

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL



MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRADA DE LOS  
RECURSOS HÍDRICOS

**PLAN DE GESTIÓN  
INTEGRADA  
DEL RECURSO HÍDRICO  
SUBTERRÁNEO  
PARA RIEGO AGRÍCOLA  
EN EL AREA PILOTO  
RECONQUISTA**

Verónica Musacchio

**FICH**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Y CIENCIAS HIDRICAS

Tesis de Maestría 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA  
DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO  
PARA RIEGO AGRÍCOLA  
EN EL AREA PILOTO RECONQUISTA**

**Verónica Musacchio**

Tesis remitida al Comité Académico de la Maestría  
como parte de los requisitos para la obtención  
del grado de  
MAGÍSTER EN GESTIÓN INTEGRADA  
DE LOS RECURSOS HÍDRICOS  
de la  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

**2016**

Comisión de Posgrado, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Ciudad Universitaria, Paraje "El Pozo", S3000, Santa Fe, Argentina



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA  
DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO  
PARA RIEGO AGRÍCOLA  
EN EL AREA PILOTO RECONQUISTA**

**Verónica Musacchio**

**Lugar de Trabajo:**

FICH - UNL  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas  
Universidad Nacional del Litoral

**Director:**

Dra. Ofelia Tujchneider FICH – UNL / CONICET

**Co-director:**

Dra. Marcela Pérez FICH – UNL

**Jurado Evaluador:**

Mag. Mario Basán Nickish INTA – Sede Reconquista  
Mag. Rosana Hämerly FICH – UNL  
Mag. Viviana Zucarelli FICH – UNL

**2016**



## ACTA DE EVALUACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA

En la ciudad de Santa Fe, a los catorce días del mes de abril del año 2016, se reúnen en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral los miembros del Jurado designado para la evaluación de la Tesis de Maestría en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos titulada **“Plan de Gestión Integrada del Recurso Hídrico Subterráneo para Riego Agrícola en el área piloto Reconquista”**, desarrollada por la Ing. Verónica del Carmen MUSACCHIO, DNI 25.015.393. Ellos son: Mag. Mario Héctor Basán Nickisch, Mag. Rosana Hämmerly y Mag. Viviana Zucarelli.-----

Escuchada la Defensa Pública y evaluada la Tesis, el Jurado resuelve: *aprobar la misma con la calificación de 8 (Distinguido).*  
*El Jurado recomienda difundir los resultados en los medios académicos y en el territorio de competencia.*

Sin más, se da por finalizado el Acto Académico con la firma de los miembros del Jurado al pie de la presente -----

Mag. Mario Héctor Basán  
Nickisch

Mag. Rosana Hämmerly

Mag. Viviana Zucarelli

Universidad Nacional del Litoral  
Facultad de Ingeniería y  
Ciencias Hídricas

Secretaría de Posgrado

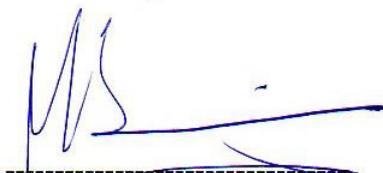
Ciudad Universitaria  
C.C. 217  
Ruta Nacional Nº 168 – Km. 472,4  
(3000) Santa Fe  
Tel: (54) (0342) 4575 229  
Fax: (54) (0342) 4575 224  
E-mail: posgrado@fich.unl.edu.ar



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas**

Santa Fe, 14 de Abril de 2016.

Como miembros del Jurado Evaluador de la Tesis de Maestría titulada *“Plan de Gestión Integrada del Recurso Hídrico Subterráneo para Riego Agrícola en el área piloto Reconquista”*, desarrollada por la Ing. Verónica del Carmen MUSACCHIO, certificamos que hemos evaluado la Tesis y recomendamos que sea aceptada como parte de los requisitos para la obtención del título de Magíster en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. La aprobación final de esta disertación está condicionada a la presentación de dos copias encuadernadas de la versión final de la Tesis ante el Comité Académico de la Maestría en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.



Mag. Mario Héctor Basán  
Nickisch



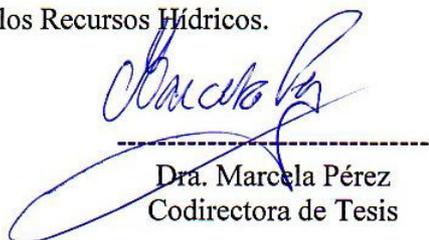
Mag. Rosana Hämmerly



Mag. Viviana Zucarelli

Santa Fe, 14 de Abril de 2016.

Certifico haber leído esta Tesis preparada bajo mi dirección y recomiendo que sea aceptada como parte de los requisitos para la obtención del título de Magíster en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.



Dra. Marcela Pérez  
Codirectora de Tesis



Dra. Ofelia Tujchneider  
Directora de Tesis

Universidad Nacional del Litoral  
Facultad de Ingeniería y  
Ciencias Hídricas

Secretaría de Posgrado

Ciudad Universitaria  
C.C. 217  
Ruta Nacional Nº 168 – Km. 472,4  
(3000) Santa Fe  
Tel: (54) (0342) 4575 229  
Fax: (54) (0342) 4575 224  
E-mail: posgrado@fich.unl.edu.ar

## **DECLARACIÓN DEL AUTOR**

Esta disertación ha sido remitida como parte de los requisitos para la obtención del grado académico de Magíster en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos ante la Universidad Nacional del Litoral y ha sido depositada en el Repositorio Institucional de Acceso Abierto -RIAA- de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas para que esté a disponibilidad de sus lectores bajo las condiciones estipuladas.

Citaciones breves de esta disertación son permitidas sin la necesidad de un permiso especial, en la suposición de que la fuente sea correctamente citada. Solicitudes de permiso para una citación extendida o para la reproducción parcial o total de este manuscrito serán concedidos por el portador legal del derecho de propiedad intelectual de la obra.

Verónica Musacchio

## AGRADECIMIENTOS

*Muy especialmente a mi familia que siempre me acompaña, gracias Vieja!*

*A mis amigas y amigos de la facu, del trabajo y de la vida, gracias por todo su cariño y aguante!*

*A Enrique...*

*A mi Directora y Co-directora, Dras. Ofelia Tujchneider y Marcela Perez, por su apoyo, cariño y paciencia de tantos años*

*A la primer coordinadora de la MGIRH, Dra. Marta Paris por sus consejos y su estímulo (y paciencia!!)*

*A mis compañeras de trabajo del GIG, con quienes compartimos buenos y malos momentos en nuestra segunda casa, por su afecto y aguante!*

*Al personal de la EEA INTA Reconquista, al Ing. Mario Basán Nickish por su buena voluntad y aporte de conocimientos de la región, a los Ings. Gabriel Lacelli, Luciano Mieres Venturini, Luciano Sanchez, Claudio Espíndola y Claudia Vidal por los datos brindados y la buena predisposición*

*Al Dr. Oscar Duarte y al Magister Cristobal Lozeco por sus consejos e indicaciones sobre la gestión*

*Al personal de la biblioteca del MASPyMA, María José y Griselda*

*A la señora Margarita Toller del MAGIC*

*Al personal de las Cámaras de Senadores y Diputados de la provincia*

*Al Ing. Osvaldo Gaudio de la Dirección Provincial de Obras Hidráulicas del MASPyMA*

*Al Magister Carlos Paoli por su aporte legal*

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	III
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	XV
<b>RESUMEN</b> .....	XVIII
<b>ABSTRACT</b> .....	XIX
<b>MOTIVACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS</b> .....	XX
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Presentación del tema. Descripción de la problemática</b> .....	1
<b>1.2. Objetivos</b> .....	6
<i>1.2.1. Objetivo general</i> .....	6
<i>1.2.2. Objetivos particulares</i> .....	6
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	8
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	15
<b>4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	24
<b>4.1. Aspectos Físicos</b> .....	24
<i>4.1.1. Caracterización Climática</i> .....	24
<i>4.1.2. Geología y geomorfología</i> .....	27
<i>4.1.3. Suelos</i> .....	32
<i>4.1.4. Hidrología superficial</i> .....	39
<i>4.1.5. Hidrogeología e hidrogeoquímica</i> .....	42

<b>4.2. Contexto socioeconómico</b> .....	56
4.2.1. <i>Población y economía regional</i> .....	56
4.2.2. <i>Marco socio-institucional</i> .....	113
4.2.3. <i>Política hídrica</i> .....	123
4.2.4. <i>Marco Legal</i> .....	136
<b>5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS</b> .....	141
<b>6. PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL ÁREA PILOTO SELECCIONADA</b> .....	155
6.1. <b>Estrategias de gestión a nivel técnico</b> .....	156
6.2. <b>Estrategias de gestión a nivel normativo</b> .....	162
6.3. <b>Estrategias de gestión a nivel institucional</b> .....	164
6.4. <b>Estrategias de gestión a nivel económico-financiero</b> .....	167
6.5. <b>Estrategias de gestión a nivel de participación de las partes           interesadas</b> .....	169
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	172
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	178
<b>ANEXO I FIGURAS</b> .....	184
<b>ANEXO II TABLAS</b> .....	240

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1:	Ubicación general del área de estudio.....	1
Figura 1.2:	Área de estudio. Localidades, rutas, líneas de FFCC e hidrografía...2	
Figura 4.1:	Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista y La Sarita. Período 1989-2010.....	184
Figura 4.2:	Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista y Berna. Período 1989-2010.....	184
Figura 4.3:	Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista e Intiyaco. Período 1989-2010.....	185
Figura 4.4:	Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista y Garabato. Período 1989-2010.....	185
Figura 4.5:	Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista y Romang. Período 1989-2010.....	186
Figura 4.6:	Correlación Estaciones Reconquista y La Sarita. Período 1989-2010.....	186
Figura 4.7:	Correlación Estaciones Reconquista y Berna. Período 1989-2010.....	187
Figura 4.8:	Correlación Estaciones Reconquista e Intiyaco. Período 1989-2010.....	187
Figura 4.9:	Correlación Estaciones Reconquista y Garabato. Período 1989-2010.....	188
Figura 4.10:	Correlación Estaciones Reconquista y Romang. Período 1989-2010.....	188
Figura 4.11:	Distribución media anual de precipitaciones. Estaciones Reconquista, La Sarita, Berna e Intiyaco. Período 1989-2010.....	189
Figura 4.12:	Distribución de precipitaciones medias anuales Estación Reconquista. Período 1989-2010.....	189
Figura 4.13:	Distribución de precipitaciones medias anuales Estación La Sarita. Período 1989-2010.....	190
Figura 4.14:	Distribución de precipitaciones medias anuales Estación Berna. Período 1989-2010.....	190
Figura 4.15:	Distribución de precipitaciones medias anuales Estación Intiyaco.	

	Período 1989-2010.....	191
Figura 4.16:	Medias cronológicas incrementales Estación Reconquista.	
	Período 1989-2010.....	191
Figura 4.17:	Medias cronológicas incrementales Estación La Sarita.	
	Período 1989-2010.....	192
Figura 4.18:	Medias cronológicas incrementales Estación Berna.	
	Período 1989-2010.....	192
Figura 4.19:	Medias cronológicas incrementales Estación Intiyaco.	
	Período 1989-2010.....	193
Figura 4.20:	Medias móviles K=3 y K=5. Estación Reconquista.	
	Período 1989-2010.....	193
Figura 4.21:	Medias móviles K=3 y K=5. Estación La Sarita.	
	Período 1989-2010.....	194
Figura 4.22:	Medias móviles K=3 y K=5. Estación Berna.	
	Período 1989-2010.....	194
Figura 4.23:	Medias móviles K=3 y K=5. Estación Intiyaco.	
	Período 1989-2010.....	195
Figura 4.24:	Medias deslizantes K=3 y K=5. Estación Reconquista.	
	Período 1989-2010.....	195
Figura 4.25:	Medias deslizantes K=3 y K=5. Estación La Sarita.	
	Período 1989-2010.....	196
Figura 4.26:	Medias deslizantes K=3 y K=5. Estación Berna.	
	Período 1989-2010.....	196
Figura 4.27:	Medias deslizantes K=3 y K=5. Estación Intiyaco.	
	Período 1989-2010.....	197
Figura 4.28:	Distribución de precipitaciones según año hidrológico.	
	Estación Reconquista. Período 1960-2010.....	197
Figura 4.29:	Distribución anual media de la temperatura. Estación Reconquista.	
	Período 1994-2010.....	198
Figura 4.30:	Distribución anual media de la Humedad relativa porcentual.	
	Estación Reconquista. Período 1994-2010.....	198
Figura 4.31:	Distribución anual media de la Heliofanía efectiva.	
	Estación Reconquista. Período 1994-2010.....	199
Figura 4.32:	Distribución anual media de la Velocidad del viento (2 m).	

	Estación Reconquista. Período 1994-2010.....	199
Figura 4.33:	Balance hídrico cerrado anual. Estación Reconquista. Período 1970-2010.....	200
Figura 4.34:	Unidades geomorfológicas de la provincia de Santa Fe.....	27
Figura 4.35:	Dominio Fluvial del Cuaternario Santafesino y Sistema Fluvial del río Paraná.....	28
Figura 4.36:	Regiones Naturales de la Provincia de Santa Fe.....	33
Figura 4.37:	Regiones Edáficas de la Provincia de Santa Fe.....	35
Figura 4.38:	Descripción de las características de los suelos y ambientes de la provincia de Santa Fe.....	38
Figura 4.39:	Distribución de caudales medios anuales. A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23' 17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010.....	200
Figura 4.40:	Curva de duración de caudales medios anuales. A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23' 17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010.....	201
Figura 4.41:	Derrame anual en Hm <sup>3</sup> . A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23' 17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010.....	201
Figura 4.42:	Escurrimiento anual en mm. A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23' 17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010.....	202
Figura 4.43:	Caudal específico anual en l/s*Km <sup>2</sup> . A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23' 17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010.....	202
Figura 4.44:	Esquema de la columna hidrogeológica regional en la Provincia de Santa Fe.....	46
Figura 4.45:	Sentido general del escurrimiento subterráneo en la Provincia de Santa Fe.....	47

Figura 4.46:	Área con similares características hidroquímicas e hidrodinámicas en la provincia de Santa Fe.....	49
Figura 4.47:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de El Araza, Departamento General Obligado.....	203
Figura 4.48:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Lanteri, Departamento General Obligado.....	203
Figura 4.49:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Los Laureles, Departamento General Obligado.....	204
Figura 4.50:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Malabrigo, Departamento General Obligado.....	204
Figura 4.51:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Reconquista, Departamento General Obligado.....	205
Figura 4.52:	Perfil de pozo de bombeo N° 1. Localidad de Cañada Ombú, Departamento Vera.....	205
Figura 4.53:	Perfil de pozo de bombeo N° 6. Localidad de Cañada Ombú, Departamento Vera.....	206
Figura 4.54:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Fortín Olmos, Departamento Vera.....	206
Figura 4.55:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Garabato, Departamento Vera.....	207
Figura 4.56:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Los Amores, Departamento Vera.....	207
Figura 4.57:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Santa Felicia, Departamento Vera.....	208
Figura 4.58:	Perfil de pozo de bombeo N° I. Localidad de El Toba, Departamento Vera.....	208
Figura 4.59:	Perfil de pozo de bombeo N° II. Localidad de Toba, Departamento Vera.....	209
Figura 4.60:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Vera, Departamento Vera.....	209
Figura 4.61:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Alejandra, Departamento San Javier.....	210
Figura 4.62:	Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Romang, Departamento San Javier.....	210

Figura 4.63:	Ubicación de las transectas Garabato-El Araza-Los Laureles, Lanteri-Reconquista-Los Laureles-Romang y Los Amores-Cañada Ombú-Garabato-El Toba-Vera.....	211
Figura 4.64:	Correlación Garabato-El Araza-Los Laureles.....	212
Figura 4.65:	Correlación Lanteri-Reconquista-Los Laureles-Romang.....	213
Figura 4.66:	Correlación Los Amores-Cañada Ombú-Garabato-El Toba-Vera.....	214
Figura 4.67:	Distribución granulométrica de las arenas en el perfil del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	215
Figura 4.68:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 1 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	215
Figura 4.69:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 2 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	216
Figura 4.70:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 3 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	216
Figura 4.71:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 4 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	217
Figura 4.72:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 5 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	217
Figura 4.73:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 6 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	218
Figura 4.74:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 7 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	218
Figura 4.75:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 8 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	219
Figura 4.76:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 9 Pozo de estudio de la EEA	

	INTA Reconquista.....	219
Figura 4.77:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 10 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	220
Figura 4.78:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 11 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	220
Figura 4.79:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 12 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	221
Figura 4.80:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 13 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	221
Figura 4.81:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 14 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	222
Figura 4.82:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 15 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	222
Figura 4.83:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 16 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	223
Figura 4.84:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 17 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	223
Figura 4.85:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 18 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	224
Figura 4.86:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 19 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	224
Figura 4.87:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 20 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	225

Figura 4.88:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 21 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	225
Figura 4.89:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 22 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	226
Figura 4.90:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 23 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	226
Figura 4.91:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 24 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	227
Figura 4.92:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 25 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	227
Figura 4.93:	Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 26 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	228
Figura 4.94:	Perfilaje Granulométrico Porcentual del Perfil del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	228
Figura 4.95:	Conductividad hidráulica de rocas seleccionadas.....	229
Figura 4.96:	Rangos de los valores de conductividad hidráulica y permeabilidad.....	230
Figura 4.97:	Rangos representativos de valores de conductividad hidráulica.....	230
Figura 4.98:	Valores típicos de conductividad hidráulica en suelos y rocas.....	231
Figura 4.99:	Conductividad hidráulica saturada en materiales no consolidados....	231
Figura 4.100:	Estimación de las clases de conductividad hidráulica a partir de la clasificación de suelos del USDA (textura y bulbo de densidad)..	232
Figura 4.101:	Relación entre la conductividad hidráulica y el tamaño de grano en acuíferos estratificados.....	233
Figura 4.102:	Perfil de conductividad hidráulica saturada del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	233
Figura 4.103:	Fluctuación de la napa freática en la parcela de ensayo de la EEA INTA Reconquista. Período 1977-2004.....	234

Figura 4.104: Relación de la fluctuación de la napa freática con los desvíos acumulados de las precipitaciones. EEA INTA Reconquista. Período 1977-2004.....	234
Figura 4.105: Localidades de la provincia de Santa Fe con datos de calidad de agua.....	235
Figura 4.106: Mapa de referencia general de calidad del agua subterránea en la provincia.....	236
Figura 4.107: Conductividad eléctrica específica CE ( $\mu\text{mho/cm}$ ) de muestras de aguas subterráneas de pozos de riego e industrias de los Distritos Reconquista y Avellaneda años 1995-1996.....	237
Figura 4.108: Relación Adsorción de Sodio RAS (meq/l) de muestras de aguas subterráneas de pozos de riego e industrias de los Distritos Reconquista y Avellaneda años 1995-1996.....	238
Figura 4.109: Carbonato Residual de Sodio CRS (meq/l) de muestras de aguas subterráneas de pozos de riego e industrias de los Distritos Reconquista y Avellaneda años 1995-1996.....	239
Figura 4.110: Población que asiste y trabaja por Distrito según Nivel Educativo que Cursa. General Obligado (INDEC, 2010).....	61
Figura 4.111: Población que asiste y trabaja por Distrito según Nivel Educativo que Cursa. Vera (INDEC, 2010).....	61
Figura 4.112: Población que asiste y trabaja por Distrito según Nivel Educativo que Cursa. San Javier (INDEC, 2010).....	62
Figura 4.113: Población originaria o descendiente de pueblos originarios, por género (INDEC, 2010).....	62
Figura 4.114: Porcentaje de población afrodescendiente del total país. Población afrodescendiente según provincia. Año 2010 (IPEC, 2012).....	63
Figura 4.115: Población en Hogares con NBI por cantidad de indicadores de Privación y tipología de condición, en porcentaje. Año 2010 (IPEC, 2012).....	63
Figura 4.116: Hogares particulares ocupados por Departamento, según tengan al menos algún NBI (INDEC, 2010).....	64
Figura 4.117: Población de 14 años y más por departamento y condición de actividad, en porcentaje. General Obligado (INDEC, 2010).....	65
Figura 4.118: Población de 14 años y más por departamento y condición de	

actividad, en porcentaje. Vera (INDEC, 2010).....	65
Figura 4.119: Población de 14 años y más por departamento y condición de actividad, en porcentaje. San Javier (INDEC, 2010).....	66
Figura 4.120: Población de 14 años y más por condición de actividad, en porcentaje. Provincia Santa Fe (INDEC, 2010).....	66
Figura 4.121: Regiones de la provincia de Santa Fe. Ubicación del área de estudio en el marco de la Región 1 (R1).....	67
Figura 4.122: Porcentaje de hogares con desagüe al inodoro a red pública (cloaca) por departamento. Provincia de Santa Fe (IPEC, 2012).....	68
Figura 4.123: Porcentaje de hogares con agua potable de red pública por departamento. Provincia de Santa Fe (IPEC, 2012).....	68
Figura 4.124: Porcentaje de hogares con gas de red por departamento. Provincia de Santa Fe (IPEC, 2012).....	69
Figura 4.125: Mapa de acueductos de la Provincia de Santa Fe.....	71
Figura 4.126: Aptitud de las tierras y Superficie con uso agrícola - Porcentaje del departamento. Provincia de Santa Fe.....	73
Figura 4.127: Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola. General Obligado.....	74
Figura 4.128: Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola. Vera.....	75
Figura 4.129: Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola. San Javier.....	76
Figura 4.130: Cantidad de Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por Departamento (INDEC-CNA, 2008).....	78
Figura 4.131: Superficie en ha de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por departamento (INDEC-CNA, 2008).....	79
Figura 4.132: Superficie en ha de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por uso de la tierra (INDEC-CNA, 2008).....	79
Figura 4.133: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en primera ocupación (INDEC-CNA, 2008).....	80
Figura 4.134: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en segunda ocupación (INDEC-CNA, 2008).....	80
Figura 4.135: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) destinada a otros fines. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008).....	81
Figura 136: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por uso de la tierra: superficie implantada en ha. Departamentos General	

Obligado, San Javier y Vera, respecto del total provincial (INDEC-CNA, 2008).....	81
Figura 4.137: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por uso de la tierra: superficie destinada a otros fines en ha. Departamentos General Obligado, San Javier y Vera, respecto del total provincial (INDEC-CNA, 2008).....	82
Figura 4.138: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en primera ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008).....	82
Figura 4.139: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en segunda ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008).....	83
Figura 4.140: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) destinada a otros fines. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008).....	83
Figura 4.141: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en primera ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008).....	84
Figura 4.142: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en segunda ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008).....	84
Figura 4.143: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs), destinada a otros fines. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008).....	85
Figura 4.144: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en ha en primera ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008).....	85
Figura 4.145: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en segunda ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008).....	86
Figura 4.146: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) destinada a otros fines. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008).....	86
Figura 4.147: Cereales para granos. Superficie implantada y Producción. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008).....	87
Figura 4.148: Cereales para granos. Superficie implantada y Producción.	

	Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008).....	88
Figura 4.149:	Cereales para granos. Superficie implantada y Producción. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008).....	88
Figura 4.150:	Cereales para granos. Superficie implantada y Producción. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008).....	89
Figura 4.151:	Cereales para granos. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)...	89
Figura 4.152:	Cereales para granos. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008).....	90
Figura 4.153:	Cereales para granos. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008).....	90
Figura 4.154:	Cereales para granos. Superficie implantada por período de ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008).....	91
Figura 4.155:	Oleaginosas. Superficie implantada y Producción. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008).....	92
Figura 4.156:	Oleaginosas. Superficie implantada y Producción. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008).....	92
Figura 4.157:	Oleaginosas. Superficie implantada y Producción. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008).....	93
Figura 4.158:	Oleaginosas. Superficie implantada y Producción. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008).....	93
Figura 4.159:	Oleaginosas. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)...	94
Figura 4.160:	Oleaginosas. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008).....	94
Figura 4.161:	Oleaginosas. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008).....	95
Figura 4.162:	Oleaginosas. Superficie implantada por período de ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008).....	95
Figura 4.163:	Forrajeras anuales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2002)...	96
Figura 4.164:	Forrajeras anuales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2002).....	97
Figura 4.165:	Forrajeras anuales. Superficie implantada en primera y segunda	

ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2002).....	97
Figura 4.166: Forrajeras anuales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2002).....	98
Figura 4.167: Forrajeras perennes. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2002)..	98
Figura 4.168: Forrajeras perennes. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2002).....	99
Figura 4.169: Forrajeras perennes. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2002).....	99
Figura 4.170: Forrajeras perennes. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2002).....	100
Figura 4.171: Cultivos industriales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2002)..	101
Figura 4.172: Cultivos industriales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2002).....	101
Figura 4.173: Cultivos industriales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2002).....	102
Figura 4.174: Distribución de las EAPs por tipo de ganado en la provincia de Santa Fe. (INDEC – CNA, 2008).....	110
Figura 4.175: Número de cabezas por tipo de ganado en la provincia de Santa Fe. (INDEC – CNA, 2008).....	111
Figura 4.176: Número de colmenas por Departamento en la provincia de Santa Fe. (INDEC – CNA, 2002).....	112
Figura 4.177: Actores involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis. Metodología de Arco Iris.....	115
Figura 4.178: Comités de Cuenca en la provincia de Santa Fe.....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1:	Síntesis de precipitaciones medias anuales estaciones Reconquista, La Sarita, Berna e Intiyaco. Período 1989-2010. Principales estadísticos.....	240
Tabla 4.2:	Valores del coeficiente de correlación “r”.....	240
Tabla 4.3:	Distribución anual media de la temperatura, humedad relativa porcentual, heliofanía efectiva y velocidad del viento a 2m. Estación Reconquista. Período 1994-2010.....	241
Tabla 4.4:	Balance hídrico cerrado anual. Estación Reconquista. Período 1970-2010.....	241
Tabla 4.5:	Caracterización del escurrimiento hídrico superficial. Estación de medición N° 3231 cuenca del río Los Amores (SSRH). Período 1987-2010.....	242
Tabla 4.6:	Granulometría de arena total y sus fracciones por tamizado en húmedo, fracción limo + arcilla en diferentes profundidades del Pozo ubicado a 29°15´47.9” Latitud S y 59°42´46.0” Longitud O. EEA INTA Reconquista.....	243
Tabla 4.7:	Determinación del porcentaje granulométrico porcentual en el Perfil del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	244
Tabla 4.8:	Estimación del rango de la conductividad hidráulica K (pie/día) y K (cm/h) en función del d <sub>50</sub> (mm) de las muestras granulométricas del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista.....	245
Tabla 4.9:	Determinación de la conductividad hidráulica K (cm/h) mediante la metodología del soil texture triangle – USDA.....	249
Tabla 4.10:	Distribución anual media de la napa freática (cm) en la parcela de ensayo de la EEA INTA Reconquista. Período 1977-2004.....	247
Tabla 4.11:	Antecedentes químicos de muestras de aguas subterráneas de pozos de riego e industrias de los Distritos Reconquista y Avellaneda años 1995-1996.....	247
Tabla 4.12:	Máximos, medios y mínimos de parámetros químicos de muestras de aguas subterráneas de pozos de riego e industrias Distritos Reconquista y Avellaneda (1995-1996).....	248
Tabla 4.13:	Aptitud para el riego según el rango de conductividad eléctrica	

	específica CE ( $\mu\text{mho/cm}$ ).....	248
Tabla 4.14:	Peligro de sodificación según el rango de la Relación Adsorción de Sodio RAS (meq/l).....	248
Tabla 4.15:	Tipo de aguas para riego según rangos de Carbonato Residual de Sodio CRS (meq/l).....	248
Tabla 4.16:	Población por Departamento. Provincia de Santa Fe. Año 2010 (INDEC, 2010).....	57
Tabla 4.17:	Población por localidad. Departamentos del área de estudio. Provincia de Santa Fe. Año 2010 (INDEC, 2010).....	58
Tabla 4.18:	Densidad poblacional por Departamento. Provincia de Santa Fe. Año 2010 (INDEC, 2010).....	60
Tabla 4.19:	“Acueducto Reconquista”. Características. Provincia de Santa Fe...70	
Tabla 4.20:	“Acueducto Norte”. Características. Provincia de Santa Fe.....70	
Tabla 4.21:	Exportaciones con origen en la provincia de Santa Fe (IPEC, 2013).....	72
Tabla 4.22:	EAPs que riegan y superficie efectivamente regada, por sistema; según departamentos del área de estudio (INDEC-CNA, 2008).....	105
Tabla 4.23:	EAPs que riegan y superficie efectivamente regada, por sistema de aspersión; según departamentos del área de estudio (INDEC-CNA, 2002).....	105
Tabla 4.24:	Cultivos que se riegan y superficie efectivamente regada en ha, por sistema. Provincia de Santa Fe. (INDEC-CNA, 2002).....	106
Tabla 4.25:	EAPs con límites definidos. Superficie efectivamente regada en ha por tipo de cultivo, según departamentos del área (INDEC-CNA, 2002).....	107
Tabla 4.26:	EAPs con límites definidos por fuente y sistema de distribución interna del agua, según departamentos del área. Provincia de Santa Fe. (INDEC-CNA, 2002).....	107
Tabla 4.27:	Total de EAPs y pozos en funcionamiento, por fuente de energía, según departamentos del área. Provincia de Santa Fe. (INDEC-CNA, 2002).....	108
Tabla 4.28:	Rendimiento de algunos cultivos de la zona con riego y sin riego.....	109
Tabla 4.29:	Consumo de empresas ubicadas en el Departamento General	

	Obligado en m <sup>3</sup> mensuales .....	110
Tabla 4.30:	EAPs con ganado y número de cabezas, por grupo de especies; según departamentos del área de estudio. (INDEC – CNA, 2008).....	112
Tabla 4.31:	Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis. Nivel de gestión.....	116
Tabla 4.32:	Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis del orden internacional y nacional.....	119
Tabla 4.33:	Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis del orden regional y provincial.....	120
Tabla 4.34:	Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis del orden local.....	122
Tabla 4.35:	Usos y necesidades de los actores comprometidos en la utilización del recurso hídrico en la zona de análisis.....	123

## RESUMEN

En función de la intensa actividad agrícola del sector rural del norte de la provincia de Santa Fe, surgió la necesidad de incrementar los conocimientos acerca de la disponibilidad de agua que pudiera utilizarse para riego, en un escenario de intensa competencia con diversos usos, como el industrial, urbano y turístico.

El área de estudio seleccionada comprende parte los departamentos Gral. Obligado, Vera y San Javier. En este marco regional se distingue la necesidad del sector rural para la utilización del recurso hídrico subterráneo para riego con carácter suplementario, debido a que en determinada época del año la distribución y cantidad de precipitaciones durante el ciclo del cultivo no es adecuada, lo que genera la explotación del recurso subterráneo para suplir la demanda de agua.

En el presente trabajo de tesis se propone un plan de utilización integrada y sostenible de este recurso, mediante el diagnóstico de la situación del uso del agua subterránea en el área y el planteo de estrategias para la resolución de posibles conflictos entre actores, con miras a obtener un desarrollo social, económico y ambiental integrado en la región.

La cantidad y calidad del agua subterránea presente en la zona, las prácticas de riego actuales, los usuarios del recurso y sus interrelaciones, y las instituciones y organismos afines a la materia, se establecieron a través de un plan de actividades consistente en la recopilación, sistematización y análisis de bibliografía específica referente al medio natural y al contexto socioeconómico de la región.

Los resultados de esta investigación se plasmaron en un conjunto de acciones bajo la mirada de la GIRH, con la finalidad de gestionar la oferta y la demanda del agua subterránea para el riego agrícola en el sector de estudio.

## **ABSTRACT**

Depending on the intense agricultural activity in the rural area north of the province of Santa Fe, it became necessary to increase knowledge about the availability of water for irrigation could be used in a scenario of intense competition with various uses, such as industrial, urban and tourism.

The selected study area includes part the department Gral. Obligado, Vera and San Javier. In this regional context of the rural sector the need for the use of groundwater resources for irrigation supplementary character is distinguished because in certain time of year the distribution and amount of rainfall during the growing season is not adequate, generating the exploitation of underground resource to meet the demand for water.

In this thesis a plan of integrated and sustainable use of this resource is proposed, by diagnosing the situation of groundwater use in the area and the proposal of strategies for resolving conflicts between actors, with a view to get a social, economic and environmental development built in the region.

The quantity and quality of ground water in the area, current irrigation practices, resource users and their interrelationships, and institutions and related organizations to matter settled through a plan of activities consisting in the collection, systematization and analysis of specific literature concerning the environment and socio-economic context of the region.

The results of this research were reflected in a series of actions under the gaze of IWRM, in order to manage the supply and demand of groundwater for agricultural irrigation in the area of study.

## MOTIVACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS

En el marco de un convenio suscripto entre el INTA y el Grupo de Investigaciones Geohidrológicas de la FICH-UNL, se observó la necesidad de incrementar los conocimientos acerca de la disponibilidad de agua que pueda utilizarse para riego, debido a la intensa actividad agrícola en un sector rural del norte de la provincia de Santa Fe, en un escenario de gran competencia entre los diversos usos, como el industrial, urbano y turístico.

Además, la agricultura en la región contribuye en gran medida al desarrollo económico y conforma uno de los principales usuarios de los recursos hídricos disponibles; por lo que se requiere información y un diagnóstico actualizado de la situación para la planificación integrada y sustentable de los mismos.

