

MCA

T
504.06(899)
BLA

T
504.06(899)
BLA

TEMA:

GESTION AMBIENTAL

T
504.06(899) BLA
Evaluación estratégica am...
Blanco Rodríguez, Adriana Cynthia



SUB-TEMA:

**Evaluación estratégica ambiental y
desarrollo metodológico destinado a la
gestión sostenible de la fuente de agua potable**

Caso de estudio: Cuenca del A° Solís Chico como
fuente alternativa para el abastecimiento de
agua potable.

Tesis de la Maestría en Ciencias Ambientales

Facultad de Ciencias

Universidad de la República Oriental del Uruguay

Lic. Adriana C. Blanco

Director de Tesis:

Dr. Estanislao de Luis Calabuig

Codirector:

Ms Cs. M. Caffera

Tribunal:

Profesor D. Panario
Profesor. R. Cayssials
Profesor J. Hernández
Profesor D. Conde



10628

Abril/2003

3 - NOV. 2003 Imación autor

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

TEMA: GESTION AMBIENTAL

**SUB-TEMA: EVALUACIÓN ESTRATEGICA AMBIENTAL Y DESARROLLO
METODOLÓGICO DESTINADO A LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA
FUENTE DE AGUA POTABLE**

**CASO DE ESTUDIO: Cuenca del A° Solís Chico como fuente alternativa
para el abastecimiento de agua potable**

Autor: Lic. Adriana C. Blanco

Director de Tesis: Dr. Estanislao de Luis Calabuig

Codirector: Ms. Cs. Mario Caffera

Tribunal:

Profesor Daniel Panario

Profesor Ricardo Cayssials

Profesor Juan Hernández

Profesor Daniel Conde

Abril/2003

INDICE

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS | XVI |
| RESUMEN | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| MARCO CONCEPTUAL | 8 |
| FLUXOGRAMA | 11 |
| OBJETIVO GENERAL | 12 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| AREA DE ESTUDIO | 14 |
| CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA SOLIS CHICO | 17 |
| ANALISIS DE COMPATIBILIDAD – INCOMPATIBILIDAD | 19 |
| A. Incompatibilidad | 20 |
| A.1. Cloruros | 20 |
| OEA | 20 |
| OSE | 22 |
| A.2. Dureza total | 24 |
| Propuesta | 24 |
| B. Compatibilidad | 25 |
| B.1. Energía eléctrica | 25 |
| B.2. Caminería | 26 |
| B.3. Distancia entre puntos de igual cota para cierre de represa o silla de montar | 28 |
| IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS | 29 |
| Definición de Subcuenca | 29 |
| Definición de Microcuenca | 29 |
| Compatibilidad-incompatibilidad de los escenarios | 33 |

**ANALISIS AMBIENTAL ESPACIAL E INDICES PONDERADOS
DE LOS ESCENARIOS**

| | |
|--|----|
| | 34 |
| Morfometría de los escenarios | 35 |
| Índice de Strahler | 36 |
| Índice de bifurcación | 36 |
| Índice de densidad | 38 |
| A. Indicador de densidad de cursos de agua | 38 |
| B. Indicador de densidad de drenaje | 39 |
| Índice de disponibilidad de agua | 40 |
| Índice de pendientes medias | 42 |
| Índice de forma | 46 |
| Índice de circularidad | 49 |
| Aspectos físicos de los escenarios | 51 |
| Tiempo de escurrimiento | 51 |
| Balance Hidrológico | 51 |
| Geología | 53 |
| Índice de permeabilidad geológica | 53 |
| Geomorfología | 58 |
| Índice de erodabilidad o vulnerabilidad de las formas | 58 |
| Suelo | 63 |
| Índice de infiltración del suelo | 63 |
| Suelos con valor de infiltración alto | 64 |
| Suelos con valor de infiltración medio a bajo | 64 |
| Suelos con valor de infiltración baja o nula | 64 |
| Erosión | 66 |
| Índice de suelos erosionados | 66 |
| Aptitud de Uso | 68 |
| Índice de aptitud de uso globalizado | 70 |
| Índice en las limitaciones en el uso de la tierra | 73 |
| Aclaración | 74 |
| Aspectos Bióticos Productivos de los escenarios | 76 |
| Índices de los aspectos bióticos productivos | 76 |

| | |
|---|-----|
| RESULTADOS | 79 |
| Escenario A: A° Solís Chico | 80 |
| Escenario B: A° De los Padres | 85 |
| Escenario C: A° Mosquitos | 88 |
| ALTERNATIVAS DE TOMA DE AGUA | 93 |
| Alternativa 1: Toma sobre el arroyo | 93 |
| Alternativa 2: No existe calidad | 94 |
| Alternativa 3: No existe cantidad | 94 |
| DISCUSIÓN | 95 |
| Toma de decisión: Elección del escenario y Alternativa de Toma | 96 |
| Situación actual (año 1996) | 96 |
| Proyección al año 2015 | 98 |
| Propuestas | 99 |
| Propuesta emplazamiento | 99 |
| Propuesta de cierre | 101 |
| Propuesta de toma | 102 |
| Resumen | 103 |
| Aspectos ambientales | 105 |
| Fortalezas | 105 |
| Bañados | 105 |
| Aptitud de Uso del Suelo | 106 |
| Debilidades | 107 |
| Erosión | 107 |
| Erodabilidad | 109 |
| Forestación | 110 |
| Carne Bovina | 112 |
| Horticultura | 113 |
| Estimación de impactos ambientales (EsIA) | 114 |
| EsIA de la toma | 115 |
| EsIA del embalse | 115 |

| | |
|--|-----|
| LINEAMIENTOS DE GESTION | 116 |
| Legislación | 119 |
| Evaluación de impacto ambiental (EIA) | 121 |
| Lineamientos del plan de gestión en EIA | 124 |
| Programa de participación ciudadana | 125 |
| Definición | 125 |
| Participación | 125 |
| Participación ciudadana | 125 |
| Corolario | 126 |
| Lineamientos del plan de participación ciudadana a desarrollar | 127 |
| Ordenamiento territorial y ambiental (OTA) | 129 |
| Conceptos básicos | 129 |
| Ordenamiento | 129 |
| Territorial | 129 |
| Ambiental | 129 |
| Lineamientos del plan de gestión para el OTA | 130 |
| BIBLIOGRAFIA | 133 |
| ANEXO I: Materiales | 141 |
| ANEXO II: Procedimiento metodológico | 144 |
| II. 1. Morfometría | 145 |
| II. 1. 1. Cuenca Hidrográfica | 145 |
| Definiciones | 145 |
| Delimitación de la cuenca | 146 |
| Términos | 146 |
| A. Curso de agua | 146 |
| A.1. Por su posición | 146 |
| Corriente principal | 146 |
| Corrientes tributarias | 147 |
| A.2. Por su tiempo de transportar | 147 |
| Corriente perenne | 147 |
| Corriente intermitente | 147 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| | Corriente efímera | 147 |
| | B. Naciente | 147 |
| | C. Punto topográfico más relevante | 147 |
| | D. Curva de nivel | 147 |
| | Material | 148 |
| | Procedimiento | 148 |
| II. 1. 2. | Área de la Cuenca | 150 |
| | Definiciones | 150 |
| | Cálculo | 150 |
| | Método del papel cuadriculado | 150 |
| | Material | 150 |
| | Procedimiento | 150 |
| | Cálculo | 151 |
| | Ejemplo | 152 |
| II. 2. | Índice de Eficiencia de una Cuenca | 153 |
| II. 2. 1. | Índice de Strahler (1952) | 153 |
| | Materiales | 153 |
| | Procedimiento | 153 |
| | Resultado | 153 |
| | Interpretación de los datos | 154 |
| | Observación | 154 |
| | Ejemplo | 155 |
| II. 2. 2. | Índice de bifurcación (ó relación de bifurcación) | 156 |
| | Definición | 156 |
| | Ley del número de canales | 156 |
| | Materiales | 156 |
| | Procedimiento | 156 |
| | Expresión matemática | 157 |
| | Interpretación de los datos | 157 |
| | Observaciones | 157 |
| | Ejemplo | 158 |
| II. 2. 3. | Tasa de bifurcación | 159 |
| | Expresión matemática | 159 |

| | |
|---|------------|
| Ejemplo | 159 |
| Cálculo de la Tasa de bifurcación | 160 |
| Resultado | 160 |
| II. 2. 4. Indicadores de densidad | 161 |
| A. Indicador de densidad de cursos de agua | 161 |
| Materiales | 161 |
| Procedimiento | 161 |
| Expresión matemática | 161 |
| Ejemplo | 162 |
| Resultado | 162 |
| B. Indicador de densidad de drenaje | 162 |
| Materiales | 162 |
| Procedimiento | 162 |
| Expresión matemática | 163 |
| Ejemplo | 163 |
| Interpretación | 164 |
| C. Índice de disponibilidad de agua | 164 |
| Materiales | 164 |
| Procedimiento | 165 |
| Expresión matemática | 165 |
| Observación | 166 |
| Ejemplo | 166 |
| II. 2. 5. Índice de Sinuosidad | 167 |
| Interpretación | 168 |
| Ejemplo | 168 |
| Datos | 168 |
| Resultado | 168 |
| II. 3. Índice de Deterioro de una Cuenca | 169 |
| II. 3. 1. Indicador del tiempo de escurrimiento | 169 |
| Material | 169 |
| Expresión matemática | 169 |
| Limitación | 169 |
| Ejemplo | 169 |

| | |
|--|------------|
| Resultado | 169 |
| II. 3. 2. Índice de forma | 170 |
| Material | 170 |
| Procedimiento | 170 |
| Expresión matemática | 170 |
| Interpretación | 171 |
| Ejemplo | 171 |
| Resultado | 172 |
| II. 3. 3. Índice de circularidad | 172 |
| Material | 172 |
| Procedimiento | 173 |
| Expresión matemática | 173 |
| Interpretación | 173 |
| Ejemplo | 174 |
| Datos | 174 |
| Resultado | 174 |
| II. 3. 4. Indicador de pendiente media | 174 |
| Materiales | 174 |
| Procedimiento | 174 |
| II. 3. 4. 1. Método A | 175 |
| Expresión matemática | 175 |
| II. 3. 4. 2. Método B | 175 |
| Expresión matemática | 176 |
| Interpretación | 178 |
| Ejemplo | 179 |
| Ejemplo A | 181 |
| Ejemplo B | 181 |
| Resultados | 182 |
| II. 4. Clasificación de Cuencas | 183 |
| II. 4. 1. Clasificación de Way (1978) | 183 |
| II. 4. 1. 1. Cuencas de textura fina | 183 |
| II. 4. 1. 2. Cuencas de textura media | 183 |
| II. 4. 1. 3. Cuencas de textura gruesa | 183 |

| | |
|--|-----|
| Materiales | 184 |
| Procedimiento | 184 |
| 1) Fotointerpretación | 184 |
| 2) En SIG | 184 |
| Resultado | 185 |
| Ejemplo | 186 |
| II. 4. 2. Clasificación de cuenca por su desembocadura | 187 |
| II. 4. 2. 1. Cuenca endorreica | 187 |
| II. 4. 2. 2. Cuenca exorreica | 187 |
| Ejemplo | 187 |
| II. 4. 3. Para Subcuencas | 187 |
| II. 5. Balance Hidrológico | 188 |
| Balance Hidrológico | 188 |
| Coeficiente de escurrimiento medio anual | 188 |
| Materiales | 188 |
| Cálculo | 188 |
| Ejemplo | 189 |
| Ejemplo I: Escenario A: Cuenca A° Solís Chico | 189 |
| Ejemplo II: Escenario B: Cuenca A° De los Padres | 190 |
| Ejemplo III: Escenario C: Cuenca A° Mosquitos | 190 |
| II. 6. Polígonos de Thiessen | 191 |
| Materiales | 191 |
| Procedimiento | 191 |
| Cálculo | 191 |
| Lluvia media | 191 |
| Ejemplo | 192 |
| II. 7. Ponderación de Índices | 193 |
| Materiales | 193 |
| Procedimiento | 193 |
| Cálculo | 193 |
| 1- Ponderación con relación al área | 193 |
| 2- Ponderación en relación con el porcentaje | 194 |

| | |
|--|-----|
| Resultados | 194 |
| Ejemplo | 194 |
| II. 8. Población | 197 |
| Tasa anual media de crecimiento poblacional | 197 |
| Materiales | 197 |
| Procedimiento | 197 |
| Expresión matemática | 197 |
| I) Tasa anual media de crecimiento de la población | 197 |
| II) Función de crecimiento exponencial | 198 |
| Ejemplo | 198 |
| Tasa de crecimiento | 198 |
| Para el año 2005 | 198 |
| Para el año 2010 | 198 |
| Resultados | 199 |
| ANEXO III: Caracterización de la Cuenca Solís Chico | 200 |
| III. A. Morfometría | 201 |
| III. A. 1. Índice de Strahler | 201 |
| III. A. 2. Índice y Tasa de bifurcación | 203 |
| III. A. 3. Índice de densidad | 204 |
| III. A. 3. 1. Indicador de densidad de cursos de agua | 204 |
| III. A. 3. 2. Indicador de densidad de drenaje | 204 |
| III. A. 4. Pendiente media | 205 |
| III. A. 5. Índice de sinuosidad | 206 |
| III. A. 6. Índice de forma | 207 |
| III. A. 7. Índice de circularidad | 207 |
| III. A. 8. Clasificación de Way | 208 |
| III. B. Aspectos físicos | 209 |
| III. B. 1. Precipitación | 209 |
| III. B. 2. Tiempo de escurrimiento | 226 |
| III. B. 3. Balance hidrológico | 227 |
| III. B. 4. Geología | 230 |

| | |
|---|-----|
| Características de las Unidades Geológicas | 230 |
| Precámbrico Medio | 230 |
| Basamento Cristalino | 229 |
| Cretácico Inferior | 231 |
| Formación Miguez | 231 |
| Cretácico superior | 233 |
| Formación Guichón | 233 |
| Formación Mercedes | 233 |
| Formación Asencio | 234 |
| Terciario (Plioceno) | 234 |
| Formación Raigón | 234 |
| Formación Salto | 235 |
| Cuaternario | 235 |
| Pleistoceno | 235 |
| Formación Libertad | 235 |
| Formación Chuy | 236 |
| Holoceno | 236 |
| Formación Vizcaíno | 236 |
| Sedimentos arenosos | 237 |
| Reciente | 237 |
| Sedimento aluvial actual | 237 |
| III. B. 5. Geomorfología | 238 |
| Basamento Cristalino | 238 |
| Formación Libertad | 238 |
| Formación Miguez, Guichón y Mercedes-Ascencio | 239 |
| Formaciones Raigón | 239 |
| Formación Libertad-Dolores | 239 |
| Formación Dolores | 240 |
| Formaciones Chuy, Villa Soriano, Raigón y otras | 240 |
| Sedimentos arenosos | 240 |
| III. B. 6. Suelos | 242 |
| Series Dominantes | 244 |
| Suelos Melánicos | 244 |

| | |
|---|-----|
| Suelos Saturados Lixiviados | 244 |
| Suelos Poco Desarrollados | 245 |
| Suelos Hidromórficos | 246 |
| III. B. 7. Erosión | 247 |
| Erosión laminar | 249 |
| Erosión en surcos | 249 |
| Erosión en cárcavas | 249 |
| Criterios de clasificación de la erosión | 251 |
| III. B. 8. Aptitud de Uso del Suelo | 257 |
| Aptitud de Uso | 257 |
| Cultivos | 257 |
| Pasturas | 258 |
| Forestales | 258 |
| Tierras cultivables | 258 |
| Tierras cultivables en condiciones especiales | 259 |
| Tierras no cultivables | 259 |
| Limitaciones de Uso | 262 |
| Resistencia a la erosión | 262 |
| Laborabilidad | 262 |
| Disponibilidad de oxígeno | 262 |
| Inundaciones | 262 |
| Fertilidad | 262 |
| Sodicidad (alcalinidad) | 264 |
| Salinidad | 264 |
| Disponibilidad de espacio a las raíces | 264 |
| Corolario | 266 |
| III. C. Aspectos Bióticos Productivos | 267 |
| Evaluación macro del Censo agropecuario | 267 |
| Lecherías | 267 |
| Viticultura | 267 |
| Forestación | 267 |
| Avícolas y Porcinos | 268 |
| Cultivos de cereales e industriales | 268 |

| | |
|--|-----|
| Explotaciones por principal fuente de ingreso | 268 |
| Producción Horticultura | 270 |
| Producción Bovina de Carne | 270 |
| Producción Forestal | 271 |
| III. D. Aspectos poblacionales | 275 |
| Proyección del crecimiento poblacional | 276 |
| Ocupación de Viviendas | 276 |
| Cálculo estimado de consumo | 282 |
| Corolario | 284 |
| ANEXO IV: Legislación | 285 |
| • Ley Orgánica N° 11.907/52 – Creación de las Obras Sanitarias del Estado (OSE) | 286 |
| • Decreto-Ley N° 14.440/75 – Normas sobre aguas residuales donde exista sistema de alcantarillado separativo | 286 |
| • Decreto 216/76 – Reglamentario del Decreto-Ley N° 14.440 | 286 |
| • Decreto-Ley N° 14.859/78 – Código de aguas | 287 |
| • Decreto 253/79 – Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas | 287 |
| • Decreto-Ley N° 15.239/81 - Ley de uso y conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios | 288 |
| • Ley N° 15.242/81 – Código de Minería | 289 |
| • Decreto 110/82 – Reglamento del Código de Minería | 289 |
| • Ley N° 15.939/87 – Ley Forestal | 289 |
| • Decreto 502/87 – Normas referentes a los permisos de extracción de áridos subacuáticos | 290 |
| • Decreto 452/88 – Bosques | 290 |
| • Decreto 849/88 – Bosques – Normas reglamentarias referentes a la prevención y el combate de incendios forestales | 291 |
| • Decreto 497/88 – Reglamento de barométricas de carácter público o privado | 291 |
| • Ley 16.112/90 – Creación del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente | 292 |

| | |
|--|------------|
| • Ley N° 16.170/90 – Presupuesto Nacional de Sueldos, Gastos e Inversiones | 292 |
| • Decreto 284/90 - Reglamentario de la Ley de uso y conservación de suelos y aguas superficiales con fines agropecuarios | 292 |
| • Decreto 333/90 – Bosques – Amplíanse superficies de suelos accesorios, a los de prioridad forestal, donde se admita su instalación para su rendimiento | 293 |
| • Decreto 22/93 – Dirección General de Recursos Naturales Renovables Mecanismos para la protección del bosque indígena | 293 |
| • Decreto 24/93 - Dirección General de Recursos Naturales Renovables - sustitución del artículo 16 del decreto 542/88 sobre corta del Monte Indígena | 293 |
| • Decreto 330/93 – Dirección General de Recursos Naturales Renovables – Disposición sobre la corta y extracción de productos forestales del monte indígena | 294 |
| • Ley N° 16.466/94 – Evaluación de Impacto Ambiental | 294 |
| • Decreto 435/94 – Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental | 295 |
| • Ley N° 16.688/94 – Régimen de prevención, vigilancia y control de derrames de contaminación a las aguas | 295 |
| • Decreto 432/95 – Reglamento del artículo 19 del Código de Aguas | 296 |
| • Decreto 517/96 – Junta Asesora del Director del Sistema Nacional de Control de Derrame de Contaminantes | 296 |
| • Ley N° 16.858/97 - Ley de Riego | 297 |
| • Ley N° 17.234/00 – Sistema Nacional de Areas Protegidas | 298 |
| • Ley 17.283/00 Ley General de Protección del Medio Ambiente | 298 |
| ANEXO V: Monitoreo - Puntos críticos – Plan de Contingencia | 300 |
| Monitoreo | 301 |
| 1- Monitoreo previo | 301 |
| 2- Plan de monitoreo | 303 |
| Puntos críticos de la información | 304 |
| Plan de contingencia | 306 |
| ANEXO VI: SIG | 307 |

| | |
|--|-----|
| Sistema de información geográfico (GIS o SIG) | 307 |
| Definición | 307 |
| Pautas para la construcción de un SIG | 307 |
| Breves nociones para iniciar un proyecto SIG | 309 |
| ¿Como iniciar un Proyecto Nuevo? | 309 |
| ¿Como adicionar una imagen? | 311 |
| ¿Como referenciar nuestra imagen? | 312 |
| ¿Como crear una capa? | 313 |
| ¿Cómo intercruzar dos capas? | 315 |
| A) Sola para ser visualizada | 315 |
| B) Para procesar datos | 317 |

A mis padres,
que siempre me apoyaron

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis compañeros y amigos por el ánimo y apoyo incondicional; al Departamento de Geografía por la calidez humana, el apoyo moral y logístico.

A las autoridades de OSE que apoyaron y facilitaron la realización de esta Maestría en Ciencias Ambientales, posibilitando así acrecentar mis conocimientos en el área ambiental.

Y por último y no menos importante, un agradecimiento muy especial al Profesor Dr. Nagy, porque sin su visión nunca hubiese sido posible obtener este Título.

RESUMEN

A través de una Evaluación Estratégica Ambiental (EEA) y un Sistema de Información Geográfico (SIG) como herramienta para realizar un Análisis Ambiental Espacial (AAE), se estudió la Cuenca Solís Chico como fuente alternativa para el abastecimiento de agua potable de la Costa de Oro entre el Balneario Atlántida y Costa Azul.

Se efectúa un proceso de examen y análisis anticipado de la información ambiental, como estudio previo a la toma de decisión técnico-operativa de los trabajos a realizarse al inicio del proyecto.

Se analizan 3 escenarios con 4 alternativas de emprendimientos.

De los resultados de la superposición de las distintas coberturas del análisis ambiental espacial, se genera una carta interpretativa donde se zonifica y se propone un tramo sustentable para realizar el proyecto. Esta ubicación es entre las desembocaduras de los Escenarios A y B y las proximidades de Ruta N° 8.

En esa zona, se propone construir un pequeño cierre total o parcial, que permita levantar el nivel del pelo de agua, asegurando así la normal operación de los equipos de la toma. Su diseño debería contemplar además, el mantener un flujo constante del arroyo que asegure la sustentabilidad de otros recursos naturales y usos del agua, corriente abajo.

Así mismo, se propone colocar la toma de agua sobre el arroyo -alternativa 1-, priorizando las estructuras ya existentes (puente sobre Ruta N° 8). Esto permite reducir los altos costos de las infraestructuras para la instalación de los equipos y minimizar impactos de construcción y de emplazamiento de nuevas obras permanentes.

A los efectos de la sostenibilidad de las propuestas y de los recursos del área, se proponen lineamientos básicos de una gestión integrada. En esta instancia se priorizan solo aquellas líneas que puedan ser implementadas con la participación ciudadana y otras instituciones gubernamentales, en un plano de posibilidades reales de realización.

Se genera un procedimiento metodológico escrito para procesar la información disponible, priorizando la simplicidad de aplicación y costos reducidos.

Y por último, se implementa un sistema de información geográfico para facilitar la retroalimentación futura de la nueva información que deba ser generada en instancias de la elaboración del proyecto.

INTRODUCCION

Se entiende prioritario jerarquizar las cuencas hidrográficas como unidades básicas de planificación y administración de los recursos naturales que en ellas interactúan¹.

Partiendo de este concepto, se define a la cuenca hidrográfica o cuenca de aporte como el *"área que drena agua, sedimentos y materiales disueltos, desde su divisoria o interfluvio, hacia un canal fluvial común"*² (visión sistémica). Si además, en esta unidad territorial ubicamos al hombre, se define claramente un ámbito que permite aplicar los criterios de equidad y de desarrollo sostenible, relacionando a éste, con los recursos naturales que lo sustentan³.

El agua pura en un sentido estricto no existe en la naturaleza, por su carácter de óptimo solvente⁴. Las sustancias disueltas y particuladas en solución que en ella se encuentran le dan sus características físicas, químicas y biológicas.

Estas sustancias son aportadas fundamentalmente por la conformación de la cuenca y las actividades que en ella se desarrollan, creando un sistema cuya entrada es materia y energía y su salida es producto del conjunto de procesos e interacciones entre los recursos y las actividades que se dan en esa unidad territorial.

Por ello al realizar un estudio para emplazar una toma de agua se debería tener una visión sistémica e integrada de la cuenca, enfatizando en su recurso hídrico en cantidad y calidad. Más aún cuando el destino final es el de abastecer de agua potable a la población, requiriendo por lo tanto la sostenibilidad de la fuente.

Relevar, analizar, evaluar y diagnosticar las disponibilidades actuales de los recursos y su balance con la demanda para sus múltiples usos, es de vital importancia⁵. Los planes de gestión de los recursos hídricos en los distintos niveles (nacional, regional o de cuenca hidrográfica) deberían contar con proyecciones de las necesidades e identificación de las anomalías detectadas en el balance entre la oferta y demanda, para efectuar previsiones que sean la base de las líneas de acción a ser emprendidas. Esto permitiría buscar un equilibrio entre la demanda y la oferta ambiental con equidad social, indispensable para evitar conflictos en el uso³.

Por lo aquí expuesto, se entiende oportuno realizar en el presente trabajo una "Evaluación estratégica ambiental y desarrollo metodológico destinado a la gestión sostenible de la fuente de agua potable: Tomando como caso de estudio la Cuenca Solís Chico", organizándose de la siguiente manera:

1- Cuenca Solís Chico

Se determina la Cuenca Solís Chico y se realiza un análisis descriptivo de las variables ambientales que pueden condicionar directa o indirectamente el recurso hídrico y por ende el futuro emplazamiento de la toma de agua.

2- Compatibilidad - Incompatibilidad de áreas de la Cuenca Solís Chico

Se efectúa un análisis de incompatibilidad de variables de calidad de agua que impiden un proceso de potabilidad convencional y como contraparte se evalúa otras, que facilitan el emplazamiento de una nueva planta de agua potable.

3- Se eligen y se evalúan los escenarios a través de indicadores ambientales.

El análisis de incompatibilidad condiciona la elección de subunidades sistémicas de abordaje dentro de la Cuenca Solís Chico llamadas escenarios, y ellos son:

Escenario A: Cuenca A° Solís Chico, Escenario B: Cuenca A° De los Padres y Escenario C: A° Mosquitos.

Se evalúa a través de indicadores ambientales ponderados por superficie (área) a fin de comparar estos escenarios.

4- Se genera y evalúa a través de una lista, los resultados obtenidos para los distintos escenarios.

Con la información del conjunto de indicadores, se implementa una lista de resultados que permite contrastar las bondades de cada uno, a fin de elegir el más apropiado para el emplazamiento de una toma de agua para consumo humano.

5- Se estudia la factibilidad ambiental de las alternativas para el emplazamiento de la nueva toma de agua potable.

Al escenario elegido se le superpusieron las 4 alternativas de emplazamiento de una nueva toma de agua potable y se selecciona una de ellas.

6- Se propone una zonificación, un cierre total o parcial y una toma de agua.

Del análisis ambiental espacial y los resultados obtenidos, se propone una zonificación para la construcción del cierre y el emplazamiento de la toma de agua. Esta propuesta se sustenta en diversas necesidades económicas y prácticas, preferenciando no cambiar drásticamente el régimen hidrológico del recurso y su sostenibilidad.

7- Se generan los lineamientos básicos para la gestión sostenible integral de la fuente de agua potable.

Con las propuestas planteadas y el conocimiento desarrollado para toda la Cuenca Solís Chico, se proponen los lineamientos básicos para la gestión sostenible del recurso hídrico.

8- Procedimiento metodológico.

La metodología aplicada se presenta como un procedimiento metodológico escrito, asequible de ser seguido por cualquier otra persona, apuntando al espíritu de las normas ISO 9.000 o 14.000, en cuando a la *"descripción escrita*

de un procedimiento o de una tarea, para que ella pueda ser reproducida de igual forma".

9- Sistema de Información Geográfico.

Por último, se desarrolla un Sistema de Información Geográfico con toda la información trabajada, como herramienta de análisis ambiental espacial. Este instrumento permite la retroalimentación de nueva información en el tiempo o en el espacio, y el reprocesado del conjunto de la información con el mismo fin o con uno nuevo.

MARCO CONCEPTUAL

El presente trabajo se basa en una Evaluación Estratégica Ambiental, definida por el BID⁶ como: *"Un proceso de examen y análisis anticipado de políticas, procesos, planes y programas y otras cuestiones importantes que se deban considerar antes del inicio de los proyectos"*.

Es por ello que este estudio se realiza en casi su totalidad con documentación que por su relevancia puede ser encontrada en la Institución OSE^f como información básica a saberse: la cartografía del Servicio Geográfico Militar, las cartas de suelo de la Dirección de Suelos^a (MGAP)^b y la carta geológica de la DINAMIGE^c (MIEM)^d.

Otras informaciones han provenido de páginas web de algunos de nuestros Ministerios o de la Universidad de la República Oriental del Uruguay, como la información del Censo General Agropecuario del 2000 de DIEA^e (MGAP).

La información aquí trabajada, se preferencia por su amplia divulgación o por su adquisición gratuita, a los efectos de poner de manifiesto que sin costos pueden ser incluidas variables ambientales en los estudios técnico-operativos primarios, pudiendo generarse así una visión integral de los sistemas para una gestión sostenible en un marco de Ordenamiento Territorial y Ambiental (OTA).

^a Dirección de Suelos ó Dirección de Suelos y Fertilizantes ó su denominación actual Dirección General de Recursos Naturales Renovables

^b MGAP: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca

^c DINAMIGE: Dirección Nacional de Minería y Geología

Se desarrolla el Sistema de Información Geográfico Arc View 3.2, programa que OSE^f ha venido implementando desde hace algunos años como herramienta de gestión de la información.

Este programa permite, a través del análisis ambiental espacial, generar cartografía ambiental⁷ y construir una serie de mapas donde se representa las características ambientales que se consideran influyentes, superponerlos y obtener cartas temáticas y cartas interpretativas⁸. Esta compresión de la información permite relacionar diversas características de interés, emplazándolas en el espacio.

La idea central de esta Tesis, más allá del caso ejemplificado, fue desarrollar herramientas de trabajo a través de un procedimiento escrito sencillo y simplificado, que pueda ser seguido en futuros estudios de cuencas hidrográficas.

Con ello se busca como fin, procesar información existente desde gabinete, que permita identificar sus puntos críticos, ya sea en el territorio o en la propia información, por estar poco desarrollada o por carecerse de ella para cumplir el objetivo buscado.

Con las herramientas implementadas, se busca desarrollar planes de acciones técnico-operativos, que permitan partir desde la definición de un plan de muestreo

^d MIEM: Ministerio de Industria, Energía y Minería

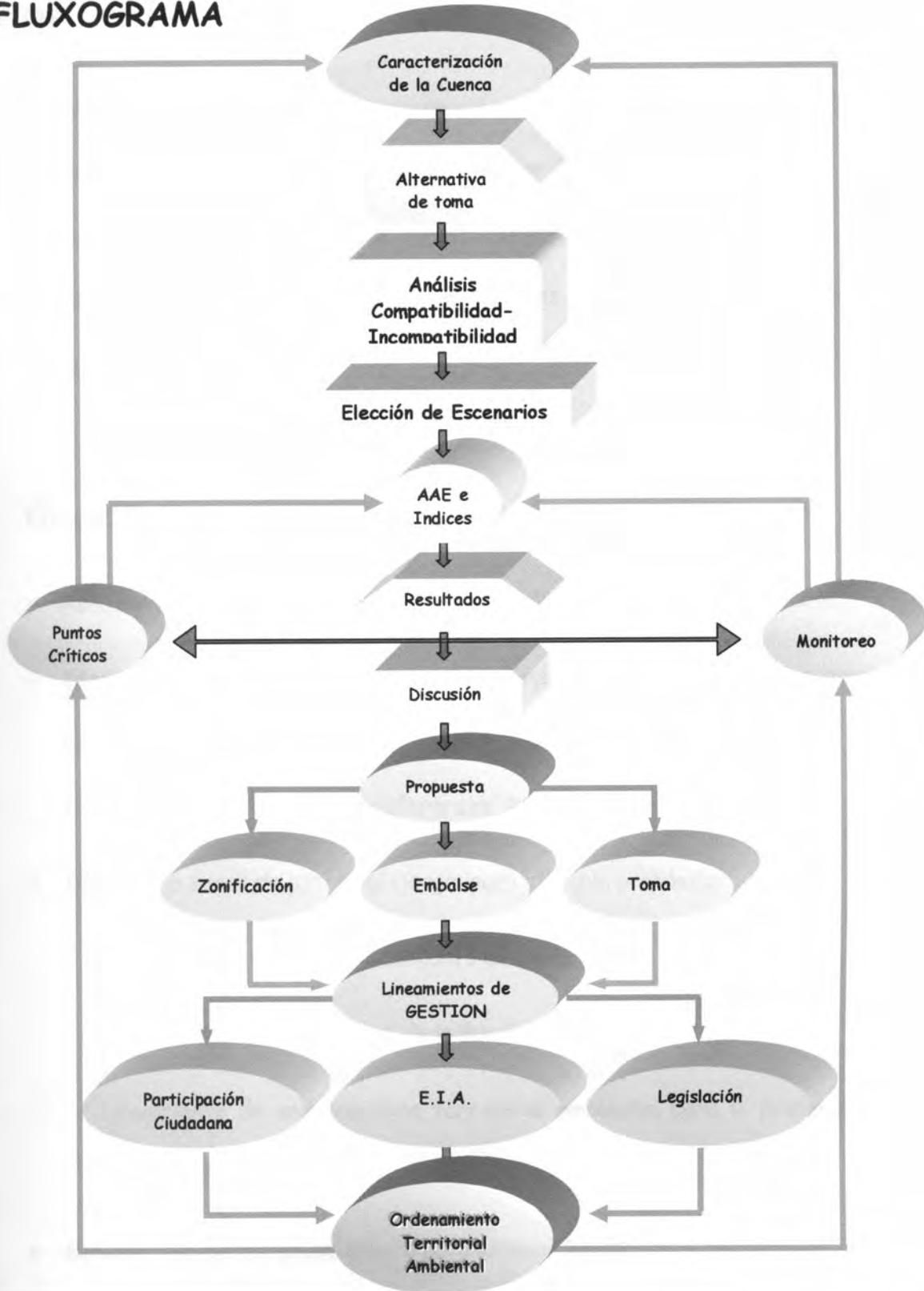
^e DIEA: Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias

^f OSE: Obras Sanitarias del Estado

hasta generar lineamientos básicos de un plan de gestión del recurso hídrico, integrando los diversos aspectos ambientales con una visión holística.

Este primer nivel de trabajo previo al inicio del proyecto se debe retroalimentar con el conjunto de informaciones relevadas en terreno. Estas podrán ser introducidas en el SIG para arribar al objetivo buscado, elegir el emplazamiento exacto de la nueva toma de agua y gestionar en forma sostenible la fuente de agua potable. Se entiende para ello fundamental contar con la implementación de la participación ciudadana y de otras instituciones involucradas, efectuar el análisis de evaluación de los impactos del proyecto y conocer las normativas vigentes para insertarse en ellas. Para por último, si los lineamientos de gestión integran los ítems antes mencionados aportaría al Ordenamiento Territorial Ambiental de la cuenca.

FLUXOGRAMA



OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la estructura de una evaluación estratégica ambiental y al desarrollo metodológico de la Cuenca Solís Chico para ser tenida en cuenta en los estudios previos al inicio de proyectos de construcción de tomas de agua y generar los lineamientos de la gestión integral sostenible de la fuente de agua destinada al consumo humano.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un estudio de caso específico en la Cuenca del Arroyo Solís Chico.
- Identificar los puntos críticos de la información disponible, de los aspectos ambientales, legales e institucionales como mecanismo de auxilio a los tomadores de decisión para preferenciar su instrumentación.
- Identificar zonas de potencial riesgo, para el triple propósito:
 - Elección de la localización del punto de toma.
 - Mantenimiento de la calidad de la fuente de agua
 - Lineamiento de ordenamiento territorial ambiental para la protección del área de interés
- Generar una matriz causa-efecto para estimar los impactos ambientales.

-
- Generar el lineamiento básico de gestión para una propuesta de sostenibilidad de la fuente de agua (con el fin del abastecimiento de agua potable con alto valor de calidad perdurable en el tiempo) en la localización/es seleccionada.
 - Definir los lineamientos básicos para hacer intervenir a los actores sociales e institucionales, desarrollando un plan de educación ambiental.
 - Generar una propuesta de ordenamiento territorial ambiental para asegurar la sostenibilidad del recurso fuente de agua potable.
 - Implementar un SIG como herramienta de manejo de la información ambiental y territorial.

AREA DE ESTUDIO

El Arroyo Solís Chico conforma para OSE, un recurso hídrico de interés para la extracción de agua destinada al consumo humano, por lo que se entendió oportuno tomar su cuenca como caso de estudio para realizar el ejercicio técnico-operativo de Evaluación Estratégica Ambiental.

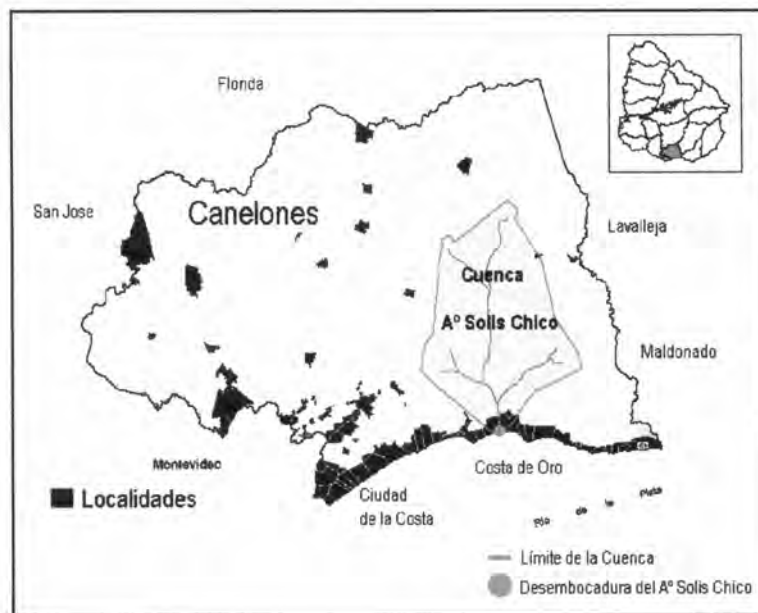


Fig. 1: Ubicación de la Cuenca Solís Chico en el departamento de Canelones.

La Cuenca Solís Chico se encuentra ubicada en el Departamento de Canelones siendo efluente del Río de la Plata (Fig. 1).

Presenta una superficie de 644 km², un perímetro de 125 km (Fig. 2a) y su largo máximo es de 40 km, tomado desde su desembocadura hasta el punto más extremo

en el límite de la cuenca. Su ancho máximo es 26 km, medido desde los máximos extremos transversales (Fig. 2b).

La DNH^{g,9}(1990) y DINAMA^{h,10}(1997), clasifican el área de estudio como una subcuenca del Río de la Plata. De acuerdo a la clasificación de cuencas de drenaje de Christofoletty¹¹ (1982) es exorreica por desembocar directamente al mar. Las coordenadas en su desembocadura son 34°44 S y 55°42 W (Fig. 3), conformando la divisoria entre los balnearios de "Parque del Plata" en su margen derecha y "La Floresta" en su margen izquierda.



Fig. 2a: Forma de la cuenca, área y perímetro.



Fig. 2b: Largo y ancho máximo de la Cuenca Solís Chico.

^g DNH: Dirección Nacional de Hidrografía, perteneciente al Ministerio de Obras Públicas (MOP).

^h DINAMA: Dirección Nacional de Medio Ambiente, perteneciente al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA).

Su entorno se encuentra conformado por las cuencas: del A° Pando al oeste, la del Río Santa Lucía al norte por su porción más este, la del A° Solís Grande al este y por la pequeña cuenca del A° Sarandí al sureste (Fig. 3).

La desembocadura del A° Solís Chico se abre al Río de la Plata en un sistema de régimen estuarial, con fuerte presencia de cloruros en sus aguas.

Al igual que el Departamento de Canelones, la Cuenca Solís Chico se caracteriza por desarrollar actividades del tipo agrícolas, con fuerte presencia de chacareros, cultivos de cítricos y de vides. En la actualidad, se observa un aumento de la actividad forestal.



Fig. 3: Ubicación de la Cuenca Solís Chico con las coordenadas en su desembocadura, posicionada con respecto a las cuencas adyacentes.

CARACTERIZACIÓN:

Cuenca Solís Chico

A los fines del presente trabajo se entiende oportuno reseñar aquellas variables que caracterizaron la Cuenca Solís Chico: Morfometría del recurso hídrico; Aspectos Físicos como precipitación, tiempo de escurrimiento, balance hidrológico, geología, suelos, erosión, geomorfología y aptitud de uso del suelo; Aspectos Bióticos Productivos y Aspectos Poblacionales.

Esta información contribuirá con la evaluación estratégica ambiental, por lo que se entiende oportuno disponerla en el Anexo III por constituir información de apoyo.

Sin desmedro de esto, es importante hacer resaltar algunos datos que surgen de la presente caracterización en cuanto al análisis de la información meteorológica. Este análisis permitió identificar el valor del primer cuartil de 313,63 mm/semestre como disparador del plan de contingencia (Ver Anexo V - Plan de Contingencia).

Por otro lado, en cuanto a la cantidad de población potencialmente a ser abastecida, se llegó a identificar unos 35.000 habitantes consumiendo agua en el período pico del verano (Anexo III: III. D. Aspectos Poblacionales).

ANALISIS DE COMPATIBILIDAD INCOMPATIBILIDAD

ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD-INCOMPATIBILIDAD

Este análisis pretende marcar aquel o aquellos parámetros que puedan ser compatibles o incompatibles en la cuenca, a los efectos de considerarla como futura fuente de extracción de agua con fines de consumo humano.

A. INCOMPATIBILIDAD

La Cuenca Solís Chico se encuentra al Este del Departamento de Montevideo y como ya fue presentado en su caracterización es exorreica, desembocando sobre el Río de la Plata.

A.1. Cloruros

El Río de la Plata es un sistema fluvio-marino con altos valores de **Cloruros** localizables hasta el entorno de Juan Lacaze, al Oeste del Departamento de Montevideo. Por ende, la porción baja de la Cuenca Solís Chico se conforma como una subsistema fluvio-marino que se ve influenciado por efectos de las mareas, pero fundamentalmente por presencia de vientos del sudeste que hacen que las aguas del Río de la Plata remonten el A° Solís Chico.

Del análisis de la información existente de:

- ♦ OEA²² (1971) se desprende que existen valores de cloruros para noviembre de 1969 entre 11.200 y 15.900 mg/lit para la intersección del arroyo con la Ruta

Interbalnearia y del entorno de 53 mg/lit en su intersección con Ruta N° 8 (Fig.4).

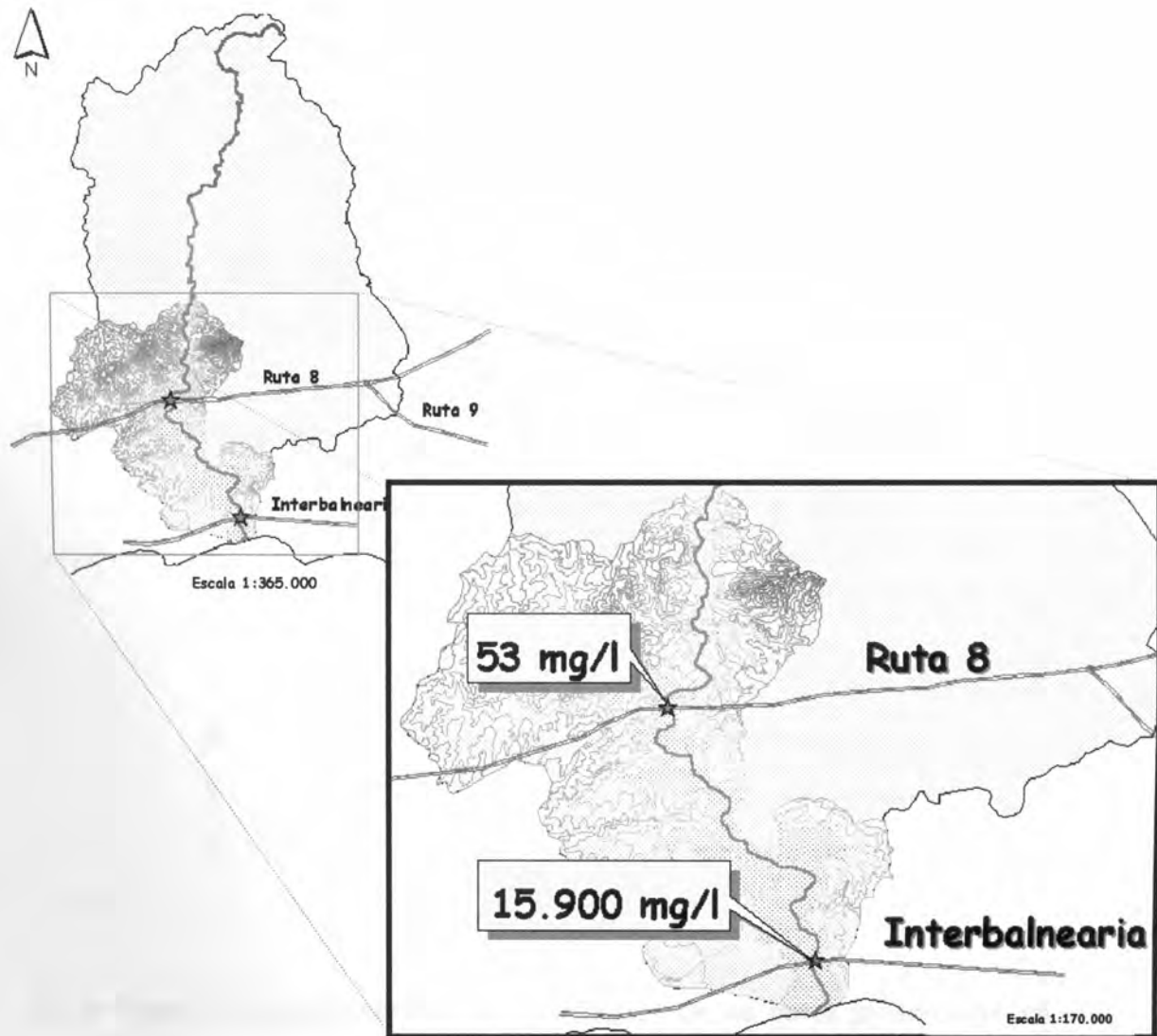


Fig. 4: Influencia de los Cloruros en la cuenca baja del Solís Chico, Noviembre 1969 (Datos tomados de OEA²², 1971 y Cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar)

- ♦ En Agosto de 1996, Unidad Laboratorios de OSE⁵⁸ realiza un relevamiento de las características de calidad del A° Solís Chico (Tabla 1).

Tabla 1: Parámetros de calidad del A° Solís Chico - Agosto de 1996

| | ESTACIONES DE MUESTREO | | | | | | |
|----------------------------|------------------------|-----|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Cloruros mg/lit | 58 | 69 | 1080 | 1440 | 2630 | 4560 | 5790 |
| Dureza Total mg/lit | 200 | 150 | 460 | 600 | 950 | 1580 | 1900 |

Datos de: OSE⁵⁸ (1996)

Referencia de las Estaciones de Muestreo:

- 1- A° Solís Chico intersección con Ruta N° 8.
- 2- A° Mosquito Puente Viejo.
- 3- A° Solís Chico sobre Puente del Ferrocarril.
- 4- A° Solís Chico entre Puente del Ferrocarril y Ruta Interbalnearia.
- 5- A° Solís Chico, 200 m aguas arriba de la desembocadura.
- 6- A° Solís Chico, 2 km. aguas abajo del puente Ferrocarril.
- 7- Río de la Plata sobre Balneario Parque del Plata.

En la Figura 5 se puede apreciar la distribución de los datos presentados en la Tabla 1 de los Cloruros (mg/lit ó ppm) y de la Dureza Total medida como $Ca CO_3$ en mg/lit ó ppm de las estaciones donde se hizo muestreo.

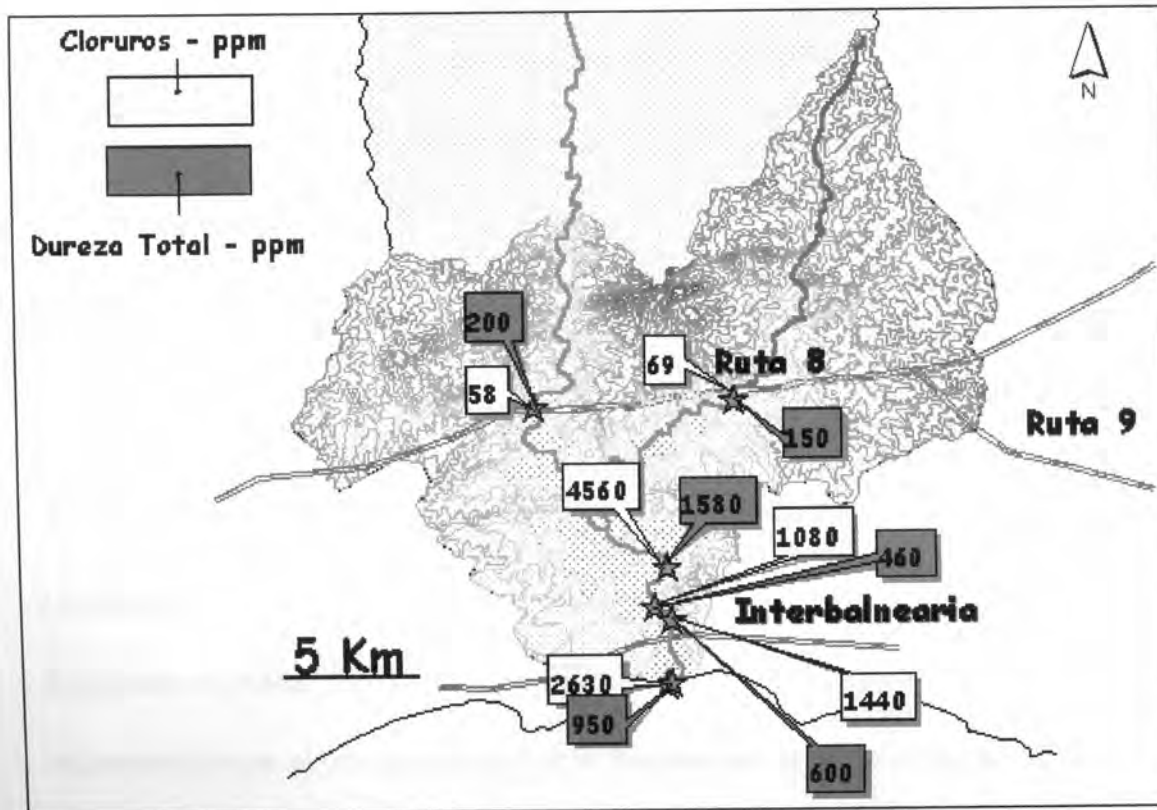


Fig. 5: Cloruros (ppm) y Dureza Total (CaCO_3 - ppm) de las estaciones de muestreo realizadas por OSE⁵⁸ en el año 1996.

La información antes presentada es consistente con el indicador de pendiente media de la cuenca, donde se aprecia que es ondulada en su porción alta y media y llana en su porción inferior [(Fig. III-2 - Anexo III: III. A. 4 - Pendiente media) y (Anexo II: Tabla II-10 y Punto II 3.4. Indicador de pendiente media)]. Esto posibilita que la influencia del Río de la Plata se haga sentir muchos kilómetros aguas arriba de la desembocadura, hasta las proximidades de Ruta 8 (Fig. III-2).

La presencia de Cloruros en exceso en las aguas de consumo determina condiciones inconvenientes para su uso, y sabor salado desagradable⁵⁹. La norma de calidad de agua de OSE⁶⁰ (1996) establece para el agua de consumo humano, un valor de Cloruros de 300 mg/lit en Cl.

Desde el punto de vista del proceso de potabilización convencional, éste no retiene el Cloruro en exceso.

A.2. Dureza total

La Dureza Total⁶⁰ debida a la presencia de sales de calcio y magnesio y con menor frecuencia a sales de hierro, aluminio y otros metales en exceso produce inconvenientes en el uso doméstico e interferencia en el proceso de potabilización.

La norma de calidad de agua de OSE establece su valor en 500 mg/lit en CaCO_3 .

En el muestreo realizado por OSE⁵⁸ (1996), ese valor es superado en la estación de muestreo 1 (A° Solís Chico intersección con Ruta N° 8), estación más al norte tomada en esa oportunidad.

Propuesta

La porción baja de la Cuenca del Solís Chico hasta las inmediaciones de Ruta N° 8 es incompatible para cumplir el objetivo de ser fuente de agua para consumo humano. Se podría decir que pueden haber otras posiciones, posiblemente apoyadas

en el gran desarrollo tecnológico, pero esta propuesta apunta en un sentido amplio a aplicar tecnológicas convencionales, con una visión sostenible ambientalmente cuyo impacto sea el menos dañino y con una relación costo - beneficio aceptable.

B. COMPATIBILIDAD

B.1. Energía Eléctrica

Las plantas de potabilidad requieren energía eléctrica en sus 3 etapas:

- Aducción: bombeo de agua desde la fuente a la planta.
- Proceso: dentro de la planta
- Impulsión: bombeo del agua hacia los tanques para su posterior distribución

En todas estas etapas, el consumo energético es superior al uso doméstico, por lo que es importante contar en las proximidades con líneas de energía de porte.

El tendido de líneas de energía hasta las plantas es de alto costo, por lo que es recomendable tener en consideración el kilometraje entre su emplazamiento y la línea de energía de media tensión más próxima.

Desde este punto de vista, la cuenca presenta una línea de energía sobre Ruta N° 8, que hace que sus proximidades sean compatibles con el objeto de emplazar una planta potabilizadora. Se asume, una zona buffer de 6 km del cable de tensión (Fig. 6).



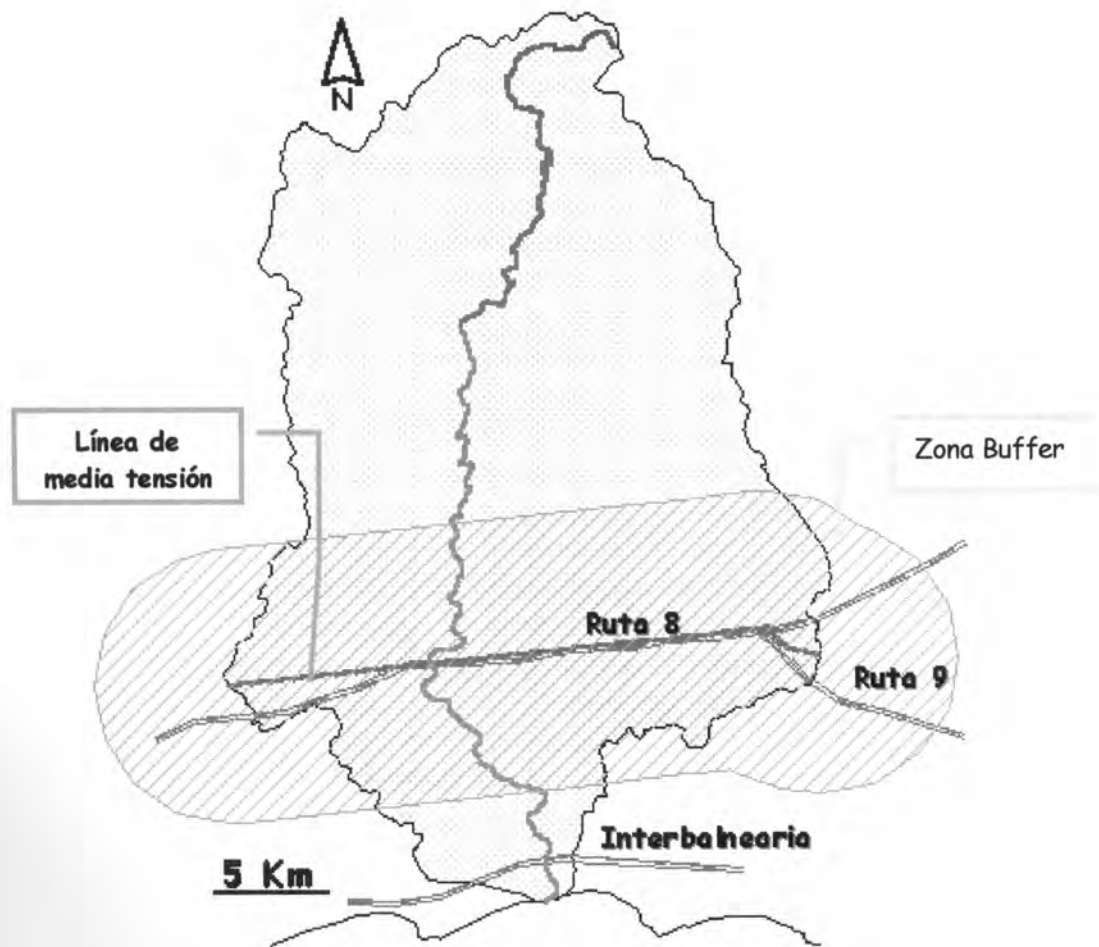


Fig. 6: Superposición de coberturas de la Cuenca Solís Chico con la línea eléctrica de media tensión y la zona buffer de 6 km.

B.2. Caminería

Otro aspecto compatible a ser considerado es la caminería existente, ya que el proceso de potabilización requiere insumos de productos químicos que son transportados por camiones con zorras o acoplados (sulfato de aluminio, cal, tubos de cloro gas, etc.) y por camiones tanques (hipoclorito de sodio, soda cáustica, etc.).

El cubrir posible emergencias por rupturas de grandes cañerías, cortes energéticos o actividades de mantenimiento, hacen necesario contar con camiones cisternas para recargar y trasladar agua potable a tanques o directamente a los usuarios, requiriendo caminería acorde al porte de los camiones.

Dado que Canelones es un departamento agrícola, ha hecho que el movimiento de la producción desarrollara una importante red de caminería (Fig. 7).

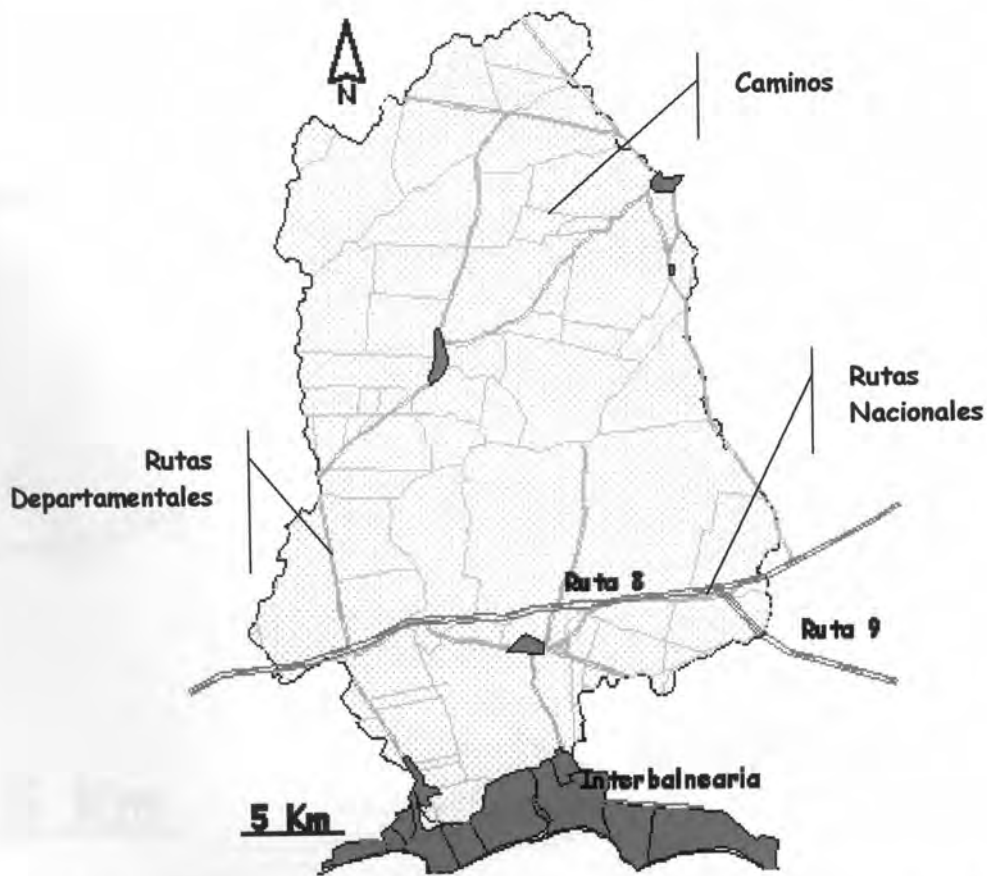


Fig. 7: Superposición de coberturas de la Cuenca Solís Chico, localidades y red de caminería. (Datos base: Cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar)

B.3. Distancia entre puntos de igual cota para cierre de represa o silla de montar
Si fuera necesaria la construcción de un embalse, se puede observar sobre Ruta N° 8 y a 4 Km. aguas abajo, puntos de potencial cierre por proximidad de las curvas de nivel de igual altimetría con cortas distancias entre ellas (Fig. 8).

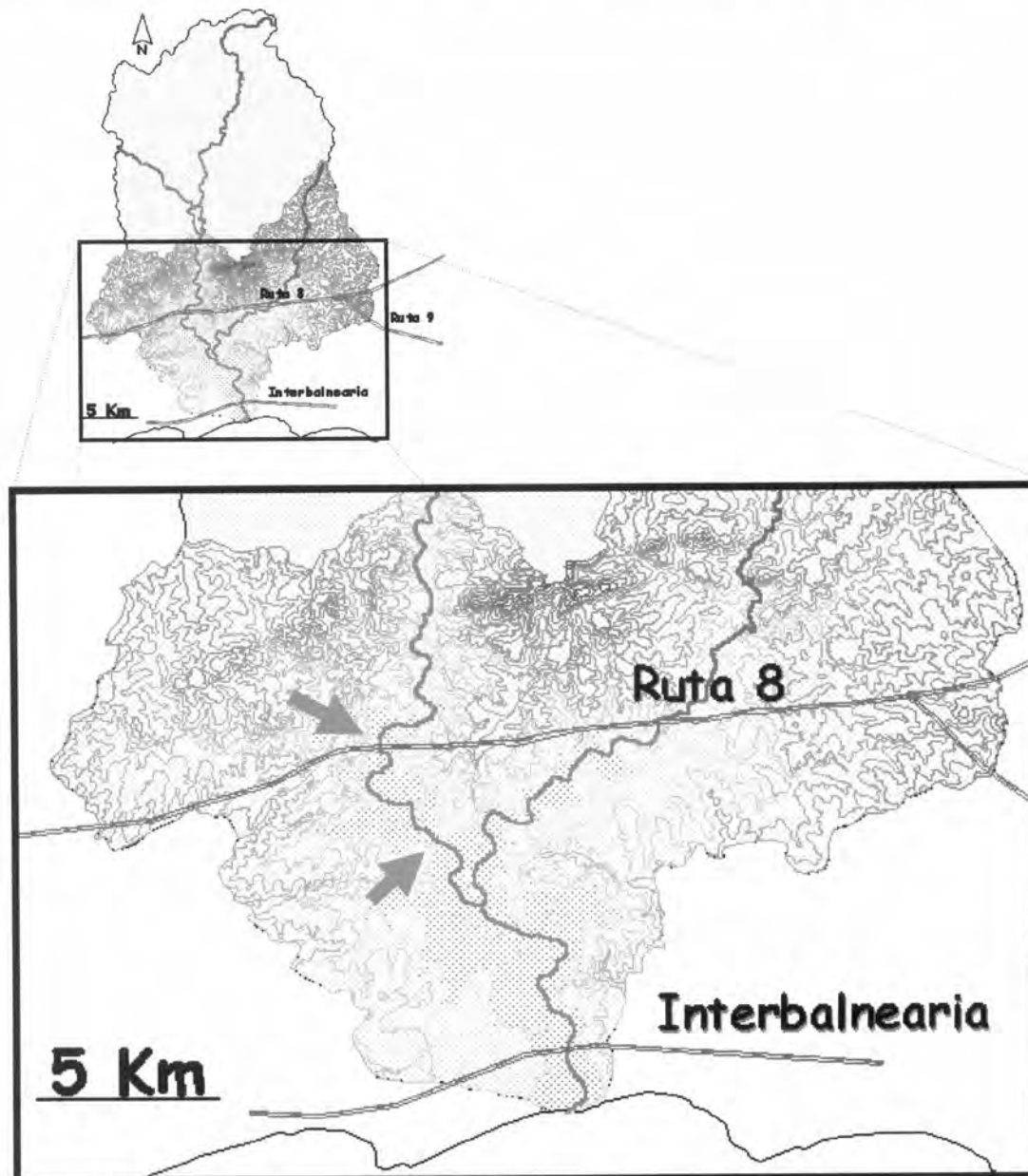


Fig. 8: Puntos de cierre para la construcción de un embalse

IDENTIFICACION DE ESCENARIOS

IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS

Se basa en el análisis de incompatibilidad presentado en el ítem. anterior y en el mantenimiento del abordaje sistémico. Se entiende conveniente trabajar en unidades territoriales menores que conforman los subsistemas de la Cuenca Solís Chico.

Para definir estas unidades menores de subcuencas o microcuencas se entiende conveniente aplicar el Índice de Strahler de jerarquización del sistema fluvial. La Cuenca Solís Chico es de Orden 6 (Ver Anexo II - Punto II.2.1.: Índice de Strahler).

Para definir las **Subcuencas**⁸¹ se consideran todos los cursos de agua de un orden menor al máximo (Orden 6). En otras palabras, se toman como subcuencas aquellas cuyo mayor orden sea 5. Por ende, aquellos ordenes menores a 5 se consideran

Microcuencas.

De esta manera el sistema de la Cuenca Solís Chico se conforma por 2 subcuencas y 15 microcuencas (Fig. 9).

Las 2 subcuencas son: La Cuenca A° Solís Chico con 271,6 Km² y la Cuenca A° De los Padres con 59,6 Km² (Fig. 10-A).

Dentro de las 15 microcuencas que ocupan 312.7 Km² se encuentra la Cuenca A° Mosquitos con un área de 154.6 Km² (Fig. 10-B). Esta cuenca posee el

49,44% del área de las microcuencas y es dos veces y media más grande que la Cuenca A° De los Padres.

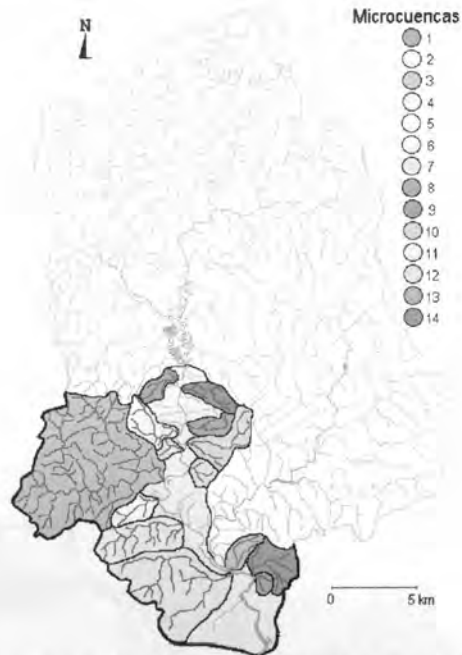


Fig. 9: Presentación de las 14 microcuencas de la Cuenca Solís Chico, excluida la Microcuenca del A° Mosquitos

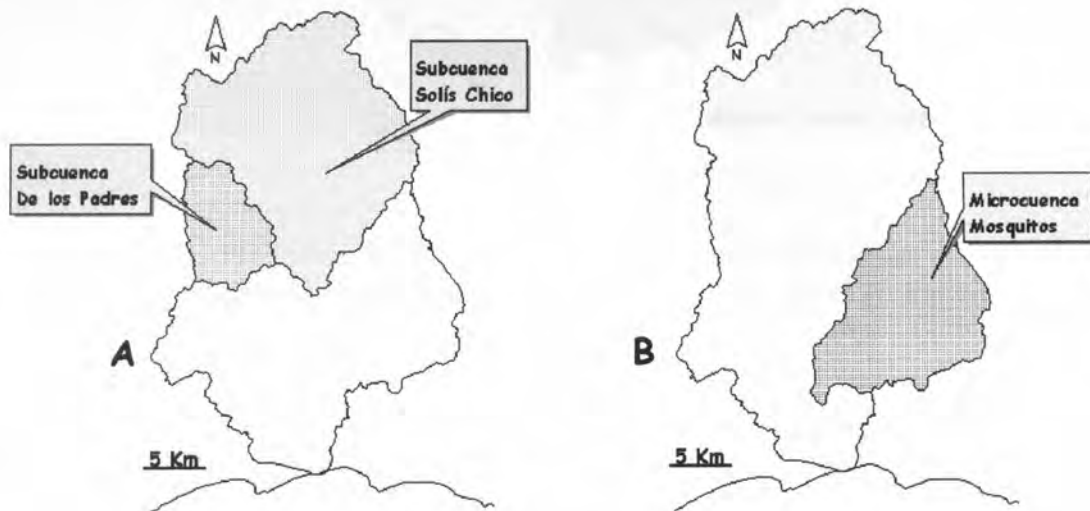


Fig. 10: A - Subcuencas de la Cuenca Solís Chico
B - Microcuenca mayor de la Cuenca Solís Chico

Por lo antes expuesto, se asumirá como operadores sistémico, que llamaremos

Escenarios de trabajo a (Fig. 11):

Escenario A: Cuenca A° Solís Chico

Escenario B: Cuenca A° De los Padres

Escenario C: Cuenca A° Mosquitos

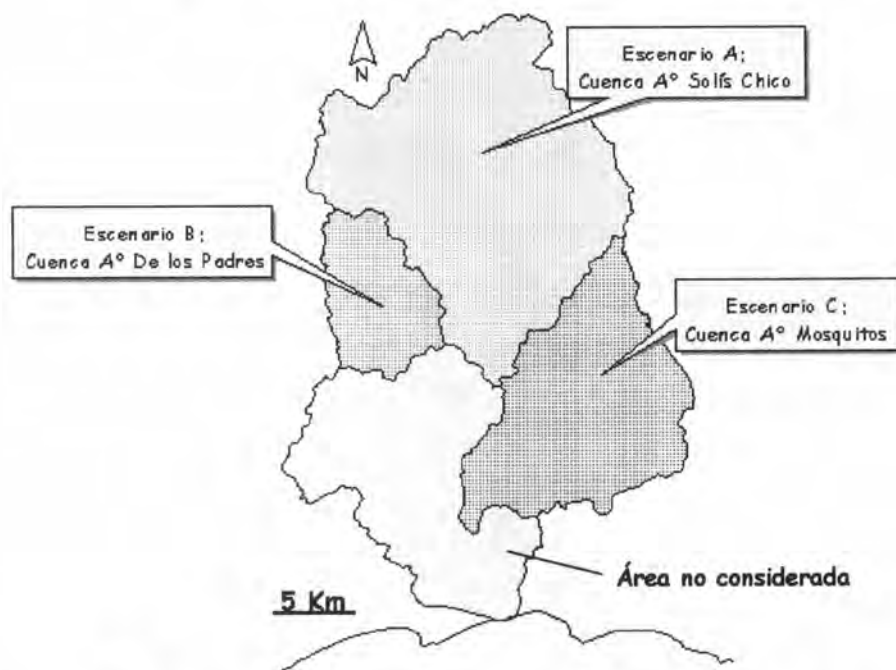


Fig. 11: Cuenca del Solís Chico, presentando sus 3 Escenarios:
A: Cuenca A° Solís Chico, B: Cuenca A° De los Padres y C: Cuenca A° Mosquitos

Para evitar confusiones se nomina: "**Cuenca Solís Chico**", a la cuenca que es un subsistema de la Cuenca del Río de la Plata y "**Cuenca A° Solís Chico**", cuando se habla de la subcuenca o Escenario A elegido.

