' BRASIL**

**CARTOGRAFIA**

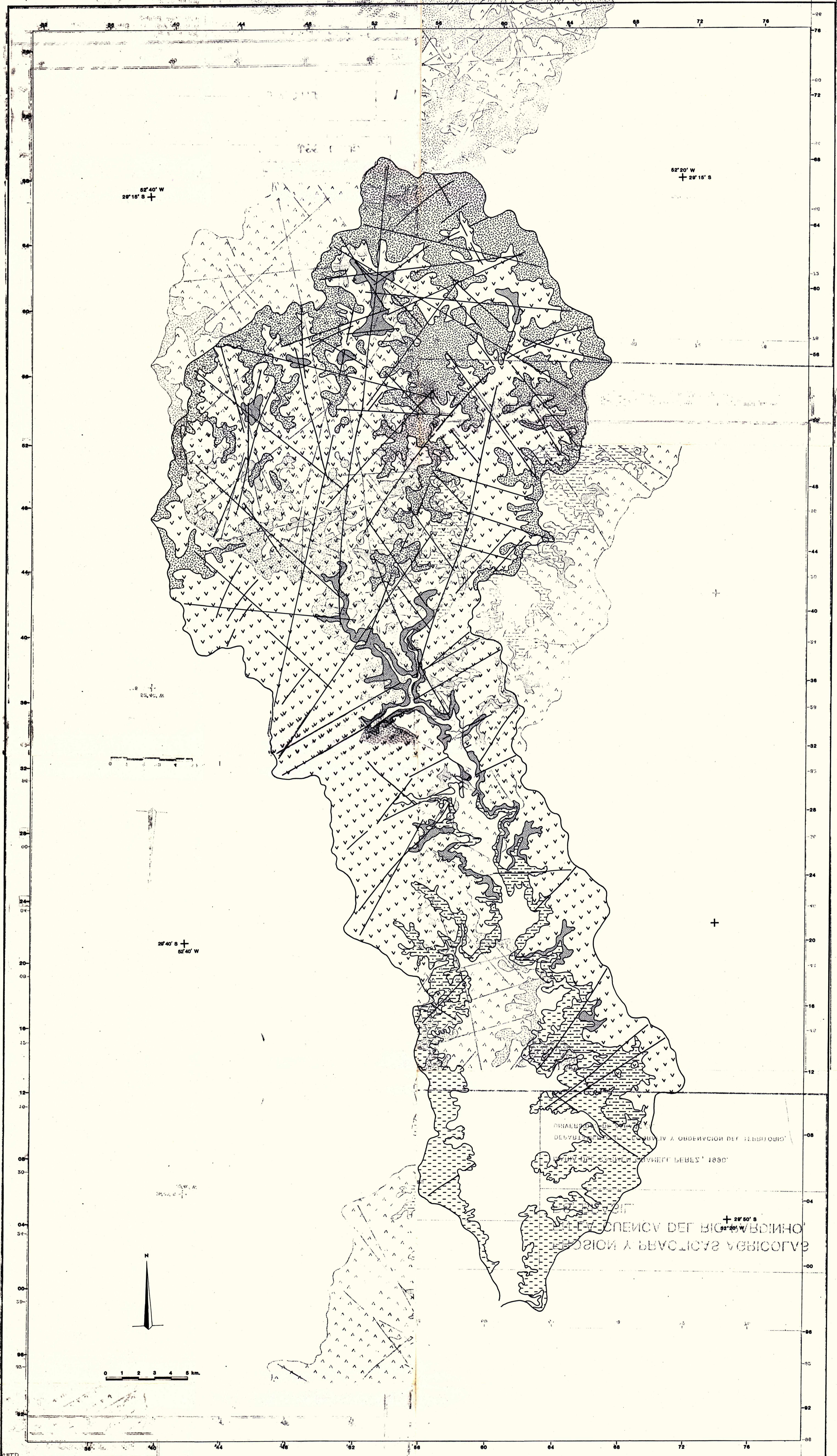
**Tesis Doctoral presentada por**  
**MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ**

**Dirigida por**  
**Dr.D. FRANCISCO PELLICER CORELLANO**  
**Dra. D<sup>a</sup> DIRCE ANTUNES SUERTEGARAY**

**Zaragoza ' Diciembre 1990**

## INDICE DE MAPAS

1. Litología.
2. Altitudes absolutas:  
Anexo. Perfiles topográficos:
3. Pendientes:
4. Unidades topográficas:
5. Hidrografía.
6. Suelos.
7. Cubierta vegetal:
8. Distribución del hábitat.
9. Usos del suelo (1965):
10. Usos del suelo (1986):
11. Geomorfología
12. Unidades homogéneas:
13. Mapa catastral del municipio de Sta. Cruz do Sul. 1922.