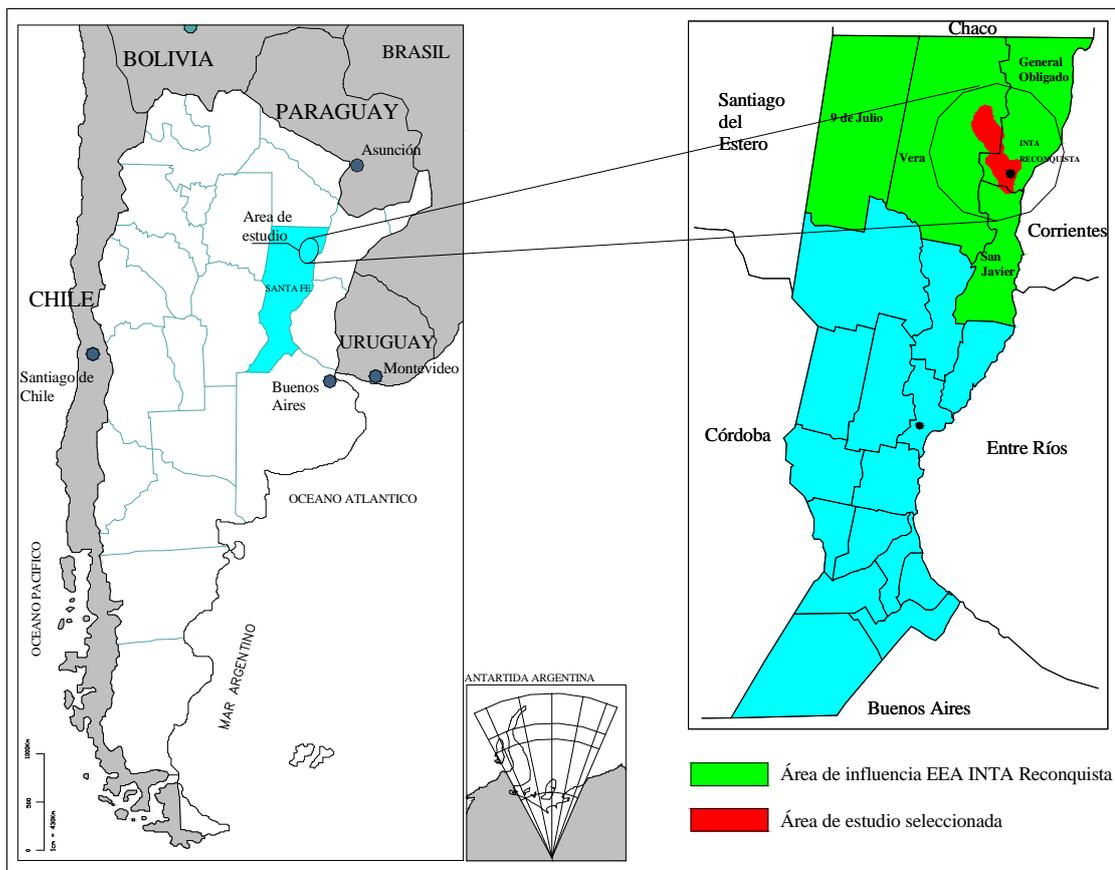
En este contexto, se distinguió la necesidad del sector rural (principal usuario) de utilizar el recurso hídrico subterráneo para riego con carácter suplementario, debido a que en determinada época del año la distribución y cantidad de precipitaciones durante el ciclo del cultivo no es adecuada.

Por lo expuesto, se elaboraron en la presente tesis estrategias de gestión integrada a modo de establecer objetivos y asignar recursos para su implementación, con la finalidad de aportar soluciones a la problemática del sector.

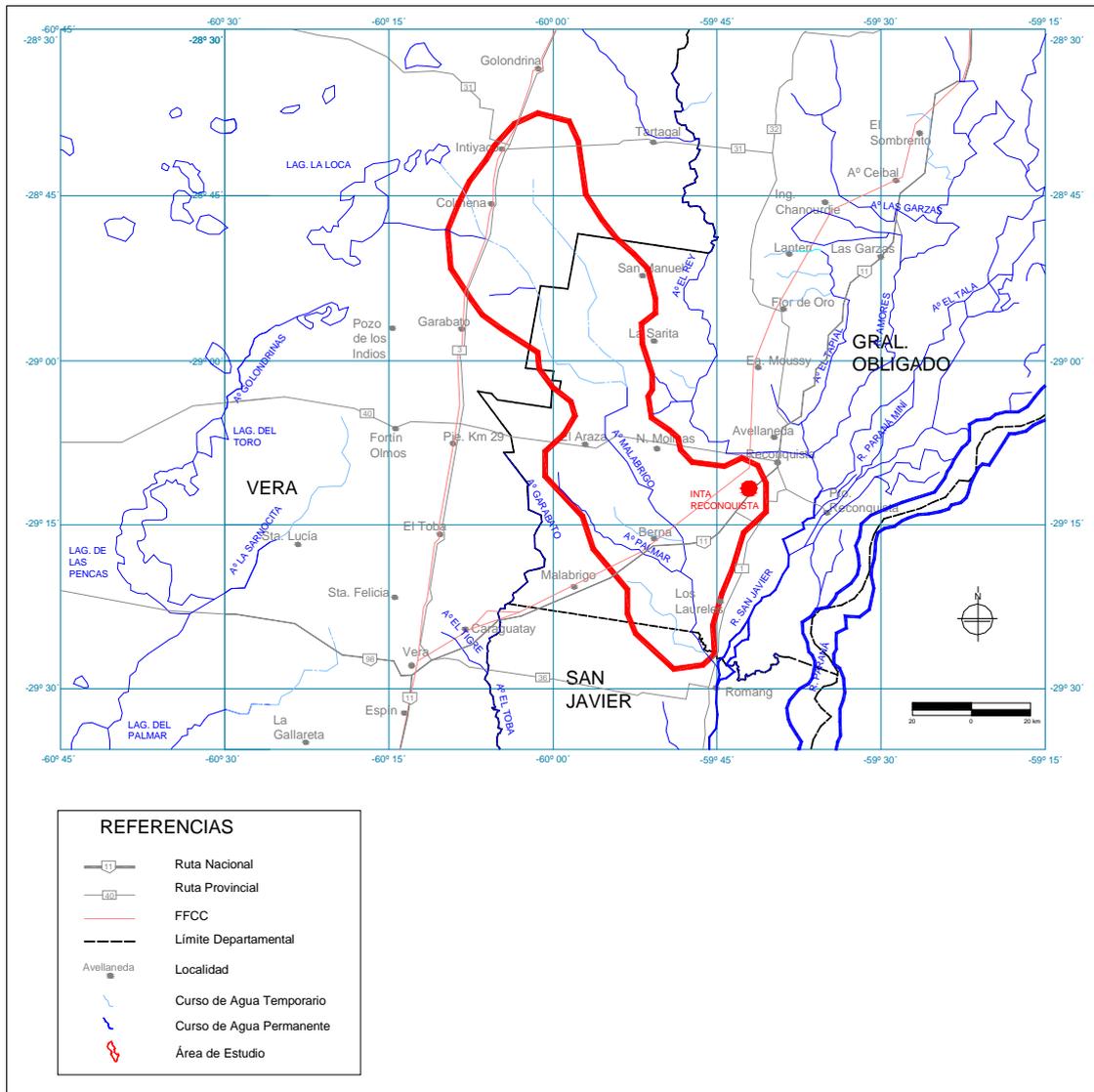
# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Presentación del tema. Descripción de la problemática

El sector de análisis abarca parte de los departamentos General Obligado, Vera y San Javier, en la zona de influencia de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Reconquista (Figuras 1.1 y 1.2).



**Figura 1.1: Ubicación general del área de estudio**



**Figura 1.2: Área de estudio. Localidades, rutas, líneas de FFCC e hidrografía**

Se encuentra en la Llanura Chaco-Pampeana, en lo que Iriondo denomina Chaco santafesino (Iriondo, 2007). Presenta un paisaje plano extendido, con suaves lomadas moderadamente bien drenadas, interrumpidas por numerosos cauces de vías de escurrimiento permanentes y temporarias, de orientación general NO-SE. El clima puede considerarse de transición entre templado y subtropical, con una distribución de las precipitaciones que concentra el 70% de su monto total anual entre los meses de octubre a marzo y el 30 % de abril a septiembre (EEA INTA Reconquista).

La mayor parte de la población de la región se concentra en los grandes polos urbanos de Reconquista y Avellaneda (Dpto. Gral. Obligado) con casi 100.000 habitantes. La economía de la zona depende fuertemente de la agricultura, ganadería, avicultura, apicultura y de la actividad tampera. Además se encuentra estratégicamente ubicada para el comercio del MERCOSUR, ya que cuenta con una vasta red de accesos viales y ferroviarios hasta llegar al puerto de la ciudad de Reconquista.

Los cultivos locales sirven como materia prima a las principales industrias, siendo los principales soja, caña de azúcar, algodón, girasol, lino y maíz. Existe en la región una producción de cítricos en crecimiento. Entre las especies arbóreas del área se distinguen: quebracho, algarrobo, bosque mixto, sabana y área agrícola. La actividad ganadera es extensiva y la tampera no está desarrollada a macroescala.

En cuanto a los recursos hídricos superficiales del sector, los ríos más significativos por su carácter permanente y su caudal son los ríos Paraná y San Javier. En menor escala sigue el río Amores que pasa al noreste de la localidad de Villa Guillermina (Dpto. Gral. Obligado) y a la altura de El Sombrerito recibe las aguas del arroyo del mismo nombre, con sus afluentes los A° Ceibalito y Las Garzas. El Arroyo El Rey nace en las cañadas ubicadas al norte de Tartagal (Dpto. Vera). Tiene como afluente al A° El Tapial y desemboca en el río San Jerónimo, junto al puerto de

Reconquista. En la parte sur del Dpto. Gral. Obligado se encuentra el A° Malabrigo que también descarga sus aguas en el río Paraná.

Hacia el Departamento Vera, la red de avenamiento es compleja, con vías de escurrimiento de dirección poco definidas y anastomosadas entre sí. La red de drenaje está compuesta por vías temporarias de escurrimiento formadas por una serie de cubetas que en época de lluvias están intercomunicadas y forman áreas encharcables y de lento drenaje. Existen numerosos esteros y lagunas semipermanentes. Entre las cañadas circundantes más importantes (orientadas de norte a sur) figuran la de Las Golondrinas y el río Calchaquí con la serie de lagunas que integran el sistema: del Toro, del Palmar, Calchaquí o Las Aves (véase Figura 1.2).

En la región se explotan dos acuíferos para abastecimiento de agua potable: el alojado en sedimentos del cuaternario, denominado “Pampeano” y el alojado en sedimentos fluviales de la formación Ituzaingó ó “arenas Puelches”. Este último se encuentra semiconfinado y conforma el acuífero principal del área por su calidad y productividad. En algunos sectores se constituyen capas libres de poco espesor y bajo caudal (Díaz y otros, 2013). Hacia el oeste de la zona de estudio el recurso subterráneo presenta grandes limitaciones en cuanto a caudal y calidad.

Los suelos del sector en su mayoría son franco-limosos en superficie y arcillosos en profundidad. En las áreas de relieve deprimido predominan los suelos de tamaño de partícula arcillosa fina. Se caracterizan por poseer bajo contenido de materia orgánica y deficiencias de drenaje moderadas. Debido a esto último, en el sector del departamento Gral. Obligado, los suelos resultan aptos para uso agrícola y ganadero, y hacia el departamento Vera, se destinan principalmente a pasturas naturales, artificiales o forestación.

Se puede resumir que en el área de influencia de la EEA INTA Reconquista (Dptos. 9 de Julio, Vera, San Javier y Gral. Obligado), de un total de aproximadamente 6.000.000 ha, sólo un 12 % son de aptitud agrícola (incluyendo los suelos mixtos agrícola-ganaderos y ganadero-agrícolas) (Vidal, 2006).

La soja es uno de los principales cultivos de la superficie total, seguido de girasol, trigo, maíz, sorgo, arroz, algodón y caña de azúcar (INDEC - CNA, 2008). La problemática de la región ha sido por años el monocultivo de algodón y su posterior desplazamiento por la soja, constituyendo en la actualidad la principal limitante del área para alcanzar una producción sustentable y creciente. Por lo que es necesario incorporar la rotación de cultivos para que la agricultura pueda ser sostenible en el tiempo (Vidal, 2006).

En el noreste santafesino el riego está muy poco desarrollado. En los departamentos General Obligado y San Javier se riegan 718 y 12.525 ha, constituyendo la superficie de regadío en los dos departamentos mencionados en un 0,4 % y un 28 % del área implantada, respectivamente (INDEC - CNA, 2008). En la mayoría de los casos se ha aplicado el riego sin tener en cuenta en forma integrada la demanda de los cultivos, capacidad de almacenaje de agua de los suelos, lámina regada, eficiencia del riego y el impacto a producir en el sistema (Vidal, 2006).

Además, en la región se presenta un escenario de intensa competencia con diversos usos, como el industrial, urbano y turístico. El sector rural (principal usuario), distingue una necesidad primordial en la utilización del recurso hídrico subterráneo para riego con carácter suplementario, debido a que la distribución espacio-temporal y cantidad de precipitaciones no resultan suficientes durante el ciclo de los principales cultivos, lo que genera la explotación del recurso subterráneo para suplir la demanda de agua.

Por lo expuesto, y ante la escasa regulación y gestión de los recursos hídricos subterráneos en el sector, se genera la posibilidad de la utilización en forma desmedida de los mismos.

Para la utilización integrada y sostenible de este recurso, se plantean objetivos para establecer estrategias de gestión del mismo, a modo de aportar soluciones a la problemática del uso desmedido y de gestión nula o deficiente de la fuente subterránea en la zona de estudio, aplicando un conjunto de herramientas y/o acciones político-administrativas con la finalidad de gestionar la oferta y la demanda del agua subterránea para el riego agrícola, con miras a obtener un desarrollo social, económico y ambiental integrado en la región.

## **1.2. Objetivos**

### *1.2.1. Objetivo general*

Elaboración de un plan de gestión integral y sustentable para los recursos hídricos subterráneos del área piloto seleccionada para riego agrícola

### *1.2.2. Objetivos Particulares*

#### *Medio natural*

- Análisis del funcionamiento del sistema acuífero. Evaluación de cantidad y calidad del recurso
- Identificación de fuentes alternativas en el área para uso agrícola
- Lineamientos generales para el monitoreo del recurso hídrico subterráneo

*Medio socio-económico*

- Estimación de la demanda futura para riego agrícola
- Planteo de estrategias de explotación sustentable del recurso
- Identificación y caracterización de actores; posibilidades de conflictos; estrategias de solución

## **2. MARCO TEÓRICO**

Al presente existe gran variedad de antecedentes e investigaciones relacionados con la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). Sin embargo, la definición que ha logrado mayor aceptación a nivel mundial fue la elaborada por el Comité de Asesoramiento Técnico de la Global Water Partnership (GWP) (2000):

“La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) se puede definir como un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”.

Este concepto involucra el cumplimiento de una mayor coordinación en el desarrollo y gestión de tierras, aguas superficiales y subterráneas, cuencas fluviales y entornos costeros y marinos adyacentes, e intereses aguas arriba y aguas abajo (Pochat, 2008). La GIRH no solo se limita a la gestión de recursos físicos, sino que involucra los aspectos políticos, socio-institucionales, económicos y las acciones legales para la gestión integrada de los recursos hídricos, con el fin de brindar a la población los beneficios derivados de dichos recursos de manera equitativa.

A nivel práctico, implica otorgar al agua el lugar que le corresponde en la agenda política de los diferentes alcances territoriales, ya sea nacional, regional o local, y crear una mayor “conciencia sobre el agua” entre los responsables de diseñar las políticas en el ámbito de la economía y en los sectores relacionados con el agua, activando de esta manera vías de comunicación más eficaces y un proceso de toma de decisiones consensuado entre los diferentes organismos, ya sean públicos, privados, o asociaciones civiles, y, los actores involucrados en el uso del recurso (Pochat, 2008).

De la misma forma, dado que la implementación de la GIRH trae consigo una gran demanda de nuevos conocimientos, resulta indispensable prever el diseño de programas de desarrollo de capacidades o destrezas en materia de la GIRH para apoyar el proceso, implementado por un equipo de gestión (Pochat, 2008). Este conocimiento es requerido por diferentes tipos de personas, en las diversas etapas del ciclo de planeamiento. Asimismo, los requerimientos de desarrollo de capacidades se van a modificar a medida que avance el proceso del plan de la GIRH y sean requeridas capacidades diferentes (CAP - NET, 2005).

El enfoque de la GIRH es particular de cada país. Debe considerar el interés político y el apoyo público, y podría dirigirse a la gestión de situaciones de riesgo (tales como inundaciones, sequías, contaminación, fallas en estructuras hidráulicas), falencias en los servicios de agua potable y saneamiento, disputas por asignación de agua para riego o situaciones similares. Para el caso de países como Argentina, los procesos de la GIRH podrían orientarse hacia cómo alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) convenidos en la Cumbre del Milenio de la ONU (ONU, 2000). A su vez, la GWP propone principios guía para la gestión integrada de recursos hídricos como base para la elaboración de planes nacionales.

El recurso hídrico subterráneo comprende alrededor del 30 % de los recursos útiles de agua dulce del planeta y desempeña un papel importante en el mantenimiento de la humedad del suelo, del caudal de los ríos y de los ecosistemas dependientes de éste. En el mundo, alrededor de 2 billones de personas, gran cantidad de agricultores e industrias locales dependen del agua subterránea para su abastecimiento (CAP - NET, 2010).

Este recurso “invisible” almacenado bajo la superficie de la tierra es vulnerable al deterioro de su calidad y a la explotación intensiva. La mayor parte de las actividades

antrópicas (agricultura, industria, desarrollo urbano, entre otros) pueden influir en la degradación de su calidad. La extracción de cantidades excesivas de agua subterránea puede generar el abatimiento de los niveles, dejando los pozos improductivos, daño a los ecosistemas, hundimiento del suelo, intrusión salina, y por último la pérdida del recurso. Las soluciones a los problemas de contaminación y sobre-explotación del agua subterránea son tecnológicamente exigentes, muy caras y necesitan mucho tiempo. Mediante la cuidadosa gestión y protección del recurso hídrico subterráneo, se puede asegurar un suministro de agua subterránea de buena calidad a largo plazo (De Marsily et al., 1992).

Con referencia a la temática de la gestión de este valioso recurso, el grupo de expertos en gestión de recursos hídricos subterráneos de la GWP ha confeccionado con el paso del tiempo diferentes notas informativas, y en el año 2010, presentó un manual de entrenamiento en la gestión de recursos hídricos subterráneos dentro del marco de la GIRH. En este documento, se enfatiza que la sustentabilidad del agua subterránea se vincula fuertemente con la agenda política a micro y macro escala influenciando el uso del agua y del suelo, y representa uno de los mayores cambios en la gestión de los recursos naturales (CAP - NET, 2010).

La inversión en la gestión y protección de este recurso básico, frecuentemente no ha sido tomada en cuenta, por lo que se necesitan de manera urgente prácticas avanzadas. A su vez, no hay un modelo sencillo para la acción debido a la variabilidad inherente de los sistemas acuíferos y las situaciones socioeconómicas asociadas. Además, la división institucional tradicional del recurso hídrico superficial y subterráneo ha creado falta de comunicación e integración en los sectores técnicos y político-institucionales, afectando las políticas de desarrollo, gestores y usuarios del agua (CAP - NET, 2010). Esta separación entre los recursos superficiales y subterráneos

impide la comprensión de los procesos y consecuencias de las interacciones agua superficial – agua subterránea. Desde el enfoque de la GIRH, ambos recursos deberían gestionarse de manera conjunta.

La gestión del agua subterránea debe equilibrar la explotación de este recurso (en términos de cantidad, calidad e interacciones con el agua superficial) con los requerimientos crecientes de los usuarios (quienes pueden representar una amenaza a la disponibilidad y la calidad del recurso hídrico).

En Todd y Mays (2005), se aclara que se necesita la planificación del recurso hídrico subterráneo en función de todos los recursos hídricos de una cuenca, para la obtención del máximo beneficio en la utilización de dicho recurso. Los objetivos de la gestión implican conocer las condiciones geológicas e hidrológicas, sus aspectos económicos, legales, políticos y financieros. Generalmente, un desarrollo económico óptimo de los recursos hídricos en un área requiere de un enfoque integrado que coordine tanto el uso de los recursos hídricos superficiales como subterráneos. Para lo anterior, resulta necesaria una evaluación total de los recursos hídricos y la preparación de planes de gestión alternativos, en la que los organismos públicos correspondientes deberían tomar las decisiones apropiadas.

Asimismo, Todd y Mays (2005), analizan que “la demanda del agua subterránea en décadas recientes ha conducido a desarrollar una variedad de estrategias para la gestión del agua subterránea y hacer un uso eficiente del espacio de almacenamiento subterráneo disponible. Esto puede incluir el control de la explotación de las fuentes de agua local, cambios en los esquemas de bombeo, limitación en los bombeos, recarga artificial, uso conjunto del agua superficial y subterránea, y reuso de los efluentes. La clave es mantener la sostenibilidad del acuífero a largo plazo. Es importante reconocer a escala regional que tanto el agua superficial como subterránea

constituyen una única fuente. Lo que es agua superficial hoy puede ser agua subterránea mañana y viceversa. Por lo tanto, la disminución de una puede afectar la otra”.

El recurso hídrico subterráneo para riego agrícola se utiliza cuando resulta necesario suplementar la cantidad de agua requerida para el normal desarrollo de la planta, debido a que la distribución y cantidad de precipitaciones durante el ciclo del cultivo presenta irregularidades que pueden coincidir con el momento crítico del crecimiento del cultivo, afectando su producción.

Un informe de la FAO (2002), menciona que durante décadas recientes la agricultura bajo riego ha sido una fuente de producción de alimentos muy importante. Los mayores rendimientos de los cultivos que pueden obtenerse en regadío son más del doble que los mayores que pueden obtenerse en secano (sin riego complementario). Incluso la agricultura bajo riego con bajos insumos es más productiva que la agricultura de secano con altos insumos. Aún así, el regadío contribuye menos a la producción agrícola que el secano (FAO, 2002).

Un análisis más reciente de la FAO (2011), informa que la agricultura utiliza el 11 % de la superficie terrestre del mundo para la producción de cultivos, utilizando un 70 % del agua total, extraída de acuíferos, ríos y lagos. Globalmente, la agricultura de secano se practica en el 80 % de las tierras cultivadas y produce más del 60 % de los alimentos del mundo (FAO, 2011). En particular, el total de riego con agua subterránea a nivel mundial es del 38% (Foster y Shah, 2012).

En Argentina, uno de los estudios en desarrollo en relación al riego, está orientado a identificar el “Potencial de Ampliación de Riego en la Argentina”. El estudio forma parte de los objetivos específicos de la Unidad Técnica formalizada por un convenio realizado en el 2014 entre la FAO – Sede Argentina - y el Programa PROSAP (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales) del Ministerio de Agricultura,

Ganadería y Pesca de la Nación, cuya finalidad es realizar estudios sectoriales y estudios básicos que contribuyan a la generación o ajuste de políticas públicas, así como a la identificación de áreas prioritarias de inversión provincial o nacional (FAO – AR - PROSAP, 2014).

En este marco, a partir de la información relevada por este estudio y presentada en el VII Taller: “Estudio de Potencial de Ampliación de Irrigación en Argentina”, se pudo sintetizar a nivel regional que la región Pampeana lidera la lista de superficies regadas (en ha) con un 35%, seguida por la región de Cuyo con un 24%. El tercer lugar en el país, lo ocupa el NOA con un 22% de la superficie regada nacional. Por su parte, la extensa región árida y más austral del territorio, la Patagonia, cuenta con un 7% de ha regadas, en tanto que el NEA, región dominada por condiciones principalmente húmedas, reúne el 12% del total (Fernández, 2014).

En Benavidez y otros (2006) se indica que un aspecto importante a tener en cuenta en el riego es que la calidad del agua utilizada en la agricultura afecta a la producción y a las características finales del ambiente, y su conocimiento es de suma importancia ya que constituye un indicador de la sostenibilidad del sistema agrícola. Los problemas relacionados con la calidad del agua pueden producir salinidad, toxicidad, pérdida de la permeabilidad del suelo, entre otros, de manera aislada o simultánea.

Para la evaluación de la posibilidad de la utilización del riego se debe considerar a interacción entre la calidad del agua y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Costa (1998) (En: Benavidez y otros, 2006) indica que “los criterios prevalecientes respecto de la calidad del agua para riego y su asociación con el peligro potencial para los cultivos son dos: la salinización y la sodificación”.

Con respecto a la aptitud del agua para riego existen varios criterios de clasificación de las aguas, entre ellos los que se presentan en Custodio y Llamas (1976).

En relación a la posibilidad de conflictos por la utilización del recurso hídrico subterráneo, se debe reconocer y conocer a los actores clave involucrados en el uso y la gestión de este recurso. Las técnicas del Sistema de Análisis Social (Chevalier & Buckles, 2009) muestran diversas metodologías para realizar el mapeo de actores a encuestar, utilizando diferentes perfiles, posiciones y proyecciones para la realización de las encuestas. La metodología de Arco Iris permite identificar a los actores, y visualizar a su vez las diferencias que podrían incidir entre éstos dada una situación o línea de acción, y a los actores que pueden resultar afectados por la misma.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología aplicada en los capítulos sucesivos que componen el presente trabajo, relacionan los aspectos vinculados al funcionamiento del sistema acuífero, el requerimiento de agua de los cultivos, los actores involucrados y la identificación de potenciales conflictos que podrían generarse entre los mismos.

Sujeto a lo anterior, se elaboró un plan de actividades que consistió en la recopilación, sistematización y análisis de bibliografía específica y de datos y estudios referentes al medio natural y socioeconómico de la región, con la finalidad de caracterizar el área de estudio, para luego establecer estrategias de gestión para un uso integrado y sostenible del recurso hídrico subterráneo.

Se abordó en primera instancia la caracterización del medio físico, comenzando con la identificación del régimen pluvial mediante el procesamiento y selección de información antecedente de datos meteorológicos, registrados en distintas estaciones de medición en localidades de los departamentos General Obligado, Vera y San Javier.

La información pluviométrica utilizada pertenece a la Dirección General de Comunicaciones de la Provincia de Santa Fe (DGCP) y al FFCC Gral. Belgrano, y fue recopilada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Centro de Informaciones Meteorológicas (CIM) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL).

Se recabó además información pluviométrica media mensual para el período 1960-2010, del sitio web del Observatorio Agrometeorológico de la EEA INTA Reconquista, para la localidad homónima. Se adoptó esta última como estación de referencia.

Las estaciones seleccionadas en el departamento Gral. Obligado fueron Reconquista (EEA INTA), La Sarita y Berna; en el depto. Vera, las localidades de

Intiyaco y Garabato; y en el depto. San Javier, la localidad de Romang. El período adoptado para el estudio de las precipitaciones fue 1980-2010. La información se sintetiza en las Tablas 4.1 a 4.2 (en Anexo I). Para el procesamiento y análisis de los datos pluviométricos se utilizaron planillas de cálculo y gráficos del programa Excel® (Figuras 4.1 a 4.27, en Anexo I). Se evaluó además la tendencia de las lluvias durante el año hidrológico, ajustando una ecuación lineal a la distribución media de las precipitaciones (Figura 4.28, en Anexo I).

Para completar las características del clima de la zona, se obtuvieron los registros de temperaturas medias mensuales para el período 1970-2010, y de Humedad Relativa, Heliofanía Efectiva y Velocidad del Viento medios mensuales en el período 1994-2010 a través del sitio web de la estación meteorológica Reconquista. Se resumen los datos mencionados en las Tabla 4.3 (en Anexo II).

Con lo anterior, se caracterizó para el período de análisis el régimen térmico de la zona y la distribución anual media de la velocidad del viento (a 2 m de altura), la variación de la humedad relativa y de la heliofanía efectiva, a través de curvas de distribución anual media por medio del programa Excel® (Figuras 4.29 a 4.32, en Anexo II).

Se efectuó además el balance hídrico cerrado anual para el período 1970-2010 mediante el método de Thornthwaite (1955), para identificar subperíodos húmedos y secos o excesos y déficits, capacidad de almacenamiento de agua en el perfil del suelo, y evapotranspiración real (Tabla 4.4 y Figura 4.33, en Anexos I y II).

Para la identificación de la geología y geomorfología regional, se recopilaron antecedentes provenientes de bibliografía específica y estudios realizados en la zona por Iriundo (1985), Iriundo (1987), Iriundo (2007) y Panigatti et al. (2007), en los cuales se realiza la descripción de la secuencia estratigráfica regional, las unidades

geomorfológicas y ambientes naturales presentes en el área de estudio. En las Figuras 4.34 a 4.35 se muestran las unidades geomorfológicas de la provincia de Santa Fe.

En cuanto a la descripción de las características de los suelos presentes en la zona de análisis, se realizó un compendio de información relacionada con las regiones naturales y los suelos de la provincia de Santa Fe, extraída de Mosconi et al. (1981) (Figura 4.36), Seveso (1990) (Figura 4.37), y Panigatti et al. (2007) (Figura 4.38).

Con la finalidad de determinar la disponibilidad hídrica superficial se utilizó información correspondiente a la estación de medición hidrometeorológica N° 3231, ubicada sobre el A° Los Amores, en la localidad de Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32) a 28° 29'28" S y 59° 23'17" O (SSRH, 2012). La estación cuenta con registros de precipitaciones, alturas hidrométricas, caudales medios diarios y mensuales, máximos y mínimos instantáneos, aforos líquidos y sólidos. La serie de caudales medios diarios obtenida para determinar el volumen y la lámina de escurrimiento superficial anual de la zona en  $\text{Hm}^3$  y mm respectivamente, corresponde a datos registrados en el período 1987-2010. El análisis de los datos se realizó por medio de planilla de cálculo Excel® y gráficos representativos (Tabla 4.5 y Figuras 4.39 a 4.43, en Anexos I y II).

La descripción de la hidrogeología regional se definió en base a información consignada en perforaciones profundas con descripción confiable compilada y analizada por Filí y Tujchneider (1977); antecedentes hidrogeológicos disponibles en el ámbito de la provincia de Santa Fe perteneciente a la Dirección Provincial de Obras Hidráulicas (DPOH), Servicio Provincial de Agua Rural (SPAR) e Instituto Nacional del Agua (INA) a través del Centro Regional Litoral (CRL), recopilada y concentrada por Palazzo y Sosa (2002); antecedentes de áreas de igual comportamiento hidrogeoquímico e hidrodinámico en la provincia de Santa Fe (Risiga y Bojanich, 1975); información de las características geohidroquímicas e hidrogeológicas del Depto. General Obligado

(Tujchneider y otros, 1979); referencias hidrogeológicas de los Bajos Submeridionales de la provincia (Risiga y otros, 1981); parámetros hidráulicos de la Formación Puelches en la zona del Acueducto Reconquista (Díaz y otros, 2013); y datos relativos a profundidad de explotación, caudales específicos y contenido salino de las áreas hidrogeológicas de la provincia de Santa Fe (IPEC, 2007).

De la compilación de Palazzo y Sosa (2002), se seleccionaron aquellas perforaciones ubicadas en el área de estudio en las localidades de Alejandra y Romang (Depto. San Javier), El Araza, Lanteri, Los Laureles, Malabrigo y Reconquista (Depto. Gral. Obligado), Cañada Ombú, Fortín Olmos, Garabato, Los Amores, Santa Felicia, Toba y Vera (Depto. Vera).

Los perfiles mencionados se representaron gráficamente a través del software SC Perfiles<sup>®</sup> (Sosa et al., 2001). El programa utiliza los datos de la ubicación geográfica de la perforación, secuencia estratigráfica, nivel estático y profundidad, y permite visualizar la variación de las profundidades y evolución de los niveles estáticos, e incorporar valores de conductividad eléctrica en un perfil determinado (Figuras 4.47 a 4.62, en Anexo I). Se realizaron luego las correlaciones Garabato-El Araza-Los Laureles, Lanteri-Reconquista-Los Laureles-Romang, Los Amores-Cañada Ombú-Garabato-Toba-Vera (Figuras 4.63 a 4.66, en Anexo I).

Seguidamente, para determinar parámetros hidráulicos formacionales, se contó con datos granulométricos del pozo ubicado en las coordenadas 29°15'47.9" Latitud S y 59°42'46.0" Longitud O perteneciente a la EEA INTA Reconquista (Mieres, 2011). La evaluación de los parámetros se efectuó de manera indirecta a través de las muestras obtenidas del pozo mencionado, utilizando las metodologías del soil texture triangle del USDA (triángulo textural del suelo – Departamento de Agricultura de EEUU) (USDA, Nelson R., 1986. En: Perez M., 2007), y también mediante diversas fórmulas y ábacos

que correlacionan la distribución del tamaño de partículas con los parámetros hidráulicos conductividad (K) y permeabilidad (k) (Traducido de Boulding J., 1995. En: Perez M., 2007).

Para lo anterior, se analizaron las muestras presentes en el perfil y se graficaron luego las curvas granulométricas en función del tamaño de grano y porcentaje pasante en cada tamiz (Tabla 4.6 y Figuras 4.67 a 4.93, en Anexos I y II). En las Figuras 4.95 a 4.101 (en Anexo I) se detallan además diferentes métodos ampliamente utilizados para la determinación de la conductividad hidráulica y la permeabilidad.

Para establecer una caracterización y cuantificación aproximada de la oferta del recurso subterráneo en el sector, se extrajeron de los informes del IPEC (2007), y de Díaz y otros (2013), valores de parámetros hidráulicos tales como profundidad de explotación, caudal específico, contenido salino, transmisividades y coeficientes de almacenamiento de las formaciones presentes en el área.

Con respecto a la calidad química del agua subterránea, se obtuvo información de datos provenientes de la compilación hidrogeológica de la provincia (Palazzo y Sosa, 2002), del estudio de las características geohidroquímicas e hidrogeológicas del depto. Gral. Obligado (Tujchneider y otros, 1979), del estudio de los Bajos Submeridionales de la Provincia (Risiga y otros, 1981), y de datos químicos de muestras de pozos de riego e industrias de los Distritos Reconquista y Avellaneda para 1995 y 1996 (Vidal, 2006).

De Palazzo y Sosa (2002), se extrajo el mapa de referencia general de calidad de agua subterránea, obtenido para la provincia de Santa Fe (Figuras 4.105 a 4.106, en Anexo I), presentándose zonas con diferentes contenidos iónicos.

Del estudio de las características geohidroquímicas e hidrogeológicas del depto. Gral. Obligado (Tujchneider y otros, 1979), se detalla el resumen de la calidad del recurso para la primera capa acuífera. Los tipos de aguas presentes en las

localidades del área se mencionan del estudio de los Bajos Submeridionales de la Provincia (Risiga y otros, 1981).

Se contó además con datos químicos de muestras de aguas subterráneas de pozos de riego e industrias de los Distritos Reconquista y Avellaneda para 1995 y 1996 detallados en Tabla 4.11 (en Anexo II) (Vidal, 2006). Se elaboraron además mapas indicativos con valores puntuales de Conductividad Eléctrica Específica (CE) en  $\mu\text{mho/cm}$ , Relación Adsorción de Sodio (RAS) y Carbonato de Sodio Residual (CRS) en  $\text{meq/l}$ , a modo de observar máximos y mínimos en el sector (Tablas 4.12 a 4.15 y Figuras 4.107 a 4.109, en Anexos I y II).

Una vez representada la caracterización del medio natural, se continuó con la evaluación del contexto socioeconómico para poder evaluar la demanda del recurso hídrico subterráneo y las posibles interacciones entre los usuarios intervinientes.