COMPATIBILIDAD – INCOMPATIBILIDAD DE LOS ESCENARIOS

En la Figura 12 se puede observar que existe compatibilidad de los escenarios elegidos con la variable Cloruros.

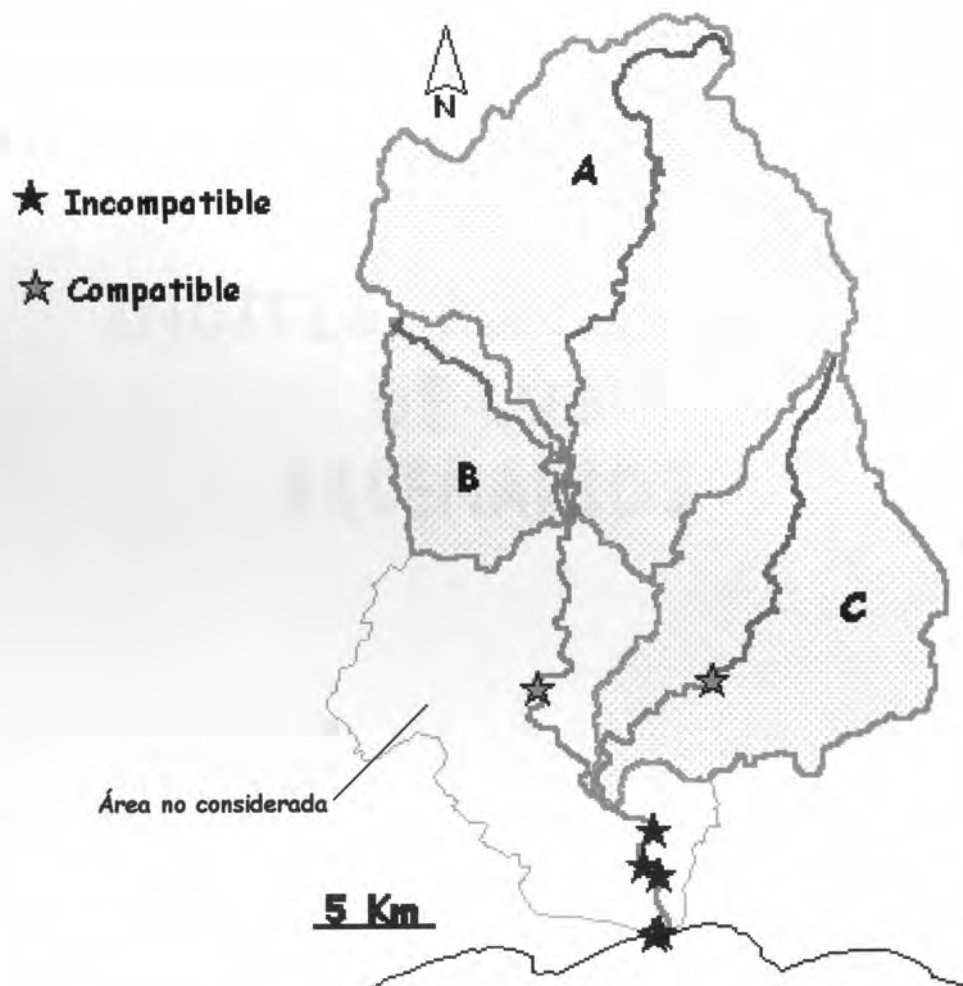


Fig. 12: Compatibilidad de los Escenarios elegidos con la variable Cloruros

- A: Cuenca A° Solís Chico
- B: Cuenca A De los Padres
- C: Cuenca A° Mosquitos

**ANALISIS AMBIENTAL ESPACIAL
E
INDICES PONDERADOS
DE LOS
ESCENARIOS**

MORFOMETRIA DE LOS ESCENARIOS

INDICE DE STRAHLER

Se define la jerarquización de los 3 escenarios y se compara la respuesta de cada cuenca a las precipitaciones (Ver Anexo II - Punto II.2.1. Índice de Strahler y Anexo III: III. A. 1 -- Índice de Strahler).

La modalidad de elección de las subcuencas del A° Solís Chico, define 2 escenarios de orden 5 que son el Escenario A: Cuenca A° Solís Chico y el Escenario B: A° De los Padres (Tabla 2).

A su vez, fue seleccionada una microcuenca por su importante área, constituyéndose como el Escenario C: A° Mosquitos que se define de Orden 4 en su jerarquización (Tabla 2).

Tabla 2: Presentación del Índice de Strahler - Orden y cantidad de segmentos por orden para los escenarios elegidos

| INDICE DE STRAHLER | | | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| Escenario A | | Escenario B | | Escenario C | |
| Orden | Cantidad de Segmentos | Orden | Cantidad de Segmentos | Orden | Cantidad de Segmentos |
| 1 | 281 | 1 | 76 | 1 | 121 |
| 2 | 66 | 2 | 19 | 2 | 32 |
| 3 | 11 | 3 | 5 | 3 | 7 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 1 |
| 5 | 1 | 5 | 1 | --- | --- |

NOTA: Datos extraídos del SIG

Es claro, que los escenarios de Orden 5 presentan una mejor respuesta a las precipitaciones que el de Orden 4. Pero, dentro de los de Orden 5 no se puede establecer cual es el más apto con este único índice, por lo tanto, se complementa con otros índices que se desarrollaran.

INDICE DE BIFURCACION

Se evalúa el índice de bifurcación en los escenarios para identificar si alguno de ellos presenta una densidad de drenaje controlada por la forma de la cuenca (Tabla 3).

Tabla 3: Índice de bifurcación de los Escenarios

| Orden (U) | ESCENARIO A | | ESCENARIO B | | ESCENARIO C | |
|-----------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| | Nº de Segmentos | Relación de bifurcación | Nº de Segmentos | Relación de bifurcación | Nº de Segmentos | Relación de bifurcación |
| 1 | 281 | 4.26 | 76 | 4.00 | 121 | 3.78 |
| 2 | 66 | 6.00 | 19 | 3.80 | 32 | 4.57 |
| 3 | 11 | 5.50 | 5 | 2.50 | 7 | 7.00 |
| 4 | 2 | 2.00 | 2 | 2.00 | 1 | --- |
| 5 | 1 | --- | 1 | --- | --- | --- |

NOTA: Datos extraídos del SIG

Según lo propuesto por Chorley¹⁵ (1971) cuando el índice de bifurcación queda comprendido entre 3 y 5 los subsuelos rocosos son homogéneos de un área a otra (Ver Anexo II - Punto II.2.2. Índice de Bifurcación).

Los resultados obtenidos en la Tabla 3 indican que el índice de bifurcación de los Escenarios no se ajustaría a esta propuesta, por lo que se entiende que la densidad de drenaje se encuentra controlada por el subsuelo rocoso no homogéneo del área (Fig. 13), constituyendo la morfometría del paisaje una influencia importante sobre el control de los picos de escurrimiento¹⁵.

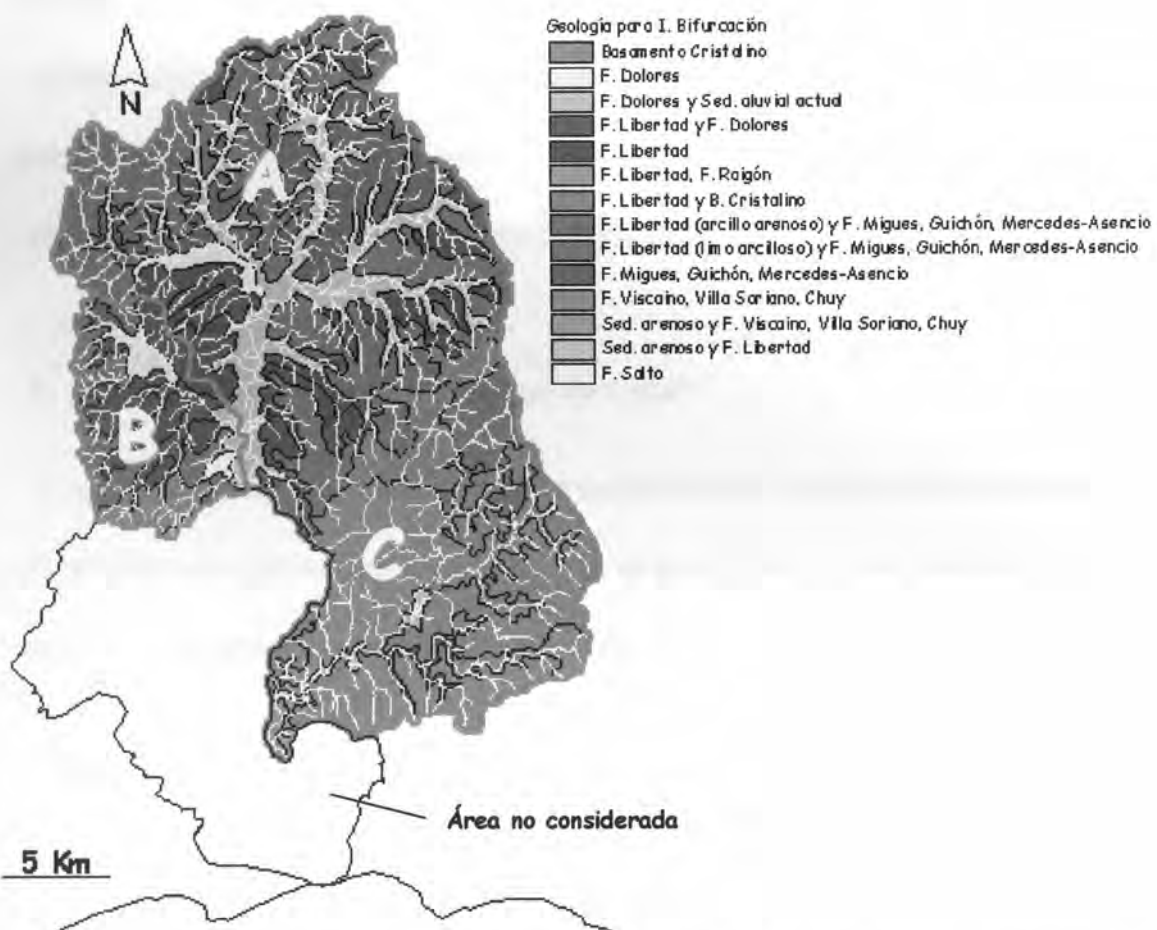


Fig. 13: Superposición de coberturas de los cursos de agua y mapa geológico, presentados por Escenarios. Se observa ausencia de homogeneidad del subsuelo.
 A- Escenario A° Solís Chico, B- Escenario: A° De los Padres y C- A° Mosquitos

INDICADORES DE DENSIDAD

Se analizan los escenarios en relación con el índice de densidad, lo que permite determinar comparativamente la eficiencia o mejor capacidad de respuesta a las tormentas.

Valores más elevados de estos índices se corresponden a mejor eficiencia en el drenaje y por ende se puede asumir que una mayor facilidad para llenar una represa. Contrariamente una menor respuesta permite mantener durante un período más prolongado un nivel de agua en el curso principal, para el caso de que la alternativa elegida sea colocar la toma de agua sobre el cauce.

A. Indicador de densidad de cursos de agua¹⁴

Se relaciona la cantidad de segmentos de cursos de agua cuantificados por el orden de Strahler de cada escenario (Tabla 4) con su área (Tabla 5) (Ver Anexo II - Punto II.2.4. - A. Indicador de densidad de cursos de agua).

Tabla 4: Sumatoria de la cantidad de segmentos por orden de Strahler y por Escenario

| | Cantidad de segmentos por Orden de STRAHLER | | | | | |
|-------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | 1 ^{er} | 2 ^{do} | 3 ^{er} | 4 ^{to} | 5 ^{to} | ΣN_i |
| Escenario A | 281 | 66 | 11 | 2 | 1 | 361 |
| Escenario B | 76 | 19 | 5 | 2 | 1 | 103 |
| Escenario C | 121 | 32 | 7 | 1 | --- | 161 |

Datos extraídos del SIG.

Tabla 5: Índice de Densidad de Cursos de Agua (D_s)

| | ΣN_u (Segmentos) | AREA (Km ²) | D_s (Segm/Km ²) |
|-------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Escenario A | 361 | 271,6 | 1,33 |
| Escenario B | 103 | 59,7 | 1,72 |
| Escenario C | 161 | 154,6 | 1,04 |

Datos extraídos del SIG

Comparando los tres escenarios (Tabla 5) se puede concluir que el Escenario B: A° De los Padres presenta 1,72 segmentos/Km² siendo el índice más alto. La relación más baja la presentó Escenario C: A° Mosquitos con 1,04 segmentos/Km².

B. Indicador de densidad de drenaje¹⁴

Se relaciona la longitud de los cursos de agua (en metros) por cada uno de los ordenes de Strahler (Tabla 6) (Ver Anexo II - Punto II.2.4. - B. Indicador de densidad de drenaje). En la Tabla 7 se calcula la densidad de drenaje.

Tabla 6: Longitudes de los cursos de agua por orden de Strahler.

| | Longitud (m) por orden de STRAHLER | | | | | ΣL_N |
|-------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | 1 ^{er} | 2 ^{do} | 3 ^{er} | 4 ^{to} | 5 ^{to} | |
| Escenario A | 294.076 | 90.764 | 67.814 | 13.313 | 11.190 | 477.157 |
| Escenario B | 62.777 | 25.539 | 17.483 | 2.299 | 8.515 | 116.613 |
| Escenario C | 129.685 | 52.265 | 27.214 | 22.527 | --- | 231.691 |

Datos extraídos del SIG

Tabla 7: Índice de densidad de drenaje (D_s)

| | Σ LN (m) | AREA (Km) | Ds m/Km ² |
|--------------------|--------------------|--------------|-------------------------|
| Escenario A | 477.157 | 271,6 | 1.757 |
| Escenario B | 116.613 | 59,7 | 1.953 |
| Escenario C | 231.691 | 154,6 | 1.499 |

Nuevamente, el Escenario B: A° de los Padres presenta la mayor disección, por lo que su respuesta es más rápida a una tormenta comparado con los otros escenarios; mientras que el de menor respuesta queda representado por el Escenario C: A° Mosquitos.

INDICE DE DISPONIBILIDAD DE AGUA¹⁴

Para obtener el índice de disponibilidad de agua se deben determinar los índices de densidad de cursos de agua y de ramificación o densidad de drenaje (Ver Anexo II - Punto II.2.4. - C. Índice de disponibilidad de agua). El primero nos da la idea de la abundancia de agua de la cuenca, mientras que el segundo indica su repartición (Ver Anexo II - Punto II.2.4. Indicadores de densidad).

Basados en la información de los Escenarios presentada en las Tablas 4 y 6 se desarrolla este índice (Tabla 8).

Tabla 8: Cálculo de la disponibilidad de agua para los escenarios

| | N_u | L_N | A | I_D | I_R | I'_D | I'_R | J |
|--------------------|-------|---------|-------|--------------------|-------|--------|--------|------|
| Escenario A | 281 | 294.076 | 271,6 | $3,29 \times 10^5$ | 1,33 | 61,8 | 32,5 | 54,5 |
| | 66 | 90.764 | | | | | | |
| | 11 | 67.814 | | | | | | |
| | 2 | 13.313 | | | | | | |
| | 1 | 11.190 | | | | | | |
| Escenario B | 76 | 62.777 | 59,7 | $0,89 \times 10^5$ | 1,72 | 16,7 | 42,1 | 23,1 |
| | 19 | 25.539 | | | | | | |
| | 5 | 17.483 | | | | | | |
| | 2 | 2.299 | | | | | | |
| | 1 | 8.515 | | | | | | |
| Escenario C | 121 | 129.685 | 154,6 | $1,14 \times 10^5$ | 1,04 | 21,4 | 25,4 | 22,4 |
| | 32 | 52.265 | | | | | | |
| | 7 | 27.214 | | | | | | |
| | 1 | 22.527 | | | | | | |

El MOPT¹⁴ (1978) propone cuatro clases para el índice cualitativo de disponibilidad de agua (Ver Anexo II - Punto II.2.4. - C. Índice de disponibilidad de agua). El resultado del índice (J) indicaría que los **Escenarios B y C** presentan **muy baja disponibilidad de agua** (Clase IV) con un valor de J = 23,1 y 22,4 respectivamente. Para el **Escenario A**, el índice de **disponibilidad de agua es alto** (clase II) con un índice J = 54,5.

INDICE DE PENDIENTE MEDIA

El índice de pendiente media^{13,16} de los escenarios permite identificar la eficiencia de cada uno de ellos a las tormentas.

Para el presente caso de estudio se puede emplear este indicador para efectuar dos tipos de lectura diferentes y hasta sí se quiere opuestas, dependiendo de la decisión final de la "alternativa" que se asuma.

- ♦ A mayor pendiente, mayor respuesta a una tormenta. Esta situación puede ser importante a la hora de llenar o completar un embalse. Pero ha su vez debe ser considerado en el diseño del sangrador o evacuador de crecientes para eliminar rápidamente el pico de la tormenta.
- ♦ Una menor pendiente tiene una menor respuesta, pero si se asume que son favorecidos los procesos de infiltración y movimiento del agua subsuperficial permitiría mantener en el tiempo el nivel del cauce. Esto es valioso a la hora de elegir como alternativa emplazar una toma directamente sobre el curso de agua.

En la Tabla 9 se presentan las pendientes medias de los 3 escenarios y en las Figuras 14 y 15 la información espacial de cada una de las cuencas con su respectiva gráfica de pendiente media.

Tabla 9: Información requerida para el cálculo y graficado de la pendiente media de los 3 Escenarios.

| Altimetría (msnm) | Escenario A A° Solís Chico | | Escenario B A° De los Padres | | Escenario C A° Mosquitos | |
|-------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
| | Distancia (m) | Distancia acumulada | Distancia (m) | Distancia acumulada | Distancia (m) | Distancia acumulada |
| 0 - 10 | --- | --- | --- | --- | 9911 | 28.14 |
| 11 - 20 | 9513 | 33.26 | 7893 | 15.42 | 5153 | 18.23 |
| 21 - 30 | 5127 | 23.71 | 3573 | 7.53 | 3791 | 13.08 |
| 31 - 40 | 8934 | 18.59 | 2151 | 3.96 | 2712 | 9.29 |
| 41 - 50 | 5169 | 9.65 | 1108 | 1.81 | 3090 | 6.57 |
| 51 - 60 | 557 | 4.48 | 518 | 0.70 | 2445 | 3.48 |
| 61 - 70 | 2479 | 3.92 | 179 | 0.18 | 938 | 0.94 |
| 71 - 80 | 1245 | 1.45 | --- | --- | --- | --- |
| 81 - 90 | 201 | 0.20 | --- | --- | --- | --- |

Nota: La distancia acumulada es presentada en Km.; datos extraídos del SIG.

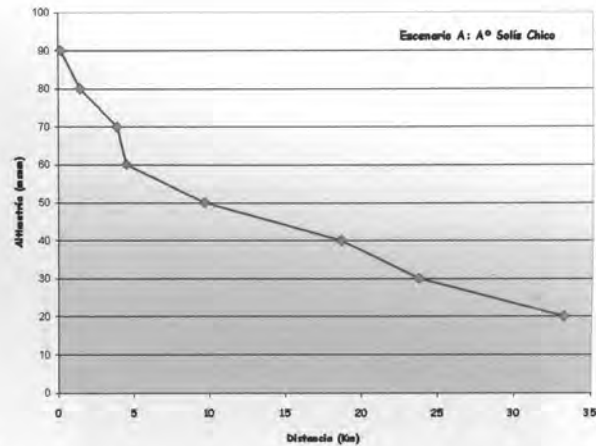


Fig. 14: Escenario A resaltando su curso de agua principal interceptado por las curvas de nivel (color gris). A la derecha se visualiza el perfil del curso de agua principal. (Datos extraídos del SIG)

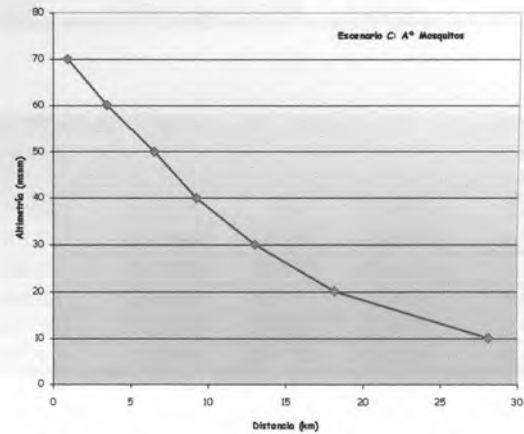
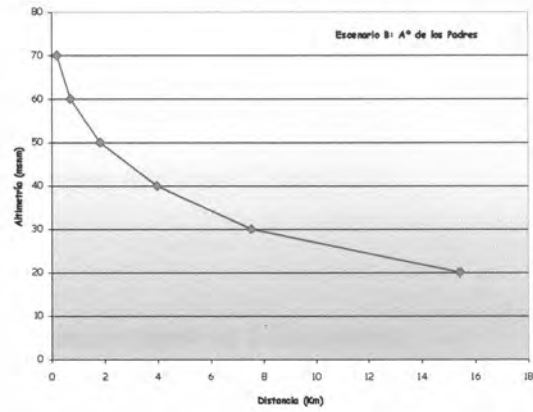


Fig. 15: Escenario B y C resaltando su curso de agua principal vs. curvas de nivel (color gris). Derecha arriba: Gráficos de perfiles de los cursos principales de agua (Datos: SIG)

La pendiente media se calcula empleando el método de Taylor y Schwarz¹³ (Ver Anexo II - Punto II.3.4. Indicador de pendiente media - Método B). Los valores resultantes se obtuvieron a través del programa ArcView (Tabla 10).

Tabla 10: Cálculos de pendiente media para los 3 Escenarios
(Datos extraídos del SIG)

Escenario A: A° Solís Chico

| Attributes of Pendiente media Escenario A: A° Solís Chico | | | | | | | | | |
|---|----|------------|-------|------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------|
| Shape | Id | Altimetría | Largo | Largosumad | Pend tramo | Raíz_P_tramo | Largo/Raíz | L tot/denom | Pend media |
| PolyLine | 0 | 90 | 201 | 201 | 0.04975 | 0.22304 | 901.18364 | 0.03898 | 0.00152 |
| PolyLine | 0 | 80 | 1245 | 1446 | 0.00803 | 0.08961 | 13893.53867 | 0.03898 | 0.00152 |
| PolyLine | 0 | 70 | 2479 | 3925 | 0.00403 | 0.06348 | 39051.66982 | 0.03898 | 0.00152 |
| PolyLine | 0 | 60 | 557 | 4482 | 0.01795 | 0.13397 | 4157.64723 | 0.03898 | 0.00152 |
| PolyLine | 0 | 50 | 5169 | 9651 | 0.00193 | 0.04393 | 117664.46620 | 0.03898 | 0.00152 |
| PolyLine | 0 | 40 | 8934 | 18585 | 0.00112 | 0.03346 | 267005.37956 | 0.03898 | 0.00152 |
| PolyLine | 0 | 30 | 5127 | 23712 | 0.00195 | 0.04416 | 116100.54348 | 0.03898 | 0.00152 |
| PolyLine | 0 | 20 | 9513 | 33225 | 0.00105 | 0.03240 | 293611.11111 | 0.03898 | 0.00152 |

Escenario B: A° De los Padres

| Attributes of Pendiente media Escenario B: A° de los Padres | | | | | | | | | |
|---|----|------------|-------|-----------|------------|--------------|------------|-------------|------------|
| Shape | Id | Altimetría | Largo | Larg acum | Pend tramo | Raíz_P_tramo | Largo/Raíz | L tot/denom | Pend media |
| PolyLine | 0 | 70 | 179 | 179 | 0.055866 | 0.23636 | 757 | 0.04576 | 0.00209 |
| PolyLine | 0 | 60 | 518 | 697 | 0.019305 | 0.13894 | 3728 | 0.04576 | 0.00209 |
| PolyLine | 0 | 50 | 1108 | 1805 | 0.009025 | 0.09500 | 11663 | 0.04576 | 0.00209 |
| PolyLine | 0 | 40 | 2151 | 3956 | 0.004649 | 0.06820 | 31540 | 0.04576 | 0.00209 |
| PolyLine | 0 | 30 | 3573 | 7529 | 0.002799 | 0.05290 | 67543 | 0.04576 | 0.00209 |
| PolyLine | 0 | 20 | 7893 | 15422 | 0.001267 | 0.03559 | 221776 | 0.04576 | 0.00209 |

Escenario C: A° Mosquitos

| Attributes of Pendiente media Escenario C: A° Mosquitos | | | | | | | | | |
|---|----|------------|--------|----------|------------|--------------|--------------|-------------|------------|
| Shape | Id | Altimetría | Largos | SumLargo | Pend Tramo | Raíz_P_tramo | Largo/Raíz | L tot/denom | Pend media |
| PolyLine | 0 | 70 | 938 | 938 | 0.01066 | 0.10324 | 9085.62573 | 0.04321 | 0.00187 |
| PolyLine | 0 | 60 | 2545 | 3483 | 0.00393 | 0.06269 | 40596.58638 | 0.04321 | 0.00187 |
| PolyLine | 0 | 50 | 3090 | 6573 | 0.00324 | 0.05692 | 54286.71820 | 0.04321 | 0.00187 |
| PolyLine | 0 | 40 | 2712 | 9285 | 0.00369 | 0.06074 | 44649.32499 | 0.04321 | 0.00187 |
| PolyLine | 0 | 30 | 3791 | 13076 | 0.00264 | 0.05138 | 73783.57337 | 0.04321 | 0.00187 |
| PolyLine | 0 | 20 | 5153 | 18229 | 0.00194 | 0.04404 | 117007.26612 | 0.04321 | 0.00187 |
| PolyLine | 0 | 10 | 9911 | 28140 | 0.00101 | 0.03178 | 311862.80680 | 0.04321 | 0.00187 |

Los resultados resumidos de las pendientes medias obtenidas se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11: Resumen de las pendientes medias por Escenario

| | Escenario A | Escenario B | Escenario C |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| Pendiente media | 1.52 x 10-3 | 2.09 x 10-3 | 1.87 x 10-3 |

INDICE DE FORMA

Se establecen los índices de forma^{12,17} para caracterizar los escenarios (Ver Anexo II - Punto II.3.2. Índice de forma). En la Tabla 12 se presentan los cálculos efectuados y en las Figuras 16 - 17 y 18 se ven las representaciones gráficas.

Tabla 12: Índice de forma para los 3 Escenarios

| | | Área (Km ²) | Unión (Km ²) | Intersección (Km ²) | Índice de Forma |
|-------------|-------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Escenario A | Area Cuenca | 271.6 | --- | --- | --- |
| | Círculo | 273.3 | 309.0 | 236.0 | 0.24 |
| | Triángulo | 273.0 | 337.9 | 206.7 | 0.38 |
| | Rectángulo | 272.0 | 326.9 | 216.8 | 0.34 |
| Escenario B | Area Cuenca | 59.7 | --- | --- | --- |
| | Círculo | 59.8 | 70.9 | 47.9 | 0.32 |
| | Triángulo | 59.0 | 72.5 | 45.3 | 0.38 |
| | Rectángulo | 59.6 | 68.7 | 49.7 | 0.28 |
| Escenario C | Area Cuenca | 154.6 | --- | --- | --- |
| | Círculo | 155.8 | 179.7 | 130.6 | 0.27 |
| | Triángulo | 155.3 | 173.3 | 136.6 | 0.21 |
| | Rectángulo | 155.4 | 185.5 | 124.4 | 0.33 |

Datos extraídos del SIG

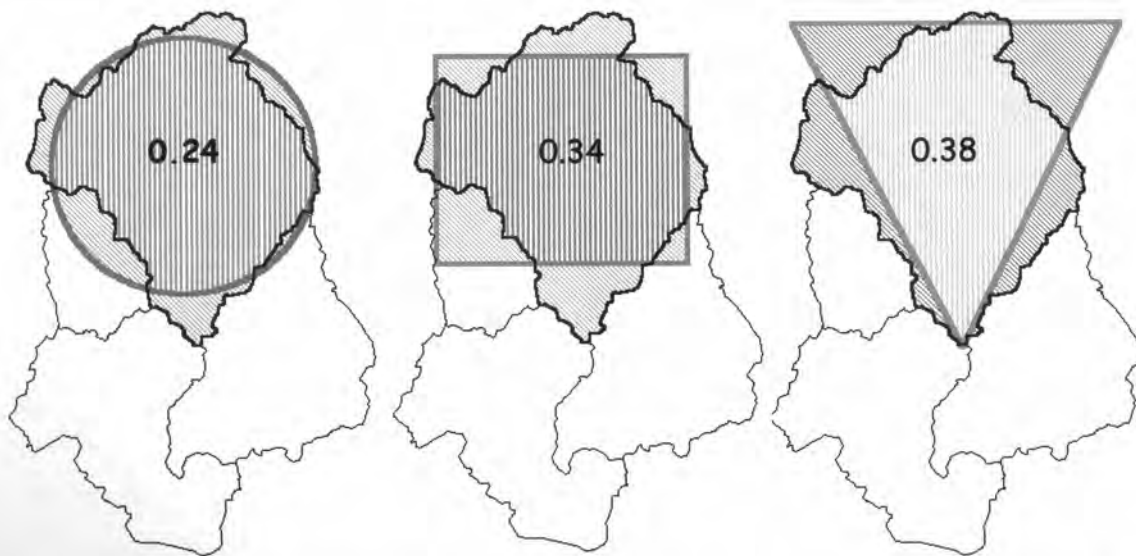


Fig. 16: Índice de Forma - El mayor ajuste lo presenta el círculo con un índice de 0.24 en el Escenario A: A° Solís Chico

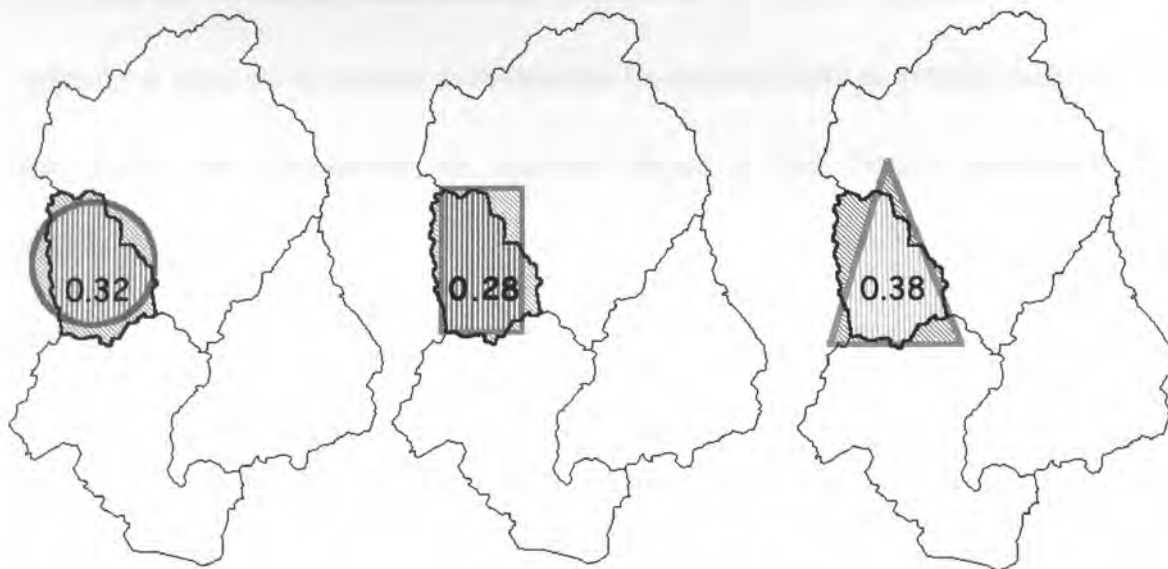


Fig. 17: Índice de Forma - El mayor ajuste lo presenta el rectángulo con un índice de 0.28 en el Escenario B: A° De los Padres.

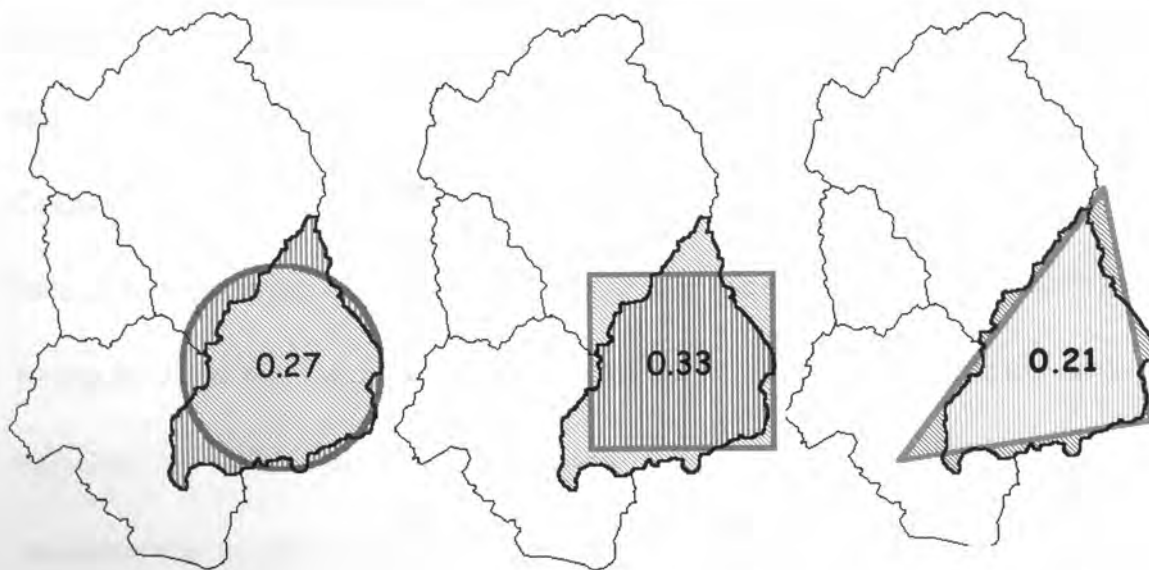


Fig. 18: Índice de Forma - El mayor ajuste lo presenta el triángulo con un índice de 0.21 en el Escenario C: A° Mosquitos.

El índice de forma permite analizar el área de las figuras geométricas con relación al área de la cuenca considerada. En este análisis se puede observar que todos los escenarios se ajustan mejor a una figura geométrica diferente.

Los Escenarios B y C por ajustarse mejor a las formas del rectángulo y del triángulo respectivamente serían las cuencas menos susceptibles a las inundaciones (Ver Anexo II - Punto II.3.2. Índice de Forma - Interpretación).

El Escenario A se ajusta mejor a la forma circular, hecho este que lo hace más susceptible a las inundaciones. Debido a esto se analiza el Índice de Circularidad (Ver Anexo II - Punto II.3.3. Índice de Circularidad).

Para diferenciar los escenarios se asume que las formas geométricas del triángulo y del rectángulo por no ser susceptibles a las inundaciones se le adjudica el valor "cero" y la forma del círculo -susceptible a las inundaciones- el valor "uno" (Ver Resultados: Tabla 26).

INDICE DE CIRCULARIDAD

Para calcular el índice de circularidad¹⁷ se extraen los datos de perímetros y áreas de cada escenario (Tabla 13 y Ver: Anexo II - Punto II.3.3. Índice de Circularidad).

Tabla 13: Áreas y perímetros de cada escenario

| Attributes of Escenarios bordes.shp | | | | |
|-------------------------------------|----|------------------|--------------|------------------|
| Shape | Id | Area | Perimeter | Escenario |
| Polygon | 0 | 271642094.222456 | 82049.109700 | Aº Solís Chico |
| Polygon | 0 | 158820949.473357 | 72998.148627 | Otros |
| Polygon | 0 | 154566573.650265 | 64137.782697 | Aº Mosquitos |
| Polygon | 0 | 58967544.012477 | 35173.892189 | Aº De los Padres |

Datos extraídos del SIG

El índice de circularidad obtenido para los escenarios (Tabla 14) indica que el Escenario B presenta el valor más alto (0.60), por tanto, el mayor riesgo de crecida,

concentrando el mayor volumen de agua en su tributario principal cuando se producen precipitaciones intensas.

Tabla 14: Índice de Circularidad para los 3 escenarios

| | Escenario A | Escenario B | Escenario C |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| I. de Circularidad | 0.51 | 0.60 | 0.47 |

Pero este valor de 0.60 no es cercano a 1, (valor en el cual el área de la cuenca coincidiría con el área del círculo). Cualificándolo se diría que presenta un riesgo de inundación de medio a medio alto.

Esta información a priori permite, -de ser el escenario elegido independiente de la alternativa que se asuma para la construcción de la toma de agua -, identificar a esta cuenca para ser incluida en los lineamientos de gestión. En ella se debe priorizar la protección de su cobertura vegetal a los efectos de disminuir el potencial impacto en el proceso de erosión.

Si la alternativa válida fuera la construcción de un embalse, puede haber en determinados momentos exceso de agua a ser evacuada, por lo que debería ser contemplado en el diseño de su vertedero.

ASPECTOS FÍSICOS DE LOS ESCENARIOS

TIEMPO DE ESCURRIMIENTO

Se estima el tiempo de escurrimiento para los escenarios (Tabla 15) que vincula el tiempo de vaciado o vertido del área de la cuenca (Ver Anexo II - Punto II.3.1. Indicador del Tiempo de escurrimiento).

Tabla 15: Tiempo de escurrimiento estimado para cada escenario

| | Escenario A | Escenario B | Escenario C |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| Area de cuenca (Km.) | 272 | 59 | 155 |
| Tiempo (días) | 2.5 | 1.9 | 2.3 |

BALANCE HIDROLOGICO

El balance hidrológico¹³ de los escenarios (Ver Anexo II - Punto II.5. Balance Hidrológico) se calcula basado en los coeficientes de escurrimiento presentados en la Tabla III-9 (Ver Anexo III: III. B. 3. Balance Hidrológico) y las precipitaciones anuales móviles presentadas en la Tabla III-8 (Ver Anexo III: III. B. 1. Precipitación).

En la Tabla 16 se presentan los resultados obtenidos de los balances hidrológicos para los 3 escenarios.

Tabla 16: Balance hidrológico para los 3 escenarios considerando precipitaciones máximas y mínimas de la serie histórico 1914 - 1944

| | Volumen retenido con máxima precipitación ($m^3 \times 10^6$) | Volumen retenido con precipitación media ($m^3 \times 10^6$) | Volumen retenido con mínima precipitación ($m^3 \times 10^6$) |
|-------------|--|---|--|
| Escenario A | 219.22 | 62.55 | 3.82 |
| Escenario B | 48.11 | 13.73 | 0.84 |
| Escenario C | 124.79 | 35.61 | 2.18 |

GEOLOGIA

A los efectos de generar un índice que considere los aspectos geológicos, se entiende conveniente analizar la capacidad de permeabilidad del subsuelo. Esto permite ver cual de los escenarios propuesto presenta mayor permeabilidad, lo que se entendería como una perdida de agua a las capas profundas.

Sin desmedro de esto cabe aclarar, que según donde sea emplazada la toma este factor también puede ser visto como positivo, ya que permitiría una recarga más lenta del curso de agua desde las napas profundas.

Índice de Permeabilidad Geológica

Para generar este índice se empleó la cobertura SIG de geología (Fig. 19-A). Esta cobertura fue generalizada a las unidades geológicas dominantes, para más tarde reagruparlas (Fig. 19-B) de acuerdo Tabla 17, en las 5 categorías propuestas y sus correspondientes valoraciones, a fin de realizar las ponderaciones por escenario que permiten arribar al índice de permeabilidad geológica (Fig. 19-C).

Cabe aclarar que las categorías son arbitrarias, ya que las unidades geológicas dependiendo de su posición en el ambiente, pueden presentar desde baja permeabilidad a cierto grado de ella.

Un ejemplo de esto lo constituye el Basamento Cristalino, que por su constitución es impermeable, pero de acuerdo al sitio que ocupe - zona de fractura³⁰ - o por su ubicación - superficial o profundo³⁰ - puede estar diaclasado³⁰ o no, lo cual cambiaría su condición de permeabilidad.

Por esta razón se asumen valoraciones generales, en algunos casos de compromiso, pero siempre arbitrarias.

Tabla 17: Categorías y valoraciones para generar el Índice de Permeabilidad Geológica

| CATEGORIAS | VALORACIÓN |
|--------------------------------|------------|
| Permeabilidad baja | 1 |
| Permeabilidad ligeramente baja | 2 |
| Permeabilidad media | 3 |
| Permeabilidad ligeramente alta | 4 |
| Permeabilidad alta | 5 |

Las unidades geológicas dominantes son presentadas en la Tabla 18 con la valoración asignada. Se entiende que estas unidades dominantes se encuentran representadas con mayor expresión y superficialidad, condicionando los niveles inferiores.

Por ejemplo: Formación Migues, Formación Guichón y Formación Mercedes-Asencio (K en la Fig. 19-A), quedó representada por la Formación Migues, con su correspondiente 3 de valoración.

Tabla 18: Unidades geológicas con su valoración.

**En negritas formaciones dominantes*

| UNIDAD GEOLOGICA | VALORACION |
|-----------------------------|------------|
| Formación Libertad* | 1 |
| Formación Dolores | 1 |
| Basamento Cristalino | 2 |
| Formación Chuy | 3 |
| Formación Migués | 3 |
| Formación Mercedes- Asencio | 3 |
| Formación Vizcaino | 4 |
| Formación Raigón | 5 |
| Formación Salto | 5 |
| Sedimento arenoso | 5 |

El índice de permeabilidad geológica obtenido en la Figura 19-C permite visualizar al Escenario C: Cuenca A° Mosquitos con el valor más alto, lo que indicaría una mayor permeabilidad de su capa geológica. Por ende se constituiría como el escenario que tiene mayor capacidad de perder agua superficial a su subsuelo.

En contraposición el Escenario B: A° De los padres presenta el menor índice de permeabilidad geológica, constituyéndose como el más sustentable para emplazar la toma de agua.

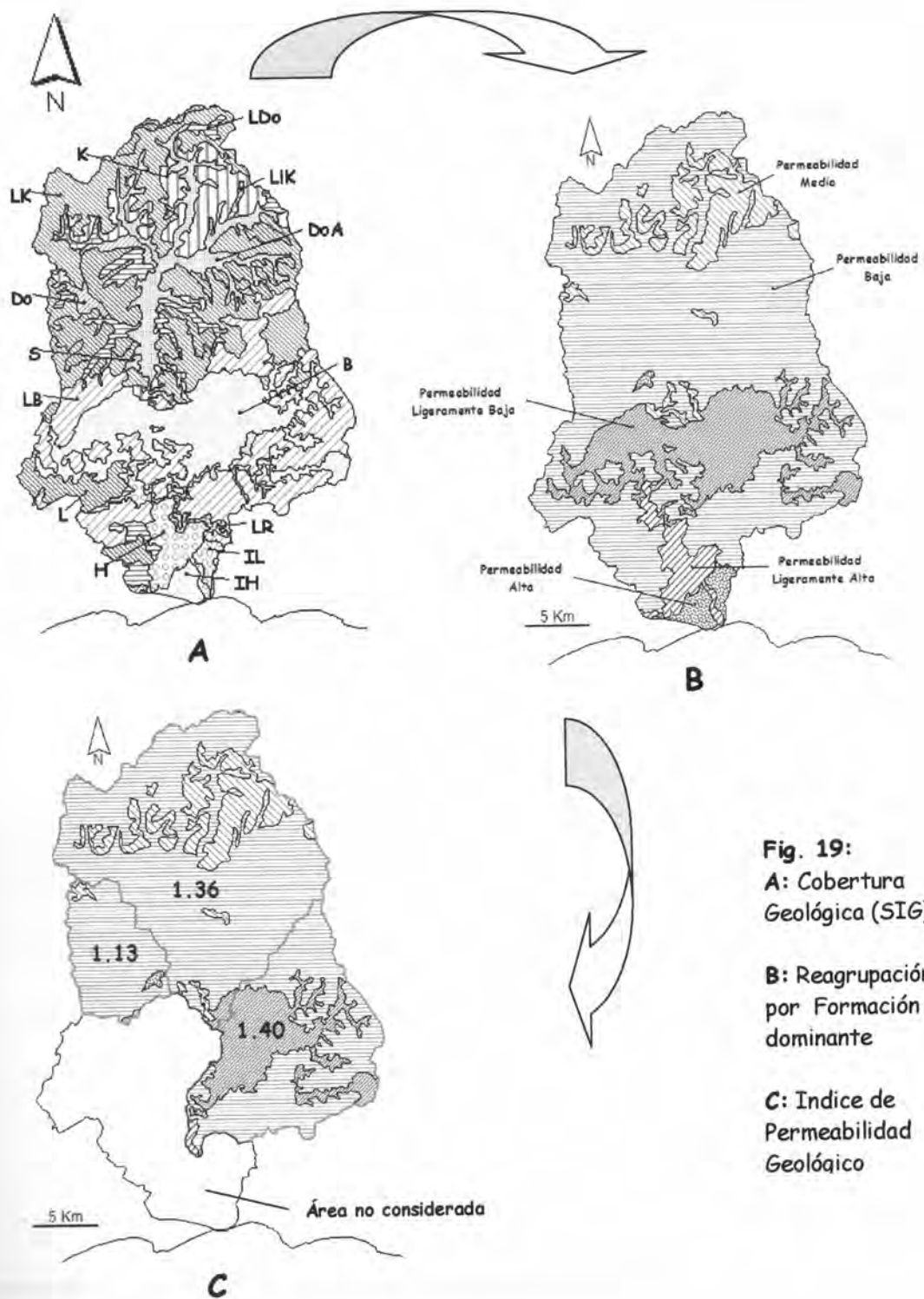


Fig. 19:
A: Cobertura Geológica (SIG)

B: Reagrupación por Formación dominante

C: Índice de Permeabilidad Geológico

GEOMORFOLOGÍA

Índice de Erodabilidad o vulnerabilidad de las formas

De la Carta de Reconocimiento de Suelos del Departamento de Canelones y Montevideo³² a escala 1:100.000, se genera la cobertura en SIG geomorfológica y con ella el mapa temático de riesgo de erosión o índice de erodabilidad o vulnerabilidad¹⁴. Para ello, se considera una escala de valores de sensibilidad del terreno a las pendientes, asignables a cada forma geomorfológica (Tabla 19). En aquellos casos que las geoformas están asociadas a suelos alcalinos, se les pondera con un mayor valor de sensibilidad por ser suelos más friables, pasándolos de categoría a la inmediata superior (Ejemplo de ello son los valles planos alcalinos y las planicies medias alcalinas).

Tabla 19: Riesgo de erosión o erodabilidad: Valoración de la sensibilidad a las pendientes

| RIESGO DE EROSIÓN | | |
|-----------------------|------------|--------------|
| Geoformas | Valoración | Sensibilidad |
| Pm, Pmc, Pc, Vp y Vpc | 1 | Muy Baja |
| Pma, Vpa, Ls | 2 | Baja |
| L | 3 | Media |
| Lf, Vf | 4 | Alta |
| C, Cf | 5 | Muy alta |

Se presenta la simbología empleada en la Tabla 19, según su aparición:

- ♦ Pm (Planicies medias), Pmc (Planicies medias costeras), Pc (Planicies costeras), Vp (Valles planos) y Vpc (Valles planos costeros), con pendientes de < 2%
- ♦ Pma (Planicies medias alcalinas) y Vpa (Valles planos alcalinos), con pendientes < 2% y Ls (Lomadas suaves), con pendientes de 1.5 a 2.5 %
- ♦ L (Lomadas), con pendientes de 2.5 a 3.5 %
- ♦ Lf (Lomadas fuertes) y Vf (Valles fuertes), con pendientes de 3.5 a 6 %.
- ♦ C (Colinas) y Cf (Colinas fuertes), con pendientes > 6 %.

Como se ha dicho, partiendo del mapa temático geomorfológico de los escenarios (Fig. 20), se asignó a cada forma del relieve su sensibilidad de acuerdo a los datos presentados en la Tabla 19.

Más tarde se agruparon por formas de igual sensibilidad (Fig. 21) y se pondera cada una de ellas por la superficie que ocupa.

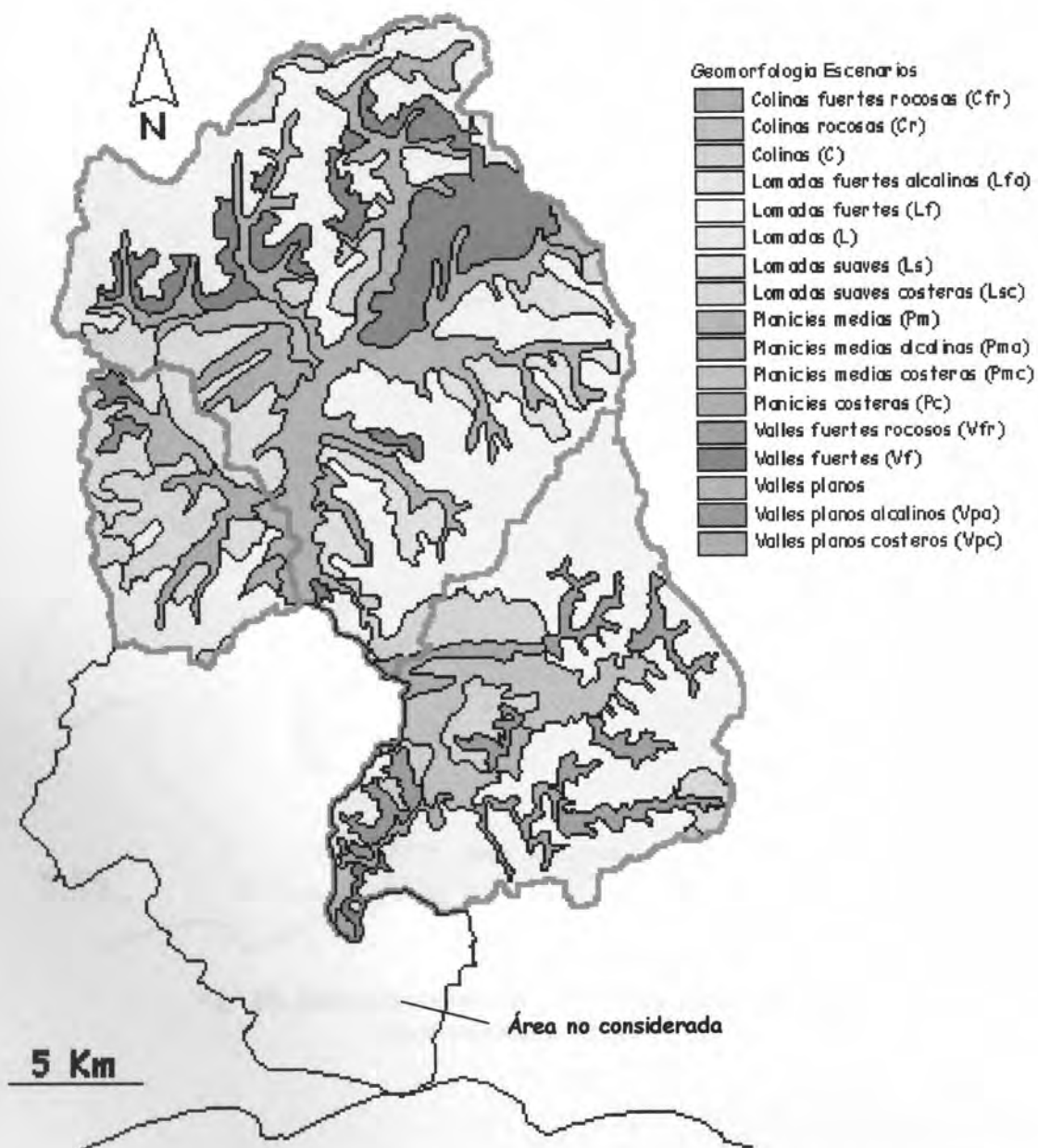


Fig. 20: Mapa temático de las geoformas de los 3 Escenarios.
(Datos extraídos del SIG)

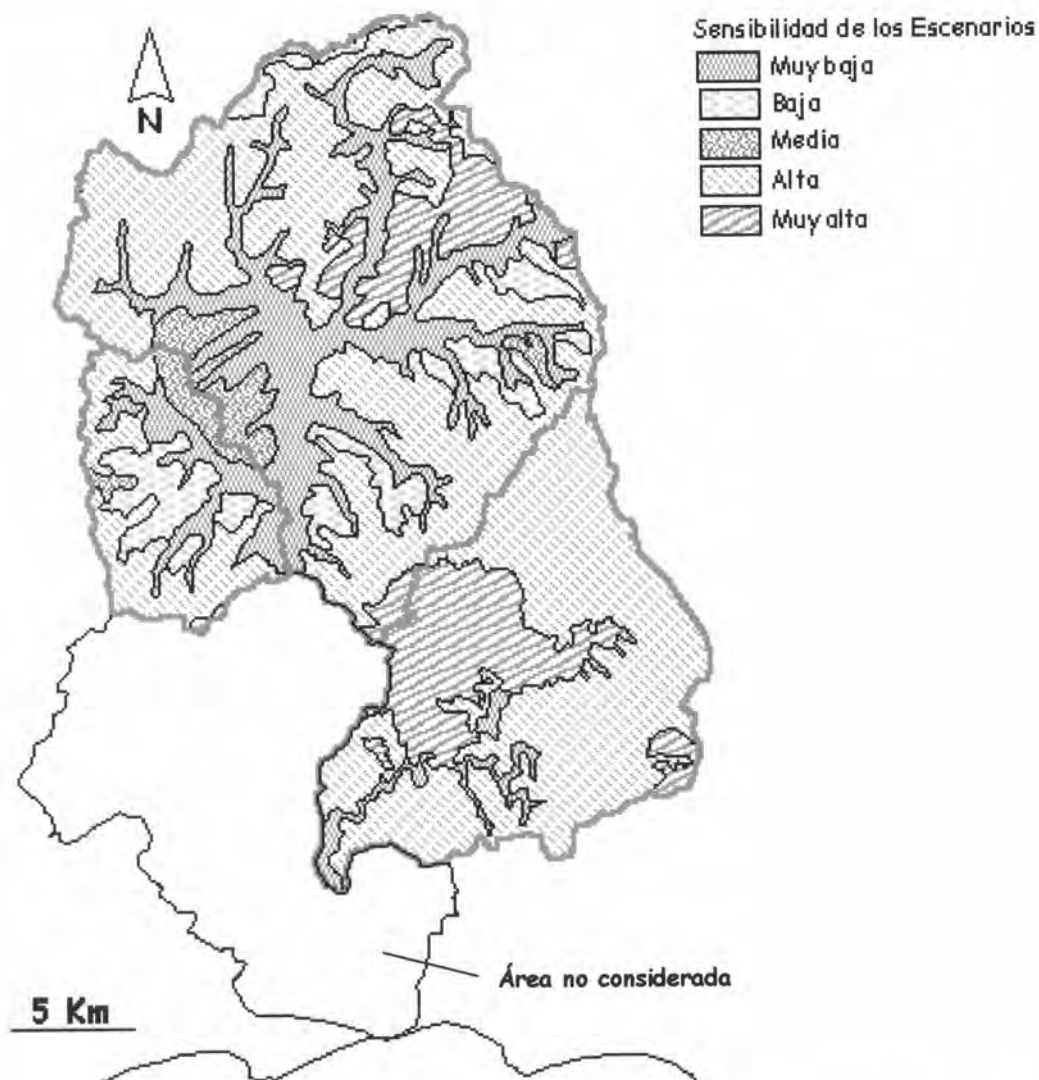


Fig. 21: Geoformas valoradas por el rango de sensibilidad (Datos extraídos del SIG)

Por último, se suma por escenario las sensibilidades ponderadas y se obtiene el Índice de Erodabilidad, el que se representa en los colores del semáforo, simbolizando así, el riesgo de erosión en cada uno de ellos (Fig. 22).

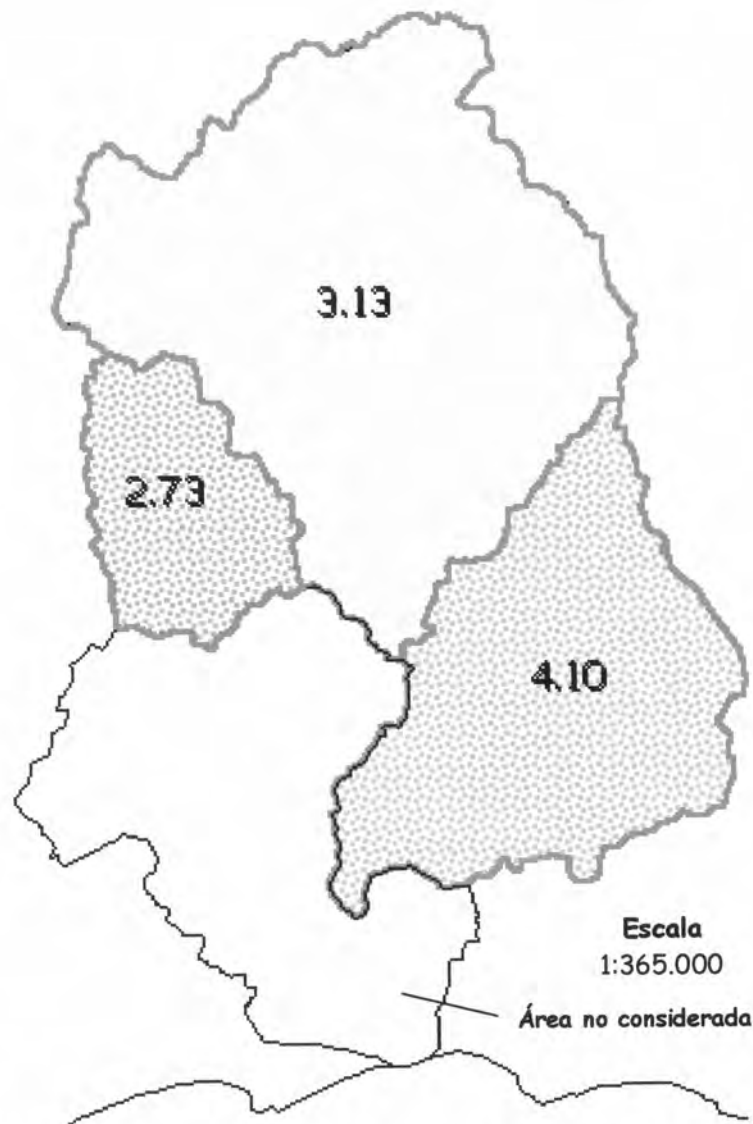


Fig. 22: Índice de Erodabilidad o Vulnerabilidad a la Erosión de cada Escenario (Datos extraídos del SIG)

El Escenario C: A° Mosquitos (en color rojo) presenta geoformas con el mayor riesgo potencial de erosión, el Escenario A: A° Solís Chico con un riesgo intermedio (color amarillo) y el Escenario B: A° De los Padres el que presenta menor riesgo de erosión (color verde).

SUELOS

Índice de infiltración del suelo

El Índice de Infiltración del Suelo se basa en asignar a los distintos suelos una de las 3 categorías del grado de infiltración que se propone (Tabla 20), para luego hacer la valoración ponderada (Ver Anexo II - Punto II.7. Ponderación de Índices).

Tabla 20: Categorías y valoración de la infiltración del suelo

| INFILTRACION DEL SUELO | |
|-------------------------------|-------------------|
| Categoría | Valoración |
| Alta | 3 |
| Media a baja | 2 |
| Baja a nula | 1 |

Para asignar esta valoración se considera:

- Tipo de suelo
- Estructura
- Material constitutivo (arena, limo o arcilla)
- Grado de erosión (presencia e importancia) y
- Posición en el paisaje

♦ **Suelos con valor de infiltración alto (ponderación = 3)**

Suelos arenosos con material generador del Cretáceo (Formación Migués, Guichón, Mercedes-Ascencio) o de origen en sedimentos arenosos, algunos de ellos ocupando planicies costeras y/o dunas costeras.

Argisoles del Cretácico que no presenten erosión

Arenosoles

Fluvisoles

♦ **Suelos con valor de infiltración media a baja (ponderación = 2)**

Suelos bien desarrollados, ocupando posiciones del paisaje altas a laderas medias y bajas, con materiales generadores de diversas Formaciones (Libertad, Dolores, Basamento Cristalino).

Brunosoles

Vertisoles

Argisoles de Fm. Libertad

♦ **Suelos con valor de infiltración baja a nula (ponderación = 1)**

Suelos superficiales o poco desarrollados, suelos hidromórficos y halomórficos, o que ocupan las posiciones bajas en el paisaje.

Inceptisoles

Planosoles

Gleysoles

Solonetz

Una vez definidas las categorías para construir el Índice de Infiltración del Suelo (Fig. 23) se toman los suelos de la *Serie Dominante* de acuerdo a la información de la Carta de Suelos del Departamento de Canelones³².

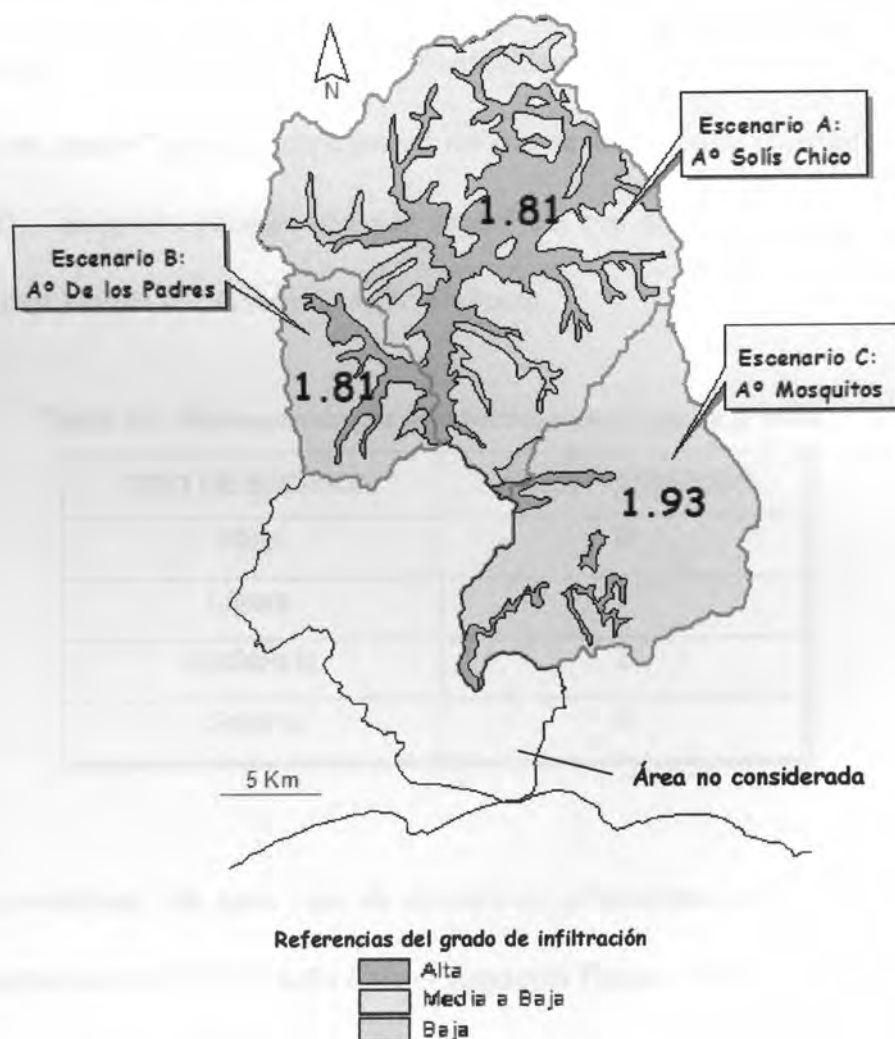


Fig. 23: Índice de infiltración del suelo por Escenarios (Datos extraídos del SIG)

El escenario C presentó el mayor Índice de infiltración del suelo compartiendo un mismo valor los otros dos escenarios.

EROSION

Índice de suelos erosionados

Este índice fue generado con la información de erosión de la Carta de Reconocimiento de Suelos³² de la República Oriental del Uruguay a escala 1:100.000 de los Departamentos de Canelones y Montevideo. Se siguen los criterios de la Dirección de Suelos³² para nuestro país, a los que se les adjudica un valor numérico (Tabla 21) y luego una ponderación por superficie que ocupan en cada escenario (Ver Anexo II - Punto II.7. Ponderación de Índices).

Tabla 21: Valores numéricos adjudicados a cada tipo de erosión.

| TIPO DE EROSION | VALOR NUMERICO |
|-----------------|----------------|
| Nula | 0 |
| Ligera | 1 |
| Moderada | 2 |
| Severa | 3 |

Las características de cada tipo de erosión se presentaron en el ítem Erosión (Ver Caracterización: Cuenca Solís Chico - Aspectos físicos - Erosión).

En la Fig. 24 se presenta la cobertura temática de la erosión en los tres escenarios considerados. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede inferir que el Escenario B: Cuenca A° De los Padres es el más perjudicado por los procesos erosivos.

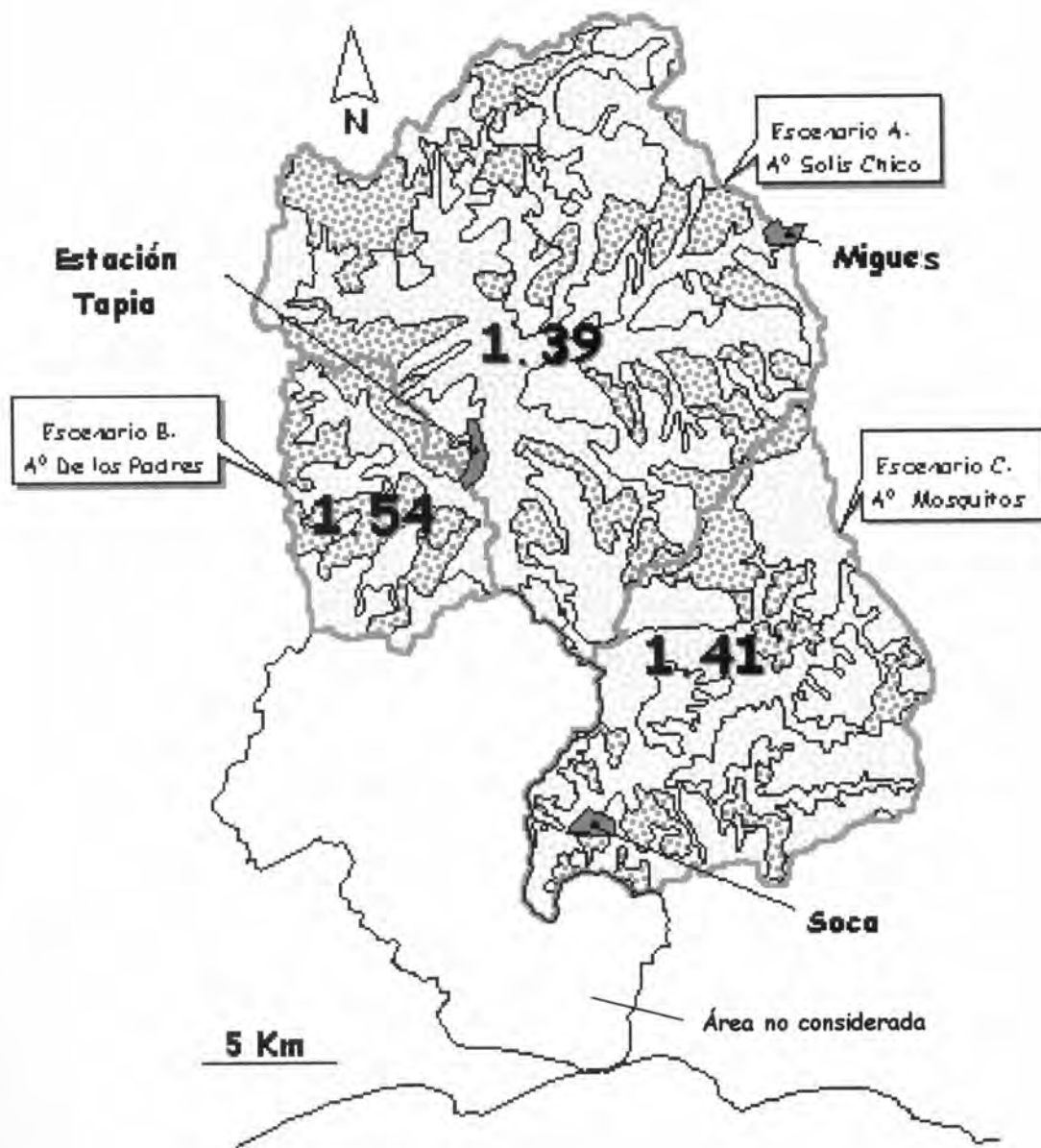


Fig. 24: Mapa temático del Índice de Erosión para los tres escenarios considerados y localidades de referencia (Datos extraídos del SIG)

APTITUD DE USO

Se definen para los escenarios los distintos tipos de aptitud de uso de la tierra de acuerdo a la carta de la Dirección de Suelos⁴⁵ según detalle de la Tabla 22.