**LITOLOGIA**

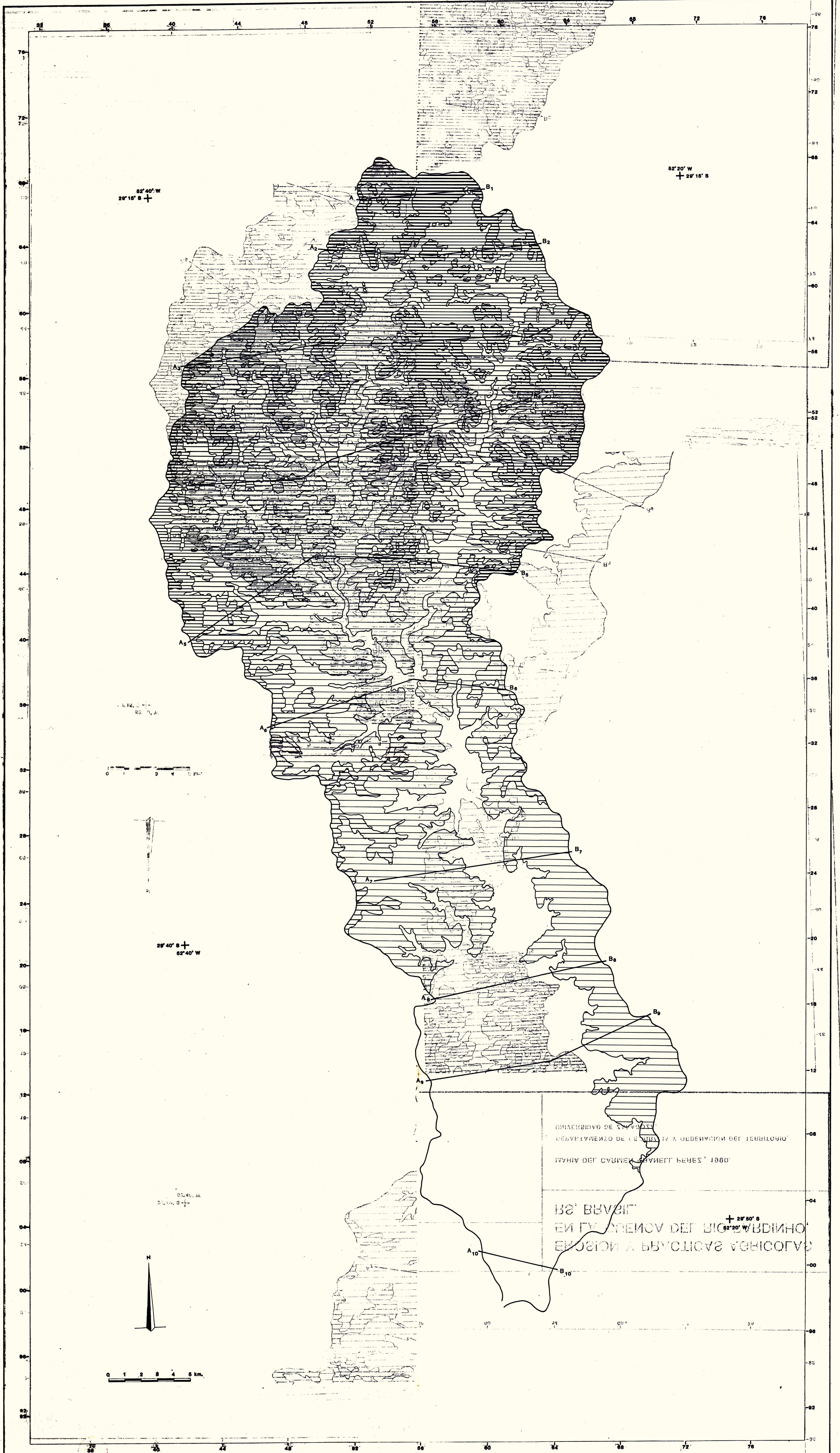
**LEYENDA**


**EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.**

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.





DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO  
 UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA  
 MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.

COTD  
 ES  
 0013  
**CUTM: 22JNE**

**2**

**ALTITUDES ABSOLUTAS**

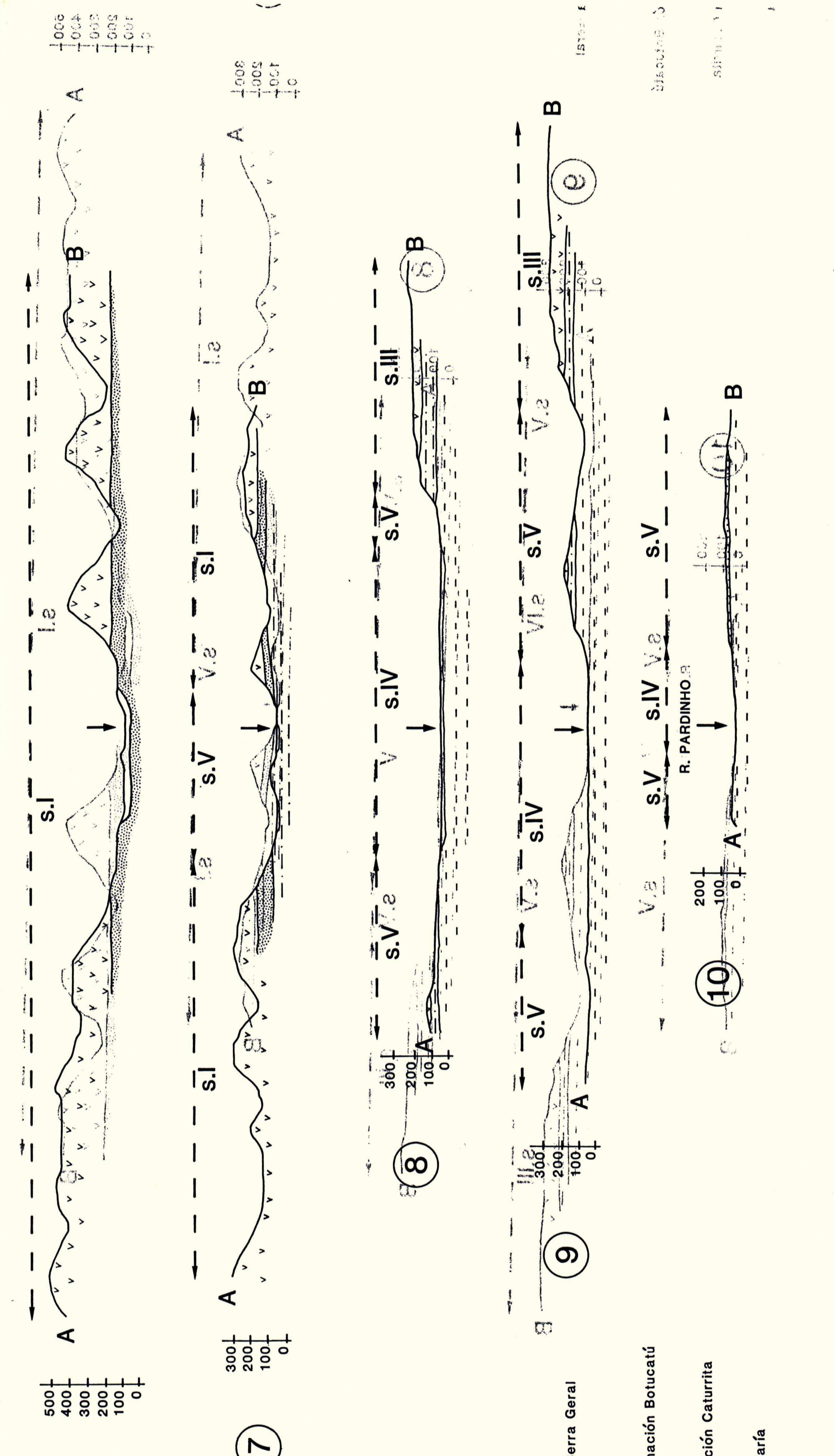
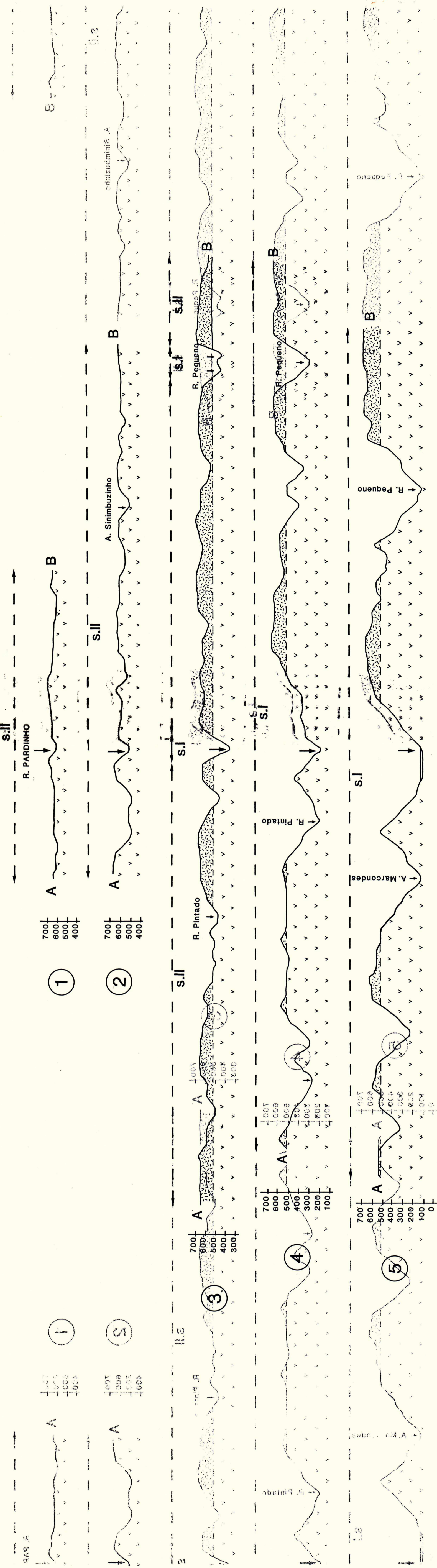
**LEYENDA**