Inicialmente se obtuvieron los datos de población de la zona urbana y rural en la zona de estudio, según el censo 2010 (INDEC, 2010) (Tablas 4.16 y 4.17). Posteriormente se determinó la densidad poblacional del área (Tabla 4.18).

Para caracterizar la economía e infraestructura de servicios de la región, se utilizaron antecedentes socioeconómicos del Plan Estratégico Provincial (PEP, 2008) (disponible en: [http://www.santafe.gov.ar/index.php/plan\\_estrategico\\_provincial](http://www.santafe.gov.ar/index.php/plan_estrategico_provincial)), cifras estadísticas referidas a la producción y economía del territorio provincial (disponible en: <http://www.santafe.gov.ar/archivos/estadisticas/SantaFeenCifras2014.pdf>), indicadores productivos del INTA (Anuario Estadístico INTA, campaña 2009-2010) (disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/anuario-estadistico-cambio-rural.-campana-2009-2010-1/>), datos suministrados por la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Reconquista (disponible en: <http://inta.gob.ar/unidades/613000>), mapas de capacidad productiva de los departamentos involucrados en el área de estudio del INTA Rafaela

(disponible en: [http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad\\_productiva](http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad_productiva)), referencias socioeconómicas aportadas por la Revista del Consejo Regional Económico del Norte de Santa Fe (CORENOSA N° 2. Argentina; Marzo de 2012: 17-18), datos de los CNA 2002 y 2008 (INDEC-CNA 2002 y 2008), cifras del IPEC (2012), y antecedentes relacionados con el manejo de los recursos hídricos para áreas de secano (2da. Edición) (Basán Nickish, 2010).

Con dicha información, se especificó para la zona la aptitud y uso de las tierras (agrícolas, agrícola-ganaderas y ganaderas), porcentaje de uso agrícola por departamento, superficie cultivada y tipo de cultivos, metodologías de riego empleadas y áreas y cultivos regados, índice de productividad de las tierras, existencias ganaderas, infraestructura, gestión y desarrollo en el norte santafesino, tecnología y servicios de la región y ejes económicos-productivos (Tablas 4.19 a 4.53 y Figuras 4.110 a 4.176).

Se realizaron consultas a través de comunicación web a personal técnico de la EEA INTA Reconquista, entre ellos al Ing. Mario Basán Nickish. Se realizó además una entrevista personal al mencionado profesional.

Lo anterior se basó en obtener información concerniente a las instituciones participantes en la gestión del recurso hídrico en la región y los programas involucrados, datos vinculados con la demanda del recurso para riego agrícola, proyectos de riego en la región, posibilidad de conflictos por el uso del recurso, etc. La finalidad es realizar una estimación global de la demanda futura para riego agrícola, de la cantidad aproximada de regantes del área y del volumen del recurso hídrico subterráneo extraído para el riego de cultivos de la zona.

Con respecto a la política hídrica, en base al desarrollo de las políticas relacionadas con el agua fijadas por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SsRH), se precisó el marco de la política hídrica en el territorio nacional.

En el presente informe de tesis se describen el acuerdo federal del agua logrado en 2003 por la Nación y las provincias (COHIFE, 2003); los lineamientos de política hídrica nacional establecidos en el Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos y en la primera fase de ejecución del Plan Nacional Federal de Aguas Subterráneas; y los Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina plasmados por el Consejo Hídrico Federal (COHIFE, 2003).

En materia de políticas hídricas regionales relacionadas a la gestión integral de los recursos hídricos, se mencionan los programas y proyectos establecidos en el Plan Estratégico Provincial, específicamente para el Nodo Reconquista, el PNFRH (Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos) (disponible en: [http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica\\_hidrica.php?seccion=rec\\_h](http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica_hidrica.php?seccion=rec_h)), y el PNFAS (Plan Nacional Federal de Aguas Subterráneas - *en elaboración*) (disponible en: [http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica\\_hidrica.php?seccion=aguas\\_sub](http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica_hidrica.php?seccion=aguas_sub)), el Plan Nacional de Riego (*en elaboración*) (disponible en: <http://ucar.gov.ar/index.php/ucar-en-territorio/en-preparacion/nuevas-iniciativas-con-financiamiento-externo>), el PEA2 (Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal) (disponible en: [www.maa.gba.gov.ar/2010/pea2/Documentos/Presentacion.ppt](http://www.maa.gba.gov.ar/2010/pea2/Documentos/Presentacion.ppt)), y los programas del INTA en la zona, en colaboración con instituciones locales y provinciales.

Se mencionan además las líneas de acción en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, establecidas por la Dirección Provincial de Administración de los Recursos Hídricos perteneciente al Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medioambiente de la provincia.

El marco legal se describió a nivel nacional a través de los artículos 41 y 124 de la Constitución Nacional y artículo 2340 inciso 3 del Código Civil, y normas

extraídas de la página oficial de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable en materia de preservación y protección de los recursos naturales.

En materia provincial se citan la propuesta de la Ley de Aguas de la provincia (media sanción a Agosto de 2014) y la legislación referente al recurso hídrico superficial y subterráneo.

En cuanto al marco institucional, en la provincia de Santa Fe, se presentan varias instituciones con funciones relacionadas a la gestión del recurso, que provienen del orden nacional, provincial, regional, municipal o comunal, de la sociedad civil y organizaciones afines.

Para realizar el mapeo de los actores clave involucrados en el uso y la gestión del recurso hídrico en el sector de estudio, se empleó la metodología de Arco Iris como herramienta técnica del Sistema de Análisis Social (Chevalier & Buckles, 2009), identificando a los actores provenientes de los órdenes público y privado y las asociaciones civiles, ya sean del ámbito nacional, provincial, regional, y municipal o comunal/local, visualizando a su vez las diferencias que podrían incidir entre éstos dada una situación o línea de acción, y a los actores que pueden resultar afectados por la misma (Figura 4.177). En las Tablas 4.54 a 4.58 se sintetizan los actores involucrados en el manejo del recurso hídrico, las funciones que les competen a las instituciones, indicando sus potenciales fortalezas y debilidades, y usos y necesidades de los actores.

## **4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

### **4.1. Aspectos físicos**

#### *4.1.1. Caracterización Climática*

En las estaciones meteorológicas de Reconquista (EEA INTA), La Sarita, Berna (Depto. Gral. Obligado) e Intiyaco, se observó un buen grado de ajuste para el período 1980-2010, indicando la pertenencia al mismo régimen de precipitaciones (Tablas 4.1 a 4.4 y Figuras 4.1 a 4.33, en Anexos I y II). Asimismo, las estaciones Garabato (Depto. Vera) y Romang (Depto. San Javier), indicarían pertenencia a regímenes climáticos diferentes, ya que el grado de correlación obtenido resulta inferior al valor límite establecido por la OMM (1994).

El valor máximo de precipitación en el período considerado para todas las estaciones ocurrió en el año 1998 con un valor de 2.487 mm (Reconquista), y el mínimo en el año 1990 para Berna (278 mm). Con respecto a la variación cronológica anual, Reconquista y La Sarita poseen una variación temporal similar, además de mayores valores de lluvias, denotándose asimismo que los montos de las precipitaciones disminuyen hacia el suroeste.

Los Índice de Mínima y de Máxima indican la desviación de los valores cronológicos anuales con respecto a la media del período, registrándose menor desviación en la estación La Sarita.

En todas las estaciones se evidencia una tendencia de la serie a la estabilización con la precipitación media anual (Figuras 4.11 a 4.19, en Anexo I). En Berna, aproximadamente en los 10 primeros años de la serie considerada, se observó que las precipitaciones son menores a la media anual, acercándose al valor promedio luego del año 2000. La estación La Sarita es la que posee valores más cercanos al promedio de la serie como se mencionó en los índices citados.

Del análisis de las medias móviles y deslizantes, se observó para todas las estaciones descenso de la precipitación media a partir del año 2001-2002 en adelante. Se identificaron períodos oscilatorios o ciclos en las estaciones Reconquista, La Sarita, e Intiyaco. Desde 1992-93 a 1995-96 las precipitaciones medias disminuyeron, y luego, a partir de 1999-2000, se manifestó incremento de las mismas. En la localidad de Berna, se denotó en general, aumento de las precipitaciones medias desde 1988-89 hasta 1999-2000, comenzando a decrecer las mismas a partir de este último período (Figuras 4.20 a 4.27, en Anexo I).

De la distribución efectuada para el año hidrológico medio (Figura 4.28, en Anexo), se concluye que el régimen pluvial para la serie adoptada en la EEA INTA Reconquista responde a una distribución con valores máximos en los meses de Febrero, Marzo y Abril, Noviembre y Diciembre, con montos en el rango de 150-175 mm, en tanto que los mínimos ocurren en Julio-Agosto en el orden de los 25 mm. Se observó que las precipitaciones superan el valor medio anual el 70 % del año (desde Octubre hasta Marzo).

Finalmente, se procedió a caracterizar la variabilidad en el tiempo de los parámetros meteorológicos Temperatura (período 1970-2010), Humedad Relativa, Heliofanía Efectiva y Velocidad del Viento (período 1994-2010) pertenecientes a la Estación Experimental Agropecuaria Reconquista, a los fines de completar la descripción del régimen hidrometeorológico. Se utilizó el período 1994-2010 para el análisis (Figuras 4.29 a 4.32, en Anexo I).

En cuanto a la temperatura, la media mínima se presenta en Julio con aproximadamente 14°C, y a partir de dicho mes comienza a aumentar hasta llegar a valores que oscilan los 25°C en los meses de Diciembre, Enero y Febrero (Figura 4.29, en Anexo I).

Con respecto a la Humedad Relativa, desde Agosto a Enero los valores se encuentran por debajo de la media, con un valor aproximado del 67%, y los meses restantes superan este valor (71%), alcanzando el 76% (Figura 4.30, en Anexo I). El rango de humedad relativa media oscila entre el 60 y el 80 % durante el período considerado.

La Heliofanía Efectiva mínima se presenta en Junio con una media de 5 hs de duración de brillo solar efectivamente posible, alcanzando una permanencia máxima del orden de las 9 hs en los meses de mayor insolación (Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero) (Figura 4.31, en Anexo I).

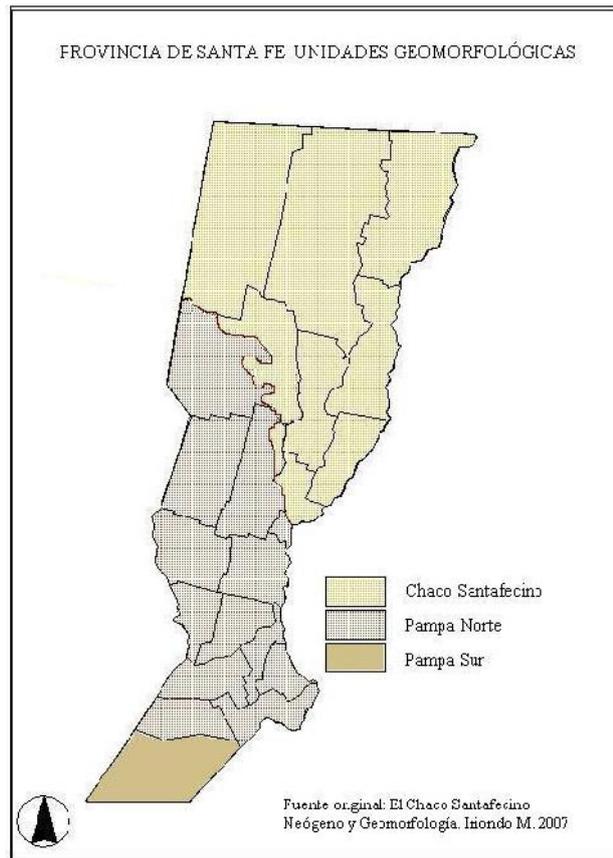
En referencia al valor medio mensual de la Velocidad Viento a 2 m, desde Agosto a Diciembre los valores se encuentran por encima de la media (6,6 Km/h) en el rango de 7 a 8,5 km/h, y los meses restantes entre 5 Km/h a 6,5 Km/h, siendo los meses más ventosos Septiembre y Octubre (Figura 4.32, en Anexo I).

El balance hídrico cerrado anual para el período 1970–2010 efectuado según el método de Thornthwaite (1955), refleja que los excesos ocurren mayormente en otoño y primavera, no así en el resto del año, siendo la precipitación caída menor a la evapotranspiración potencial, generando déficit en el almacenamiento de humedad del suelo (Figura 4.33, en Anexo I).

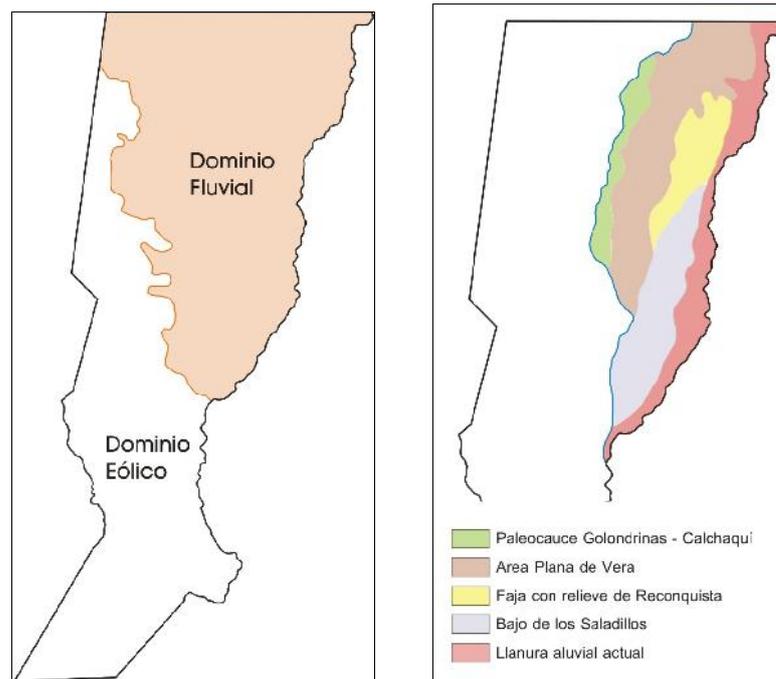
Se puede resumir al clima de la zona como de transición entre templado y subtropical. Mediante el balance hídrico se encuadra entre subhúmedo - subhúmedo seco, con una distribución de las precipitaciones que concentra el 70% de su monto total anual entre los meses de octubre a marzo y el 30 % restante de abril a septiembre (Vidal, 2006).

#### 4.1.2. Geología y geomorfología

Respecto de la geología y geomorfología, según Iriondo (2007), el área de interés se encuentra ubicada en el Chaco Santafesino (Figura 4.34), más precisamente en el Sistema del Paraná, uno de los tres sistemas fluviales en que el autor divide al Dominio Fluvial del Cuaternario Santafesino (Figura 4.35).



**Figura 4.34: Unidades geomorfológicas de la provincia de Santa Fe.  
(Extraído de Iriondo, 2007)**



**Figura 4.35: Dominio fluvial del Cuaternario Santafesino y Sistema Fluvial del río Paraná (Extraído de Iriondo, 1987)**

El Sistema del Paraná constituye una faja ubicada en el borde oeste del río Paraná, de unos 90 a 100 km de ancho, que comienza en la provincia del Chaco y se extiende hacia el sur cientos de kilómetros, hasta la ciudad de Santa Fe. Se formó por la sedimentación de arenas (predominantemente cuarzosas, muy maduras) y pelitas (en las que sobresale la montmorillonita) transportadas por el río Paraná desde su alta cuenca.

Geomorfológicamente está caracterizada por paleocauces de distinto tamaño, según los haya formado la corriente principal del río o alguno de sus brazos menores. La mayor parte de esos paleocauces tienen patrón meándrico y presentan distintos grados de colmatación y enmascaramiento, derivados de procesos locales posteriores a su formación. Las unidades geomorfológicas que integran este sistema son: 1) Paleocauce Golondrinas – Calchaquí, 2) Área plana de Vera, 3) Faja con relieve Reconquista, 4) Bajo de los Saladillos y 5) Llanura aluvial actual (Iriondo, 1987, 2007). Resultan de particular interés a los fines de este estudio las unidades (2) y (3) (Figura 4.35).

El *Área plana de Vera* se define “por una superficie horizontal con relieve muy escaso, prácticamente no detectable en campo. Está surcada en sentido noroeste-sureste por los afluentes de los arroyos Malabrigo, Los Amores, Las Garzas, El Rey y El Toba; y en sentido norte-sur por algunos colectores”. En esta unidad, los meandros abandonados que no fueron integrados a la red fluvial se presentan como amplias depresiones, muy suaves, con anegamiento temporario luego de lluvias y sin vegetación arbórea. De acuerdo a las evidencias encontradas por Iriondo (1987) la actividad eólica ha sido la responsable de la colmatación de los paleocauces y cobertura general de la superficie.

La *Faja con relieve de Reconquista* “está caracterizada por un relieve moderado a bajo”. La red hidrográfica está bien definida, con cuencas alargadas de orientación predominante norte – sur, alineadas de forma paralela. La erosión areal es bastante frecuente y se la vincula a los bordes de los valles y a las cunetas de los caminos. También se producen cárcavas de hasta 2 o 3 m de profundidad. Las áreas centrales de los interfluvios presentan un relieve suave, sin rasgos evidentes de erosión. Los sedimentos depositados en los valles indican ambientes fluviales y palustres.

En relación a la **secuencia estratigráfica regional**, Iriondo (2007) describe para el Chaco Santafesino (Figura 4.34) una sucesión de depósitos sedimentarios cuaternarios alojados sobre un sustrato marino mioceno (Fm. Paraná). La secuencia estratigráfica de esta sucesión, hasta unos cien metros de profundidad es la siguiente:

#### *Formación Paraná*

La Formación Paraná está compuesta por estratos de arena cuarzosa mal seleccionada, de fina a muy gruesa, con abundantes segregaciones de óxido férrico, incluyendo escasos clastos de tamaño de gránulo a canto rodado fino. Se intercalan

estratos de limo arcilloso color oliva, de hasta tres metros de espesor y capas calcáreas y lutitas diagenizadas. En los niveles inferiores aparece una ceniza volcánica alterada incluyendo abundantes cristales de yeso (Kröhling e Iriondo, 2003. En: Iriondo, 2007). La Fm. Paraná se extiende en el subsuelo de todo el Chaco santafesino.

#### *Formación Ituzaingó*

La Formación Ituzaingó es el depósito fluvial característico del río Paraná. Está compuesto por arena cuarzosa fina amarillenta y rojiza en estratos medianos y gruesos, interestratificada con limo gris y verde. Comenzó a sedimentarse al formarse este gran colector, en algún momento del Plioceno, es decir entre 2 y 4 millones de años atrás, y sigue depositándose hasta el día de hoy. Esta formación ha recibido varias denominaciones informales en el siglo pasado; la más persistente es la de “Arenas Puelches” (arena bien seleccionada con diámetros entre 200 y 300 micrones). Su espesor máximo es de 150 metros, aunque los valores típicos oscilan entre 10 y 20 metros.

En el Chaco santafesino ha crecido por yuxtaposición de fajas fluviales controladas por fracturas. El mecanismo de divagación del cauce se produjo por fenómenos de avulsión, es decir que se traslada mediante desplazamientos discontinuos y no por un mecanismo de “barrido” lateral continuo.

#### *Formación Tezanos Pinto*

Esta formación es el clásico loess pampeano que cubre la región central de la provincia de Santa Fe (Iriondo y Krohling, 1995. En: Iriondo, 2007). Es un limo eólico con arcilla subordinada y escasa arena muy fina, de color marrón claro. Tiene 20 a 25 metros de espesor.

### *Formación Fortín Tres Pozos*

La Formación Fortín Tres Pozos es un depósito palustre que forma el relleno de la parte central del Chaco santafesino (mitad oriental del Departamento 9 de Julio y sector oeste del Departamento Vera). Tiene un espesor de 15 a 25 metros. Es de color gris verdoso a marrón grisáceo en perforaciones y marrón claro en afloramientos; su granulometría es limo arcillosa, con perfil grano-decreciente.

### *Suelo Hypsithermal*

En el techo de la Fm. Tezanos Pinto se desarrolló un suelo durante el Periodo Húmedo Hypsithermal u Optimum Climaticum del Holoceno Medio (8.000 y 3.500 años antes del presente). En las áreas de interfluvios el suelo está bien desarrollado, y aparece truncado en la mayor parte de la región.

### *Sedimentos Palustres Superficiales*

La parte superior de la columna geológica cuaternaria en la región central del Chaco Santafesino (denominada Bajos Submeridionales en la geografía local, y abarca desde una línea norte-sur que corre unos 20 Km al este de Tostado hasta el cauce del arroyo Golondrinas/Calchaquí, este del Departamento 9 de Julio y oeste de Vera) está formada por un cuerpo de sedimentos limo-arcillosos grises y gris verdosos, acumulados en ambiente palustre, de espesor variable entre 25 cm y 2 m. En casi toda la región aparece en dos secciones, la inferior netamente palustre y la superior con ciertas características eólicas.

### *Formación San Guillermo*

Una formación loésica delgada, denominada Fm. San Guillermo (Iriondo y Krohling, 1995. En: Iriondo, 2007) yace en discordancia erosiva sobre el suelo parcialmente erodado de la Fm. Tezanos Pinto. Está compuesta por limo gris, con escasa arcilla y arena muy fina. Su espesor varía entre 30 cm y 1 m.

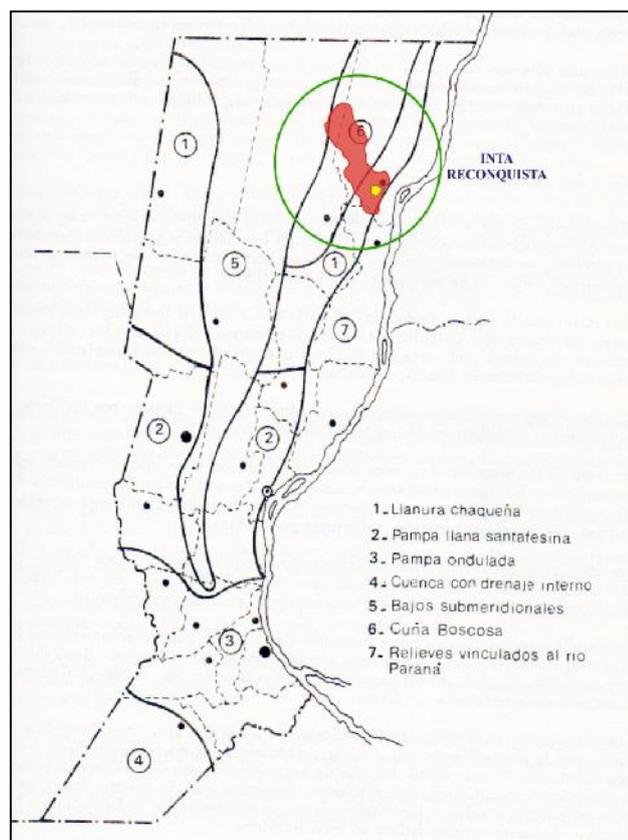
#### *4.1.3. Suelos*

Los suelos presentes en la zona son en su mayoría franco-limosos en superficie y arcillosos en profundidad. La clase de textura superficial, los bajos valores de materia orgánica, los factores climáticos y el uso agrícola intensivo, facilitan el encostramiento superficial cuando las precipitaciones son intensas, lo que afecta la infiltración del suelo y provoca un mayor escurrimiento superficial, haciendo frecuente los encharcamientos y anegamientos.

De acuerdo al Mapa de Suelos de la Provincia de Santa Fe, escala 1:500.000 (Mosconi et al., 1981) el área de estudio estaría comprendida mayormente en las regiones naturales definidas por los autores como: Llanura Chaqueña y Cuña Boscosa (Figura 4.36).

La *Llanura Chaqueña* presenta un paisaje plano extendido, muy suavemente ondulado, con predominio de relieves normal – subnormales, aunque con áreas en el sector oriental con suaves lomadas moderadamente bien drenadas, interrumpidas por cauces permanentes y temporarios, de orientación general NO - SE. La parte occidental, en cambio, presenta un paisaje muy suavemente ondulado con predominio de relieve normal-subnormal, de pendientes suaves y extendidas. La red de drenaje no muestra una orientación bien definida. Está compuesta por vías de escurrimiento temporarias,

formadas por una sucesión de cubetas o micro depresiones que en épocas lluviosas se intercomunican entre sí mediante franjas de sub-escurrimiento. La vegetación natural refleja las características del paisaje. En las áreas encharcables se ubican las especies leñosas y arbustivas (predominio de chañar, ñandubay, algarrobo negro, y barba de viejo, entre otras). En las áreas de lomadas mejor drenadas se asientan sabanas compuestas por diversas especies de hierbas con crecimiento disperso de árboles y arbustos, entre ellos: algarrobo blanco, algarrobo negro, ñandubay, espinillo.



**Figura 4.36: Regiones Naturales de la Provincia de Santa Fe**  
(Extraído de Mosconi et al., 1981)

La *Cuña Boscosa*, por su parte, presenta un paisaje plano, con relieve predominantemente subnormal, de gradientes poco acentuados que dificultan el escurrimiento normal de las aguas. Dentro de este paisaje, existen microrelieves positivos con numerosas cubetas frecuentemente anegadas y suelos salino-sódicos.

Dado el drenaje lento y la baja permeabilidad del suelo, casi las tres cuartas partes de la región están expuestas a peligro de anegamiento, temporal o permanente. En las áreas con un drenaje relativamente bueno, la vegetación natural está compuesta por especies herbáceas y arbóreas (quebracho blanco y colorado, algarrobo negro, chañar, ñandubay, lapacho). Por su parte, y sobre la base de ese mapa de suelos, Seveso (1990) elabora un mapa más simple compuesto por ocho grandes regiones en función de la similitud de los suelos, su uso y su capacidad para producir cultivos. Las regiones presentes en el área de estudio, de acuerdo a este autor son: Región 4, Región 6, Región 7 y Región 8 (Figura 4.37).

La **Región 4** presenta un relieve plano, con suelos anegables luego de fuertes precipitaciones. Existe un gran número de lagunas lo que indica el deficiente drenaje del área. La actividad dominante en esta región es la agrícola-ganadera, destacándose la cría e internada de ganado vacuno. En cuanto a la agricultura, las principales especies cultivadas son: sorgo, girasol, algodón, trigo y soja. También caña de azúcar y algodón. Los suelos se caracterizan por presentar un pobre tenor de materia orgánica (1,5 a 2%) y elevada proporción de limo, en sus horizontes superiores, y arcilla en su parte inferior. El pH en superficie es más ácido. Las limitaciones de estos suelos se asocian principalmente a la poca materia orgánica, presencia de capas endurecidas debido al contenido de limo, horizonte A de poco espesor, escaso almacenamiento de agua para satisfacer la vegetación, excesiva acidez superficial y anegamientos. En función de la capacidad de su uso estos suelos integran la Clase IIIw-s – IVw-s<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> IIIw-s – IVw-s: Suelos aptos para uso agrícola y ganadero con limitaciones por exceso de agua debido a la baja permeabilidad de los sedimentos, o capas acuíferas someras. Estas limitaciones se encuentran principalmente en su parte superior (zona de exploración de las raíces) debido a baja retención de humedad, salinidad, alcalinidad o baja fertilidad, entre otras.

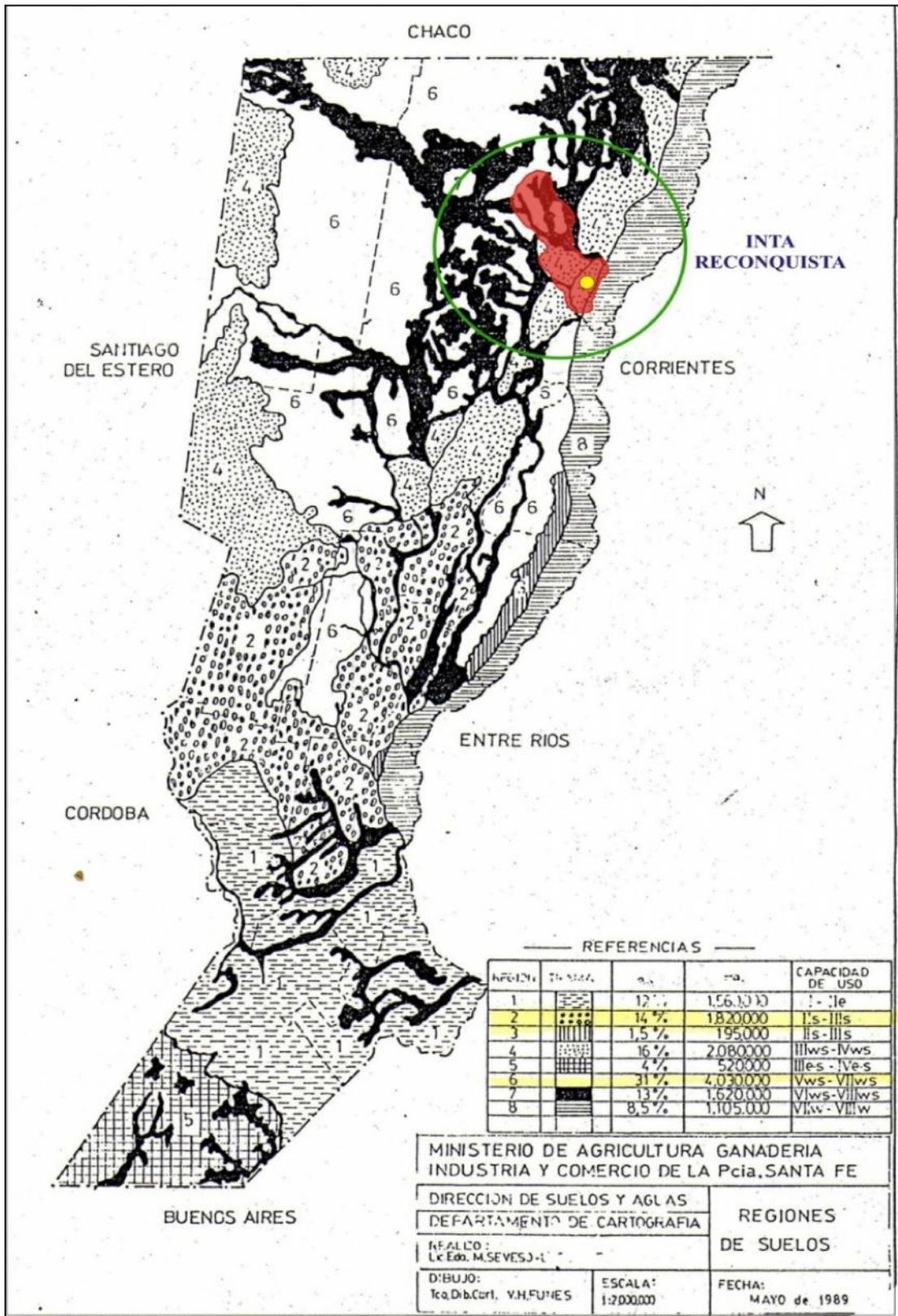


Figura 4.37: Regiones Edáficas de la Provincia de Santa Fe  
(Extraído de Seveso, 1990)

La **Región 6** presenta suelos deprimidos, de relieve cóncavo, periódicamente anegables, nivel freático próximo a superficie, con agua de mala calidad, muy salinizada. Se observan grandes extensiones dedicadas fundamentalmente a la cría de ganado vacuno, utilizando las pasturas naturales como forraje. Para la producción de carne se emplean animales tipo cebú debido, fundamentalmente, a la escasa calidad de las pasturas y al medio anegable. La superficie ocupada con cultivos es muy escasa. Los suelos de la región son salino – sódicos, con cantidades elevadas de sales solubles y sodio intercambiable. Están poco desarrollados, contienen poca materia orgánica y mucho limo; el pH es alcalino y de fertilidad no muy buena. Todas estas limitantes afectan la capacidad productiva de los mismos. De acuerdo a su capacidad productiva, el autor clasifica a estos suelos como Vw-s – VIIw-s<sup>2</sup>.

La **Región 7** comprende todos los ríos y arroyos incluyendo sus valles, además de cañadas y humedales. Dada la rusticidad del medio, la actividad principal que se realiza sobre ellos es la cría de ganado vacuno tipo cebú. La zona es poco cultivada, empleándose como forraje las pasturas naturales. Estos suelos son aluviales, con problemas de sales solubles y sodio intercambiable. La capa superficial es delgada, muy limosa, con poca materia orgánica. El resto de las capas presenta espesores variables y heterogeneidad. Al igual que en la Región 5, estos suelos son hidromórficos y presentan durante largos períodos niveles de agua subterránea próximos o por encima de la superficie del terreno. El pH en superficie es neutro, tornándose alcalino en profundidad. Dadas estas limitaciones, el suelo de esta región sólo es apto para especies

---

<sup>2</sup> Vw-s – VIIw-s: Suelos que necesitan cuidados más intensos destinados fundamentalmente a pasturas naturales, artificiales o forestación. Sus limitantes principales están asociadas al exceso de agua en superficie, la baja conductividad hidráulica de los sedimentos, niveles freáticos próximos a superficie, salinidad, alcalinidad, baja fertilidad.

resistentes. De acuerdo a su capacidad productiva se los clasifica como VIIw-s – VIIIw-s<sup>3</sup>.

La **Región 8** se denomina fisiográficamente ambiente isleño del Río Paraná. Presenta gran cantidad de riachos, arroyos, lagunas y bañados. La vegetación arbórea es de tipo subtropical, la herbácea tiene gran valor forrajero. Reviste gran importancia la actividad ganadera extensiva, en especial durante el período estival. En general son suelos arenosos, ácidos e inundables. Los más próximos al límite de la isla forman pequeños albardones, mientras que los que se encuentran en su parte interna presentan mayor proporción de limos y arcillas. No contienen sales solubles. Las limitaciones de estos suelos es la facilidad con la que se inundan, aún por crecientes poco pronunciadas.

Cuando las aguas se retiran se los utiliza para el pastoreo de ganado vacuno. En cuanto a su capacidad de uso, se los clasifica como de tipo VIIw y VIIIw<sup>4</sup>.

Más recientemente, el trabajo de Panigatti et al. (2007) muestra los avances en la descripción de las características de los suelos y ambientes de la provincia de Santa Fe (Figura 4.38).

---

<sup>3</sup> VIIw-s – VIIIw-s: Suelos que solo pueden ser destinados a recreación, conservación de la fauna silvestre o fines estéticos. Presentan limitaciones por exceso de agua, salinidad, alcalinidad y baja fertilidad.

<sup>4</sup> VIIw – VIIIw: Suelos destinados principalmente a pasturas naturales, artificiales o forestación, limitados por el exceso de agua.