Tabla 22: Aptitudes de uso en Km² de los escenarios

| APTITUD DE USO | Escenario A | Escenario B | Escenario C |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Tierras cultivables (Km²) | | | |
| Cultivables con escasas limitaciones (A1) | 30.17 | 15.66 | 4.27 |
| Cultivables con moderadas limitaciones (A2) | 8.77 | 4.40 | 0.68 |
| Cultivables con severas limitaciones (A3) | 90.73 | 12.67 | 74.27 |
| Tierras cultivables en condiciones especiales (Km²) | | | |
| Aptas para la producción de pasturas y muy severamente limitadas para ser cultivadas. Pueden o no ser tierras forestales (AP) | 95.20 | 19.96 | 25.39 |
| Tierras no cultivables (Km²) | | | |
| Apta para una amplia gama de producción de pasturas y forestales (PF) | 42.16 | 2.60 | 48.99 |
| Apta para la producción de pasturas y muy limitadas para los forestales (P) | 4.61 | 3.66 | 0.60 |
| Sin aptitud agropecuaria no forestal. Tierras de reserva natural de la flora y la fauna (R) | ---- | ---- | 0.39 |

Datos extraídos del SIG

Las distribuciones de estas aptitudes de uso se pueden ver en la Figura 25.

Usos del suelo escenarios

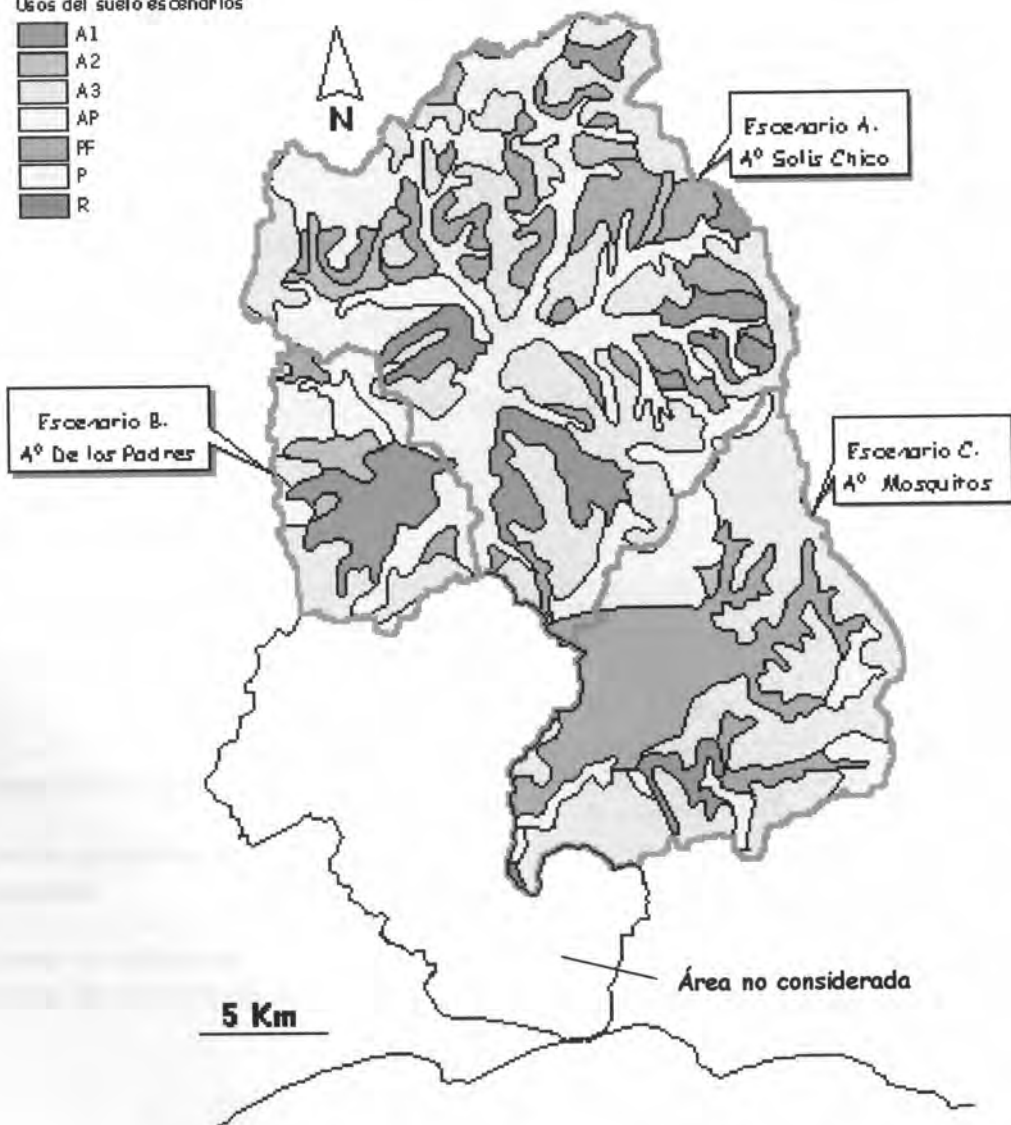
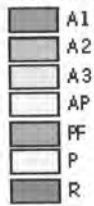


Fig. 25: Aptitudes de uso de la tierra en sus distintos tipos

- A1:** Tierras cultivables con escasas limitaciones para la generalidad de los usos.
- A2:** Tierras cultivables con moderadas limitaciones para ser cultivadas.
- A3:** Tierras cultivables con severas limitaciones para ser cultivadas.
- AP:** Aptas para producción de pasturas pero con muy severas limitaciones para ser cultivadas. Pueden o no ser tierras forestales.
- PF:** Apta para una amplia gama de producción de pasturas y forestales.
- P:** Apta para la producción de pasturas y muy limitada para los forestales.
- F:** Apta para la producción forestal y muy limitada para las pasturas.
- R:** Tierras de reserva natural de flora y fauna. Sin aptitud agropecuaria ni forestal.

(Datos extraídos del SIG)

Índice de Aptitud de Uso Globalizado

Dada la importancia de la aptitud de uso de la tierra en los escenarios y apoyados en la cobertura SIG de aptitud de uso (Fig. 25), se globaliza (Fig. 26) para obtener los distintos tipos de tierras cultivables, no cultivables y cultivables en condiciones especiales, en porcentaje del área que ocupa en cada escenario (Tabla 23), generando así un índice para cada aptitud de uso de la tierra expresado en porcentaje de cobertura.

Tabla 23: Área y porcentaje que ocupan las aptitudes de tierras para los 3 escenarios




| | Escenario A | | Escenario B | | Escenario C | |
|---|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | Km ² | % | Km ² | % | Km ² | % |
| Tierras cultivables | 129.67 | 47.76 | 32.74 | 54.84 | 79.22 | 51.25 |
| Tierras cultivables en condiciones especiales | 95.21 | 35.06 | 19.97 | 33.45 | 25.39 | 16.42 |
| Tierras no cultivables | 46.77 | 17.23 | 6.26 | 10.49 | 49.97 | 32.31 |

Comparando escenarios se puede observar (Fig. 26 - globalizado): Que el Escenario A: A° Solís Chico presenta el mayor porcentaje de Tierras Cultivables en Condiciones Especiales (35.06 % de su área) o sea tierras aptas para la producción de pasturas pero con muy severas limitaciones para ser cultivadas, pudiendo o no ser tierras con aptitud forestal.

El Escenario B: A° De los Padres tiene el mayor porcentaje de Tierras Cultivables (54.84 %) en el rango que va desde tierras cultivables con escasas limitaciones (A1) a tierras cultivables con severas limitaciones (A3) (Fig. 25) (Ver Caracterización: Cuenca Solís Chico - Aptitud de uso del suelo).

El Escenario C: A° Mosquitos tiene el mayor porcentaje de Tierras No Cultivables (32.31 %), pudiendo ser aptas para la producción de pasturas y limitada para la producción forestal o viceversa, aptas para la producción forestal y limitadas para la producción de pasturas o por último sin aptitud agropecuaria ni forestal quedando como tierras de reserva natural de flora y fauna.

Uso Generalizado Escenarios

-  Cultivables
-  Cultivables en Cond. Especiales
-  No Cultivables

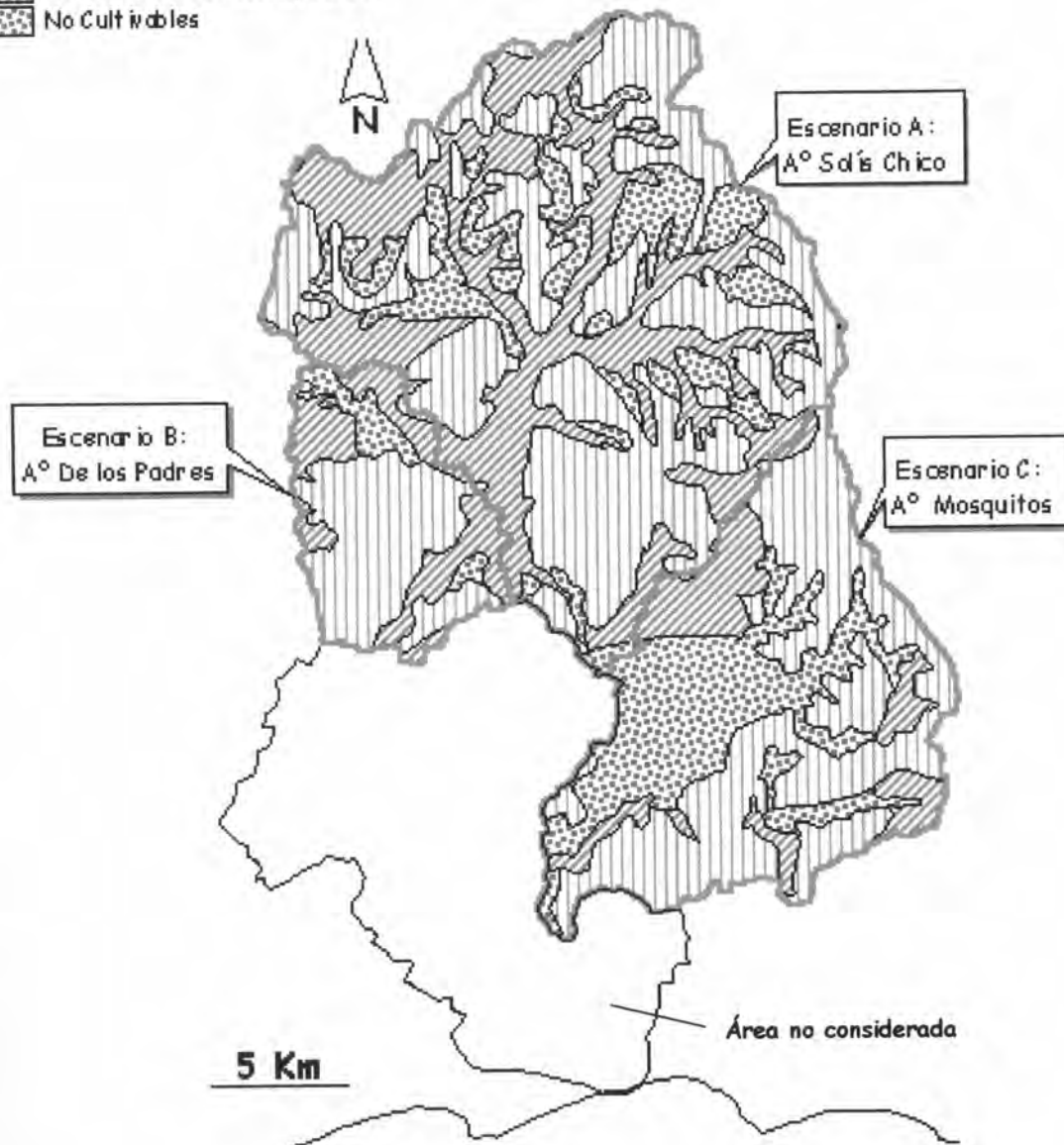


Fig. 26: Mapa temático del índice de Aptitud de Uso Globalizado de los 3 tipos de aptitud de uso de la tierra, para los 3 escenarios (Datos extraídos del SIG)

Índice de las Limitaciones en el Uso de la Tierra

Los índices de las limitaciones en el uso de la tierra se expresan en porcentaje de cobertura de cada escenario (Tabla 24 y Fig. 27), donde se puede apreciar que el Escenario B: A° De los Padres presenta el 30.97 % de su superficie sin limitaciones en el uso de la tierra y el 54.84 % con limitaciones en relación con la Resistencia a la Erosión, asociada en algunos casos a la pérdida de Fertilidad y al Laboreo.

Tabla 24: Limitaciones en el uso de la tierra de cada escenario en porcentaje del área de la cuenca. En verde porcentajes dominantes (Datos extraídos del SIG)












| LIMITACIONES | Escenario A (%) | Escenario B (%) | Escenario C (%) |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sin limitaciones (A1) | 11.80 | 30.97 | 1.65 |
| Resistencia a la Erosión (e) | 10.28 | 12.16 | 40.84 |
| Disponibilidad de O ₂ (w) | 2.08 | ---- | ---- |
| Inundación (i) | 18.36 | 6.07 | ---- |
| Sodicidad (a) | ---- | 1.90 | 0.44 |
| Disponibilidad de Espacio a las Raíces (r) | 4.93 | ---- | 31.69 |
| Resistencia a la Erosión y Fertilidad (ef) | 5.17 | 1.56 | 6.72 |
| Resistencia a la Erosión y Laborabilidad (ek) | 44.94 | 41.12 | 15.28 |
| Fertilidad y Disponibilidad de Oxígeno (fw) | 0.78 | ---- | ---- |
| Disponibilidad de Oxígeno y Sodicidad (wa) | ---- | ---- | 2.76 |
| Disponibilidad de Oxígeno y Salinidad (wz) | ---- | ---- | 0.25 |
| Inundación y Sodicidad (ia) | 1.70 | 6.21 | ---- |
| Inundación y Salinidad (iz) | ---- | ---- | 0.39 |

El Escenario A: A° Solís Chico (Fig. 27) tiene un 11.80 % de tierras sin limitaciones, correspondiéndole el porcentaje mayoritario de 60.39 % a dificultades en la Resistencia a la Erosión combinada con pérdida de Fertilidad y también Laboreo. Este escenario no cuenta con limitaciones por presencia de alcalinidad en sus suelos ni limitaciones debido a la salinidad.

El Escenario C: A° Mosquitos (Fig. 27) es el que tiene menor porcentaje de tierras sin limitaciones (1.65 %) y el mayor porcentaje (62.84 %) de tierras con limitaciones en la Resistencia a la Erosión, asociada en algunos casos a Fertilidad y Laboreo. Asimismo, es el escenario que presenta el porcentaje mayoritario de limitación por falta de Disponibilidad de Espacio a las Raíces con el 31.69 %.

ACLARACIÓN: Si bien las limitaciones en el uso de la tierra no van a ser consideradas en el desarrollo del capítulo de los Resultados, - ya que para los fines buscados se empleará solo la aptitud de uso-, se entendió importante desarrollarlas para que puedan ser tenidas en cuenta a la hora de realizar la gestión del suelo en cada escenario.

Limitaciones de uso escenarios

-  Resistencia a la Erosión (e)
-  Disponibilidad de oxígeno (w)
-  Inundación (f)
-  Sodicidad (sodicidad) (a)
-  Disponibilidad de espacio a las raíces (r)
-  Resistencia a la Erosión y Fertilidad (ef)
-  Resistencia a la Erosión y Laborabilidad (ek)
-  Fertilidad y Disponibilidad de Oxígeno (fw)
-  Inundación y Sodicidad (ia)
-  Inundación y Sodicidad (ib)
-  Disponibilidad de Oxígeno y Sodicidad (wa)

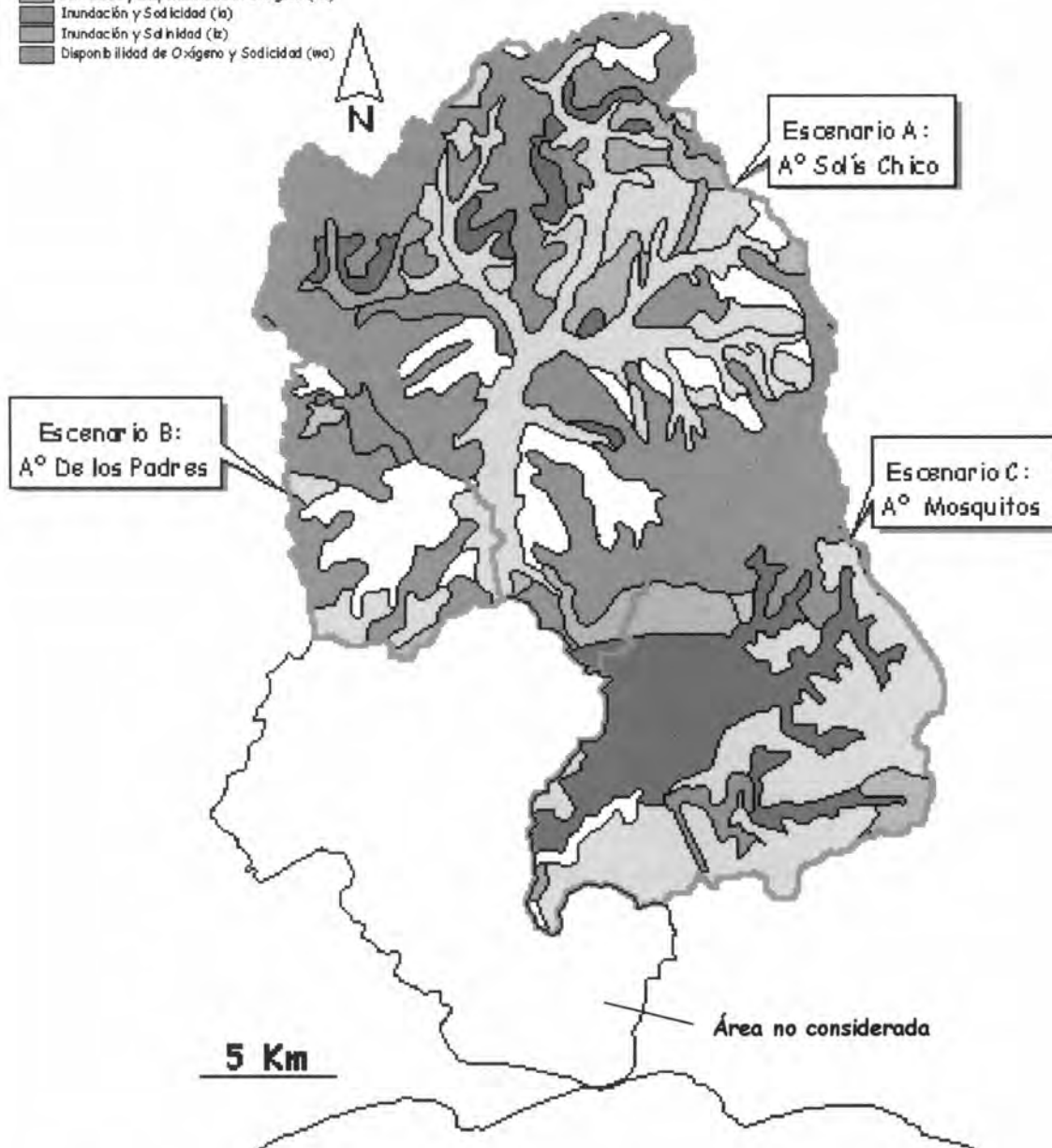


Fig. 27: Mapa temático de los factores limitantes para la aptitud del uso de la tierra (Datos extraídos del SIG)

ASPECTOS BIÓTICOS PRODUCTIVOS DE LOS ESCENARIOS

Al efectuar la descripción de los aspectos bióticos productivos del Departamento de Canelones⁵¹ se desprende que los rubros de forestación y producción de carne bovina, presentaron la mayor incidencia intercensal (Tabla III-15 - Anexo III: III. C. 2. - Aspectos Bióticos Productivos). Esta relación está vinculada con la cantidad de establecimiento que los presentaron como la principal fuente de ingresos.

Por otro lado, la actividad Hortícola de ese departamento ocupa el 55.4 % de los establecimientos del país (Tabla III-14 - Anexo III: III. C. 2. - Aspectos Bióticos Productivos).

Índices de los aspectos bióticos productivos

La información extraída de la página web de D.I.E.A. para todos los casos se presenta por rangos de porcentajes. Debido a esto y al fin último de generar índices de ponderación por superficie, estos rangos fueron promediados y más tarde ponderados (Ver Anexo II - Punto II.7. Índice Ponderado). En la Tabla 25 se presentan los rangos de los porcentajes y los promedios que se desprenden.

Tabla 25: Porcentajes de Establecimientos por su principal rubro, rangos de D.I.E.A. y promedios

| RUBROS | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Forestal | | Carne Bovina | | Horticultura | |
| Rangos (%)* | Promedio (%) | Rangos (%)* | Promedio (%) | Rangos (%)* | Promedio (%) |
| 0.0-1.0 | 0.5 | 0.0-20.0 | 10.0 | 0.0-5.0 | 2.5 |
| 3.1-6.0 | 4.5 | 20.1-40.0 | 30.0 | 5.1-15.0 | 10.0 |
| 6.1-100.0 | 53.0 | 40.1-60.0 | 50.0 | 15.1-30.0 | 22.5 |
| --- | --- | 60.1-80.0 | 70.0 | 30.1-60.0 | 45.0 |
| --- | --- | --- | --- | 60.1-100.0 | 80.0 |

*Datos tomados de: DIEA⁵¹, 2000 de su página www.mgap.gub.uy/Diea

En la Fig. 28 se presentan los resultados de los índices de los establecimientos con las principales fuentes de ingresos: hortícolas, forestales y vacunos de carne.

Dependiendo de la actividad considerada, la ponderación de los índices presenta mayor impacto en un escenario u otro. Es por ello que se ve, que los establecimientos que presentan como principal fuente de ingresos la Horticultura impactan más fuertemente en el Escenario A: Cuenca A° Solís Chico; cuando se considera las Carnes Bovinas, es el Escenario B: A° De los Padres, para por último, la Forestación lo hace sobre el Escenario C: A° Mosquitos.

Cabe aclarar, que el sentido estricto que se asume para el término "impactar" es en referencia a la superficie de ocupa en cada uno de los distintos escenarios los establecimientos cuyos rubros se destacan en parágrafos anteriores; no se hace

referencia ni a la intensidad de la producción, ni al tipo de insumos que se emplean ni a otro objeto que no sea la extensión en área que ocupan.

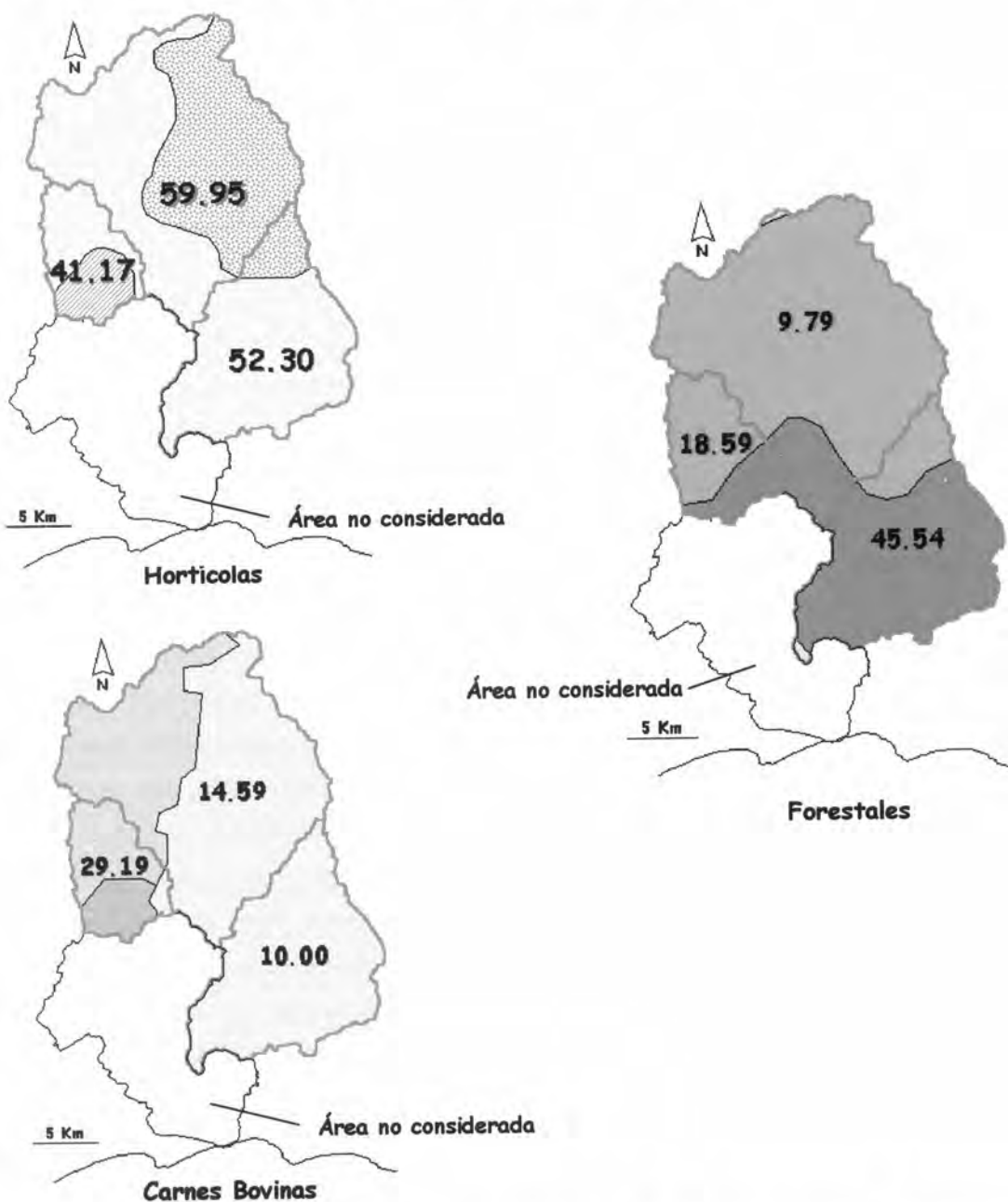


Fig. 28: Índices de los aspectos bióticos productivos de las explotaciones por principal fuente de ingresos Hortícolas, Forestales y de Carnes Bovinas (Datos extraídos del SIG)

RESULTADOS

En la Tabla 26 se visualizan en forma conjunta los índices ambientales aplicados a los escenarios para poder ser contrastados.

Tabla 26: Resultados de los índices aplicados a los Escenarios propuestos

| | Escenario A | Escenario B | Escenario C |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Area (Km ²) | 271.6 | 59.7 | 154.6 |
| Indice de Strahler (Orden) | 5 | 5 | 4 |
| Indice de Bifurcación (Intervalo) | 2.0 a 6.0 | 2.0 a 4.0 | 3.8 a 7.0 |
| Indice de Forma | 1 | 0 | 0 |
| Indice de Circularidad | 0.51 | 0.60 | 0.47 |
| Indice densidad cursos de agua (segm/km ²) | 1.33 | 1.72 | 1.04 |
| Indice de densidad de drenaje (m/Km ²) | 1.76 | 1.95 | 1.50 |
| Indice de disponibilidad de agua | 54.5 | 23.1 | 22.4 |
| Pendiente media (m x 10 ⁻³) | 1.52 | 2.09 | 1.87 |
| Tiempo de Escurrimiento (días) | 2.5 | 1.9 | 2.3 |
| Balance Hidrológico (máximo) 10 ⁶ x m ³ /año | 219.22 | 48.11 | 124.79 |
| Balance Hidrológico (media) 10 ⁶ x m ³ /año | 62.55 | 13.73 | 35.61 |
| Balance Hidrológico (mínimo) 10 ⁶ x m ³ /año | 3.82 | 0.84 | 2.18 |
| Indice de Permeabilidad Geológica | 1.36 | 1.13 | 1.40 |
| Indice de Erodabilidad | 3.13 | 2.73 | 4.10 |
| Indice de infiltración del suelo | 1.81 | 1.81 | 1.93 |
| Indice de Erosión | 1.39 | 1.54 | 1.41 |
| Aptitud de Uso (Sin Limitación) (%) | 11.80 | 30.97 | 1.65 |
| Aptitud de Uso (Cultivables) (%) | 47.76 | 54.84 | 51.25 |
| Aptitud de Uso (Cultivables en Cond. Esp.) (%) | 35.06 | 33.45 | 16.42 |
| Aptitud de Uso (No cultivables) (%) | 17.23 | 10.49 | 32.31 |
| Indice de Explotaciones Bovina | 14.59 | 29.19 | 10.00 |
| Indice de Explotaciones Forestales | 9.79 | 18.59 | 45.54 |
| Indice de Explotaciones Hortícolas | 59.95 | 41.17 | 52.30 |

Los resultados se desarrollarán por escenarios -ó subsistemas de la Cuenca Solís Chico- para mantener el abordaje sistémico que integra la información obtenida:

➤ **Escenario A: A° Solís Chico**

El Escenario A: A° Solís Chico, según la clasificación de Strahler es de Orden 5, constituyéndose como una subcuenca, con un área de 271.6 Km² representando el 42.2 % de la Cuenca Solís Chico (Fig. 29).

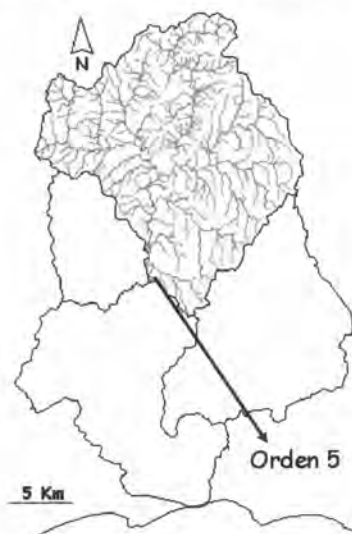


Fig. 29: Posición del Escenario A y Clasificación de Strahler

El índice de bifurcación es un buen indicador cuando no se dispone de información del área de la cuenca, ya que a través de la cantidad de segmentos y la clasificación de Strahler se puede estimar las características generales del subsuelo. En este caso oscilando entre 2 y 6, lo que implicaría que el subsuelo de este escenario no es homogéneo como se ha presentado en el ítem. Geología (Ver Anexo III: III. B. 4. -

Geología), controlando la densidad de drenaje de la cuenca y por ende la respuesta a los picos de escurrimiento.

El índice de forma entre las figuras geométricas de círculo, rectángulo y triángulo, se ajusta mejor al círculo (Fig. 16) por lo que es susceptible a inundaciones, pero cuando se analiza su índice de circularidad da un valor de 0.51, situándolo en una posición media en este riesgo (Tabla 14).

El índice de densidad de cursos de agua brinda información sobre la abundancia del agua en la cuenca y la eficiencia en el drenaje, con un valor de 1.33 segmentos/km². El índice de densidad de drenaje indica su distribución (1.76 m/km²), precisando que a mayor disección mayor respuesta a las tormentas. Estos índices de eficiencia de drenaje toman una posición intermedia en relación con los otros escenarios.

Cuando se analizan estos 2 indicadores en forma conjunta se genera el índice cualitativo de disponibilidad de agua, comprendiendo a este escenario en la Clase II con una caracterización de alta disponibilidad.

La pendiente media es la más baja (1.52×10^{-3} m - Fig. 14) por lo que presenta el mayor tiempo de escurrimiento, con 2.5 días (Tabla 15).

El balance hidrológico para las precipitaciones anuales móviles de mínima se estima en 3.82×10^6 m³/año (Tabla 16), con un valor medio de

$62.55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ y un valor máximo de $219.22 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ para el período 1914-1944. El conjunto de estos valores se encuentra por encima de los otros escenarios en razón de vincularse a una mayor área de drenaje.

El índice de permeabilidad geológica (Fig. 19 B y C) presenta un valor intermedio de 1.36, fuertemente influenciado por la valoración que tomaron las Formaciones Cretácicas que constituyeron el 17.7 % del total del área, con una permeabilidad media.

El índice de erodabilidad o vulnerabilidad de las formas con un valor intermedio de 3.13 (Fig. 22) se atribuye a la mayor sensibilidad que presentan las geoformas de lomadas convexas y valles fuertes (Fig. 21), que le imprimen al paisaje una mayor energía.

El valor del índice de infiltración del suelo de 1.81 (Fig. 23 B) es compartido con el Escenario B y atribuible al bajo peso ponderado de los suelos con valores de infiltración medio en relación al tercer escenario (Fig. 23 A).

El índice de erosión (1.39) se constituye como el menor valor, sopesando en él la superficie sin erosión o erosión nula constituida por las planicies por donde circula el cauce del arroyo (Fig. 24).

La aptitud general de uso de la tierra de este escenario tiene el menor porcentaje (47.76 % de su superficie - Tabla 22 y Fig. 25) con tierras de aptitud cultivables

(A1, A2 y A3), presentando un 11.80 % de sus tierras sin limitaciones (A1 - Tabla 24) en su uso, que corresponde a 30.17 Km².

Si se consideran las limitaciones que presenta el uso de la tierra se ve que el mayor porcentaje (60.39 % - Tabla 24) es atribuible a la resistencia a la erosión combinada con pérdida de fertilidad y laboreo, debiéndose posiblemente al dominio de geformas de lomadas y a materiales limos-arcillosos. Este escenario no cuenta con limitaciones por presencia de salinidad. Sin embargo, es interesante resaltar que 20.06 % de su área presenta como limitación las inundaciones (con un 18.36 % propiamente dichas - Tabla 24) y un 1.70 % atribuibles a inundaciones y sodicidad (Tabla 24). Esta información es acorde con los índices de forma y circularidad.

En porcentajes minoritarios también se encuentran las limitaciones por falta de disponibilidad de espacio para las raíces (4.93 % - Tabla 24) y por fertilidad y disponibilidad de oxígeno (0.78 % - Tabla 24), el primero y el último ítem. debido posiblemente por la compactación del suelo.

La productividad de las explotaciones cuyo principal rubro es la producción de carne bovina toman una posición intermedia con un índice de 14.59 (Fig. 28).

En las explotaciones forestales el índice es el menor (9.79 - Fig. 28) a pesar de presentar aptitud forestal en 95.20 Km² en tierras cultivables en condiciones especiales (AP) y en 42.16 Km² de tierras no cultivables (PF) (Tabla 22), cuyos orígenes son: Cretácico (Formaciones Migueles, Guichón y Mercedes - Asencio) y

Cuaternario (Formaciones Libertad, Dolores y Sedimentos actuales) (Fig. III-20 en Anexo III: III. B. 4. – Geología)

Las explotaciones cuyo principal rubro es el hortícola presentan el índice más elevado (59.95 - Fig. 28) existiendo zonas donde posiblemente se empleen plaguicidas y fertilizantes en cantidades que no se conocen.

➤ **Escenario B: A° De los Padres**

El Escenario B: A° De los Padres se define según Strahler como una subcuenca del Solís Chico, ya que el orden en su desembocadura al igual que en el escenario anterior es 5, ocupando una superficie de 59.7 Km² (Fig. 30).

El índice de bifurcación se encuentra entre 2 y 4 -siendo el más acotado de los 3 escenarios- por lo que el subsuelo es heterogéneo.

En relación con el índice de forma responde mejor al rectángulo que a las otras figuras geométricas (Tabla 12 y Fig. 17), lo que en principio lo alejaría de presentar altos riesgos de inundaciones. Sin embargo, el índice de circularidad (0.60) indica que su riesgo de inundación es ligeramente medio (Fig. III-30 en Anexo III: III. B. 8. - Aptitud de uso).



Fig. 30: Posición del Escenario B y Clasificación de Strahler

Los índices de densidad de cursos de agua ($1.72 \text{ segmentos/km}^2$) y de densidad de drenaje ($1.95 \text{ segmentos/km}^2$) son más altos que en los otros escenarios, lo que indicaría que el A° De los Padres presenta una buena eficiencia en su drenaje para responder a las tormentas (Tabla 5 y 7).

Esta eficiencia también queda representada en el largo de sus cursos de agua, que son relativamente cortos (Tabla 6) debido a que la cuenca de vertido es pequeña (59.7 Km^2). Si a esto se le aúna el mayor índice de pendiente media ($2.09 \times 10^{-3} \text{ m}$ - Fig. 15) y el menor tiempo de escurrimiento (1.9 días - Tabla 15) lo hacen tener una buena respuesta a las tormentas.

Esa buena respuesta a las tormentas quiere decir que rápidamente evacua el exceso de agua que escurre, haciéndolo coincidente con el índice de circularidad (Tabla 14) que presenta un riesgo ligeramente medio de inundaciones. Esta evacuación rápida del agua hace que presente un índice cualitativo de disponibilidad de agua muy bajo (Clase IV - Tabla 8).

El balance hidrológico (Tabla 16) está directamente relacionado con el área de drenaje de la cuenca pudiéndose decir que este escenario presenta el valor más bajo. El volumen retenido es de $48.11 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, con una media de $13.73 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ y un mínimo de $0.84 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ para el período 1914-1944. Este período registra la precipitación móvil anual más baja con 469.24 mm (Tabla III-8 y Fig. III-14 en Anexo III: III. B. 1. - Precipitación).

Cuando se evalúa el índice de permeabilidad geológica se aprecia que es el más bajo (1.13) presentando la menor permeabilidad del subsuelo ya que el mayor porcentaje esta constituido por Formación Libertad y Dolores, con presencia de loess que lo hace casi impermeable (Fig. 19 A, B y C).

El índice de erodabilidad es el más bajo (2.73), dominando las formas de baja energía del relieve como lomadas suaves, valles planos y planicies medias (Tabla 19).

El dominio en la cuenca de las Formaciones Libertad y Dolores hace que los suelos generados tengan una fuerte componente en sus materiales de limos-arcillosos (Fig. 23 A), generando un índice de infiltración del suelo de 1.81.

Este escenario presenta el mayor índice de erosión (1.54 - Fig. 24) debido a formas del relieve de mayor energía, las que presentan erosión moderada a severa y limitaciones en la aptitud de uso de la tierra en un 54.84 % del área. Estas limitaciones debidas a la resistencia a la erosión, posiblemente producto de cambios de pendiente en los valles fuertes. En algunos casos se asocia a la pérdida de fertilidad en suelos que son arenoso-francos y a dificultades en el laboreo, posiblemente debido al material constitutivo mayoritario de limos-arcillosos.

Desde un punto de vista físico este índice de erosión sería atribuible a la mayor pendiente media, existiendo sinergismo entre los procesos naturales y antrópicos, por lo que toma relevancia la gestión del suelo y de su cobertura vegetal.

La aptitud de uso de la tierra de este Escenario presenta el 30.97 % de su superficie sin limitaciones en el uso, de un total de 54.84 % de las tierras cultivables con distintos grados de limitaciones (Tabla 23 y Fig. 25).

Cuando se analiza la producción se ve que dominan los establecimientos cuya principal actividad es la producción de carne bovina con un índice de 29.19 (Fig. 28). Es posible que exista una mayor carga animal/Km², lo que disminuiría la cobertura vegetal, aumentaría el grado de afectación por pisoteo constituyéndose en el escenario con mayor índice de erosión.

Los establecimientos que presentan como principal rubro de explotación la forestal (18.59 - Fig. 28) ocupan una posición intermedia, pudiendo en cierta forma, revertir parcial o totalmente el proceso de erosión.

Es importante hacer resaltar que posiblemente la producción forestal no haya recibido el apoyo económico contemplado en la Ley Forestal. La minoría de los establecimientos forestales del Departamento de Canelones cumplen con la condición de tener tierras con aptitud forestal. Se cree que esta situación se presenta en este escenario, ya que en la carta de aptitud de uso es bajo el porcentaje de tierras que tiene aptitud forestal.

Así mismo, es el escenario con menor incidencia en cuanto a las explotaciones cuyo principal rubro es el hortícola (41.17 - Fig. 28).

➤ **Escenario C: A° Mosquitos**

El Escenario C: A° Mosquitos según el Índice de Strahler es de Orden 4, es una microcuenca de gran tamaño del sistema mayor, con un área de 154.6 Km² (Fig. 31).

Su índice de bifurcación (entre 3.8 y 7.0) indicaría que su subsuelo es heterogéneo (Tabla 3, Fig. 13 y Ver Anexo III: III. B. 4. - - Geología).

El índice de forma se ajusta al triángulo (0.21 - Fig. 18) y junto con el de circularidad (0.47 - Tabla 14) presentan bajo riesgo de inundaciones.



Fig. 31: Posición del Escenario C y Clasificación de Strahler

Los índices de densidades de cursos de agua con $1.04 \text{ segmentos/Km}^2$ (Tabla 5), de densidad de drenaje con 1.50 m/km^2 (Tabla 7) y disponibilidad de agua, sin bien son los más bajos de los escenarios, intrínsecamente son relativamente altos cuando se considera que este escenario es una microcuenca de acuerdo al Índice de Strahler, indicando que presenta una buena respuesta a las precipitaciones. Esta buena respuesta se ve fuertemente influenciada por la presencia del Basamento Cristalino, modelando las características de la red hídrica.

Las mayores altimetrías de la Cuenca Solís Chico se presentan en este subsistema cuya pendiente media es de $1.87 \times 10^{-3} \text{ m}$ (Fig. 15), acorde con su tiempo de

escurrimiento de 2.3 días (Tabla 15). En términos generales, se puede decir que este subsistema presenta una buena eficiencia como respuesta a los eventos de tormentas.

La fuerte influencia de su subsuelo y la diferencia altimétrica lo hacen poco susceptible a sufrir inundaciones.

Su balance hidrológico (Tabla 16) presenta volúmenes de retención para precipitaciones móviles de máxima de $124.79 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, con precipitaciones medias es de $35.61 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ y para precipitaciones mínimas, $2.18 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, para el período 1914-1944. Estos balances serán tenidos en cuenta en la discusión para identificar el o los escenarios más probables para emplazar la toma de agua.

El 90 % del subsuelo de la cuenca se encuentra dominado por el Basamento Cristalino diaclasado, presentando permeabilidad que va desde ligeramente alta a baja (Fig. 19 B). Su índice de permeabilidad geológica (1.40) lo constituye como el escenario con mayor capacidad de perder agua superficial a su subsuelo.

El índice de erodabilidad es el más alto (4.10 - Fig. 22) a consecuencia del dominio de las geoformas convexas de colinas y lomadas y en bajo porcentaje de valles y planicies (Fig. 20), con sensibilidad dominante de alta a muy alta (Fig. 21), debiéndose tomar medidas para proteger el suelo.

El índice de infiltración del suelo (1.93 - Fig. 23 A y B) es el más alto, ya que dominan en superficie suelos con valor infiltración medio como los Brunosoles que ponderan con peso en el escenario.

El índice de erosión (1.41 - Fig. 24) es intermedio, dominando la erosión moderada. Donde existe erosión severa, se ha constatado visualmente la pérdida total del horizonte A.

La aptitud de uso de este escenario tiene el menor porcentaje de tierras sin limitaciones en su uso (1.65 % - Tabla 24) y el mayor porcentaje de tierras con limitaciones por resistencia a la erosión (62.84 % - Tabla 24), asociada en algunos casos a falta de fertilidad y laboreo (Tabla 24), dominando los Limos-arcillosos como materiales del suelo y las geoformas colinas y lomadas.

Así mismo, es el escenario que presenta el mayor porcentaje de limitación por falta de disponibilidad de espacio a las raíces (31.69 % - Tabla 24), debido fundamentalmente a la presencia del Basamento Cristalino dominante en el sistema. A su vez, presenta el mayor porcentaje de tierras no cultivables (32.31 % - Tabla 23 y Fig. 26).

Las tierras no cultivables y las tierras cultivables con limitaciones, hacen que se favorezcan las producciones forestales y de pasturas. Esta situación se corrobora al comparar el crecimiento intercensal que tuvieron los establecimientos cuyo principal rubro es el forestal entre 1990 y 2000 (Tabla III-15 en Anexo III: III. C. 2. -

Aspectos Bióticos Productivos). Este índice representa más del doble de cobertura en relación con el Escenario B y más de cuatro veces y media en relación con el Escenario A (Fig. 28).

Este aumento en establecimientos forestales se ve favorecido por la proximidad de las rutas para transportar la madera y por la cercanía con el Puerto de Montevideo, lo que hace que se disminuyan los costos de transporte.

Los establecimientos cuyo principal rubro es la producción de carne bovina es la menor de los escenarios (10.00 - Fig. 28), quedando la producción hortícola en una posición intermedia (52.30 - Fig. 28).

ALTERNATIVAS DE TOMA DE AGUA

El objetivo de la presente planificación ambiental es lograr la mayor cantidad y calidad de agua, cumpliendo con la oferta vs. demanda ambiental sin comprometer la renovación de los recursos naturales y contemplando la equidad social.

Para ello, en la elección del emplazamiento de una nueva toma de agua se generan *a priori* tres alternativas (Fig. 32): que la cantidad y calidad del agua sean las requeridas en el punto seleccionado (Alternativa 1) o que alguna de ellas no se cumpla (Alternativas 2 y 3).

Alternativa 1: cuenta con la cantidad y calidad de agua requerida, por lo que permite colocar la toma de agua directamente sobre el arroyo en el punto seleccionado.

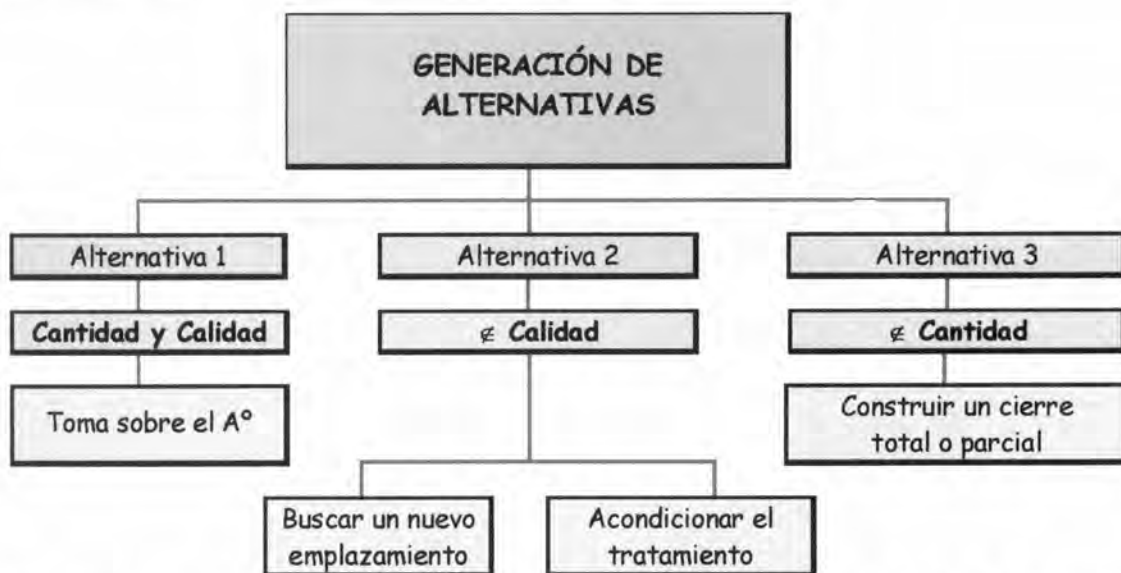


Fig. 32: Alternativas *a priori* para el estudio de factibilidad de la colocación de una nueva toma de agua potable, ubicada sobre la Cuenca Solís Chico (Departamento de Canelones)

Alternativa 2: cuando no se cumple la calidad requerida se generan dos nuevas situaciones: elegir otro punto de toma o readecuar el tratamiento a la problemática hallada.

Alternativa 3: cuando el volumen de agua no es suficiente, se debe construir un cierre que puede ser total (embalse) o parcial (escollera).

En todos los casos, la elección dependerá del estudio de evaluación de la capacidad de satisfacer la demanda sin comprometer la sostenibilidad del recurso hídrico y su entorno.

DISCUSIÓN

En el capítulo "Resultados" de acuerdo con la metodología empleada se evaluaron a través de diversas coberturas de análisis ambiental espacial, cada uno de los escenarios seleccionados.

Se discutirá ahora, si los resultados obtenidos en la evaluación estratégica ambiental permiten cumplir el objetivo de destinar la Cuenca Solís Chico como fuente de agua potable para el consumo humano, en forma integrada y sostenible y generar sus lineamientos de gestión.

El material generado en esa evaluación permite identificar de acuerdo al uso que se le desea dar a la cuenca, dos niveles de variables: Aquellas que hacen al objeto medular del análisis, vinculado directamente con el recurso hídrico, que condicionan la factibilidad de tomar a esta cuenca para el uso definido. Y aquellas otras variables ambientales que ayudaron a determinar elementos a la hora de la elección del emplazamiento, pero que más tarde cumplieron el rol de variables a ser gestionadas para mantener la sostenibilidad de la fuente de agua.

Se debe aclarar que desde el punto de vista de la calidad ambiental y desde una posición técnico-operativa, la información analizada por sí, no es determinante para descartar ninguno de los escenarios; sin embargo permite a través del inter cruzamiento de coberturas, zonificar y conocer el rol de las distintas

variables y su estado, para identificar y jerarquizar aquellas que deban ser incluidas en los lineamientos de gestión integral que contemple el ordenamiento territorial y ambiental actual y su proyección futura.

Si bien se podrían arribar a otras decisiones para cumplir el objetivo buscado, la propuesta que se plantea preferenció la sostenibilidad de los recursos y el menor impacto al entorno.

➤ **TOMA DE DECISION: Elección del escenario y Alternativa de Toma**

◆ **Situación actual (año 1996)**

La cantidad de agua es una variable limitante en la elección del punto de emplazamiento de la toma de agua, por eso se parte del volumen de agua calculado para abastecer a una población potencial de 35.000 personas, en verano en la estación del año pico.

Se estima para esa población, con un consumo per capita de 150 litros/día, un volumen de 5250 m³/día, lo que hace un volumen de 1.92 x 10⁶ m³/año.

Apuntando a un recurso hídrico sostenible se analizan los balances hidrológicos de los tres escenarios. El Escenarios A: A° Solís Chico, con un balance de acuerdo a su promedio móvil anual de mínima de 3.82 x 10⁶ m³/año, tendría el doble del volumen

requerido para cubrir las necesidades de la población estimada, colocando directamente una toma en su cuerpo de agua.

El Escenario C: A° Mosquitos con una balance de mínima de $2.18 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, estaría apenas por sobre encima de lo requerido. Se entiende entonces, que este escenario puede cubrir la necesidad, pero se pondría en riesgo el recurso ya que no dejaría libre un volumen que permitiera mantener otros usos del agua en el área, poniendo así en peligro la supervivencia de la flora, la fauna y algunas o todas las actividades antrópicas.

El Escenario B: A° De los Padres, no cubre el requerimiento mínimo por tener un balance hidrológico de mínima de $0.89 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

Podría decirse *a priori* que la alternativa 1, de emplazar la toma de agua sobre el curso de agua es aceptable desde el punto de vista de cantidad para el escenario A pero no para el escenario C ni el B.

Cuando se analiza la alternativa 1 basados en el análisis de incompatibilidad por cloruros que afectan la potabilidad, se ve que el Escenario A y el B no presentarían dificultades, pero el Escenario C debería ser más analizado en las proximidades de su desembocadura ya que presente cloruros con valores sobre la norma de calidad, por lo que no será tenido en cuenta para esta alternativa (Fig. III-35 y III-36).

Si fuera necesario su empleo se podría aplicar la **alternativa 3**, construir un pequeño embalse, que quizás funcione como una barrera salina.

Cabe aclarar que la **alternativo 2**, la no existencia de calidad y por ende búsqueda de un nuevo emplazamiento para la toma o en su defecto acondicionamiento del tratamiento, no será considerada porque se entiende que en este estudio de gabinete no pueden definirse otras variables de calidad de las que no se dispone información como antecedentes.

Se deberá relevadas en tareas de campo las variables de calidad y retroalimentar el SIG para readecuar la presente propuesta.

♦ **Proyección al año 2015**

Se analiza un potencial crecimiento de la población con un horizonte en el año 2015 y si ese crecimiento puede ser absorbido sin riesgo en la sustentabilidad de los escenarios.

De acuerdo a la información manejada la tasa anual media de crecimiento es de $r = 0.0178$ (Ver Anexo III: III. D. - Aspectos poblacionales).

Si se parte de los 35.000 habitantes estimados para el año 1996 en verano, se tendría una población para el 2015 de aproximadamente 49.000 habitantes. Si se

considera por habitante un consumo de 150 litros/día se necesitaría $2.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

En estas condiciones el Escenario A con la alternativa 1 sigue siendo válido. Para el Escenario C, el volumen de agua retenido anualmente estaría ligeramente por debajo del volumen requerido por la tendencia de crecimiento poblacional. Sin embargo, aplicando la alternativa 3 (construcción de embalse) podría ser viable. El Escenario B está descartado por no cubrir el requerimiento para la "situación actual" (año 1996).

♦ PROPUESTAS

⇒ Propuesta emplazamiento

Sobre la base de lo expuesto y del intercruzamiento de coberturas se vio oportuno -con la información disponible y a los efectos del presente trabajo-, proponer una zonificación combinada (Fig. 33).

Sin descartar totalmente el Escenario C por falta de información más detallada, se entiende más conveniente considerar emplazar una toma y/o construcción un pequeño embalse o escollera para levantar el nivel del pelo de agua en el tramo comprendido entre las desembocaduras de los Escenarios A y B y las proximidades de Ruta N° 8.

Esta elección se sustenta en:

- Tener un balance hidrológico positivo ya que se aunarían los caudales que aportan ambos escenarios e incluso algunas de las microcuencas no consideradas por ser pequeñas, disminuyendo así el impacto de la extracción de agua y sustentando el recurso hídrico integralmente.
- Contar con mayor volumen de agua es recomendable para optar por la alternativa 1, colocar la toma de agua sobre el arroyo. Sin embargo se debería construir un pequeño embalse (similar a una taipa o enrocado) o escollera para aumentar la altura del pelo de agua que asegure el óptimo funcionamiento de las bombas de extracción.
- Emplazar las instalaciones de la planta en un lugar que combine un terreno fiscal, la facilidad del acceso para recibir los insumos propios del proceso de potabilidad, operación y mantenimiento de los equipos y contar en las cercanías con la fuente de energía eléctrica que alimente las distintas unidades.
- Contar en las proximidades con la ciudad de Soca y una ruta departamental que la conecta con Ruta N° 8 por donde fácilmente puede ser construida la línea de aducción o troncal, ya que en el ancho de expropiación de la ruta y sin costos se pueden tender los servicios públicos.

-
- Que Soca en la actualidad se encuentra conectada con la troncal de la Interbalnearia que va a La Floresta, quedando así ambos sistemas interconectados sin costos adicionales.

⇒ **Propuesta de cierre**

El requerimiento del embalse o de una escollera es como consecuencia de que la zona presenta baja altura de cauce, por lo que contar con una barrera física favorecería el aumento del nivel que permita llegar a la altura mínima necesaria de succión para el normal funcionamiento de las bombas sumergibles o no.

Esta barrera podría ser una taipa, un enrocado u otros, de cierre total o parcial debiendo contemplar a los efectos de minimizar los impactos ambientales:

- Contar con una altura mínima para el normal funcionamiento de las bombas.
- En el caso de cierre total emplazarse en un lugar que minimice las inundaciones aguas abajo como consecuencia del encierro del agua que remonta desde el Río de la Plata.
- Un diseño que prefiriera en situación de cierre, un coronamiento con dientes de sierra para mantener el agua corriendo permanentemente en su cauce, en un volumen mayor que el caudal de vertido ecológico. Esto permitiría mantener las actividades productivas, humanas y de preservación de flora y fauna,

minimizando así el tiempo de retención del agua y con ello los potenciales procesos de eutrofización, propios de un área con una fuerte práctica agro-silvo-pastoril.

⇒ **Propuesta de toma**

En función de lo antes dicho y basados en la práctica habitual para abaratar los altos costos que implica el anclaje de la tubería y equipos de la toma, se propone utilizar la estructura del puente sobre Ruta N° 8 para colocar la toma de agua y/o las bombas de succión.

Esta propuesta permite:

- ✓ Minimizar los impactos de las infraestructuras de carácter permanente que quedan en los cursos de agua como consecuencia de los anclajes requeridos para que las corrientes no arrastren la toma en épocas de fuertes precipitaciones.
- ✓ Minimizar los costos e impactos ocasionados por el tendido de líneas eléctricas de porte, por contar en las proximidades con la línea ya existente.

En **Resumen**, se entiende que se constituyen como una alternativa que preferencia la sostenibilidad del recurso las propuestas aquí planteadas porque: la zonificación contempla la suma de los volúmenes hidrológicos de mínima de los Escenarios A y B y las nuevas microcuencas que quedan comprendidas; por las características requeridas en el diseño de la represa o escollera que minimizar impactos y por el empleo de las infraestructuras existentes para minimizar impactos en el anclaje de la toma.

El conjunto de esta propuesta permitiría abastecer la demanda creciente de servicios de la población sin poner en riesgo los recursos, centrados en evitar un cambio drástico en el régimen hídrico del arroyo y llevando consigo minimizar impactos ambientales negativos en el sistema.



Fig. 33: Cobertura síntesis: Zonificación y propuestas del tramo del Arroyo para embalse, toma de agua y troncal sobre el A° Solís Chico

➤ ASPECTOS AMBIENTALES

Se han tendido en cuenta para la planificación de los lineamientos de la gestión integral aquellos aspectos ambientales que son fortalezas y debilidades para la sostenibilidad de las propuestas planteadas, desprendidos del intercruzamiento de coberturas obtenidas del SIG.

La nueva área de drenaje de la propuesta considerada hasta Ruta N° 8 es de 413 Km², ocupando el 64% de la Cuenca Solís Chico.

◆ FORTALEZAS

□ Bañados

En la zona de la desembocadura de los Escenarios A y B se encuentra un bañado que ocupa 3.4 Km² y aguas arriba del punto de salida del A° Solís Chico del Escenario A, existe otro muy pequeño de 0.2 Km² (Fig. 34). Es reconocido mundialmente el rol que cumplen estos ecosistemas en cuanto a la retención del particulado y nutrientes, así como hábitat apropiado para la flora y la fauna autóctona y migratoria.

A los fines del objetivo buscado, la existencia de una zona con estas características se conforma como un área de amortiguación de los efectos que se puedan producir en sus cuencas de drenaje, actuando como un prefiltro natural y

como consecuencia mejorando las características de la calidad del agua que se vierte hacia el punto de toma.

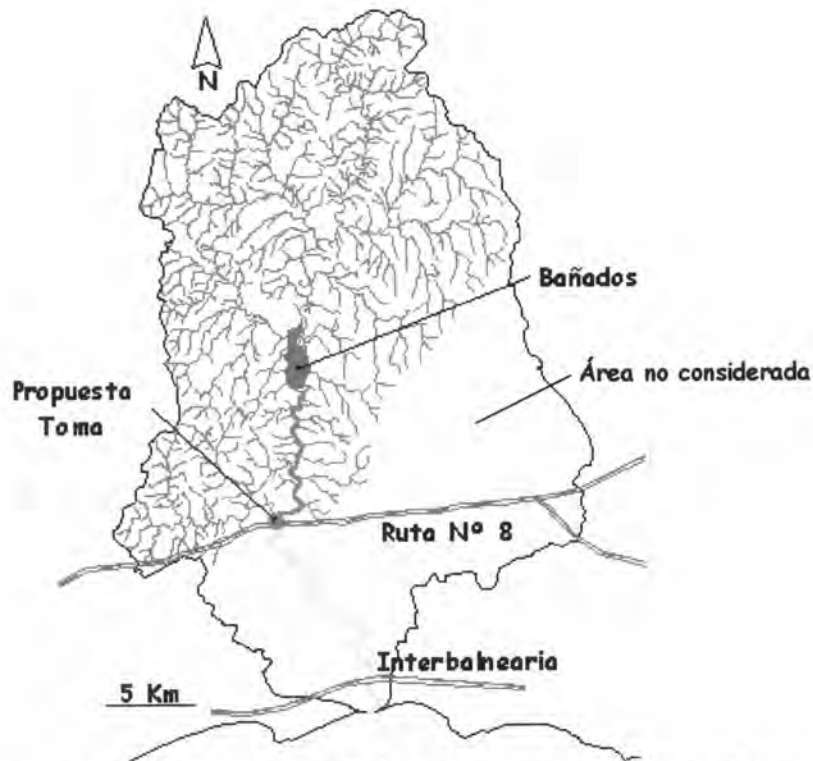


Fig. 34: Coberturas de la red hídrica y zona de bañados de actúan como prefiltros y áreas de preservación de flora y fauna.

□ Aptitud de Uso del Suelo

Se entiende como una fortaleza al establecer programas de trabajo contar con la información de aptitud del suelo y las variables limitantes en su uso, tanto sea para adecuar la situación real a la aptitud de uso del suelo propuesta por el MGAP (Fig. 35) o para tomarlo como información básica de análisis y plantear una revisión

de la clasificación de aptitudes de uso con una visión más ambientalista, generando así nuevas alternativas de uso.

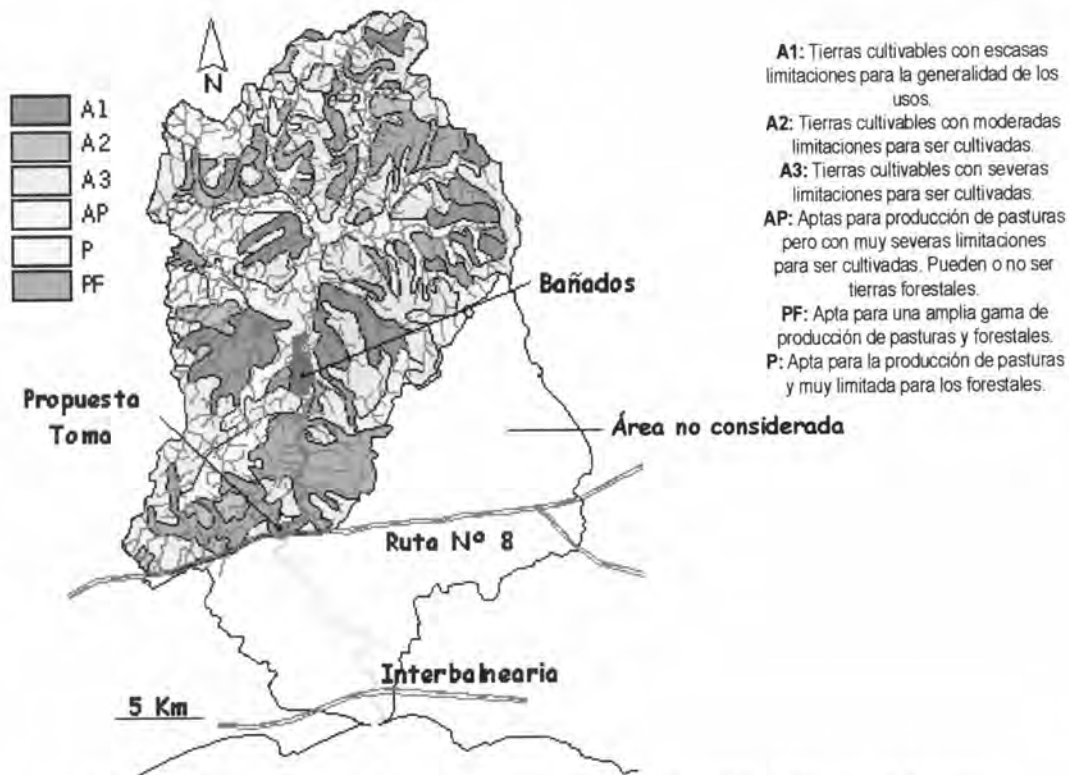


Fig. 35: Área comprendida en la propuesta con la aptitud de uso del suelo

◆ DEBILIDADES

□ Erosión

El 55% del área involucrada se encuentra afectada por erosiones de moderadas a severas, del 45% restante el 36% se encuentra sin erosión (Fig. 36).



Fig. 36: Coberturas del área comprendida en la propuesta con la caracterización de erosión

Las áreas que presentan erosión severa se encuentran vinculadas a las zonas altas de las 2 subcuencas consideradas como escenarios.

Por otro lado, por más eficientes que sean las técnicas de labranza en cuanto a la captación de las aguas de lluvia cuando el suelo se satura o cuando las precipitaciones son muy intensas hay excedentes de agua que escurren erosionando las pendientes e inundando los bajos^{42,43}.

Para disminuir el material potencialmente erosionable y transportable a la fuente de agua se debería minimizar el proceso de erosión. Para ello se deben recuperar los suelos, revirtiendo las pendientes de sus paredes y cubriendo el suelo con vegetación que lo fije. Este mecanismo aumenta la estabilidad del suelo, disminuye la pérdida de nutrientes enriquecedores de los cursos de agua y promotores de los procesos de eutrofización.

□ Erodabilidad

En términos generales, la vulnerabilidad de la Cuenca Solís Chica es alta. Considerando la nueva cuenca de drenaje propuesta de 413 Km²: 264 Km² presentan una erodabilidad con una sensibilidad de alta a muy alta, 19.77 Km² una sensibilidad media y 129.21 Km² una sensibilidad de muy baja a baja.

En la Figura 37 se presenta la erodabilidad con los niveles de sensibilidad en un gradiente con los colores del semáforo.

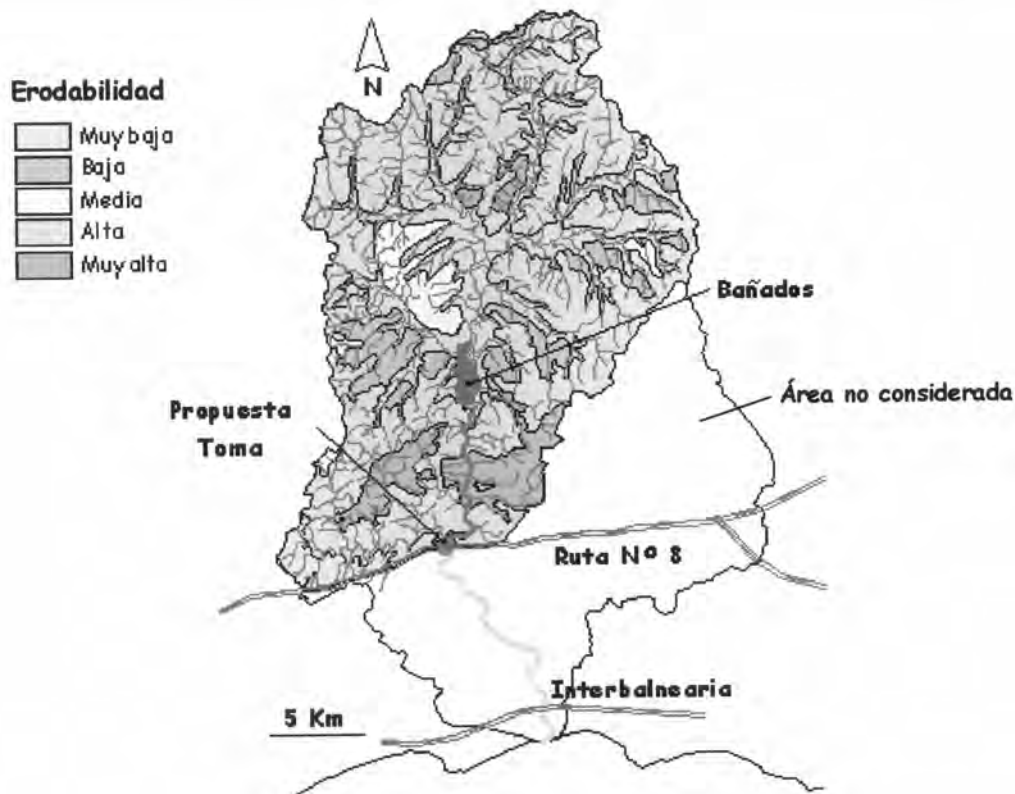


Fig. 37: Superposición de coberturas de erodabilidad, rutas, red hídrica, bañados, de la cuenca de drenaje propuesta.