	Hasta 100 m.		De 501 a 600 m.
	De 101 a 300 m.		Más de 600 m.
	De 301 a 500 m.		
	De 501 a 600 m.		

A — B Perfiles topográficos

**EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.**

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO,  
 UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.



**PERFILES TOPOGRAFICOS**

ESCALA HORIZONTAL 1 : 50,000

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA ORDENACION DEL TERRITORIO

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ 1990

EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL

Quaternario aluvial	Quaternario egluvial	Jurásico	Triásico
Formación Serra Geral	Formación Botucatu	Formación Caturrita	Formación Sta. Maria

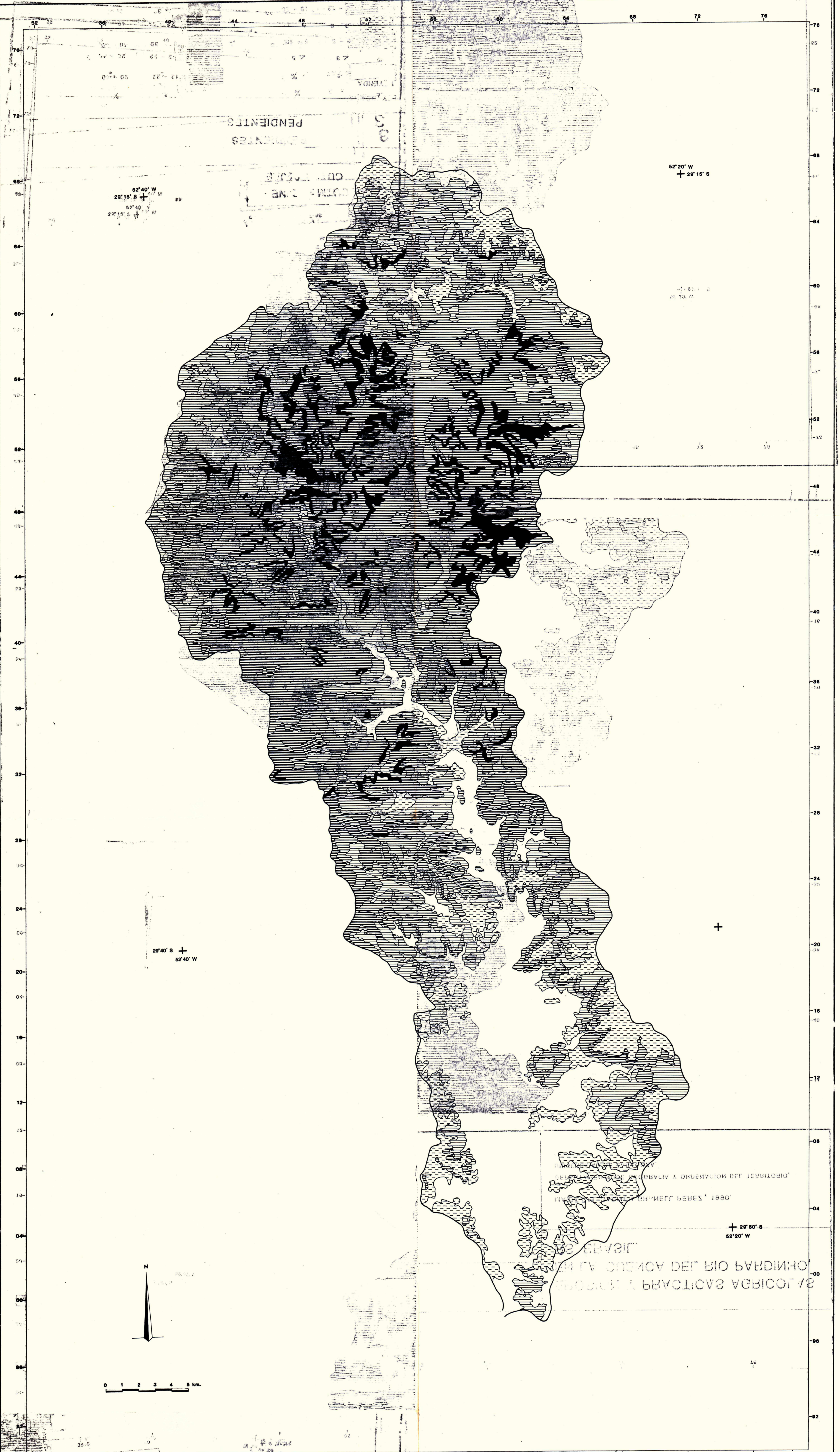
ANEXO MAPA 2

**EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.**

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ 1990.

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA ORDENACION DEL TERRITORIO, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.