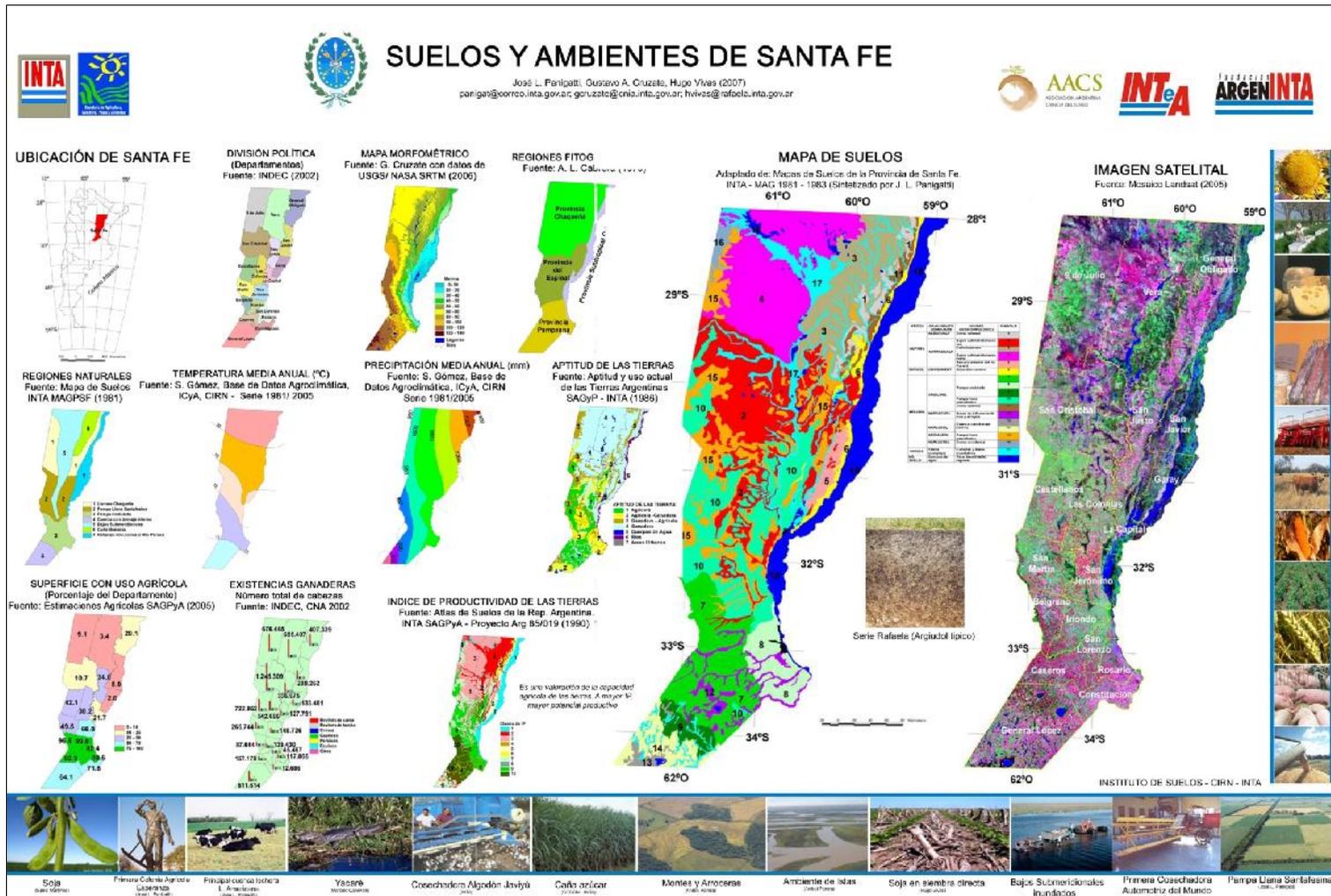


Figura 4.38: Suelos y Ambientes de la provincia de Santa Fe (Extraído de Panigatti et al., 2007)

#### *4.1.4 Hidrología superficial*

En la zona de estudio, los ríos más significativos por su carácter permanente y su caudal son los ríos Paraná y San Javier (Figura 1.2). El río Paraná tiene un caudal medio anual de 17.113 m<sup>3</sup>/s registrado en la Estación Corrientes para el período 1903-2003 (Sarafian, 2007), y el San Javier de 625,2 m<sup>3</sup>/s para el período 1909-2003 en Estación Helvecia (Sarafian, 2007). Por otra parte, los riachos que forma el Río Paraná son el Paraná Miní, el Correntoso, el San Jerónimo y el San Javier.

Los arroyos más significativos del sector en caudal y permanencia son Los Amores, El Rey y Malabrigo.

El arroyo Los Amores nace en las cañadas Rica y Campo del Baile en la provincia de Chaco, pasa al noreste de la localidad de Villa Guillermina (Dpto. Gral. Obligado) y a la altura de El Sombrerito recibe las aguas del arroyo del mismo nombre. Antes de desembocar en el Riacho Correntoso recibe como afluentes a los A° Ceibalito y Las Garzas. La cuenca del arroyo posee una extensión aproximada de 4.198 Km<sup>2</sup>, drenando cañadas y esteros ubicados en el norte provincial y en el Chaco, aguas arriba del paralelo 28°.

El Arroyo El Rey nace en las cañadas ubicadas al norte de Tartagal. Tiene como afluente al A° El Tapial y desemboca en el San Jerónimo, junto al puerto de Reconquista. En la parte sur del Dpto. Gral. Obligado se encuentra el A° Malabrigo que también descarga sus aguas en el río Paraná.

Hacia el Departamento Vera, la red de avenamiento es compleja, con vías de escurrimiento de dirección poco definidas y anastomosadas entre sí. La red de drenaje está compuesta por vías temporarias de escurrimiento formadas por una serie de cubetas que en época de lluvias están intercomunicadas y forman áreas encharcables y de lento drenaje. Además, existen numerosos esteros y lagunas semipermanentes.

Entre las cañadas circundantes más importantes (orientadas de norte a sur) figuran la de Las Golondrinas y del río Calchaquí con la serie de lagunas que integran el sistema: del Toro, del Palmar, Calchaquí o Las Aves (Véase Figura 1.2).

La recarga a los ríos y arroyos de la zona es netamente pluvial. Las cuencas de aportes presentan suelos con mediana a baja capacidad de infiltración, lo que sumado a las características geomorfológicas del sector y el régimen de lluvias presente, origina períodos con volúmenes de escorrentía superficial moderados (principalmente en otoño) seguidos de otros muy escasos en épocas de estiaje prolongado.

El régimen de escurrimiento superficial del sector de análisis se caracterizó mediante los registros de la Estación de medición de la SSRH en el A° Los Amores, a la altura de la localidad de Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32, depto. Gral. Obligado), en el período 1987-2010.

El caudal diario máximo registrado en el lapso mencionado fue de 302,0 m<sup>3</sup>/s (Tabla 4.5, en Anexo II). Los caudales medios anuales de la serie presentan un máximo de 60,2 m<sup>3</sup>/s (1997-1998), un promedio de 21,6 m<sup>3</sup>/s, y un mínimo de 0,9 m<sup>3</sup>/s (1995-1996) (Figura 4.39, en Anexo I).

Se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 75 % de los caudales diarios con respecto a sus valores medios, indicando su significativa aleatoriedad.

Los módulos de los años hiper-húmedos 1989-1990 y 1997-1998 (49,8 m<sup>3</sup>/s y 60,2 m<sup>3</sup>/s, respectivamente), contrastan notablemente con los de los años secos 2005-2006, 2007-2008 y 2008-2009 (2,8 m<sup>3</sup>/s, 0,91 m<sup>3</sup>/s y 1,12 m<sup>3</sup>/s, respectivamente), reflejando su alta variabilidad, que también se presenta en forma interanual (Figura 4.39, en Anexo I).

A partir de la curva de duración de caudales, se definió el caudal característico máximo (aquel que es sobrepasado 10 días al año), medio (valor de caudal con el 50%

de posibilidades de ser excedido) y mínimo (caudal superado 355 días al año). Los valores de los mismos fueron 44,6 m<sup>3</sup>/s, 20,3 m<sup>3</sup>/s y, 2,9 m<sup>3</sup>/s, respectivamente (Figura 4.40, en Anexo I).

#### *Disponibilidad Hídrica Superficial*

En general la potencialidad del recurso hídrico superficial está dada por los derrames anuales, evidenciados en este arroyo para el período 1987-2010 en la sección de paso a la altura de la localidad de Villa Ocampo (Departamento Gral. Obligado). La disponibilidad está dada por la regulación que se pueda llegar a realizar de dichos derrames anuales, mediante la adaptación de los caudales de escorrentía a las necesidades de la demanda de agua.

Para el A° Los Amores en el período mencionado, los derrames anuales fluctuaron entre un mínimo de 29 Hm<sup>3</sup>, un promedio de 681 Hm<sup>3</sup>, y un valor máximo de 1899 Hm<sup>3</sup> (Tabla 4.5 y Gráfico 4.41, en Anexos I y II).

Los derrames anuales se pueden expresar en forma de lámina de escurrimiento anual en milímetros (mm), o como valores de caudales específicos en la cuenca (l/s\*Km<sup>2</sup>), observándose la irregularidad anual con valores de escurrimiento mínimo de 8 mm a un máximo de 513 mm (Tabla 4.5 y Gráficos 4.42 a 4.43, en Anexos I y II).

Como conclusión, se puede decir que los recursos hídricos superficiales en el área de estudio son moderados a escasos, con distribución irregular.

#### 4.1.5 *Hidrogeología e hidrogeoquímica*

Con respecto a la hidrogeología del sector, Filí y Tujchneider (1977), definen en base a información consignada en perforaciones profundas con descripción confiable, que en el subsuelo de la provincia de Santa Fe se presentan cronológicamente, las secciones hidrogeológicas denominadas “basamento”, “hipoparaniana”, “paraniana” y “epiparaniana” (Figura 4.44).

Cada sección se caracteriza por sus particularidades hidrolíticas, hidrodinámicas e hidroquímicas más conspicuas. A continuación se presentan las unidades hidroestratigráficas definidas por dichos autores:

##### *Sección basamento*

La sección basamento está compuesta por rocas ígneas y metamórficas afectadas por fallas y hundidas, y se localizan en el subsuelo de la provincia de Santa Fe a profundidades muy variables. En el subsuelo de la provincia se comporta hidráulicamente como acuífuga. Este hecho y la profundidad a la que se encuentra hacen que carezca de importancia hidrogeológica en el territorio santafesino.

##### *Sección hipoparaniana*

Dentro de la sección hipoparaniana se integran todas las formaciones que suprayacen al basamento, y se encuentran por debajo de las arcillas verdes de la Formación Paraná, llegando a superar los 1000 metros de potencia.

La relativamente poca información hidrogeológica que se posee de esta secuencia sedimentaria y las limitadas posibilidades de aprovechamiento del recurso hídrico en ella contenido, ha llevado a integrar en una sola unidad a formaciones acuícludas, con otras pobremente acuíferas, hasta con acuitardas.

Los acuíferos son confinados y la reducida información piezométrica indica un sentido de flujo subterráneo de oeste a este. La sección esta desvinculada localmente del ciclo hidrológico exógeno, por lo que la recarga de sus niveles productivos debe ser indirecta, en la zona periserrana, con descarga regional en el valle del río Paraná.

Químicamente las aguas son cloro-sulfatadas-sódico-cálcicas, con residuos salinos que pueden superar las 10.000 ppm.

### *Sección paraniana*

Está constituida por una potente secuencia de sedimentos marinos, de amplio desarrollo regional debidos a una “...gran transgresión de fines del Mioceno que penetró por el noreste de la Patagonia y cubrió parte de la provincia de Buenos Aires, Mesopotamia, Santiago del Estero, Uruguay y Paraguay” (Camacho,1967. En: Filí y Tujchneider, 1977).

La parte basal está formada predominantemente por arcillas verdes parduscas de alta plasticidad y con espesores que superan los 200 metros, comportándose hidráulicamente como acuicludas.

La parte superior presenta arenas grises de tamaño mediano a grueso, hasta grava fina, arenas arcillosas gris verdosas con intercalación de mantos delgados de arcilla verde, generalmente discontinuos. El conjunto conforma un medio muy heterogéneo y anisótropo con alternancia de acuíferos, acuitardos y acuicludos.

La discontinuidad de los mantos arcillosos superiores de la sección paraniana, hace que en algunos lugares se presente un pase poco neto entre ella y la suprayacente. En estos casos ambas configuran un acuífero multiunitario.

La conexión hidráulica con la sección epiparaniana hace que los niveles acuíferos superiores reciban recarga autóctona indirecta por filtración vertical

descendente. Las áreas de recarga y descarga se corresponden con los rasgos topográficos más notables.

Para los niveles acuíferos más profundos, las áreas de procedencia se localizan en el noroeste, en territorio de Santiago del Estero; en el oeste probablemente desde Córdoba transponiendo la falla Tostado- San Francisco; y en el sudoeste también desde la zona serrana, con dirección general del flujo hacia el valle del río Paraná.

Todos los acuíferos de la sección son portadores de agua de muy elevada salinidad, sulfatocloradas- sódicas.

### *Sección epirariana*

Con la sección epiparaniana culmina la columna hidrogeológica. Esta sección presenta dos secuencias netamente diferenciales, portadoras de las fuentes de aprovisionamiento subterráneo en todo el territorio provincial. Para un mejor tratamiento se la ha dividido en subsecciones:

- Subsección inferior
- Subsección superior

### *Subsección inferior*

La subsección inferior está compuesta por arenas amarillas, cuarzosas, de grano fino a mediano, con aumento de tamaño hacia la base donde suelen presentarse niveles finos de grava.

Estratigráficamente se corresponde con la Formación Ituzaingó (arenas Puelches) de origen fluvial, que constituye la principal fuente de abastecimiento de agua subterránea para gran parte de la provincia de Santa Fe

y el noroeste de la provincia de Buenos Aires (Santa Cruz, 1972. En: Filí y Tujchneider, 1977).

La formación tiene un espesor medio de 20 metros con transmisibilidades entre 500 m<sup>2</sup>/día y 1.500 m<sup>2</sup>/día. Según la potencia y la naturaleza de los sedimentos suprayacentes, puede presentar características de semiconfinamiento hasta confinamiento, siendo más frecuente la primera condición.

A través de la cobertura acuitarda se vincula con el ciclo hidrológico exterior; las áreas de recarga, transferencia y descarga corresponden con la morfología topográfica, pero el nivel de descarga regional está dado por el valle aluvial del río Paraná.

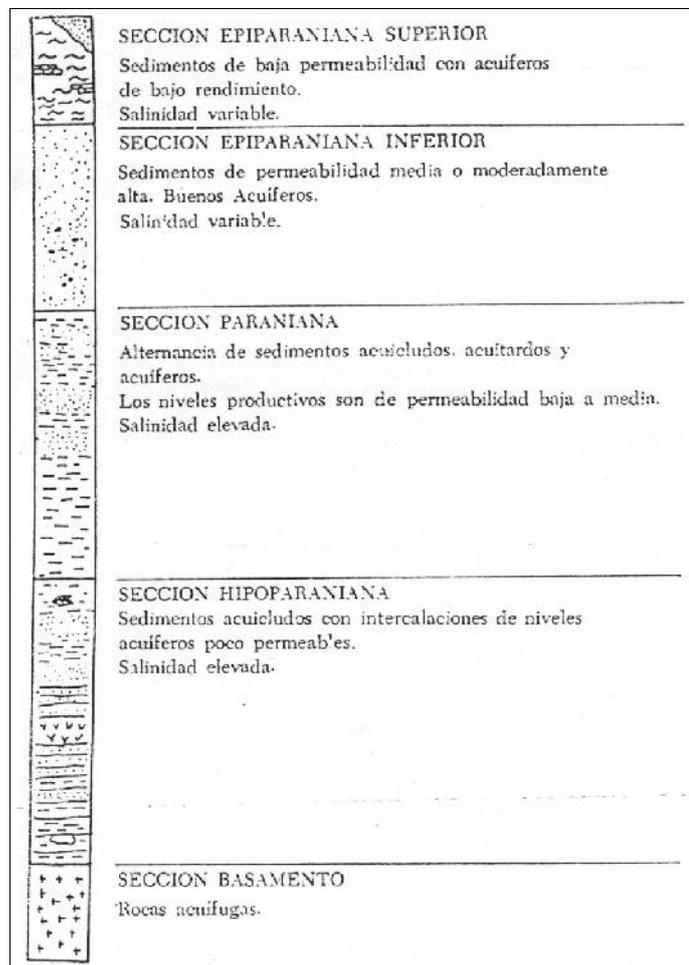
La calidad química de las aguas varía en relación a la región en que se localiza el reservorio.

#### *Subsección superior*

La porción cuspidal de la sección epiparaniana se caracteriza por su conformación limo arcillosa, a veces loéssica, calcárea con algunas intercalaciones de samitas muy finas. Su potencia varía entre pocos metros en las adyacencias del valle Paraná, hasta más de 100 m hacia el oeste de la provincia.

Hidrogeológicamente su comportamiento varía entre frecuentemente acuícludo en algunas áreas del norte de la provincia, hasta medianamente acuitardo hacia el sur. Esta circunstancia hace que en el primero de los casos, la porción samítica infrayacente quede desvinculada del ciclo exógeno, sin posibilidades de infiltración directa.

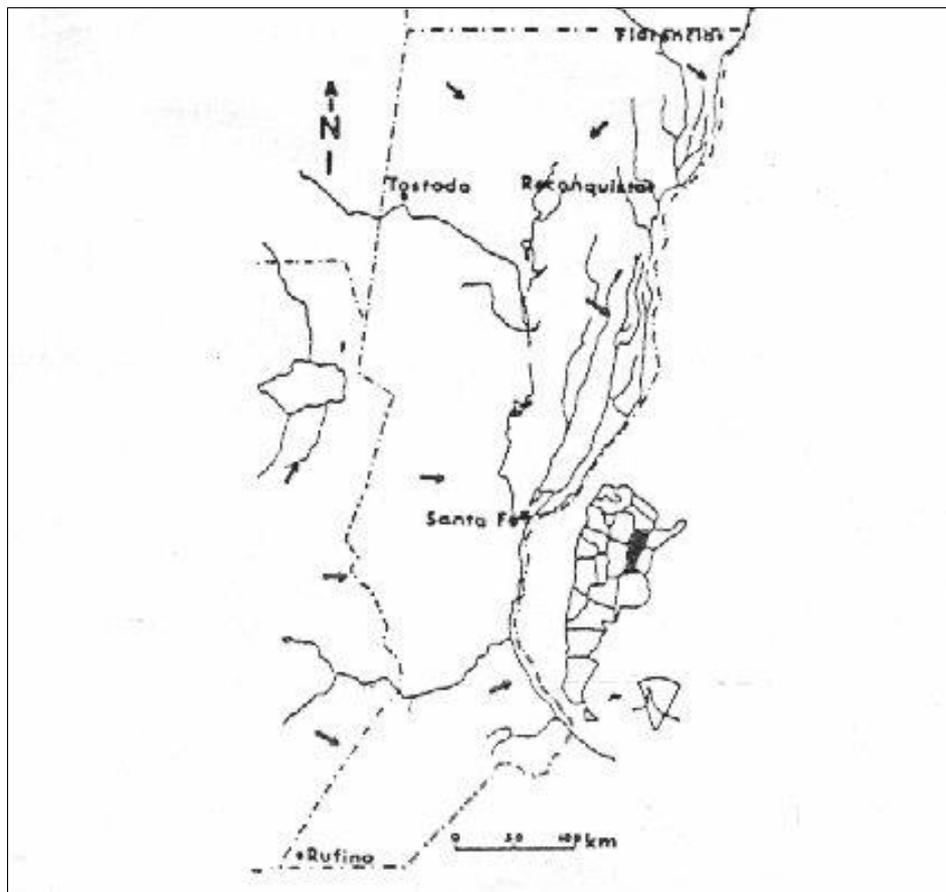
La *recarga* es autóctona y directa. Se produce en las zonas más altas de la llanura santafesina, especialmente por acumulación de las aguas pluviales en las depresiones planas, circulares y elongadas. El efecto de la recarga localizada se manifiesta por la presencia de agua de bajo contenido salino, coincidente con estos bajos, formando lentes de agua dulce sobre salada (Bannert, 1974. En: Filí, M. y Tujchneider, O., 1977).



**Figura 4.44: Esquema de la columna hidrogeológica regional en la Provincia de Santa Fe. Extraído de Filí y Tujchneider (1977)**

### *Comportamiento Hidrogeológico Regional*

De acuerdo a Filí y Tujchneider (1977), en función de los antecedentes piezométricos, el área de recarga principal se localiza en los pedimentos de las Sierras Pampeanas, con gradientes que van disminuyendo hacia el este, con nivel de descarga regional en el valle del río Paraná (Figura 4.45).



**Figura 4.45: Sentido general del escurrimiento subterráneo en la Provincia de Santa Fe. Extraído de Filí y Tujchneider (1977)**

Dentro del marco hidrogeológico regional, la sección basamento desempeña un importante papel, ya que en la región serrana y periserrana inmediata, aloja y transmite agua a través de fisuras, recargando los acuíferos de la cubeta sedimentaria oriental. El flujo subterráneo de esta procedencia entra en la porción sur del territorio santafesino en

forma directa, a través de las secciones hipoparaniana y suprayacentes, con aportes en los niveles superiores de agua poco salinizada.

Fuera de lo señalado y ya en la provincia de Santa Fe, la sección basamento carece de importancia hidrogeológica a los fines prácticos.

La sección hipoparaniana permite la transferencia del agua subterránea hacia la zona de descarga, pero sus acuíferos son de baja permeabilidad y alojan aguas saladas. Esto y la profundidad a que se encuentran los niveles productivos, desproveen a la sección de todo interés utilitario.

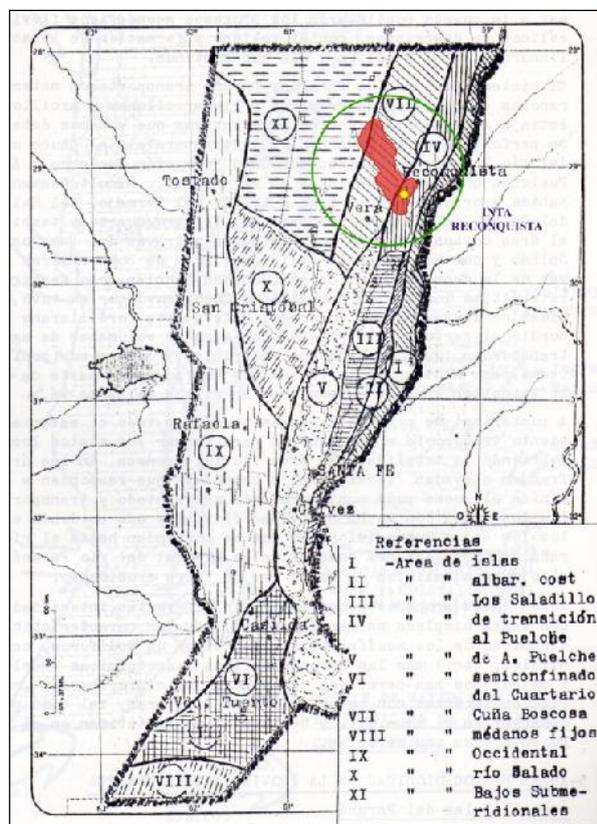
La sección paraniana tiene importancia en tanto sus capas de arcillas superiores en algunos lugares, configuran el substrato impermeable de la secuencia acuífera suprayacente, preservando la calidad de sus aguas. En otras partes, en las que el paisaje es transicional a través de arenas grises arcillosas, con intercalaciones de mantos arcillosos discontinuos, el conjunto da lugar a un solo acuífero multitudinario y las posibilidades de contaminación con las aguas saladas aumentan, especialmente en las zonas de descarga por flujo vertical ascendente.

La sección epiparaniana, vinculada directamente con el ciclo exógeno, responde en su dinámica a los rasgos morfológicos superficiales. La parte inferior, cuando la relación entre las áreas de recarga y descarga permiten una corta permanencia de contacto entre el agua y los sedimentos, presenta acuíferos ricos tanto en calidad como en cantidad y constituye la principal fuente de abastecimiento para una importante área de la provincia, denominado por Bojanich y Risiga (1975) “área del Puelche” (En: Filí y Tujchneider, 1977).

La porción superior de la sección epiparaniana es importante ya que las variaciones de su carácter general acuitado, pueden permitir el alojamiento de niveles acuíferos con capacidad y calidad suficiente como para cubrir las necesidades hídricas

de la mayor parte del territorio provincial, en forma directa o empleándose como reservorio para recargas artificiales o, por el contrario constituir una cobertura impermeable que impide la infiltración de las aguas meteóricas hacia los acuíferos subyacentes, tal como ocurre en gran parte de los “Bajos Submeridionales”, en los departamentos del norte de la provincia.

Risiga y Bojanich (1975) propusieron una división de la provincia en once áreas geohidrológicas, en función de los rasgos geológicos, hidráulicos y químicos presentes en los sistemas acuíferos (Figura 4.46). Esta delimitación tuvo por objeto “fijar ciertas pautas que coadyuven a orientar la prospección y evaluación” de los recursos hídricos subterráneos, ya que en algunas regiones de la provincia es la única fuente de abastecimiento. De acuerdo a esta división, el área de estudio estaría comprendida en las Áreas IV y VII.



**Figura 4.46: Áreas con similares características hidroquímicas e hidrodinámicas en la provincia de Santa Fe (Extraído de Bojanich, 1992)**

El *Área IV*, denominada por los autores “*Área de transición al Puelchense*”, presenta formaciones superficiales de tipo limosa en las partes elevadas y arcillosas en los bajos y cañadas. En general el área presenta acuíferos semiconfinados que en profundidad pasan a confinados. Los caudales específicos que pueden suministrar están en el orden de los 4.000 a 7.000 l/h/m. Las concentraciones de residuo seco en el agua subterránea alcanzan los 350 mg/l. Al este, pueden presentarse contenidos elevados de hierro y manganeso, que limitan la explotación de los mismos. Hacia el sur y el oeste del área se produce una disminución tanto de la calidad del agua como de la capacidad transmisora del acuífero (los valores de transmisividad oscilan entre 2.500 m<sup>2</sup>/día al norte y 700 m<sup>2</sup>/día al sur).

El *Área VII*, denominada por los autores “*Cuña Boscosa*”, presenta limos palustres de mediana conductividad hidráulica en las zonas elevadas; mientras que en los bajos y cañadas los sedimentos de superficie que predominan son las arcillas. El sector que limita con el Área IV puede presentar capas acuíferas de regular a buena calidad, no así hacia el norte y el oeste. En esta área geohidrológica se observan tenores químicos muy variables, pudiéndose encontrar concentraciones de hasta 40.000 mg/l de sólidos disueltos totales. Por otra parte, Bojanich (1992) agrega que las características químicas del agua alojada en los acuíferos confinados, que se encuentran a mayor profundidad, son poco favorables. En algunos sectores, la presencia de arenas finas conectadas a acumulaciones superficiales o a paleocauces suelen ser buenas oportunidades para encontrar acuíferos aptos. Además sugiere que los descensos en las obras de explotación no deberían superar los 2 m respecto al nivel estático para evitar el ingreso de agua de mayor salinidad. A su vez, la presencia de arsénico en ciertos sectores, por encima del límite admisible, restringe la explotación del recurso.

Mediante la representación gráfica de los perfiles litológicos de las perforaciones seleccionados de la compilación de Palazzo y Sosa (2002), utilizando el programa SC Perfiles<sup>®</sup>, se pudo observar las unidades litoestratigráficas “subsecciones inferior” y “superior” de la “sección epiparaniana” (Filí y Tujchneider, 1977); donde la litología en la fracción inferior está compuesta por arenas amarillas, cuarzosas, de grano fino a mediano, con aumento de tamaño hacia la base, donde suelen presentarse niveles finos de grava (“**Formación Puelche**”). La subsección suprayacente se caracteriza por su conformación limo arcillosa, a veces loésica, calcárea con algunas intercalaciones de samitas muy finas (**Formación Pampa**) (Figuras 4.47 a 4.62, en Anexo I). Se correlacionaron luego las formaciones mencionadas en las transectas Garabato-El Araza-Los Laureles, Lanteri-Reconquista-Los Laureles-Romang, Los Amores-Cañada Ombú-Garabato-El Toba-Vera (Figuras 4.63 a 4.66, en Anexo I).

Del análisis granulométrico del pozo de estudio ubicado en coordenadas Latitud S 29°15'47.9” y Longitud O 59°42'46.0” en la EEA INTA Reconquista (Mieres, 2011), se observó mayor proporción de arenas en el perfil a partir de la muestra N° 17 (16,5 m de profundidad) (Tabla 4.6 y Figura 4.67, en Anexos I y II). En todo el perfil se observó uniformidad de las arenas en las muestras obtenidas, a excepción de la muestra mencionada (Tabla 4.6 y Figuras 4.68 a 4.93, en Anexos I y II). Se denota también con la metodología del Perfilaje Granulométrico Porcentual (Perez M., 2007), mayor proporción de arenas en el perfil a partir de los 16,5 m de profundidad (Tabla 4.7 y Figura 4.94, en Anexos I y II).

Para establecer un valor de referencia de la conductividad hidráulica saturada en el perfil, se utilizaron las metodologías del Departamento de Protección Ambiental de Connecticut (1991) y del Departamento de Agricultura de USA (1986) (Traducido de Boulding (1995). En: Perez M., 2007) (Figuras 4.95 a 4.101, en Anexo I).

Según el Departamento de Protección Ambiental de Connecticut (1991), se obtuvo un rango aproximado de conductividad hidráulica  $K$  entre 3-65 pie/día en los primeros 16 m y 20-750 pie/día en el resto del perfil (equivalente a 0,91-19,81 m/día y 6,10-228,60 m/día, respectivamente), en función de la distribución granulométrica del material presente en las muestras del pozo analizado (Tabla 4.8 y Figura 4.102, en Anexos I y II).

Utilizando la metodología de clasificación de suelos del USDA, se estimaron los valores de conductividad hidráulica saturada en el perfil, manifestándose un aumento de la misma a partir de la muestra N° 17 (Tabla 4.9, en Anexo II), con valores de 0,03- 0,11 m/día en la primera mitad del pozo a 0,75- 5,09 m/día hacia el final de la perforación.

Se citan además en este informe valores de los parámetros hidráulicos referidos a la profundidad de explotación, caudal específico y contenido salino de las formaciones presentes en las áreas “Cuña Boscosa” y “Transición al Puelchense”, extraídas de la publicación del IPEC de abril 2006. Para el sector de la “Cuña Boscosa”, la profundidad de explotación alcanzó las primeras capas con un caudal específico de 5 m<sup>3</sup>/h/m y un contenido salino de 0,5 a 4 g/l. Para la zona de “Transición al Puelchense”, la profundidad de explotación alcanzó las primeras capas con un caudal específico de 4 a 7 m<sup>3</sup>/h/m y un contenido salino de 0,3 a 0,4 g/l.

Del trabajo de Díaz y otros (2013), referido al estudio y simulación hidrogeológica para la implantación del “Acueducto Reconquista”, se extrajeron valores de parámetros hidráulicos ensayados en las formaciones presentes en el área.

La Transmisividad obtenida de los ensayos de las dos perforaciones de estudio fue de 300 y 600 m<sup>3</sup>/día/m, la conductividad hidráulica de 5,5 y 12,5 m/día, y el coeficiente de almacenamiento del orden de 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-5</sup>, respectivamente.

Con respecto a la variación de la napa freática en el sector, se analizó la fluctuación de la misma a través de datos registrados en la parcela de ensayo de la EEA INTA Reconquista para el período 1977-2004 (Vidal, 2006). Se observó que la misma fluctúa en un rango de 135 mm a 510 mm, con una media de aproximadamente 320 mm (Tabla 4.10 y Figura 4.103, en Anexos I y II). De la relación entre las variaciones de la napa freática y los desvíos acumulados de las precipitaciones del período, se denotó influencia de estos últimos sobre la napa freática (Figura 4.104, en Anexo I).

En cuanto a datos específicos de la calidad del agua subterránea en la provincia de Santa Fe (Figuras 4.105 y 4.106, en Anexo I), según Palazzo y Sosa (2002) se presentan zonas con diferentes contenidos iónicos. En el mapa provincial de calidad del recurso subterráneo se puede observar que toda la franja oeste de la provincia presenta elevados contenidos de sales, arsénico y flúor, mientras que en el sector oriental se manifiestan zonas con presencia de hierro, manganeso y dureza a zonas de buena calidad del agua.

Como conclusión de los autores, debe considerarse la temporalidad de los datos hidrogeológicos, que reflejan sólo la realidad del momento en que fueron adquiridos, la piezometría y la geoquímica. Los acuíferos evolucionan a medida que se aprovechan, razón suficiente para efectuar un control sobre ellos ya que están sometidos a una explotación (Palazzo y Sosa, 2002).

Para el departamento General Obligado Tujchneider y otros (1979) resumen que los análisis químicos considerados corresponden a la primera capa.

En la zona adyacente al curso del río Paraná las aguas son predominantemente bicarbonatadas cálcicas. Lo mismo se observa en la franja norte y centro del departamento. El área central se caracteriza por una disminución en la rama catiónica de los carbonatos y bicarbonatos acompañada por un incremento en cloruros y sulfatos. A

su vez, en el sector oeste y sur, las aguas son preferentemente sulfato cloruradas – sódicas.

Esta distribución espacial no puede considerarse como una zonación horizontal debido a la falta del análisis hidrodinámico. La zonación vertical es normal con aumento de la salinidad en profundidad (Tujchneider y otros, 1979).

Los resultados obtenidos del estudio de Los Bajos Submeridionales (Risiga y otros, 1981), muestran que las aguas de los acuíferos más someros son predominantemente sulfatadas sódicas y pasan en profundidad a cloruradas sódicas. El borde oriental de los Bajos muestra algunos aportes desde el este, en una franja que se extiende de Norte a Sur, donde la parte inferior de la “sección epiparaniana” es portadora de aguas bicarbonatadas sódicas, generalmente de baja salinidad pero de elevada dureza.

De la clasificación de las aguas efectuada mediante la metodología de Schöeller – Berkloff, se determinaron dos tipos de familias de aguas:

*Familia I - Aguas cloro sulfatadas sódicas*

Garabato - capa 1(Dpto. Vera)

*Familia II - Aguas carbonato clorado sódicas ó carbonato sulfatadas sódicas*

Alejandra y Romang (Dpto. San Javier), Fortín Olmos (Dpto. Vera) y Avellaneda (Dpto. Gral. Obligado).