□ Forestación

En vista de que la información manejada solo indica en porcentajes la cantidad de establecimientos cuyo principal rubro es el forestal (Fig. 38) se entiende necesario aumentar la resolución del análisis en el entendido de establecer la localización espacial de esos emprendimientos, a los fines de ver: si se encuentran emplazados en el área de fuerte erosión. Y si fuera así, ver si esos procesos se encuentran vivos o en reversión, o si ocupan las áreas altas de las subcuenca.

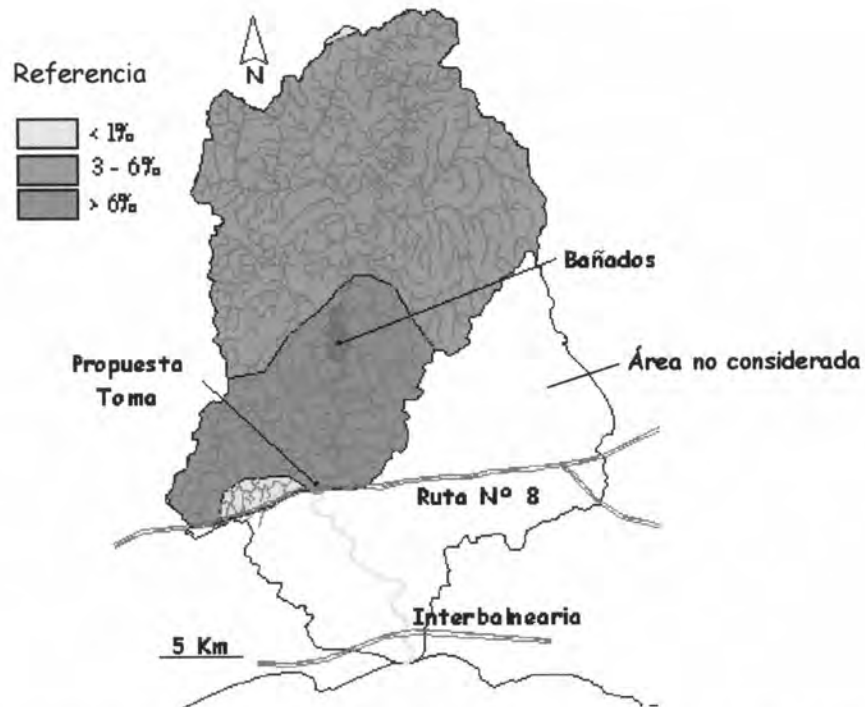


Fig. 38: Área propuesta y porcentajes de cobertura de los establecimientos cuyo principal rubro es el forestal.

Ambos procesos -de erosión viva o de ocupación de las tierras altas por la forestación- pueden traer aparejado pérdidas de calidad de agua o disminución del volumen drenado por escurrimiento, por favorecerse los procesos de infiltración y recarga de napas profundas.

□ Carne Bovina

Igual que en el ítem. anterior aumentar la resolución del análisis de la información, fundamentada en que los Escenarios A y B presentan la mayor cantidad de establecimientos cuyo principal rubro de explotación es la carne bovina (Fig. 39).

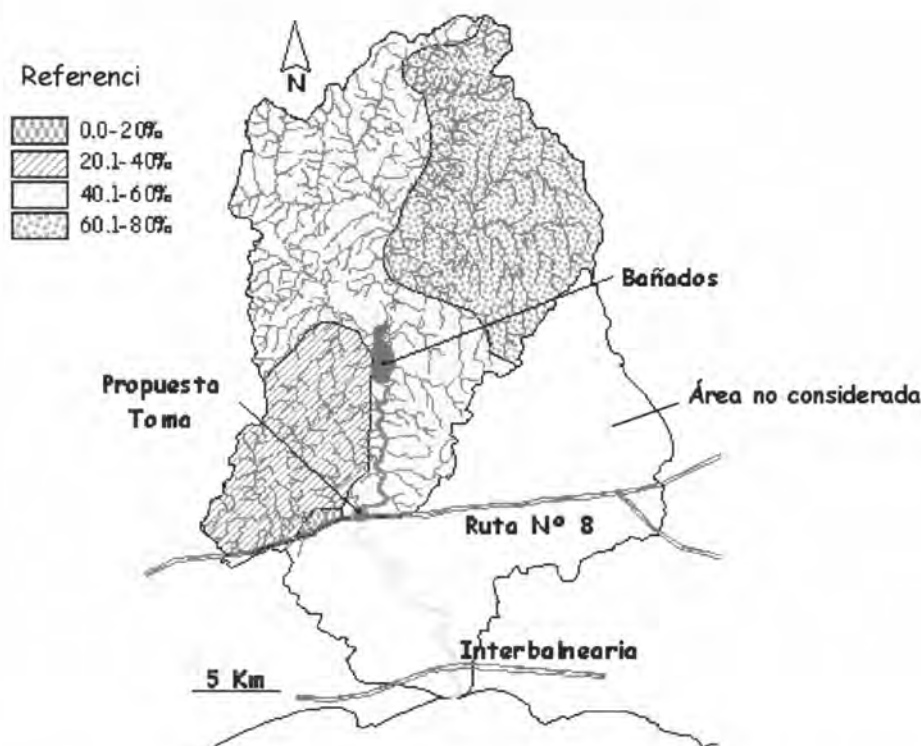


Fig. 39: Cobertura del área propuesta con la cantidad de establecimientos cuyo principal rubro es producir carne bovina, en porcentaje.

Se entiende importante conocer: La carga animal/km², para ver si es necesario readecuarla, e identificar los puntos "rampas" de acceso del ganado a los cursos de agua. Estos puntos son donde se produce pisoteo por los animales y erosión en el terreno, con desprendimiento de los bordes a los cursos de agua y arrastre. El

impacto podría provocando procesos de colmatación con pérdida potencial de los bañados y acortamiento de la vida útil del embalse, poniendo así en peligro la sustentabilidad del recurso. Conocer esta información permitirá promover medidas correctivas.

□ Horticultura

En este caso es relevante ampliar el grado de resolución de la información ya que como se observa en la Figura 40 el mayor porcentaje de establecimientos cuyo principal rubro de explotación es la horticultura, se encuentran centrados en el área incluida de las microcuencas menores.

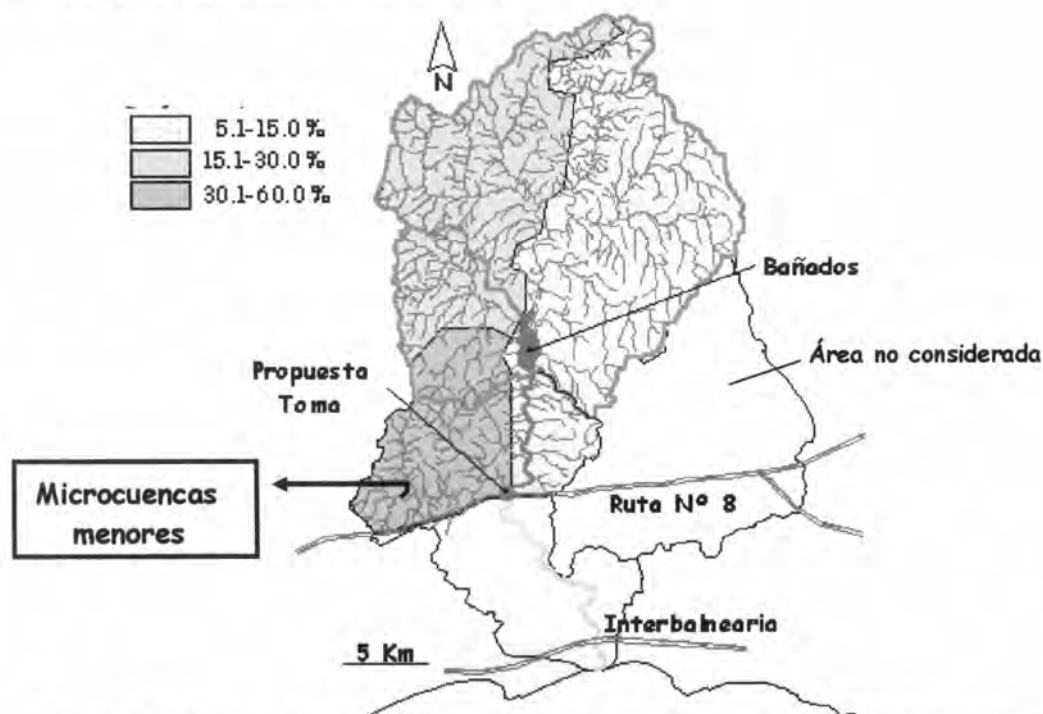


Fig. 40: Cobertura área propuesta y establecimientos cuyo principal rubro es la horticultura, en porcentajes. La mayor actividad se ubica en las microcuencas menores.

En vista de que las áreas de las microcuencas son muy pequeñas, se entiende que esta actividad impactaría fuertemente los cursos de agua, por tanto se deberá efectuar un monitoreo riguroso de la calidad de las aguas que estas microcuencas vierten ya que se encuentran muy próximas al punto de toma.

Se entiende también que estos productores deberán ser preferenciados a la hora de iniciar las actividades de participación ciudadana, a los efectos de integrarlos en la problemática que amenaza la sustentabilidad del recurso a corto y largo plazo.

➤ **ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES (EsIA)**

En forma sucinta y a través de una matriz causa-efecto se presenta la identificación de los impactos ambientales estimados sobre la propuesta de toma y cierre. Esta estimación se realiza sobre la base de la generalización de los impactos en los distintos medios, en las tres etapas del proyecto, la construcción, la operación y el abandono de la toma y del cierre.

La calificación que se aplica al impacto se describe como:

S: Sin afectación

I: Inaceptable

C: Crítico

A: Aceptable

EsIA DE LA TOMA

| Impacto Ambiental | | Acciones del Proyecto | Construcción | Operación | Abandono |
|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------|-----------|----------|
| Aire | Calidad | | S | S | S |
| | Ruido | | C | S | S |
| Agua | Calidad | | C | A | S |
| | Cantidad | | A | A | S |
| Suelo | Erosión | | C | A | A |
| | Productividad | | S | S | S |
| Flora | Cantidad | | C | A | A |
| | Representatividad | | C | A | A |
| Fauna | Cantidad | | I | A | A |
| | Representatividad | | I | A | A |
| Paisaje | Visual | | I | A | A |
| | Estético | | I | C | C |
| Población | Demanda | | S | A | S |

EsIA DEL EMBALSE

| Impacto Ambiental | | Acciones del Proyecto | Construcción | Operación | Abandono |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------|----------|
| Aire | Calidad | | C | S | S |
| | Ruido | | I | S | S |
| Agua | Calidad | | I | A | A |
| | Cantidad | | C | A | A |
| Suelo | Erosión | | I | C | A |
| | Productividad natural | | I | S | S |
| Flora | Cantidad | | I | A | A |
| | Representatividad | | I | A | A |
| Fauna | Cantidad | | I | A | A |
| | Representatividad | | I | A | A |
| Paisaje | Visual | | C | A | A |
| | Estético | | C | A | A |
| Población | Demanda | | S | S | S |

LINEAMIENTOS DE GESTION

Antes de plantear los lineamientos de la gestión, es interesante realizar algunas reflexiones sobre el tema haciendo referencia al planteo realizado por Alex Dourojeanni⁶², en la Conferencia Internacional de Organismos de Cuenca sobre los *"Dilemas para mejorar la gestión del agua en América Latina y el Caribe"*.

Este autor plantea que existen debates teóricos para definir conceptos como *"gestión integral del agua, gobernabilidad y gestión del agua a nivel de cuencas"*.

Por otro lado habría *"una ampliación de los objetivos de la gestión del agua y de la forma de lograrlos"*. También existirían conflictos entre el *"enfoque actual sectorial, centralista, poco participativo, con instituciones débiles en distintos aspectos, a un enfoque multisectorial, integral, participativo, democrático y descentralizado y con sistemas capaces de gobernar las cuencas hidrográficas"*.

Estos conceptos se sintetizan en el *"Desarrollo sustentable o sostenible"* que encierra un equilibrio dinámico entre múltiples variables o en forma más simple *"se vincula a un equilibrio entre la equidad, la sustentabilidad ambiental y el crecimiento económico"*.

Esta gran meta se asocia a la necesidad de *"tomar decisiones y acciones con tendencia a ser más integrales, holísticas, inter o transdisciplinarias, participativas"*

y otras manifestaciones que indican que las decisiones deben ser más compartidas entre más personas y con más conocimiento de sus efectos interactivos".

Todos estos elementos que pueden ser válidos pero que quedan *"tan solo en la retórica, porque en la práctica estas metas no son fáciles de alcanzar"*.

"Los sistemas de gobernabilidad y los instrumentos existentes ... no están hechos ni adaptados para lograr tales metas holísticas. Las instituciones son sectorializadas y celosas de conservar sus roles, los territorios sobre los que se gobierna están delimitados por razones muy diversas que contradicen una gestión integral del territorio, los actores están organizados sectorialmente, En síntesis, aun cuando pudieran existir la voluntad de todos los actores participantes para mejorar la toma de decisiones, la sociedad no esta organizada para lograrlo".

Si bien este planteo es compartido por el autor, hay que iniciar el camino lo antes posible, por lo que es deber de quienes se encuentran involucrados en la toma de decisión técnica y con una visión holística e integradora, fomentar *a priori* las interacciones inter e intrainstitucionales, que permitan entender la necesidad de integración los diversos aspectos ambientales en los estudios. Luego se podrán promover planes de acción que integren a los distintos actores de la sociedad preferenciando a los niños que son las futuras generaciones. En ambas instancias se deberán obtener resultados para estimular a los involucrados a continuar con la

tarea emprendida y así llegar a los tomadores de decisión políticas con hechos tangibles que permitan promover nuevas acciones de integración.

Es por ello que en los lineamientos de gestión que se proponen, se prefieren aquellos que puedan ser llevados adelante con los recursos financieros y humanos de las Obras Sanitarias del Estado, o a través de convenios de cooperación con otras instituciones gubernamentales y de enseñanza.

Los lineamientos de gestión que se presentan, se organizan de acuerdo a la Figura 41:

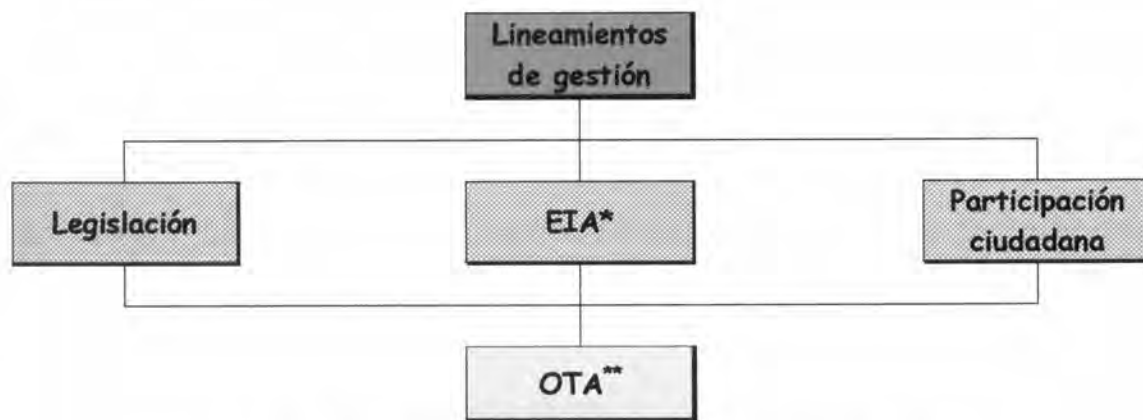


Fig. 41: Organización de los lineamientos de gestión

* EIA: Evaluación de impacto ambiental

** OTA: Ordenamiento Territorial y Ambiental

LEGISLACIÓN

Para implementar y desarrollar cualquier tipo de actividad, programa, emprendimiento u otros se debe tener un conocimiento de la legislación nacional existente a los fines de ajustarse a sus requerimientos. A tales efectos se detallan algunas de ellas, las que se asumen más importantes y en Anexo IV se amplia sus cometidos.

- Ley Orgánica N° 11.907/52 - Creación de las Obras Sanitarias del Estado (OSE)
- Decreto-Ley N° 14.440/75 - Normas sobre aguas residuales donde exista sistema de alcantarillado separativo
- Decreto 216/76 - Reglamentario del Decreto-Ley N° 14.440
- Decreto-Ley N° 14.859/78 - Código de aguas
- Decreto 253/79 - Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas
- Decreto-Ley N° 15.239/81 - Ley de uso y conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios
- Ley N° 15.242/81 - Código de Minería
- Decreto 110/82 - Reglamento del Código de Minería
- Ley N° 15.939/87 - Ley Forestal

-
- Decreto 502/87 - Normas referentes a los permisos de extracción de áridos subacuáticos
 - Decreto 452/88 - Bosques - Se dictan normas reglamentarias para considerar bosques aquellas asociaciones vegetales de determinadas características
 - Decreto 497/88 - Reglamento de barométricas de carácter público o privado
 - Decreto 849/88 - Bosques - Normas reglamentarias referentes a la prevención y combate de incendios forestales
 - Ley N° 16.170/90 - Presupuesto Nacional de Sueldos, Gastos e Inversiones - Transferencia de cometidos al MVOTMA
 - Decreto 284/90 - Reglamentario de la Ley de uso y conservación de suelos y aguas superficiales con fines agropecuarios
 - Decreto 333/90 - Bosques - Ampliarse superficies de suelos accesorios, a los de prioridad forestal, donde se admita su instalación para su rendimiento
 - Decreto 22/93 - Dirección General de Recursos Naturales Renovables - Mecanismos para la protección del bosque indígena
 - Decreto 330/93 - Dirección General de Recursos Naturales Renovables - Disposición sobre la corta y extracción de productos forestales del monte indígena
 - Ley N° 16.466/94 - Evaluación de Impacto Ambiental

-
- Decreto 435/94 - Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental
 - Ley Nº 16.688/94 - Régimen de prevención, vigilancia y control de derrames de contaminación a las aguas
 - Decreto 432/95 - Reglamento del artículo 19 del Código de Aguas
 - Decreto 517/96 - Junta Asesora del Director del Sistema Nacional de Control de Derrame de Contaminantes
 - Ley Nº 16.858/97 - Ley de Riego
 - Ley Nº 17.234/00 - Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas
 - Ley 17.283/00 Ley General de Protección del Medio Ambiente

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Dentro de las múltiples metodologías para realizar evaluación de impacto ambiental se cuenta con la superposición de mapas generados por el Sistema de Información Geográfico⁶⁴. Estos permiten obtener una síntesis de las diversas características ambientales que se ven influidas o impactadas. Algunas de ellas por vía indirecta fueron presentadas en el ítem. Discusión - Aspectos Ambientales - Fortalezas y Debilidades.

Desde el punto de vista de la legislación nacional este tipo de emprendimiento por el volumen de agua que puede procesar o embalsar no quedaría incluido en la obligatoriedad de realizar una evaluación de impacto ambiental. Sin desmedro de ello y en el entendido de que toda obra constructiva produce impactos en el medio, se presentan someramente algunos aspectos que deberían ser contemplados para minimizar o corregir la potencialidad negativa de ellos.

- Se entiende que el impacto más importante de la obra radicaría en la modalidad constructiva del cierre. En la medida que sea contemplada su construcción tratando de mantener el curso de agua corriendo, a través de la implementación por ejemplo de dientes de sierra en su coronamiento en el caso de un embalse, se disminuiría el impacto sobre la hidráulica del recurso hídrico. Esto sería acompañado de otras reducciones de impactos directos o indirectos sobre otros recursos del entorno.
- Dado que en las orillas donde se propone emplazar la toma o el cierre existe presencia de bosques nativos se debería contemplar:
 - Que el emplazamiento de las instalaciones de la planta potabilizadora sean lo suficientemente alejada de la zona riparial para disminuir la pérdida de diversidad y abundancia de la flora autóctona. Esto redundará en forma conjunta sobre la fauna que en el bosque nativo encuentra reparo.

-
- Que el emplazamiento del cierre sea realizado contemplando la menor pérdida de ejemplares del bosque nativo, optimizándose no solo sus aspectos constructivos sino aquellos inherentes con la operación de la maquinaria en relación a ruidos, tránsito o movilización, caminería y otros.
 - Se entiende relevante desde el punto de vista del proceso de potabilización, la reducción de los impactos negativos producidos por los barroes que surgen del proceso. Para ello, se recomienda una vez cuantificado su volumen una disposición temporal que puede ser resulta a través de la construcción de una pequeña laguna próxima a la planta. Esta laguna debería contemplar algunos aspectos como:
 - Que su subsuelo fuera impermeable para no comprometer las napas subsuperficiales por infiltración.
 - Que se mimetice con su entorno, para que no exista una interrupción en su aspecto visual paisajístico. Esta recomendación debería ser contemplada para todos los aspectos constructivos de la toma, planta y cierre.
 - Dado el emplazamiento de la futura toma de agua propuesta y dependiendo de accidentes que puedan ocurrir en la carretera o en su cuenca alta, sería conveniente que sea tenido en cuenta un plan de contingencia de la toma.
-

- Que otros impactos negativos que han sido expuestos en el capítulo de Discusión - Aspectos Ambientales - Fortalezas y Debilidades, que se puedan dar en la cuenca alta del cierre, puedan ser minimizados a través de la implementación de los diversos lineamientos de gestión que aquí se proponen.

Lineamientos para la gestión en EIA

Basados en los potenciales impactos antes planteados se entiende conveniente:

- Promover la realización del estudio de evaluación de impacto ambiental del emprendimiento en su totalidad (Toma, Cierre y Planta Potabilizadora) a los efectos de minimizar o compatibilizar los impactos negativos.

Se entiende oportuna esta promoción, a pesar de que en el decreto reglamentario 435/94 de la ley de evaluación de impacto ambiental, este emprendimiento no se incluye, debido a los volúmenes pequeños de agua de extracción y del potencial espejo si fuera un embalse. Aún así, se propone hacer el EIA siguiendo el espíritu de la Ley N° 16466/94, en su artículo 1° donde dice: *"Declárase de interés general y nacional la protección del medio ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación, así como la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo y, en su caso, la recomposición del medio ambiente dañado por actividades humanas"*.

-
- Capacitar al personal de la planta potabilizadora, a los efectos de realizar una operación amigable con el entorno; implementar los planes de contingencia; desarrollar los indicadores de desempeño ambiental e iniciar el camino de la implementación del Sistema de Gestión Ambiental Certificando por ISO 14.000 la planta.

PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Se harán algunas breves reflexiones. Se entiende de vital importancia la participación ciudadana no solo en la toma de decisión sino en la implementación y protección del recurso, así como la incorporación en la temática de las futuras generaciones.

Para ello se define **Participación**⁶: *"Como un proceso que envuelve las partes interesadas en las iniciativas de desarrollo"* y **Participación Ciudadana**⁶⁴ como: *"La intervención de los particulares en actividades públicas en tanto portadores de intereses sociales"*.

Para identificar quienes son los actores^{6:7,65,66}, se deben identificar los problemas que amenazan la sustentabilidad a corto y largo plazo, los conflictos sobre el recurso y el deterioro de la calidad del agua. Este análisis permite identificar las

partes interesadas antes de implementar la participación, de esta manera no es excluido nadie^{6,7}.

Para ello, se deben emplear técnicas y metodologías que busquen incorporar a los distintos actores, personas e instituciones involucradas en la cuenca, orientándolos sobre los objetivos de su participación, recolección de información, difusión y comunicación de la temática⁷. Si fuera necesario se podrán implementar técnicas de encuestas, entrevistas o programas de voluntariado ambiental⁶⁷, invitar a asociaciones vecinales⁶⁸ y otras.

Los beneficios que se obtienen de la participación son: crear la responsabilidad política, racionalizar las controversias, dar transparencia al proceso de toma de decisión, reduce equivocaciones, aumenta la credibilidad institucional del Estado, revertir procesos de deterioro del área⁶ y aumentar la capacidad de acción^{65,69}.

La sostenibilidad humana deberá ser el objetivo central de las acciones, con sentido de equidad en la distribución de los beneficios que el desarrollo pueda generar.

Corolario: "El cuidado del planeta, y la sustentable de la vida, dependen esencialmente de la convicción de las personas y de su compromiso con sus convicciones". (Toro A. & Duarte, 1997⁷⁰), por eso se entiende necesario trabajar con las futuras generaciones: "Los Niños"

Lineamientos de gestión para la participación ciudadana a desarrollar

- Identificar las escuelas, liceos, centro de educación, clubes de ciencias, asociaciones y otros grupos vinculados a los distintos aspectos ambientales, incluidos en el área de la Cuenca Solís Chico, con la colaboración del Ciclo Educativo de OSE. Desarrollar con ellos programas de participación ciudadana en la protección del recurso hídrico, conflictos en su uso y deterioro de la calidad del agua (Ver Anexo V - Monitoreo).

- Desarrollar con los sectores identificados, charlas, talleres, concursos temáticos que promuevan el espíritu de la conservación, preservación y protección del recurso hídrico. Promover con los actuales o los futuros consumidores, el sentir, pensar, querer y obrar con conocimiento de lo que se hacen con el agua.

- Desarrollar una red de recolección de información de campo, con los docentes, estudiantes y padres interesados, empleando métodos sencillos y de fácil aplicación, que permitan una vigilancia continuada del recurso, en las proximidades de sus radios de acciones (Ver Anexo V - Monitoreo). Intercalibrar los métodos empleados a través de talleres con otros grupos del área. Promover anualmente el intercambio y procesamiento de la información

colectada en forma conjunta e intergrupala, con el fin de promover una actitud proactiva vinculada a la proteccion del recurso. Se entiende oportuno realizar esas actividades con motivo del Día Internacional del Agua.

- Emplear las instalaciones de la planta potabilizadora con fines didácticos y capacitar a los niños y público en general en la protección del recurso agua, promoviendo así una conciencia proactiva en relación con el ambiente.

- Efectuar un convenio de cooperación con Facultad de Ciencias Sociales para implementar la metodología de participación ciudadana para la identificación de los actores involucrados en los conflictos de uso del recurso y otros actores sociales y gubernamentales y para la difusión la temática de protección del recurso hídrico.

- Implementar de igual forma un convenio de cooperación con la Intendencia Municipal de Canelones para difundir la información y extender la red de centros de divulgación utilizando las diversas instalaciones con que cuenta esa comuna en todo el departamento.

ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y AMBIENTAL (OTA)

Según Chang Urriola⁷¹ *"el Ordenamiento Territorial Ambiental (OTA) es el empleo de un instrumento técnico de gestión ambiental que traduzca la política ambiental de estado, para que las actividades humanas se desarrollen en armonía con el territorio en coordinación con las instituciones competentes y la sociedad civil. Ordenar el territorio significa acordar el mejor uso de los recursos naturales utilizando: métodos de participación social para la organización de las comunidades, tecnologías geoespaciales y la puesta en práctica de un sistema para gestionar el plan de ordenamiento"*.

Conceptos básicos⁷¹:

Ordenamiento: Referido al territorio, significando la distribución y localización física de los hechos o actividades.

Territorial: A las actividades y proyectos asociados a un territorio, haciéndose referencia al medio físico y al componente humano.

Ambiental: Al conjunto de elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales, estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive, determinando su forma, carácter, comportamiento y supervivencia.

Lineamientos de gestión para el OTA

- Aunar esfuerzos con el MGAP, a los efectos de generar programas pilotos a través de convenios de cooperación, en algunas áreas que por su interés se promueva el cumplimiento del Decreto-Ley N° 15239/81 de uso y conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios. Este plan se podrá promover más adelante a otras áreas.

- Programa de cooperación con el MGAP, para promover la reversión de la erosión severa en las cabeceras de los subsistemas Escenario A y B; desarrollar la forestación para recuperar el terreno perdido, revertir el proceso, proteger las áreas de recarga del sistema, reducir el arrastre del particulado que disminuye la vida útil del embalse por colmatación y de los nutrientes que eutrofizan los cursos de agua.

- Realizar los trámites frente a la Dirección Nacional de Medio Ambiente perteneciente al MVOTMA a los efectos de incluir en el Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas (Ley 17.234/00), los bañados que se constituyen en las desembocaduras de los Escenarios A y B. Ellos quedan comprendidos dentro los objetivos de la ley cuando se hace referencia en su Artículo 2 inciso D:

"Evitar el deterioro de las cuencas hidrográficas, de modo de asegurar la calidad y cantidad de las aguas". Más tarde en su Artículo 3 (Categorías) en su inciso D también habla de "Sitios de protección: como aquellas áreas relativamente pequeñas que poseen valor crítico, dado que: Tienen importancia significativa para el ecosistema que integran".

- Implantar una red de vigilancia de caudales con Instituciones Públicas (MGAP, MTOP, MVOTMA) para evaluar el posible impacto de la forestación sobre el recurso hídrico, a los efectos de tomar medidas operativas que salvaguarden el recurso y la fuente de agua.

- Llevar un inventario espacial de las actividades que se desarrollan en el área con actualización anual. Este inventario puede ser implementado en junto con la Dirección Nacional de Medio Ambiente, la Dirección de Suelos y Recursos Renovables, la Dirección de Estadísticas Agropecuarias e incluso con el Banco República Oriental del Uruguay que brinda las líneas crediticias. Este inventario permitiría realizar un seguimiento de la evolución de las actividades productivas e industriales y por ende del uso de la tierra y el impacto que sobre ella se ejerce, a los efectos de encarar acciones correctivas a corto, mediano y largo plazo.

-
-
- Releva conjuntamente con la Intendencia Municipal de Canelones los lugares de descargas de barométricas, basureros y asentamiento irregulares donde se pueda estar vertiendo o clasificando basura. El fin es llegar a establecer políticas de acción a ser emprendidas para mejorar la calidad de vida de los involucrados y minimizar los impactos sobre el entorno, preferenciando el recurso hídrico.

 - Si bien los planteos realizados, preferenciaron instancias posibles de ser realizadas y considerando, la importancia y la dificultad de implementación de esta idea, se hace la siguiente precisión: Para que haya un manejo integral de la cuenca con su ordenamiento territorial y ambiental, debería existir una "Agencia de Cuenca". Se entiende que a través de la participación ciudadana se debería comenzar a trabajar generando talleres de discusión e intercambio con el conjunto de instituciones e involucrados de la cuenca.

BIBLIOGRAFIA

1. O.E.A. - P.N.U.M.A. (1997) **Manejo ambiental y desarrollo sostenible de la Cuenca del Río San Juan**. Estudio de Diagnóstico de la Cuenca del Río San Juan y lineamientos del plan de acción. Tomado de: www.oas.org/usde/publications/Unit/oea05s con fecha 27/12/01
2. Texeira Guerra (1997) **Geomorfología**. 2ª edición. Ed. Bertrand - Brasil
3. Axel Dourojeanni (1993) **Procedimiento de gestión para el desarrollo sustentable (aplicado a microrregiones y cuencas)**. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social - Naciones Unidas - Chile Documento 89/05/Rev. 1 Serie Ensayos 452 pp.
4. Barbosa Pereira, B. E.; Yassuda, E. R.; Martins, J. A.; Nogami, P. S.; Gaglianone, S. & de Oliveira, W. E. (1987) **Técnica de abastecimiento e tratamento de água**. Abastecimento de agua. CETESB/ASCETESB. 2ª Ed. São Paulo - Brazil Vol. I: 549 pp.
5. IICA (1999) **Conclusiones técnicas**. II Encuentro de las aguas. Montevideo - Uruguay.
6. B.I.D. (2000) **Gestión Integrada de Recursos Hídricos**. Departamento de Desarrollo Sostenible. Tomado de: www.iadb.org, última actualización 27/10/00
7. Espinoza, G. (2001) **Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental**. Banco Interamericano de Desarrollo - Centro de Estudios para el Desarrollo - Santiago - Chile - 186 pp. Tomado de: www.iadb.org con fecha Noviembre/2001.
8. Cayssials, R. (2002) **El Uso Eficaz del Agua y su Rol en el Desarrollo Rural: Experiencia de la República Oriental del Uruguay**. Disertación en el Taller: El Uso Eficaz del Agua y su Rol en el Desarrollo Rural. GWP/FIDA MERCOSUR. 29 de Noviembre de 2002 - Montevideo - Uruguay.
9. D. N. H. (1990) **Aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales**. Zafra 89/90. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Montevideo - Uruguay.

10. D.I.N.A.M.A. (1997) **Proyecto Objetivo Calidad de Aguas 2000**. División de Calidad Ambiental. Informe Interno del Departamento de Evaluación. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Montevideo - Uruguay.
11. Strahler, A.N. (1986) **Geografía física** Ed. Omega, S.A. - Barcelona - España 767 pp.
12. Christofolletti, A. (1982) **Geomorfología**. De: Edgard Blücher Ltda. San Pablo 1ª reimpresión de la 2ª edición de 1980 161 pp.
13. Mijares, F. J. A. (1989) **Fundamentos de hidrología de superficie** Ed. Limusa. 1º edición. México. 303 pp.
14. M.O.P.T. (1978) **Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología**. Ministerio de Obras Públicas y Transportes - España. Serie Monografías: 809 pp.
15. Chorley, R. J. (1969) **Introduction to Physical Hydrology**. Methuen & Co Ltd. London - England 203 pp.
16. Wisler, C. O. & E. F. Brater (1949) **Hydrology**. Ed. John Wiler & Sons, Inc. 408 pp.
17. da Rocha, J. S. M. (1991) **Manual de manejo integrado de bacías hidrográficas**. Santa María - Ed. UFSM, 181 p.
18. Way (1978) Tomado de: **Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología**. Ministerio de Obras Públicas y Transportes - España. Serie Monografías: 809 pp.
19. Nagy, G.; Bidegaim, M.; Caffera, M.; López, C.; Ponce, A. & G. Sención (2002) **Evaluación de la vulnerabilidad ambiental al cambio global**. En: Perfil Ambiental del Uruguay/2002. Ed. Nordan Comunidad, Montevideo - Uruguay 15-25 p.
20. Fair, G.M.; Geyer, J.C. & D.A. Okun (1980) **Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales**. Ed. Limusa, México. 547 pp.

21. Hardenbergh, W.A. & E.B. Rodie (1979) **Ingeniería Sanitaria** Ed. Continental - México. 584 pp.
22. O.E.A. (1971) **Cuenca del Río de la Plata**. Estudio para su planificación y Desarrollo. República Oriental del Uruguay. Cuenca del Río Santa Lucía. Desarrollo de los Recursos Hídricos. Washington, D.C. 180 pp.
23. de Sousa Pinto, N.L.; Tatit Holtz, A.C.; Martins, J.A. & F.L. Sibut Gomide (1976) **Hidrología básica**. Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo 278 pp.
24. M.O.P. (1966) **Embalses en colinas** Dirección de Hidrografía, Traducción de J.C. Etchart, Montevideo - Uruguay 67 pp.
25. O.E.A. (1974) Cuenca del Río de la Plata. Estudio para su planificación y desarrollo. República Argentina - República de Bolivia. I - **Alta Cuenca del Río Bermejo. Estudio de los Recursos Hídricos**. Washington, D.C. 166 pp.
26. UNESCO-ROSTLAC (1991) **Agua, vida y desarrollo. Manual de uso y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe**. Tomo 3: Técnicas. Proyecto regional Mayor para la utilización y conservación de los recursos hídricos en áreas rurales de América Latina y el Caribe (PRM) 174 pp.
27. Bossi et al. (1988) **Carta Geológica del Uruguay**. Cátedra de Geología Facultad de Agronomía. Escala 1:50000. Geoeditores SRL. Montevideo - Uruguay.
28. Jones G. H. (1956) **Memoria explicativa y Mapa Geológico de la región Oriental del Departamento de Canelones**. Instituto Geológico del Uruguay (34): 19-56
29. Caorsi, J.H. & I. J. Goñi (1958) **Geología Uruguay**. Instituto Geológico del Uruguay (37):1-73
30. D.I.N.A.M.I.G.E. (1988) **Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000** Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a la escala 1:500.000. Ministerio de Industria y Energía-Montevideo-Uruguay 90 pp.
31. O.S.E. (2000) **Plan Director de Agua Potable de Montevideo. Estudio Geotécnico Apéndice 1.4: 385-420**

-
-
32. Coronel, N. & P. Oyhantcabal (1988) **Carta geológica del Uruguay. Escala 1:100.000 Memoria explicativa del fotoplano Pando (J-28)** Dirección Nacional de Minería y Geología. Facultad de Agronomía - Facultad de Humanidades y Ciencias 12pp.
 33. M.G.A.P. (1982) **Carta de reconocimiento de suelos de la República Oriental del Uruguay a escala 1:100.000.** Departamento de Canelones y Montevideo. Dirección de Suelos 19pp.
 34. M.G.A.P. (1982) **El relevamiento de reconocimiento de suelos a escala 1:100.000 en la República Oriental del Uruguay: Metodología y pautas.** Dirección de Suelos. Montevideo - Uruguay 27 pp.
 35. M.G.A.P. (1994) **Grupos de suelos Indices de Productividad. Índice de productividad Grupos C.O.N.E.A.T.** De: Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Montevideo - Uruguay 182 pp.
 36. M.G.A.P. (1976) **Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Tomo I: Clasificación de Suelos del Uruguay.** Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo - Uruguay 83 pp.
 37. M.G.A.P. (1979) **Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Tomo III: Clasificación de Suelos.** Dirección de Suelos y Fertilizantes. Montevideo - Uruguay 452 pp.
 38. F.A.O. (1998) **Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos.** Boletín de Tierras y Aguas de la FAO N° 8. Resultado del Curso de capacitación sobre manejo y conservación de suelos: Métodos eficaces de labranza conservacionista. Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) Ibadan - Nigeria del 21/4 al 1/5/1997. Tomado de: http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita.htm con fecha 09/08/02
 39. Gil, N. (1986) **Desarrollo de cuencas hidrográficas y conservación de suelos y aguas.** Boletín de Suelos de la FAO N° 44: 229 pp.
 40. M.A.P.; I.N.C. & I.I.C.A. (S/año) **El suelo: Como se conserva, como se destruye.** Perteneciente al actual Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Montevideo - Uruguay 21 pp.
-
-

-
41. Wishmeier & Smith (1978) **Prediction rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Agriculture Handbook, 537. USDA - EUA, 58 pp.
 42. Miaczynski, C.R. (1961) **La clasificación de las tierras por su capacidad de uso**. I.N.T.A. Traducción del Memorandum SCS-136 del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de E.U.A. (1958)
 43. Scotta, E.S.; Nani, L.A.; Conde, A.A.; Rojas, A.C.; Castañeira, H. & O. Paparotti (1986) **Manual de sistematización de tierras para control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes**. Estación Experimental Agropecuaria Paraná. I.N.T.A. - Argentina. Serie N° 17: 50 pp.
 44. M.G.A.P. (1988) **Evaluación de tierras**. Dirección General de Recursos Naturales Renovables - Dirección de Suelos - Montevideo - Uruguay 109 pp.
 45. Sganza, J.C. (1990) **Aptitud General de Uso de la Tierra**. Departamentos de Canelones y Montevideo. Dirección de Suelos - Dirección General de Recursos Naturales Renovables - Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Montevideo - Uruguay. Carta de reconocimiento.
 46. Terzaghi, A.; Sganza, J.C. & Szogi, A. (1988) **Evaluación de Tierras. Clasificación de las Tierras por su Aptitud de Uso**. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Dirección General de Recursos Naturales Renovables - Montevideo - Uruguay 109 pp.
 47. M.G.A.P. (1984) **Características físicas de los principales suelos agrícolas de Canelones-Montevideo. Su interpretación agronómica**. Boletín Técnico N° 8 - Parte III - Condiciones de laboreo de los suelos 36 pp.
 48. M.G.A.P. (1983) **Manual para la utilización de la ecuación universal de pérdidas de suelo en el Uruguay**. Serie: Normas técnicas en conservación de suelos N° 1 - Dirección de Suelos - Montevideo - Uruguay - 80 pp.
 49. Piaggio M. & L. Delfino (1996) **Vegetación del Uruguay**. Facultad de Ciencias. Universidad de la República Oriental del Uruguay. Tomado de: <http://www.rau.edu.uy> con fecha 10/09/02
 50. Achaval F. (2000) **Aves del Uruguay**. Facultad de Ciencias. Universidad de la República Oriental del Uruguay. Tomado de: <http://www.rau.edu.uy> con fecha 19/07/01

-
51. D.I.E.A. (2000) **Censo General Agropecuario 2000**. MGAP - Montevideo - Uruguay. Elaborado con cartografía digital. Tomado de: <http://www.mgap.gub.uy/Diea> con fecha 11/09/02
52. Trimble, S.W. & A.C. Mendel (1995) **La vaca como agente geomorfológico: Una revisión crítica**. *Geomorphology* 13: 233-253
53. Azevedo Netto, J.M. de; Barbosa Pereira, B. E.; Yassuda, E.R.; Martins, J. A.; Nogami, P. S.; Gaglianone, S. & de Oliveira, W. E. (1987) **Técnica de abastecimento e tratamento de agua. Abastecimento de agua**. CETESB- ASCETESB, São Paulo - Brasil Vol. I: 332 pp.
54. Puyol, R.; J. Estebanez & R. Mendez (1992) **Geografía Humana** 2ª. Edición. Ed. Catedra 727 pp.
55. I.N.E. (1996a) **VII Censo General de Población. III de Hogares y V de Viviendas**. Instituto Nacional de Estadística (INE) Total del País (22 de Mayo de 1996) 126 pp.
56. I.N.E. (1996b) **VII Censo General de Población. III de Hogares y V de Viviendas**. Instituto Nacional de Estadística (INE) Canelones (22 de Mayo de 1996) 116 pp.
57. O.S.E. (1999) **Plan Director de Agua Potable de Montevideo - Informe de estudios básicos - Anexo 5.2: Contexto Socioeconómico - Tabla de datos consumo e ingresos por localidades del interior**.
58. Caristo, R & M. Guarnieri (1996) **Informe Técnico sobre relevamiento de parámetros de calidad en el Arroyo Solís Chico - Agosto de 1996** OSE - Unidad Laboratorio - Montevideo - Uruguay
59. O.S.E. (1959) **Manual de operadores de sistemas de abastecimiento de agua** O.S.E. 140 pp. Montevideo - Uruguay
60. O.S.E. (2000) **Normas de Calidad de Aguas Potables**. Administración de las Obras Sanitarias del Estado - Montevideo - Uruguay. 16 pp.
61. Blanco, A.; Céspedes C.; Crosara A. & B. Souto (1999) **Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Alta del A° Pando**. Curso Teórico-Práctico: Diagnóstico
-

Ambiental, Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Montevideo - Uruguay (Informe Técnico).

62. Dourojeanni A. (2002) **Dilemas para mejorar la gestión del agua en América Latina y el Caribe**. Conferencia Internacional de Organismos de Cuenca. 4-6 de Noviembre de 2002 Madrid - España 34 pp.
63. Espinoza G. (2001) **Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental** Banco Interamericano de Desarrollo (BID) - Centro de Estudios para el Desarrollo (CED) - Santiago - Chile 186 pp. Tomado de: www.iadb.org con fecha 23/11/2001
64. Baño R. (1997) **Consideraciones acerca de la Participación Ciudadana**. 1º Seminario conceptual sobre Participación Ciudadana y Educación de Políticas Públicas. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales - Chile - Enero/1997 www.eurosur.org/FLACSO/Conferen.thm con fecha 21/5/200
65. Sáez V. (1997) **Gestión Pública y Participación Ciudadana**. 1º Seminario conceptual sobre Participación Ciudadana y Educación de Políticas Públicas. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales - Chile - Enero/1997 www.eurosur.org/FLACSO/Conferen.thm con fecha 21/5/200
66. PNUMA - OEA (1997) **Manejo ambiental y desarrollo sostenible de la Cuenca del Río San Juan**. Estudio de diagnóstico de la Cuenca del Río San Juan y lineamientos del plan de acción. Tomado de: <http://www.oas.org> con fecha 27/12/2001.
67. Blanco Romero J.L. (1995) **Participación Ciudadana: Programa de voluntariado ambiental**. Medio Ambiente en Andalucía Junta de Andalucía, Conserjería de Medio Ambiente - España - Informe 444 pp
68. Legislación Española (2002) **Reglamento de Participación Ciudadana**. <http://www.vigo.org/concello/parcidada> con fecha 21/5/2002
69. Dourojeanni, A (2000) **Procedimiento de gestión para el desarrollo sustentable**. CEPAL - ECLAC - División de Recursos Naturales e Infraestructura. Naciones Unidas Chile. Serie Manuales Nº 10: 371 pp.
70. Toro A., J.B. & N.M. Duarte Werneck (1997) **Mobilização social: "um modo de construir a democracia e a participação"**. Brasília: Ministério do Meio

Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal, Secretaria de Recursos Hídricos, Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior - ABEAS, UNICEF - 104 pp.

71. Chang Urriola I. (2002) **Ordenamiento Territorial Ambiental en la República de Panama**. ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente) - Panama. En: www.anam.gob.pa Con fecha 24/07/2002
72. Ecoweb fronteriza (1999) Proyecto de cooperación entre IRSC-SDSU-EPA. Red de Información Ambiental de la frontera entre México y Estados Unidos. En: www.borderecoweb.sdsu.edu/spanish/Smedia/gisdef.html Con fecha 12/05/2000

ANEXO I:

Materialles

MATERIALES

- ✓ Cartas topográficas (Migues H27, Mosquito-Atlántida H28-29, Santa Rosa J27 y Pando J28) resolución 1:50000 del Instituto Geográfico Militar perteneciente al Ministerio de Defensa Nacional.
- ✓ Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (1976). Escala 1:1.000.000. Elaborada por la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de Agricultura y Pesca.
- ✓ Carta Geológica del Uruguay (1975) Escala 1:1.000.000. Elaborada por la Dirección de Suelos y Fertilizantes del M.A.P.
- ✓ Carta Geológica del Uruguay. Memoria explicativa del fotoplano Pando (J-28) (1988). Escala 1:100.000. Elaborada por la Dirección Nacional de Minería y Geología, Facultad de Agronomía y Facultad de Humanidades y Ciencias.
- ✓ Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Departamento de Canelones y Montevideo (1982) Escala 1:100.000 Dirección de Suelos del Ministerio de Agricultura y Pesca.
- ✓ Carta de Erosión Actual (Departamentos de Canelones y Montevideo) (1985). Escala 1:200.000. Elaborada por la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Pesca.

-
- ✓ Carta de Aptitud General de Uso de la Tierra. Departamento de Canelones y Montevideo. (1990) Escala 1:200.000. Elaborada por la Dirección de Suelos, de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
 - ✓ VII Censo General de Población, III de Hogares y V de Viviendas (Canelones) (1996). Instituto Nacional de Estadísticas de la República Oriental del Uruguay.
 - ✓ Censos Agropecuarios (1990 y 2000). Realizado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca Tomado de: <http://www.mgap.gub.uy/Diea>
 - ✓ Datos Meteorológicos (series históricas) de la Dirección Nacional de Meteorología del Ministerio de Defensa Nacional.
 - ✓ Datos de Calidad de Agua de Obras Sanitarias del Estado. (1996) (Informes Técnicos - Unidad Laboratorios)
 - ✓ Leyes y Decretos nacionales y/o municipales

ANEXO II:

Procedimiento Metodológico

II. 1. MORFOMETRIA

Los primeros estudios de la morfometría o medida de la forma, en el campo de la hidrología, fueron iniciados por Horton y Strahler en las décadas del 40 y 50¹¹. Es parte de este trabajo describir propiedades generales de los cursos de agua a través de sus varios atributos, que permitan generar datos e hipótesis en áreas donde la información es escasa o inexistente, conformándose así como una herramienta básica de trabajo.

Para ello debemos *a priori* definir que es una cuenca y como se delimita.

II. 1. 1. CUENCA HIDROGRAFICA

Definiciones

- Mijares (1989)¹³ la define como *"una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida"*.
- Otros conceptos son introducidos por Texeira Guerra² (1997) en la definición de cuenca: *"un área que drena agua, sedimentos y materiales disueltos, desde su divisoria o interfluvio, hacia un canal fluvial común"*.

De esta manera la cuenca hidrológica (Fig. II-1) conforma un sistema dependiente de su geomorfología e intervención antrópica, con identidad propia, constituyendo así como una unidad básica de estudio¹³.

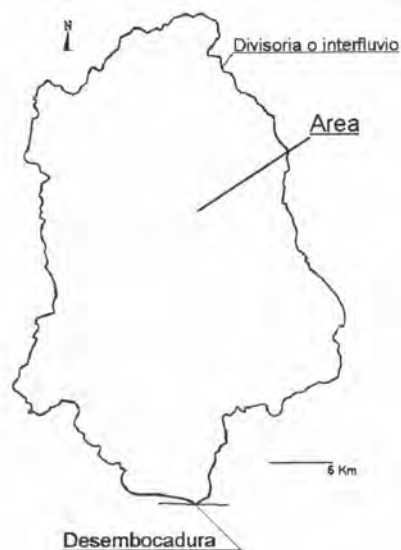


Fig. II-1: Cuenca Solís Chico. Se identifica su divisoria, interfluvio, parteaguas o límite de cuenca; su área y su punto de salida o desembocadura.

Delimitación de la cuenca

Se define la divisoria, el interfluvio o el parteaguas (Fig. II-1), con la línea formada por los puntos de mayor nivel topográfico, que separa la cuenca de las cuencas vecinas ¹³.

Términos

A. Curso de agua: Hace referencia a las corrientes de agua (cañadas, arroyos, ríos), las que se pueden clasificar según:

A.1. Por su posición

Corriente principal: Es el cuerpo de agua dentro de la cuenca que pasa por su desembocadura. Esta definición es aplicable solo a cuencas exorreicas.

Aclaración: Cada punto de una corriente tiene una cuenca de aportación, pero cada cuenca solamente tiene una corriente principal.

Corrientes tributarias: Todas aquellas corrientes comprendidas en la cuenca distintas a la principal.

A.2. Por su tiempo en transportar

Corriente perenne: Conocida como corriente efluente, se da cuando el punto más bajo del cauce se encuentra por debajo del nivel de la napa freáticas. Estas corrientes transportan agua durante todo el año y siempre están alimentadas, total o parcialmente, por el agua subterránea.

Corriente intermitente: Esta corriente transporta agua durante la época de lluvias de cada año cuando el nivel freático asciende; en épocas de secas el nivel freático está por debajo del lecho del cauce no transportando agua.

Corriente efímera: También conocida como corriente influente, se da cuando el nivel freático se encuentra siempre por debajo del lecho del cauce; transporta agua inmediatamente después de una tormenta y alimentando el almacenamientos de agua subterránea.

- B. **Naciente:** Punto identificable en la carta topográfica como el lugar donde nace el curso de agua.
- C. **Punto topográfico más relevante:** Hace referencia a los puntos de mayor altura en la carta topográfica.
- D. **Curva de nivel:** Línea que une puntos topográficos de igual altimetría.

Material

Carta topográfica del Geográfico Militar Uruguayo.

Procedimiento

- Elegir la carta topográfica del área de interés a la escala de trabajo (Fig. II-2).
- Partir del punto que identifique la desembocadura de la cuenca a ser estudiada.
- Localizar las nacientes de los cursos de agua de la cuenca.
- Diferenciar esas nacientes, de las nacientes de los cursos de agua de las cuencas vecinas (Fig. II-2).
- Identificar los puntos topográficos más relevantes dentro del área comprendida entre las nacientes de los cursos de agua de interés, de las nacientes de los cursos de agua de cuencas vecinas.
- Trazar una línea que atraviese los puntos más relevantes o que divida al medio el área comprendida dentro de una curva de nivel.
- En el caso de la curva de nivel, la línea que divide al medio debe entrar y salir por sus puntos convexos y opuestos (Fig. II-2).
- Contornear todas las nacientes de los cursos de agua que correspondan a la cuenca de interés.
- Confluir en el punto de salida identificado como la desembocadura de la cuenca donde se inició el recorrido.

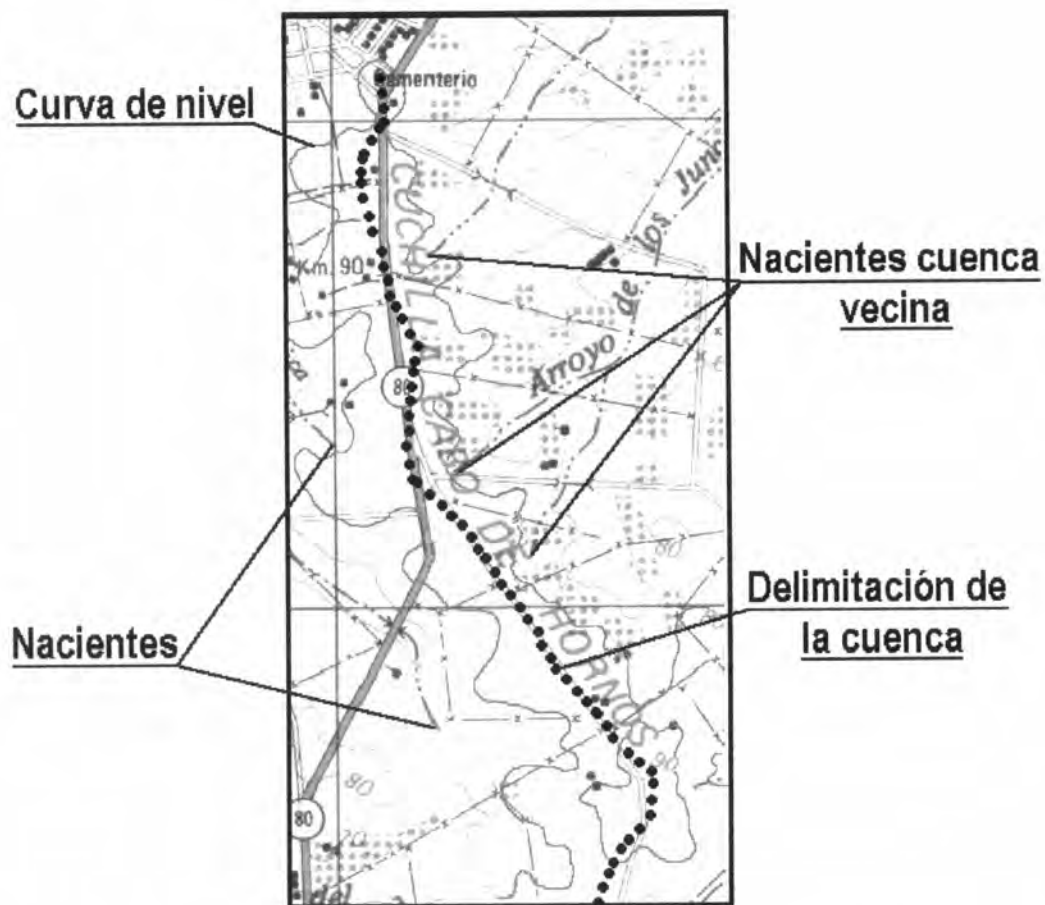


Fig. II-2: Carta topográfica del Geográfico Militar en escala 1:50.000.
 Se observa las curvas de nivel, las nacientes que pertenecen al área de estudio y las nacientes de la cuenca vecina.
 La línea negra punteada delimita la cuenca de interés, coloreada en amarillo.

II. 1. 2. AREA DE LA CUENCA

Definiciones

- El área de la cuenca (Fig. II-1) se define según Mijares¹³ como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por los parteaguas.
- Chistofolletti¹² la define como toda el área drenada por el conjunto del sistema fluvial, proyectada en plano horizontal.

Cálculo

Se calcula el área, basados en la delimitación de la cuenca obtenida en Anexo II - Punto II.1.1. (Cuenca Hidrográfica). Para ello se pueden emplear: el método tradicional del papel cuadriculado, el empleo de un planímetro (instrumento eficaz con bajo error) o un SIG (por ej. programa ArcView que lo calcula automáticamente).

Método del papel cuadriculado

Material

Papel cuadriculado o milimetrado.

Procedimiento

- Transferir la delimitación de la cuenca (Anexo II - Punto II.1.1.) al papel cuadriculado.
- Observar que quedan integrados cuadrados enteros y pedazos de cuadrados (Fig. II-3).
- Contar la cantidad de cuadrados enteros comprendidos en los límites.
- Observar que sobre los bordes quedan porciones de cuadrados.
- Unir porciones de cuadrados, conformando cuadrados enteros.
- Contar los cuadrados generados en el punto anterior como cuadrados enteros.

- Sumar la totalidad de cuadrados obtenidos.

Cálculo

Escala 1:20.000 1cm² equivale a 0.4 Km²

Escala 1:50.000 1 cm² equivale a 0.25 Km²

En el papel cuadriculado un cuadrado equivale a 0.5 cm de lado, de donde la suma de la **totalidad de cuadrados (Tc)** dividido 4, me da la cantidad de **cuadrados (C)** de 1 cm de lado.

$$\frac{Tc}{4} = C \quad \text{C en cm}$$

El área de un cuadrado de 1 cm de lado es 1 cm² de donde: Para una escala de 1:50.000:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ cm}^2 \quad \text{---} \quad 0.25 \text{ Km}^2 \\ C \text{ cm}^2 \quad \text{---} \quad x \end{array}$$

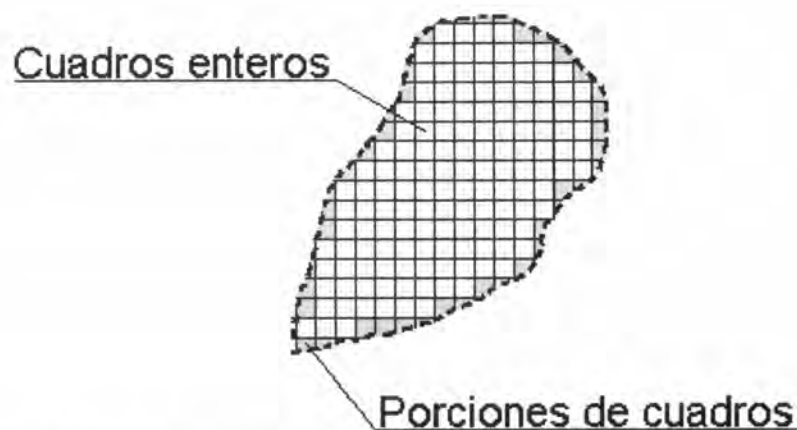


Fig. II-3: Área de la cuenca. La cuadrilla permite contabilizar los cuadrados enteros (amarillos) y las porciones de cuadrados (verdes).

Ejemplo:

Si se emplea la Figura II-3 como ejemplo y se supone que su escala es de 1:50.000, imitamos el papel cuadriculado. Cada cuadrado tiene 0.5 cm de lado.

En la figura se pueden contabilizar 141 cuadros enteros (amarillos) y 41 porciones de cuadrados de color verde con los que se puede armar 20 cuadrados de color amarillo.

$$141 + 20 = 161 \text{ cuadrados de } 0.5 \text{ cm de lado}$$

Estos 161 cuadrados de 0.5 cm de lado se transforman en 40.25 cuadrados de 1 cm de lado según el siguiente cálculo:

$$161/4 = 40.25$$

Si se expresa en superficie el resultado obtenido nos quedan 40.25 cm² de acuerdo a:

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ cm}^2 & \text{----} & 0.25 \text{ Km}^2 \\ 40.25 \text{ cm}^2 & \text{----} & x \end{array}$$

$$x = 10 \text{ Km}^2 \text{ es el área del ejemplo}$$

El área de la Cuenca Solís Chico calculada por el método del papel y corregida por el cálculo efectuado automáticamente en el SIG (ArcView) es de 644 Km².



Fig. II-4: Área de la Cuenca Solís Chico

II. 2. INDICES DE EFICIENCIA DE UNA CUENCA

II. 2. 1. INDICE DE STRAHLER (1952)^{11,12}

Este autor basado en el ordenamiento de Horton (1945)^{11,12} establece la jerarquización de los cursos de agua desde sus nacientes a su desembocadura, descomponiendo la red de drenaje en segmentos discretos que siguen la regla de su sistema de ordenación.

Materiales

Carta topográfica del Geográfico Militar Uruguayo

Delimitación de la cuenca en estudio

Procedimiento

- Se ordena la red de drenaje desde las nacientes a su desembocadura.
- Cada nacimiento o curso de agua sin ramificación queda determinado como **orden 1** (Fig. II-5).
- Dos cursos de agua de **orden 1**, conforman uno de **orden 2**.
- Dos cursos de agua de **orden 2**, conforman uno de **orden 3** y así sucesivamente.
- Dos cursos de agua de orden diferente, mantienen la jerarquía del que posee mayor orden. Ej: un curso de **orden 2** y uno de **orden 3** forman otro de **orden 3** (Fig. II-5).
- El **orden de una cuenca** queda establecido por el valor que adquiere el curso principal en su desembocadura (Ver Ejemplo Fig. II-6 y Tabla II-1).

Resultado

Como resultado se obtiene la jerarquización de la cuenca. A mayor orden de jerarquización mayor es la eficiencia en el drenaje y viceversa.

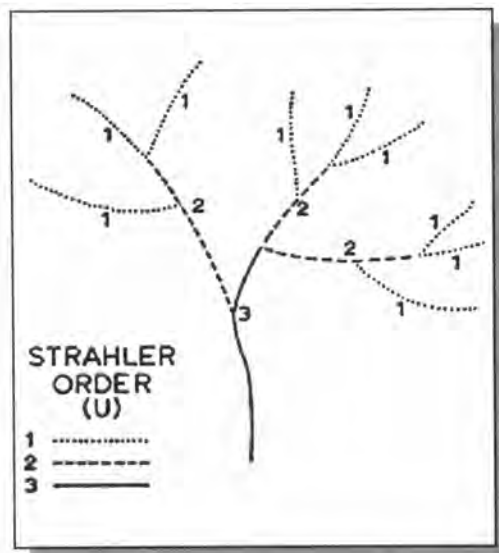


Fig. II-5: Sistema de ordenación de la red hídrica o Índice de Strahler, simbolizado con la letra U [Tomado de: Chorley, R.J. (1971)¹⁵]

Interpretación de los datos

- El índice de Strahler permite comparar cuencas con el concepto de que cuanto mayor sea el **orden** del sistema de drenaje, más rápida será su respuesta a la precipitación, escurriendo¹³.
- Cuando la densidad u orden es pequeño se observan suelos muy resistentes a la erosión o muy permeables¹³.
- Cuando estos indicadores son elevados significa que, los suelos se erosionan fácilmente o son relativamente impermeables, las pendientes son altas y la cobertura vegetal es escasa¹³.

Observación

El orden de jerarquización o índice de Strahler para una cuenca quedará determinado por la escala del plano utilizado. En este sentido, se debe tener

cuidado en las comparaciones que se realicen entre cuencas, cuando la información se encuentre en diferentes escalas o planos editados por diferentes organismos.

Ejemplo



Fig. II-6: Índice de Strahler donde se visualiza con diferentes colores cada uno de los ordenes jerárquicos de la Cuenca Solís Chico.

Tabla II-1: Caracterización del Orden de Strahler con la cantidad de segmentos de cursos de agua que corresponden a cada orden.

| | ORDEN DE STRAHLER | | | | | |
|-----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 ^{er} | 2 ^{do} | 3 ^{ro} | 4 ^{to} | 5 ^{to} | 6 ^{to} |
| Cantidad de Segmentos | 617 | 152 | 29 | 6 | 2 | 1 |

II. 2. 2. INDICE DE BIFURCACIÓN (ó relación de bifurcación)

Definición

Horton (1945)¹² lo define como la relación del número total de segmentos (cursos de agua) de un orden sobre el número total de segmentos del orden inmediato superior.

La **ley del número de canales**¹² o cursos de agua de Horton, está basada en esta relación de bifurcación, siendo enunciada como: *"En una cuenca determinada, la suma de los números de canales de cada orden, forma una serie geométrica inversa, cuyo primer término es la unidad de primer orden y la razón es la relación de bifurcación"*.

Materiales

Carta topográfica del Geográfico Militar Uruguayo

Delimitación de la cuenca en estudio y determinación de la red hídrica

Procedimiento

- Contabilizar todos los cursos de agua de orden 1, los de orden 2 y sucesivamente los de todos los ordenes dentro de los límites de la cuenca.
- Elaborar una tabla donde se identifique el **ORDEN (U)** y el **Número de segmentos (N_u)** (Tabla II-2).
- En la tercer columna se incluirá la **Relación de bifurcación (R_b)** calculada sobre la base de la expresión matemática que sigue (Ver ejemplo).

Expresión matemática

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

N_u = Número de segmentos de determinado orden

N_{u+1} = Número de segmentos del orden inmediato superior

R_b = Relación de bifurcación

Interpretación de los datos¹⁵

La relación de bifurcación, para una densidad de drenaje dada, es controlada por la forma de la cuenca, mostrando pocas variaciones (rango entre 3 y 5) cuando los subsuelos rocosos son homogéneos de un área a otra. Conocido este vínculo, el índice brinda información sobre la escorrentía.

Cuando la cuenca por efectos estructurales es elongada, estos valores pueden aumentarse notoriamente.

Observaciones

- La definición requiere de un reconocimiento preciso de los cursos fluviales, en los mapas, en las fotos aéreas o en el terreno.
- La precisión y los detalles varían en función de la escala de la carta topográfica.
- Se deben distinguir dos tipos de escurrimiento: el fluvial del pluvial. Mientras que el primero es el escurrimiento a través de los canales de la red hídrica permanente en la topografía, el segundo queda establecido por las vertientes y sus canales temporales, no debiendo ser considerados cuando se establece la red hidrográfica.

Ejemplo

Se desarrollan los resultados obtenidos para la Cuenca Solís Chico (Tabla II-2) y en la Fig. II-7 se representa la transformación logarítmica del número de segmentos.

Tabla II-2: Resultados de la relación de bifurcación para la Cuenca Solís Chico

| Orden (U) | Número de Segmentos* (N _u) | Relación de bifurcación (R _b) | log N _u |
|-----------|--|---|--------------------|
| 1 | 617 | 4.05 | 2,79 |
| 2 | 152 | 5.24 | 2,18 |
| 3 | 29 | 4.83 | 1,46 |
| 4 | 6 | 3 | 0,78 |
| 5 | 2 | 2 | 0,30 |
| 6 | 1 | --- | 0,00 |

*Datos obtenidos automáticamente del SIG - ArcView 3.x

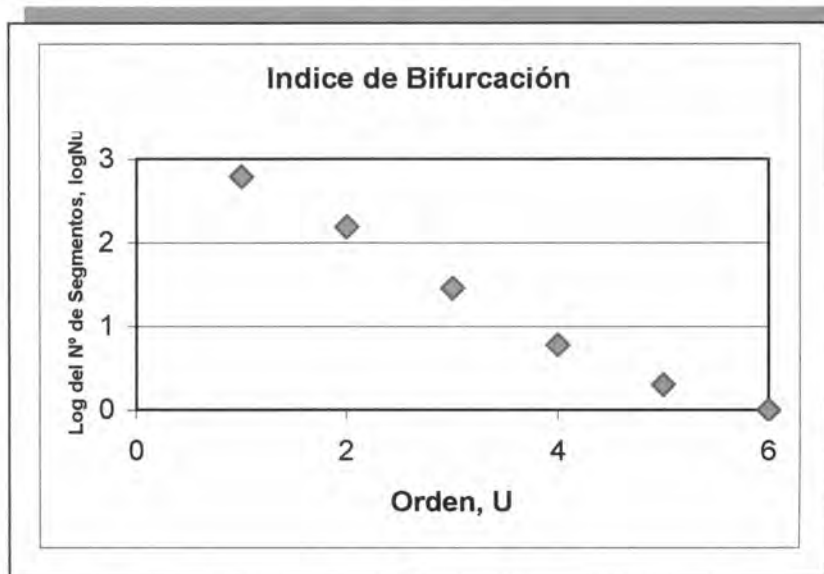


Fig. II-7: Ploteo del logaritmo del número de segmentos vs. orden de la Cuenca Solís Chico, mostrando la representación gráfica del Índice de Bifurcación.

II. 2. 3. TASA DE BIFURCACIÓN

Sobre la base del índice de bifurcación, se calcula la Tasa de Bifurcación como el antilogaritmo del coeficiente de regresión de la recta¹⁵.

Expresión matemática

$$R_b = \log^{-1}b$$

R_b = Tasa de Bifurcación

b = Coeficiente de regresión de la recta

Ejemplo

Para obtener el coeficiente de regresión de la recta, se deben buscar las variables de la recta (Tabla II-3).

Tabla II-3: Datos generados contabilizando los segmentos del Índice de Strahler

| | Orden (X) | Nº de Segmentos (N_u) | Log N_u (Y) | (XY) | (X^2) |
|-------|--------------|---------------------------|------------------|-------|-----------|
| | 1 | 617 | 2.79 | 2.79 | 1 |
| | 2 | 152 | 2.19 | 4.38 | 4 |
| | 3 | 29 | 1.46 | 4.38 | 9 |
| | 4 | 6 | 0.78 | 3.12 | 16 |
| | 5 | 2 | 0.30 | 1.50 | 25 |
| | 6 | 1 | 0.00 | 0.00 | 36 |
| Total | 21 | | 7.52 | 16.17 | 91 |
| Media | 3.5 | | 1.25 | | |

Ecuación de la recta

$$y = a + bx \quad \therefore \quad a = \bar{Y} \quad y \quad b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}$$

$$b = \frac{16.17 - 6 * 3.5 * 1.25}{91 - 6 * 3.5^2} = -0.58$$

$$a = 1.25 \quad y \quad \text{el Coeficiente de regresión} = b = -0.58$$

Cálculo de la Tasa de bifurcación

$$R_b = \log^{-1}b \quad \therefore \quad R_b = \log^{-1}-0.58 \quad \therefore \quad R_b = 1/10^{-0.58} = \underline{0.27}$$

Resultado

La tasa de bifurcación para la Cuenca Solís Chico es $R_b = 0.27$. En la Figura II-8 se representa en la abscisa el Orden de la cuenca y en su ordenada el logaritmo del número de segmentos¹⁵ y la ecuación de la recta (Tabla II-3).