CETD ES 9913

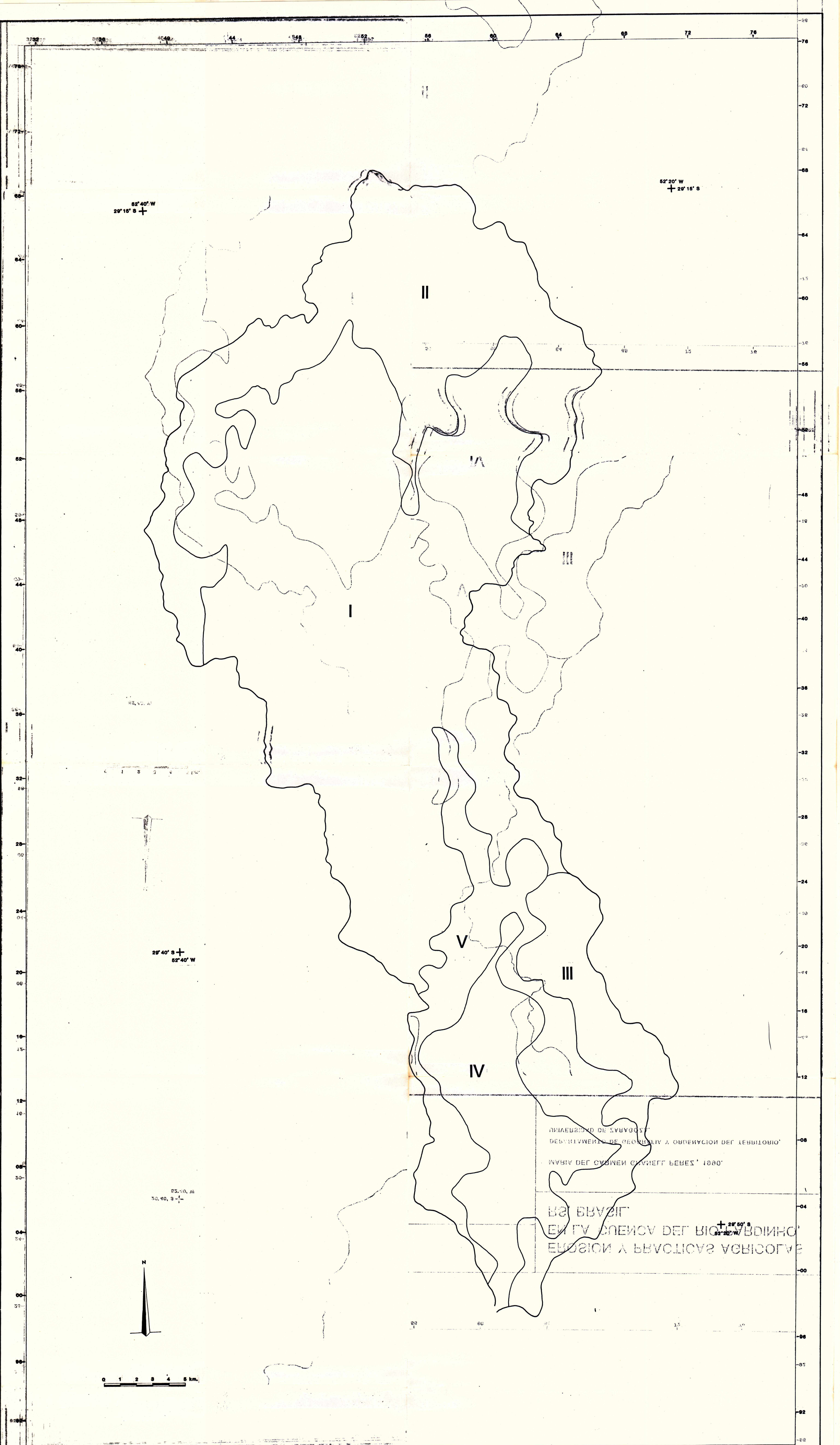


CUTM: 22JNE

LEYENDA		Pendientes	
Symbol	%	Symbol	%
[White box]	< 3	[Horizontal lines]	12 - 22
[White box]	3 - 5	[Horizontal lines]	20 - 40
[Diagonal lines /]	5 - 10	[Horizontal lines]	22 - 39
[Diagonal lines \]	10 - 20	[Horizontal lines]	40 - 60
[Vertical lines]	20 - 30	[Horizontal lines]	60 - 80
[Vertical lines]	30 - 39	[Horizontal lines]	> 80
[Vertical lines]	39 - 49	[Horizontal lines]	> 80
[Vertical lines]	49 - 59	[Horizontal lines]	> 80
[Vertical lines]	59 - 69	[Horizontal lines]	> 80
[Vertical lines]	69 - 79	[Horizontal lines]	> 80
[Vertical lines]	79 - 89	[Horizontal lines]	> 80
[Vertical lines]	89 - 99	[Horizontal lines]	> 80
[Vertical lines]	> 99	[Horizontal lines]	> 80

### EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO,  
 UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.



4 UNIDADES TOPOGRAFICAS

EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.

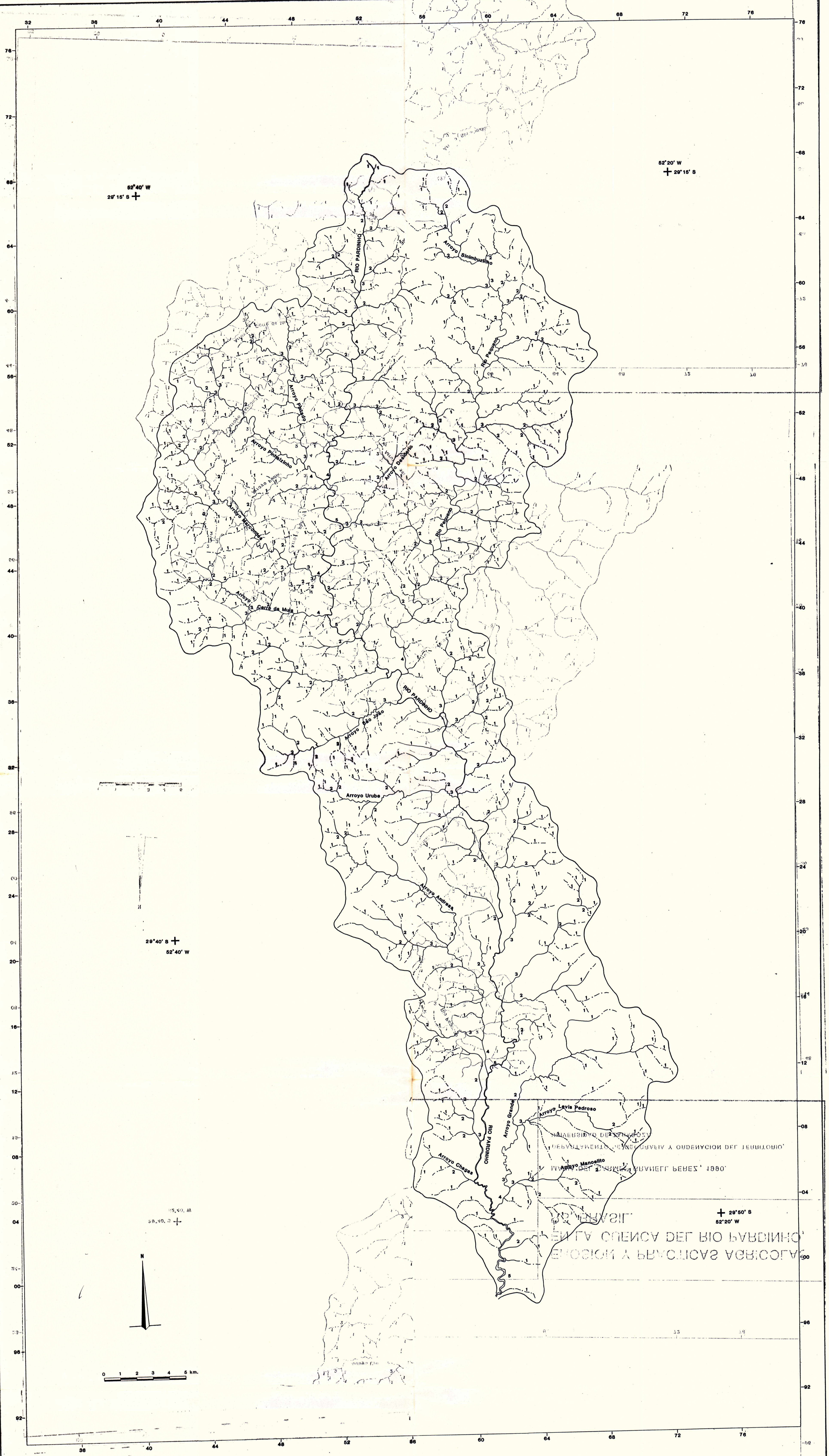
MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.