Se presentan además aguas con variación en la rama aniónica y pertenecen a las muestras de Los Amores (Dpto. Vera) y Malabrigo (Dpto. Gral. Obligado).

Asimismo, los autores afirman que en los cuerpos arenosos superficiales de la faja costera de la provincia se encuentran aguas con una composición fundamentalmente bicarbonatada cálcica, de baja concentración salina, pero con tenores algo elevados de manganeso, hierro y materia orgánica. En profundidad aproximadamente de 20 a 25 m el agua se torna salada, marcando posiblemente la transición de la “sección epiparaniana” a la “sección paraniense”.

Con datos físico-químicos de pozos de riego e industrias del sector de Avellaneda y Reconquista para el año 1995 y 1996 (Tabla 4.11, en Anexo II), se elaboraron mapas indicativos para observar en el sector valores máximos, medios y mínimos de Conductividad Eléctrica Específica (CE), Relación Adsorción de Sodio (RAS) y Carbonato de Sodio Residual (CRS), a modo de realizar una caracterización preliminar de la clasificación de las aguas para riego (Tablas 4.12 a 4.15 y Figuras 4.107 a 4.109, en Anexos I y II).

De los valores registrados en los pozos del sector para 1995-1996 (Tabla 4.12), se observa que el valor medio de la CE alcanza los 540  $\mu\text{mho/cm}$ . El rango de conductividad eléctrica se encuentra comprendido entre los 390 y 850  $\mu\text{mho/cm}$ . De la Figura 4.107 (en Anexo I) se denota que el valor mínimo registrado ocurre para la muestra N° 10038, al sur del sector de perforaciones. El máximo se encuentra en el pozo de la muestra N° 9887 al Este del Distrito Avellaneda.

El rango de registros de Relación Adsorción de Sodio se encuentra entre los 0,40 y 3,20 meq/l. Se visualiza en la Figura 4.108 (en Anexo I) que el valor mínimo registrado ocurre para la muestra N° 10038. El máximo se encuentra en el pozo donde se obtuvo la muestra N° 9984 al noroeste del Distrito Avellaneda.

En cuanto al valor promedio de Carbonato de Sodio Residual, en el área analizada oscila en el orden de 0,30 meq/l. El rango de registros de CSR varía entre -

1,20 y 1,70 meq/l. El valor mínimo registrado ocurre para la muestra N° 10038 y el máximo fue censado en la muestra N° 9985 al norte del Distrito Avellaneda (Figura 4.109, en Anexo I).

Según las clasificaciones presentadas de CE, RAS y CSR en Custodio y Llamas (1976), se observa que casi la totalidad de las muestras del sector analizado presentan moderado a bajo peligro de salinización y sodificación de suelos, considerándose aptas para cultivos moderadamente tolerantes al tipo de aguas presentes en el sector, a excepción de las muestras N° 9887 y 9984 (Tablas 4.13 a 4.15).

## **4.2. Contexto socioeconómico**

### *4.2.1. Población y economía regional*

La zona de estudio abarca parte de los departamentos General Obligado, Vera y San Javier, y ocupa una superficie de 3.500 km<sup>2</sup> (véase Figuras 1.1 y 1.2 - Capítulo 1). Los departamentos involucrados superan los 250.000 habitantes considerando la población urbana y rural, y representan un 8 % del total provincial (Tabla 4.16).

La mayor parte de la población de la zona se concentra en el conglomerado urbano de Reconquista-Avellaneda (Dpto. Gral. Obligado) con casi 100.000 habitantes, y en las ciudades de Villa Ocampo y Las Toscas, con más de 19.000 y 12.000 pobladores, respectivamente. Por su parte, en el departamento Vera, las ciudades más pobladas son la ciudad cabecera homónima, que posee una población aproximada de 20.500 habitantes, y la ciudad de Calchaquí, que supera los 11.000 (INDEC, 2010). En el departamento San Javier, la cabecera supera los 16.000 habitantes. Se observa que el resto de la población de los departamentos mencionados se encuentra agrupada o dispersa en los sectores rurales, y en el área de análisis en particular, los sectores rurales

que se encuentran agrupados y/o dispersos exceden los 5.500 habitantes (Tabla 4.17), con una densidad poblacional de aproximadamente 2 hab/km<sup>2</sup>.

Con respecto al total de habitantes de la provincia de Santa Fe, los departamentos mencionados reúnen el 7 % de la población urbana y el 19 % de la población rural provincial (Tablas 4.16 y 4.17).

**Tabla 4.16: Población por Departamento. Provincia de Santa Fe. Año 2010**  
(INDEC, 2010)

<b>Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010</b>				
<b>Población de localidades por departamento, según urbana-rural</b>				
<b>Distrito</b>	<b>Área urbano-rural</b>			<b>Total</b>
	<b>Urbano</b>	<b>Rural Agrupado</b>	<b>Rural disperso</b>	
Belgrano	41.513	1.230	2.045	44.788
Caseros	73.012	6.659	2.395	82.066
Castellanos	144.210	20.745	13.137	178.092
Constitución	74.015	10.353	2.382	86.750
Garay	12.558	1.461	6.871	20.890
General Lopez	168.049	15.341	7.828	191.218
<b>General Obligado</b>	<b>144.897</b>	<b>8.034</b>	<b>23.479</b>	<b>176.410</b>
Iriondo	53.934	7.339	5.402	66.675
La Capital	514.697	4.616	5.780	525.093
Las Colonias	77.222	14.948	12.776	104.946
9 de Julio	19.458	5.502	4.872	29.832
Rosario	1.176.929	6.961	9.813	1.193.703
San Cristóbal	49.419	8.040	11.419	68.878
<b>San Javier</b>	<b>24.321</b>	<b>654</b>	<b>5.984</b>	<b>30.959</b>
San Jerónimo	60.339	15.162	5.339	80.840
San Justo	28.986	8.076	3.842	40.904
San Lorenzo	151.190	2.577	3.390	157.157
San Martín	52.937	6.449	4.456	63.842
<b>Vera</b>	<b>34.559</b>	<b>9.249</b>	<b>7.686</b>	<b>51.494</b>
<b>Total Provincial</b>	<b>2.902.245</b>	<b>153.396</b>	<b>138.896</b>	<b>3.194.537</b>

**Tabla 4.17: Población por localidad. Departamentos del área de estudio.**

**Provincia de Santa Fe. Año 2010 (INDEC, 2010)**

<b>Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010</b>				
<b>Población de localidades por departamento, según urbana-rural</b>				
<b>Distrito</b>	<b>Área urbano-rural</b>			<b>Total</b>
	<b>Urbano</b>	<b>Rural Agrupado</b>	<b>Rural disperso</b>	
<b>General Obligado</b>	144.897	8.034	23.479	176.410
Avellaneda	23.341	-	2.654	25.995
Las Toscas	10.838	-	1.237	12.075
Malabrigo	6.734	-	605	7.339
Reconquista	70.549	1.144	1.600	73.293
Villa Ocampo	15.037	210	3.779	19.026
Arroyo Ceibal	-	622	683	1.305
<b>Berna</b>	-	<b>629</b>	<b>195</b>	<b>824</b>
<b>El Araza</b>	-	<b>550</b>	<b>140</b>	<b>690</b>
El Rabón	-	865	1.031	1.896
El Sombrerito	-	-	1.168	1.168
Florencia	5.982	-	1.886	7.868
Guadalupe Norte	-	654	603	1.257
Ingeniero Chanourdie	-	319	753	1.072
La Sarita	-	647	1.082	1.729
Lanteri	-	907	1.652	2.559
Las Garzas	-	1.123	656	1.779
<b>Los Laureles</b>	-	<b>364</b>	<b>1.155</b>	<b>1.519</b>
<b>Nicanor Molinas</b>	-	-	<b>793</b>	<b>793</b>
San Antonio de Obligado	2.579	-	258	2.837
Tacuarendí	2.586	-	481	3.067
Villa Ana	2.696	-	686	3.382
Villa Guillermina	4.555	-	382	4.937

**Tabla 4.17: (continuación)**

**Población por localidad. Departamentos del área de estudio. Provincia de Santa Fe. Año 2010 (INDEC, 2010)**

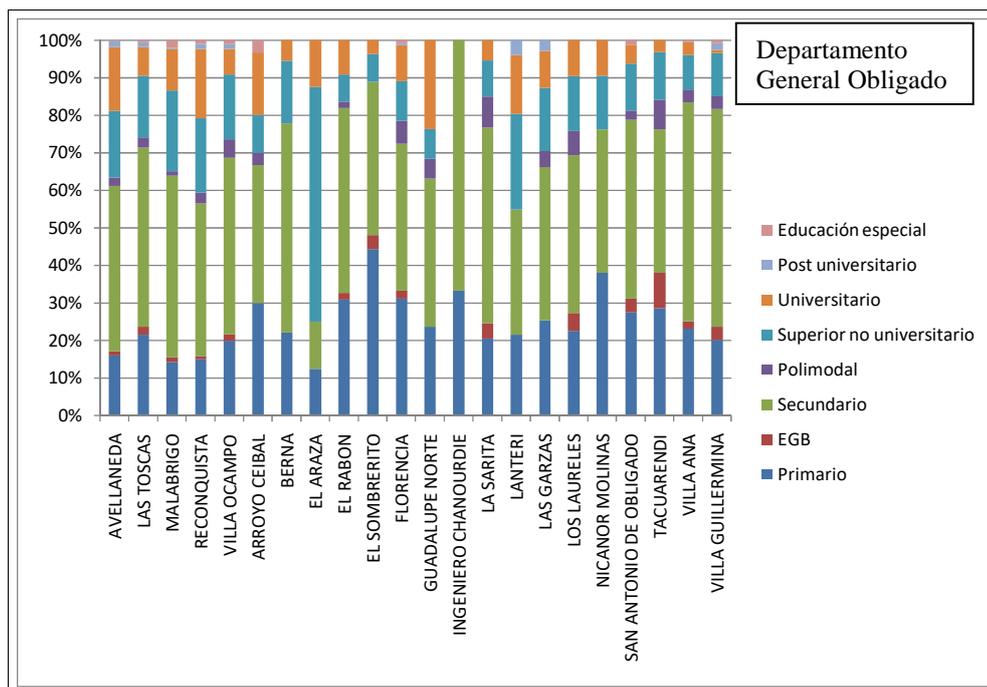
<b>Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010</b>				
<b>Población de localidades por departamento, según urbana-rural</b>				
<b>Distrito</b>	<b>Área urbano-rural</b>			
	<b>Urbano</b>	<b>Rural Agrupado</b>	<b>Rural disperso</b>	<b>Total</b>
<b>Vera</b>	<b>34.559</b>	<b>9.249</b>	<b>7.686</b>	<b>51.494</b>
Calchaquí	9.651	-	1.370	11.021
Vera	19.185	185	1.139	20.509
Cañada Ombú	-	518	116	634
Fortín Olmos	-	2.176	1.140	3.316
Garabato	-	1.617	265	1.882
Golondrina	-	563	320	883
<b>Intiyaco</b>	<b>-</b>	<b>1.273</b>	<b>417</b>	<b>1.690</b>
La Gallareta	2.189	-	713	2.902
Los Amores	-	1.052	277	1.329
Margarita	3.534	-	813	4.347
Tartagal	-	1.599	362	1.961
Toba	-	266	754	1.020
<b>San Javier</b>	<b>24.321</b>	<b>654</b>	<b>5.984</b>	<b>30.959</b>
San Javier	13.604	-	2.845	16.449
Alejandra	2.962	-	1.199	4.169
Cacique Ariacaiquín	-	142	219	361
Colonia Durán	-	183	672	855
La Brava	-	329	261	590
Romang	7.755	-	788	8.543

En cuanto a la densidad poblacional de los departamentos analizados en el contexto provincial, General Obligado es el departamento con mayor densidad poblacional de la zona norte, con 16 hab/Km<sup>2</sup>, mientras que Vera y San Javier tienen menos de 5 hab/Km<sup>2</sup>. La mayoría de los departamentos de la provincia se encuentra por debajo de los 20 hab/Km<sup>2</sup> (Tabla 4.18).

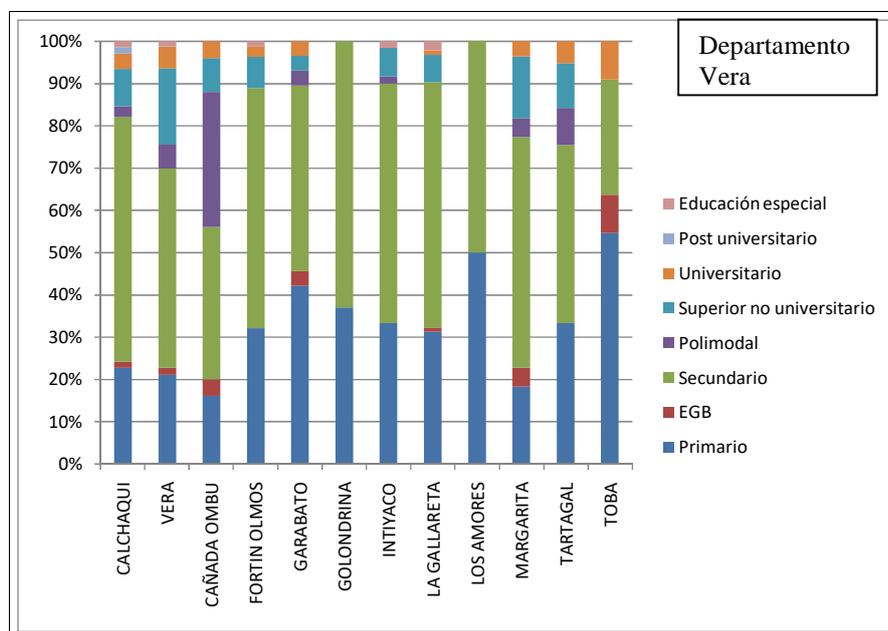
**Tabla 4.18: Densidad poblacional por Departamento. Provincia de Santa Fe. Año 2010 (INDEC, 2010)**

<b>Departamentos</b>	<b>Densidad de Población [hab/Km<sup>2</sup>]</b>
Belgrano	18,8
Caseros	23,8
Castellanos	27,0
Constitución	26,9
Garay	5,3
General Lopez	16,5
<b>General Obligado</b>	<b>16,1</b>
Iriondo	20,9
La Capital	171,9
Las Colonias	16,3
9 de Julio	1,8
Rosario	631,5
San Cristóbal	4,6
<b>San Javier</b>	<b>4,5</b>
San Jerónimo	18,9
San Justo	7,3
San Lorenzo	84,2
San Martín	13,1
<b>Vera</b>	<b>2,4</b>
Total provincial	24,0

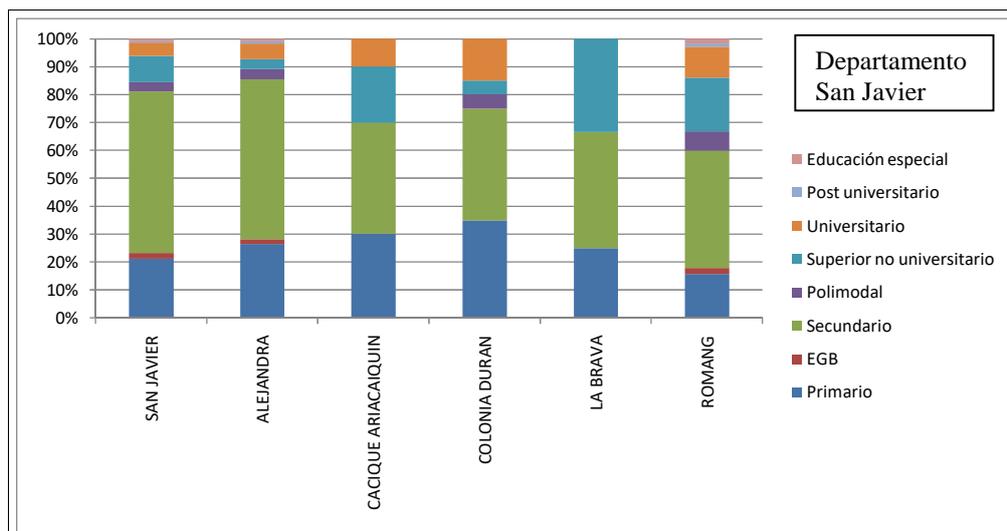
En cuanto al nivel educacional, de acuerdo al Censo 2010 (INDEC, 2010) en los departamentos del área de estudio, se observa que la mayor parte de la población que posee empleo completó el nivel primario y secundario (Figuras 4.110 a 4.112). En General Obligado, Vera y San Javier un 15 % a un 20 % aproximadamente de la población total asistió al nivel terciario y universitario.



**Figura 4.110: Población que asiste y trabaja por Distrito según Nivel Educativo que Cursa. General Obligado (INDEC, 2010)**

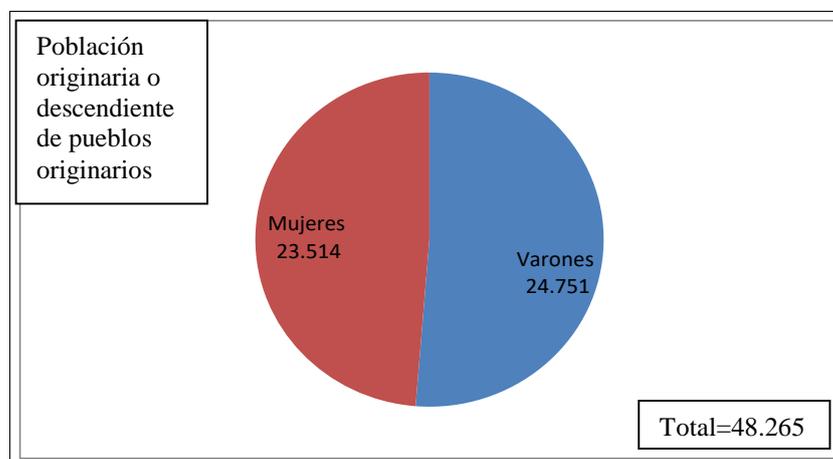


**Figura 4.111: Población que asiste y trabaja por Distrito según Nivel Educativo que Cursa. Vera (INDEC, 2010)**

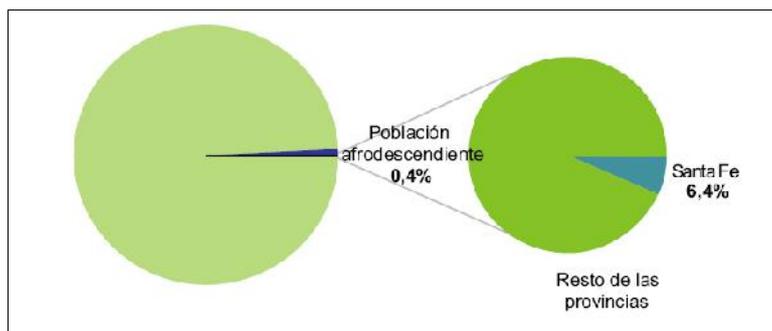


**Figura 4.112: Población que asiste y trabaja por Distrito según Nivel Educativo que Cursa. San Javier (INDEC, 2010)**

Con relación a la población originaria y afrodescendiente, se esquematiza la información del último censo nacional 2010 (INDEC, 2010) en Figuras 4.113 a 4.114.

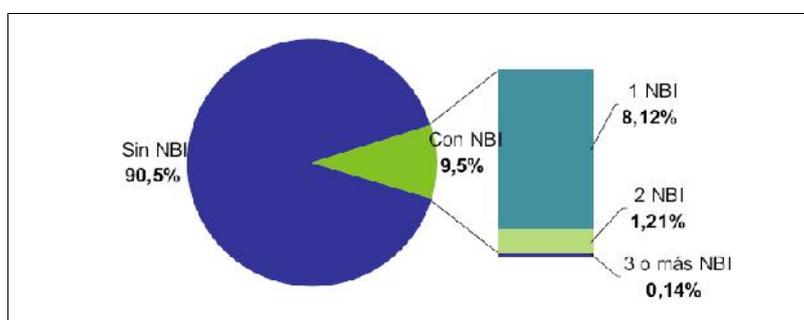


**Figura 4.113: Población originaria o descendiente de pueblos originarios, por género (INDEC, 2010)**

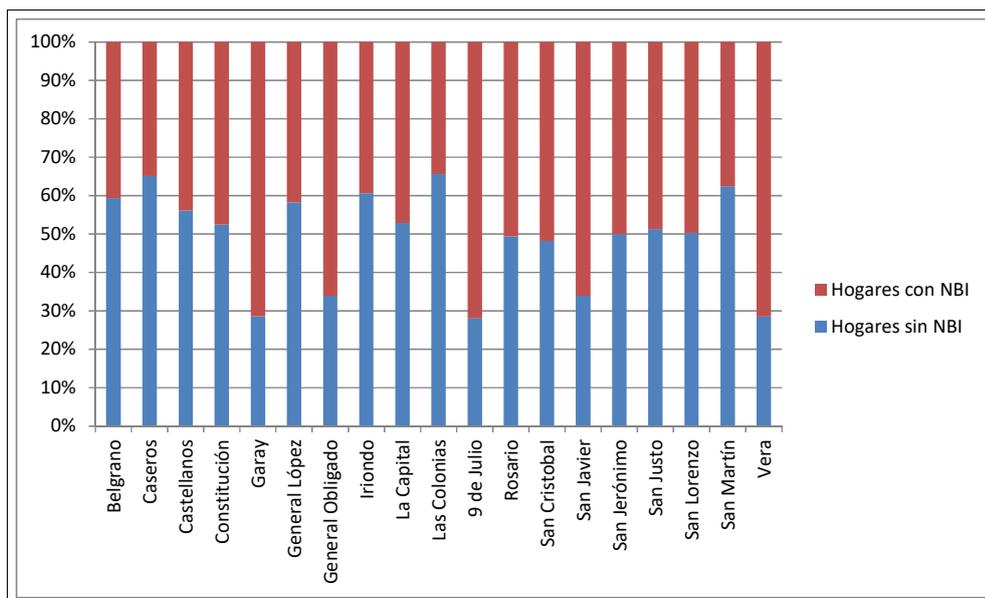


**Figura 4.114: Porcentaje de población afrodescendiente del total país. Población afrodescendiente según provincia. Año 2010 (IPEC, 2012)**

En cuanto a las necesidades básicas insatisfechas (NBI), se sintetizó a nivel provincial y por departamento, indicadores de NBI tales como viviendas del tipo con habitaciones de inquilinato, hotel o pensión, viviendas no destinadas a fines habitacionales, viviendas precarias y otro tipo de vivienda, hogares que no poseen retrete, hacinamiento crítico (si en el hogar hay más de tres personas por cuarto), asistencia escolar en hogares que tienen al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asiste a la escuela, y capacidad de subsistencia en los hogares que tienen cuatro o más personas por miembro ocupado y que tienen un jefe que no ha completado el tercer grado de escolaridad primaria (INDEC, 2010) (Figuras 4.115 y 4.116).



**Figura 4.115: Población en Hogares con NBI por cantidad de indicadores de privación y tipología de condición, en porcentaje. Año 2010 (IPEC, 2012)**

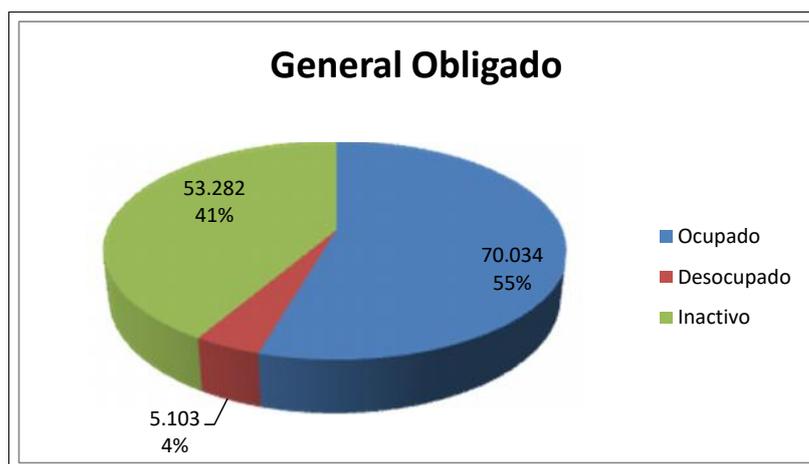


**Figura 4.116: Hogares particulares ocupados por Departamento, según tengan al menos algún NBI (INDEC, 2010)**

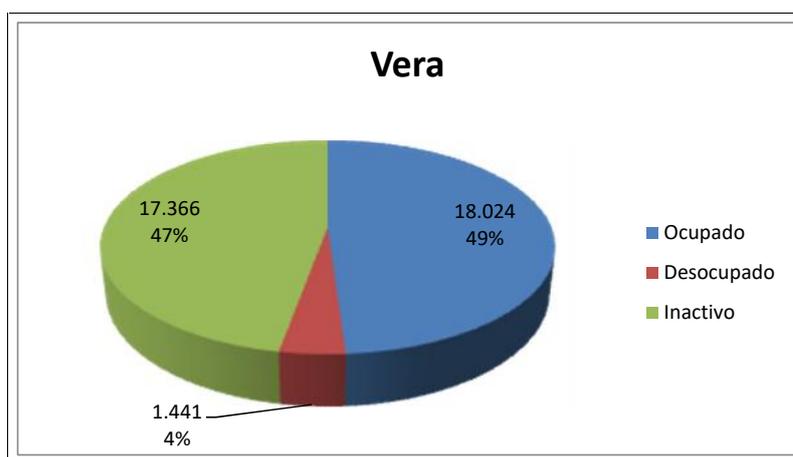
De acuerdo a la información compilada en el censo del año 2010, en toda la provincia el porcentaje de población en hogares con NBI resultó menor al 10 %, y en particular en los departamentos del sector de estudio, el porcentaje de hogares que tienen al menos un indicador de NBI superó el 65 %.

La condición de actividad en que se encuentra la población con relación a la participación en la actividad económica, es mayor en el departamento General Obligado, con un 55% de participación de la población. Asimismo, coexiste un porcentaje significativo (41 %) de población en estado inactivo (personas que no participan en la actividad económica, es decir, las que no tienen trabajo ni lo buscan activamente) (INDEC, 2010). Para Vera y San Javier, los porcentajes de ocupación e inactividad son similares al departamento mencionado, en tanto que para los tres departamentos involucrados en el área de estudio, los porcentajes de personas desocupadas (personas que, no teniendo ocupación, están buscando activamente trabajo) fueron inferiores al 5 %.

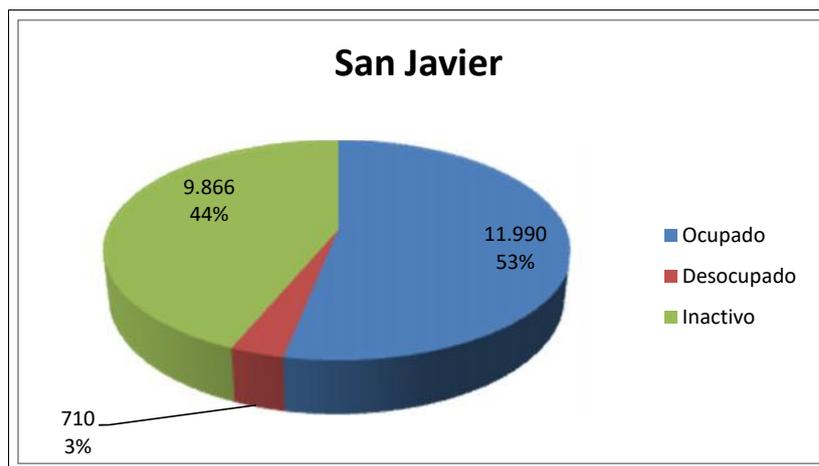
Con relación al total provincial, se reflejaron porcentajes similares a los departamentales indicados, con un 61 % de personas ocupadas en al menos una actividad económica, un 35 % de población inactiva, y un 4 % desocupada (INDEC, 2010) (Figuras 4.117 a 4.120).



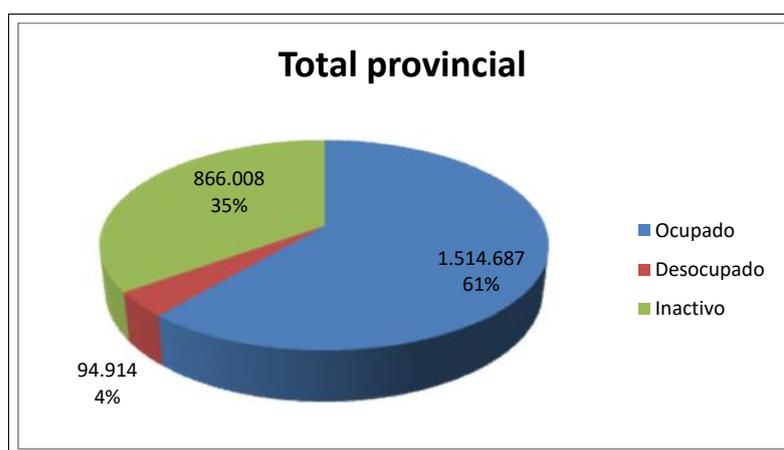
**Figura 4.117: Población de 14 años y más por departamento y condición de actividad, en porcentaje. General Obligado (INDEC, 2010)**



**Figura 4.118: Población de 14 años y más por departamento y condición de actividad, en porcentaje. Vera (INDEC, 2010)**



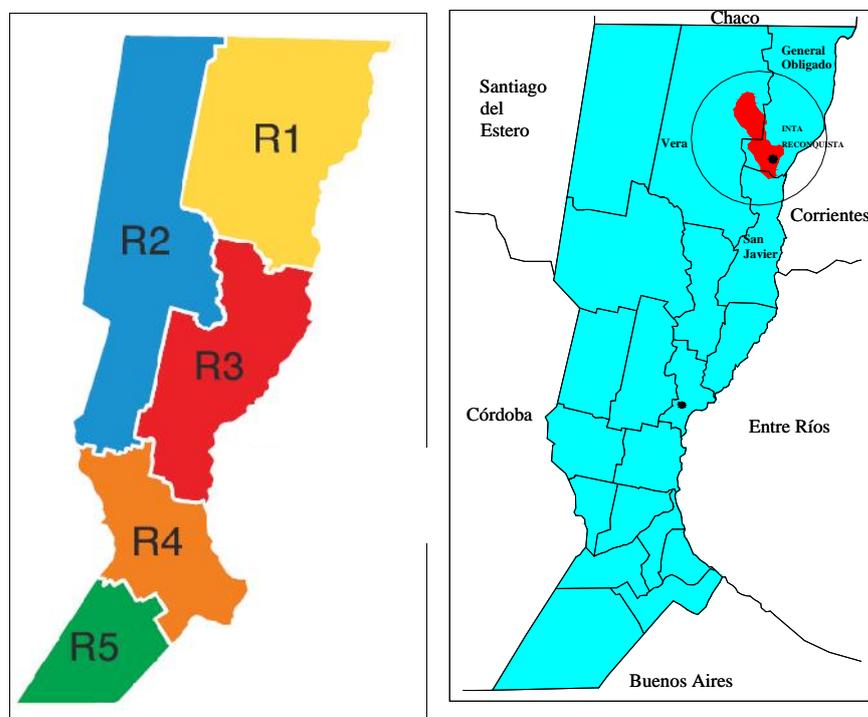
**Figura 4.119: Población de 14 años y más por departamento y condición de actividad, en porcentaje. San Javier (INDEC, 2010)**



**Figura 4.120: Población de 14 años y más por condición de actividad, en porcentaje. Provincia Santa Fe (INDEC, 2010)**

Según lo establecido en el Plan Estratégico Provincial de Santa Fe (PEP) en el 2008, la provincia de Santa Fe se descentraliza en cinco regiones o nodos por sus características físicas y socioeconómicas particulares. Los nodos funcionan como núcleos de articulación, distribución y redistribución de capacidades, información y recursos.

La zona de estudio se ubica en el marco de la región 1 (R1) o región del nodo Reconquista o nodo 1, el cual abarca los departamentos de General Obligado, Vera y parte norte del departamento San Javier (Figura 4.121).

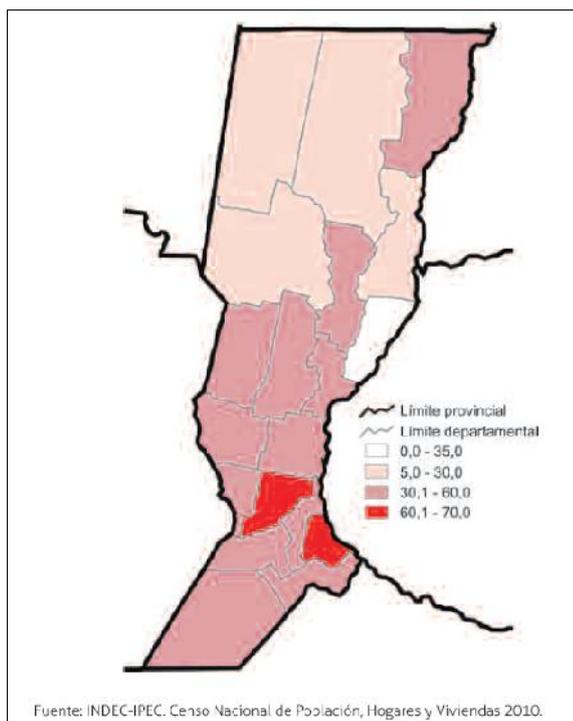


**Figura 4.121: Regiones de la provincia de Santa Fe.**

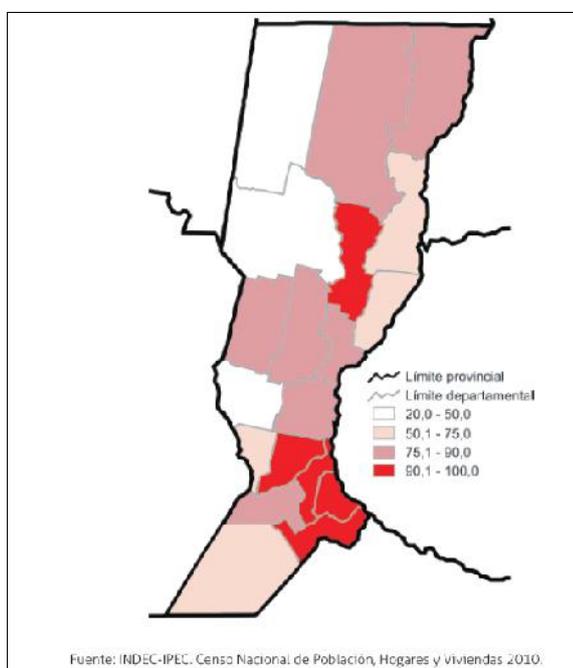
#### **Ubicación del área de estudio en el marco de la Región 1 (R1)**

Disponible en: [http://www.santafe.gov.ar/index.php/plan\\_estrategico\\_provincial](http://www.santafe.gov.ar/index.php/plan_estrategico_provincial))

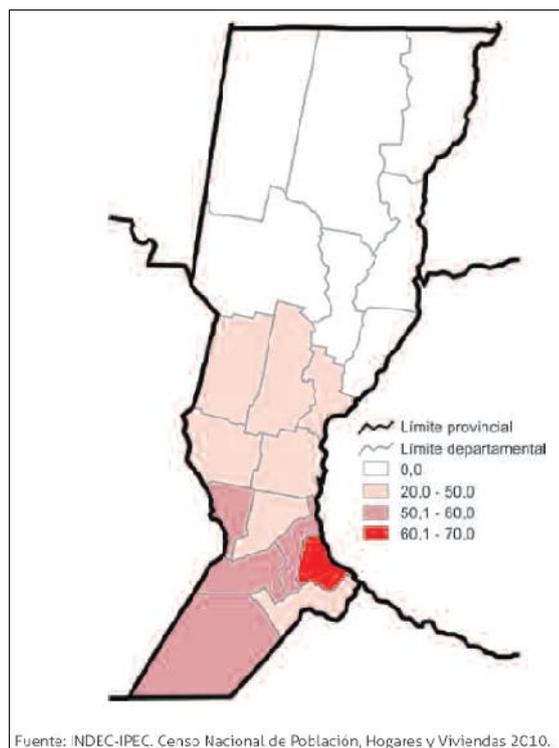
En cuanto a la infraestructura de servicios básicos en el nodo 1, los servicios de agua potable y cloacas alcanzan una cobertura aproximada del 75 y 40 % respectivamente. La red eléctrica tendida abarca el 90 % de la zona, y se verifica inexistencia de gasoductos en la región (Figuras 4.122 a 4.124). El sistema de canalizaciones y drenajes para la evacuación de las aguas pluviales es limitado en la región mencionada.