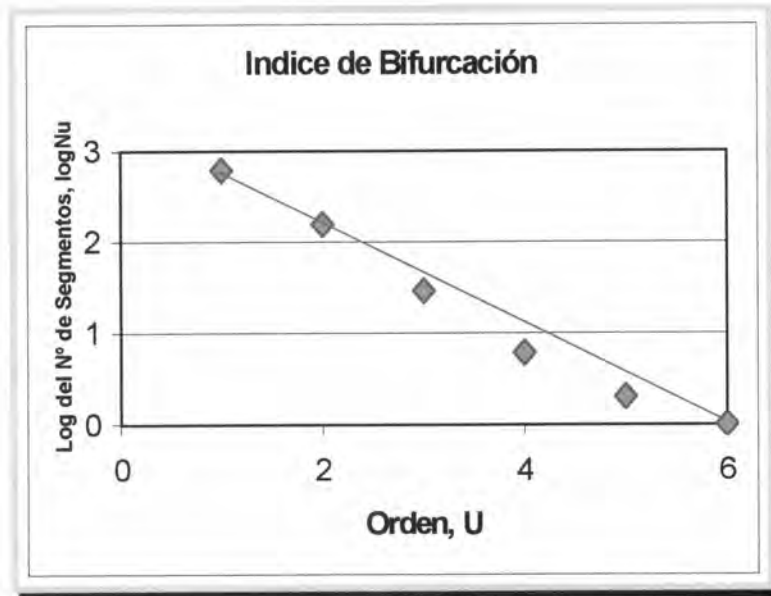


Fig. II-8: Representación gráfica de la Tasa de Bifurcación de la Cuenca Solís Chico

II. 2. 4. INDICADORES DE DENSIDAD^{13,14}

Los indicadores que se desarrollan nominados como: densidad de cursos de agua y densidad de drenaje, es importante utilizarlos conjuntamente, ya que pueden existir cuencas diferentes con la misma densidad de cursos de agua que podrán ser diferenciadas a través del índice de densidad de drenaje o viceversa.

A. INDICADOR DE DENSIDAD DE CURSOS DE AGUA^{13,14}

Se define como la cantidad de cursos de agua efímeros, perennes e intermitentes por unidad de área (Ver Anexo II – Punto II.1.1. Términos - Cursos de agua).

Materiales

Número de segmentos de cursos de agua (N_u) obtenidos para el Índice de bifurcación (Ver Anexo II - Punto II.2. 2.).

Area de la cuenca (Ver Anexo II - Punto II.1. 2.).

Procedimiento

Efectuar la suma del número de segmentos de cursos de agua (N_u) de la tabla II-3 y aplicar la expresión matemática que sigue.

Expresión matemática

$$D_s = \frac{N_s}{A}$$

D_s = Densidad de los cursos de agua

N_s = Número de cursos de agua (o segmentos)
efímeros, perennes e intermitentes (Ver
Punto II.1. 1. -Términos)
 A = Area de la cuenca

Ejemplo

La Densidad de los cursos de agua para la Cuenca Solís Chico es:

$$\Sigma N_u = N_s \therefore N_u$$

Tomando los datos de la Tabla II-3:

$$617+152+29+6+2+1 = 807 \text{ segmentos}$$

$$N_s = 807 \text{ segmentos} \quad D_s = \frac{807 \text{ segm.}}{644 \text{ Km}^2} = 1,25 \text{ segm} / \text{Km}^2$$

$$A = 644 \text{ Km}^2$$

Resultado

La densidad de cursos de agua para la Cuenca Solís Chico es de
1,25 segmentos/Km²

B. INDICADOR DE DENSIDAD DE DRENAJE^{13,14}

Definida como la longitud de los cursos de agua por unidad de área.

Materiales

Emplear la red hídrica de los numerales anteriores.

Area de la cuenca obtenida en el Anexo II - Punto II.1. 2.

Procedimiento

- Medir con un curvímeter en planta, la longitud de cada uno de los segmentos de los cursos de agua agrupados por Orden de Strahler, expresados como L_N en la Tabla II-4
- Sumar todas las longitudes de los segmentos (L_N) para obtener L_s

Expresión matemática

$$D_d = \frac{L_s}{A}$$

D_d = Densidad de drenaje

L_s = Longitud total de los cursos de agua

A = Area de la cuenca

Ejemplo

La Densidad de drenaje en la Cuenca Solís Chico es:

Tabla II-4: Datos de largos totales de los cursos de agua presentados por Orden de Strahler

| | Orden de Strahler | | | | | |
|-----------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 ^{er} | 2 ^{do} | 3 ^{er} | 4 ^{to} | 5 ^{to} | 6 ^{to} |
| L_N (m) | 626.514 | 228.249 | 130.848 | 40.382 | 19.682 | 26.021 |

$$\Sigma L_N = L_s$$

$$626.514 \text{ m} + 228.249 \text{ m} + 130.848 \text{ m} + 40.382 \text{ m} + 19.682 \text{ m} + 26.021 \text{ m} = 1.071.696 \text{ m}$$

$$L_s = 1.071.696 \text{ m}$$

$$A = 644 \text{ Km}^2$$

$$D_d = \frac{1.071.696 \text{ m}}{644 \text{ Km}^2} = 1.664,12 \text{ m / Km}^2$$

Interpretación^{13,14}

La densidad de drenaje es un dato que permite comparar la capacidad de respuesta de diferentes cuencas.

Una densidad elevada, refleja una cuenca altamente disectada, que responde rápidamente a una tormenta, escurriendo, con permeabilidad baja o geología resistente, vegetación escasa y relieve accidentado. Contrariamente, densidades bajas indican áreas de elevada permeabilidad, geología menos resistente, vegetación densa y relieves suaves.

C. INDICE DE DISPONIBILIDAD DE AGUA¹⁴

El índice de disponibilidad de agua se basa en los índices de ramificación y de densidad de drenaje, los que son ponderados y trabajados en forma conjunta para obtener la disponibilidad del agua en la cuenca en forma cualitativa.

El índice de densidad de drenaje da idea de la abundancia de los cursos de agua, mientras que el de ramificación ubica su repartición.

Materiales

Emplear la red hídrica de los numerales anteriores (Fig. II-6)

Procedimiento

- Desarrollar el índice de Strahler (Ver Anexo II - Punto II.2. 1.)
- Determinar la cantidad de cursos de agua de cada orden
- Determinar la longitud de los cursos de agua para cada orden de Strahler
- Calcular el índice de densidad I_d de acuerdo a la expresión matemática

Expresión matemática

- Cálculo del índice de densidad

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n C_i I_i}{A}$$

C_i = Peso del tramo del orden i

I_i = Longitud total de los tramos de orden i

A = Área de la cuenca

- Índice de ramificación

$$I_R = \frac{N}{A}$$

N = Número total de los cursos de agua de la cuenca

A = Área

- La valoración total de la cuenca resulta de la valoración de ambos índices, para lo cual se normalizan.

$$I'_D = \frac{I_D}{\sum I_D} \times 100$$

$$I'_R = \frac{I_R}{\sum I_R} \times 100$$

- El resultado se obtiene con el índice de disponibilidad

$$J = \frac{3I'_D + I'_R}{4}$$

- Se constituyen 4 clases (Tabla II - 5):

Tabla II-5: Rangos del Índice de Disponibilidad

| CLASES | RANGO CUALITATIVO | RANGO (%) |
|--------|-------------------------|-----------|
| I | Muy alta disponibilidad | 76-100 |
| II | Alta disponibilidad | 51-75 |
| III | Baja disponibilidad | 26-50 |
| IV | Muy baja disponibilidad | 0-25 |

Observación

Este índice es muy útil cuando se compara la disponibilidad de agua cualitativa entre diversas cuencas cuando no se dispone de información cuantitativa, ya que establecen un rango cualitativo arbitrario de cantidad de agua disponible (Tabla II-5) que permite comparar con igual objetividad.

Ejemplo

El índice de disponibilidad fue realizado para los tres escenarios considerados (Tabla II-6)

Tabla II-6: Índice de disponibilidad de agua para los escenarios

| | Escenario A | Escenario B | Escenario C |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| J | 54.5 | 23.1 | 22.4 |
| Clase | IV | II | II |

II. 2. 5. INDICE DE SINUOSIDAD¹⁵

El grado de sinuosidad desarrollado por Schumm (1963)¹⁵, es la relación entre el largo del curso de agua y el largo del curso de agua por su talweg.

En la Figura II-9 se puede ver según el autor, diferentes categorías y grados de sinuosidad (Tabla II-7)

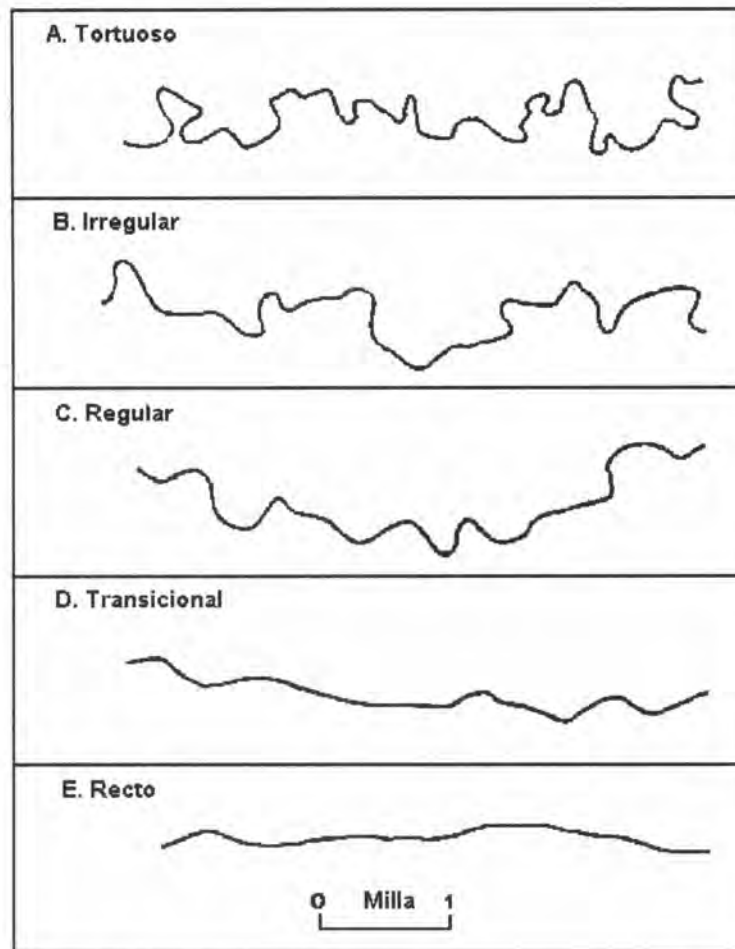


Figura II-9: Índice de Sinuosidad a diferentes cuerpos de agua.
[Tomado de: Chorley (1971)¹⁵]

Tabla II-7: Valores del índice de Sinuosidad pertenecientes a la Fig. II-9

| | Tortuoso | Irregular | Regular | Transicional | Recto |
|----------------------|----------|-----------|---------|--------------|-------|
| Índice de Sinuosidad | 2.1 | 1.7 | 1.5 | 1.2 | 1.0 |

Interpretación¹²

Existe una relación entre el grado de sinuosidad y la pendiente. Cuanto mayor la pendiente, menor la sinuosidad y viceversa, cumpliéndose la ley del menor esfuerzo. Algunos autores asumen el valor de sinuosidad de 1.5 como punto de partida de cursos de agua con forma de meandros, por debajo serían rectos.

Ejemplo

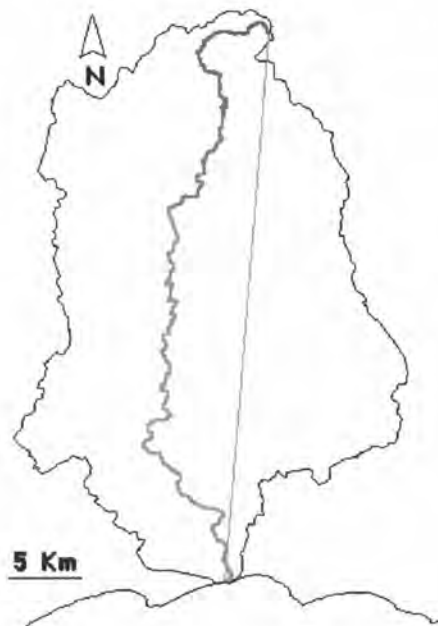


Fig. II-10: Índice de Sinuosidad para la Cuenca Solís Chico

Datos

- Largo nacimiento - desembocadura: 37551 m (Línea roja en la Fig. II-10).
- Largo talweg: 59235 m (Línea azul en la Fig. II-10).

$$59235 \text{ m} / 37551 \text{ m} = 1.58$$

Resultado

La Cuenca Solís Chico presenta un índice de sinuosidad de **1.58**

II. 3. INDICES DE DETERIORO DE UNA CUENCA

II. 3. 1. INDICADOR DEL TIEMPO DE ESCURRIMIENTO¹³

El tiempo de escurrimiento directo o de vaciado, se puede estimar basados en la correlación que existe entre este y el área de la cuenca.

Material

Calcular el área de la cuenca (ver Anexo II - Punto II.1.1.)

Expresión matemática

$$T = 0.827 \cdot A^{0.2}$$

T = Tiempo de vaciado directo en días.

A = Area de la cuenca

Limitación

Este método de cálculo del tiempo de vaciado debe ser empleado en cuencas cuya área no sea superior a los 3 Km².

Ejemplo

$$A = 644 \text{ Km}^2$$

$$T = 0.827 \times 644^{0.2} = 3 \text{ días}$$

Resultado

El Tiempo estimado de vaciado de la Cuenca Solís Chico es de **3 días**

II. 3. 2. INDICE DE FORMA^{12,17}

Este índice permite caracterizar la forma de las cuencas eliminando subjetividad.

Material

Mapa o croquis de la cuenca

Procedimiento

- En el mapa de la cuenca trace una figura geométrica (círculo, triángulo, rectángulo, etc.).
- Esa figura geométrica debe cubrir lo mejor posible el área de la cuenca (Fig. II-11).
- Construya una tabla cuyas columnas sean: **Area** de la cuenca, **Unión** (haciendo referencia al valor que surge de la unión de las áreas de la cuenca y la figura geométrica establecida), **Intersección** (de ambas formas -la cuenca y la figura geométrica-) Ver Tabla II-8 en el ejemplo.

Expresión matemática^{12,17}

$$If = 1 - \frac{(\text{área } A \cap B)}{(\text{área } A \cup B)}$$

If = Índice de forma

A = Área de la cuenca

B = Área de la figura geométrica

A ∩ B = Área de intersección o área

Interpretación^{12,17}

Cuanto menor sea el índice de forma, mayor es el ajuste entre el área de la cuenca y el área de la figura geométrica, caracterizando la forma de dicha cuenca.

Cuando la forma de la cuenca es rectangular o triangular es menor la susceptibilidad a las inundaciones. No es así, cuando la cuenca es circular, oval o cuadrada. En estos casos tiene mayor posibilidad que las lluvias intensas en el área produzcan aumento del volumen de agua escurrida al curso principal, ocasionando inundaciones.

Si la forma geométrica que mejor ajusta es el círculo se puede calcular el Índice de Circularidad (ver Anexo II - Punto II.3.3.)

Ejemplo

Tabla II-8: Índice de forma para la Cuenca del Solís Chico.

| | Area (Km ²) | Unión (Km ²) | Intersección (Km ²) | Índice de forma |
|------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Círculo | 642 | 753 | 533 | 0.29 |
| Triángulo | 645 | 796 | 493 | 0.38 |
| Rectángulo | 646 | 784 | 506 | 0.35 |

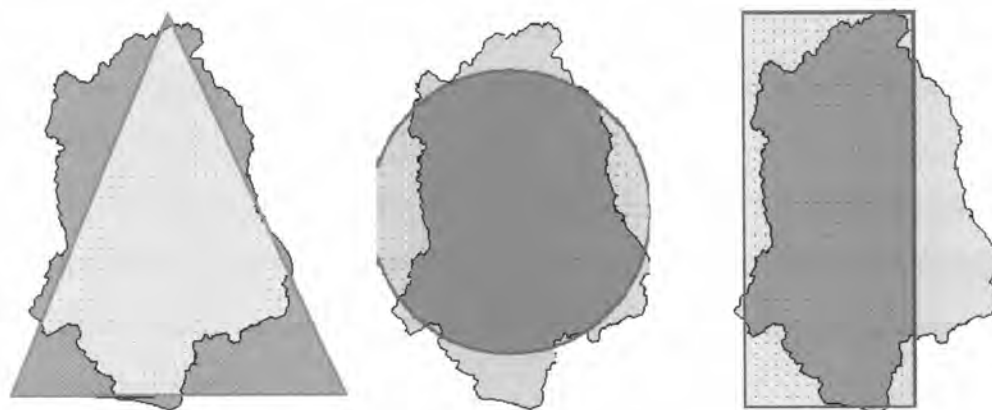


Fig. II-11: Cuenca Solís Chico y diferentes figuras geométricas. En colores se puede apreciar las áreas de unión e intersección y su superposición.

Resultado

Analizando los resultados de la Tabla II-8 del índice de forma, se ve que la figura del triángulo presenta un valor de 0.38, el rectángulo 0.35 y el círculo 0.29. Se puede decir que la forma que mejor se ajusta a la Cuenca Solís Chico es el círculo. De acuerdo a lo expresado en el ítem. interpretación, es importante realizar el cálculo del índice de circularidad (Ver Anexo II - Punto II.3.3.).

II. 3. 3. INDICE DE CIRCULARIDAD¹⁷

Es la relación que permite ver el ajuste entre el área de la cuenca y el área de un círculo cuyo perímetro sea el perímetro de la cuenca.

Material

Mapa o croquis de la cuenca

Procedimiento

- Para calcular el área de la cuenca Ver Punto II.1.2.
- Para calcular el perímetro de la cuenca, emplear un curvómetro y el croquis de la cuenca.
- El curvómetro debe partir de la desembocadura e ir contorneando sobre el interfluvio, divisoria o parte aguas de la cuenca (Ver Anexo II - Punto II.1.1.), para finalizar en la desembocadura sin levantar ni volver hacia atrás la rueda del curvómetro.
- Leer la longitud del perímetro en el dial del curvómetro en la escala del mapa empleado.

Expresión matemática¹⁷

$$IC = \frac{4\pi A}{C^2}$$

A = Área de la cuenca

C = Perímetro del círculo = Perímetro de la cuenca

Interpretación¹⁷

El valor máximo del índice de circularidad es uno (1), en cuyo caso la cuenca tendría forma circular.

Cuanto más cerca de uno sea el índice de circularidad de la cuenca, mayor será el peligro de crecida, existiendo una mayor respuesta a la concentración de agua en el tributario principal cuando las precipitaciones son intensas en toda su extensión.

Cuencas que se encuentren en estas circunstancias deberán ser protegidas con coberturas vegetales y/o prácticas de conservación de suelos.

Ejemplo

El índice de circularidad para la Cuenca Solís Chico es:

Datos

$$A = 644.000.000 \text{ m}^2$$

Perímetro de la cuenca = $C = 130.575 \text{ m}$ = Perímetro del círculo

$$IC = 4\pi A / C^2 \therefore 4 * 3.1416 * 644.000.000 \text{ m}^2 / 130.575^2 \text{ m}$$

$$IC = 0.47$$

Resultado

El índice de circularidad de la Cuenca Solís Chico es de 0.47, presentando un valor medio en el riesgo de sufrir inundaciones

II. 3. 4. INDICADOR DE PENDIENTE MEDIA¹³

Como la pendiente a lo largo del cauce principal varía, dependiendo de las características topográficas de la cuenca, es importante calcular su pendiente media a fin de comparar diferentes cuencas contrastando sus eficiencias de respuestas a las tormentas.

Se describen dos métodos, requiriendo ambos, materiales y procedimientos semejantes.

Materiales

Capas del SIG o mapas de la red hídrica y de las curvas de nivel.

Procedimiento

- Dentro de la red hídrica, identificar el curso de agua principal de la cuenca desde su nacimiento a su desembocadura (Fig. II-13 en Ejemplo).

- Interceptar el curso de agua principal identificado en el punto anterior, con las curvas de nivel.
- Medir ayudado de un curvímetro, el largo del curso de agua principal en planta desde su nacimiento hasta el punto de intercepción con la primer curva de nivel.
- Medir de igual forma, el largo del curso de agua principal en sus otros tramos, entre curvas de nivel.
- Elaborar una tabla cuyas columnas sean: **Altimetría** (msnm), **Distancia** (m) donde se pondrá el largo medido en planta del curso de agua principal y **Distancia Acumulada** (Km), donde figure el valor acumulado tramo a tramo a lo largo del curso de agua principal (Tabla II-9).

II. 3. 4. 1. Método A¹³:

Este método es el más simple.

La pendiente media¹³ es igual al desnivel entre los extremos del curso de agua principal dividido por su longitud medida en planta (Ejemplo A).

Expresión matemática

$$\overline{\text{Pendiente}} = \frac{\text{Altimetría}_{\text{máx}} - \text{Altimetría}_{\text{mín}}}{\text{Distancia}}$$

II. 3. 4. 2. Método B¹³:

Taylor y Schwart proponen calcular la pendiente media a través de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión (Ejemplo B).

Expresión matemática

Nos basamos en la Fig. II-12 para desarrollar las expresiones matemáticas

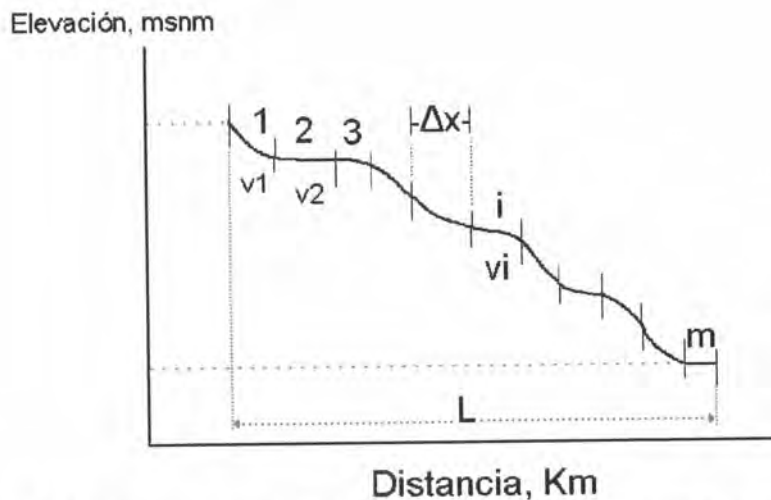


Fig. II-12: Representación gráfica de la pendiente del cauce principal aplicando el criterio de Taylor y Schwarz (Tomado de Mijares, 1989¹³)

Velocidad del recorrido del agua en el tramo i (V_i):

$$V_i = k\sqrt{S_i}$$

S_i = Pendiente del tramo i
 k = factor que depende de la rugosidad y la forma de la sección transversal

Por definición:

$$V_i = \frac{\Delta x}{t_i}$$

t_i = tiempo de recorrido en el tramo i

Δx = longitud del tramo i

Despejo:

$$t_i = \frac{\Delta x}{k\sqrt{S_i}}$$

La velocidad media de todo el cauce dividido en m tramos es:

$$V = \frac{L}{T} = k\sqrt{S}$$

L = Longitud total del cauce

T = Tiempo total del recorrido

S = Pendiente media buscada

El tiempo total y la longitud total del cauce serán:

$$T = \sum_{i=1}^m t_i = \sum_{i=1}^m \frac{\Delta x}{k\sqrt{S_i}}$$

T = Tiempo total

$$L = \sum_{i=1}^m \Delta x = m\Delta x$$

L = Largo total

Despejando de estas ecuaciones llegamos a que la pendiente media (**S**) es:

$$S = \left[\frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

y cuando las longitudes de los tramos no son iguales, la pendiente media (**S**) es:

$$S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Interpretación

La pendiente media es un indicador que refleja el grado de respuesta de una cuenca a una tormenta, en una relación directa: a mayor pendiente, mayor respuesta.

Ejemplo

La figura II-13 y la tabla II-9 son necesarias para desarrollar el ejemplo.

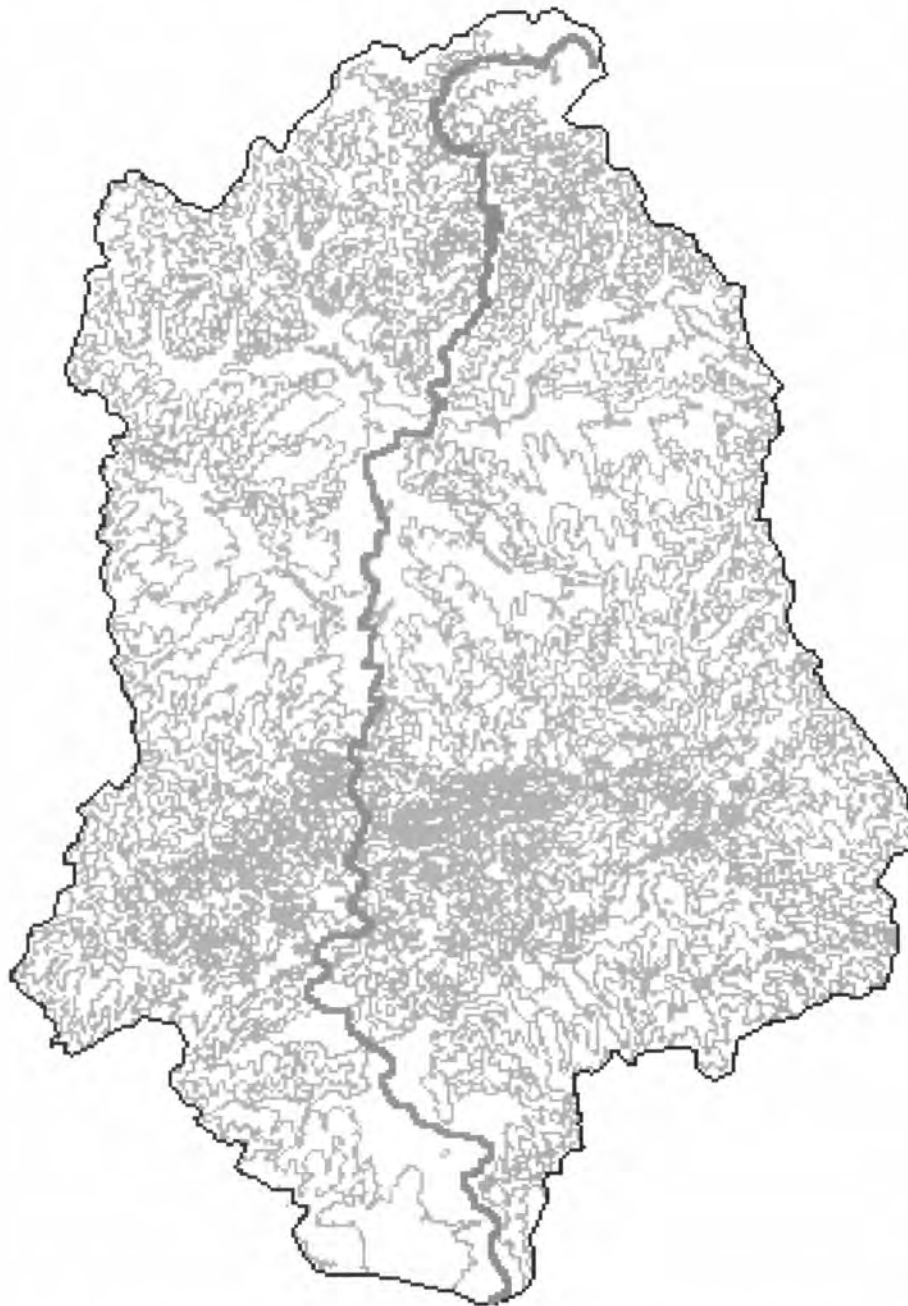


Fig. II-13: Material necesario para calcular la pendiente media de la Cuenca Solís Chico: curvas de nivel en color gris y curso de agua principal en color fucsia.

Tabla II-9: Distancias obtenidas siguiendo el procedimiento para la Cuenca Solís Chico

| Altimetría (h) (msnm) | Distancia (I _n) (m) | Distancia Acumulada (Km) |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 0-10 | 21.044 | 59,24 |
| 11-20 | 14.479 | 38,19 |
| 21-30 | 5.127 | 23,71 |
| 31-40 | 8.934 | 18,58 |
| 41-50 | 5.169 | 9,65 |
| 51-60 | 557 | 4,48 |
| 61-70 | 2.479 | 3,92 |
| 71-80 | 1.245 | 1,45 |
| >80 | 201 | 0,20 |

El gráfico altimetría vs. distancia realizado con los datos de la Tabla II-9 permite visualizar el perfil del cauce principal del A° Solís Chico (Fig. II-14).

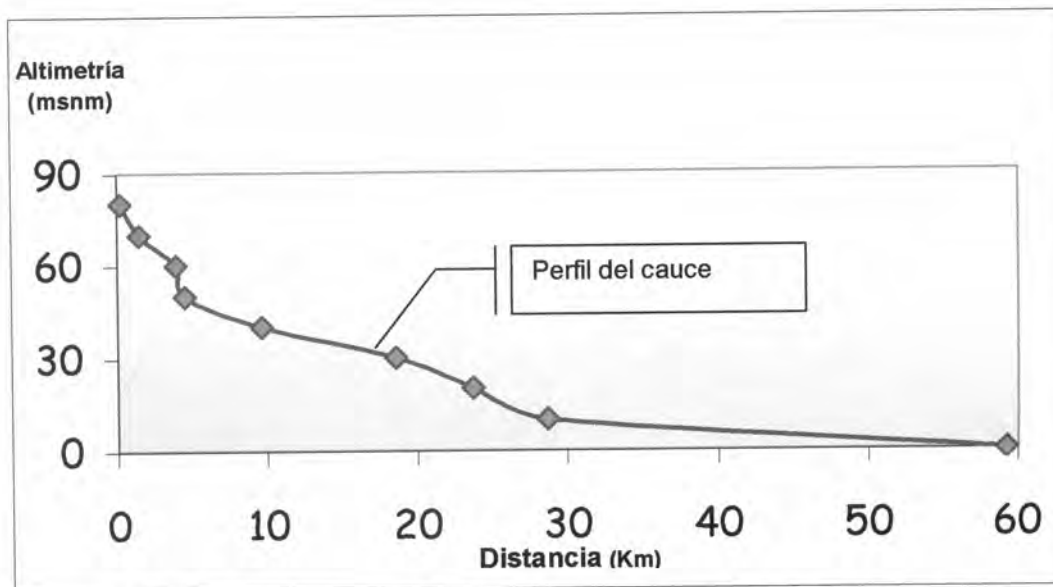


Fig. II-14: Se visualiza el perfil del cauce principal de A° Solís Chico

Ejemplo A

La pendiente media para Cuenca Solís Chico fue calculada basado en la Fig. II-13 y los datos presentados en la Tabla II-9.

Pendiente máxima = 85 m

Pendiente mínima = 0m

Longitud del cauce principal medido en planta = 59.235 m

$$\overline{\text{Pendiente}} = \frac{85\text{m} - 0\text{m}}{59.235\text{m}} = 1,43 \times 10^{-3}$$

$$\overline{\text{Pendiente}} = 1,43 \times 10^{-3}$$

Ejemplo B

Datos necesarios

Longitud total del cauce = L = 59.235 m

Longitud de los tramos = l_1, l_2, \dots, l_n (ver Tabla II-9)

Diferencia altimétrica entre tramos = h = 10 m

Pendiente media buscada = S = ?

Se aplica:

$$S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2 = S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{\frac{h}{l_1}}} + \frac{l_2}{\sqrt{\frac{h}{l_2}}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{\frac{h}{l_m}}}} \right]^2$$

Tabla II-10: Distancia de los tramos del A° Solís Chico y cálculos parciales de la ecuación para la Pendiente media

| Distancia (l _n) (m) | $\sqrt{\frac{h}{l_n}}$ | $\frac{l_n}{\sqrt{\frac{h}{l_n}}}$ |
|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| 201 | 0.223 | 901.3 |
| 1.245 | 0.134 | 4157.6 |
| 2.479 | 0.044 | 117664.5 |
| 557 | 0.033 | 267005.4 |
| 5.169 | 0.090 | 13893.5 |
| 8.934 | 0.063 | 39051.7 |
| 5.127 | 0.044 | 116126.8 |
| 14.479 | 0.026 | 551161.1 |
| 21.044 | 0.021 | 960474.7 |
| Suma | 59.235 | 2070436.5 |

$$S = \left[\frac{59235}{2070436.5} \right]^2 = [0.02861]^2 = 0.00082$$

Resultados

Si se comparan ambos resultados, se puede apreciar que el método aritmético (cuya pendiente media resultante fue de 1.43×10^{-3}) considera solo los extremos de la altimetría, despreciando la concavidad que se observa en la Figura II-12 del cauce en su trayecto. El método de Taylor y Schwart presenta un mayor ajuste con la realidad, ya que considerar el cauce en pequeños tramos dando una pendiente media para la Cuenca Solís Chico de 0.82×10^{-3}

Este resultado indica una baja respuesta de la cuenca a las tormentas.

II. 4. CLASIFICACIÓN DE CUENCAS

II. 4. 1. Clasificación de Way (1978)¹⁴

Este autor clasifica la densidad de corrientes en 3 categorías empleando fotointerpretación a escala 1:20.000.

II. 4. 1. 1. Cuencas de textura fina

Son aquellas cuencas cuyo espaciamiento medio entre tributarios y corrientes de primer orden es menor a 0.60 cm en la fotografía aérea (Fig. II-15 A).

Este tipo de Cuenca presenta elevados niveles de escurrimiento superficial, roca madre impermeable y suelos de baja permeabilidad.

II. 4. 1. 2. Cuencas de textura media

El espaciamiento medio entre cursos de primer orden queda comprendido entre 0.6 y 5 cm (Fig. II-15 B).

Estas cuencas deben interpretarse como de escurrimiento medio, de textura y permeabilidad intermedia.

II. 4. 1. 3. Cuencas de textura gruesa

En este caso el espaciamiento entre cursos de primer orden es mayor a 5 cm (Fig. II-15 C).

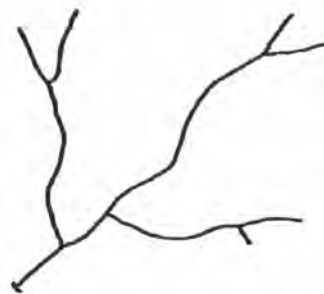
En este caso la escorrentía superficial es menor, las rocas son más resistentes y más permeables y los suelos presentan alta permeabilidad.



A: Cuenca Textura fina



B: Cuenca Textura media



C: Cuenca Textura gruesa

Fig. II-15 A, B y C: Clasificación de Way para cuencas por texturas

Materiales

Foto aérea escala 1:20.000 ó

Capa (layer) del SIG de la red hídrica

Procedimiento

1) Fotointerpretación

- En fotografías aéreas a escala 1:20.000, medir distancias de 0.6 y 5 cm entre los cursos de primer orden.
- Evaluar sobre la base de los resultados obtenidos a que categoría de textura de cuenca corresponde.

2) En SIG

- Transformar las medidas 0.6 y 5 cm requeridas para clasificar, en las unidades empleadas en la construcción del SIG. En nuestro caso transformamos a metros, y para ello se tiene en cuenta que en una escala

1:20.000; a 1 cm le corresponden 20.000 cm de la carta topográfica (Ej: 0.6 cm equivale a 120 metros).

- Generar un buffer con distancias de 120 y otro de 1000 m en forma automática.
- Evaluar sobre la base de los resultados obtenidos a que categoría de textura de cuenca corresponde.

Resultado

Como se observa en la Figura II-16 la Cuenca Solís Chico no es de textura fina, ya que el buffer construido de 120 m alrededor de los cursos de agua no se tocan al nivel de los cursos de primer orden. Esto implicaría que existe una mayor distancia entre estos cursos.

La Cuenca Solís Chico presenta una textura media, indicando escurrimiento, textura y permeabilidad intermedia (Fig. III-5 en Anexo III: III. A. 8. - Clasificación de Way).

Ejemplo

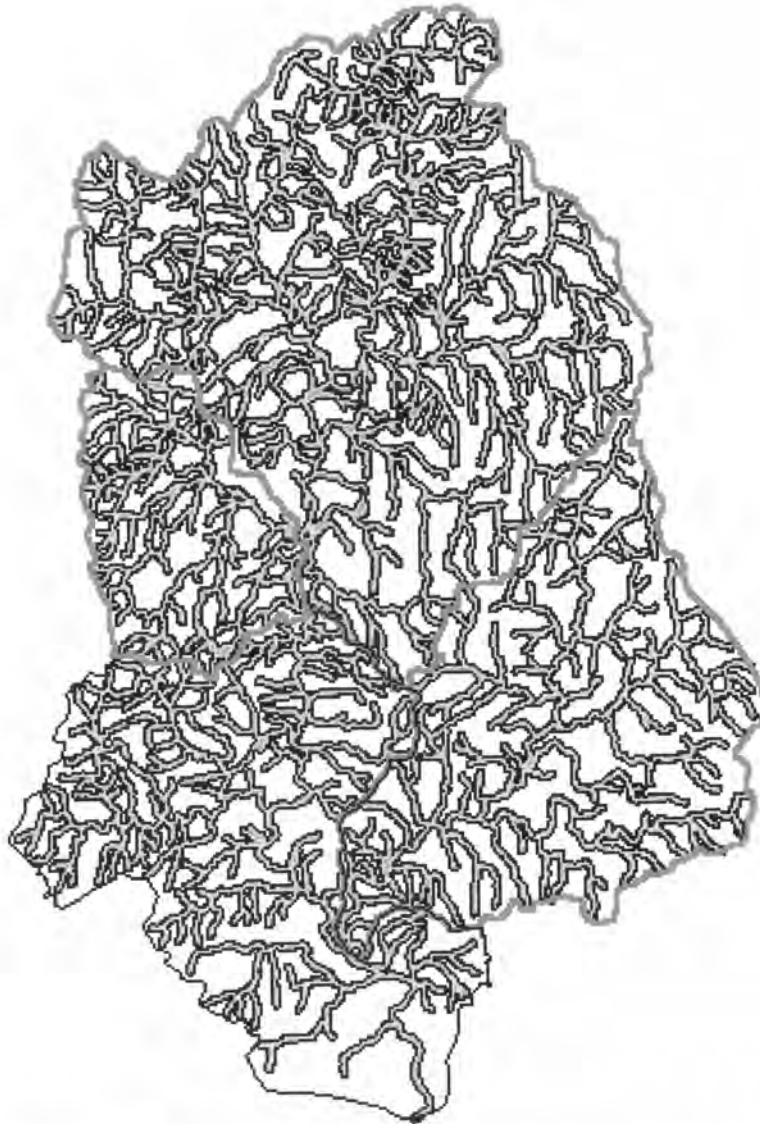


Fig. II-16: Buffer de 120 m construido alrededor de los cursos de agua en SIG

II. 4. 2. Clasificación de cuenca por su desembocadura¹²

II. 4. 2. 1. Cuencas endorreicas:

Punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago (Fig. II-17 A)

II. 4. 2. 2. Cuencas exorreicas:

Punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y ésta en otra corriente o en el mar (Fig. II-17 B).



Fig. II-17: Clasificación de las cuencas de acuerdo a su punto de salida en A endorreicas y B exorreicas.

Ejemplo:

La Cuenca Solís Chico es una cuenca exorreica, su desembocadura se abre al Río de la Plata.

II. 4. 3. Para Subcuencas

Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias en su punto de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas.

II. 5. BALANCE HIDROLÓGICO

El cálculo del **Balance Hidrológico**^{14,21} de la cuenca, trata de verificar que el volumen de agua previsto en un año medio sobre la cuenca de retención, asegure el llenado del embalse. Este volumen depende de la pluviometría local y del coeficiente de escurrimiento medio anual de las vertientes.

Se define al **Coeficiente de escurrimiento medio anual**¹⁴ como la relación del volumen medio de agua escurrida anualmente y el volumen de precipitaciones caídas en el mismo período.

Materiales

Area de la cuenca hasta el lugar de emplazamiento del embalse.

Datos pluviométricos de la Dirección Nacional de Meteorología.

Coeficiente de escurrimiento medio anual, medido en campo o interpolado de otras cuencas que se demuestren que sean similares.

Cálculo

$$V_r = 1000 E \cdot H \cdot S$$

V_r = Volumen retenido

E = Coeficiente de escurrimiento medio anual

H = Altura media anual de precipitación caída (mm)

S = Superficie de la cuenca (Km²)

Ejemplo

Se aplican los datos extraídos del estudio realizado por OEA (1971)²², en el que se determina que existe similitud entre las Cuenca de Paso Almeida con la Cuenca Solís Chico y Montevideo.

Se sintetiza la tabla del texto, de la que se toman los datos del coeficiente de escurrimiento (Tabla II-11).

Tabla II-11: Coeficiente de Esgurrimiento extrapolados para la Cuenca Solís Chico

| | Máximo (%) | Mínimo (%) | Medio (%) |
|------------------------|------------|------------|-----------|
| Coef. de Esgurrimiento | 45 | 3 | 25 |

Se calcula el Balance Hidrológico para los 3 Escenarios considerados, suponiendo que se emplaza la represa en el punto de desembocadura de cada escenario. Se consideran los datos pluviométricos de la Cuenca Solís Chico.

Ejemplo I: Escenario A: Cuenca A° Solís Chico

| Año | PP | Altura anual de PP (mm) | Coef. escurrimiento (%) | Area Cuenca (Km ²) | Volumen retenido (Vr) (m ³ 10 ⁶) |
|------|--------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|---|
| 1914 | Máxima | 1793 | 45 | 271.6 | 219.14 |
| 1925 | Mínima | 498 | 3 | 271.6 | 4.06 |

Ejemplo II: Escenario B: Cuenca A° De los Padres

| Año | PP | Altura anual de PP (mm) | Coef. escurrimiento (%) | Area Cuenca (Km²) | Volumen retenido (Vr) (m³10⁶) |
|------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1914 | Máxima | 1793 | 45 | 59.7 | 48.17 |
| 1925 | Mínima | 498 | 3 | 59.7 | 0.89 |

Ejemplo III: Escenario C: Cuenca A° Mosquitos

| Año | PP | Altura anual de PP (mm) | Coef. escurrimiento (%) | Area Cuenca (Km²) | Volumen retenido (Vr) (m³10⁶) |
|------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1914 | Máxima | 1793 | 45 | 154.6 | 124.74 |
| 1925 | Mínima | 498 | 3 | 154.6 | 2.31 |

II. 6. POLIGONO DE THIESSEN

Materiales

Área de la Cuenca (Ver Anexo II - Punto II.1.2.)

Ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas

Procedimiento

- Posicionar geográficamente sobre el plano las estaciones pluviométricas.
- Unir cada estación pluviométrica con líneas rectas punteadas, con las estaciones pluviométricas más próximas, generando triángulos (Fig. II-18 A).
- Trazar las bisectrices de cada ángulo de los triángulos punteados, donde se emplaza una estación pluviométrica, con una línea llena.
- En el centro de cada triángulo punteado se van a unir las bisectrices que partieron de cada estación pluviométrica que conforma ese triángulo (Fig. II-18 B).
- Cada estación pluviométrica quedará rodeada por tantas bisectrices como estaciones pluviométricas vecinas tenga, formando los Polígonos de Thiessen.
- El área encerrada en cada polígono y el parte aguas de la cuenca conforma el área de influencia de la estación pluviométrica correspondiente (Fig. II-18 C).

Cálculo

La **lluvia media** se calcula como el promedio pesado (usando el área de influencia del polígono de Thiessen) de las precipitaciones registradas en cada estación pluviométrica.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi}$$

A_T = Area total de la cuenca

A_i = Area de influencia de la estación i

Ejemplo

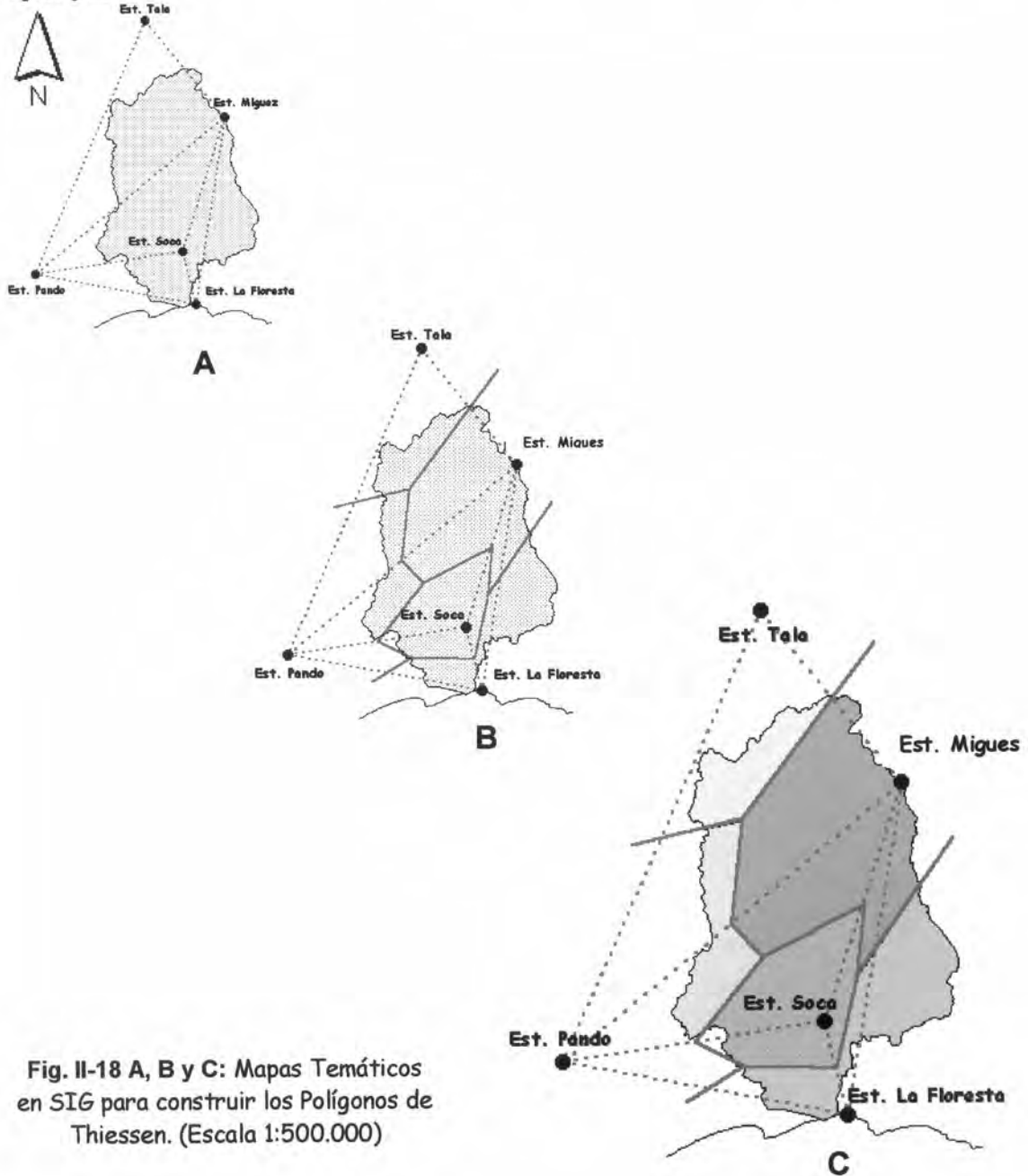


Fig. II-18 A, B y C: Mapas Temáticos en SIG para construir los Polígonos de Thiessen. (Escala 1:500.000)

II. 7. PONDERACION DE INDICES

Materiales

Mapa temático con la información a ser ponderada (Ej: Erosión, Suelos, otras).

Delimitación de la cuenca o del escenario o del área de estudio, etc. a ser ponderada.

Procedimiento

- Calcular el área en Km^2 , para cada uno de los elementos que conforman el mapa temático de interés.
- Calcular el área total (Km^2) del mapa temático (Ej: Calcular el área de la cuenca o del escenario o del área a ser estudiada).
- Generar una escala de valoración del elemento a ser valorado.
- Hacer una tabla asignando a cada elemento, su área, su valoración y el área total considerada.

Cálculo

Se puede ponderar el índice, con relación al área (Km^2) o al porcentaje (%) que ocupa del universo.

1- Ponderación con relación al área

$$\text{Indice en } \text{Km}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{l=n} \left(\text{Area del elemento}_i \times \text{Valoración}_i \right)}{\text{Area}_{\text{Total}}}$$

Área del elemento_i = se refiere a la superficie (Km^2) que ocupa cada uno de los elementos constitutivos de nuestra área de estudio.

Valoración_i = hace referencia al criterio numérico que se le ha asignado a la variable ambiental, de la que se pretende generar un índice.

2- Ponderación en relación con el porcentaje

$$\text{Índice en \%} = \frac{\sum_{i=1}^{l=n} \left(\% \text{ del elemento}_i \times \text{Valoración}_i \right)}{100\%}$$

Resultados

Los resultados permiten obtener una ponderación de una variable ambiental, valorando su desempeño con relación a, la superficie o al porcentaje que ocupa dentro del universo considerado (la cuenca, el escenario, el área de estudio delimitada u otros).

Ejemplo

Se busca el Índice de Erosión para el Escenario B: Cuenca A° De los Padres (Fig. II-19). La valoración para la erosión se presenta en la Tabla II-12.

Tabla II-12: Valoración numérica para efectuar el cálculo del Índice de Erosión

| TIPO DE EROSION | VALOR NUMERICO |
|-----------------|----------------|
| Nula | 0 |
| Ligera | 1 |
| Moderada | 2 |
| Severa | 3 |

En la Tabla II-13 se presenta por columnas los datos obtenidos empleando el SIG:

Shape: Forma poligonal para poder realizar cálculos de superficie

Id: Identificador poligonal, al que se le atribuye numeración correlativa (1, 2, ..., 12).

Cuenca: El nombre del Escenario elegido

Erosión: Hace referencia al grado de erosión (variable ambiental considerada).
 Datos extraídos de la Carta de Reconocimiento de Suelos de la República Oriental del Uruguay Escala 1:100.000 de los Departamentos de Canelones y Montevideo (1982)³³.

Area: de cada uno de los elementos en los que se dividió el área del escenario, teniendo en cuenta la variable ambiental (Grado de Erosión), expresada en m².

A_Km²: Transformación del Área, de m² a Km².

A_Escenario: Área total del Escenario B: Cuenca A° De los Padres en Km².

Z_a_e: % que ocupa cada elemento en el Escenario B: Cuenca A° De los Padres.

Índice _eh: Índice de erosión para el Escenario B: Cuenca A° De los Padres.

Tabla II-13: Información necesaria para generar el Índice de Erosión, generada en el SIG.

| Shape | Id | Cuenca | Erosión | Area | A_km2 | A_escenari | Z_a_e | Indice_e |
|---------|----|---------------|---------|-----------------|-------|------------|-------|----------|
| Polygon | 1 | De los Padres | 1 | 1676985.705223 | 1.68 | 59.70 | 2.81 | 1.54 |
| Polygon | 2 | De los Padres | 1 | 7158475.997535 | 7.16 | 59.70 | 11.99 | 1.54 |
| Polygon | 3 | De los Padres | 3 | 4362995.726895 | 4.36 | 59.70 | 7.30 | 1.54 |
| Polygon | 4 | De los Padres | 2 | 4527973.901447 | 4.53 | 59.70 | 7.59 | 1.54 |
| Polygon | 5 | De los Padres | 3 | 5950210.798171 | 5.95 | 59.70 | 9.97 | 1.54 |
| Polygon | 6 | De los Padres | 2 | 10689340.899111 | 10.69 | 59.70 | 17.91 | 1.54 |
| Polygon | 7 | De los Padres | 0 | 16658279.758750 | 16.66 | 59.70 | 27.91 | 1.54 |
| Polygon | 8 | De los Padres | 2 | 728655.868611 | 0.73 | 59.70 | 1.22 | 1.54 |
| Polygon | 9 | De los Padres | 0 | 674041.229110 | 0.67 | 59.70 | 1.12 | 1.54 |
| Polygon | 10 | De los Padres | 3 | 1600437.358912 | 1.60 | 59.70 | 2.68 | 1.54 |
| Polygon | 11 | De los Padres | 3 | 4583862.349233 | 4.58 | 59.70 | 7.67 | 1.54 |
| Polygon | 14 | De los Padres | 2 | 340408.507574 | 0.34 | 59.70 | 0.57 | 1.54 |

Aplico la primera fórmula (ponderación por Area):

$$Indice \text{ en } Km^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Area \text{ del elemento}_i \times Valoración_i)}{Area_{Total}}$$

$$I_e = \frac{1.68 \times 1 + 7.16 \times 1 + 4.36 \times 3 + 4.53 \times 2 + 5.95 \times 3 + 10.69 \times 2 + 16.66 \times 0 + 0.73 \times 2 + 0.67 \times 0 + 1.60 \times 3 + 4.58 \times 3 + 0.34 \times 2}{5970}$$

$I_e = \text{Índice de Erosión} = 1.54$

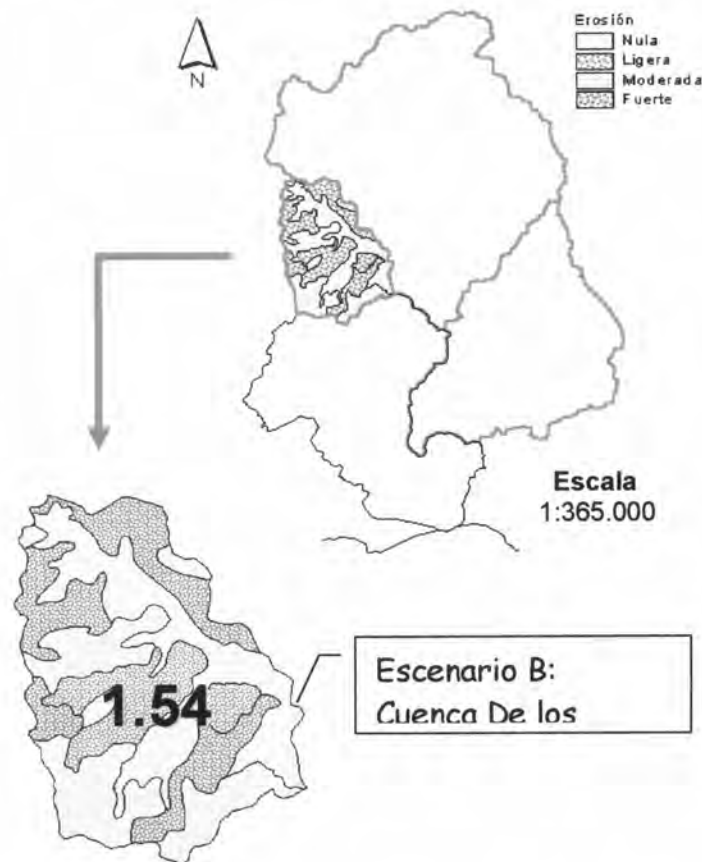


Fig. II-19: Índice ponderado de Erosión del Escenario B: Cuenca A° De los Padres.
Se presenta la superficie que ocupa cada categoría de erosión,
en relación con el área de la cuenca

II. 8. POBLACIÓN

Tasa anual media de crecimiento poblacional

El Instituto Nacional de Estadística y Censos del Uruguay (INE)⁵⁵ definir la tasa anual media de crecimiento poblacional partiendo del "supuesto de que la población crece conforme a una función exponencial del tiempo transcurrido cuya tasa anual medio de crecimiento es un valor de la tasa anual constante correspondiente al crecimiento total observado".

Materiales

Datos de población del área de interés.

Fuente: INE, censos de población

Procedimiento

- Calcular sobre la base de la información disponible del número de habitantes para diferentes censos y de la expresión matemática I, la tasa media de crecimiento de la población.
- Definir la cantidad de años para los que se desea hacer la proyección
- Introducir la cantidad de años definidos y la tasa media de crecimiento de la población en la función de crecimiento exponencial (expresión matemática II).

Expresión matemática

I) Tasa anual media de crecimiento de la población

$$r = \frac{1}{t} \log_e \frac{P_f}{P_i}$$

r = Tasa anual media de crecimiento
 t = cantidad de años del período
 P_f = Población al final del período
 P_i = Población al inicio del período

II) Función de crecimiento exponencial

$$P_f = P_i e^{rt}$$

P_f = Población al final del período
 P_i = Población al inicio del período
 t = Cantidad de años del período
 r = Tasa anual media de crecimiento de la población

Ejemplo

Tasa de crecimiento

Datos: P_f = 443.053 Hab. (Dato censo 1996)

P_i = 364.248 Hab. (Dato censo 1985)

t = 11 años

r = ?

$$r = \frac{1}{11} \ln \frac{443.053}{364.248}$$

$$r = 0.0178$$

Para el año 2005

$$P_f = 443.053 * e^{0.0178*9}$$

$$P_f = 520.031 \text{ Habitantes}$$

Para el año 2010

$$P_f = 520.031 * e^{0.0178*5}$$

$$P_f = 568.436 \text{ Habitantes}$$

Resultados

En la Tabla II-14 se aprecia la proyección calculada hasta el año 2015.

Tabla II-14: Proyección calculada hasta el año 2015

| PROYECCION | | | | |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1996 | 2005 | 2010 | 2015 |
| Habitantes | 443.053 | 520.031 | 568.436 | 621.346 |

ANEXO III:
Caracterización de la
Cuenca Solís Chico

III. A. MORFOMETRÍA

III. A. 1. INDICE DE STRAHLER

Se caracteriza la red hídrica de la Cuenca Solís Chico, aplicando el índice de Strahler^{11,12} (Ver Anexo II: II. 2. - Índices de eficiencia de una cuenca y Anexo VI - SIG), y se define su jerarquización como de Orden 6 (Fig. III-1).

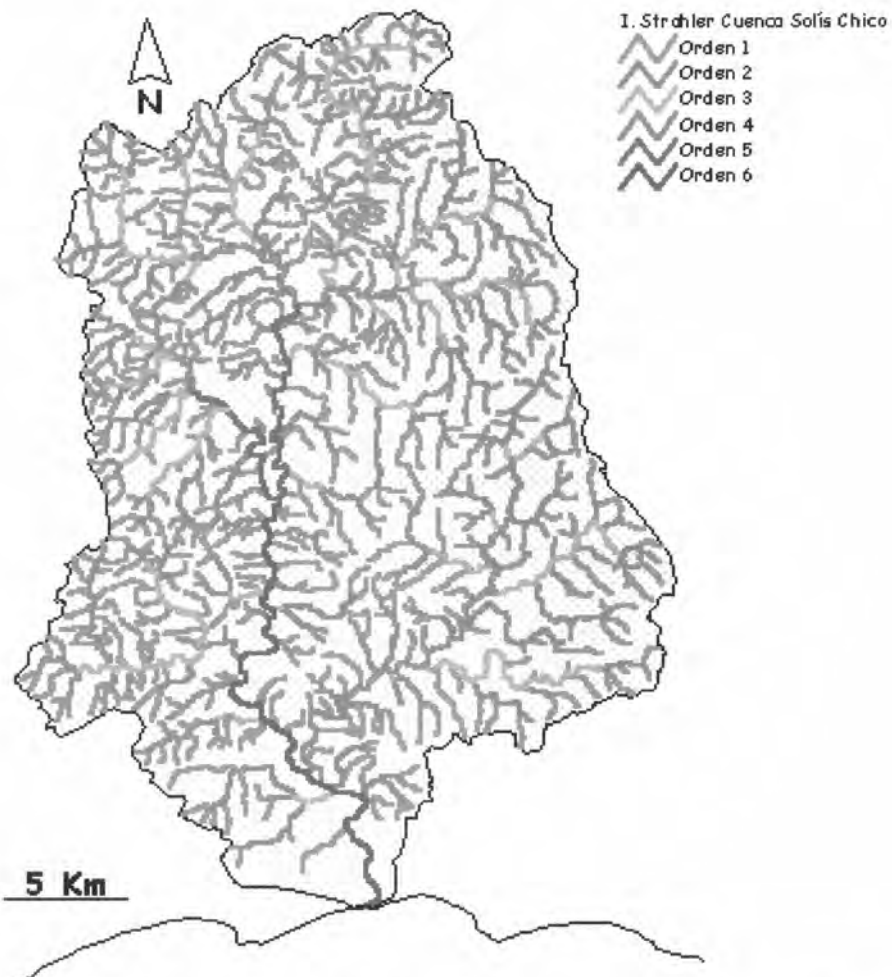


Fig. III-1: Jerarquización de la Cuenca Solís Chico empleando el Índice de Strahler

En la Tabla III-1 se presenta la distribución de cursos de agua o segmentos presentes en cada orden, representados en la Fig. III-1 con diferentes colores.

Tabla III-1*: Distribución de segmentos por orden de la Cuenca Solís Chico

| ORDEN | CANTIDAD DE SEGMENTOS* |
|-------|------------------------|
| 1 | 617 |
| 2 | 152 |
| 3 | 29 |
| 4 | 6 |
| 5 | 2 |
| 6 | 1 |

*Datos calculados en el SIG

El Índice de Strahler permite comparar cuencas en relación con su respuesta a las precipitaciones, atribuyendo a un orden mayor una mayor respuesta.

Por otro lado, en cuencas donde no se dispone información, permite una primera aproximación para su caracterización.

Un índice de Strahler elevado - como en este caso - implica además de tener una mayor respuesta a las tormentas, que sus suelos se erosionan fácilmente o que son relativamente impermeables, su cobertura vegetal puede ser escasa y sus pendientes pueden ser altas¹³ (Ver Anexo II - Punto II.2.1. en Interpretación de los datos).

Este índice nos permite comparar diversas cuencas para ver sus respuestas a las tormentas.

III. A. 2. INDICE Y TASA DE BIFURCACIÓN^{11,17}

Con la información del Índice de Strahler se analiza la relación entre el número de segmentos de cada orden con el orden inmediato superior, generando así una relación de bifurcación. En este caso (Ver Anexo II – Punto II.2.2. en Ejemplo), la relación de bifurcación para la Cuenca Solís Chico se encuentra entre 2.00 y 5.24 significando que la densidad de drenaje está controlada por la forma de la cuenca, no siendo homogénea de un área a otra. Este resultado, es coincidente con la información disponible de esta cuenca (Ver Anexo III: III. B. 4. - Geología).

Este índice se podría emplear en aquellas cuencas donde no se dispone de información para generar hipótesis de trabajo.

La Tasa de Bifurcación¹⁷ para la Cuenca Solís Chico es de $R_b = 0.27$. Este dato nos permite comparar cuencas (Ver Anexo II – 2.3. Cálculo de la Tasa de Bifurcación).

III. A. 3. INDICE DE DENSIDAD

III. A. 3. 1. Indicador de densidad de cursos de agua¹⁴

La Cuenca Solís Chico se caracteriza por presentar una densidad de cursos de agua de 1.25 segmentos/Km² (Ver Anexo II - Punto II. 2. 4. - A. Indicador de densidad de cursos de agua).

III. A. 3. 2. Indicador de densidad de drenaje¹⁴

La densidad de drenaje, brinda información sobre la longitud de los cursos de agua correspondiéndole 1664.1 m/Km² (Ver Anexo II – Punto II. 2. 4. - B. Indicador de densidad de drenaje).

Ambos índices permiten caracterizar las diferentes cuencas en relación con la capacidad de respuesta que presentan a las tormentas. Mayores densidades son correspondidas con alto escurrimiento, baja permeabilidad o geología más resistente, vegetación escasa y relieve accidentado.

Esta información permite contrastar cuencas.

III. A. 4. PENDIENTE MEDIA

La pendiente media^{13,15} también es un indicador de la respuesta de la Cuenca a las tormentas. Se aplica el método de Taylor y Schwart¹³ (Ver Anexo II – Punto II.3.4.2.: Indicador de Pendiente Media – Método B). El resultado para la Cuenca Solís Chico es de 0.82×10^{-3} presentando baja respuesta a las precipitaciones (Fig. III-2).

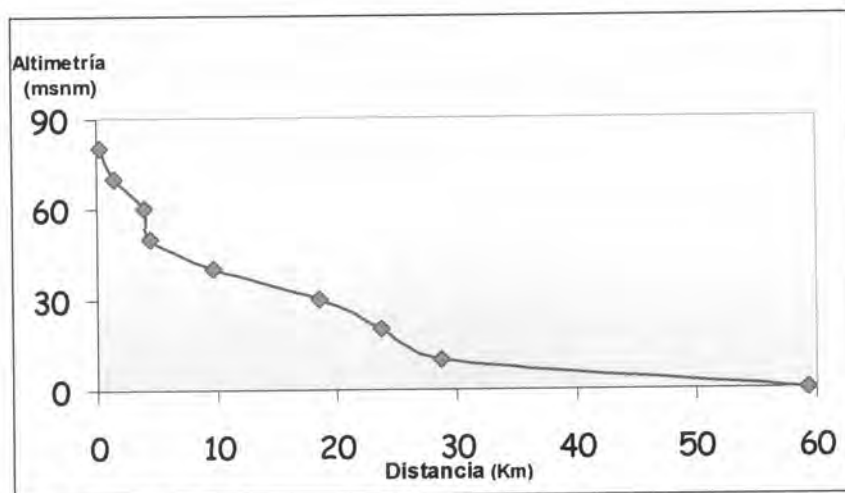


Fig. III-2: Gráfico de la pendiente donde se visualiza el perfil del cauce principal del A° Solís Chico

Se observa en la Figura III-2, que el perfil del curso de agua se encuentra fuertemente influenciado por la baja pendiente que presenta su tramo inferior.

Se puede decir que el sistema tiene un tramo superior con alta pendiente media y un tramo inferior con muy baja pendiente. Se entiende interesante considerar esta situación en el momento de la búsqueda del emplazamiento de la toma de agua.

III. A. 5. INDICE DE SINUOSIDAD

Se aplica el índice de sinuosidad¹⁷ para la Cuenca Solís Chico obteniéndose un resultado de 1.58 (Fig. III-3). Se puede decir que esta cuenca presenta una sinuosidad entre "regular" e "irregular" (Ver Anexo II - Punto II.2.5.: Índice de Sinuosidad).

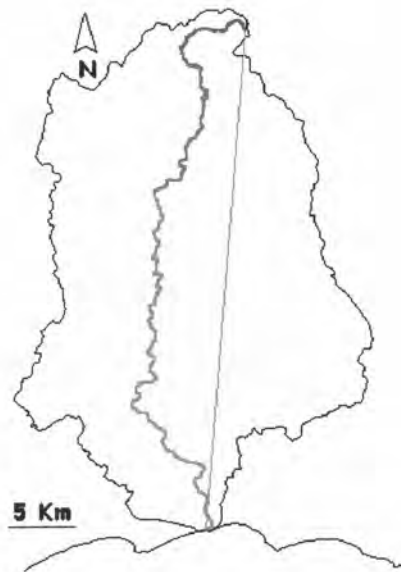


Fig. III-3: Índice de Sinuosidad para la Cuenca Solís Chico (Coberturas de SIG).

Para este autor, esta cuenca ya se encontraría con la capacidad de generar formas de meandros.

III. A. 6. INDICE DE FORMA

Se evalúa el índice de forma^{11,16} con relación a tres formas geométricas, el triángulo, el círculo y el rectángulo (Ver Anexo II - Punto II.3.2.: Índice de Forma). La Cuenca Solís Chico presenta un mejor ajuste con la forma del círculo (Fig. III-4). Esto implicaría que esta cuenca presenta cierta susceptibilidad a las inundaciones.

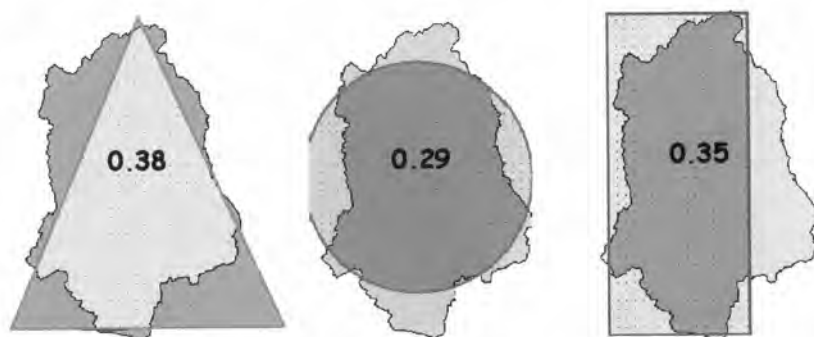


Fig. III-4: Índice de forma, se compara la forma de la Cuenca Solís Chico con tres formas geométricas.

III. A. 7. INDICE DE CIRCULARIDAD

El índice de circularidad¹⁶ brinda información sobre el deterioro de la cuenca. Cuanto más se aproxima el valor de este índice a 1, mayor es el riesgo de crecidas (Ver Anexo II - Punto II. 3. 3.: Índice de circularidad). Para la cuenca en estudio el índice es de 0.47, representando un riesgo intermedio.