LEYENDA

I. LA SIERRA :  
 I. Sector de cuencas en erosión  
 II. Sector de cuencas con erosión  
 Sector de cuencas sin erosión

III. Sector de cuencas con erosión  
 IV. Sector de cuencas con erosión  
 V. Sector de cuencas con erosión



<p>CUTM: 22JNE</p> <p>5</p> <p>LEYENDA</p>	<p>RED HIDROGRAFICA</p> <p>JERARQUIA DE LA RED:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 - Cauces de primer orden</li> <li>2 - Cauces de segundo orden</li> <li>3 - Cauces de tercer orden</li> <li>4 - Cauces de cuarto orden</li> <li>5 - Cauces de quinto orden</li> </ul>	<p>EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.</p> <p>MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.</p> <p>DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.</p>
--	---	---



**MAPA DE SUELOS**

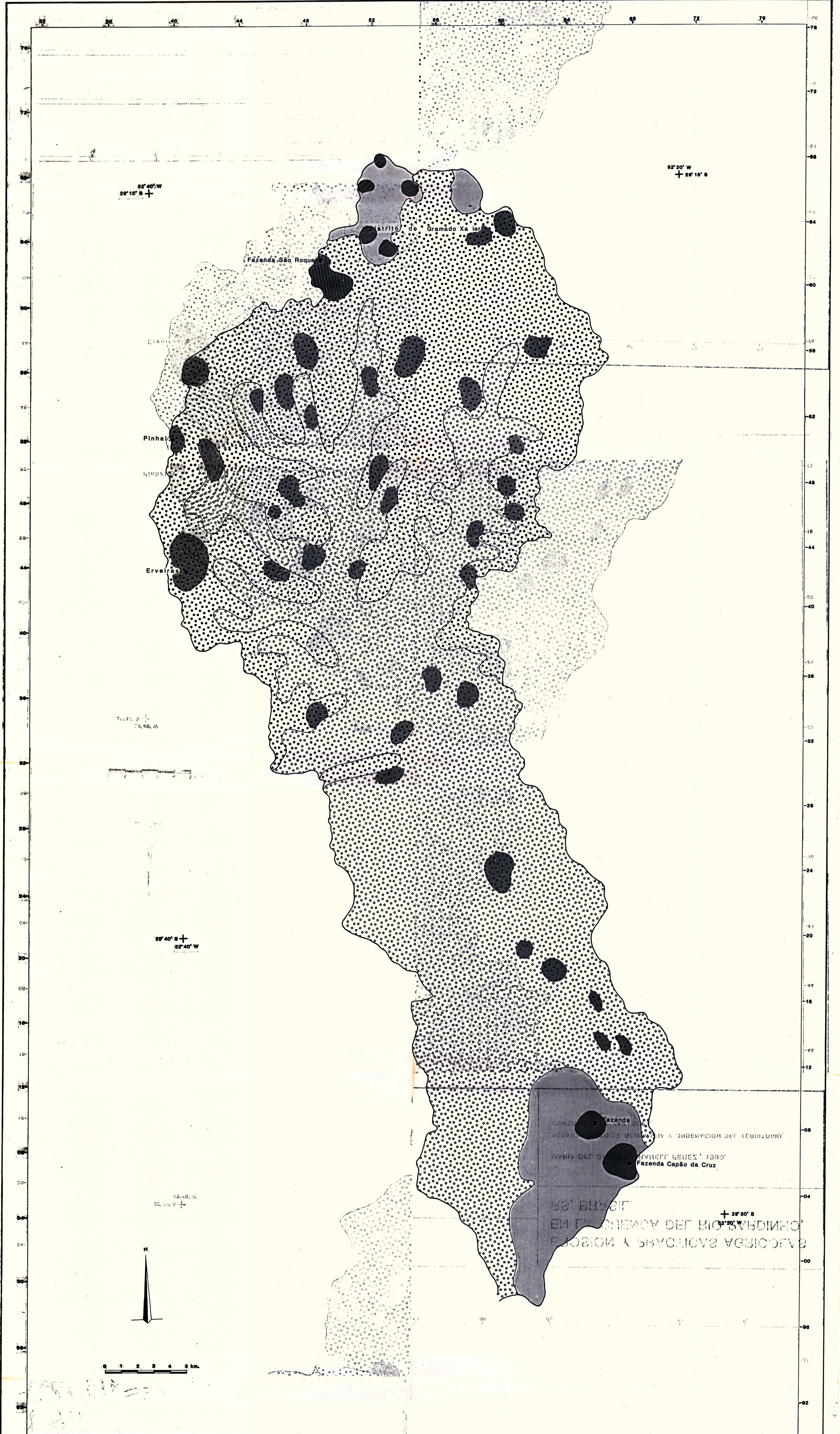
**EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.**

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.

LEYENDA

- Asociación de tierras pardas estructuradas con tendencia hacia podzólicos pardo-grises y litosoles
- Asociación de tierras rojas estructuradas y brunizans rojizos
- Asociación de suelos podzólicos pardo-grises, tierras pardas estructuradas y litosoles
- Asociación de suelos podzólicos pardo-grises con tendencia hacia planosoles y planosoles
- Suelos podzólicos rojo-oscuros
- Asociación de litosoles y brunizans rojizos
- Cambisoles

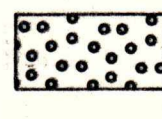
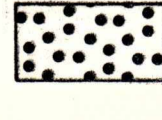