**Figura 4.122: Porcentaje de hogares con desagüe al inodoro a red pública (cloaca) por departamento. Provincia de Santa Fe (IPEC, 2012)**



**Figura 4.123: Porcentaje de hogares con agua potable de red pública por departamento. Provincia de Santa Fe (IPEC, 2012)**



**Figura 4.124: Porcentaje de hogares con gas de red por departamento.**

**Provincia de Santa Fe (IPEC, 2012)**

El Plan Director de Saneamiento de la provincia prevé la dotación de agua potable a más de 300 localidades del territorio provincial, mediante el Sistema de Grandes Acueductos (Figura 4.125). Las grandes ciudades como Santa Fe, Rosario, Reconquista, Rafaela, Esperanza y San Lorenzo, entre otras, se abastecen de plantas potabilizadoras gestionadas por la empresa Aguas Santafesinas S.A. (A.S.S.A.). A la fecha, se encuentran en servicio el Acueducto Centro Oeste y la primera etapa del Acueducto Norte, y en ejecución los Acueductos Gran Rosario, Desvío Arijón y Reconquista.

El resto de las comunas y municipios que se encuentran en la actualidad sin suministro de agua potable por el Sistema de Acueductos o el ente A.S.S.A., se abastecen mediante obras vinculadas a perforaciones o a fuente superficial gestionadas a través del Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medioambiente.

El suministro de agua potable a las localidades ubicadas en el nodo 1 de la provincia, se programa a través de los “Acueductos del Norte Santafesino” (Noreste 3 – Toma Villa Ocampo) y “Reconquista” (Noreste 2 - Toma Reconquista) (Figura 59). Se ha realizado a mayo de 2015 un tramo de aproximadamente 11 Km (42 % de obra) del “Acueducto Reconquista”, y una primera etapa del “Acueducto Norte” con planta de tratamiento en la localidad de Villa Ana en Gral. Obligado (100 % de avance)<sup>5</sup> (Tablas 4.19 y 4.20).

**Tabla 4.19: “Acueducto Reconquista”. Características. Provincia de Santa Fe**

<b>Acueducto Reconquista</b>	
Obra de Toma	Reconquista (Fuente: Río Paraná)
Localidades total del sistema	35
Población beneficiada	150.000 habitantes
Población beneficiada año 2041	230.000 habitantes
Acueducto troncal	Longitud 350 km
Caudal diseño planta potabilizadora	1,00 m <sup>3</sup> /seg

Disponible en: <http://portal.aguassantafesinas.com.ar/page.aspx?1,principal,grandes-acueductos,O,es,0>,

**Tabla 4.20: “Acueducto Norte”. Características. Provincia de Santa Fe**

<b>Acueducto Norte</b>	
Obra de Toma	Tramo Villa Ocampo/Piracuacito (Fuente: Río Paraná)
Localidades total del sistema	54
Población beneficiada	72.000 habitantes
Población beneficiada año 2041	122.000 habitantes
Acueducto troncal	Longitud 362 km
Caudal diseño planta potabilizadora	0,50 m <sup>3</sup> /seg

Disponible en: <http://portal.aguassantafesinas.com.ar/page.aspx?1,principal,grandes-acueductos,O,es,0>,

<sup>5</sup> Comunicación personal con el Ing. Gaudiano – Inspector de Obra de los “Acueductos Reconquista” y “Norte”. Dirección Provincial de Obras Hidráulicas del MASPMA

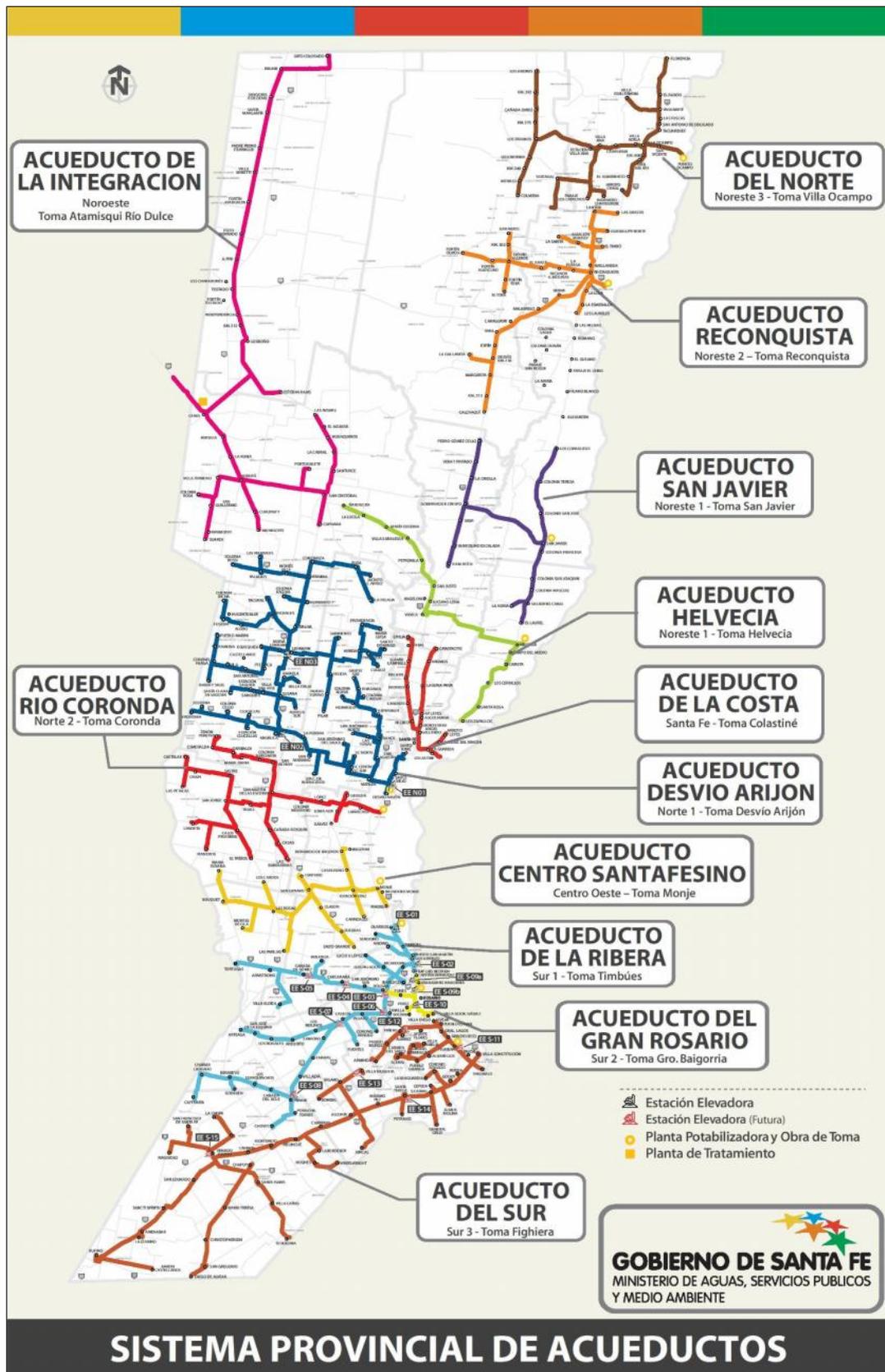


Figura 4.125: Mapa de acueductos de la Provincia de Santa Fe

Disponible en:

<http://contactodiario.com.ar/attachments/article/2122/Mapa%20Acueductos%20Provincia%20Santa%20Fe.jpg>

En cuanto a servicios de infraestructura vial, el territorio del nodo Reconquista se organiza mayormente en torno a la Ruta Nacional N° 11. La región cuenta además con obras viales como la Ruta Nacional N° 98, las Rutas Provinciales N° 1, 3, 30, 31, 32 y 40 (véase Figuras 1.1 y 1.2 - Capítulo 1).

El sistema ferroviario del sector se encuentra escasamente operado en la actualidad. La red de accesos viales y ferroviarios del conglomerado Avellaneda-Reconquista se utiliza para llegar al puerto de Reconquista, donde se transportan las cargas a través de la “Hidro vía Paraná-Paraguay” mediante barcazas remolcadas.

La economía de la región depende principalmente de la agricultura, ganadería, avicultura, apicultura y de la actividad tambera. Al igual que en el contexto provincial, las exportaciones provenientes de los productos primarios y las manufacturas con origen agropecuario reflejan los mayores porcentajes, manifestando la incidencia del sector agropecuario en la producción interna y el sector externo provincial (Tabla 4.21).

**Tabla 4.21: Exportaciones con origen en la provincia de Santa Fe (IPEC, 2013)**

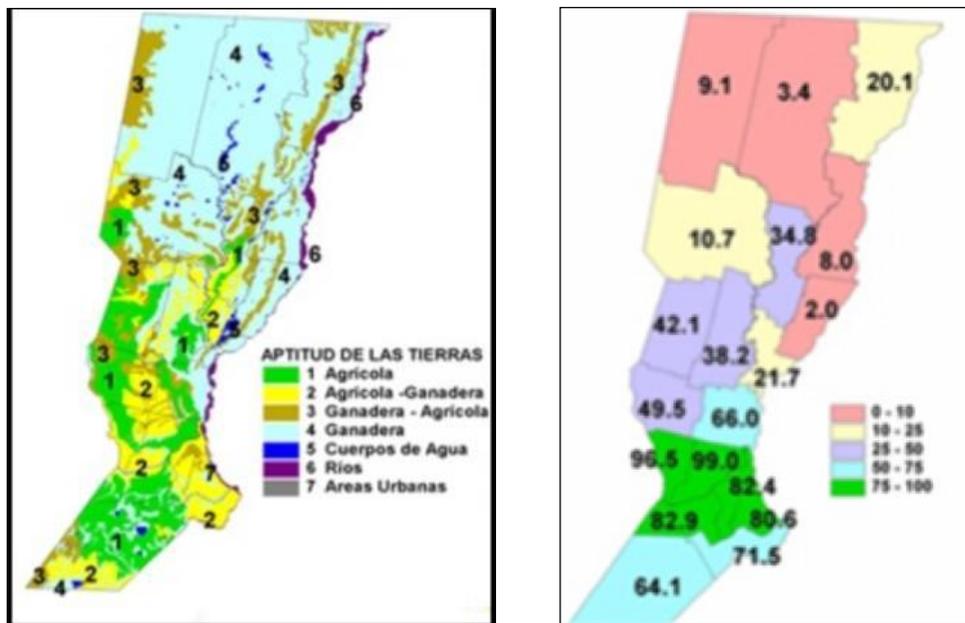
<b>Comportamiento de los grandes rubros de exportación. Enero-Junio de 2013</b>		
Categoría	En millones de U\$S	En millones de Toneladas
Productos primarios	1.308,7	3.781,8
Manufacturas de origen agropecuario	5.050,1	8.178,1
Manufacturas de origen industrial	1.321,0	610,8
Combustibles y energía	47,6	52,2
<b>Total</b>	<b>7.727,4</b>	<b>12.622,9</b>

En la zona, el clima subtropical facilita cultivos como el algodón y la caña de azúcar, que sirven como materia prima a las industrias textiles de Avellaneda y Reconquista, y a los ingenios azucareros de Villa Ocampo y Las Toscas, siendo las

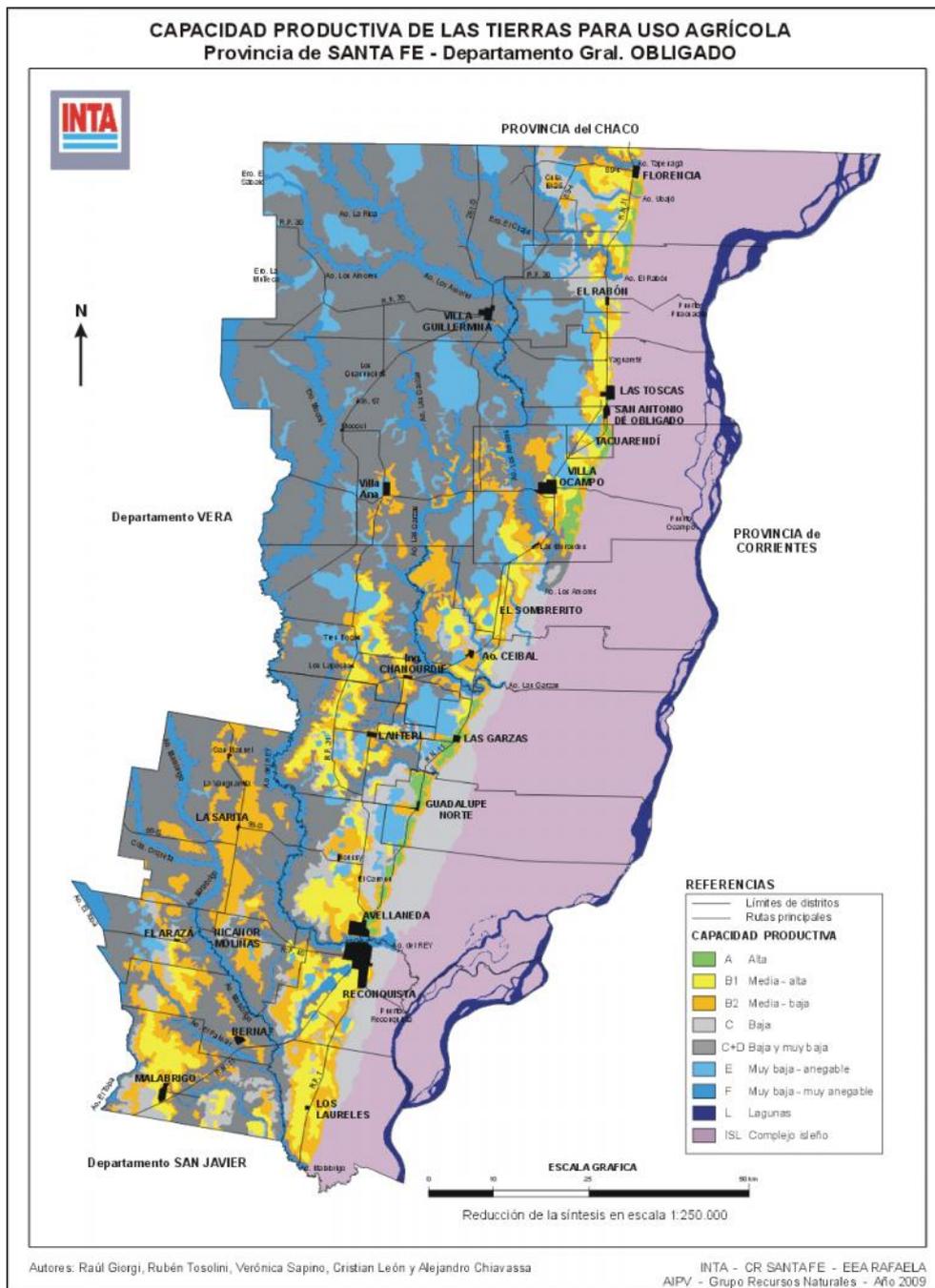
principales tasas de empleo local. Otros cultivos tradicionales de la zona son soja, sorgo, girasol, lino, trigo y maíz. Existe en la región una producción de cítricos en crecimiento.

La aptitud de las tierras en los departamentos del norte provincial es mayormente favorable para ganadería, y hacia el sector oeste de estudio, la actividad más significativa es la ganadería extensiva solamente, y la tampera no está desarrollada a macroescala. Para la actividad agrícola los sectores se reducen en función de las condiciones hidroclimáticas y de los tipos de suelos presentes (Figura 4.126).

En General Obligado, el porcentaje de territorio utilizado para la agricultura es de un 20 % aproximadamente, y a su vez, es el departamento del norte provincial con mayor capacidad para uso agrícola en función de las características físicas del entorno. Vera y San Javier poseen menos del 10 % del área departamental con ocupación agrícola, y la actividad principal en dichos departamentos es la ganadería (Figuras 4.126 a 4.129).

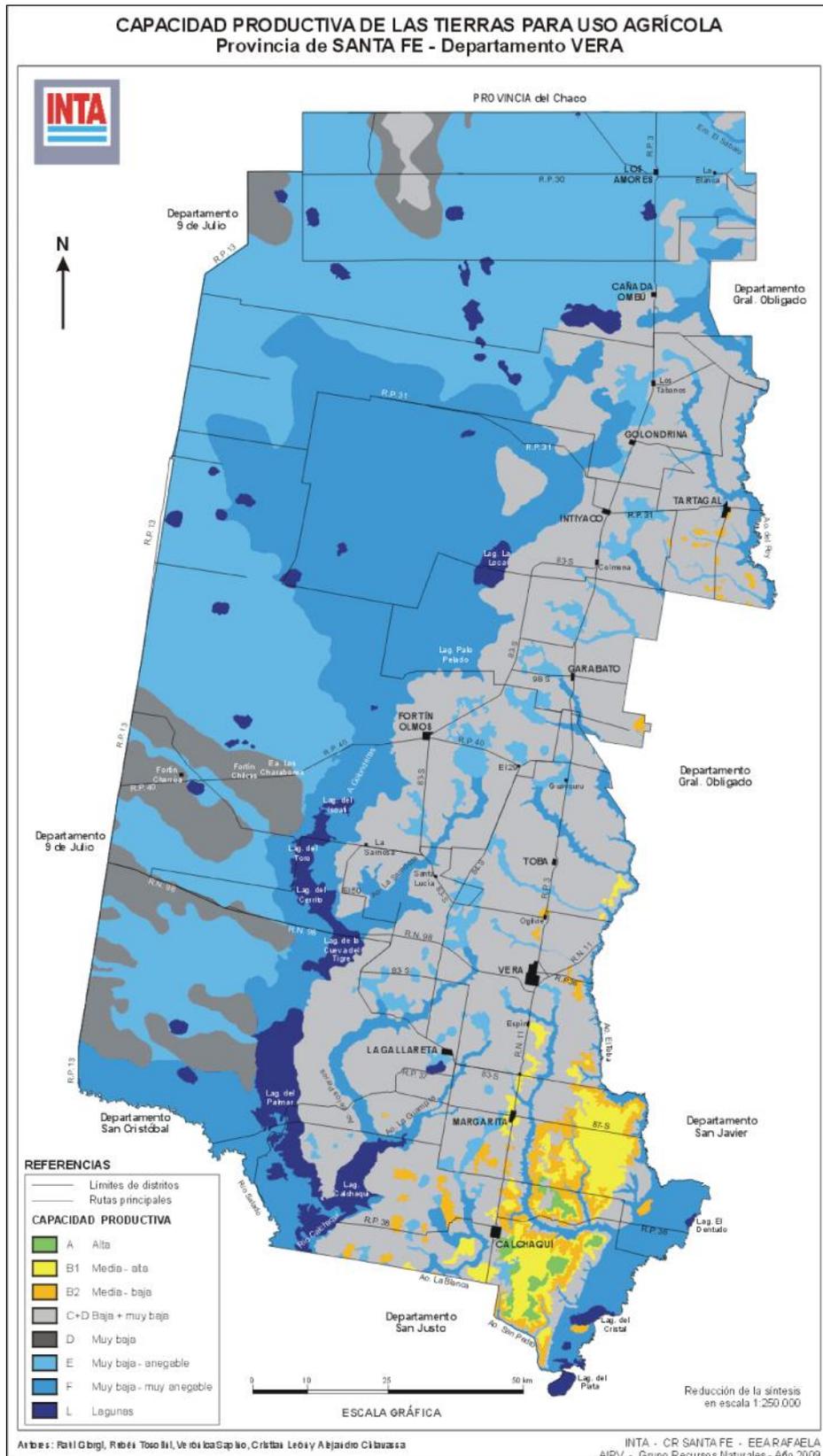


**Figura 4.126: Aptitud de las tierras y Superficie con uso agrícola - Porcentaje del departamento. Provincia de Santa Fe. (Extraído de Panigatti et al., 2007)**



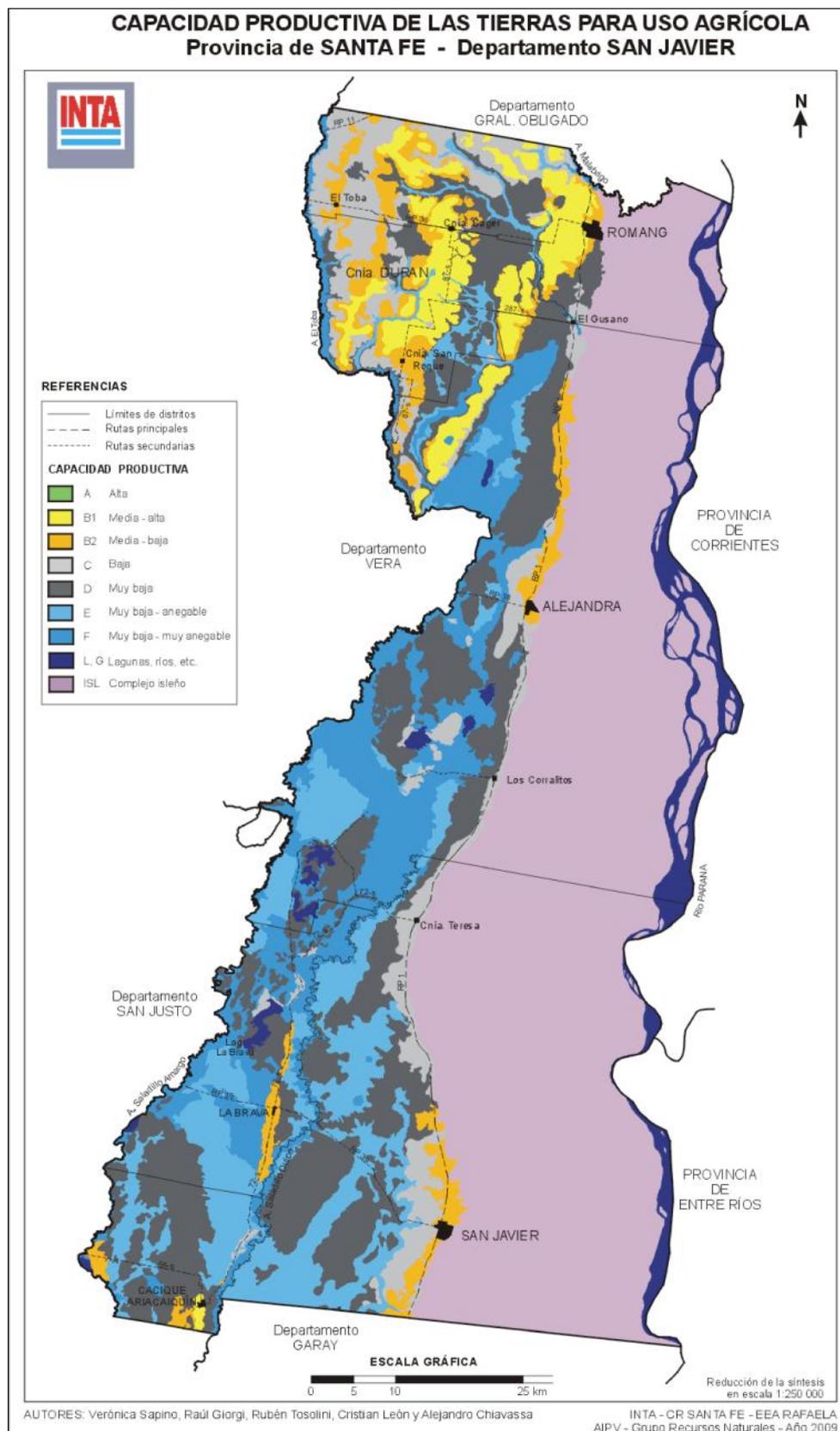
**Figura 4.127: Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola.**  
**General Obligado**

Disponible en: [http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad\\_productiva/general-obligado.htm](http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad_productiva/general-obligado.htm)



**Figura 4.128: Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola. Vera**

Disponibile en: [http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad\\_productiva/vera.htm](http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad_productiva/vera.htm)



**Figura 4.129: Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola.**  
**San Javier**

Disponible en: [http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad\\_productiva/san-javier.htm](http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad_productiva/san-javier.htm)

Las explotaciones agropecuarias (EAPs) en el sector de estudio ocupan una superficie total de más de 3.000.000 de ha, significando un 29 % del total provincial, con una cantidad de 4.035 EAPs en los tres departamentos del área (INDEC - CNA, 2008) (Figuras 4.130 y 4.131). General Obligado tiene por encima de 2.000 EAPs en su territorio y conjuntamente con el departamento Vera poseen una superficie ocupada por EAPs de más de 1.000.000 de ha, siendo con 9 de Julio y San Cristóbal los departamentos con mayor superficie explotada agropecuariamente en la provincia.

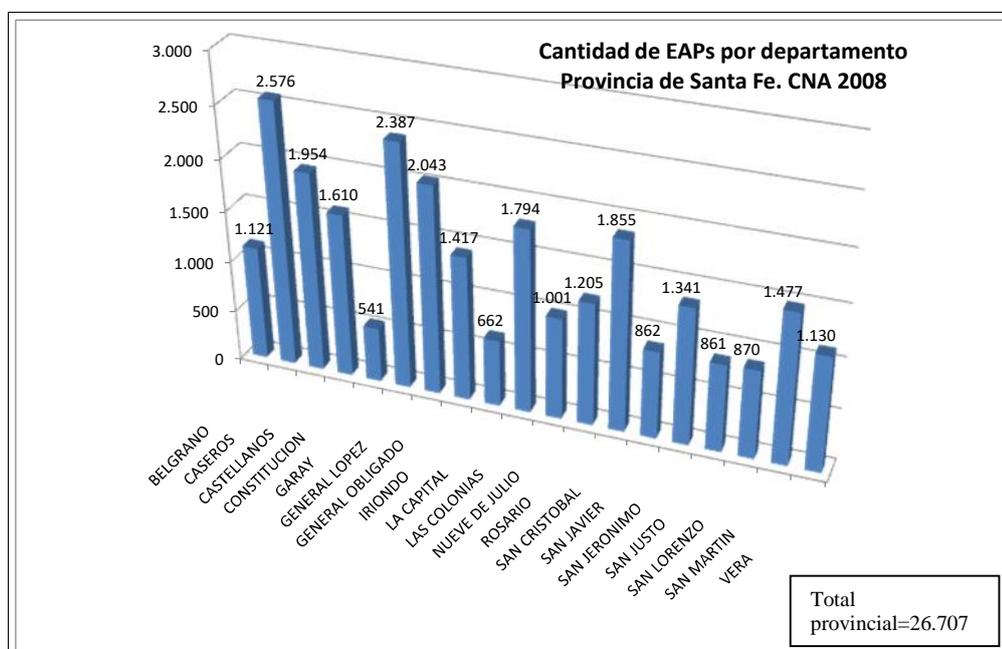
El uso de la tierra en las EAPs en el territorio de la provincia de Santa Fe se divide en un 41 % con superficie implantada y alrededor de un 59 % de superficie destinada a otros fines (Figura 4.132). Los cultivos con mayor superficie implantada en primera ocupación según el CNA 2008 fueron las oleaginosas y los cereales para grano con un 76,8 %, seguido de forrajeras (anuales y perennes) con menos del 12,1 %. En segunda ocupación, las oleaginosas superaron el 85 % del área implantada (Figuras 4.133 y 4.134).

En cuanto a la superficie destinada a otros fines en la provincia, aproximadamente el 65 % de la misma lo ocupan los pastizales con un área de más de 4.100.000 de ha, seguido en orden de relevancia de un 23 % de bosques y/o montes naturales, con más de 1.400.000 de ha. El 12 % del área restante presenta superficie apta no utilizada, superficie de desperdicio, caminos, parques y viviendas, y superficie sin discriminar (Figura 4.135) (INDEC - CNA, 2008).

Los departamentos del área ocupan una superficie implantada respecto del total provincial del 6 %, correspondiendo el 4 % a General Obligado. La superficie destinada a otros fines alcanza el 31 % en los tres departamentos con relación al total provincial (Figuras 4.136 y 4.137).

En los departamentos General Obligado, San Javier y Vera, se observó un porcentaje de ocupación de oleaginosas, cereales para grano y forrajeras, superior al 90 %. En General Obligado, los cultivos industriales ocuparon el 4 % de la superficie implantada (Figuras 4.138, 4.141 y 4.144). En segunda ocupación, para los departamentos indicados up supra, la superficie implantada correspondió mayormente a oleaginosas, cereales para grano y forrajeras anuales, superando el 95 % del área implantada (Figuras 4.139, 4.142 y 4.145) (INDEC - CNA, 2008).

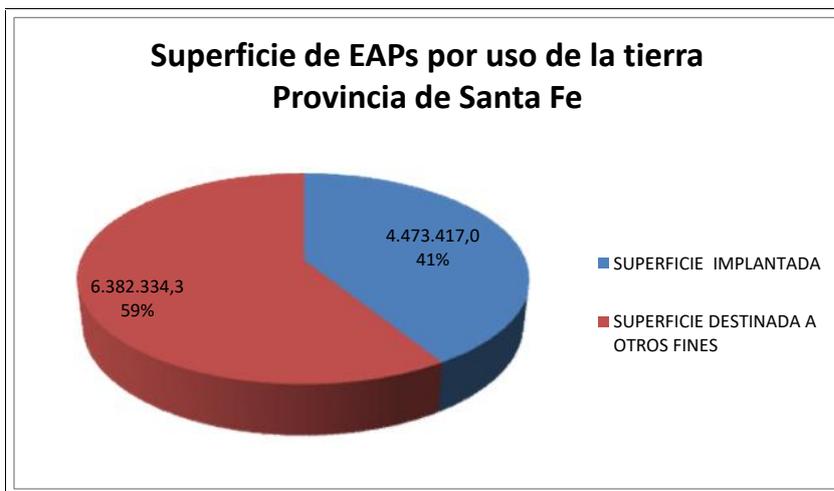
Del total de la superficie destinada a otros fines en General Obligado y Vera, el mayor porcentaje lo ocuparon áreas con pastizales y bosques y/o montes naturales, con más de un 60 y un 30 %, respectivamente. En San Javier los porcentajes fueron del 72 % para pastizales, un 18 % con bosques y/o montes naturales, y el resto lo constituyeron las superficies aptas no utilizadas, áreas de desperdicio, caminos, parques y viviendas, y superficies sin discriminar (Figuras 4.140, 4.143 y 4.146) (INDEC - CNA, 2008).