III. A. 8. CLASIFICACION DE WAY¹⁸

Según la clasificación de Way¹⁸ (1978) (Ver Anexo II - Punto II.4.1.: Clasificación de Cuencas) la Cuenca Solís Chico se constituye con una textura media, ya que el espaciamiento entre los cursos de primer orden se encuentra entre 120 y 1000 m de distancia. Esto permite caracterizar el área como una cuenca de textura, escorrentía y permeabilidad intermedia (Fig. III-5).

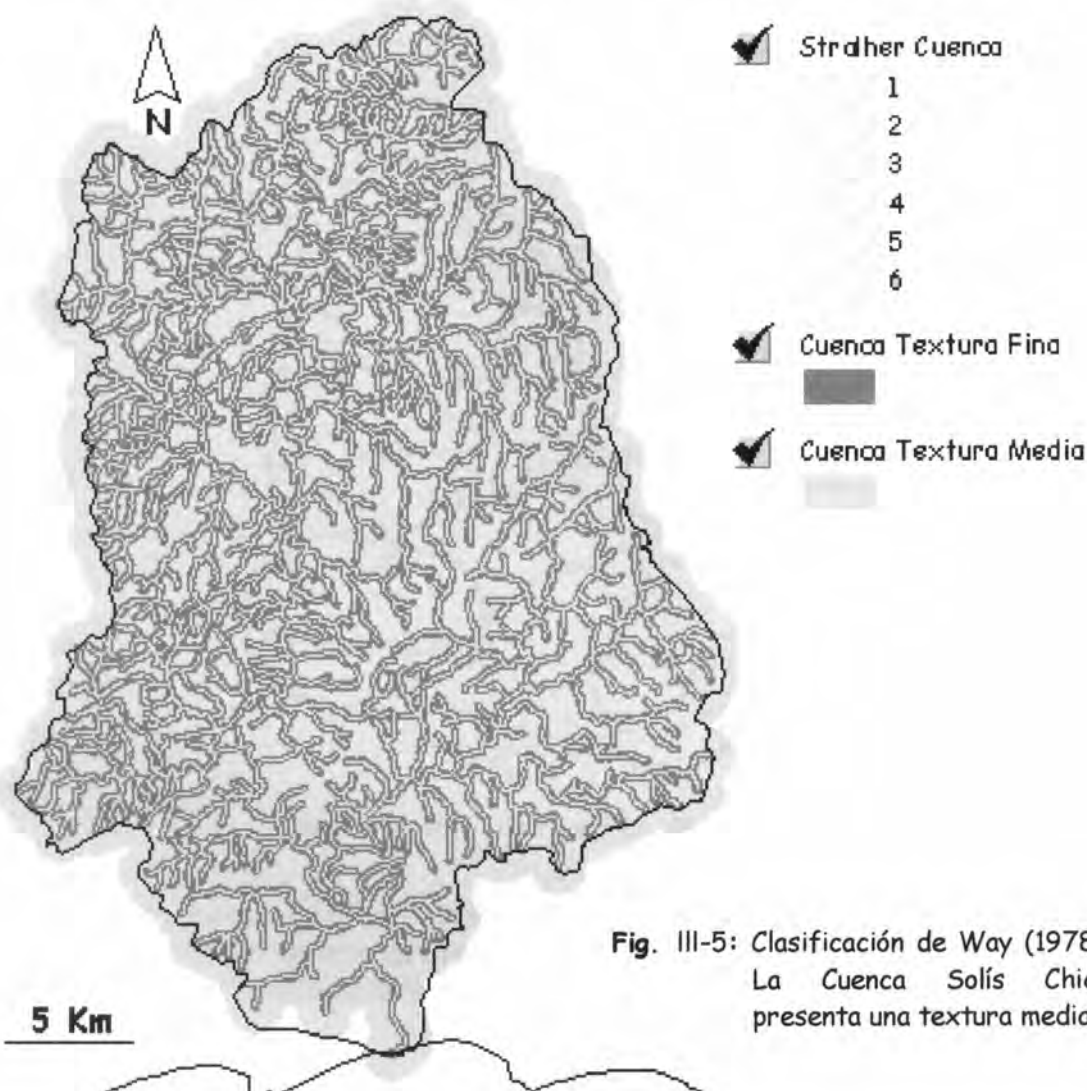


Fig. III-5: Clasificación de Way (1978). La Cuenca Solís Chico presenta una textura media.

III. B. ASPECTOS FÍSICOS

III. B. 1. PRECIPITACIONES

Tomando la información pluviométrica nacional del período 1931-1980 la Dirección Nacional de Meteorología¹ en su Dirección de Climatología y Documentación, determina el campo de precipitaciones anuales. De él se desprende que la zona en estudio presenta una precipitación total media anual en el entorno de los 1000 mm (Fig. III-6).

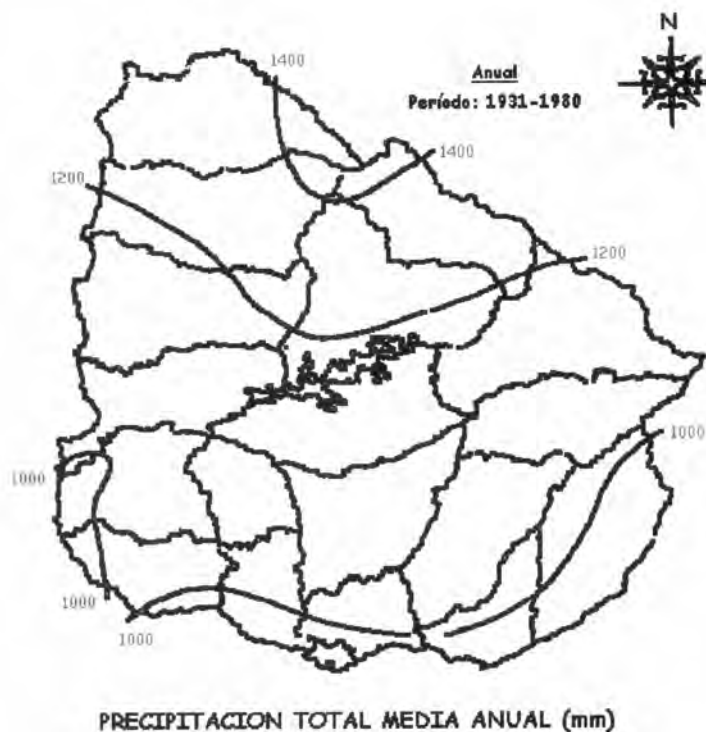


Fig. III-6: Precipitaciones totales medias anuales del período 1931-1980 del país, donde se observa que el Departamento de Canelones se encuentra en el entorno de la Isoyeta de 1000 mm. (Tomado de: D.N.M. - Dirección de Climatología y Documentación)

¹ D.N.M.: Dirección Nacional de Meteorología

De acuerdo a Nagy et al. (2002)¹⁹ existiría una tendencia incremental de las precipitaciones medias anuales a escala nacional y en particular para la estación pluviométrica del Prado (1883-2000), Dada la cercanía espacial de esta estación pluviométrica del Prado con la Cuenca Solís Chico (Fig. III-7), parece plausible pensar que esta situación sea homologable para el área.

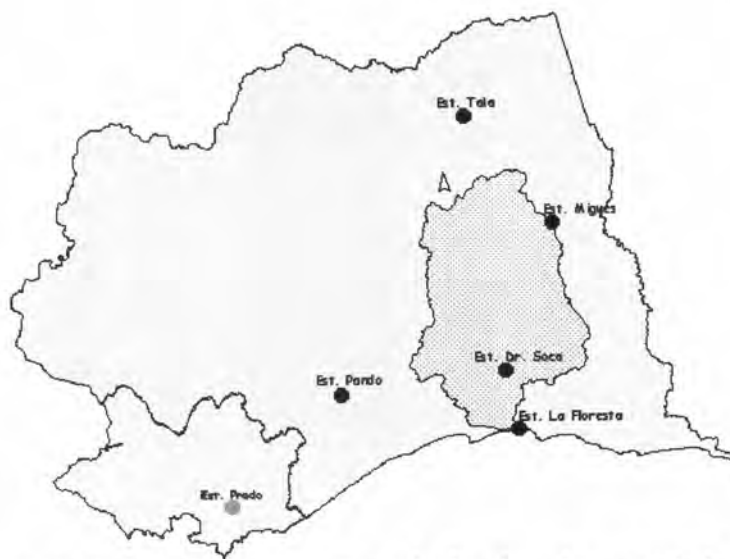


Fig. III-7: Cuenca Solís Chico (Departamento de Canelones) y en rojo la Estación Pluviométrica del Prado (Departamento de Montevideo) (Escala 1:775.000)

A los efectos de la elección de una serie histórica de datos pluviométricos se visualiza el comportamiento pluviométrico de la serie 1912-2000 (Tabla III-2) perteneciente a la Cuenca Solís Chico. Para ello, se siguió su evolución en relación a la pluviometría nacional, tomada globalmente en un año civil (Enero-Diciembre).

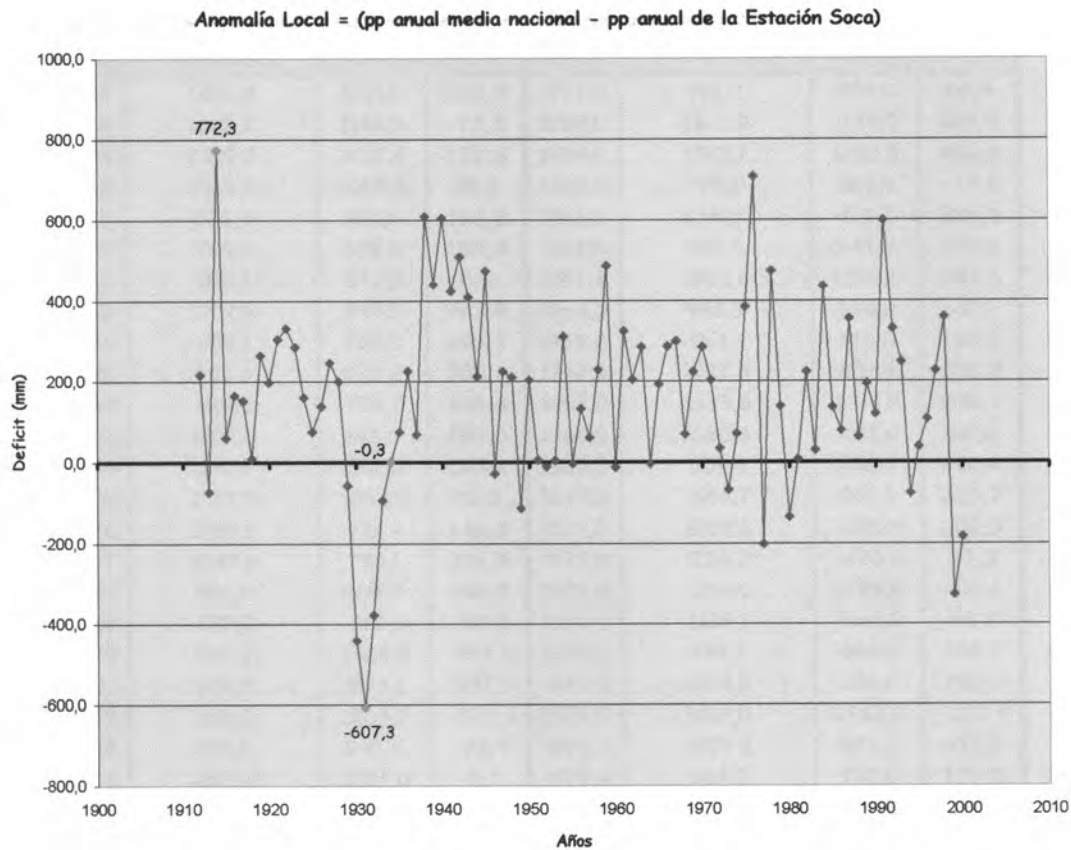


Fig. III-8: Anomalía Local pluviométrica, considerando la Estación Pluviométrica Dr. Soca (Datos: D.N.M.)

La "anomalía local" se determinó como la diferencia entre la Precipitación Anual Media Nacional y la Precipitación Anual de la Estación Dr. Soca, que ocupa la posición central en la cuenca (Fig. III -7 y Tabla III -2).

Tabla III-2: Cálculo del Déficit pluviométrico
 (Anomalía Local = PP Anual Media Nacional - PP Anual Est. Dr. Soca)

| AÑO | pp. Anual Media Nacional (A) | pp. Anual Soca (B) | Déficit (A-B) | AÑO | pp. Anual Media Nacional (A) | pp. Anual Soca (B) | Déficit (A-B) |
|------|------------------------------|--------------------|---------------|--------|------------------------------|--------------------|---------------|
| 1912 | 1496,8 | 1281,6 | 215,2 | 1957,0 | 913,9 | 854,0 | 59,9 |
| 1913 | 1075,2 | 1148,9 | -73,7 | 1958,0 | 1372,0 | 1144,0 | 228,0 |
| 1914 | 2399,7 | 1627,4 | 772,3 | 1959,0 | 1788,7 | 1302,5 | 486,2 |
| 1915 | 1068,5 | 1009,3 | 59,2 | 1960,0 | 775,0 | 788,0 | -13,0 |
| 1916 | 574,4 | 410,6 | 163,8 | 1961,0 | 1041,7 | 718,4 | 323,3 |
| 1917 | 706,6 | 555,8 | 150,8 | 1962,0 | 844,6 | 641,0 | 203,6 |
| 1918 | 856,3 | 848,2 | 8,1 | 1963,0 | 1564,6 | 1280,0 | 284,6 |
| 1919 | 1207,0 | 943,5 | 263,5 | 1964,0 | 965,9 | 970,0 | -4,1 |
| 1920 | 958,1 | 762,0 | 196,1 | 1965,0 | 961,1 | 769,0 | 192,1 |
| 1921 | 933,3 | 630,2 | 303,1 | 1966,0 | 1087,8 | 802,5 | 285,3 |
| 1922 | 1106,1 | 775,7 | 330,4 | 1967,0 | 1333,6 | 1034,5 | 299,1 |
| 1923 | 1103,0 | 818,0 | 285,0 | 1968,0 | 1080,6 | 1012,0 | 68,6 |
| 1924 | 841,1 | 682,0 | 159,1 | 1969,0 | 857,4 | 635,0 | 222,4 |
| 1925 | 1127,0 | 1052,0 | 75,0 | 1970,0 | 1184,7 | 901,0 | 283,7 |
| 1926 | 1055,8 | 919,0 | 136,8 | 1971,0 | 1205,0 | 1003,0 | 202,0 |
| 1927 | 1040,6 | 796,1 | 244,5 | 1972,0 | 1253,3 | 1220,0 | 33,3 |
| 1928 | 896,5 | 698,0 | 198,5 | 1973,0 | 1156,6 | 1225,0 | -68,4 |
| 1929 | 727,8 | 785,1 | -57,3 | 1974,0 | 1133,1 | 1064,0 | 69,1 |
| 1930 | 984,3 | 1426,9 | -442,6 | 1975,0 | 984,2 | 600,5 | 383,7 |
| 1931 | 969,8 | 1577,1 | -607,3 | 1976,0 | 1214,0 | 506,0 | 708,0 |
| 1932 | 885,0 | 1264,3 | -379,3 | 1977,0 | 1519,0 | 1722,0 | -203,0 |
| 1933 | 851,6 | 945,5 | -93,9 | 1978,0 | 1359,2 | 886,5 | 472,7 |
| 1934 | 1206,7 | 1207,0 | -0,3 | 1979,0 | 884,0 | 747,0 | 137,0 |
| 1935 | 750,2 | 676,0 | 74,2 | 1980,0 | 1333,5 | 1469,5 | -136,0 |
| 1936 | 1230,6 | 1006,5 | 224,1 | 1981,0 | 1290,5 | 1284,1 | 6,4 |
| 1937 | 822,1 | 753,4 | 68,7 | 1982,0 | 1182,1 | 960,0 | 222,1 |
| 1938 | 1212,4 | 603,5 | 608,9 | 1983,0 | 1300,4 | 1271,5 | 28,9 |
| 1939 | 1056,3 | 616,5 | 439,8 | 1984,0 | 1550,7 | 1116,0 | 434,7 |
| 1940 | 1557,6 | 953,0 | 604,6 | 1985,0 | 1241,2 | 1106,5 | 134,7 |
| 1941 | 1095,3 | 672,5 | 422,8 | 1986,0 | 1577,8 | 1500,0 | 77,8 |
| 1942 | 1103,7 | 596,0 | 507,7 | 1987,0 | 1134,8 | 781,0 | 353,8 |
| 1943 | 1164,8 | 757,0 | 407,8 | 1988,0 | 1012,9 | 951,0 | 61,9 |
| 1944 | 972,3 | 762,0 | 210,3 | 1989,0 | 825,1 | 632,0 | 193,1 |
| 1945 | 1017,6 | 544,6 | 473,0 | 1990,0 | 1372,6 | 1254,5 | 118,1 |
| 1946 | 1084,2 | 1112,5 | -28,3 | 1991,0 | 1418,1 | 818,6 | 599,5 |
| 1947 | 792,3 | 569,0 | 223,3 | 1992,0 | 1117,1 | 787,5 | 329,6 |
| 1948 | 900,5 | 691,5 | 209,0 | 1993,0 | 1436,2 | 1188,5 | 247,7 |
| 1949 | 1004,3 | 1118,5 | -114,2 | 1994,0 | 1041,5 | 1118,5 | -77,0 |
| 1950 | 999,8 | 798,0 | 201,8 | 1995,0 | 970,0 | 932,0 | 38,0 |
| 1951 | 1187,0 | 1183,0 | 4,0 | 1996,0 | 919,1 | 813,5 | 105,6 |
| 1952 | 1091,6 | 1102,0 | -10,4 | 1997,0 | 1240,6 | 1015,0 | 225,6 |
| 1953 | 1274,2 | 1270,5 | 3,7 | 1998,0 | 1259,4 | 900,6 | 358,8 |
| 1954 | 1007,9 | 697,5 | 310,4 | 1999,0 | 995,0 | 1323,1 | -328,1 |
| 1955 | 871,7 | 875,5 | -3,8 | 2000,0 | 1331,3 | 1515,4 | -184,1 |
| 1956 | 1184,0 | 1053,0 | 131,0 | | | | |

Datos: D.N.M.

De acuerdo a lo definido se pudo observar en la figura III-8 que:

- ◆ El año 1914 se presenta una *Anomalía Negativa*: Significando que la Precipitación Anual Media Nacional (2399.7 mm) sobrepasa la Precipitación Anual de la Estación Dr. Soca (1627.4 mm) en 772.3 mm (Tabla III-2).
- ◆ El año 1934 se presenta como un año *Neutro*: Significando que en la Estación Dr. Soca precipita igual volumen de agua que el Anual Medio Nacional (Tabla III-2).
- ◆ El año 1931 es de *Anomalía Positiva*: Significando que la precipitación anual de la Estación Dr. Soca (1577.1 mm) en relación con la Precipitación Anual Media Nacional (969.8 mm) se excede en 607.3 mm (Tabla III-2).

Por lo antes expuesto se selecciona para el presente trabajo, una serie de 30 años^{18,19} -comprendida entre los años 1914-1944- que contempla las situaciones extremas de anomalías en el área de estudio.

Posteriormente se localizan las Estaciones Pluviométricas y su área de influencia y se aplica el Método de Thiessen (Anexo II - Punto II.6.: Polígonos de Thiessen) (Fig. III-9).

- ◆ Estación Dr. Soca (N° 2848), área 129.45 Km²
- ◆ Estación La Floresta (N° 2872), área 121.15 Km²

- ◆ Estación Migue (N° 2792A), área 262.57 Km²
- ◆ Estación Pando (N° 2846B), área 71.80 Km² y
- ◆ Estación Tala (N° 2715), área 59.03 Km²

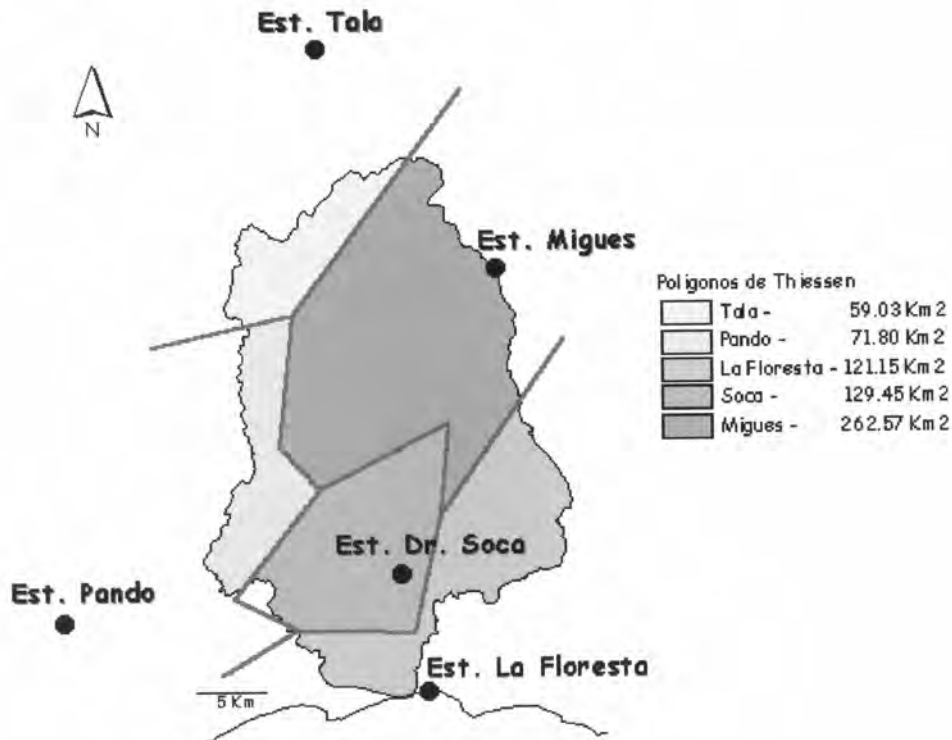


Fig. III-9: Cuenca Solís Chico, Estaciones Pluviométricas y Polígonos de Thiessen Coberturas de SIG

Se analiza el conjunto de Estaciones Pluviométricas que se encuentran en el área y su zona de adyacencia (Fig. III-9). Se toman aquellas que tuvieron la serie pluviométrica seleccionada con sus datos completos y que cubrieran la totalidad del área, para definir los Polígonos de Thiessen^{13,14,22,23} (Ver Anexo II - Punto II.6.: Polígonos de Thiessen - Cálculo).

En la Figura III-10 se presenta la distribución de las precipitaciones medias anuales para la Cuenca Solís Chico ponderadas por Thiessen. En ella, se aprecia que en el año 1914 se dio un máximo de 1793 mm de precipitación en la cuenca. En contraposición, el menor registro de la serie 1914-1944 se presenta en el año 1925 con 498 mm, considerando los datos en un año civil (Enero - Diciembre).

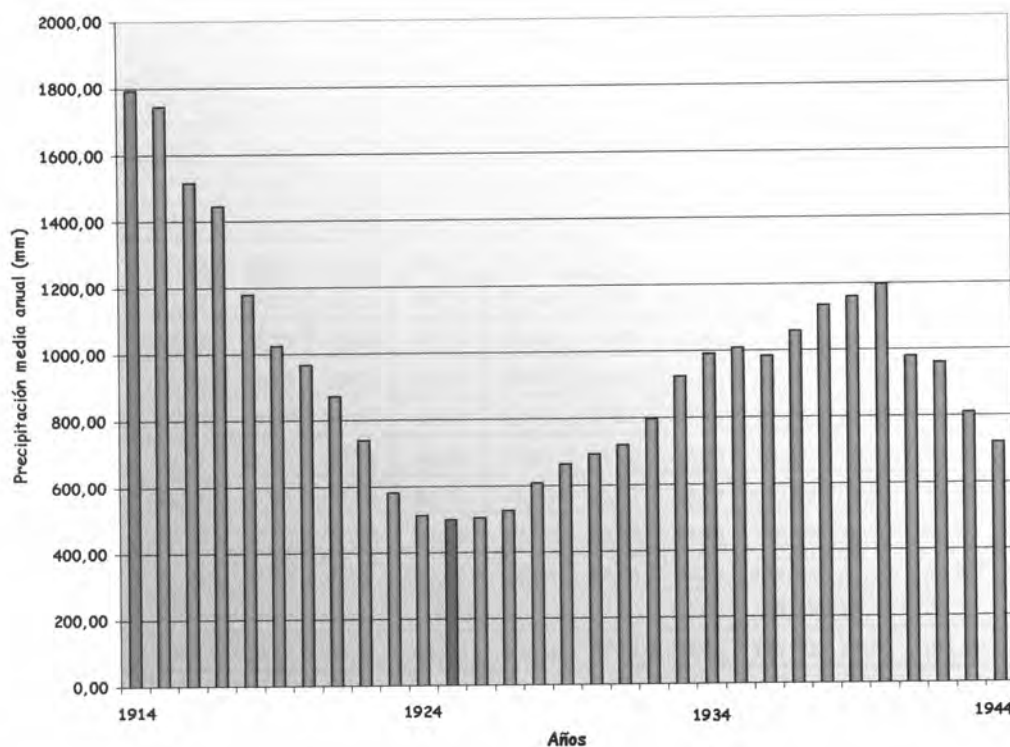


Fig. III-10: Distribución de las precipitaciones medias anuales del período 1914-1944 (Datos: D.N.M.)

Con los datos de las precipitaciones mensuales de la serie 1914-1944 (Tabla III-3), se construye el histograma de su distribución ^{13,14,22,23} (Fig. III-11).

**Tabla III-3: Precipitaciones mensuales ponderadas por el Método de Thiessen
(Período 1914-1944)**

| MESES | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1914 | 89,84 | 91,33 | 131,25 | 206,68 | 247,80 | 133,29 | 194,55 | 164,80 | 203,59 | 92,96 | 93,94 | 143,69 |
| 1915 | 69,48 | 86,30 | 102,35 | 168,30 | 205,67 | 133,93 | 184,27 | 154,71 | 196,38 | 126,34 | 136,93 | 181,12 |
| 1916 | 72,76 | 98,50 | 111,72 | 176,56 | 181,58 | 104,00 | 146,10 | 128,53 | 165,80 | 94,40 | 103,00 | 134,03 |
| 1917 | 70,24 | 83,61 | 101,28 | 188,66 | 218,81 | 88,93 | 165,76 | 114,86 | 156,63 | 75,85 | 80,20 | 100,60 |
| 1918 | 90,57 | 106,21 | 84,96 | 148,33 | 150,80 | 51,35 | 112,08 | 77,18 | 104,64 | 75,16 | 85,81 | 92,39 |
| 1919 | 121,39 | 110,22 | 98,95 | 135,97 | 114,39 | 22,36 | 88,47 | 54,49 | 67,26 | 60,11 | 68,55 | 82,16 |
| 1920 | 84,22 | 74,87 | 67,85 | 101,73 | 90,95 | 39,69 | 70,81 | 67,94 | 81,79 | 85,33 | 98,81 | 101,75 |
| 1921 | 94,07 | 102,48 | 66,22 | 91,92 | 88,51 | 26,05 | 48,41 | 54,94 | 81,55 | 58,32 | 82,36 | 75,79 |
| 1922 | 97,73 | 94,03 | 55,28 | 106,55 | 90,06 | 17,30 | 28,29 | 43,70 | 60,28 | 32,83 | 56,25 | 56,94 |
| 1923 | 65,55 | 47,29 | 26,61 | 58,79 | 56,01 | 16,61 | 14,03 | 45,92 | 95,39 | 26,76 | 71,95 | 56,71 |
| 1924 | 48,91 | 29,26 | 13,08 | 32,30 | 42,01 | 10,70 | 4,84 | 45,11 | 97,81 | 17,26 | 85,06 | 86,78 |
| 1925 | 28,37 | 20,15 | 19,68 | 33,85 | 36,82 | 23,29 | 17,16 | 44,47 | 68,33 | 35,99 | 74,21 | 96,25 |
| 1926 | 39,42 | 40,25 | 27,02 | 43,93 | 36,71 | 33,40 | 13,90 | 40,63 | 71,97 | 32,76 | 59,29 | 64,66 |
| 1927 | 30,95 | 45,76 | 25,35 | 43,88 | 43,73 | 32,07 | 10,68 | 40,47 | 68,12 | 28,44 | 61,96 | 94,38 |
| 1928 | 45,47 | 58,97 | 44,18 | 60,81 | 43,01 | 58,67 | 20,93 | 41,93 | 63,17 | 47,10 | 48,24 | 75,97 |
| 1929 | 51,22 | 102,74 | 53,81 | 74,36 | 48,07 | 80,73 | 21,64 | 29,84 | 68,00 | 47,93 | 26,08 | 59,22 |
| 1930 | 50,90 | 72,51 | 37,06 | 60,24 | 44,86 | 69,91 | 29,36 | 47,33 | 88,34 | 58,37 | 49,19 | 84,27 |
| 1931 | 73,11 | 76,27 | 37,01 | 65,64 | 60,20 | 75,45 | 24,42 | 50,04 | 105,85 | 39,66 | 43,23 | 67,93 |
| 1932 | 87,95 | 87,03 | 38,53 | 77,18 | 61,83 | 92,40 | 29,86 | 49,33 | 109,93 | 40,59 | 40,76 | 81,01 |
| 1933 | 91,87 | 71,81 | 37,12 | 62,51 | 87,29 | 96,56 | 39,94 | 66,72 | 154,12 | 41,10 | 64,65 | 109,80 |
| 1934 | 93,90 | 90,18 | 43,38 | 48,67 | 119,69 | 95,19 | 38,00 | 82,52 | 175,06 | 25,16 | 72,38 | 107,65 |
| 1935 | 66,19 | 59,38 | 52,16 | 54,28 | 93,86 | 106,20 | 57,67 | 89,54 | 141,82 | 65,75 | 102,37 | 119,68 |
| 1936 | 69,75 | 49,62 | 67,58 | 61,63 | 117,19 | 146,88 | 50,53 | 70,20 | 145,23 | 41,29 | 69,22 | 93,44 |
| 1937 | 107,14 | 66,89 | 64,61 | 74,77 | 121,99 | 145,58 | 54,02 | 74,21 | 152,74 | 31,60 | 68,61 | 95,41 |
| 1938 | 82,91 | 30,01 | 83,10 | 98,43 | 114,41 | 203,23 | 75,24 | 61,06 | 142,34 | 41,13 | 75,08 | 128,08 |
| 1939 | 91,06 | 26,12 | 95,12 | 128,93 | 133,88 | 240,63 | 83,70 | 45,54 | 145,91 | 22,63 | 57,32 | 88,63 |
| 1940 | 60,25 | 26,07 | 62,00 | 92,83 | 101,61 | 163,70 | 91,39 | 67,11 | 132,64 | 91,68 | 109,25 | 197,51 |
| 1941 | 49,34 | 18,53 | 60,11 | 92,72 | 84,30 | 152,96 | 67,51 | 39,74 | 106,32 | 77,85 | 91,71 | 137,38 |
| 1942 | 69,42 | 31,63 | 74,01 | 100,65 | 87,12 | 173,04 | 76,50 | 28,92 | 107,99 | 56,27 | 79,79 | 74,26 |
| 1943 | 28,46 | 22,91 | 49,66 | 73,35 | 54,95 | 91,04 | 60,88 | 29,11 | 59,13 | 111,16 | 101,16 | 128,66 |
| 1944 | 16,63 | 25,43 | 65,85 | 66,22 | 53,41 | 53,24 | 44,48 | 13,43 | 29,26 | 123,96 | 109,27 | 118,56 |

Datos: D.N.M.

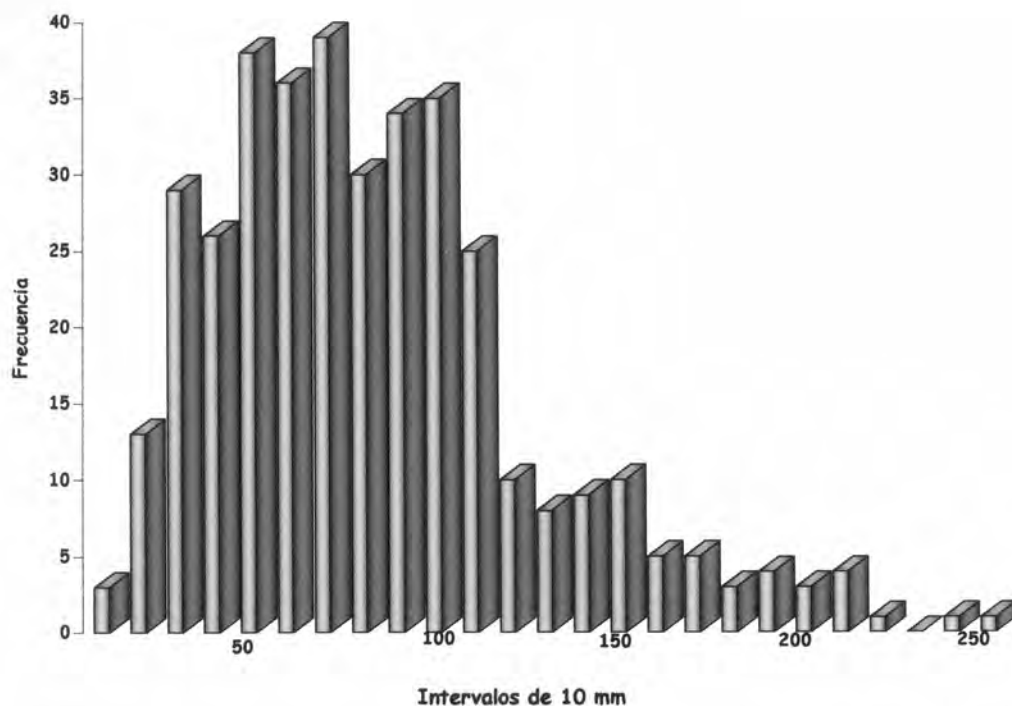


Fig. III-11: Histograma de frecuencia de las precipitaciones mensuales del período 1914-1944, datos ponderados por el Método de Thiessen.

Tabla III-4: Datos estadísticos de la distribución del histograma de frecuencias de precipitaciones mensuales del período 1914-1944.

| Elementos | Mínimo (mm) | Moda (mm) | Mediana (mm) | Promedio (mm) | Máximo (mm) |
|-----------|-------------|-----------|--------------|---------------|-------------|
| 372 | 4.84 | 60 | 71.96 | 78.78 | 247.80 |

En la Tabla III-4 se ve que la moda del histograma de frecuencias mensuales se encuentra en 60 mm, representando el 10.48% de ocurrencia del evento en la serie 1914-1944. El 56.99% de los eventos corresponde al intervalo de frecuencias

entre 50 y 100 mm de precipitación mensual, comprendiendo este rango al valor de la mediana (71.96 mm).

Se analiza los datos desde un punto de vista estacional, iniciándose el verano en el mes de Diciembre (Fig. III-12 y Tabla III-5).

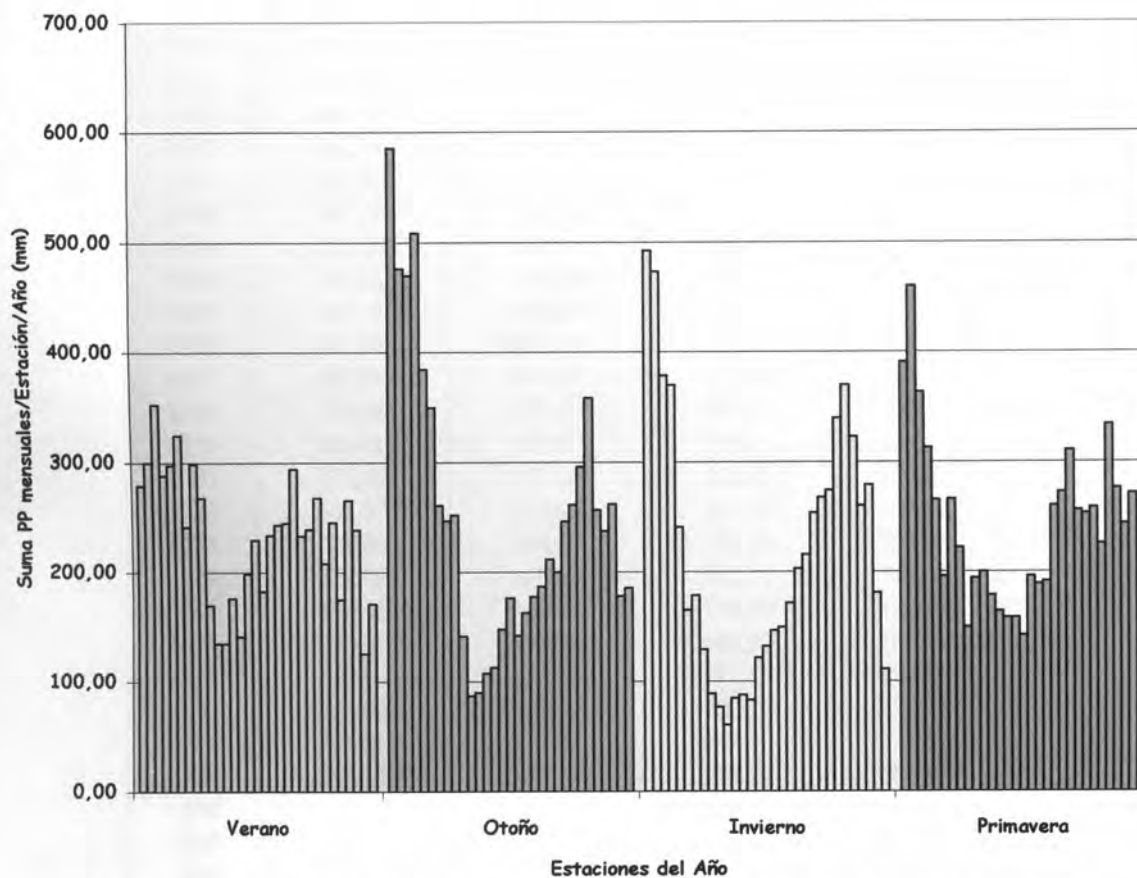


Fig. III-12: Distribución de las precipitaciones mensuales agrupadas por estaciones del año y por años (Período 1914-1944)

En la Fig. III-11 se observa durante el Verano, un comportamiento más homogéneo en cuanto a la precipitación mensual, con mínimos y máximos más acotados (Tabla III-6).

Para la estación de Invierno se registraron las menores precipitaciones y la Primavera presenta el valor más alto de la mediana (Tabla III-6).

Tabla III-5: Precipitaciones totales mensuales agrupadas por estaciones del año, período 1914-1944 en mm.

Verano (Diciembre-Enero-Febrero); Otoño (Marzo-Abril-Mayo)
Invierno (Junio-Julio-Agosto); Primavera (Setiembre-October-Noviembre)

| Año | ESTACIONES DEL AÑO | | | |
|------|--------------------|--------|----------|-----------|
| | Verano | Otoño | Invierno | Primavera |
| 1914 | 278,63 | 585,73 | 492,64 | 390,50 |
| 1915 | 299,47 | 476,32 | 472,91 | 459,65 |
| 1916 | 352,38 | 469,86 | 378,63 | 363,20 |
| 1917 | 287,88 | 508,75 | 369,55 | 312,68 |
| 1918 | 297,38 | 384,09 | 240,61 | 265,61 |
| 1919 | 324,00 | 349,31 | 165,33 | 195,92 |
| 1920 | 241,25 | 260,53 | 178,44 | 265,92 |
| 1921 | 298,3 | 246,65 | 129,39 | 222,22 |
| 1922 | 267,55 | 251,89 | 89,29 | 149,36 |
| 1923 | 169,78 | 141,40 | 76,55 | 194,11 |
| 1924 | 134,88 | 87,40 | 60,66 | 200,14 |
| 1925 | 135,3 | 90,35 | 84,92 | 178,52 |
| 1926 | 175,92 | 107,66 | 87,93 | 164,02 |
| 1927 | 141,37 | 112,95 | 83,23 | 158,52 |
| 1928 | 198,82 | 148,00 | 121,53 | 158,50 |
| 1929 | 229,93 | 176,24 | 132,21 | 142,01 |
| 1930 | 182,63 | 142,16 | 146,60 | 195,89 |
| 1931 | 233,65 | 162,85 | 149,92 | 188,75 |
| 1932 | 242,91 | 177,55 | 171,58 | 191,28 |
| 1933 | 244,69 | 186,92 | 203,22 | 259,86 |
| 1934 | 293,88 | 211,74 | 215,70 | 272,60 |
| 1935 | 233,22 | 200,30 | 253,40 | 309,93 |
| 1936 | 239,05 | 246,39 | 267,60 | 255,74 |
| 1937 | 267,47 | 261,37 | 273,80 | 252,95 |
| 1938 | 208,33 | 295,93 | 339,53 | 258,55 |
| 1939 | 245,26 | 357,93 | 369,87 | 225,85 |
| 1940 | 174,95 | 256,44 | 322,20 | 333,57 |
| 1941 | 265,38 | 237,13 | 260,21 | 275,88 |
| 1942 | 238,43 | 261,78 | 278,46 | 244,05 |
| 1943 | 125,63 | 177,97 | 181,02 | 271,45 |
| 1944 | 170,72 | 185,48 | 111,15 | 262,49 |

Datos: D.N.M.

NOTA: Las precipitaciones del Verano de 1914 tomaron en consideración el mes de Diciembre de 1913, cuyo valor ponderado por Método de Thiessen es 97.46 mm.

Tabla III-6: Estadística del procesamiento mensual de precipitaciones por estación del año.

| | Mín. (mm) | Moda (mm) | Promedio (mm) | Mediana (mm) | Máx. (mm) |
|------------------|--------------|--------------|------------------|-----------------|--------------|
| Verano | 125,63 | 201-300 | 232,23 | 239,05 | 352,38 |
| Otoño | 87,40 | 101-300 | 250,29 | 237,13 | 585,73 |
| Invierno | 60,66 | 101-200 | 216,39 | 181,02 | 492,64 |
| Primavera | 142,01 | 201-300 | 245,80 | 252,95 | 459,65 |

Con la información agrupada de las precipitaciones mensuales se realiza el histograma de frecuencias por estación del año (Tabla III-5 y Fig. III-12).

Tabla III-7: Análisis de frecuencias de los datos de precipitaciones mensuales agrupadas por Estaciones del Año en mm.

| Rango de Precipitación | Verano | Otoño | Invierno | Primavera |
|------------------------|--------|-------|----------|-----------|
| 0-100 | 0 | 2 | 6 | 0 |
| 101-200 | 10 | 11 | 10 | 11 |
| 201-300 | 19 | 11 | 8 | 14 |
| 301-400 | 2 | 3 | 5 | 5 |
| 401-500 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| 501-600 | 0 | 2 | 0 | 0 |

Datos: D.N.M.

En ella se aprecia, que para los meses de verano, 19 registros de los 31 considerados presentan precipitaciones mensuales entre 201 a 300 mm. A esta frecuencia le corresponde el 61.29% de los eventos de la serie (Fig. III-13). Para el otoño, el 70.96 % queda representado por las precipitaciones mensuales entre 101 y 300 mm. En este caso, presentan igual frecuencia las precipitaciones de 101 a

200 mm y las de 201 a 300 mm, por lo que se consideran en forma conjunta (Fig. III-13). Es importante resaltar que tan solo 8 eventos en la serie presentaron precipitaciones menores de 100 mm, 2 de ellos en otoño y los otros 6 en invierno (Tabla III-7 y Fig. III-13). Sin embargo, existen estaciones con registros trimestrales nulos de precipitación - en el verano y en la primavera- (Tabla III-7), por lo que no se descarta que sean datos anotados equivocados en las planillas de los registros originales (Ver Anexo V - Puntos Críticos de la Información).

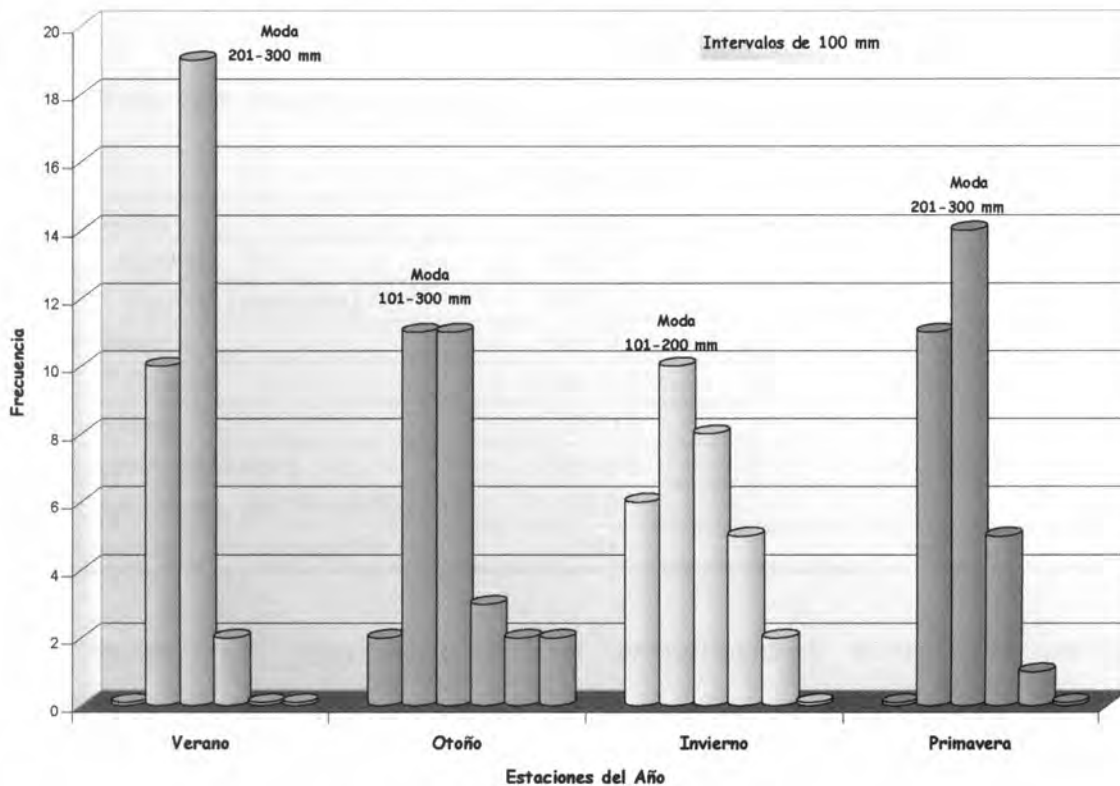


Fig. III-13: Histograma de frecuencias de precipitaciones mensuales del período 1914-1944 presentados en rangos de 100 mm que se inician en 0 mm.

En el invierno, solo el 32.25 % de los eventos se sucedieron como consecuencia de precipitaciones entre 101 y 200 mm mensuales y para la primavera el 41.16 % dieron respuesta a eventos de precipitación mensual de 201 a 300 mm (Fig. III-13).

Con el fin de ver la evolución de las precipitaciones, se entiende oportuno analizar las medias móviles de la precipitación.

Se compara el mínimo obtenido previamente de 498 mm de precipitación (Enero-Diciembre), con el mínimo de precipitación anual móvil de 469.94 mm. Ambos mínimos se encuentran en el orden de magnitud. (Tabla III-8 y Fig. III-14 y III-15).

Tabla III-8: Precipitaciones anuales y semestrales móviles, período 1914-1944

| | PP anuales móviles (mm) | PP semestrales móviles (mm) |
|---|------------------------------------|--|
| Mínima | 469.94 | 81.54 |
| 1^{er} Cuartil | 680.58 | 313.63 |
| 2^{do} Cuartil (mediana) | 921.27 | 457.18 |
| Promedio | 928.91 | 471.02 |
| 3^{er} Cuartil | 1069.19 | 574.60 |
| Máxima | 1793.72 | 1119.05 |
| Desvío Standard | 326.64 | 345.70 |
| Coefficiente de Variación | 0.35 | 0.73 |
| Cantidad de elementos | 360 | 366 |

Se realiza igual seguimiento en las precipitaciones semestrales móviles observándose algunas en el orden de los 80 mm para el año 1930 (Tabla III-8 y Fig. III-16 y III- 17) en los semestres: Marzo-Agosto (88.90 mm), Abril-Setiembre

(81.54 mm) y Mayo-Octubre (89.15 mm) (Fig. III-16), representando una ocurrencia menor al 1 %.

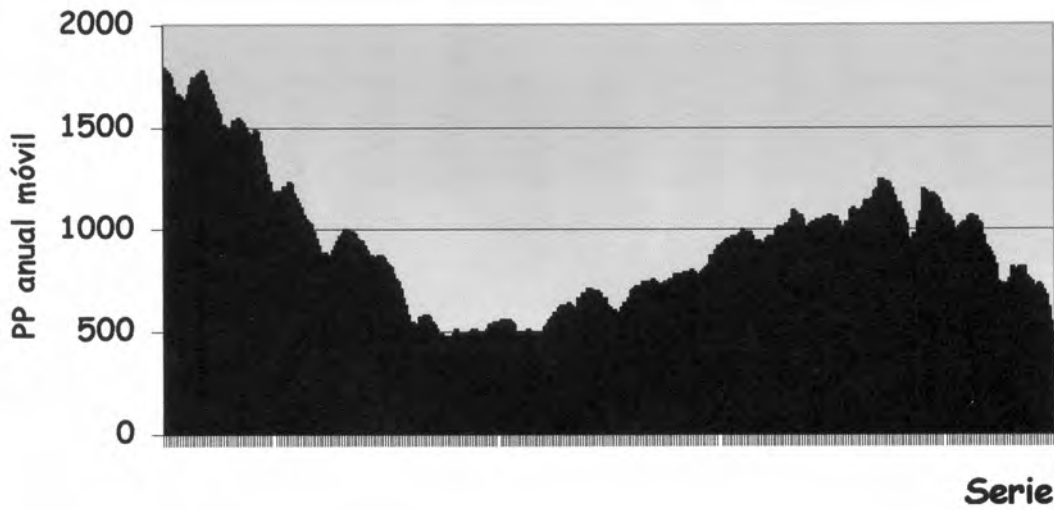


Fig. III-14: Precipitaciones anuales móviles del período 1914-1944 en mm

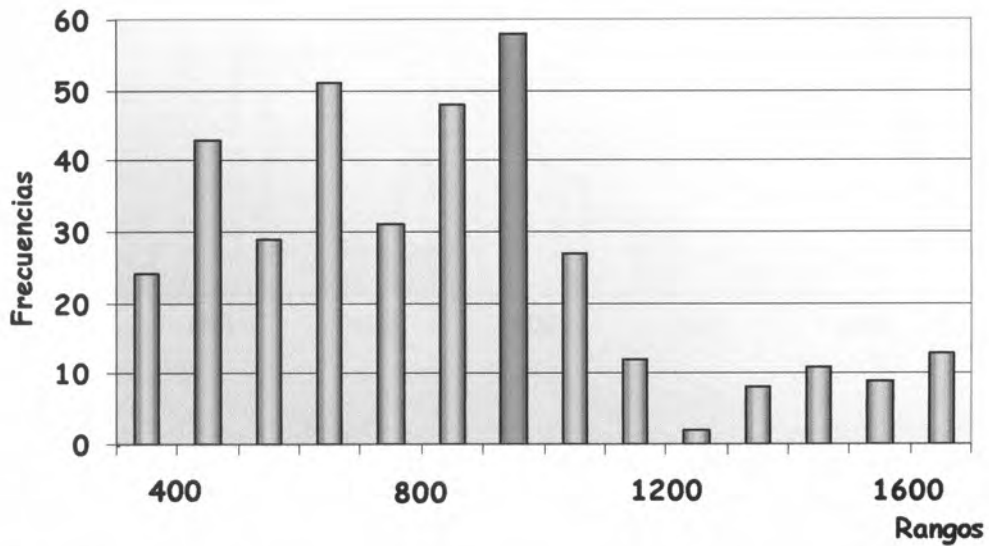
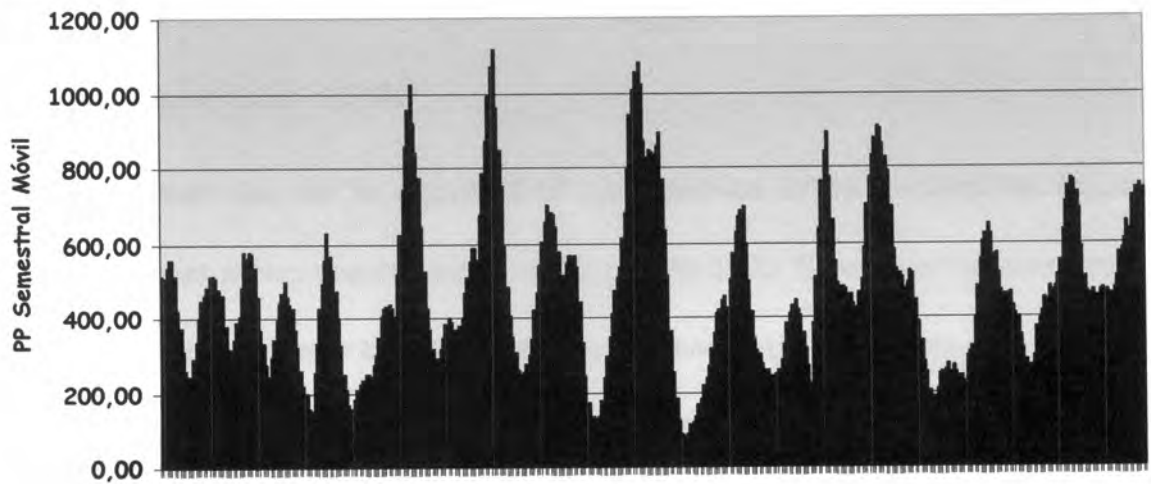


Fig. III-15: Histograma de las precipitaciones anuales móviles del período 1914-1944 en mm



Serie de datos

Fig. III-16: Precipitaciones semestrales móviles del período 1914-1944 en mm

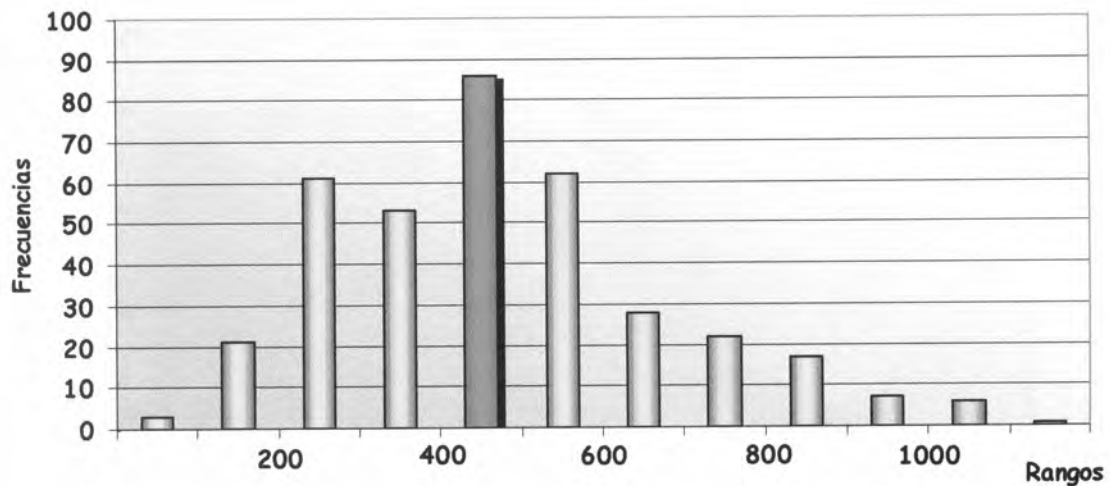


Fig. III-17: Histograma de las precipitaciones semestrales móviles del período 1914-1944 en mm

Cuando se observa la Figura III-16, se puede apreciar que se alternan eventos de altas y bajas precipitaciones. El análisis de la frecuencia de los picos de bajas

precipitaciones, no permitió vincularlos con ninguna estación, por tanto se pueden dar en cualquier época del año.

Cabe destacar que en la Figura III-16 se observan otros eventos de bajas precipitaciones no tan acentuados como los del año 1930. Estos eventos presentan una tendencia de mínimos cada vez con valores menos bajos, siguiendo la tendencia manifestada por Nagy et al. (2002)¹⁹ de aumento de las precipitaciones medias nacionales.

Por último, se ordena en forma creciente la información de las precipitaciones semestrales móviles (Fig. III-18) y se visualiza la precipitación mediana de 457,18 mm y el 1^{er} cuartil de 313,63 mm (Ver Anexo V - Plan de Contingencia).

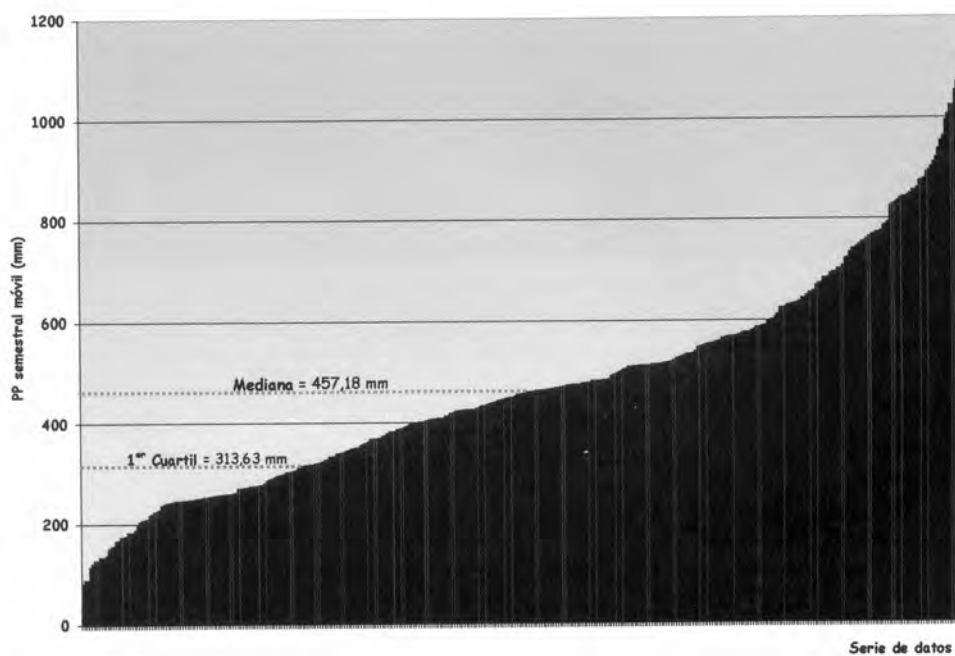


Fig. III-18: Precipitaciones semestrales móviles ordenadas ascendentes, indicando la mediana y el 1^{er} cuartil.

III. B. 2. TIEMPO DE ESCURRIMIENTO

El tiempo de escurrimiento¹³ o de vaciado calculado para la Cuenca Solís Chico es de 3 días (Ver Anexo II - Punto II.3.1: Indicador del tiempo de escurrimiento).

III. B. 3. BALANCE HIDROLOGICO

En el estudio realizado por OEA (1971)²² para la Cuenca del Río Santa Lucía se hace referencia a la Cuenca Solís Chico según se expresa: *"Las cuencas del Solís Chico ... y la de Santa Lucía hasta Paso Almeida, fueron consideradas hidrológicamente semejantes"*.

En ese estudio se establece *"una relación lineal entre las precipitaciones en Paso Almeida y Solís Chico, y entre esta cuenca y Montevideo. Esto permitió extender la estadística pluviométrica del Solís Chico en el período 1883-1912"*.

A su vez, *"con la serie de datos pluviométricos del Solís Chico (1883-1968) y la relación precipitación-escorrentía determinada para Paso Almeida, se calculan los escorrentías anuales en el Solís Chico (Tabla III-9)"*.

Tabla III-9: Estadística sintética anual (1883-1968) - Valores característicos del A° Solís Chico sobre la presa (Fig. III-19)

| | Máximo | Mínimo | Medio | Prob. 50% |
|--|--------|--------|-------|-----------|
| Caudal (m ³ /s) | 10.1 | 0.22 | 3.25 | 2.8 |
| Volumen (m ³ ×10 ⁶) | 317 | 7 | 102 | 88 |
| Caudal específico (lt/s.Km ²) | 24.4 | 0.5 | 7.6 | 6.8 |
| Precipitación (mm) | 1690 | 467 | 911 | 880 |
| Escorrentía (mm) | 768 | 17 | 239 | 215 |
| Coef de escorrentía (%) | 45 | 3 | 25 | --- |

NOTA: Tabla y Fig. III-19 tomada de OEA (1971)²² pág. 98 y 99, sin modificación

Para el Aº Mosquitos en el mismo trabajo, "se establece una estadística sintética de caudales medios mensuales para el período 1946-1968, basados en la relación de áreas con la Cuenca de Almeida".

Si se aplica el cálculo del Balance Hidrológico^{14,21,24,25} de la cuenca (Ver Anexo II - Punto II.5: Balance hidrológico) se puede estimar, utilizando los coeficientes de escurrimiento presentados en la Tabla III-10, el volumen de agua de la Cuenca Solís Chico para 3 niveles de precipitación anuales móviles del período 1914-1944.

Tabla III-10: Balance Hidrológico de la Cuenca Solís Chico, período 1914-1944

| PP. anual móvil | Altura anual de PP (mm) | Coef. escurrimiento (%) | Area Cuenca (Km ²) | Volumen retenido (Vr) (m ³ 10 ⁶) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|---|
| Máxima | 1793.72 | 45 | 644 | 519.82 |
| Mínima | 469.94 | 3 | 644 | 9.08 |
| Mediana | 921.27 | 25 | 644 | 148.32 |

PP. = precipitación

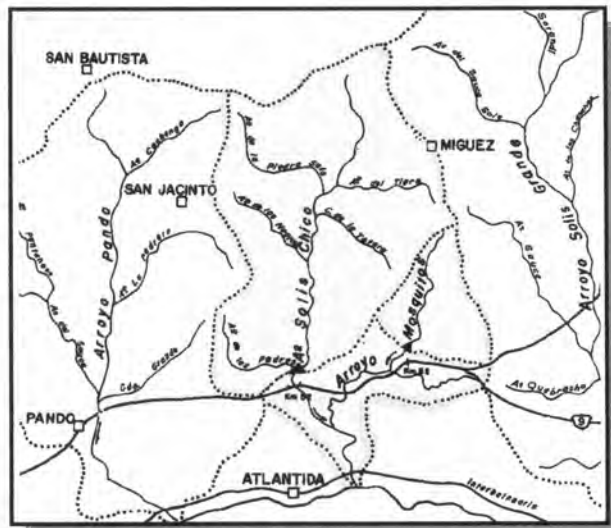


Fig. III-19: Cuenca Solís Chico considerada por OEA²² (1971)
(Tomado de: OEA, pág. 98 sin modificaciones)

III. B. 4. GEOLOGÍA

La memoria explicativa de la carta *Geológica del Uruguay*²⁷ (1988) permite caracterizar las unidades geológicas dominantes en el área (Fig. III-20).

Estas unidades se presentan con diversas dataciones, correspondiendo la más antigua al Basamento Cristalino del Precámbrico Medio. Con una datación intermedia se encuentran las Formaciones Guichón, Mercedes-Asencio (Cretácico Superior) y la Formación Migues (Cretácico Inferior). En el Terciario datamos a las Formaciones Raigón y Salto; y en el Cuaternario (las más recientes) a las Formaciones Libertad, Chuy y Dolores, los cordones de dunas y las turberas.

Características de las Unidades Geológicas

Las características de estas unidades *Geológicas* se presentan por datación:

➤ **Precámbrico Medio**

El *Basamento Cristalino*^{28,29,30,31} (B y LB - Fig. III-20) se encuentra en el centro sur y suroeste del país. Conformar un Complejo Basal de *Gneises muscovíticos* y/o *biotíticos*, *anfibólicos* y *anfibolitas*. *Ortoneises* ácidos y básicos, *cuarcitas*, *leptinitas* y *esquistos*. *Migmátitas* de textura variadas predominando las *oftalmíticas* y *granudas*. Frecuente intercalación de rocas *graníticas*. *Metamorfitos* profundos (*granulitas*). Se producen numerosos eventos

tectónicos que dan lugar a deformaciones continuas o discontinuas. Estas últimas se asocian a los procesos distensivos de la actual deriva continental, que determinan la formación de la Cuenca geológica de Santa Lucía. La Cuenca Solís Chico se encuentra ubicada mayormente dentro de esta Fosa Tectónica³⁰.

La existencia de diaclasado y fracturado se produce por condiciones climáticas de semiaridez determinando la permeabilidad variable del sistema, dando lugar a circulación de agua y un alto grado de alteración.

Caorsi & Goñi²⁹ (1958) hacen referencia a estos fenómenos diastróficos del Basamento Cristalino, los que evidencian un avanzado proceso de alteración meteórica. Esta alteración es función de la mineralogía y textura (aumento de grano y porcentajes de minerales ferromagnesianos: biotita, anfíboles, piroxenos) de las diferentes litologías que componen el Basamento Cristalino.

➤ Cretácico Inferior

Formación Miques^{28,30,31} Areniscas finas a medias, arcillosas y/o calcáreas, estratificadas, de colores rojizos (K, LK y LiK - Fig. III-20). Presenta lutitas negras y pardas e intercalaciones de niveles conglomerádicos polimícticos. Pertenece a la sedimentación continental de fosa tectónica³⁰.

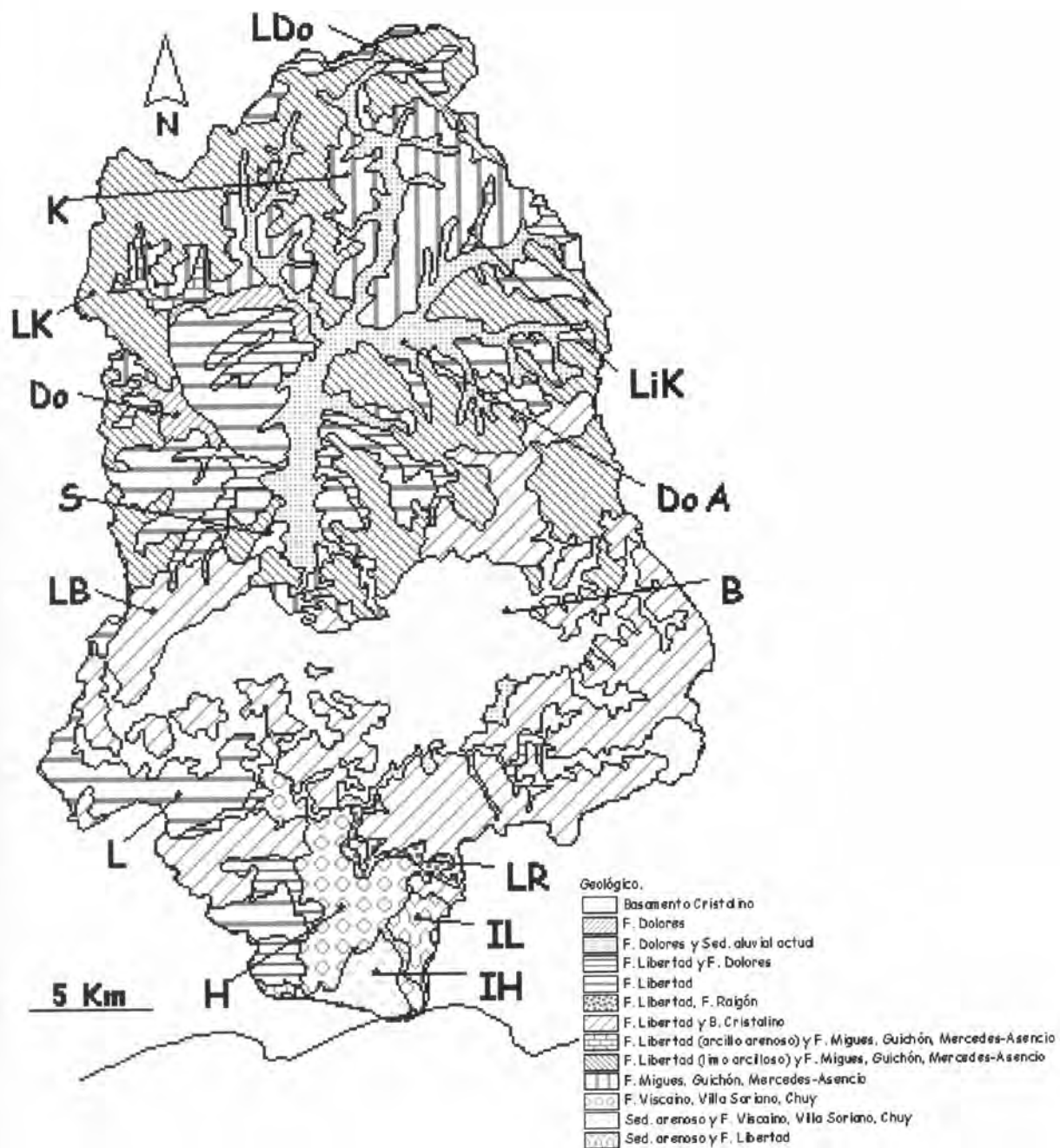


Fig. III-20: Coberturas SIG de las Formaciones Geológicas de la Cuenca Solís Chico
(Datos base extraídos: MGAP³³ - 1982)

Esta Formación se desarrolla dentro de la cuenca deposicional de Santa Lucía, conformada por areniscas finas a medias y finas pelíticas con cemento carbonatado. Estas no son muy permeables dada la presencia de litologías más gruesas (conglomerados y areniscas). Este conjunto se constituye como la litología más característica de esta unidad³¹.