CUTM : 22JNE

7

**VEGETACION POTENCIAL**

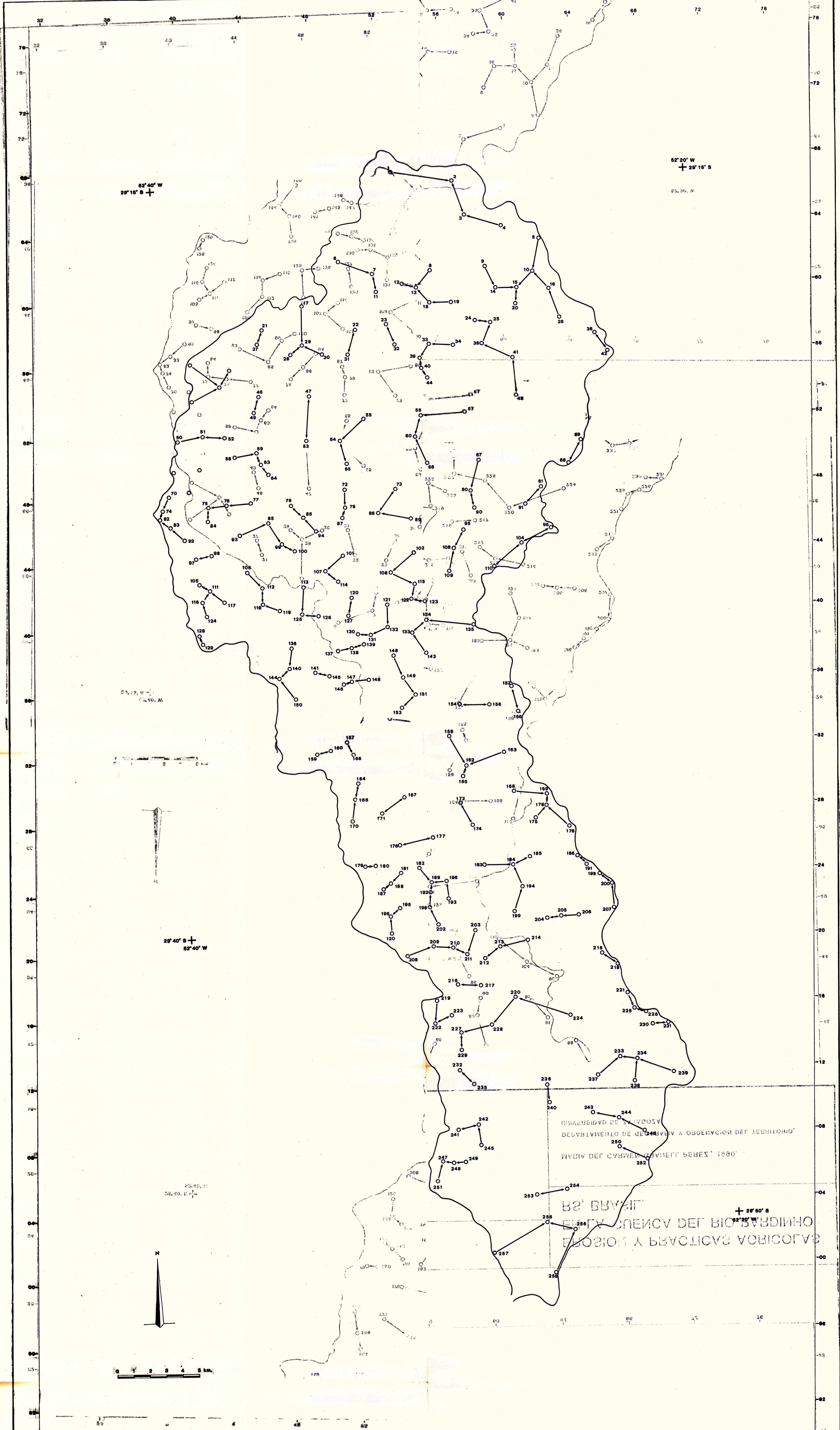
**LEYENDA**

-  Bosque subtropical húmedo sin Araucaria
-  Bosque subtropical húmedo con Araucaria
-  Relictos
-  Campo

**EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.**

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.



52° 40' W  
29° 15' S

52° 20' W  
29° 15' S

29° 40' S  
52° 40' W

29° 50' S  
52° 20' W

CUTM: 22JNE

DISTRIBUCION DEL HABITAT  
DISTRIBUCION DEL HABITAT

- LEYENDA
- Núcleos con un máximo de 3 viviendas agrupadas
  - Núcleos con un mínimo de 3 viviendas agrupadas
  - Distancia mínima entre dos núcleos

EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO,  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



# USOS DEL SUELO ( AÑO 1965 )

## LEYENDA

	Policultivo		Policultivo y pastos		Repoblaciones
	Policultivo y "capoeira"		Arroz inundado y pastos		Urbano e industrial
	Ganadero		Bosque subtropical		

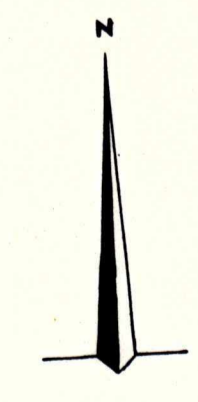
52° 40' W  
28° 16' S

52° 20' W  
28° 16' S

52° 40' W  
28° 40' S

52° 40' W  
28° 40' S

0 1 2 3 4 5 Km.



CUTM - 22 JNE

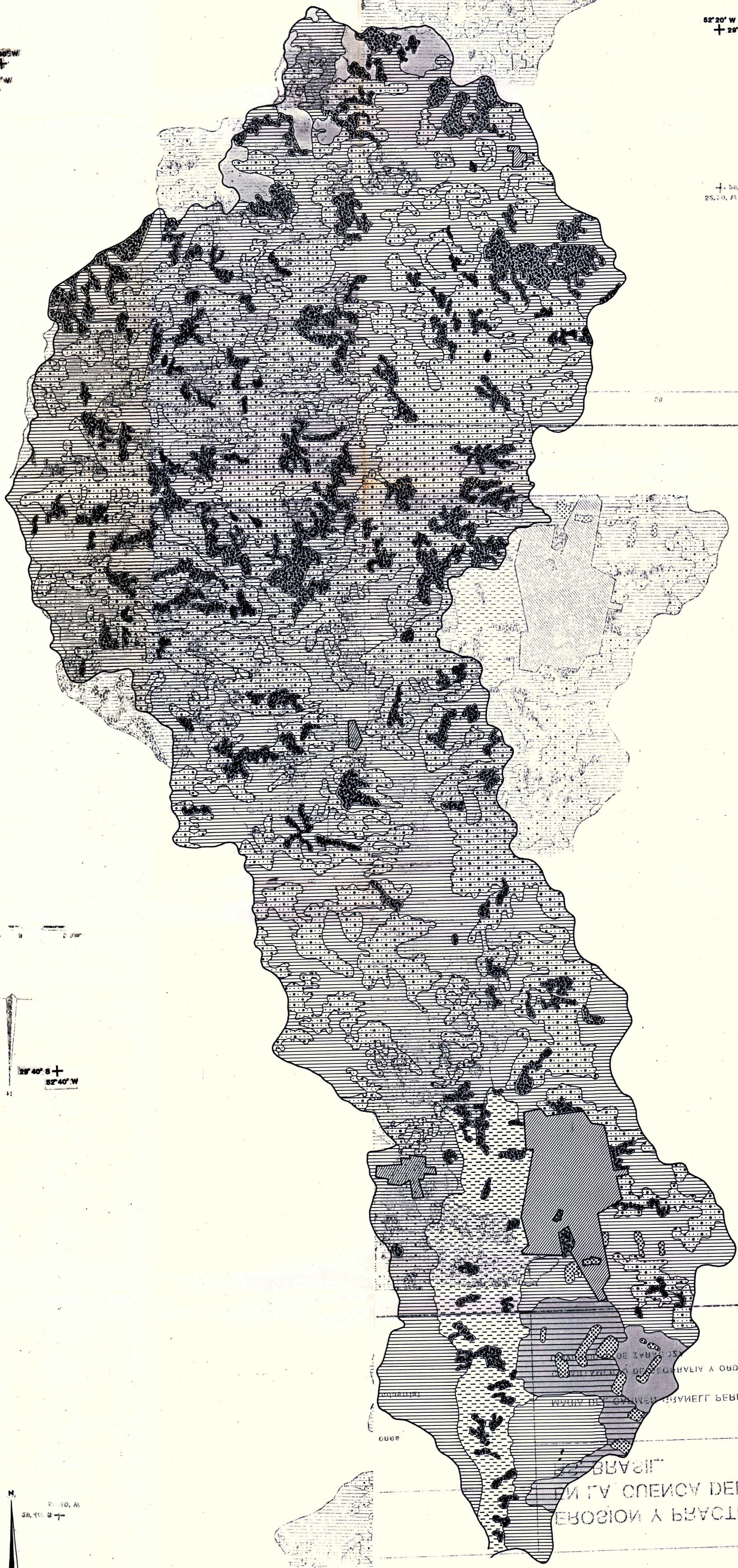
# USOS DEL SUELO ( AÑO 1965 )