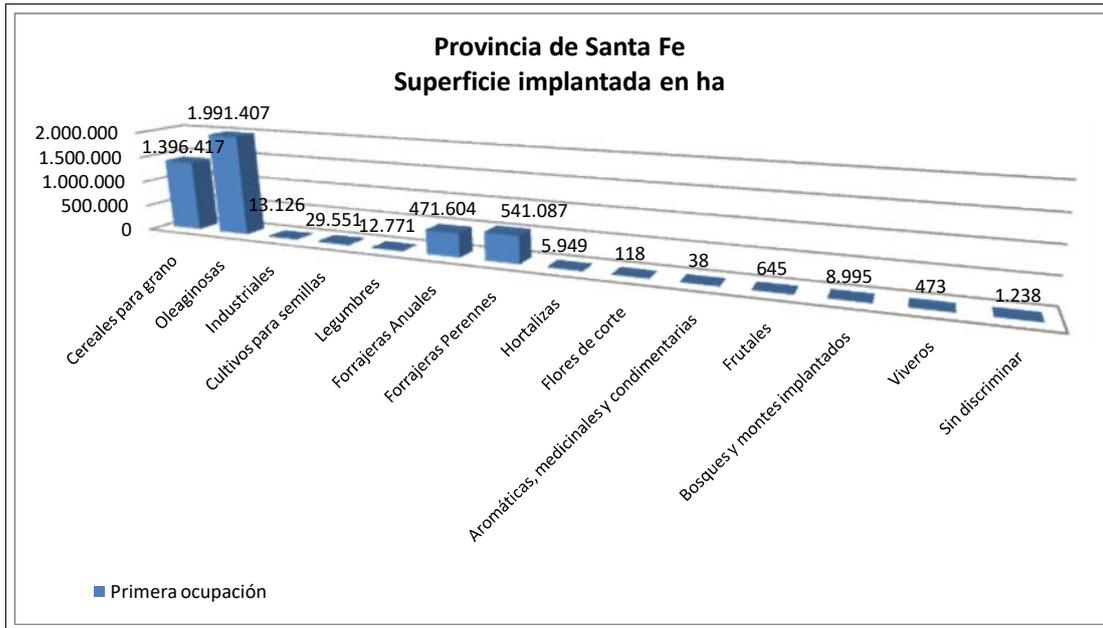
**Figura 130: Cantidad de Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por departamento (INDEC-CNA, 2008)**



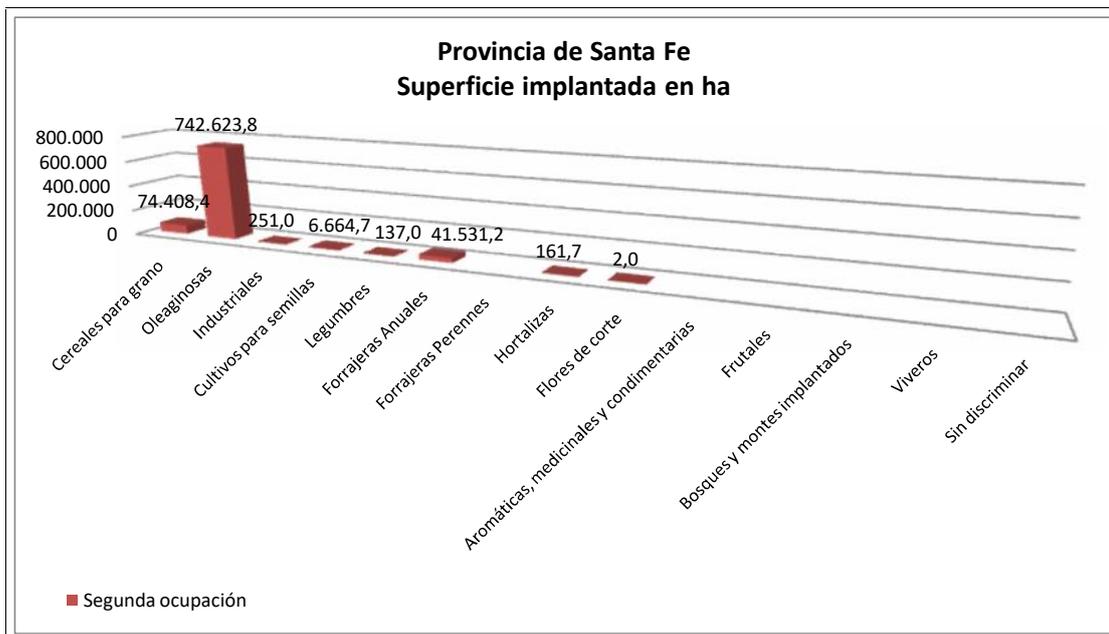
**Figura 131: Superficie en ha de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por departamento (INDEC-CNA, 2008)**



**Figura 4.132: Superficie en ha de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por uso de la tierra (INDEC-CNA, 2008)**



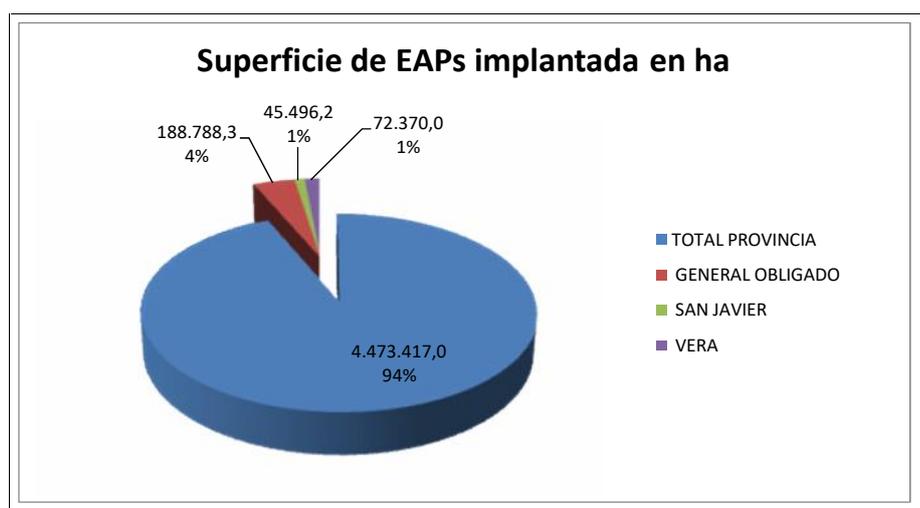
**Figura 4.133: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en primera ocupación (INDEC-CNA, 2008)**



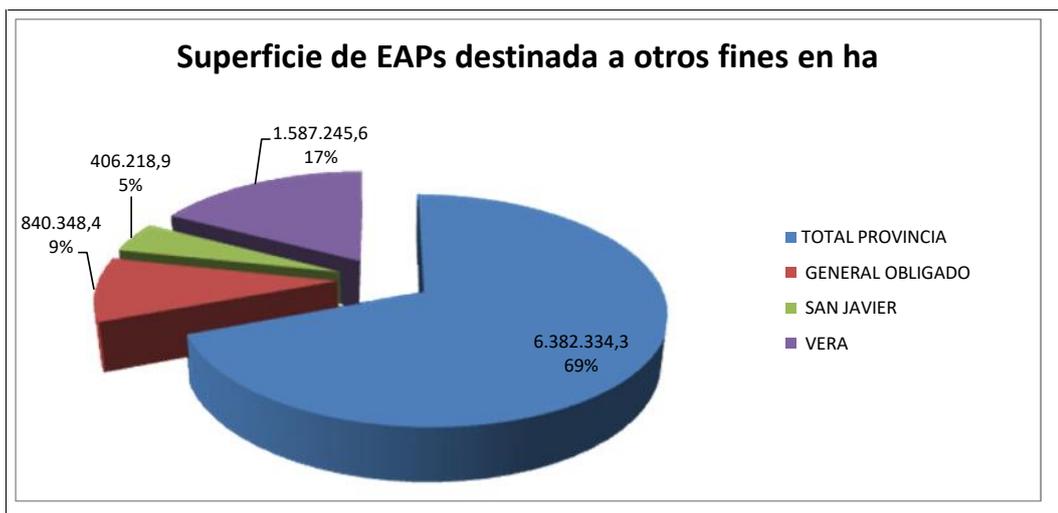
**Figura 4.134: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en segunda ocupación (INDEC-CNA, 2008)**



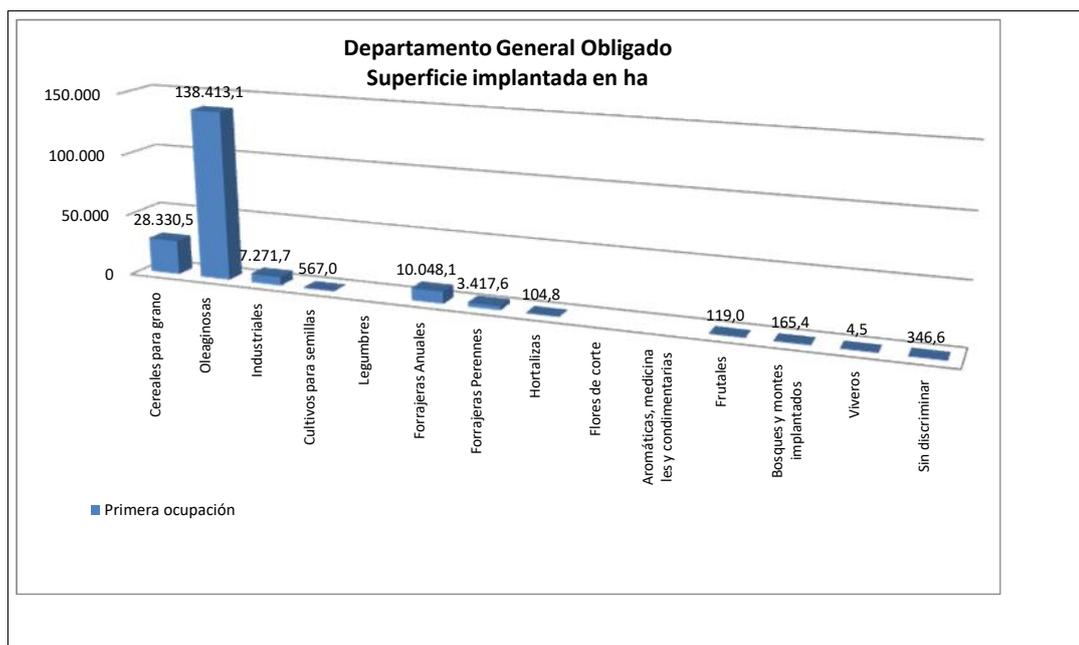
**Figura 4.135: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) destinada a otros fines. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008)**



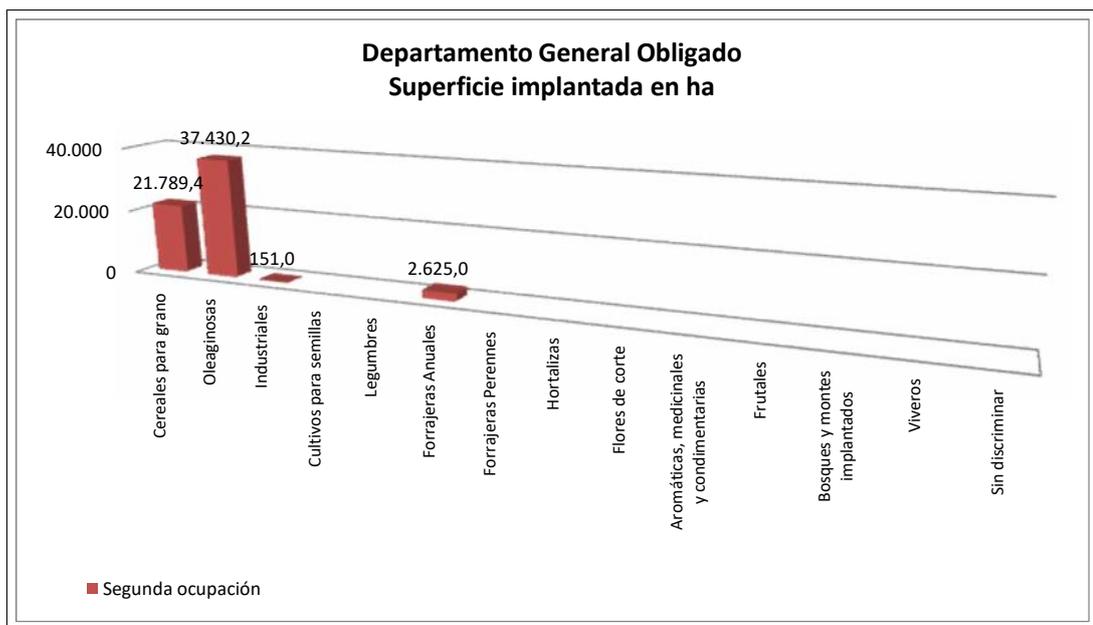
**Figura 136: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por uso de la tierra: superficie implantada en ha. Departamentos General Obligado, San Javier y Vera, respecto del total provincial (INDEC-CNA, 2008)**



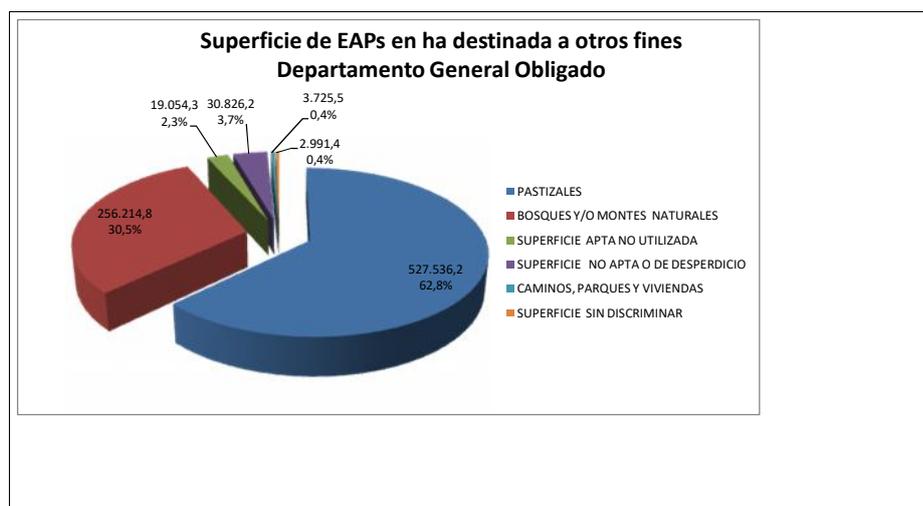
**Figura 4.137: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) por uso de la tierra: superficie destinada a otros fines en ha. Departamentos General Obligado, San Javier y Vera, respecto del total provincial (INDEC-CNA, 2008)**



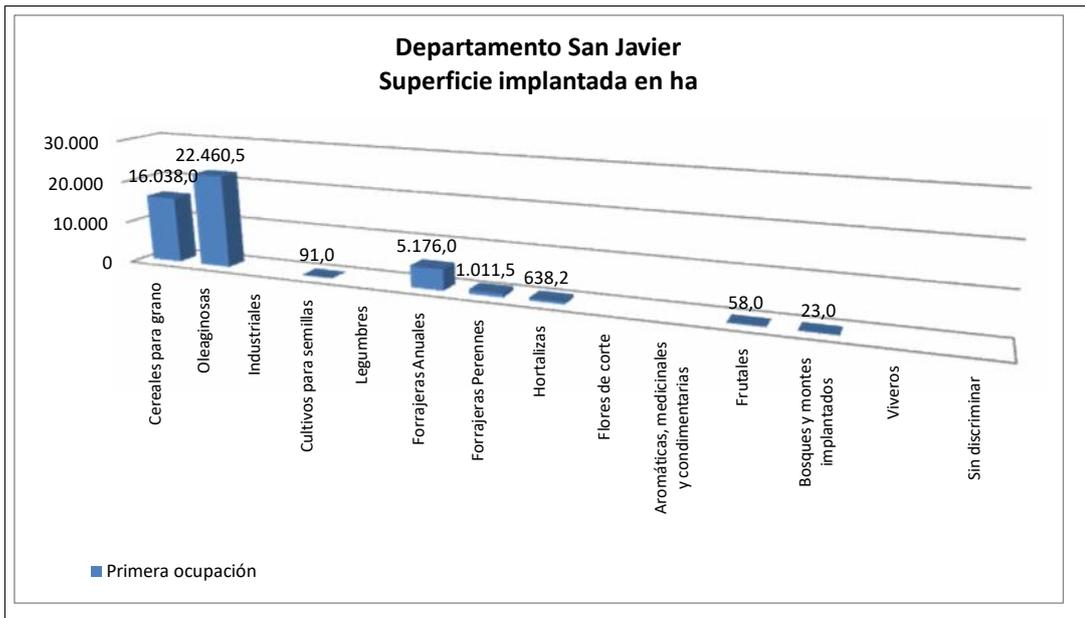
**Figura 4.138: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en primera ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)**



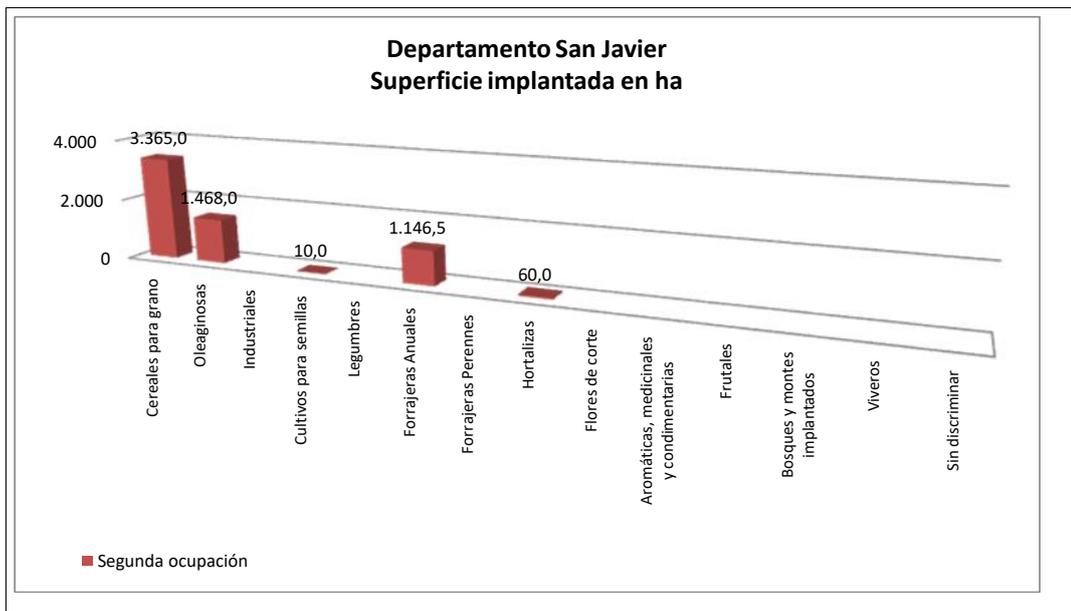
**Figura 4.139: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en segunda ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)**



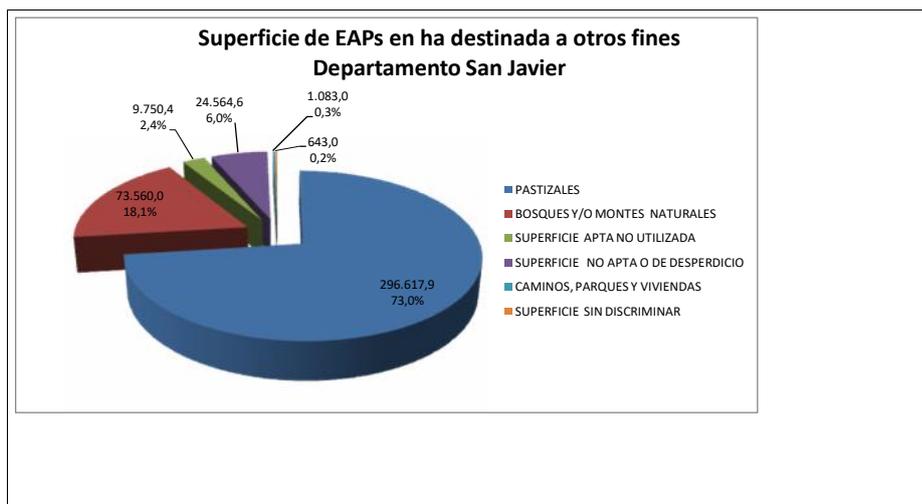
**Figura 4.140: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) destinada a otros fines. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)**



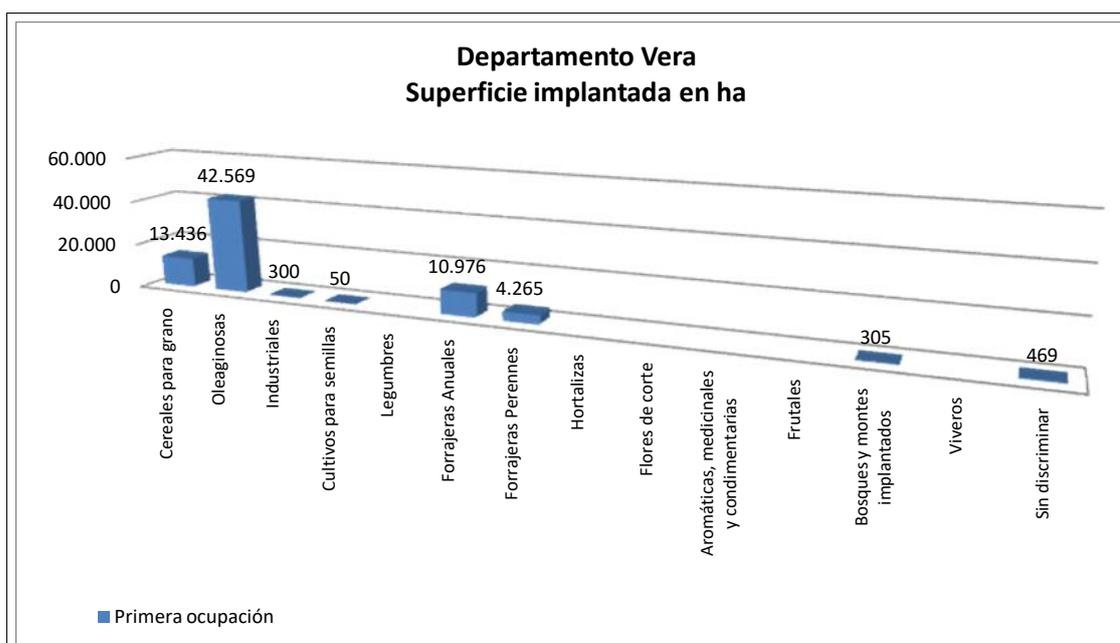
**Figura 4.141: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en primera ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008)**



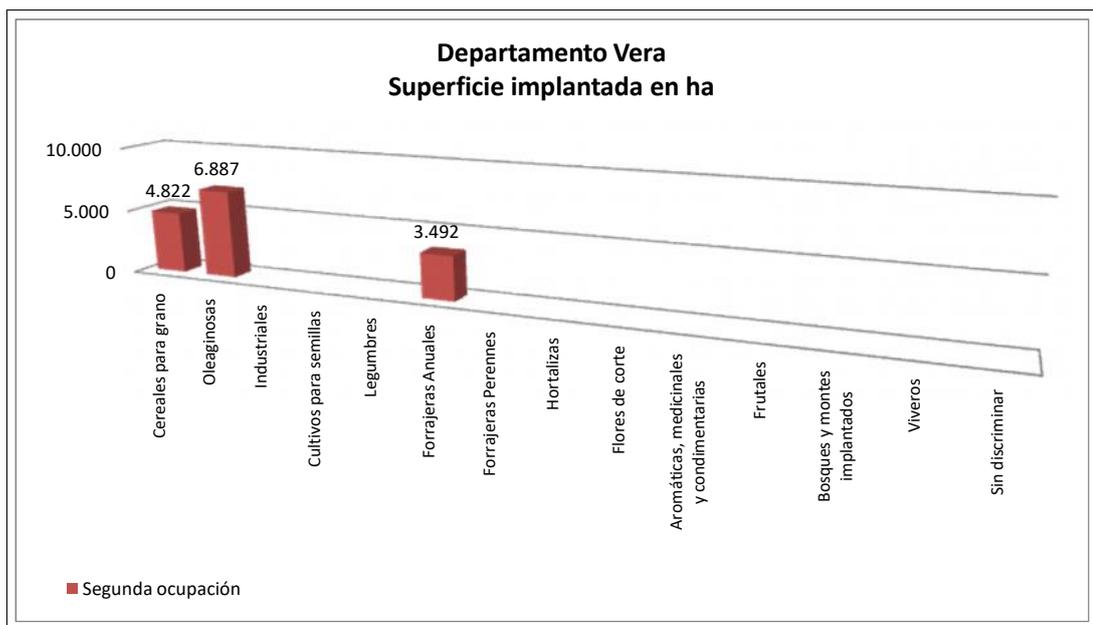
**Figura 4.142: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en segunda ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008)**



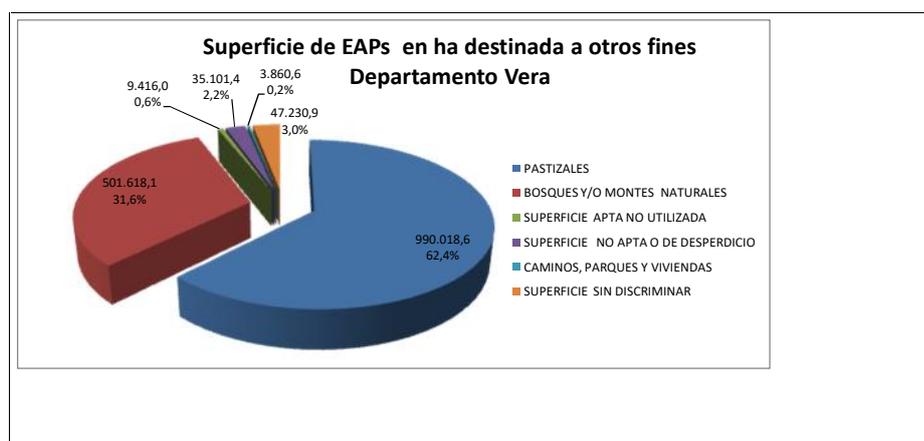
**Figura 4.143: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en ha, destinada a otros fines. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008)**



**Figura 4.144: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en ha en primera ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008)**



**Figura 4.145: Superficie implantada de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) en segunda ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008)**

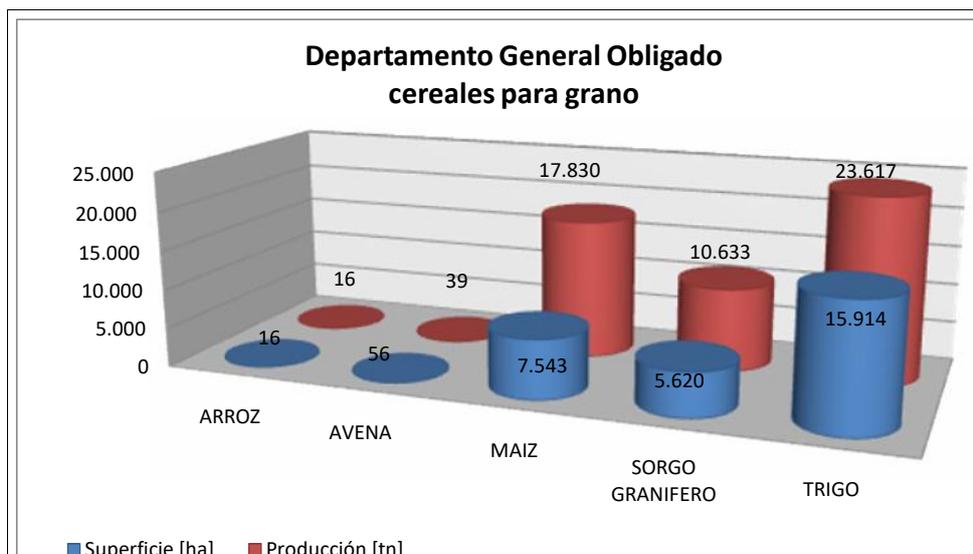


**Figura 4.146: Superficie de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) destinada a otros fines. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008)**

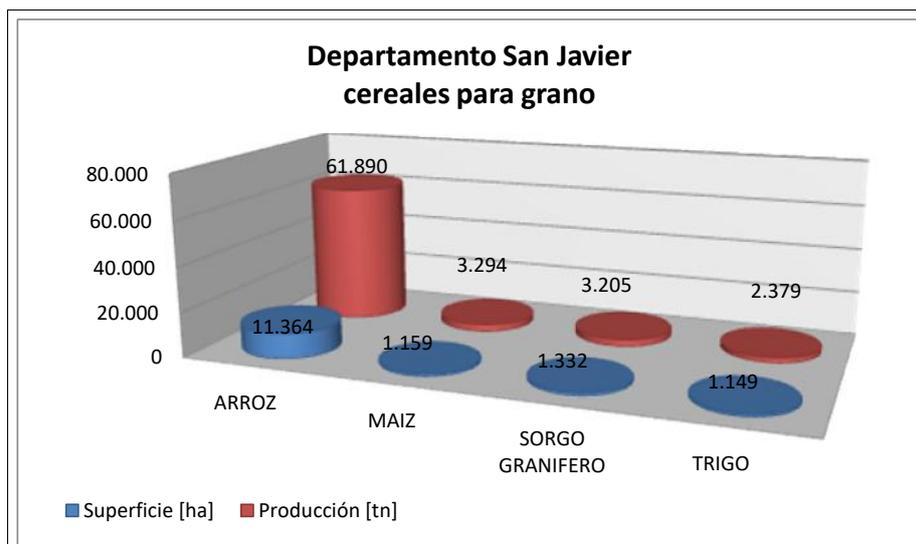
Los cereales para granos con mayor producción durante la campaña 2007-2008 (INDEC-CNA, 2008) en General Obligado fueron el trigo, el maíz y el sorgo granífero, en Vera el sorgo granífero, el maíz y el trigo, y para el caso del departamento San Javier, el arroz. En la provincia se observó que la producción de dichos cereales, en

particular el maíz y el trigo, superaron el 98 % de la producción total (Figuras 4.147 a 4.150).

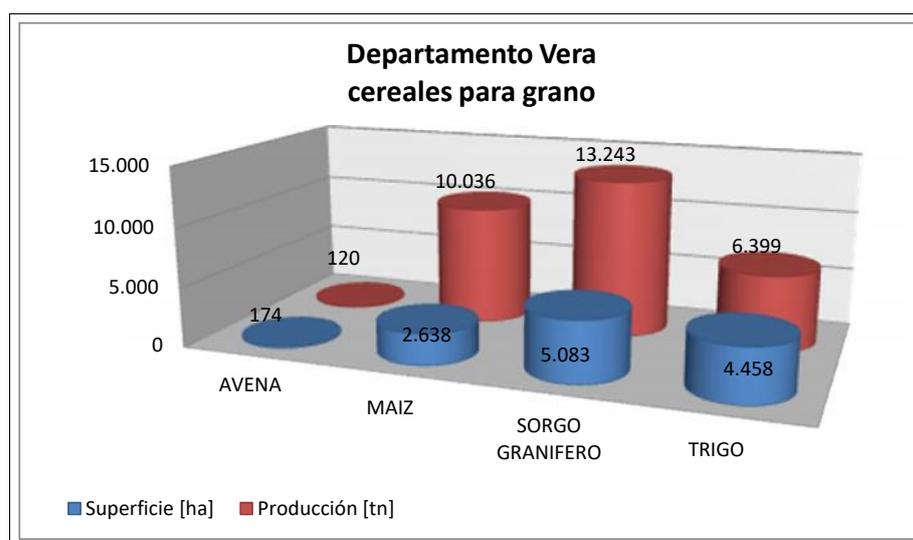
La superficie de primera ocupación en el departamento General Obligado es mayor a la del segundo período de ocupación en los cereales mencionados, a excepción del maíz. En San Javier el arroz ocupa la mayor superficie de primera, y en segunda ocupación, el maíz tuvo la mayor superficie implantada. Para el departamento Vera, el sorgo granífero, el trigo y el maíz de primera ocuparon el mayor porcentaje de superficie implantada (Figuras 4.151 a 4.153). En el total provincial, el trigo, maíz y sorgo granífero de primera superaron el 95 % de la superficie implantada (Figura 4.154).