➤ **Cretácico Superior**

Basados en el orden estratigráfico, paleontológico y litológico, Caorsi & Goñi²⁹ (1958) dividen este período en tres horizontes bien definidos: Formación Guichón, Mercedes y Asencio.

Formación Guichón²⁹ Areniscas de grano fino, irregular, sin cantos, con granos de cuarzo redondeados y algo deslustrados (K, LK y LiK - Fig. III-20). Presenta alto contenido de cemento arcilloso, de apariencia compacto. De acuerdo a los fósiles hallados su origen sería continental sub desértico.

Formación Mercedes^{29,31} Se presenta con estructura variable, granulación desigual, conglomerádica o gravillosa (K, LK y LiK - Fig. III-20). La cementación es variable y se pueden encontrar sustancias calcáreas (feldespático) o silíceas. Esta condición hace variar su grado de compacidad, existiendo rocas friables

con poca cementación como las arenisca gravillosa o areniscas conglomerádicas (con cemento calcáreo) o más compactas (con cemento silificado).

Formación Asencio²⁹ Areniscas finas de grado variable de cementación. Esta puede ser arcillosa, calcárea, existiendo fenómenos diagenéticos que cambian la característica de la roca, silificándola o ferrificándola, de allí su aspecto diferente (K, LK y LiK - Fig. III-20). La coloración varía de rosados a rojizos, grisáceos blancuzcos a verdosos, encontrándose esta coloración mezclada o formando manchas. Ambas formaciones (Mercedes y Asencio) son vinculadas a sistemas fluviales y lacustrinos.

En la actualidad, estas formaciones son denominadas Formación Mercedes-Asencio, por entenderse que conforman una sola unidad geológica con variaciones en su constitución (. Gosso, com. pers.).

➤ **Terciario, Plioceno**

Formación Raigón³² Arenas finas a gruesas, gravas, gravillas y conglomerados, siendo su selección de regular a mala, se pueden observar lentes arcillosos (LR - Fig. III-20). Toma coloraciones blancas, grisáceas a verdosas por la incidencia de las arcillas y amarillos a rojizos por presencia de óxidos de hierro. Las litologías calcáreas y ferrificadas lo hacen medianamente friable a

medianamente tenaz, el resto de su composición lo hacen friable. Se trata de secuencia de tipo fluvial y deltaica, asociadas por presencia de arena a tipos anastomosados.

Formación Salto²⁹ Son arenas o areniscos finas y silíceas, friables, de coloración rojiza, parda ocre, amarillenta (S - Fig. III-20). La cementación arcillosa es pobre a muy pobre, de coloración rojiza por presencia de óxido de hierro hidratado. Se presenta con lentículas aplanadas de areniscas silicificadas de coloración pardusca amarillenta. Esta Formación puede presentar lechos arcillosos de color verdoso claro, o rodados silíceos o costras limoníticas, dando un aspecto heterogéneo. Dado el alto grado de desilicificación que se observa, son rocas muy friables transformándose algunas veces en arena suelta.

➤ **Cuaternario**

◆ **Pleistoceno**

Formación Libertad³⁰ Lodolitas, loess y fangolitas con porcentaje variable de arenas y arcillas, de color pardo a pardo rojizo. Sedimentación continental peridesértica (L, LB, LK, LDo, LiK y LR - Fig. III-20).

Se presenta con litología dominante pelítica, arenosa fina, con presencia de arena media, gruesa, grava y raramente gravilla y cantos. Secundariamente, la litología es limosa a arenosa muy fina: loésica, que la hace prácticamente impermeable.

Se corresponde a depósitos continentales desarrollados de momentos glaciales cuaternarios. De los eventos que constituyen la Formación Libertad, el último de ellos es la *Formación Dolores*, tratada en particular por la morfología (Do y LDo - Fig. III-20) que se expresa en las planicies poco disectadas hacia los cursos de agua.

*Formación Chuy*³¹ Arenas finas a gruesas con sedimentos pelíticos. Las arenas gruesas pertenecen a sistemas fluviales o marinos, que se dan en la zona Sur de nuestro país, donde se localiza el área de estudio (H e IH - Fig. III-20). Las arenas finas se relacionan a sistemas fluviales con mayor presencia de sedimentos pelíticos, localizándose más al Norte. La litología es friable y permeable comportándose como un buen acuífero.

♦ **Holoceno**

*Formación Vizcaino*²⁹ Formado por arcillas grises, se caracteriza por el contenido fosilífero (H e IH - Fig. III-20).

Se corresponde a un período de transgresión del mar, dominado por bancos de conchillas salobres o marinas

Sedimentos arenosos^{29,30,32} Son arenas finas a gruesas, de origen fluvial, costeras y eólicas. La sedimentación es mixta con predominio de la sedimentación continental. Conforman los cordones de dunas, mayormente las dunas fijas (IL e IH - Fig. III-20).

♦ **Reciente**

Sedimento aluvial actual^{30,31} Se encuentran conformados por limos-arcillosos, arenas finas a gruesas de regular a mal seleccionadas (DoA - Fig. III-20), a veces conglomerádicos (aluviones y coluviones), con presencia de depósitos de turbas (sedimentos finos, mal seleccionados, orgánicos). Se ubican hasta el límite de la vegetación que rodea a los cursos de agua actuales y donde el desagüe es impedido por las dunas.

III. B. 5. GEOMORFOLOGIA

La geomorfología trata del "estudio de las formas del relieve terrestre"⁴⁴; para Christofolletti¹² (1980) "esas formas son respuestas a los procesos".

De la Carta de Reconocimiento de Suelos del Departamento de Canelones y Montevideo³³ se genera el mapa temático en SIG de la geomorfología de la Cuenca Solís Chico. Se presenta en la Fig. III-21 la superposición de las coberturas geomorfológica, geológica y localidades de interés.

En las zonas altas de la cuenca, se localiza en su porción central y dominando en altura, el Cerro Mosquitos con 134 m.s.n.m.^j sobre Basamento Cristalino.

Las formas del relieve del **Basamento Cristalino**^{31,34,35} son convexas, cóncavas y plano inclinadas, constituyéndose por Colinas fuertes rocosas y Colinas. Su energía de relieve va desde muy alta a alta y de alta a media, siendo fuertemente onduladas. Las primeras se presentan con predominio de pendientes entre 12 - 18%, y las segundas entre 6 - 12%. Se ubican en los alrededores de la localidad Dr. Soca y pertenecen a la Unidad de suelos San Carlos³⁵.

De igual modo, la **Formación Libertad**³¹ se muestra con formas convexas, cóncavas y plano inclinados con una energía de relieve de baja a media. Estas geoformas se ven friable en sus distintas litologías.

^j m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar

Cuando la Formación Libertad se apoya sobre Basamento Cristalino o cuando lo hace sobre las Formaciones Migue, Guichón y Mercedes-Ascencio, se encuentran Lomadas fuertes, predominando pendientes entre 3.5 y 6%. Empero, cuando la energía se hace más baja, se encuentra sobre Lomadas con pendientes entre 2.5 y 3.5% y Lomadas suaves de 1.5 a 2.5%³³.

Existe predominio de las pendientes entre 1 y 4% y en los alrededores de Tapia³⁵ se encuentran las de 3 a 6%, perteneciendo a la Unidad de suelos San Jacinto.

Las *Formaciones Migue, Guichón y Mercedes-Ascencio*³⁵, con material geológico de areniscas, presenta un relieve ondulado, dominando pendientes de 2 a 5% y ondulado fuerte de 3 a 8%. Presenta geoformas de Colinas, Lomadas fuertes y Valles fuertes. Se ubica en los alrededores de la localidad de Migue y perteneciendo a la Unidad de suelos Chapicuy.

La Formación Libertad cuando se encuentra sobre *Formación Raigón* forma Valles fuertes de pendiente mayores a 4% y Valles planos con pendientes menores a 3% cuando se localiza sobre *Formación Libertad-Dolores*.

La Formación Libertad presenta una edafización generalizada y afloramientos cuando la energía de relieve se acentúa, en cuyo caso son frecuentes las cárcavas de erosión.

La *Formación Dolores* presenta su morfología en Planicies medias escasamente disectadas, que se desarrollan sobre los cursos de agua, ocasionalmente inundables. Se localizan en la porción Norte del Basamento Cristalino.

Las *Formaciones Chuy, Villa Soriano, Raigón y otras*³¹, por encontrarse recubiertas por Formaciones posteriores, afloran muy poco. Esta situación se da o puede darse en zonas donde hay erosión que ha eliminado la edafización o donde hay riesgo de que se produzca tal proceso.

En cuanto a los *Sedimentos arenosos*^{31,35}, se corresponden al Cuaternario Medio y Reciente sobre limos arcillosos. Se vinculan a los sistemas de planicies asociadas a las principales vías de drenaje de todo el país. En nuestro caso de estudio, ocupa las terrazas asociadas al principal curso de agua en su porción baja, sobre la faja costera. El relieve se corresponde a planicies bajas inundadas permanentemente, localizadas en los cursos inferiores de las vías de drenaje, que sufren un represamiento por cordones arenosos litorales del Río de la Plata³⁵. Este grupo integra la Unidad de suelos Balneario Jaureguiberry³⁵.

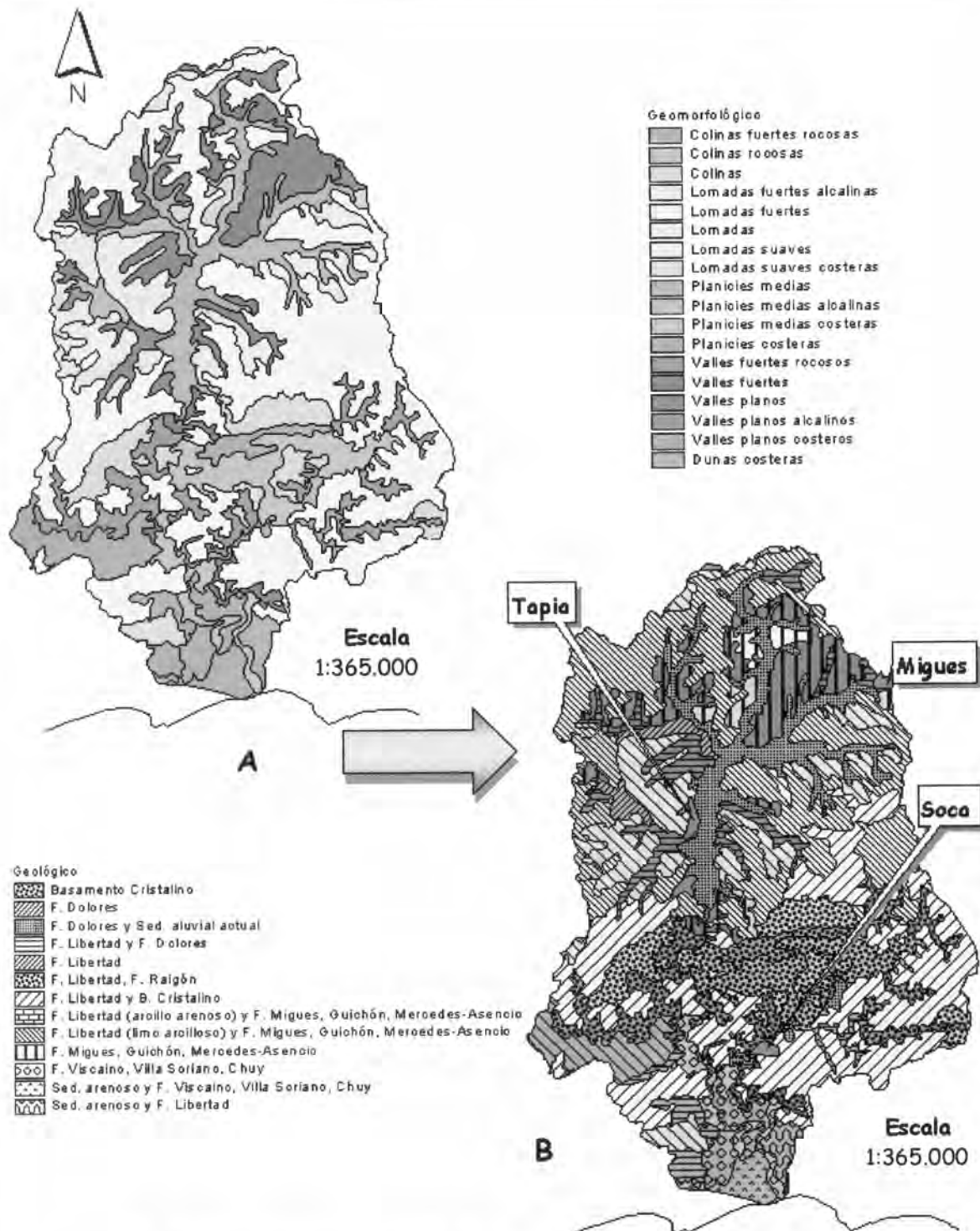


Fig. III-21: Coberturas del SIG, A- Mapa temático de la Geomorfología B - Superposición de coberturas Geomorfológica, Geológica y Localidades de interés (Datos base extraídos: MGAP³³ - 1982)

III. B. 6. SUELOS

La Cuenca Solís Chico de acuerdo a la Carta de reconocimiento de Suelos del Departamento de Canelones³³ a escala 1:100.000 se caracteriza por presentar el 35% de su superficie con *Series Dominantes*. Estas *Series Dominantes* se constituyen como las principales unidades de suelos (Fig. III-22), cuyo porcentaje de representación en la unidad se encuentra entre el 40 y 100%³³.

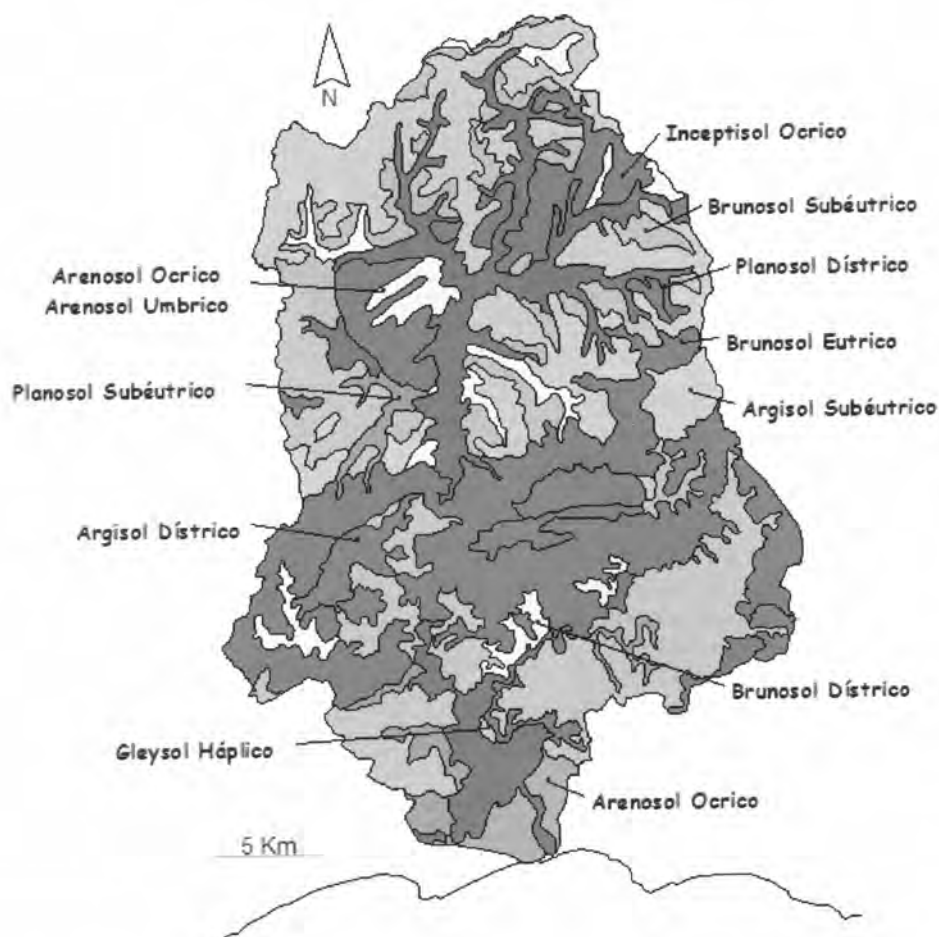


Fig. III-22: Mapa temático de suelos dominantes, ocupando el 35% del área de la cuenca (Datos base extraídos: MGAP³³ - 1982)

Estos suelos conforman un mosaico que guarda cierta relación con su posición topográfica en el paisaje (Fig. III-23).

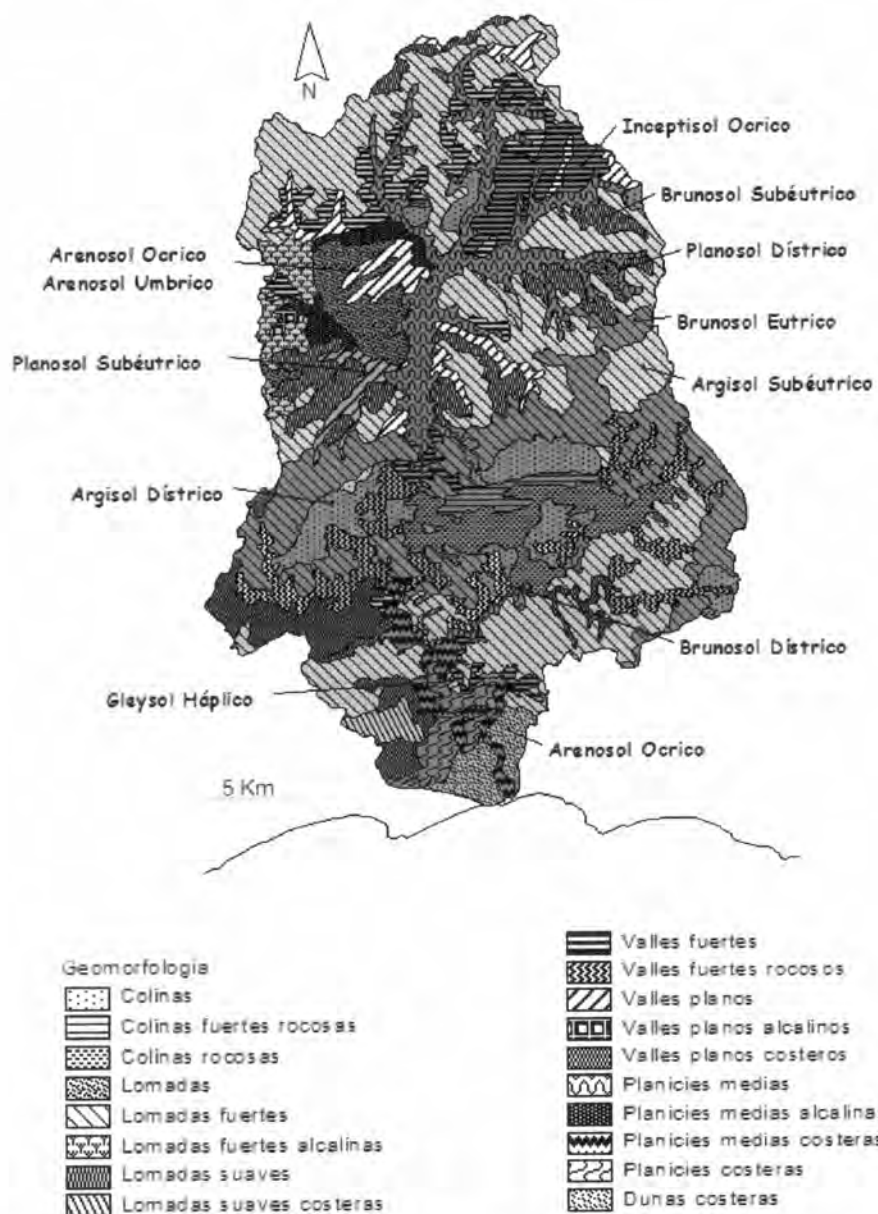


Fig. III-23: Mosaico de la *Serie Dominante* y su relación con la posición topográfica en el paisaje. Superposición de coberturas de suelos dominantes y geomorfología de la cuenca.

(Datos base extraídos: MGAP³³ - 1982)

Se sigue la Clasificación de suelos del Uruguay³⁶ donde se encuentran dentro de la *Serie Dominante*:

- **Suelos Melánicos**^{34,36,37,38} representados por los Brunosoles Eútricos (Fr), Brunosoles Subéútricos (LAc) y Brunosoles Dístricos (ArFr) cubriendo una superficie de 338.8 km².

La dominancia en el paisaje lo constituyen los Brunosoles Éútricos sobre las Lomadas suaves, mientras que los Brunosoles Subéútricos lo hacen en las Lomadas fuertes y los Brunosoles Dístricos en los Valles fuertes rocosos (Fig. III-23).

Estos suelos se conocen como las praderas negras o pardas por su coloración. Presentan un horizonte melánico (rico en materia orgánica) que les hace tener alta productividad. Esta materia orgánica se presenta con valores más elevados en el nivel superior, para luego ir disminuyendo a medida que se profundizan. Por sus características de textura y estructura son moderadamente drenados. Cuando ocupan las zonas bajas del paisaje pueden perder parte de su permeabilidad, haciéndose más oscuros y compactos.

- **Suelos saturados lixiviados**^{34,36,37} representados por los Argisoles Subéútricos (L) y Dístricos (L), y por los Planosoles Dístricos (Fr) y Subéútricos (L) (Fig. III-23) ocupando unos 241.15 Km² de la cuenca.

En el paisaje el Argisol Dístico se localiza sobre las Colinas mientras que el Argisol Subéutrico se localiza en las Lomadas fuertes.

En cuanto al Planosol Subéutrico se ubica en las zonas más bajas de los Valles planos y Valles planos costeros y el Planosol Dístico en las Planicies medias (Fig. III-23).

Estos suelos sufren procesos de lixiviación de las arcillas presentando un H_z B bien desarrollado y procesos de hidromorfismos. En los Argisoles se observa una "napa colgada" de corta duración que hace que el horizonte arcilloso sea compacto. Estas características se acentúan en los Planosoles cuya "napa colgada" es de mayor duración, con mayor proceso de lixiviación produciendo un H_z B poco permeable, asociado a topografías planas o suaves.

- **Suelos poco desarrollados**^{34,36,37} Son los Inceptisoles Ócrico (ArFr) y Arenosoles Ócrico (Ar) y Úmbrico que ocupan el 63,02 Km² de la cuenca. Suelos de escaso valor agronómico debido a su poco desarrollo. Casi no concentran arcillas pero presentan gran actividad de los procesos de meteorización (Fig. III-23).

El Inceptisol Ócrico se encuentra sobre Colinas fuertes rocosas -suelos poco profundos- con perfil constantemente rejuvenecido por acción erosiva. En contraposición, el Arenosol Ócrico se presenta sobre las Dunas costeras originados de sedimentos arenosos fluviales o marinos de baja retención de

agua (infiltración rápida) y productividad nula (Fig. III-23). En cuanto al Arenosol Úmbrico ubicado en el Valle Plano se constituye con un horizonte superficial sensiblemente oscurecido por la materia orgánica, bajo contenido de bases y de apariencia semejante al melánico pero de textura arenosa franca o de mayor tamaño.

- **Suelos hidromórficos**^{34,36,37} Se encuentran representados por el Gleysol Háptico (LAc) ocupando menos que el 0.5 Km² de la superficie de la cuenca. Se dispone en el paisaje asociado a Planicies costeras (Fig. III-23).

Estos suelos se caracterizan por presentar una napa en forma permanente, con déficit de aireación y acumulación de materia orgánica tipo turbosa. La reducción del hierro origina un horizonte gley de color verdoso o azulado. Se ubica en zonas bajas del paisaje donde se dan malos drenajes y acumulación de material sedimentario de origen aluvial. Estos suelos son propios de zonas adyacentes a cursos de agua o zonas con escasa pendiente donde el escurrimiento superficial es deficiente. En el área de estudio se localizan próximo al cauce principal de A° Solís Chico cerca de su desembocadura.

III. B. 7. EROSION

La FAO³⁸ expresa que *"Los procesos de degradación de tierras ... tienen su origen en factores sociales, económicos y culturales, que se traducen en la sobreexplotación de los recursos naturales y en la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de suelos y aguas. La consecuencia de todo ello, es la inhabilitación productiva de muchas tierras agrícolas ..."*.

El Departamento de Canelones presenta suelos cuya fertilidad expresada como productividad (o como capacidad del suelo para producir un cierto rendimiento por hectárea y por año)³⁵, lo ha posicionado como un área donde prevalece la agricultura. Ésta se desarrolla en chacras y minifundios, siendo las tierras con mayor tiempo en nuestro país en dicha actividad.

La productividad expresada como Índice CONEAT^m, lo sitúa entre 116 y 130, siendo uno de los índices más altos del país de 263³⁵.

La erosión^{38,39,40,41}, es uno de los factores que limita el potencial productivo y las posibilidades de aprovechamiento de la tierra. Cuando no hay intervención del hombre, la erosión geológica³⁸ es un fenómeno natural, existiendo en general un equilibrio entre ella, la formación del suelo y la fertilidad. Pero como consecuencia de la acción antrópica, los cultivos se intensifican, se reducen los ciclos de la

^m Índice de Productividad CONEAT: Es el Indicador de la capacidad productiva de lana, carne bovina y ovina en pie por hectárea y por año.

agricultura, se ara en pendiente, entre otros, deteriorando y a veces destruyendo totalmente el suelo^{39,40}.

Como FAO^{38,39} expresó, la erosión como producto de los diversos factores antrópicos a lo que se debería agregar, algunos factores naturales - por ejemplo, friabilidad del terreno - han influenciado de igual forma en el área de estudio, ocasionado diversos grados de erosión del suelo. Es por ello, que el 62,3 % del área de la Cuenca Solís Chico, se presenta con distintos grados de erosión.

El proceso de erosión^{11,39} es consecuencia del impacto de las gotas de agua sobre el suelo y el posterior escurrimiento superficial, provocando la llamada erosión laminar, en surcos y en cárcavas.

Se describirá brevemente el proceso de erosión^{11,38,39,48} o proceso morfogenético pluvial¹²: es la acción mecánica que ocasiona el impacto de las gotas de lluvia contra el suelo, produciendo un movimiento lento y continuo hacia abajo de las partículas finas que quedan en suspensión en las gotas de agua después de impactar. La energía cinética de las gotas varía de acuerdo al tamaño y a su velocidad. Según Wischmeier y Smith (1978)⁴¹, en suelo desnudo el factor lluvia es directamente proporcional al producto de dos características: la energía cinética y la máxima intensidad durante un período de 30 minutos, definiendo así el potencial de erosividad de la lluvia.

Las salpicaduras son siempre mayores hacia abajo que hacia arriba, produciendo un movimiento constante de las partículas finas del suelo en ese sentido. Al proceso de salpicadura le sigue el de transporte de las partículas por escurrimiento. Este proceso es fuertemente influenciado por el grado de pendiente, la longitud y las geoformas cóncavas o convexas⁴².

El proceso de escurrimiento aparece cuando la velocidad de precipitación es mayor que la de infiltración. Estas gotas escurren, transportan material y se unen a otras en su trayectoria, engrosando el escurrimiento. A su vez, éste se va desviado o frenado por las asperezas del terreno y/o por la cobertura vegetal.

Cuando estas aguas escurren sin generar una jerarquización de pequeños hilos de agua, se define el escurrimiento difuso o **erosión laminar**¹¹.

La **erosión en surcos**^{11,40} se presenta cuando el agua se concentra y genera caminos preferenciales, con una mayor competencia erosiva produciendo surcos o "ravinas".

En cuanto a la **erosión en cárcavas** o en **barrancos**^{11,39,40} producto de fuertes lluvias, el volumen y la velocidad de escurrimiento es elevado, el agua arrastra el material del suelo excavándolo en forma de zanjas. Este tipo de erosión es la más destructiva. Las cárcavas se forman en las áreas de máxima fragilidad del paisaje, por lo general en las partes bajas de la pendiente, al removerse todo o parte del perfil del suelo, generando un escalón o corte brusco y escarpado. Estas cárcavas⁴²

reducen el rendimiento de la producción o no permiten el cultivo, incrementando la pérdida de suelo con la consiguiente sedimentación de los materiales erosionados. Los procesos antes mencionados para Strahler (1986)¹¹ son *"fuertemente acelerados por las actividades humanas o por raros acontecimientos naturales"*, originando lo que el autor llama *"erosión acelerada, producto de un transporte del suelo mucho más rápido que aquel al que puede ser formado"*.

Sin tener en cuenta la evapotranspiración, se podría decir que la cantidad de agua que corre en una arroyada es la diferencia entre la cantidad de agua precipitada y la cantidad de agua que infiltra¹¹. Este concepto es aplicable a cualquier punto del territorio. El control de la erosión hídrica⁴³ debe partir del control de las aguas excedentes que generan escurrimiento, ya que por más eficientes que sean las técnicas de laboreo, los suelos cuando se encuentran saturados de agua⁴⁰ escurren erosionándose.

Por otro lado, la cobertura del suelo³⁸ y su altura lo protege de la fuerza de las gotas de lluvia. Ejemplo de ello se presenta en la Figura III-26 en la que se observa el % de erosión por salpicadura vs. % de energía de la lluvia para diversos % de cobertura del suelo. Coberturas de suelo del 40% reducen las pérdidas de este en menos del 10% con respecto al mismo suelo desnudo.

Criterios de Clasificación de la Erosión:

Se definen por la Dirección de Suelos^{34,44} para nuestro país como:

- 0 Nula:** Ausencia de erosión.
Predominan áreas que no sufren pérdidas de materiales debidas al agua de escurrimiento, siendo probable que exista acumulación de ellos.
- e1 Ligera:** Laminar ligera y en canalículos.
Predominio de áreas con pérdida de materiales que afecta sólo parte del H_zA, manteniendo su capacidad de uso pero con disminución de su productividad.
- e2 Moderada:** Con presencia de cárcavas aisladas y/o laminar moderada.
Predominio de áreas con pérdida de material que afecta sólo parte del H_zA, con casos de su pérdida total y/o presencia de de canalículos o cárcavas aisladas que afectan los H_zB y/o C.
Se ve disminuida la capacidad de uso y su productividad.
- e3 Severa:** Cárcavas comunes y/o laminar severa.
Predominio de áreas con pérdidas de materiales que afecta parte del H_zA, el que se puede haber perdido totalmente. La capacidad de uso original se ve significativamente disminuida al igual que su productividad.

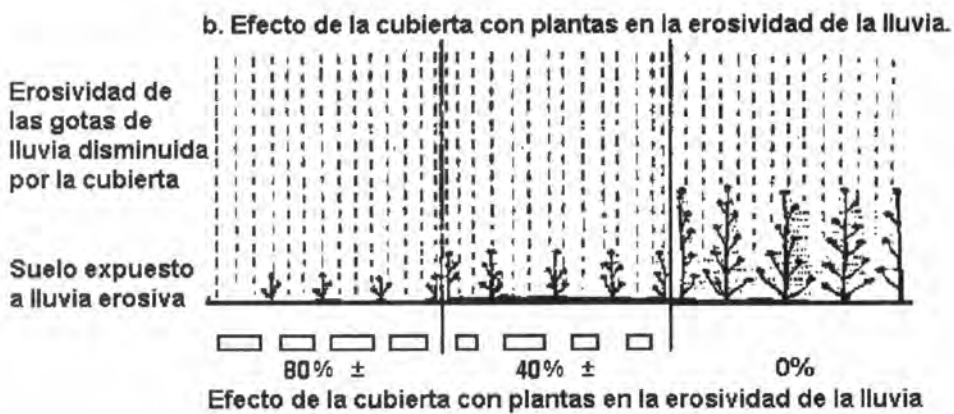
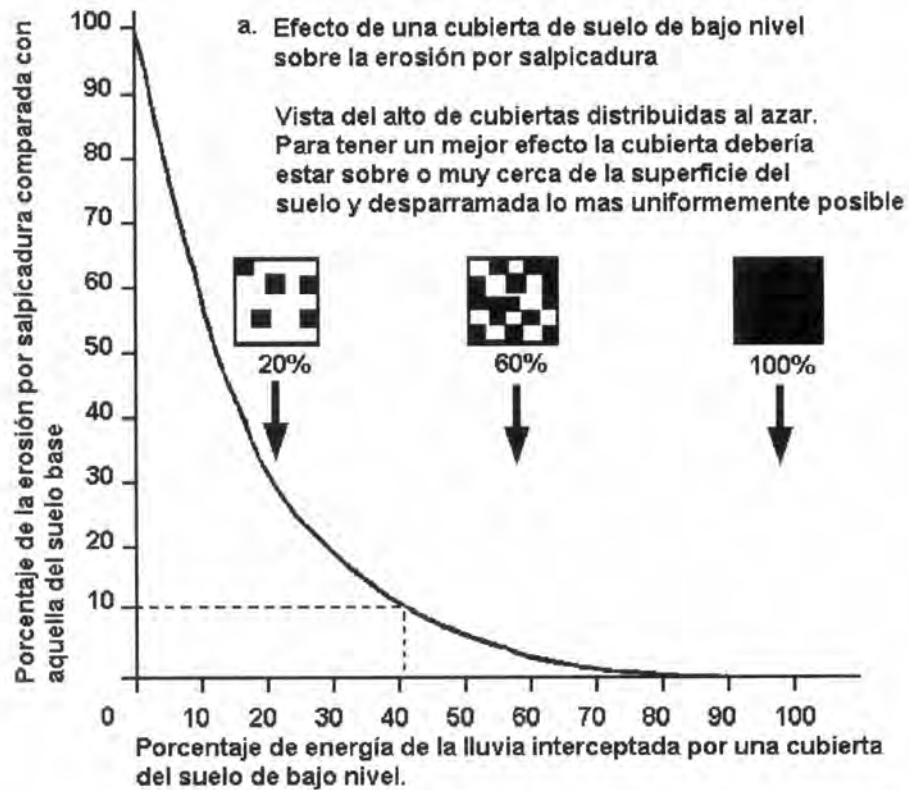


Fig. III-26: Efectos de las coberturas sobre el proceso de salpicadura (Tomado de: FAO³⁸, 1998)

Según esta clasificación y la información de la Carta de Reconocimiento de Suelos³³ -Escala 1:100.000- se genera el mapa temático de erosión del área de estudio (Fig. III-27).

Porcentualmente la cuenca presenta un 37.7 % de suelos con erosión nula, 8.4 % con erosión ligera, 38.9 % con erosión moderada y 15.0 % con erosión severa. Las zonas más afectadas se localizan en la cuenca alta.

Estos resultados son producto de las interacciones entre los factores antrópicos (laboreo, herramientas empleadas, otros), los factores físicos (pendiente, largo de la ladera, estabilidad de las estructuras superficiales, otros) y en algunos casos a factores químicos (exceso de Sodio) que actúa dispersando fácilmente el suelo.

Si se analiza la erosión severa (Tabla III-11) se ve que la mayor incidencia se da sobre las Lomadas fuertes con un 8.71 % y en las Lomadas fuertes alcalinas con 1.87 %.

En contra posición, abajo en la ladera se encuentran los Valles fuertes con una erosión severa del 1.55 %.

En este último caso se estarían combinando dos situaciones, por un lado suelos pesados con mayor velocidad de escurrimiento (Planosol Subéutrico -LAc). Por el otro lado un suelo liviano (Brunosol Subéutrico - ArFr), que recibe las aguas de lluvia y de escurrimiento con alto poder erosivo, encontrarse abajo en la ladera y

con pendiente fuerte, zona propicia para la formación de cárcavas al removerse parte del perfil del suelo y generar un escalón de corte.

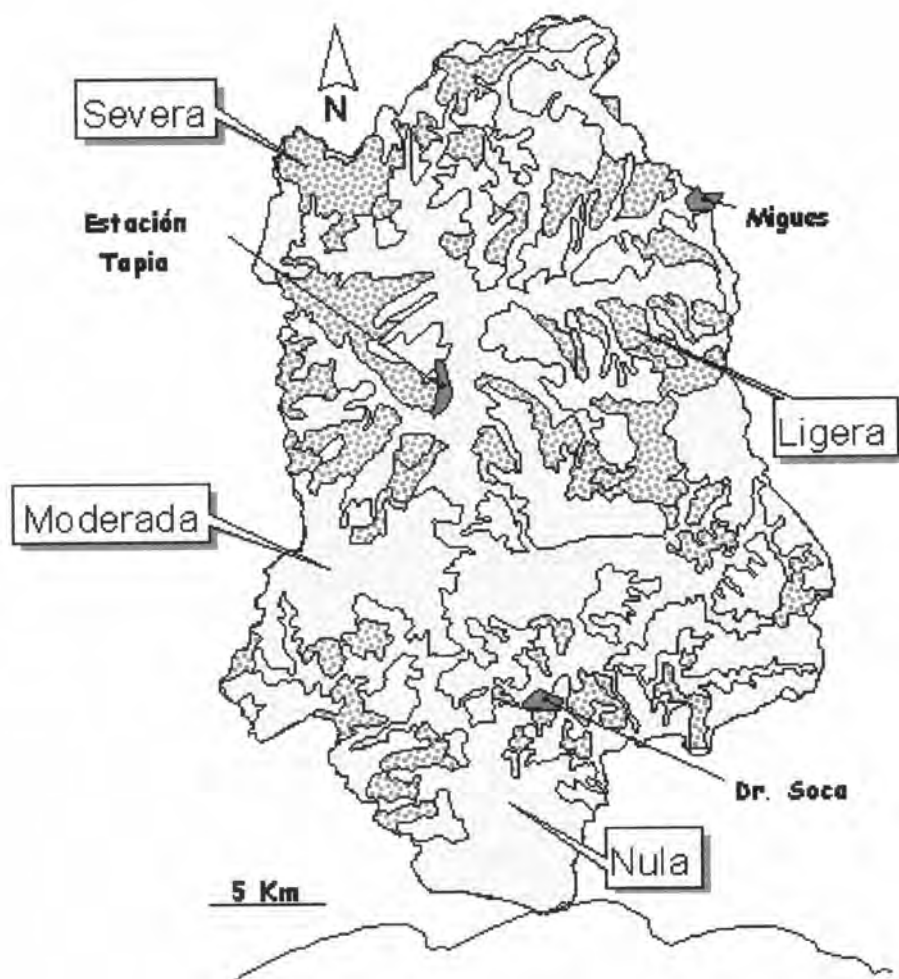


Fig. III-27: Mapa temático de la erosión de la Cuenca Solís Chico y las localidades de Dr. Soca, Tapia y Migueles como referencia (Datos base extraídos: MGAP³³ - 1982)

Tabla III-11: Se presenta discriminado por geoformas el % de erosión severa.

| GEOFORMAS | % EROSIÓN SEVERA |
|---------------------------|------------------|
| Colinas | 0.91 |
| Lomadas | 1.76 |
| Lomadas fuertes | 8.71 |
| Lomadas fuertes alcalinas | 1.87 |
| Valles fuertes | 1.55 |
| Valles planos costeros | 0.22 |

La erosión moderada (Tabla. III-12) domina en el tercio central de la cuenca quedando mayormente relacionada con la geoforma Lomada fuerte con un 27.7 %.

Tabla III-12: Se presenta discriminación por geoforma el % de la erosión moderada.

| GEOFORMAS | % EROSIÓN MODERADA |
|---------------------------|--------------------|
| Colinas | 4.64 |
| Lomadas | 1.07 |
| Lomadas fuertes | 27.71 |
| Lomadas fuertes alcalinas | 0.05 |
| Lomada suave | 0.75 |
| Lomada suave costera | 0.50 |
| Valles fuertes | 0.75 |
| Valles fuertes rocosos | 0.74 |
| Valles planos costeros | 1.80 |
| Planicies medias costeras | 0.00 |

La erosión ligera está escasamente representada y se encuentra vinculada en general con las zonas aledañas a los cursos de agua principales (Fig. III-28). Por último, los cursos de agua principales presentan erosión nula (Fig. III-28) muy

probablemente con aportes de sedimentos provenientes de la erosión de suelos ubicados en las tierras altas de laderas y lomadas.

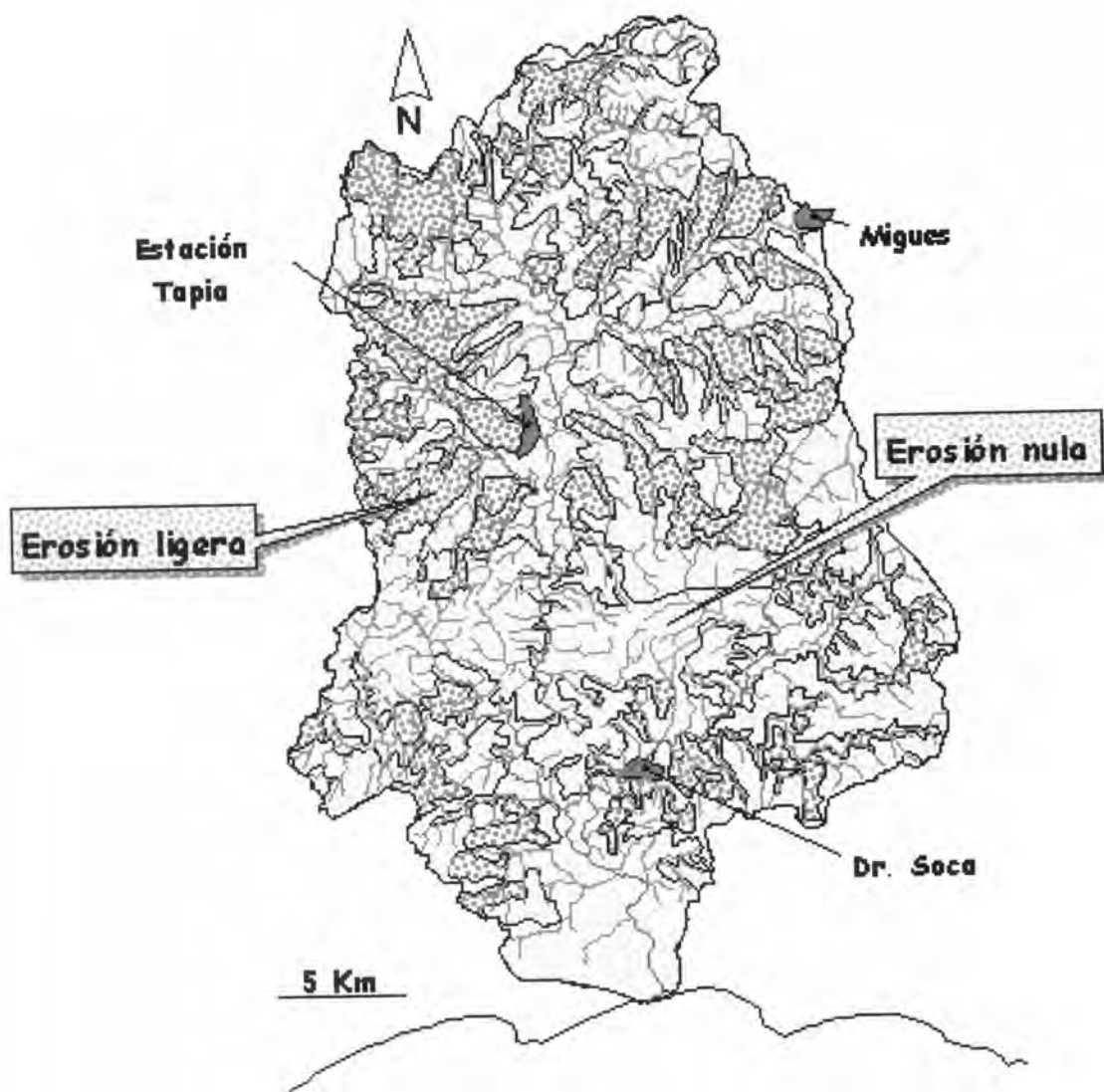


Fig. III-28: Mapa temático de la erosión de la Cuenca Solís Chico y la cobertura de la red hídrica. Se observa la erosión ligera vinculada a los cursos de agua y sobre los cursos principales se ve la erosión nula.

(Datos base extraídos: MGAP³³ - 1982 y Cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar)

III. B. 8. APTITUD DE USO DEL SUELO

Para desarrollar los lineamientos de la gestión sostenible de la fuente de agua potable se entiende imprescindible integrar en la información de la cuenca hidrográfica, la clasificación de la tierra con vistas a su aptitud de uso³⁹. Cada uso se corresponde con una clase de aptitud y un grupo determinado de cultivo³⁹. Para ello deben existir conocimientos^{39,42,46} sobre textura, estructura, profundidad, pendiente, drenaje interno y externo, erosión, pedregosidad, pH, salinidad, materia orgánica y fundamentalmente condiciones climáticas en la zona o zonas agroecológicas específicas de la cuenca^{39,42,46}.

La aptitud de uso integra el conocimiento del medio físico, por lo que se torna fundamental para la planificación de la gestión.

Los Departamentos de Canelones y Montevideo cuentan con esta información en la Carta de Aptitud General de Uso de la Tierra realizada por la Dirección de Suelos (MGAP)⁴⁵, en escala 1:200.000.

➤ **Aptitud de Uso**

La aptitud de uso⁴⁵ se define como: "*La vocación potencial del recurso*".

De acuerdo a la Carta existirían 3 aptitudes de uso⁴⁵:

- **Cultivos:** Anuales, forrajeros, hortícolas y frutícolas, con roturado de la tierra.

-
- **Pasturas:** Naturales o forrajeras de duración permanente, con la finalidad de producir pastos forrajeros para la cría de animales.
 - **Forestales:** Producción de bosques naturales o artificiales.

Para definir los distintos tipos de tierras se determinaron las variables limitantes y se recomendaron prácticas básicas de manejo enmarcadas en el nivel tecnológico más representativo de la región⁴⁵.

Se dividió la aptitud general de uso de la tierra en 3 tipos:

- **Tierras cultivables** (Fig. III-29): Es posible todo tipo de uso pero debe cuidarse la degradación por erosión hídrica y el deterioro de la fertilidad y de las propiedades físicas. Se recomienda intercalar cada 5 a 10 años según el tipo de suelo, pasturas para mejorar las condiciones físicas, roturar en curvas de nivel si la pendiente es superior al 1% y cuidar el nivel de materia orgánica para mantener la fertilidad.

Dentro de esta categoría se encuentran 3 tipos de tierras (Fig. III-29):

- ◆ Tierras cultivables con escasas limitaciones para la generalidad de los usos (denominas A1).

-
- ◆ Tierras cultivables con moderadas limitaciones para ser cultivadas (A2).
 - ◆ Tierras cultivables con severas limitaciones para ser cultivadas (A3).
 - **Tierras cultivables en condiciones especiales** (Fig. III-29): Son tierras aptas para la producción de pasturas pero con muy severas limitaciones para cultivos. Pueden o no ser tierras forestales (AP).
 - **Tierras no cultivables** (Fig. III-29): Divididas en 4 tipos:
 - ◆ Tierras aptas para producción de pasturas y forestales (PF).
 - ◆ Tierras aptas para producción de pasturas y muy limitada para la forestación (P).
 - ◆ Tierras aptas para la producción forestal y muy limitada para las pasturas (F).
 - ◆ Tierras de reserva natural de flora y fauna. Sin aptitud agropecuaria ni forestal (R).

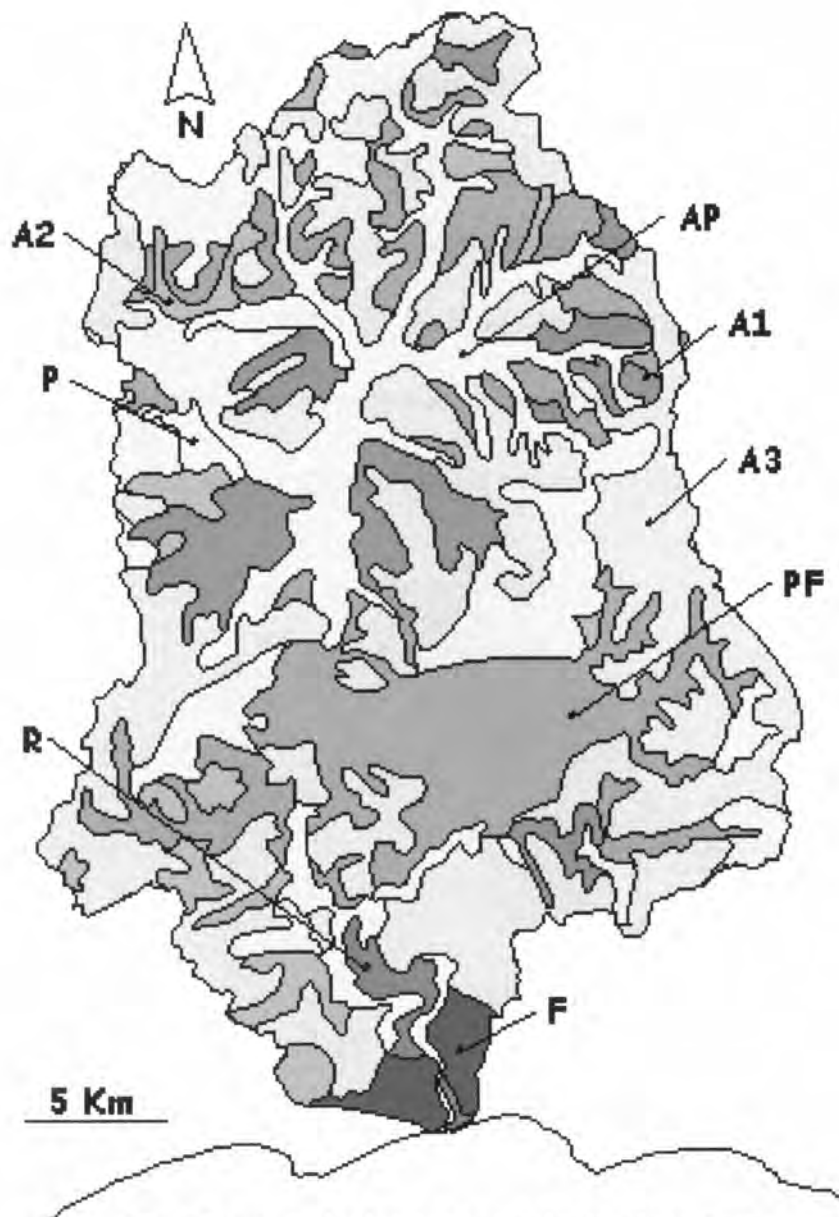


Fig. III-29: Todos las Aptitudes de Uso de la Tierra.

- A1: Tierras cultivables con escasas limitaciones para la generalidad de los usos.
 - A2: Tierras cultivables con moderadas limitaciones para ser cultivadas.
 - A3: Tierras cultivables con severas limitaciones para ser cultivadas.
 - AP: Aptas para producción de pasturas pero con muy severas limitaciones para ser cultivadas. Pueden o no ser tierras forestales.
 - PF: Apta para una amplia gama de producción de pasturas y forestales.
 - P: Apta para la producción de pasturas y muy limitada para los forestales.
 - F: Apta para la producción forestal y muy limitada para las pasturas.
 - R: Tierras de reserva natural de flora y fauna. Sin aptitud agropecuaria ni forestal.
- [Datos tomado de: Carta de Aptitud General de Uso de la Tierra⁴⁵ (MGAP - 1990)]

Generalizando las unidades de aptitud a los 3 grupos principales (Fig. III-30) se encuentra que el 49.65% son "Tierras Cultivables" con distintos grados de limitaciones. El 23.75% son "Tierras Cultivables en Condiciones Especiales" fundamentalmente para pasturas, con limitaciones para los cultivos, pudiendo ser aptas o no para la forestación. El 26.60% son "Tierras No Cultivables" donde pueden existir producciones de pasturas a forestaciones con diversos grados de limitaciones hasta solo ser aptas para la vida natural silvestre de flora y fauna.

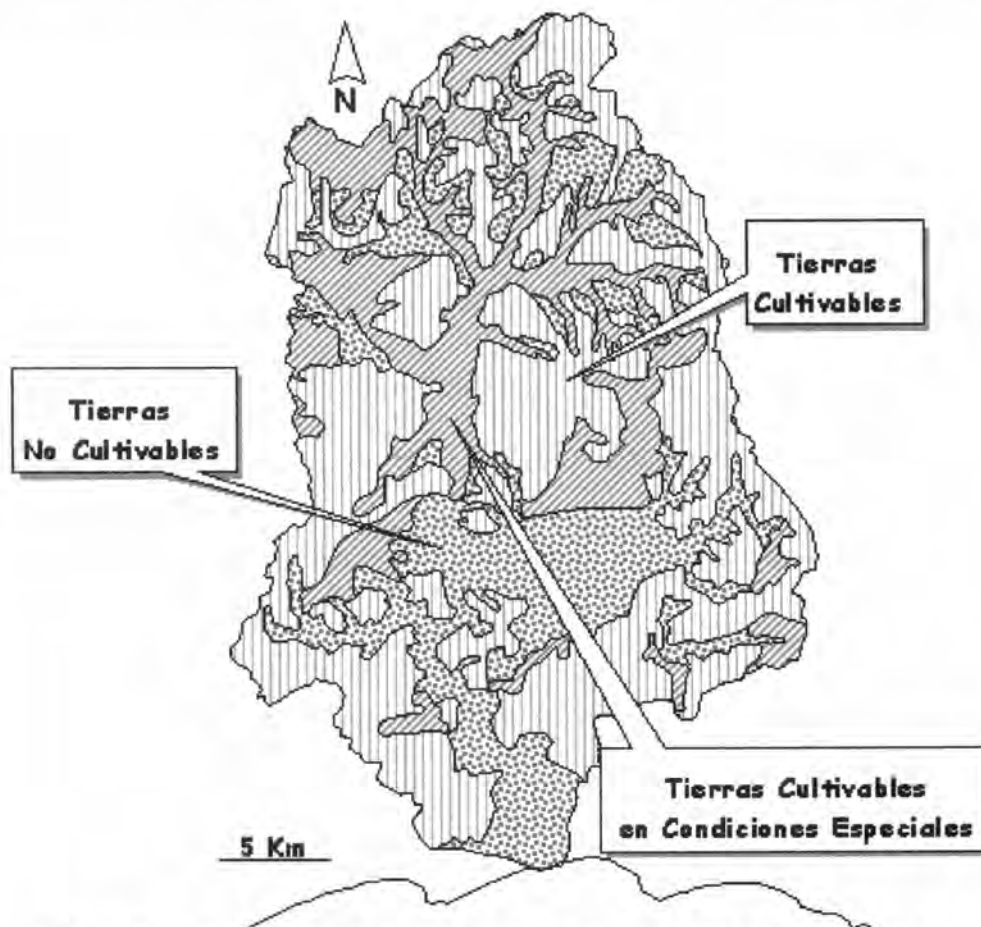


Fig. III-30: Aptitud de Uso generalizado, para visualizar los 3 grandes grupos
[Datos tomado de: Carta de Aptitud General de Uso de la Tierra⁴⁹ (MGAP - 1990)]

➤ **Limitaciones en el uso**

Las **limitantes**⁴⁵ (Fig. III-31) que la carta de aptitud general de uso de la tierra ha considerado son:

Resistencia a la erosión⁴⁵ (e): Se deben aumentar los cuidados en la labranza preferenciando la vertical, no roturando desagües, rotaciones equilibradas con cultivos y pasturas, buenas nivelaciones del terreno evitando mesorelieves, buenos sistema de desagües empastados y con caudales y pendientes adecuados.

Laborabilidad^{45,47} (k): Depende del contenido de arcillas y de materia orgánica del suelo. Limitada en suelos pesados restringiendo el período apto de laboreo y evitando trabajar la tierra cuando está muy húmeda.

Disponibilidad de oxígeno⁴⁵ (w): Limitada por falta de oxígeno en el subsuelo. En cultivos exigentes habría que elevar el volumen del horizonte superficial para aumentar la aireación, a través de camellones o selección de plantas tolerantes.

Inundaciones⁴⁵ (i): Que pueden ser temporales o frecuentes no permiten cultivos. Afecta las pasturas y la forestación si no hay una adaptación de las especies empleadas, que podrían ser del tipo latifoliadas para las forestales.

Fertilidad⁴⁵ (f): Se recomienda mantener los niveles de materia orgánica ya que se pierde con el laboreo, pudiendo ser inviables algunos cultivos.

Limitaciones del uso del suelo

-  Resistencia a la Erosión (e)
-  Disponibilidad de Oxígeno (w)
-  Inundación (i)
-  Fertilidad (f)
-  Sodicidad (Alcalinidad) (a)
-  Disponibilidad de Espacio a las Raíces (r)
-  Resistencia a la erosión y Fertilidad (ef)
-  Resistencia a la erosión y Laborabilidad (ek)
-  Fertilidad y Disponibilidad de Oxígeno (fw)
-  Inundación y Sodicidad (ia)
-  Inundación y Salinidad (iz)
-  Disponibilidad de Oxígeno y Fertilidad (wf)
-  Disponibilidad de Oxígeno y Sodicidad (wa)
-  Disponibilidad de Oxígeno y Salinidad (wz)

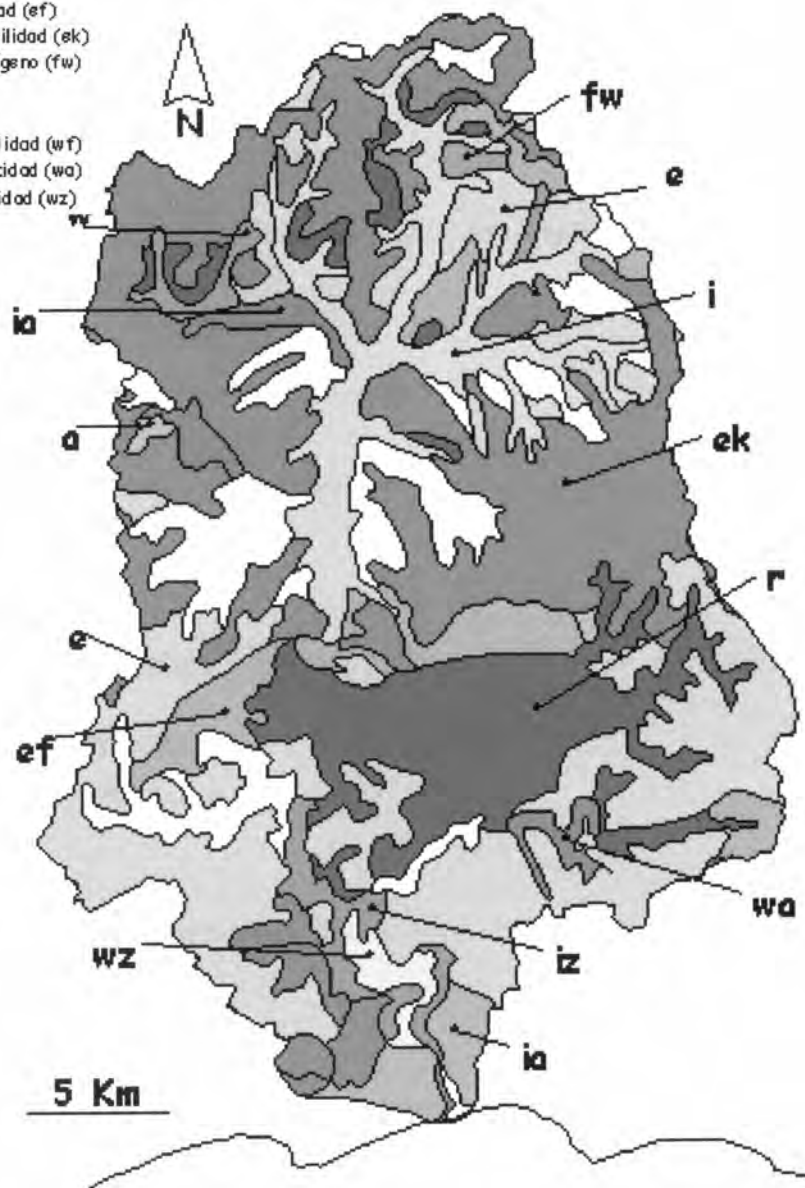


Fig. III-31: Mapa temático de las limitaciones en la Aptitud del Uso de la Tierra

[Datos Tomado de: Carta de Aptitud General de Uso de la Tierra⁴⁶ (MGAP - 1990)]

En contra posición, se favorecen las producciones de pasturas y forestales y en casos extremos se aconseja forestaciones con coníferas.

Para mantener la fertilidad se aconseja realizar rotaciones adecuadas y emplear abonos biológicos.

Sodicidad (alcalinidad)⁴⁵ (a): Puede ser leve y profunda afectando plantas sensibles de arraigamiento profundo (> 50 cm) o puede ser elevada, impidiendo cualquier uso que no sea el de pasturas adaptadas a esta limitante. En el primer caso se pueden emplear camellones para elevar los cultivos.

Salinidad⁴⁵ (z): Limita la producción agropecuaria y la forestal. Solo la flora y fauna tolerante se adapta a estos sistemas.

Disponibilidad de espacio a las raíces⁴⁵ (r): Se obliga a seleccionar pasturas y forestación adaptadas a esta condición.

La carta indica áreas que no presentan ninguna limitación y otras donde existe más de una limitación simultáneamente.

Como ya se planteó en el inicio de este capítulo, la carta de aptitud de uso de la tierra integra el conjunto de aspectos del medio físico. Es por ello que en la tabla III-13 se ve que el 27.16% de las limitaciones se corresponden a Resistencia a la Erosión y Laborabilidad del suelo, y que el 25.13% se corresponde

solamente a la Resistencia a la Erosión. Estas áreas están conformadas mayoritariamente por suelos de Formación Libertad, con dominancia de Brunosoles y Vertisoles, geoforma dominante de lomadas y erosión moderada a severa.

Tabla III-13: Evaluación del área y % de la cuenca que ocupa cada tipo de limitación en la aptitud de uso de la tierra.

| Limitación | Area (Km2) | % de Cuenca |
|----------------|------------|-------------|
| Sin limitación | 66.89 | 10.39 |
| ek | 174.94 | 27.16 |
| e | 162.97 | 25.31 |
| r | 85.76 | 13.32 |
| i | 53.93 | 8.37 |
| ef | 36.79 | 5.71 |
| f | 11.93 | 1.85 |
| iz | 11.71 | 1.82 |
| wa | 10.49 | 1.63 |
| ia | 8.27 | 1.28 |
| wf | 7.27 | 1.13 |
| w | 5.66 | 0.88 |
| wz | 5.65 | 0.87 |
| a | 1.80 | 0.28 |

El 13.32% se corresponde a limitación por Disponibilidad de Espacio a las Raíces concordante con la presencia del Basamento Cristalino en esa área.

El 8.37% presenta como limitante las Inundaciones, correspondiendo a Formación Dolores y Sedimentos aluviales actuales, con geoformas de planicies y suelos de la Serie Asociada conformados por Planosoles Eutricos, Solonetz Solodizado, Fluvisoles Heterotexturados y Brunosoles Éutricos.

Corolario: Es importante hacer notar que la información suministrada por el MGAP⁴⁵ y trabajada en este capítulo se centra fundamentalmente en una visión netamente productivista, propio de la década de su publicación. Las tendencias actuales permiten visualizar las aptitudes de uso con una visión más amplia, en las que se analizan todas las alternativas más probables para su aprovechamiento.

III. C. ASPECTOS BIOTICOS PRODUCTIVOS

Dado que el área se encuentra fuertemente antropizada se centra la atención en aquellos aspectos antrópicos que condicionan o pueden condicionar la evolución de la zona en estudio. Con esto se hace referencia a aquellos aspectos bióticos productivos que pueden impactar negativamente la futura fuente de agua.

El Departamento de Canelones presenta una historia importante en la producción agrícola, sin embargo en el correr del tiempo, por razones que no se discutirán, ésta actividad ha disminuido.

□ Evaluación macro del Censo agropecuario

En el procesamiento primario de las planillas de control de campo aportados por el Censo Agropecuario⁵¹ se considera el número de explotaciones, superficie y principal fuente de ingresos para el Departamento de Canelones. De ellas surge:

- ◆ **Lecherías:** Disminuyendo su explotación en la cuenca lechera de Montevideo: Canelones y Florida.
- ◆ **Viticultura:** Disminuyendo el número de explotaciones vitícolas, pero manteniendo los principales productores.
- ◆ **Forestación:** Aumentando explosivamente en todo el país, especialmente en los Departamentos de Canelones y Lavalleja, donde el 40 % de las explotaciones lo

presentan como su principal fuente de ingreso. No siendo estos departamentos los de mayor superficie plantada.

- ◆ **Avícolas y Porcinas:** Existiendo un aumento porcentual importante en la primer explotación y moderado en la segunda.
- ◆ **Cultivos cerealeros e industriales:** Disminuyendo drásticamente en el departamento.

□ **Explotaciones por principal fuente de ingreso**

En la Tabla III-14 se presenta el número de explotaciones por principal fuente de ingreso del Departamento de Canelones. En ella se puede apreciar que los rubros que representan las principales fuentes de ingreso son el hortícola y el de carne vacuna.

Tabla III-14: Cantidad de explotaciones por principal rubro de ingreso.

| CENSO AGROPECUARIO 2000 | | | | | | | | | | |
|--|-------------|--------------|----------|----------|---------------|--------|----------|---------------|--------|--------------|
| Número de Explotaciones por principal fuente de ingreso en Canelones | | | | | | | | | | |
| Fruticultura | Viticultura | Horticultura | Cereales | Lechería | Vacunos carne | Ovinos | Forestal | Aves y cerdos | Otros | Sin ingresos |
| 636 | 763 | 2.928 | 128 | 631 | 3.084 | 85 | 322 | 876 | 339 | 917 |
| 1.540* | 1.103* | 5.289* | 1.323* | 6.195* | 27.305* | 4.544* | 1.083* | 2.330* | 2.927* | 3.476* |

* Estos Valores representan el Número de Explotaciones por Principal Fuente de Ingreso del País (Tomado de: DIEA, 2000)

En la Tabla III-15 se compara el índice de explotaciones de los Censos Agropecuarios de 1990 y del 2000 por sus principales fuentes de ingreso. El índice forestal es el más relevante con un valor de 975.8 para Canelones, mientras que

para todo el país constituye el 608.4. Para vacunos de carne el índice es de 270.8 para Canelones y 210.4 para el país y para la hortícola es de 68.7 contra 80.5 para el país.

Los diversos rubros relacionados con laboreo del suelo, en líneas generales se presentan con un decaimiento de sus índices, por lo que a los efectos del presente trabajo se analiza el número de explotaciones cuya principal fuente de ingreso lo constituyen los bovinos para carne, la horticultura y la forestación.

Tabla III-15: Índice de explotaciones por principal fuente de ingreso, surgidas de comparar los Censos Agropecuarios de 1990 y del 2000.

| COMPARACIÓN CENSO AGROPECUARIO 1990 y 2000 | | | | | | | | | | |
|--|-------------|--------------|----------|----------|---------------|--------|----------|---------------|--------|--------------|
| Índice de explotaciones por principal fuente de ingreso en Canelones | | | | | | | | | | |
| Fruticultura | Viticultura | Horticultura | Cereales | Lechería | Vacunos carne | Ovinos | Forestal | Aves y cerdos | Otros | Sin ingresos |
| 100.5 | 54.7 | 68.7 | 12.7 | 71.8 | 270.8 | 54.5 | 975.8 | 159.6 | 53.5 | --- |
| 104.5* | 56.0* | 80.5* | 31.4* | 87.2* | 210.4* | 27.7* | 608.4* | 126.2* | 141.6* | ---* |

* Estos Valores representan los Índices Totales por Principal Fuente de Ingreso del País (Tomado de: DIEA, 2000)

En relación con el área de estudio y del relevamiento visual efectuado recorriendo la Cuenca Solís Chico se aprecia el retroceso de actividades relacionadas con el laboreo de las tierras. Existen áreas importantes que se encuentran abandonadas o con cultivos de subsistencia en las que se ve ganado bovino.

Aún quedan algunos chacareros próximos a la localidad de Migues que se encuentran nucleados. Parte o toda su producción es vendida por ellos en los puestos de feria que se ubican en los balnearios próximos a las áreas de cultivo.

Otra zona de chacras se ubica en las nacientes del A° Solís Chico al Norte de la Ruta 81, donde se puede apreciar invernáculos para cultivar tomates y morrones. En esta zona la producción es llevada a los mercados para su comercialización.

Como se ha planteado en otros ítems, la zona en estudio es un área que presenta erosión marcada. Dado el retroceso en la agricultura en algunos de los campos que se encuentran abandonados se observa un neto proceso de detención y en muchos casos de reversión de la erosión. Algunas cárcavas han cambiado el grado de pendiente de sus paredes y han sido cubiertas por vegetación, fijándolas. No obstante esto, la presencia de ganado en los campos hace posibles nuevos procesos erosivos en las márgenes de los cursos de agua, por pisoteo de animales que pueden afectar el futuro de una toma de agua o la vida útil de un embalse⁵².

Tomando los datos del Anuario Estadístico Agropecuario 2000 de la página web del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca⁵¹ se puede apreciar en la Figura III-33 las explotaciones cuyo principal rubro de ingreso es la producción hortícola en el Departamento de Canelones y la Cuenca en estudio; y en la Figura 35, la cantidad de explotaciones de producción bovina de carne como principal rubro de ingreso.