## LEYENDA

	Policultivo		Policultivo y pastos		Repoblaciones
	Policultivo y "capoeira"		Arroz inundado y pastos		Urbano e industrial
	Ganadero		Bosque subtropical		

## EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.

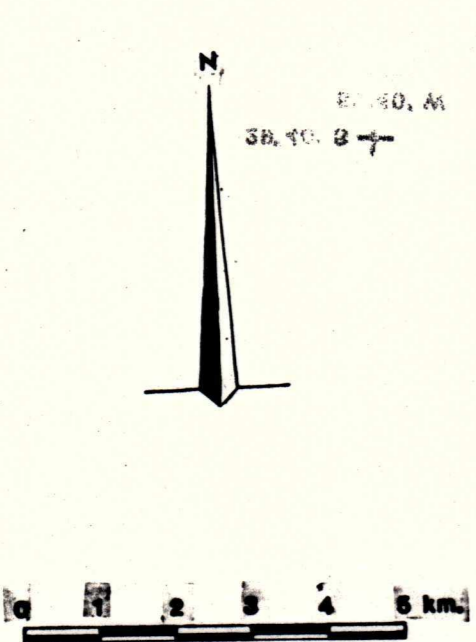
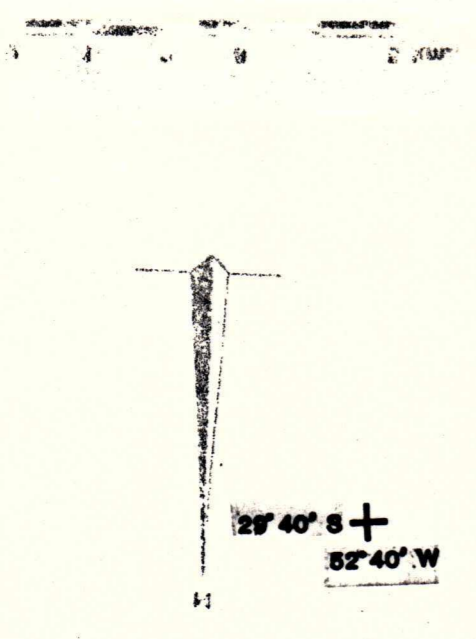
MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1980.  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO,  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.



62° 40' W  
28° 10' S  
62° 40' W  
28° 10' S

62° 20' W  
28° 16' S

62° 50' W  
28° 10' S



CUTM: 22JNE  
CUTM: 22JNE

USOS DEL SUELO ( AÑO 1986 )