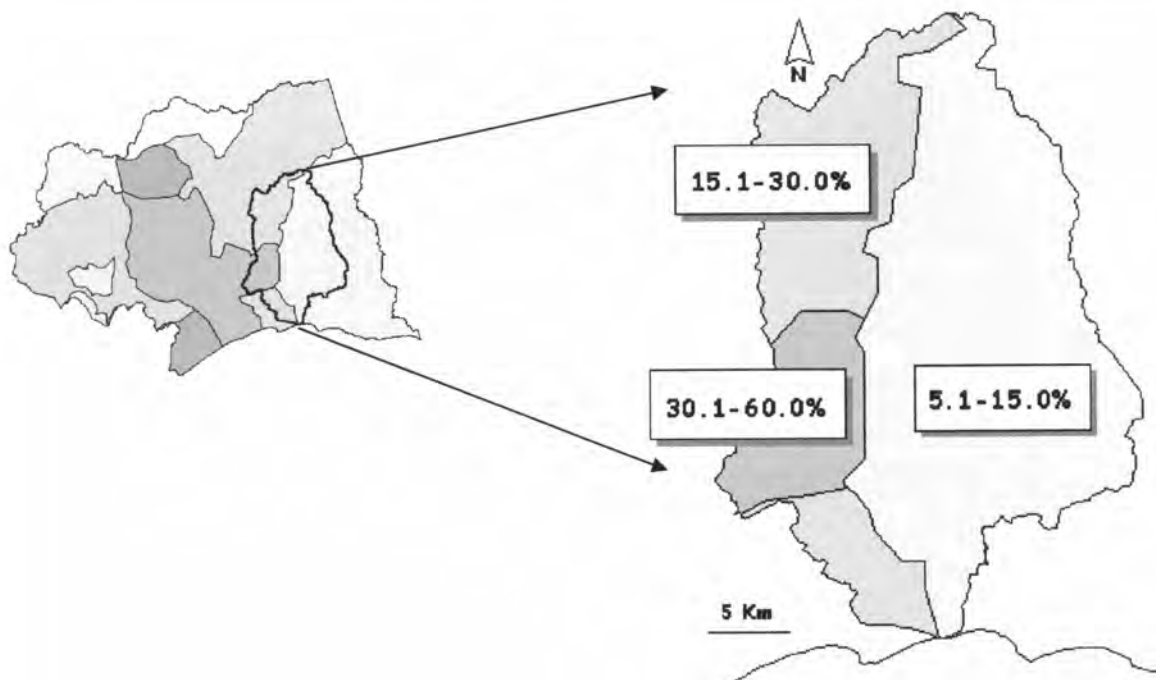


Fig. III-33: Porcentaje de explotaciones Hortícolas como principal rubro de ingreso
(Dato: DIEA⁵¹, 2000)

La actividad que ha tomado mayor impulso en el Uruguay en los últimos años fue la producción forestal con plantaciones de bosques artificiales⁵¹, en el marco de la Ley de Promoción Forestal N° 15.939. En la Tabla III-16 se presenta la superficie forestada con apoyo de la Ley de Promoción Forestal y sin apoyo de ella y el número de explotaciones del Departamento de Canelones en relación con las del país.

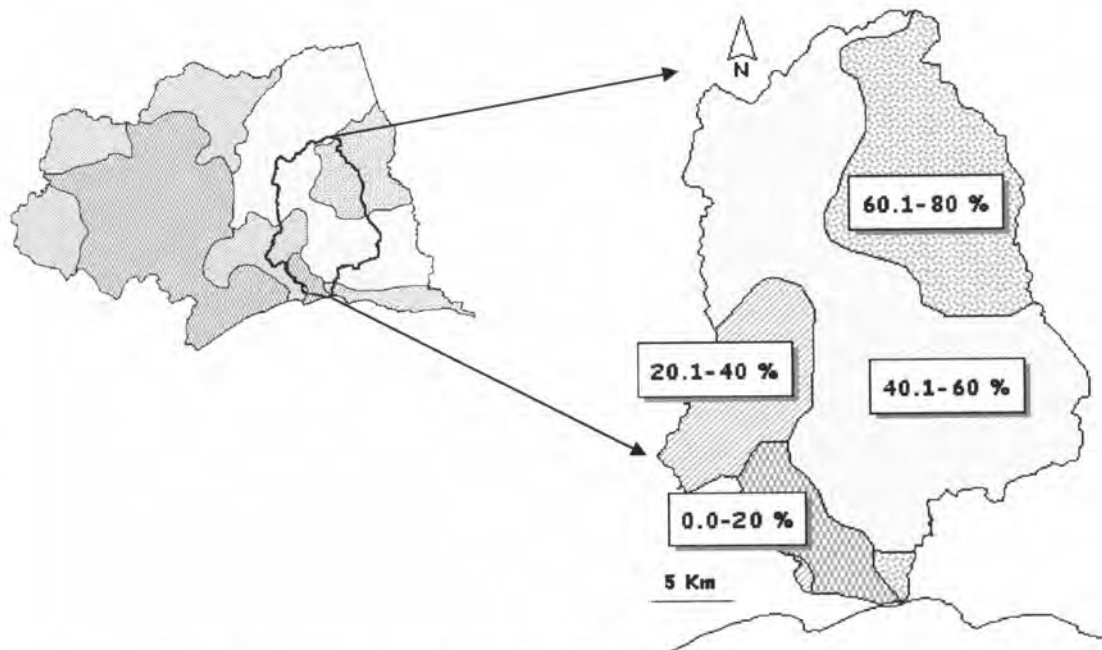


Fig. III-34: % de explotaciones con bovinos de carne como rubro de principal ingreso
(Dato: DIEA⁵¹, 2000)

En las Figuras III-35 y III-36 se compara el porcentaje de explotaciones con forestación como rubro de principal ingresos de los Censos Agropecuarios de 1990 y 2000.

Tabla III-16: Plantaciones de Bosque Artificial en el Departamento de Canelones y en el país

| BOSQUE ARTIFICIAL | | | | | | | | |
|---|------------------|------|------------------------------|------------------|------|------------------------------|------------------|------|
| Superficie total y plantada en el marco de la Ley – Dpto. Canelones | | | | | | | | |
| TOTAL | | | Con Apoyo de la Ley Forestal | | | Sin Apoyo de la Ley Forestal | | |
| Número de Exploraciones | Superf. Plantada | | Número de Exploraciones | Superf. Plantada | | Número de Exploraciones | Superf. Plantada | |
| | (ha) | (%) | | (ha) | (%) | | (ha) | (%) |
| 2.364 | 23.748 | 3,6 | 40 | 5.299 | 1,1 | 2.335 | 18.449 | 9,8 |
| 19.402* | 660.667* | 100* | 850* | 473.116* | 100* | 18.723* | 187.551* | 100* |

* Estos Valores representan los Totales Nacionales (Tomado de: DIEA, 2000)

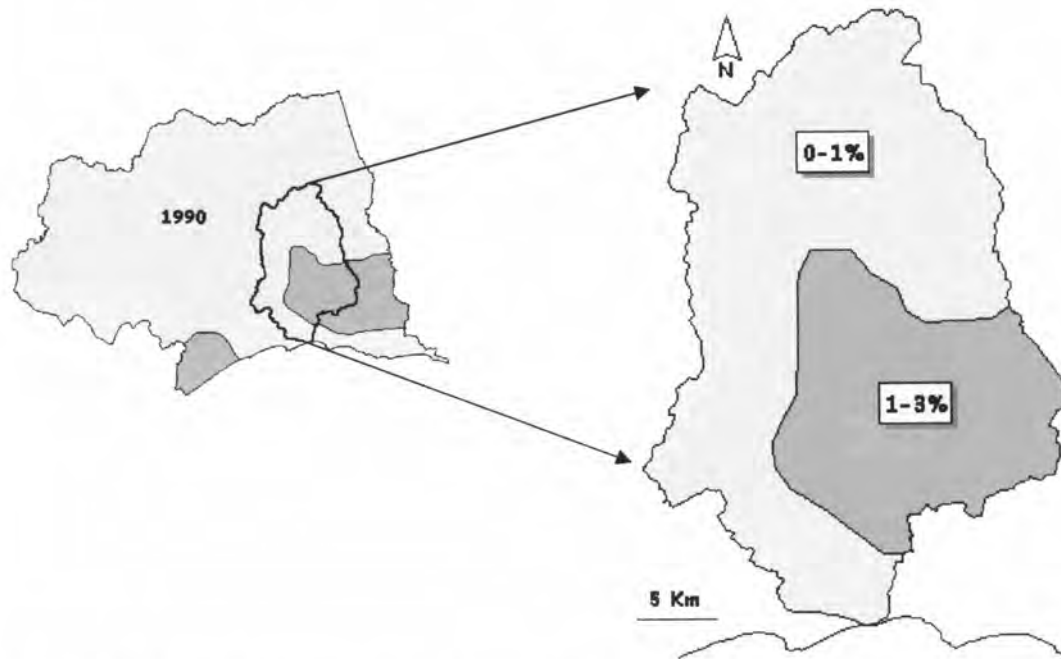


Fig. III-35: Censos Agropecuarios de 1990 presentando el porcentaje de explotaciones con forestación como rubro de principal ingreso (Datos: DIEA⁵¹, 2000)

Como se observa en la Figura III-36 la cantidad de establecimientos dedicados a la forestación han aumentado notoriamente en el área de interés, lo que producirá modificaciones en el ambiente a escala local o regional que afectarán directa o indirectamente la red hídrica de la cuenca.

Al igual que lo planteado con antelación, esta información será procesada a fin de obtener un índice de incidencia de la forestación que caracterice a cada escenario.

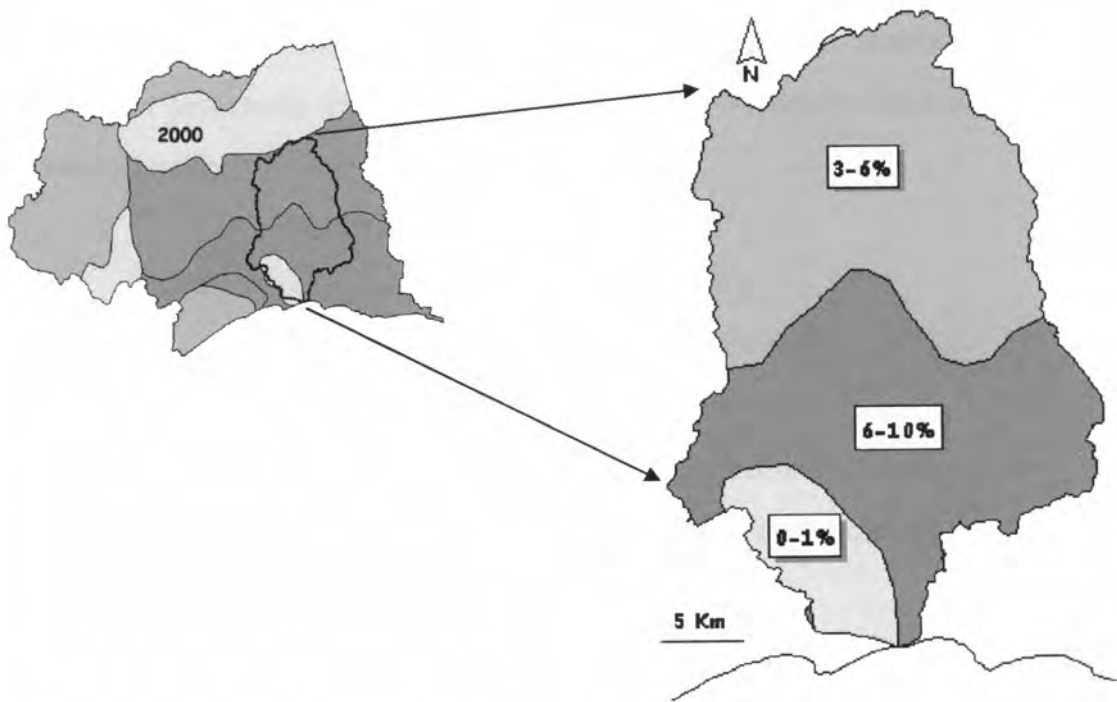


Fig. III-36: Censos Agropecuarios de 2000, presentando el porcentaje de explotaciones con forestación como rubro de principal ingreso (Datos: DIEA⁵¹, 2000)

III. D. ASPECTOS POBLACIONALES

Para elaborar un proyecto de abastecimiento de agua es importante conocer la demanda de ésta para sus múltiples usos incluidos en el área del proyecto⁵³. Dado que el área en estudio es fundamentalmente conformada por urbes con escasa o nula industrialización, la demanda sería función del:

- número de habitantes a ser abastecidos y
- de la cantidad de agua necesaria por habitante

El censo es la fuente demográfica que suministra la información espacial detallada, conformándose como el instrumento de uso imprescindible en los análisis geográficos⁵⁴.

En el Uruguay el INE^m es el encargado de efectuar los censos de población y de vivienda del país. La información suministrada permite ver que el crecimiento intercensal del Departamento de Canelones⁵⁵ comparado al Departamento de Montevideo y al resto del interior del país (Tabla III-17) es del orden del 20 por mil. Esto lo constituye como el segundo departamento de mayor crecimiento en el último período intercensal (Fig. III-37).

Tabla III-17: Tasa anual media de crecimiento de los períodos intercensales 1985-1996, 1975-1985 y 1963-1975 (* Tomado: INE⁵⁶ - 1996*)

| | TASA MEDIA DE CRECIMIENTO INTERCENSAL (por mil)* | | |
|------------------|--|-------------|-------------|
| | 1985 - 1996 | 1975 - 1985 | 1963 - 1975 |
| Total Interior | 9.59 | 5.53 | 9.29 |
| Total Montevideo | 2.34 | 5.63 | 2.44 |
| Total Canelones | 18.50 | 10.76 | 19.99 |

^m INE: Instituto Nacional de Estadística y Censo

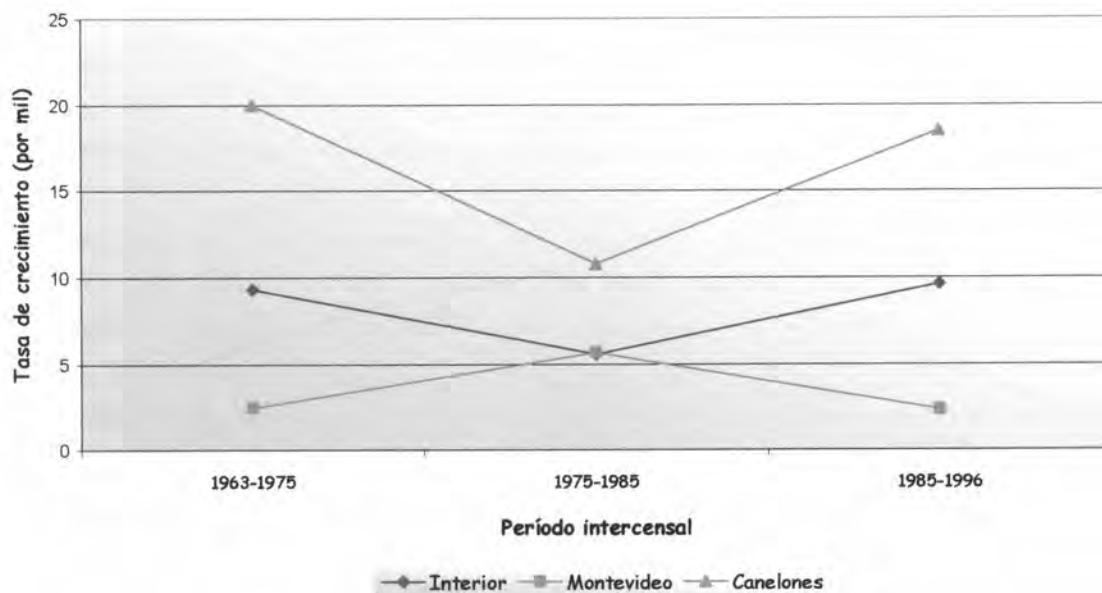


Fig. III-37: Tasa anual media de crecimiento de los períodos intercensales, donde se puede apreciar el importante crecimiento del Departamento de Canelones comparado con Montevideo y del interior.

Proyección del Crecimiento Poblacional

La proyección del crecimiento poblacional (ver Anexo II. 8.: Población - Tasa anual media de crecimiento poblacional) del departamento de Canelones en la Figura III-38 asume un horizonte de crecimiento hasta el año 2015 (Tabla III-18).

Tabla III-18: Datos del INE⁵⁶ intercensales y cálculos de la población proyectada para los años 2005-2010 y 2015.

| | CENSOS (años) | | | | PROYECCION (años) | | |
|-------------------|---------------|---------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| | 1963 | 1975 | 1985 | 1996 | 2005 | 2010 | 2015 |
| Habitantes | 258.195 | 325.594 | 364.248 | 443.053 | 520.031 | 568.436 | 621.346 |

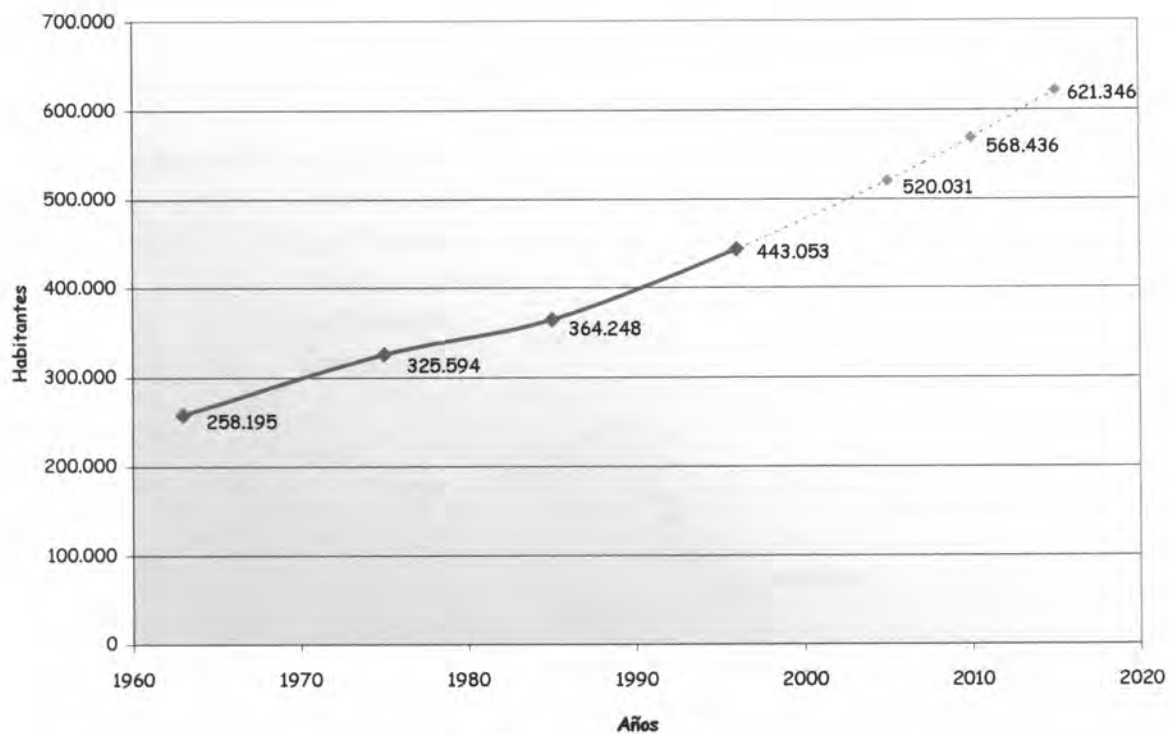


Fig. III-38: Proyección del crecimiento poblacional hasta el año 2015 para el Departamento de Canelones. Datos de los censos 1963-1975-1985-1996 (De: INE⁵⁵, 1996a) y el cálculo de la tasa de crecimiento intercensal

Ocupación de Viviendas

Las Naciones Unidas recomiendan como primer variable a ser considerada dentro de la información censal: "Lugar de residencia habitual ..." ⁵⁴. El INE toma este concepto y solicita a los habitantes del país que el día del censo se encuentren en su residencia habitual. Analizando esta información a escala espacial (Fig. III-39) y a nivel de ocupación de viviendas, se identifican dos grupos de urbes dentro del área considerada:

- las urbes con población permanente a lo largo del año (Fig. III-39):

Migues
Estación Migues
Estación Tapia

Dr. F. Soca
Estación Atlántida y
Estación La Floresta

- y las urbes con población variable o estacional (Fig. III-39):
Atlántida (Balneario)
Las Toscas
Parque del Plata
La Floresta y
Costa Azul



Fig. III-39: Superposición de coberturas de área de la cuenca y localidades.
Se discriminan las urbes de población variable o estacional de las urbes con población permanente. (Dato base extraído: INE⁵⁶ -1996b)

Se analiza la información de viviendas ocupadas y desocupadas de las localidades consideradas con la premisa de lugar de residencia habitual, identificando a las poblaciones permanentes a lo largo del año como las localidades que presentaron menor índice de desocupación habitacional (Fig. III-40).

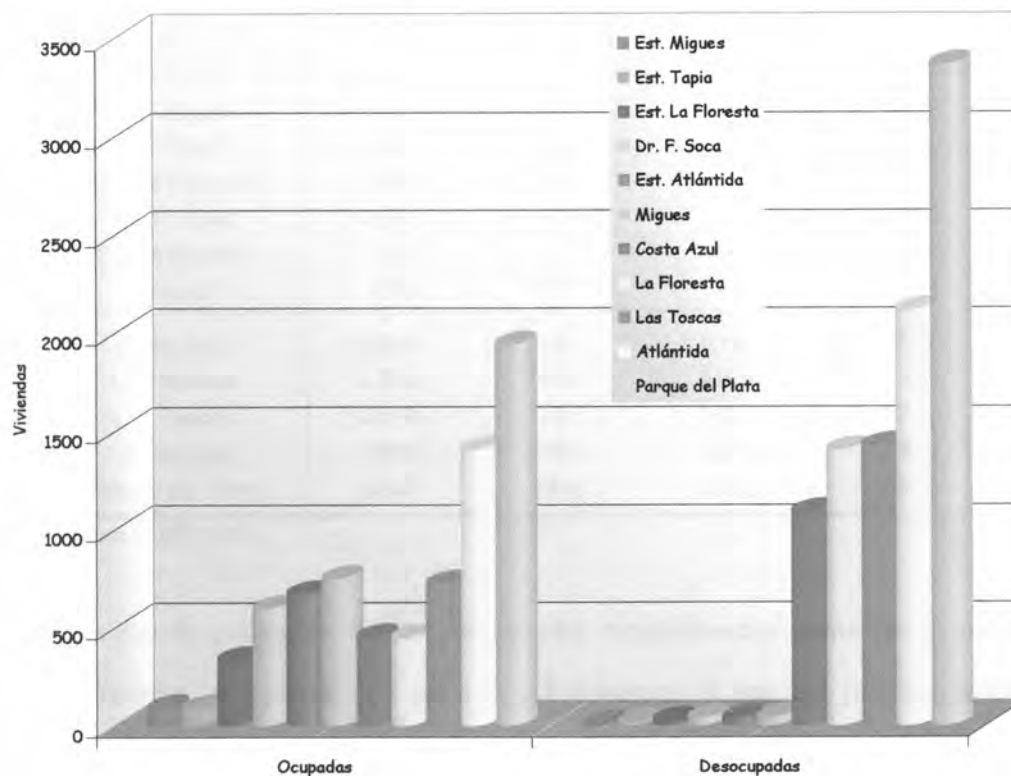


Fig. III-40: Localidades consideradas vs. cantidad de viviendas ocupadas y desocupadas (Datos: INE⁵⁶ - 1996b)

Las poblaciones permanentes mantienen una relación directa entre el número de habitantes y las viviendas ocupadas (Tabla III-19) existiendo un porcentaje de ocupación habitacional del 93.7%. En cambio para las localidades de población

variable o estacional el porcentaje de viviendas ocupadas es del orden del 34.6% (Fig. III-41).

Tabla III-19: Localidades vs. cantidad de viviendas por condición de ocupación y población*

| LOCALIDADES | VIVIENDAS | | | POBLACION (Habitantes) |
|------------------|-----------|----------|-------------|---------------------------|
| | Total | Ocupadas | Desocupadas | |
| Est. Migue | 94 | 90 | 4 | 223 |
| Est. Tapia | 110 | 91 | 19 | 266 |
| Est. La Floresta | 360 | 334 | 26 | 1128 |
| Dr. F. Soca | 634 | 595 | 39 | 1764 |
| Est. Atlántida | 708 | 670 | 38 | 2297 |
| Migue | 790 | 747 | 43 | 2004 |
| Costa Azul | 1540 | 450 | 1090 | 759 |
| La Floresta | 1850 | 446 | 1404 | 1211 |
| Las Toscas | 2146 | 721 | 1425 | 1793 |
| Atlántida | 3519 | 1405 | 2114 | 2297 |
| Parque del Plata | 5307 | 1941 | 3366 | 4993 |

* Datos: INE⁸⁶-1996b

Se asume que la población de las localidades consideradas como permanentes es poco fluctuante, no siendo así para los balnearios donde se pueden presentar variaciones del número de habitantes abastecidos con extremos que van desde:

- ♦ la población residente todo el año,
- ♦ visitantes eventuales de fines de semana o períodos vacacionales diferentes a los del verano
- ♦ y población máxima en el período veraniego.

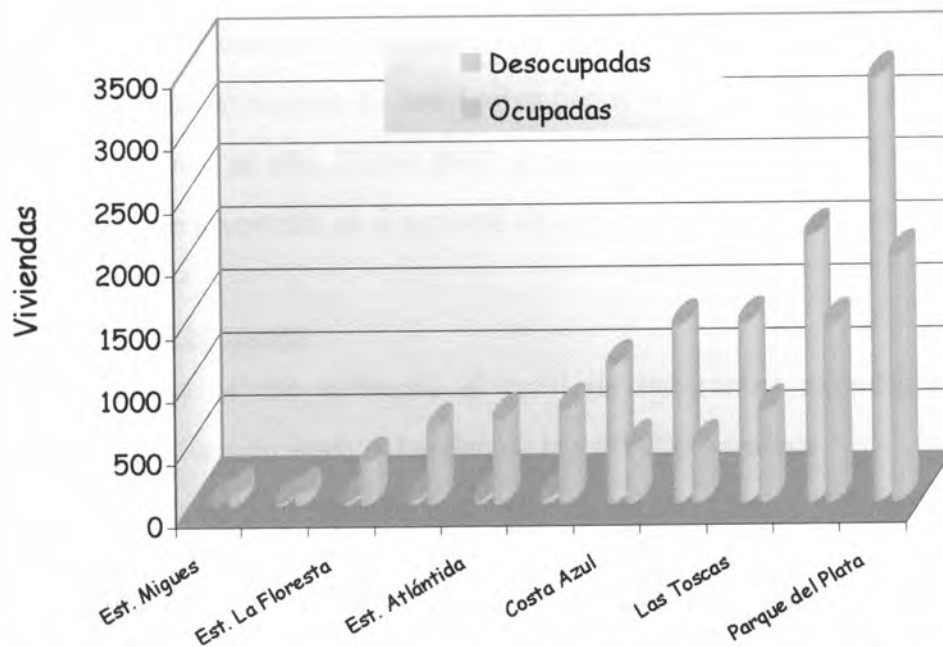


Fig. III-41: Viviendas ocupadas y desocupadas por localidades (Datos: INE⁵⁶ - 1996b)

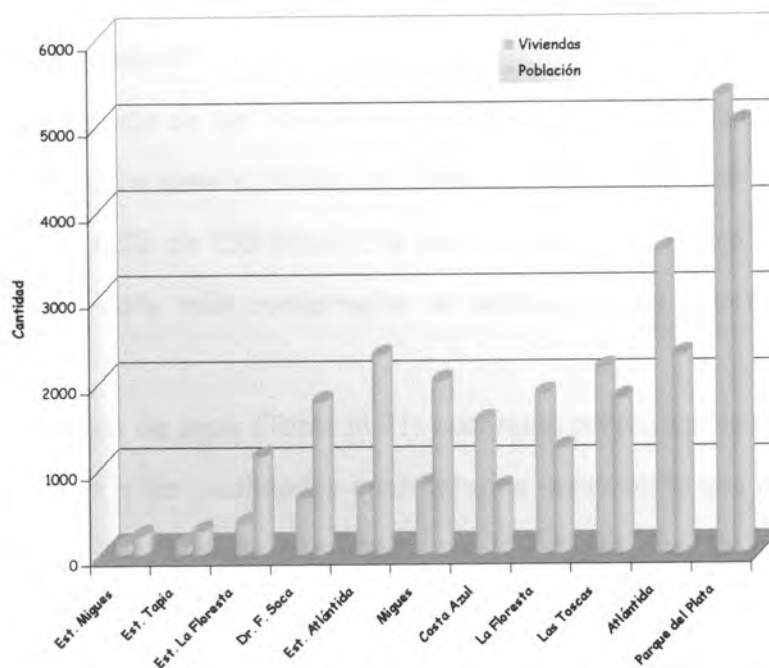


Fig. III-42: Habitantes permanentes vs. total de viviendas por localidad (Datos: INE⁵⁶)

A tales efectos se calcula para el verano y para los balnearios un promedio de 5 personas por vivienda desocupada y 5 personas por vivienda ocupada. Esto surge del último censo donde el número de habitantes por vivienda ocupada es del orden de 2 personas durante el año (Tabla III-19 y Fig. III-42). Se entiende que este número puede ser incrementado en el período de verano por visitantes temporales.

Cálculo estimado de consumo

A los efectos de un cálculo estimado el total de habitantes alojados en los balnearios durante el verano sería del orden de las 25.000 personas.

Ayudados en este cálculo y considerando el resto de las localidades (Tabla III-19) se estaría teniendo unas 35.000 personas consumiendo agua durante el período pico del verano.

Para realizar el cálculo estimativo del consumo de agua per capita, en la Tabla III-20 se presentan los consumos reales de algunas ciudades del Departamento de Canelones⁵⁷.

Si se efectúa el promedio de las localidades consideradas, el consumo per capita es de 111 litros/día. Este dato mantiene el orden de magnitud que el consumo per capita empleado por OSE de 150 litros/día para el país (Ing. Ferroⁿ com. pers.). Por ser este último dato más conservador se asumirá a los efectos de otros cálculos.

Si se estima el volumen de agua (Tabla III-21) necesaria para abastecer desde una misma fuente de agua a las localidades consideradas -asumiendo una población de 35.000 habitantes y un consumo per capita de 150 litros/día- se requerirá un volumen de aproximadamente $5.250 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

ⁿ Ing. Ferro: Sub Gerente General Técnico de OSE

Tabla III-20: Consumo per capita, se relacionan los consumos anuales vs. número de habitantes, para algunas localidades del departamento de Canelones.

| LOCALIDADES | CONSUMO [*] m ³ anual | POBLACION ^{**} 1996 | CONSUMO PER CAPITA litros/día |
|--------------|--|---------------------------------|----------------------------------|
| Solymar | 779.528 | 13.942 | 153 |
| La Paz | 713.856 | 19.547 | 100 |
| Canelones | 1.009.238 | 19.388 | 143 |
| Las Piedras | 2.929.021 | 68.580 | 117 |
| Progreso | 385.539 | 14.471 | 73 |
| Sauce | 180.925 | 4.932 | 101 |
| Pando | 1.099.836 | 23.384 | 129 |
| San Ramón | 253.201 | 6.828 | 102 |
| Tala | 154.265 | 4.720 | 89 |
| Santa Rosa | 106.017 | 3.263 | 89 |
| San Jacinto | 182.516 | 3.596 | 139 |
| San Bautista | 58.720 | 1.685 | 95 |

* Datos tomados del Plan Director de agua potable de Montevideo (1999)

** Datos de INE (1996b)

Tabla III-21: Volumen total de agua requerida /día para abastecer a la población estimada.

| POBLACION (Habitantes) | CONSUMO PER CAPITA (litros/día) | VOLUMEN TOTAL (litros/día) |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 35.000 | 150 | 5.250.000 |

En el caso de que los caudales de la cuenca no permitieran la extracción de este volumen de agua sería necesario embalsar el cauce. A estos efectos se considera el coeficiente de 6 meses empleado por OSE como volumen de reserva para asegurar el abastecimiento. Para cubrir este coeficiente de seguridad se requiere un volumen de 945.000 m³ de agua disponible.

Corolario: Los cálculos que se efectuaron consideraron todas las localidades con el máximo permisible de habitantes. Pero es importante resalta, que la totalidad de las localidades en la actualidad cuentan con el servicio de agua potable de OSE de origen superficial en algunos casos o de origen profundo en otros.

Los presentes cálculos se realizan a los efectos de analizar la viabilidad de que todas las localidades o partes de ellas puedan ser abastecidas por su propia cuenca de drenaje superficial.

ANEXO IV:

Legislación

Se detallan brevemente los contenidos de las leyes y decretos nacionales que se entienden de interés:

- **Ley Orgánica N° 11.907/52 - Creación de las Obras Sanitarias del Estado (OSE)**

Define los cometidos y facultades de OSE en materia de prestación del servicio de agua potable en todo el territorio de la República y la prestación de alcantarillado de igual forma exceptuando al Departamento de Montevideo.

- **Decreto-Ley N° 14.440/75 - Normas sobre aguas residuales donde exista sistema de alcantarillado separativo**

Donde existe alcantarillado separativo propiedad de las OSE, las propiedades con frente a las vías públicas, solo podrán evacuar en los colectores de aguas servidas las aguas residuales de esta clase. Las aguas pluviales solo se evacuarán en los colectores pluviales mediante las conexiones que correspondan. Compete a las OSE, los controles domiciliarios a los efectos de la constatación de transgresiones a lo dispuesto y al cobro de multas.

- **Decreto 216/76 - Reglamentario del Decreto-Ley N° 14.440**

Reglamenta la Ley 14.440/75 y determina como excepciones que puede autorizar las OSE a aquellos desagües pluviales de pequeñas áreas descubiertas:

desagües a la calle o a los colectores pluviales en los casos que resulten técnicamente dificultosos o económicamente muy onerosos y sistema de colectores de alejamiento de aguas residuales que permitan la evacuación de aguas pluviales. Establece a su vez, que en ningún caso el caudal máximo tolerado en las excepciones puede superar los 0.3 lt/seg., ni corresponder al desagüe de un área descubierta mayor de 18 m².

- **Decreto-Ley N° 14.859/78 - Código de aguas**

En su contenido se establecen los principios generales; el inventario y apreciación de los recursos hídricos y el registro de los derechos al uso de aguas; el dominio de las aguas; las servidumbres en materia de aguas; las obras de defensa, mejoramiento y disposiciones preventivas; el uso de las aguas y álveos dominiales y fiscales y otras.

- **Decreto 253/79 - Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas**

Establece que los cursos o cuerpos de agua del país se clasifican según su uso en cuatro clases. *"Clase I: destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con el tratamiento convencional". "Clase II: Aguas destinadas a riego de productos agrícolas que se consuman en forma natural ...". "Clase III: Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y otros integrantes*

de la flora y de la fauna hídrica ...". "Clase IV: Aguas correspondientes a los cursos o tramos de cursos que atraviesan zonas urbanas ...".

Así mismo, se establecen los estándares de calidad que cada clase de uso debe cumplir, siendo potestad del MVOTMA establecer programas de recuperación de los cursos de agua a la clase de uso asignada en el caso de apartarse de ella.

Por otro lado, establece los estándares de calidad mínimos que deben cumplir las aguas de vertido, estableciendo tres categorías según sea su destino a: "Desagües a colector del alcantarillado público", "Desagües directos a cursos de agua" o "Desagües que se disponen por infiltración al terreno".

- **Decreto-Ley N° 15.239/81 - Ley de uso y conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios**

En el artículo 3° de esta ley se detallan las competencias: *"el Ministerio de Agricultura y Pesca coordinará y dirigirá todas las actividades tendientes a lograr un uso y manejo adecuado del suelo y del agua con fines agropecuarios, encomendándose a tales efectos:"* Se pasa a detallar la lista de encomendaciones: Realizar estudios e investigaciones, promover y desarrollar programas educacionales con todo tipo de instituciones públicas y privadas, determinar normas técnicas, fiscalizar el cumplimiento de esas normas, realizar

programas y proyectos demostrativos de manejo y conservación y prohibir determinados cultivos o prácticas de manejo de suelos y de las aguas.

- **Ley N° 15.242/81 - Código de Minería**

Constituye la competencia de la Dirección Nacional de Minería y Geología del MIEM como el órgano competente en la materia. Determina la clasificación de los yacimientos; los derechos mineros en cuanto al titular de la prospección, exploración y concesión; derechos de explotación; habilitación de la actividad; caducidad del derecho; servidumbres; infracciones; sanciones; regulación de la actividad; regímenes de los yacimientos de cada clase, entre otros.

- **Decreto 110/82 - Reglamento del Código de Minería**

Reglamenta en forma General la Minería, regulando la actividad minera que se desarrolla en el territorio nacional, de acuerdo a las disposiciones del Código de Minería.

- **Ley N° 15.939/87 - Ley Forestal**

Se declara de interés nacional la defensa, el mejoramiento, la ampliación, la creación de los recursos forestales, el desarrollo de las industrias forestales y en general la economía forestal. Se designa como organismo competente a la Dirección Forestal del MGAP para ejecutar las políticas forestales.

La ley hace referencia al patrimonio forestal del estado; a las plantaciones de bosques para proteger terrenos que se deseen conservar o recuperar; prohíbe la destrucción de los bosques protectores; fomenta la forestación a través de beneficios tributarios o con financiamientos; crea el fondo forestal para aplicar la ley y fomenta a las empresas desde los productores hasta la industrialización de maderas de producción nacional a facilidades durante 15 años detallando una serie de diversas actividades.

- **Decreto 502/87 - Normas referentes a los permisos de extracción de áridos subacuáticos**

Autoriza al MTOP a conceder directamente permisos de extracción de áridos subacuáticos, determinando los valores de canon a abonarse por concepto de derecho de extracción.

Aclara que los permisos concedidos por el MTOP de extracción son de carácter precario, revocable y no excluyente.

- **Decreto 452/88 - Bosques**

Establece que son tomados como bosques las asociaciones vegetales que ocupen una superficie mínima de 2.500 m². A su vez, detalla los terrenos forestales definiendo determinadas zonas o grupos de suelos empleando la clasificación

CO.NE.A.T. Determina la aptitud forestal de un suelo basados en el buen crecimiento de los bosques, con una buena capacidad de enraizamiento y adecuado drenaje en suelos de baja fertilidad natural.

- **Decreto 849/88 - Bosques - Normas reglamentarias referentes a la prevención y combate de incendios forestales**

Indica la competencia de la Dirección Nacional de Bomberos sobre la materia de los incendios forestales y establece que los organismos públicos de cualquier naturaleza están obligados a colaborar.

- **Decreto 497/88 - Reglamento de barométricas de carácter público o privado**

Es potestad del MTOP otorgar los permisos para las descargas de barométricas, según el artículo 145 del Código de Aguas, a través de la Dirección Nacional de Hidrografía, a la que se deberá presentar el punto de vertido, el volumen a descargarse y el tipo de efluente. En caso de incumplimiento se establecen las multas a ser aplicadas.

-
- **Ley 16.112/90 - Creación del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente**

Fija sus cometidos y competencias estableciéndose que tiene el contralor de la calidad de las aguas, extiende la autorización ambiental previa y evalúa los estudios de impacto ambiental. Genera las políticas nacionales en relación con medio ambiente y otros.

- **Ley N° 16.170/90 - Presupuesto Nacional de Sueldos, Gastos e Inversiones**

En su artículo 267 cambia la denominación de la Dirección Forestal por la Dirección General de Recursos Naturales Renovable. Y desde el artículo 268 al 273 hace referencia a modificaciones, facultades, infracciones y otras en relación a la Ley Forestal N° 15.939/87.

Los artículos 456 y 457 hacen referencia a las competencias y atribuciones del MVOTMA en la materia que resulta del Código de Aguas.

- **Decreto 284/90 - Reglamentario de la Ley de uso y conservación de suelos y aguas superficiales con fines agropecuarios**

En este decreto reglamentario se determina la clasificación de capacidad de uso de las tierras, se determinan las normas técnicas para la conservación de los suelos para cada clase de tierras, se dan criterios para la recuperación de

tierras erosionadas y se establece el uso y conservación de los suelos y de las aguas.

- **Decreto 333/90 - Bosques - Ampliarse superficies de suelos accesorios, a los de prioridad forestal, donde se admita su instalación para su rendimiento**

Permite la ampliación de la superficie de suelos accesorios a los de prioridad forestal, donde se admite la instalación de bosques de rendimiento y de especies diferentes a las declaradas de interés nacional.

- **Decreto 22/93 - Dirección General de Recursos Naturales Renovables - Mecanismos para la protección del bosque indígena**

Determina mecanismos para dar eficaz cumplimiento a la protección del bosque indígena a cargo del MGAP a través de su Dirección General de Recursos Naturales Renovables, en el que se incluye la supervivencia de los palmares.

- **Decreto 24/93 - Dirección General de Recursos Naturales Renovables - sustitución del artículo 16 del decreto 542/88 sobre corta del Monte Indígena**

En caso de tala de monte indígena, los interesados deberán presentarse ante la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del MGAP acompañado de

informe técnico con las razones que motivan la corta o cualquier operación proyectada y el plan de explotación a efectuarse.

- **Decreto 330/93 - Dirección General de Recursos Naturales Renovables - Disposición sobre la corta y extracción de productos forestales del monte indígena**

Establece que la corta del monte indígena debe ser autorizada por la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del MGAP y establece una guía para el transporte del producto forestal.

- **Ley N° 16.466/94 - Evaluación de Impacto Ambiental**

Se declara de interés general y nacional la protección del medio ambiente contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación, así como la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo y, en su caso, la recomposición del medio ambiente dañado por actividades humanas.

Presenta una lista enunciativa las actividades, construcciones u obras públicas o privadas que deben ser someter a estudio de impacto ambiental.

- **Decreto 435/94 - Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental**

Determina el ámbito de aplicación, detallando las actividades, construcciones u obras públicas o privadas que requieren de Evaluación de Impacto Ambiental. A su vez incorpora el procedimiento que se debe cumplir para solicitar la Autorización Ambiental Previa, las categorías en que se puede clasificarse el proyecto y los plazos a cumplirse por parte del ministerio competente para expedir el permiso. De igual forma, estipula el contenido del Estudio de Impacto Ambiental, solicita un Informe Ambiental Resumido, resuelve sobre el llamado a Audiencias Públicas, plazos a cumplirse, profesionales intervinientes e incluye la posibilidad de sanciones o revocación de la autorización otorgada.

- **Ley N° 16.688/94 - Régimen de prevención, vigilancia y control de derrames de contaminación a las aguas**

Se establecen posibles contaminaciones de las aguas de jurisdicción nacional u otros elementos de ese medio, provocadas por agentes contaminantes provenientes de buques, aeronaves y artefactos navales.

Se nombra al Comando General de la Armada a través de la Prefectura Nacional Naval a ser el receptor de las sustancias contaminantes que buques y artefactos naval no deben arrojar a las aguas; quedando establecido las

infracciones y clases de sanciones a ser aplicadas, así como la responsabilidad de la contaminación producida.

Se crea el Sistema Nacional de Control de Derrame de Contaminantes, cometiéndose al Comando General de la Armada a través de la Prefectura Nacional Naval, establecer las pautas de prevención, organización y procedimientos para administrar una situación de derrame de contaminantes.

- **Decreto 432/95 - Reglamento del artículo 19 del Código de Aguas**

El artículo 19 del Código de aguas dice: *"Pertenece al dueño del predio las aguas pluviales que caen o se recogen en el mismo, mientras escurren por él. Podrá, en consecuencia, construir dentro de su propiedad las obras necesarias para su captación, conservación y aprovechamiento, conforme a los reglamentos que dicte el Poder Ejecutivo, y sin perjudicar a terceros"* En este decreto se definen las aguas pluviales y se reglamenta el uso de ellas para sus diferentes fines.

- **Decreto 517/96 - Junta Asesora del Director del Sistema Nacional de Control de Derrame de Contaminantes**

En vista de la gestión del Comando General de la Armada a los efectos de integrar la Junta Asesora del Director del Sistema Nacional de Control de

Derrame de Contaminantes, la misma se integra con miembros de: MVOTMA a través de la Dirección Nacional de Medio Ambiente; MTOP a través de la Dirección Nacional de Hidrografía; MGAP a través de la Dirección de Recursos Naturales Renovables; representantes del Servicio de Oceanografía y Meteorología de la Armada y por último representantes de la Prefectura Nacional Naval.

- **Ley N° 16.858/97 - Ley de Riego**

En su Artículo 1º: *"Declárase de interés general el riego con destino agrario, sin perjuicio de los otros usos legítimos. Todo productor rural tiene el derecho de utilizar los recursos hídricos de los que pueda disponer legalmente, para desarrollar su actividad, sin degradar los recursos naturales, ni perjudicar a terceros"*.

En otros artículos se faculta al MTOP para otorgar concesión o permisos de riego; se habla de asociaciones de productores rurales para obtener el permiso, concesión u otros derechos directos o indirectamente para el uso del agua para riego; se definen las obras hidráulicas para riego; se conceden beneficios promocionales; se declara de utilidad pública la expropiación; servidumbres; sanciones y la creación de la Comisión Honoraria Asesora en Riego.

- **Ley N° 17.234/00 - Sistema Nacional de Areas Protegidas**

Define las diversas categorías en que pueden ser clasificadas las Areas Naturales Protegidas, las expropiaciones que pueden ser realizadas, la competencia del MVOTMA, sus aspectos financieros y tributarios y las infracciones y sanciones a ser aplicadas.

- **Ley N° 17.283/00 - Ley General de Protección del Medio Ambiente**

Declara de interés general la protección del medio ambiente establecida en el artículo 47 de la Constitución de la República Oriental del Uruguay.

Hace referencia a los derechos y deberes de las personas en relación al medio ambiente; detalla los instrumentos de gestión ambiental; nombra al MVOTMA para coordinar la gestión ambiental integral del Estado y de las entidades públicas en general; promueve a través de la educación ambiental la conciencia ambiental de la comunidad a través de diversas actividades de educación y otras; dispone de sanciones por incumplimiento de las normas de protección ambiental.

Presenta un capítulo de disposiciones especiales donde se tienen en cuenta la calidad del aire, la capa de ozono, el cambio climático, las sustancias químicas, los residuos, la diversidad biológica y la bioseguridad.

Encomienda al MVOTMA a realizar el inventario hídrico y cada una de las áreas que le compete el código de Aguas.

ANEXO V:
Monitoreo
Puntos Críticos
Plan de Contingencia

MONITOREO

Se entiende que el plan de monitoreo debe contemplar dos etapas, una previa a la construcción del embalse e instalación de la toma, a fin de caracterizar e identificar el o los mejores lugares para sus emplazamientos. Y una segunda etapa que debe contener aquellas actividades prorrogables en el tiempo, que permitan realizar un seguimiento de las condiciones ambientales a través de la caracterización de la calidad del agua.

En esta segunda etapa se puede integrar parte de los lineamientos a ser desarrollados con la participación ciudadana.

1- Monitoreo previo

- ♦ Se debe concentrar la actividad en la zona próxima a Ruta N° 8, aguas abajo de la carretera, para definir hasta donde llega la influencia de la salinidad en superficie y en profundidad, a fin de definir el mejor emplazamiento del embalse.
- ♦ Se deben efectuar cateos para evaluar el grado de alteración del basamento cristalino y relevar la zona próxima al emplazamiento del embalse a fin de identificar el o los puntos de extracción del material para su construcción..

-
- ♦ Analizar sólidos en suspensión y material sedimentable, para calcular la colmatación y por ende la vida útil del embalse.
 - ♦ Relevar en el terreno información de los productores sobre, tipo y cantidad de plaguicidas y fertilizantes empleados, épocas de aplicación y otros, que permitan determinar la matriz de preferencia de cada producto (agua, sedimentos u organismos). Chequear analíticamente estos productos, ya que en épocas de bajo caudal el A° Solís Chico y el A° Mosquitos quedan entrecortados, aumentando los riesgos sanitarios por pérdida de calidad del recurso.
 - ♦ Integrar una batería de análisis bióticos y abióticos de la calidad del agua en la zona propuesta, preferenciando las entradas y salida de cada subsistema.

Dentro de los análisis abióticos, se deberán realizar aquellos clásicos, como son conductividad, oxígeno, cloruros, alcalinidad, dureza, nutrientes y otros; y como no clásicos aquellos que permitan evaluar los precursores de trihalometanos (sustancias húmicas) y sustancias orgánicas en general, basados en la recolección de la información de los productores de la zona considerada.

2- Plan de monitoreo

- ◆ Preferenciar las entradas y salidas de cada subsistema, en este caso las subcuencas y microcuencas comprendidas en la zonificación propuesta.
- ◆ De la batería de análisis realizados en la etapa previa, seleccionar aquellos que sean identificados como de mayor interés y reducir el número de estaciones de muestreo a aquellas que permitan obtener mayor información.
- Identificar puntos de vertido de barométricas y basureros que puedan influenciar sobre la calidad del cauce.
- ◆ En vista de la actualización de los criterios de erosión de suelos, incorporando un 5 nivel, se deberá hacer un reconocimiento de la situación actual de este proceso en la zonificación elegida, para constatar si existe este nivel de erosión muy severa o para modificar los otros niveles por reversión del proceso, producto de la disminución o aumento de la actividad agro - silvo - pastoril en el área.

PUNTOS CRITICOS DE LA INFORMACION

- No se cuenta con información sobre los caudales de la Cuenca Solís Chico ya que la información oficial de la DNH es posterior a 1997. La regla se encuentra localizada aguas abajo del puente nuevo -sobre la Ruta Interbalnearia- a escasos cientos de metros de la desembocadura, por lo que los datos que se obtienen se encuentran fuertemente influenciados por la intrusión de agua desde Río de la Plata.
- Las fotografías aéreas existentes permite hacer un estudio retrospectivo, pero para hacer el estudio del uso del suelo actual se debería emplear imágenes satelitales, que son de alto costo.
- Se deberá trabajar con al información del Censo Agropecuario más exhaustivamente para definir el uso actual con mayor resolución, la distribución de los emprendimientos forestales, la cantidad de animales en los predios y la caracterización de la producción hortícola, entre otros.
- Se deberá identificar puntos de vertido de barométricas y basureros. Para ello se deberá trabajar con los lugareños, ya que la información no está disponible en la Intendencia de Canelones.
- En cuanto a los datos meteorológicos suministrados por la Dirección Nacional de Meteorología, deberán ser chequeados ya que fueron

detectados datos incongruentes. Para ello, podría entenderse más oportuno emplear el método de las isoyetas en lugar del método de Thiessen. Este último método, amortigua posibles valores erróneos o anómalos que se den. Con el método de las isoyetas, estos valores aparecerían naturalmente como no concordantes con la red de Estaciones Pluviométricas de la zona.

- Una vez realizado este chequeo, se deberá analizar más exhaustivamente la evaluación hidrológica de la cuenca con especialistas en hidrología.
- Dada la posible existencia de peces que realizan migración en los cursos de agua, sería relevante realizar su estudio y contemplar su resultado a la hora de diseñar el posible cierre, para mantener la biodiversidad del arroyo y proteger la vida ictícola.
- Como existe erosión en la cuenca, es importante realizar un estudio de sedimentación para evaluar la vida útil del cierre si este fuera total.
- Hacer una revisión crítica de la publicación de aptitud de uso del suelo⁴⁵ empleado en el presente trabajo, ya que presenta un enfoque netamente productivista. Se entiende oportuno utilizar un relevamiento de campo para recabar información que permita hacer un planteo o proponer una clasificación de la aptitud uso del suelo para las distintas alternativas de aprovechamiento.

- Si bien la carta de erosión nos da información sobre el proceso actual, se debe seguir trabajando con las Geoformas para evaluar las zonas de erosión potencial. Sin embargo, deben ser incluidas en estas Geoformas las características de convexidad que no fueron trabajadas en el presente estudio, a través de la utilización de la foto aérea.

PLAN DE CONTINGENCIA

Dada la posibilidad de que eventos indeseables puedan ocurrir, se entiende necesario que el proyecto ejecutivo desarrolle un plan de contingencia que permita enfrentarlos, entendiéndose oportuno para su puesta en marcha que sean contempladas:

- Ocurrencia de precipitaciones anuales por debajo del primer cuartil (Ej: 313 mm/semestral).
- Accidentes en la Ruta N° 8 que interfieran con la calidad del agua del arroyo.
- Contaminantes nocivos para la salud detectados en su cuenca de aporte.

Como resultado del plan de contingencia se deberá contemplar la posibilidad de quitar de funcionamiento temporalmente la planta potabilizadora, sin interferir con el abastecimiento a la población en cuanto a cantidad y calidad.

ANEXO VI:

SIG

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS o SIG)

Definición

Un Sistema de Información Geográfica (cuyas siglas en Inglés son GIS o SIG en español) es: *“un sistema computarizado diseñado para permitir a los usuarios coleccionar, manejar y analizar grandes volúmenes de datos de atributo asociados y espacialmente referidos. El Sistema de Información Geográfica (GIS) se utiliza para resolver investigaciones complejas, para los problemas de manejo, y para la planeación. Los componentes principales del GIS son: una interfase del usuario, la capacidad para el manejo de la base de datos/del sistema, la creación de base de datos/la capacidad para la captura de datos, el paquete de la manipulación y el análisis de datos espaciales y la demostración de la función de generación”⁷².*

PAUTAS PARA LA CONSTRUCCION DE UN SIG

Los programas de Sistema de Información Geográfica brindan la capacidad de visualizar, explorar, consultar y analizar datos de forma espacial.

El SIG desarrollado para el presente trabajo fue: ArcView GIS 3.2

¿Por qué ArcView y no otro software? Porque en la actualidad OSE cuenta con licencia para trabajar con este programa, y en el entendido de maximizar los recursos con que cuenta la Institución vemos la conveniencia de su utilización. Cabe destacar que este software se encuentra conformado por un módulo básico y varios módulos específicos que pueden ser incorporados acrecentando la capacidad de operación. Esta capacidad nos permite emplear uno o varios módulos indistintamente o simultáneamente dependiendo del objetivo que se desee cubrir.

BREVES NOCIONES PARA INICIAR UN PROYECTO SIG

¿Cómo iniciar un Proyecto Nuevo?

- Abrir el programa: **ArcView GIS 3....**
- Como se va a trabajar con archivos de imágenes, se debe contar con el módulo de procesamiento de imágenes. El programa básico no contiene el icono en su menú principal. Elijo dentro de **Archivo, Extensiones** (Fig. VI-1)
- Buscar y seleccionar dentro de la lista presentada **Análisis de Imagen, Aceptar** (Fig. VI-2). Dentro de la barra del menú principal aparece esta selección.
- Hacer doble click nuevamente en **Archivo** del menú principal
- Aparece cuadro contextual que brinda 3 opciones: Elegir **Nuevo proyecto**
- Aparece una ventana **Sin título** (Fig. VI-3)
- Seleccionar el icono de **Vista**



- Elegir **Nuevo** (Fig. VI-3)
- Se abre una nueva ventana llamada **Vista1** (Fig. VI-3)

Ahora se esta preparado para iniciar el nuevo trabajo



Fig. VI-1: Menú principal, Archivo, seleccionar Extensiones

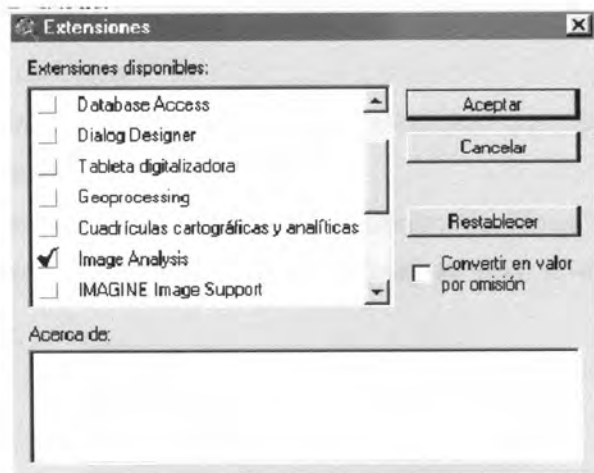


Fig. VI-2: Dentro de la ventana de extensiones, se debe seleccionar Imagen Análisis

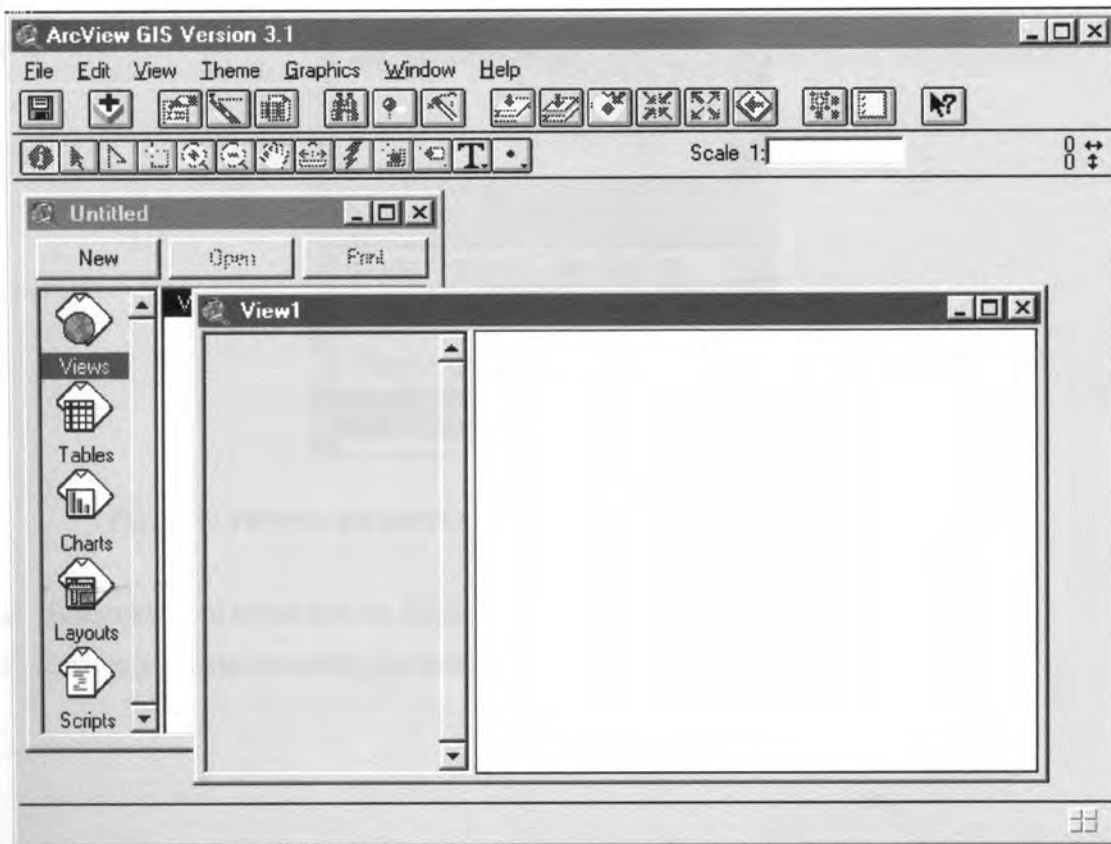


Fig. VI-3: Se presenta simultáneamente, la ventana del **Menú Principal**, la ventana **Sin Título** no activa y la ventana de la **Vista1** activa.

¿Cómo adicionar una imagen?

- Icono Adicionar un Tema.
- Se abre una ventana que permite buscar la carpeta que contiene el archivo de la imagen que se desea abrir.
- Debajo de la ventana de **Añadir tema** y dentro de **Tipos de fuentes de datos**, seleccionar **Fuente de datos análisis de imagen** (Fig. VI-4).

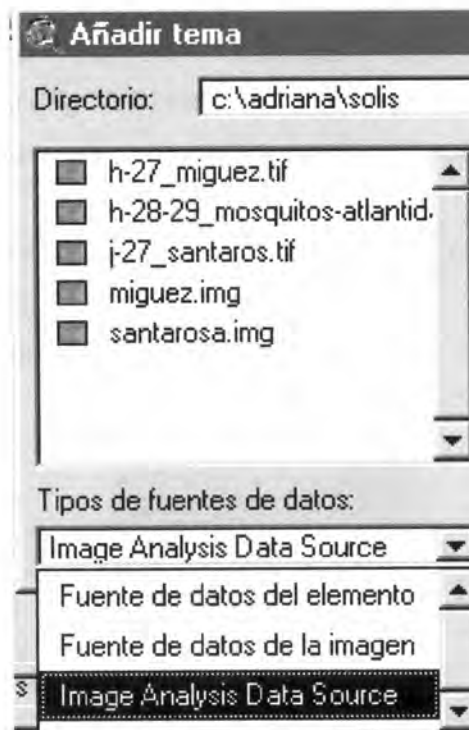


Fig. VI-4: Ventana que permite seleccionar el tema y el tipo de fuente del dato

- Seleccionar el tema que se desee por ej. j-27_santaros.tif
- La imagen seleccionada aparecerá en la **Vista1**, activarla

¿Cómo referenciar nuestra imagen?

- Tomar las coordenadas geográficas de la información cartográfica
- Seleccionar del **Menú Principal** el icono para georeferenciar



- Con el puntero, posicionarse en las coordenadas que se desean introducir.
- Hacer clic con el botón izquierdo del ratón y simultáneamente hacer click con el botón izquierdo del ratón.
- Se despliega una ventana contextual cuyo último renglón indica **Entrar Coordenadas** (Fig. VI-5) hacer clic en él.
- Se abre una ventanita con dos renglones para introducir el "x" e "y" del punto seleccionado.
- Repetir estas instrucciones no menos de tres veces para introducir tres coordenadas a la imagen seleccionada.
- Ahora tenemos la imagen referenciada en el espacio.

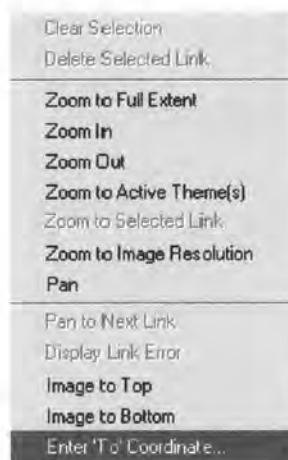


Fig. VI-5: Ventana contextual para seleccionar **Entrar Coordenadas**

¿Cómo crear una capa?

Existen tres tipos de capas a ser construidas, de puntos, de líneas o de polígonos. La selección de cada una de ellas dependerá del tipo de información que se pretenda introducir.

Ejemplos: Si se desea introducir información sobre un parámetro de calidad de agua, se puede seleccionar la creación de una capa de puntos.

Si la información fuera sobre la red hídrica, se puede seleccionar construir una capa de líneas y si la información fuera censal, se puede seleccionar construir una capa poligonal.

- Selecciono **Vista** del Menú Principal (Fig. VI-6).
- De la ventana que se abre elijo **Nuevo tema** (Fig. VI-6).
- Elijo una de las opciones, **Punto**, **Línea** o **Polígono** (Fig. VI-7) y **Acepto**.



Fig. VI-6: Elegir Vista del Menú Principal y luego Nuevo Tema

- Se abre una ventana que permite dar destino y nombre al **Nuevo Archivo**.
- Cuando **Acepto** el nuevo nombre del archivo, el estilo de la capa seleccionada queda activada en la **Vista1** (Fig. VI-8).

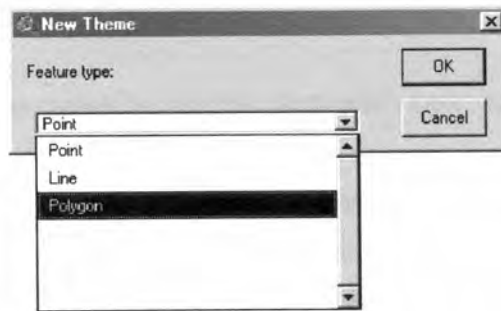


Fig.VI-7: Selecciono el tipo de capa que se va a construir.

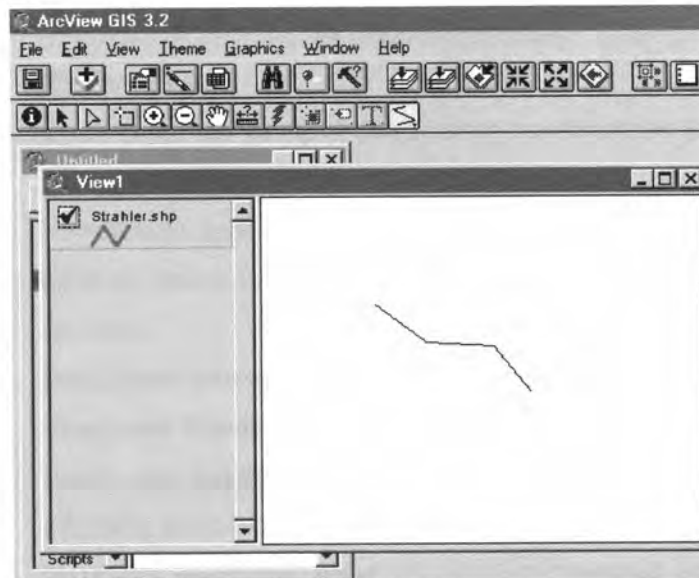


Fig. VI-8: En Vista1 aparece el estilo de capa a ser construida

Ya se está listo para comenzar a introducir los datos de interés en el proyecto SIG.

¿Cómo inter cruzar dos capas?

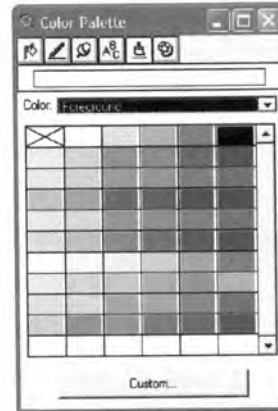
Una vez generadas las capas de interés, se pueden inter cruzar de diversas formas.

A) Sola para ser visualizadas

- Identificar cual de las capas en de interés dejar debajo.
- La otra capa que va a quedar arriba se puede visualizar a través:
 - a. Si son puntos o líneas, directamente.
 - b. Si es un polígono, se deberá adjudicar transparencia a la capa, ya sea de sus colores o adjudicarle una trama transparente. Para ello hacer doble clic sobre la capa de interés.
 - c. Aparecerá la ventana del **Editor de leyenda** (Fig. VI-9-A)
 - d. Seleccionar un **Tipo de leyenda**, ejemplo: **Valor único** (Fig. VI-9-A)
 - e. En el **Valor del campo**, seleccionar aquel campo que sea de interés (Fig. VI -9-B) por ejemplo "Erosión".
 - f. Por defecto aparecen clasificados por los valores contenidos en la base de datos del campo seleccionado y de igual forma se le asigna un color.
 - g. Para hacer ese color transparente, se debe seleccionar en **Color**: el **Grupo de Fondo** (Fig. VI-10).
 - h. Luego que queda seleccionado se debe hacer un clic en los 2 primeros cuadraditos de la ventana que se encuentran arriba a la izquierda; el primero tiene una cruz y el segundo se encuentra en blanco.
 - i. Primero hacer clic en el cuadradito blanco para más tarde hacer lo mismo en el cuadradito de la cruz.
 - j. Una vez realizado estos pasos **Aplicar** en la ventana del **Editor de Leyendas** (Fig. VI-9-A).
 - k. Las capas aparecerán superpuestas como se muestra en el texto en las Figura 14, 33, 39 entre otras.



A



B

Fig. VI-9: Visualización del Editor de leyenda (A) y de la Paleta de Colores (B)

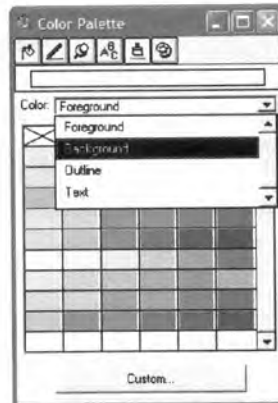


Fig. VI-10: Seleccionar Grupo del Fondo

B) Para procesar datos

- Abrir “**Archivo**”, “**Extensiones**”, seleccionar “**Geoproceso**”, aceptar (Fig. VI-11).
- Seleccionar dos capas que se desee intercruzar.
- Abrir “**Vista**”, en la última posición aparece “**Geoproceso**”, aceptar (Fig. VI-12).
- Seleccionar de la ventana que se abre, la función que se desee realizar (Fig. VI-13).
- Seguir los pasos que allí se presentan.
- El producto final del proceso de intercruzado se presenta y debe ser aceptado para ser visualizado.
- Posteriormente se puede cambiar el nombre de dicho archivo.

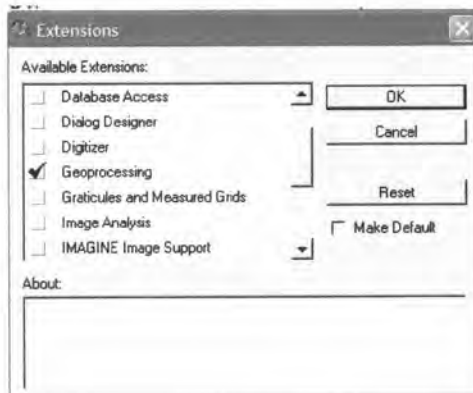


Fig. VI-11: Selección de la extensión “Geoproceso”



Fig. VI-12: Abrir el “Geoproceso”

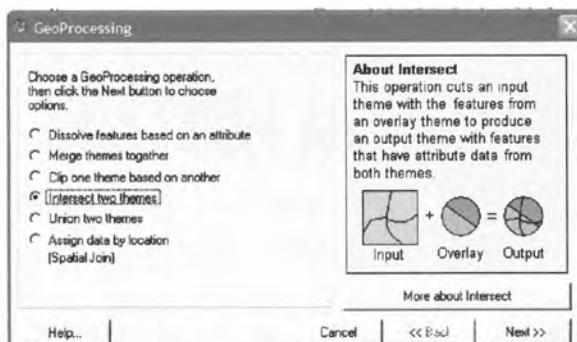


Fig. VI-13: Ventana de dialogo para inter cruzar capas y datos



110623