10

LEYENDA

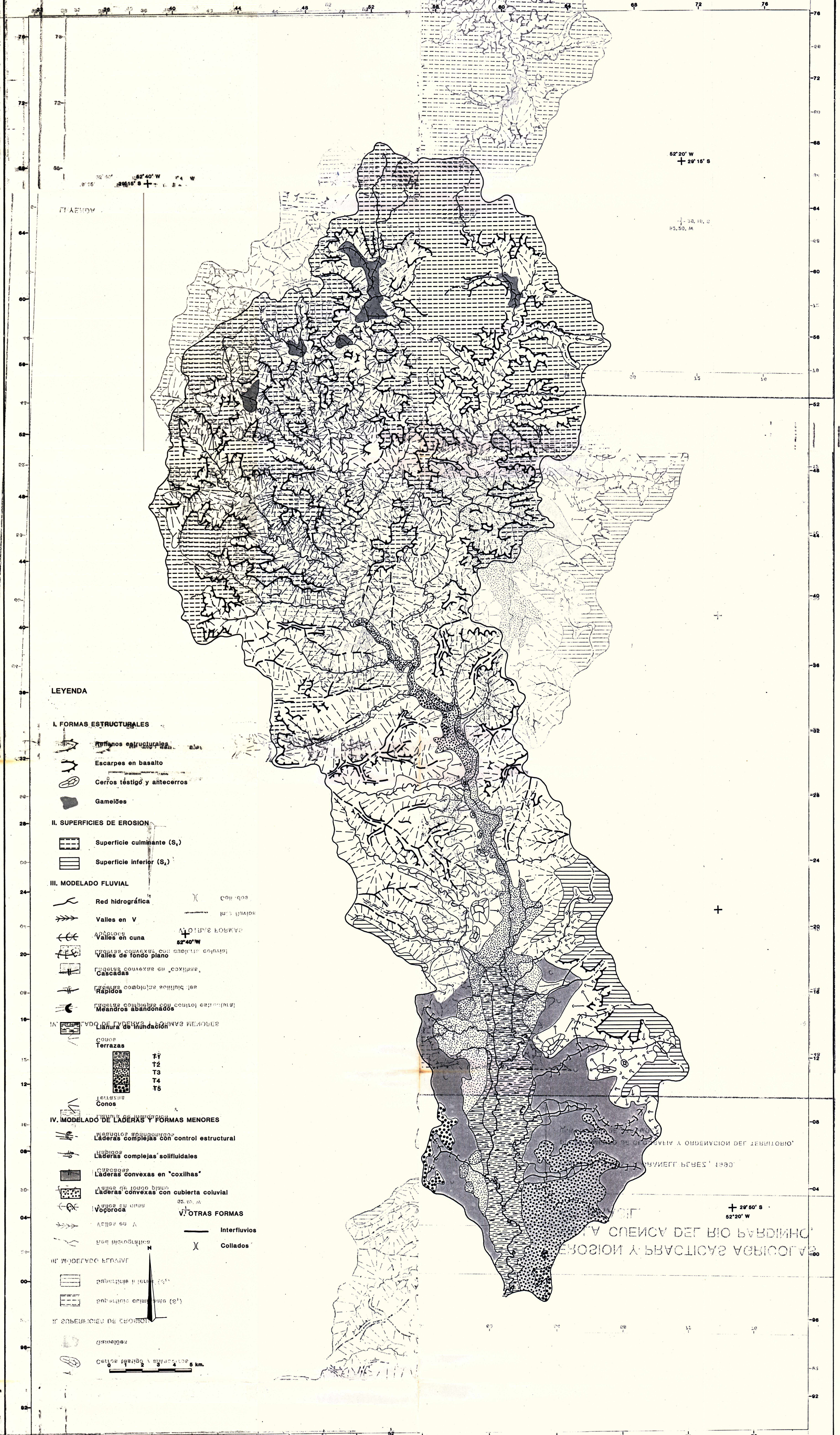
LEYENDA

Policultivo  
Policultivo  
Policultivo y "capoeira"  
Policultivo y "capoeira"  
Ganadero  
Ganadero

Policultivo y pastos  
Arroz inundado y pastos  
Bosque subtropical  
Repoblaciones  
Urbano e Industrial

EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO, RS, BRASIL.

MARIA DEL GARMEN GRANELL PEREZ, 1990.  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO,  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.



CETD  
p. 13  
CUTM: 22JUN 20 11:00

11 GEOMORFOLOGICO

EROSION Y PRACTICAS AGRICOLAS  
EN LA CUENCA DEL RIO PARDINHO,  
RS, BRASIL.

MARIA DEL CARMEN GRANELL PEREZ, 1990.  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA Y ORDENACION DEL TERRITORIO,  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.

Soledade

Município de Papanudo

Município de

Paracatu

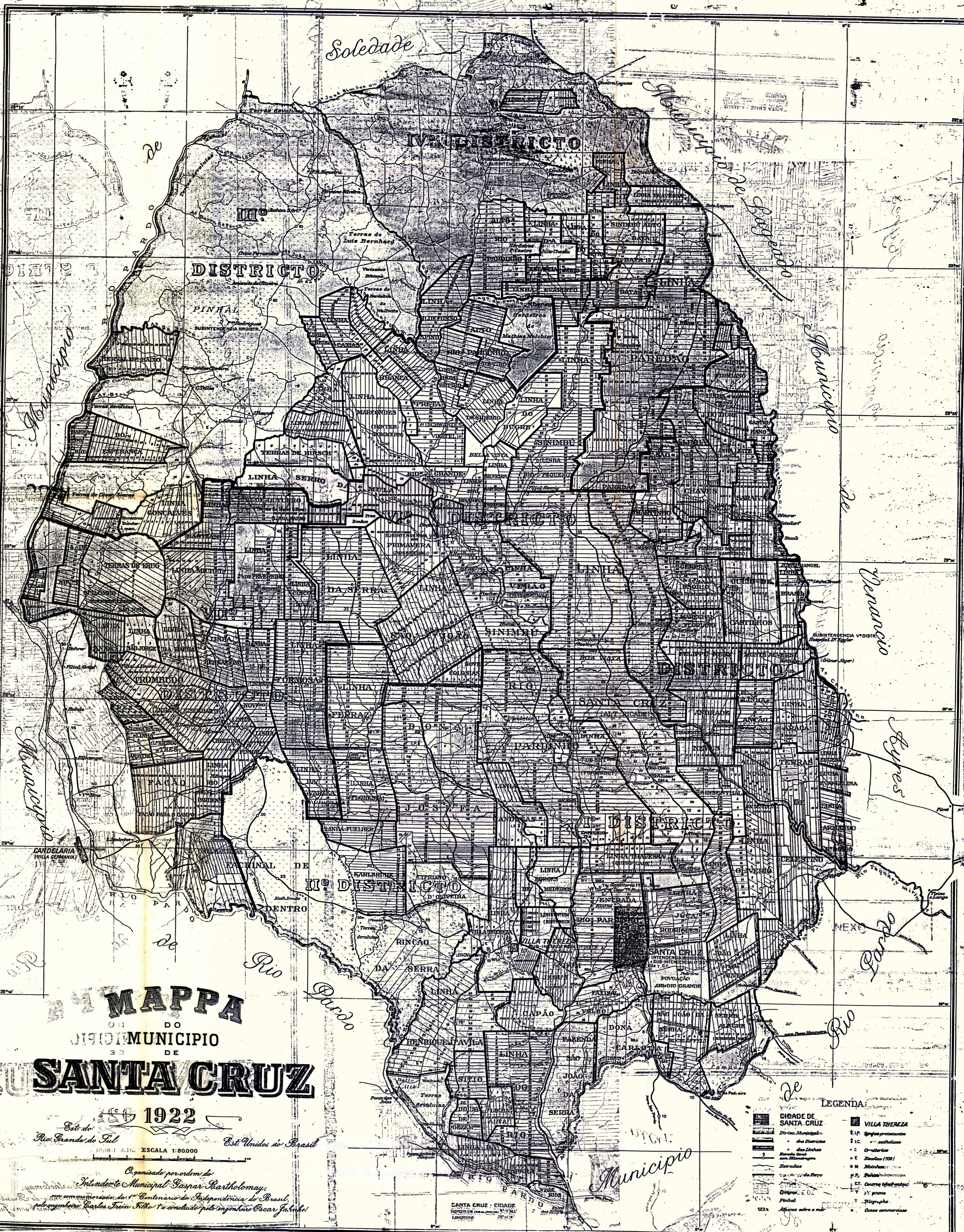
Hyphes

Pardo

Rio

de

Município



**MAPPA**  
DO  
MUNICÍPIO  
DE  
**SANTA CRUZ**

1922

Est. do Rio Grande do Sul Est. Unidos do Brasil

ESCALA 1:80000

Organizado por ordem do  
Intendente Municipal Gaspar Bartholomay,  
em comemoração do 1º Centenário da Independência do Brasil,  
pelos engenheiros Carlos Teófilo Filho e concluído pelo engenheiro Oscar Fátima

LEGENDA

	VILLA THERESIA
	Divisões Municipais
	Distritos
	Linhas
	Estradas
	Estrada de Ferro
	Cidades e Vilas
	Povoado
	Vila
	Aldeia
	Freguesia
	Paróquia
	Igreja
	Capela
	Cemitério
	Casa Commerciana

SANTA CRUZ - CIDADE  
1922