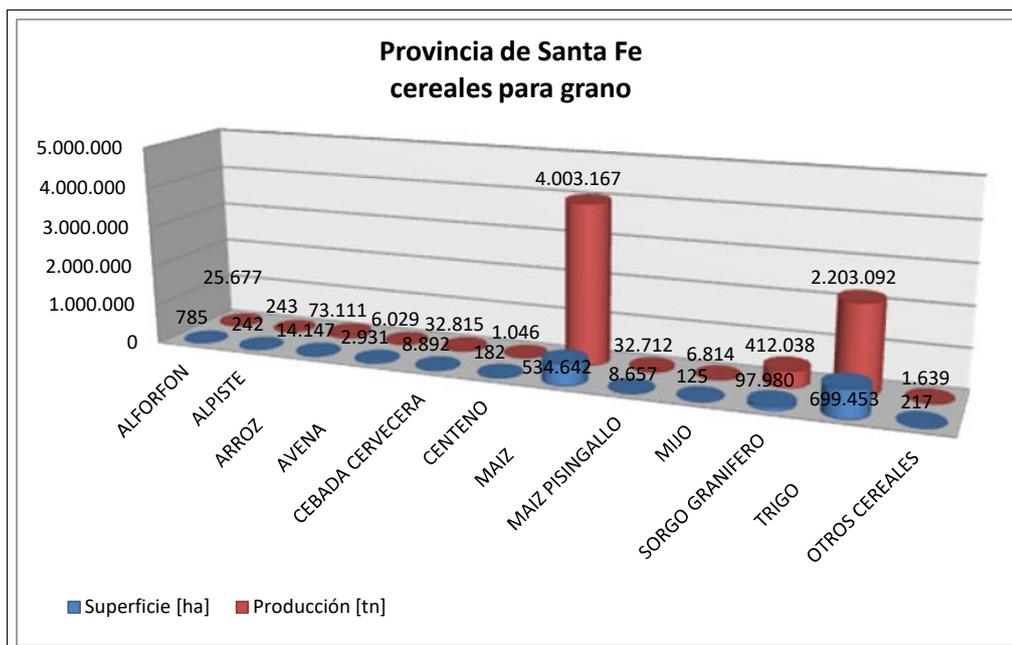
**Figura 4.147: Cereales para granos. Superficie implantada y Producción. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)**



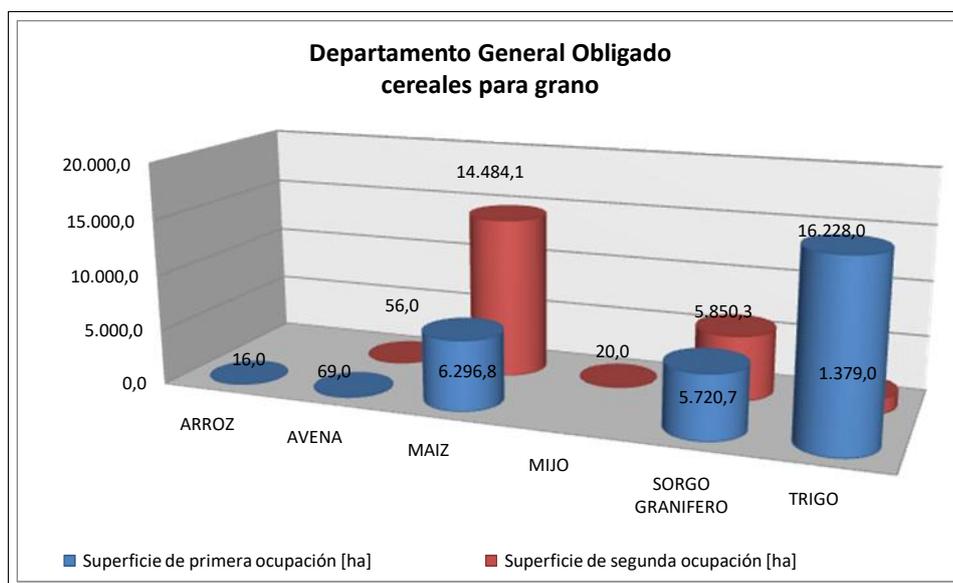
**Figura 4.148: Cereales para granos. Superficie implantada y Producción. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008)**



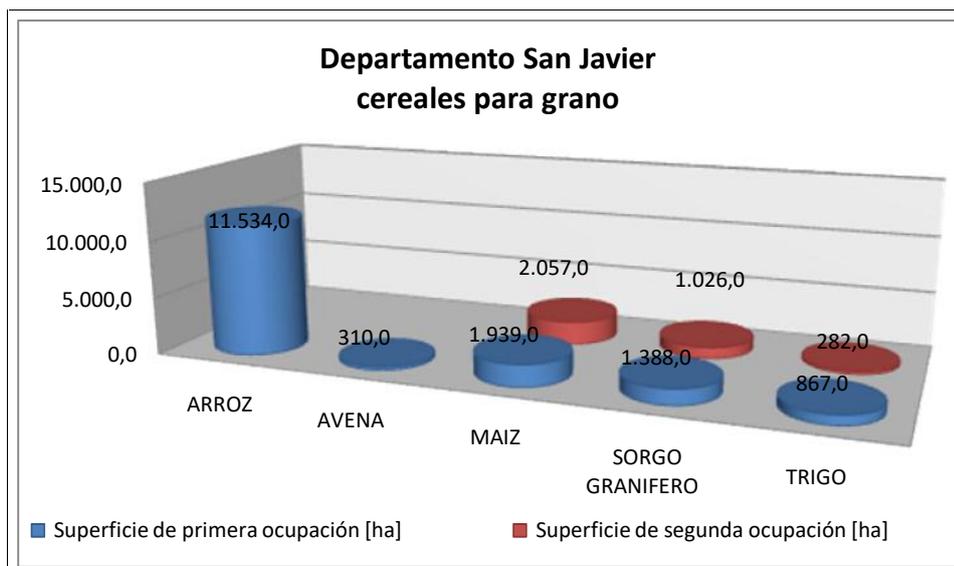
**Figura 4.149: Cereales para granos. Superficie implantada y Producción. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008)**



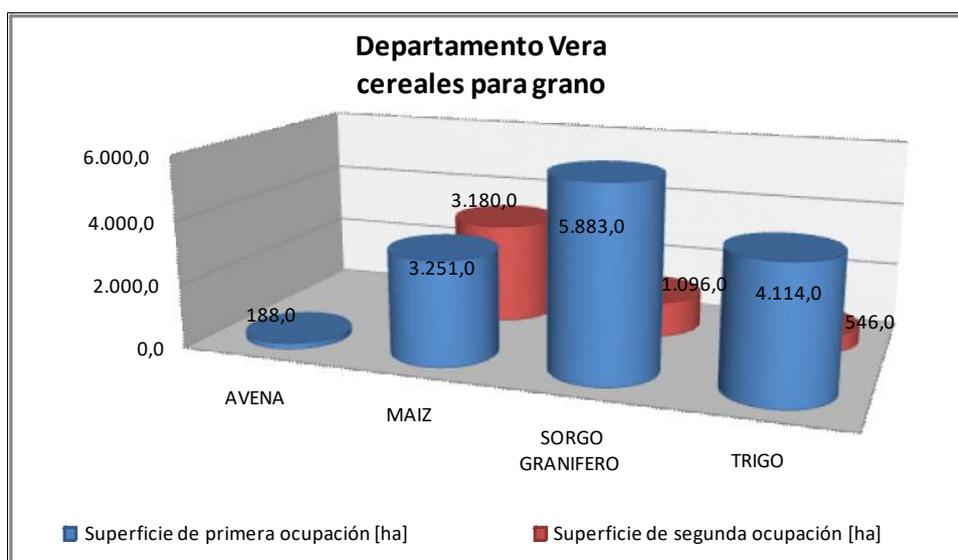
**Figura 4.150: Cereales para granos. Superficie implantada y Producción. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008)**



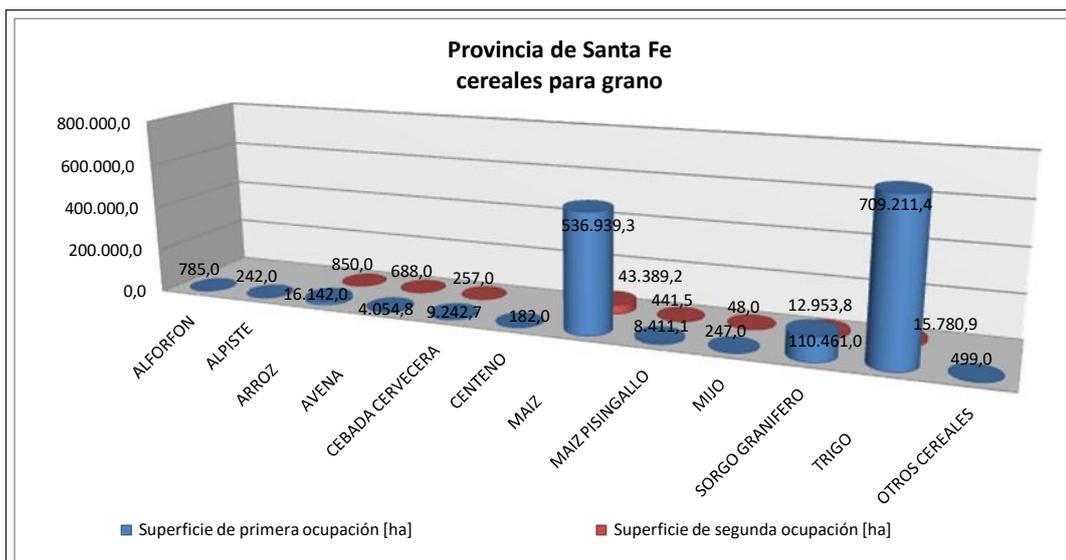
**Figura 4.151: Cereales para granos. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)**



**Figura 4.152: Cereales para granos. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008)**

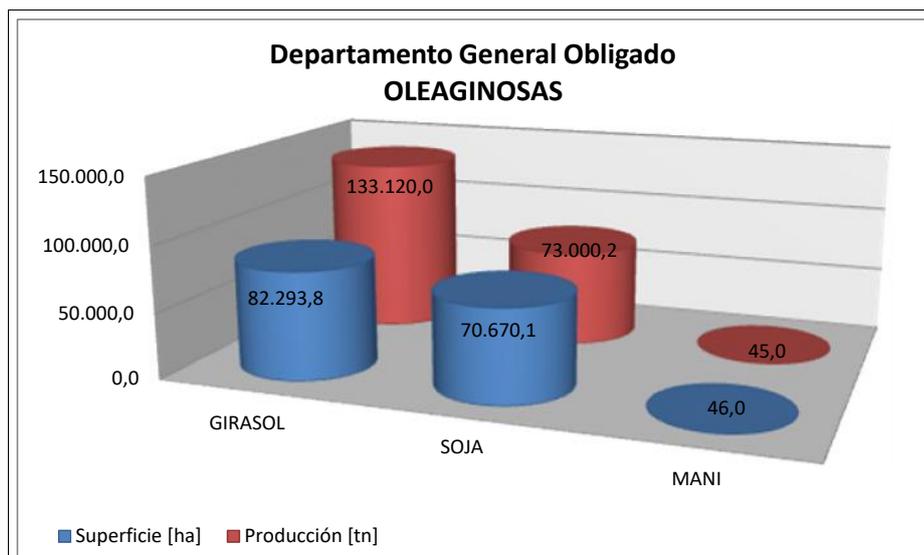


**Figura 4.153: Cereales para granos. Superficie implantada por período de ocupación.. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008)**

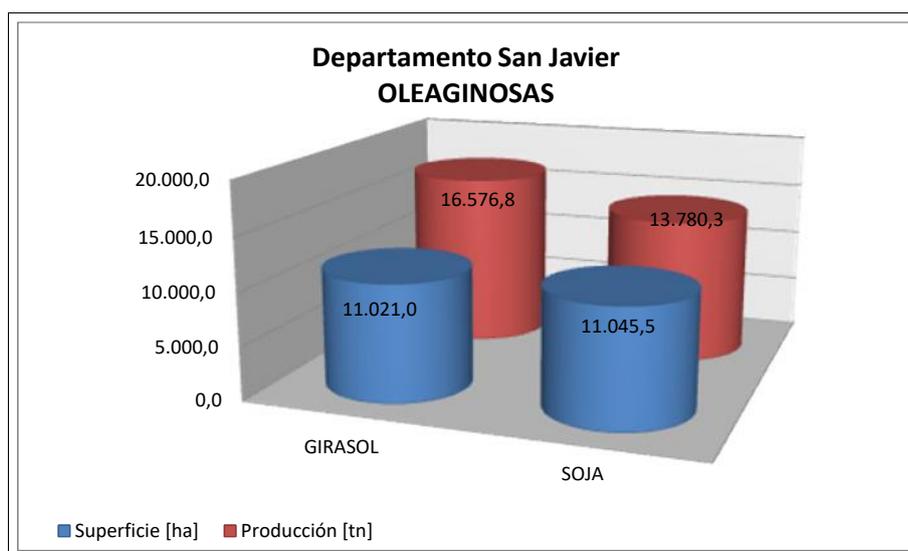


**Figura 4.154: Cereales para granos. Superficie implantada por período de ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008)**

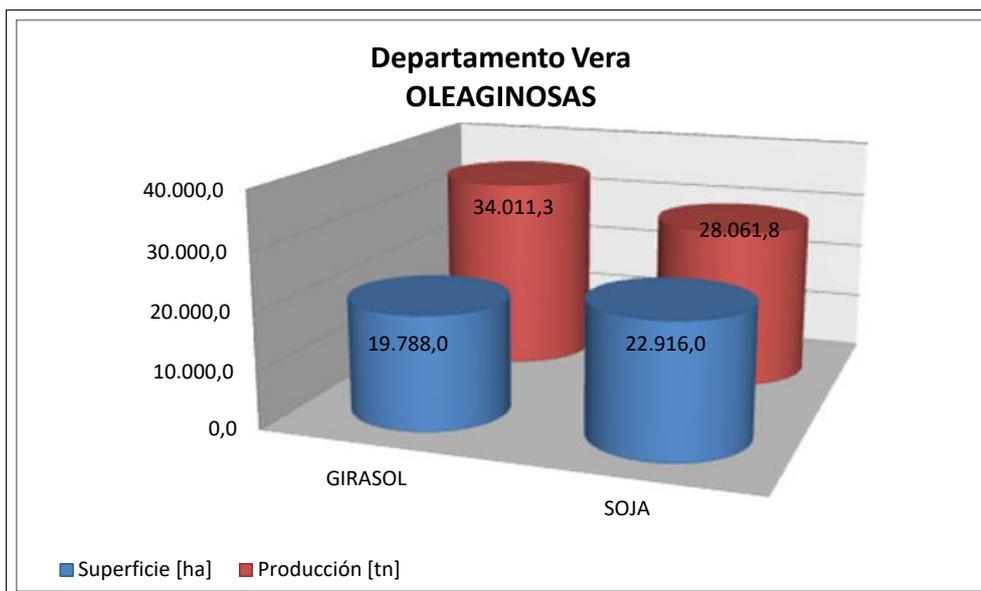
En cuanto a las oleaginosas, el girasol y la soja obtuvieron la mayor producción en los tres departamentos del área. El girasol superó el valor de 130.000 tn en General Obligado, en San Javier rondó las 16.000 tn y en Vera las 34.000 tn. La soja alcanzó las 73.000 tn en Gral. Obligado, 13.700 y 28.000 tn en San Javier y Vera, respectivamente (Figuras 4.155 a 4.157). En el total provincial, la oleaginosa con mayor producción según el CNA 2008 fue la soja, con más de 6.000.000 tn (Figura 4.158). El girasol y la soja ocuparon mayor superficie implantada en primera ocupación aproximadamente en los tres departamentos, mientras que la soja ocupó la mayor superficie implantada con respecto a las demás oleaginosas en el segundo período de ocupación, pero con valores significativamente menores a la superficie de primera. Se observó en la provincia que la soja ocupó la mayor superficie implantada en primera y segunda ocupación, seguido del girasol y el resto de las oleaginosas (Figuras 4.159 a 4.162).



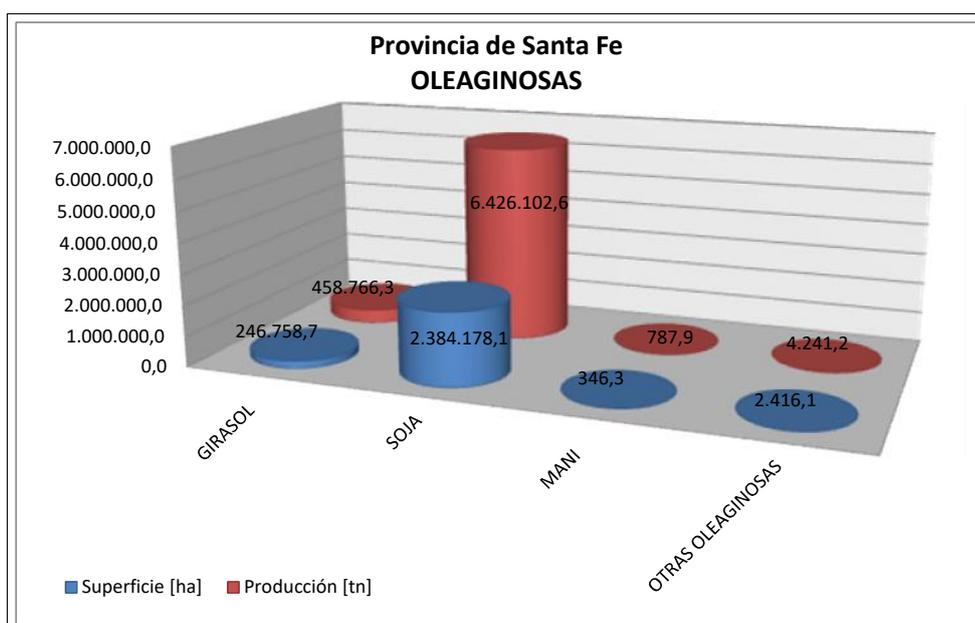
**Figura 4.155: Oleaginosas. Superficie implantada y Producción. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)**



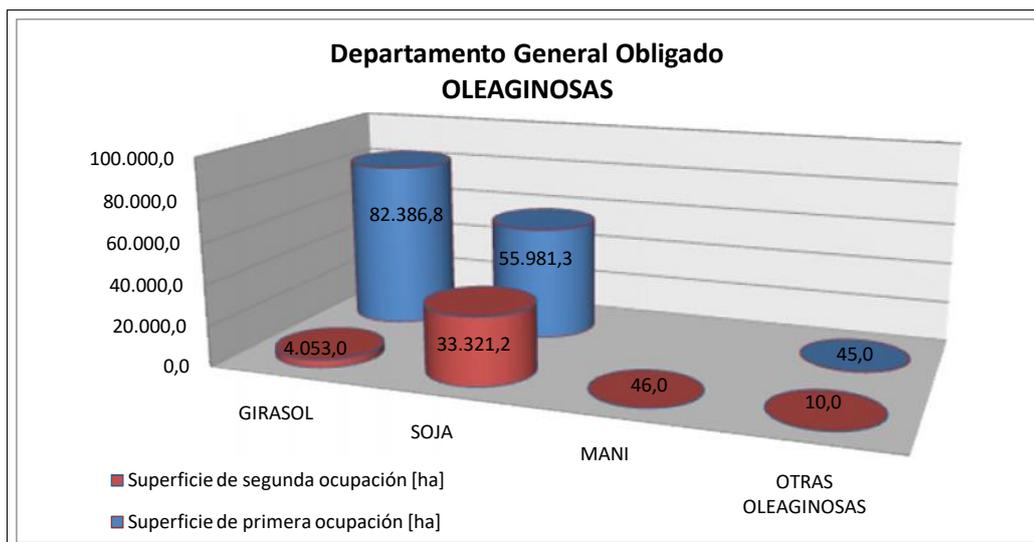
**Figura 4.156: Oleaginosas. Superficie implantada y Producción. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008)**



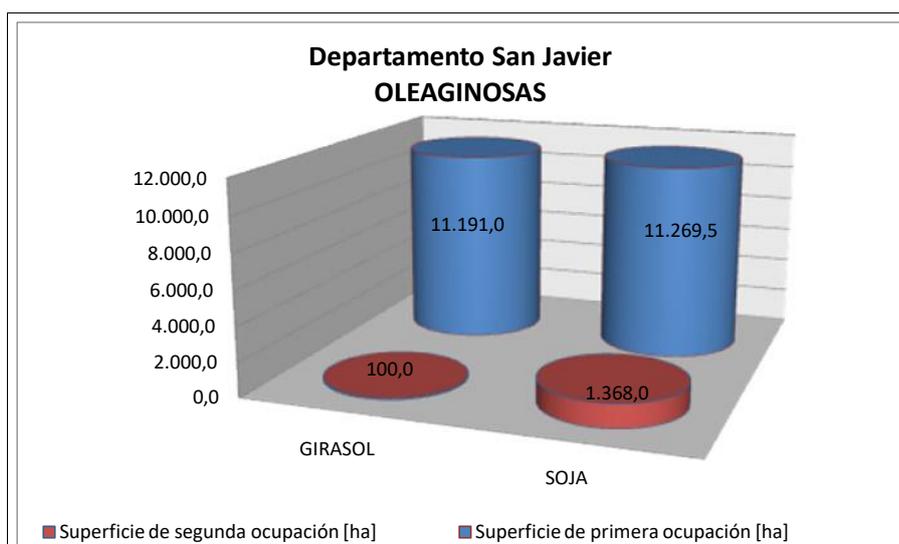
**Figura 4.157: Oleaginosas. Superficie implantada y Producción. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008)**



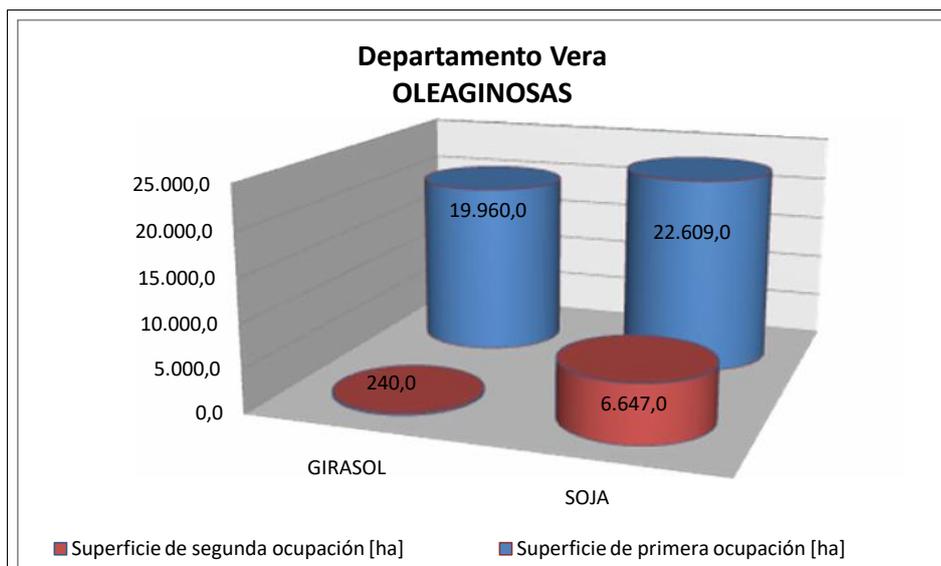
**Figura 4.158: Oleaginosas. Superficie implantada y Producción. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008)**



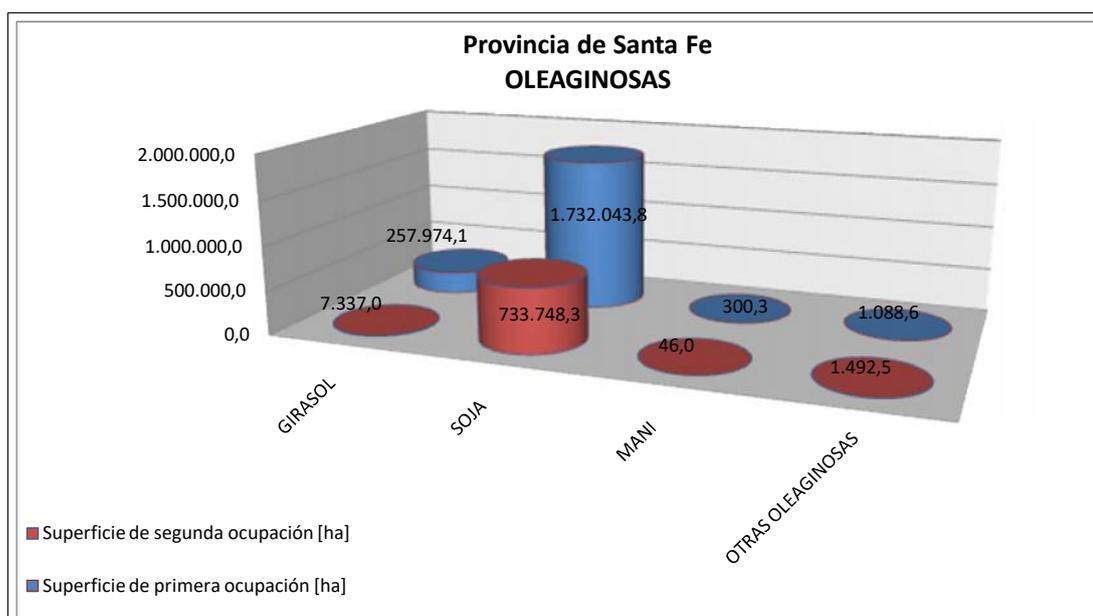
**Figura 4.159: Oleaginosas. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2008)**



**Figura 4.160: Oleaginosas. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2008)**



**Figura 4.161: Oleaginosas. Superficie implantada por período de ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2008)**

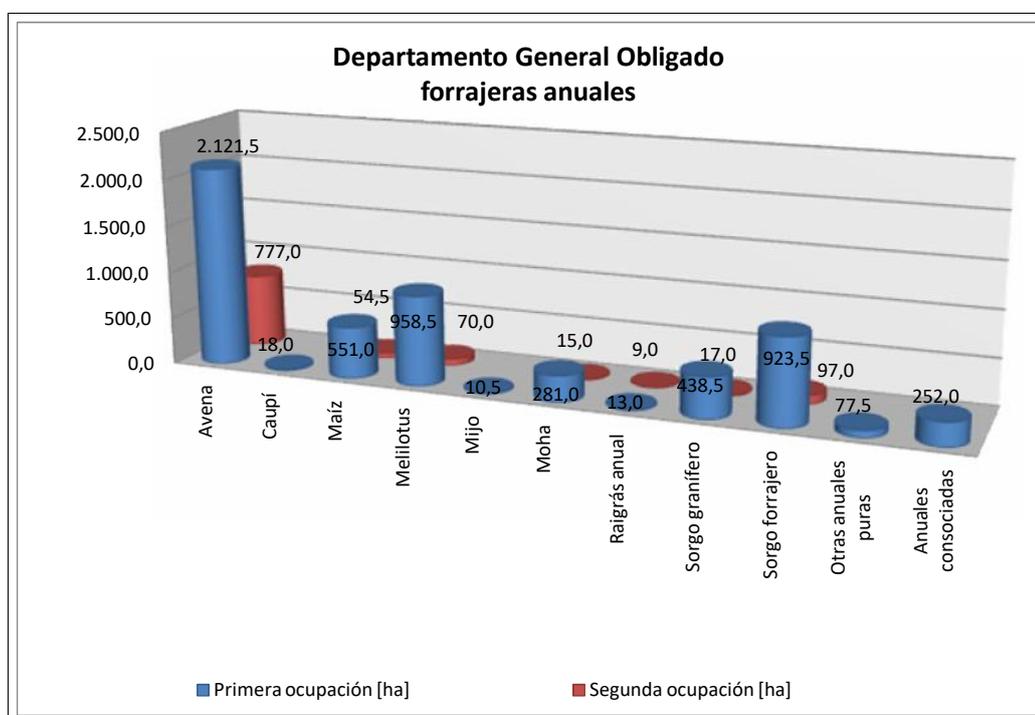


**Figura 4.162: Oleaginosas. Superficie implantada por período de ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2008)**

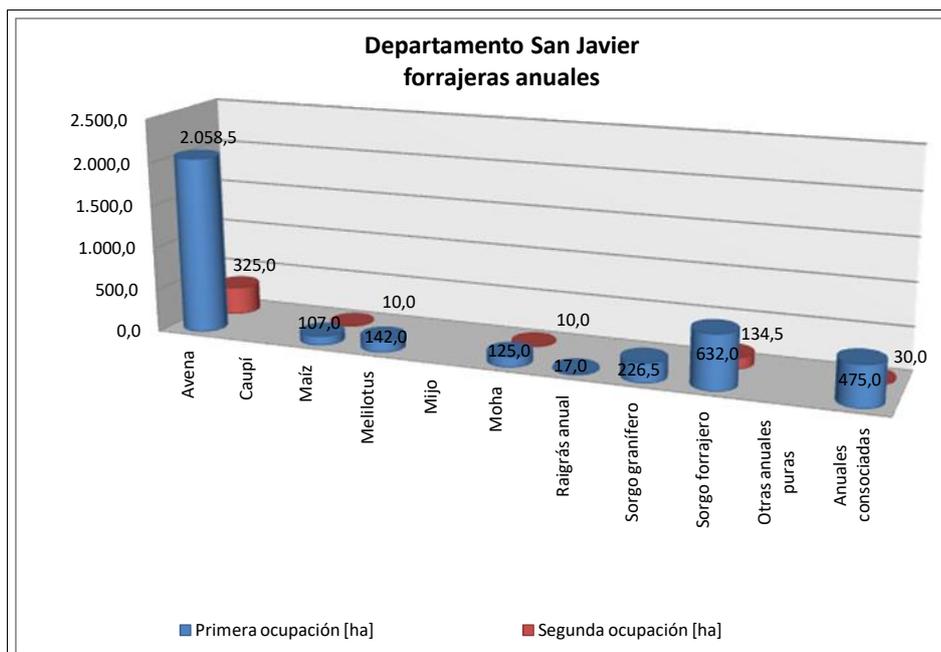
En cuanto a las forrajeras anuales, según el CNA 2002, la forrajera anual con mayor cantidad de ha implantadas en los departamentos del área de estudio y en el total

provincial fue la avena, seguida de melilotus, sorgo forrajero y granífero y maíz. Se observó además para la Campaña 2001-2002 un valor significativo de forrajeras anuales consociadas en Vera y en San Javier (Figuras 4.163 a 4.166).

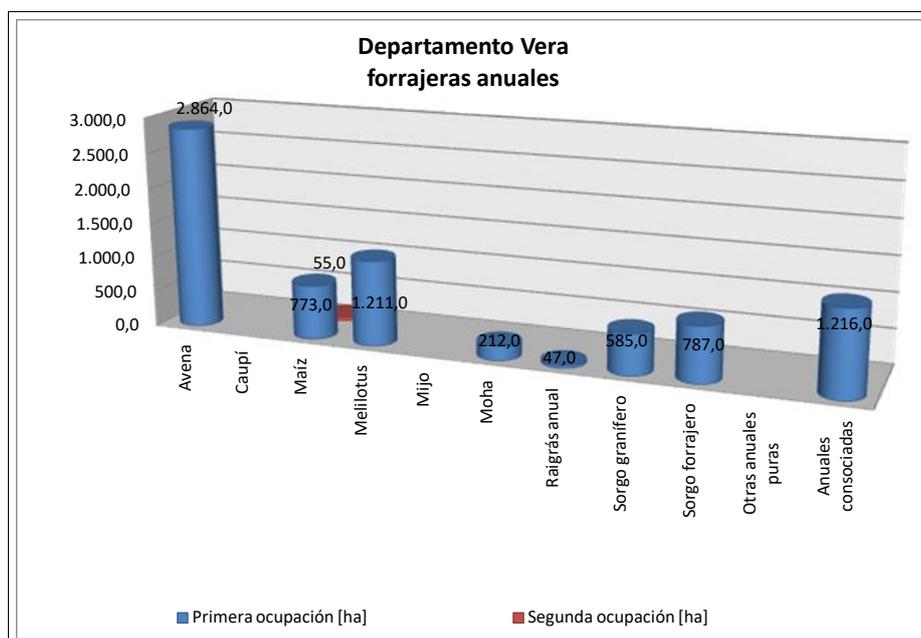
En relación a las forrajeras perennes, la alfalfa pura y otras consociadas ocuparon el mayor porcentaje de área en General Obligado, mientras que en San Javier y Vera además de las forrajeras mencionadas se destaca la alfalfa consociada. En la provincia, esta última es la de mayor superficie implantada, seguido de la alfalfa pura y otras consociadas (Figuras 4.167 a 4.170) (INDEC-CNA, 2002).



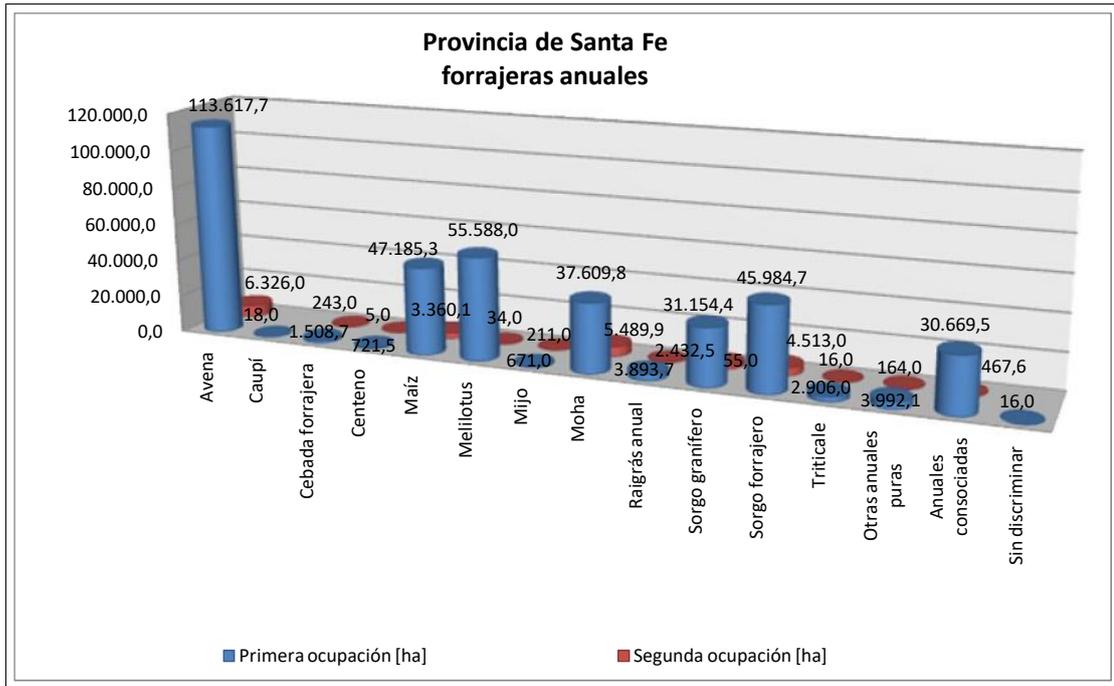
**Figura 4.163: Forrajeras anuales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2002)**



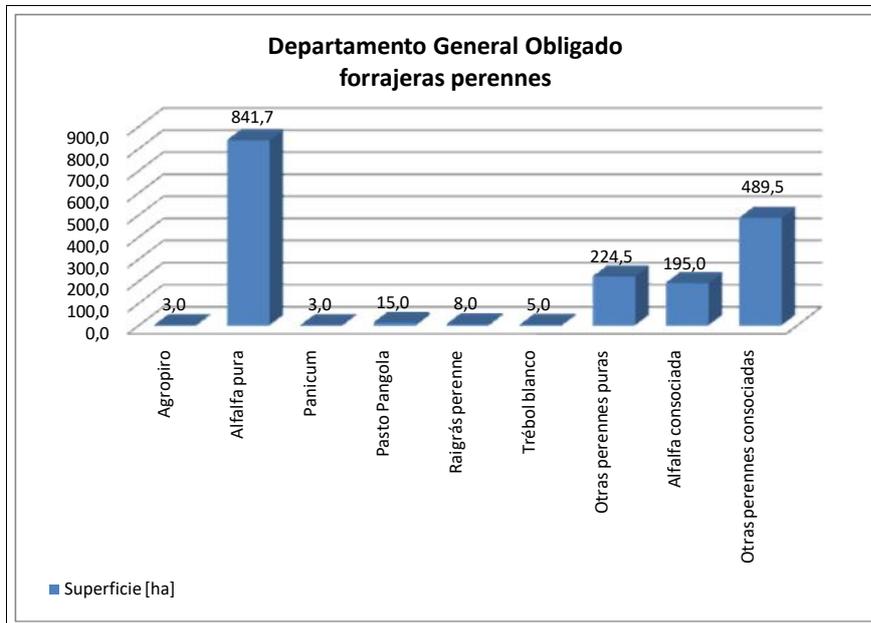
**Figura 4.164: Forrajeras anuales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2002)**



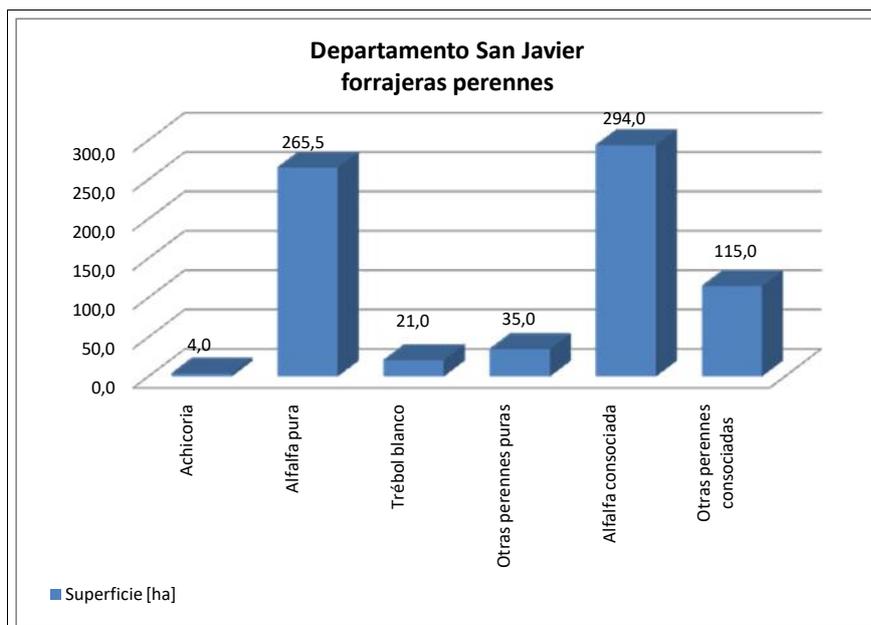
**Figura 4.165: Forrajeras anuales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2002)**



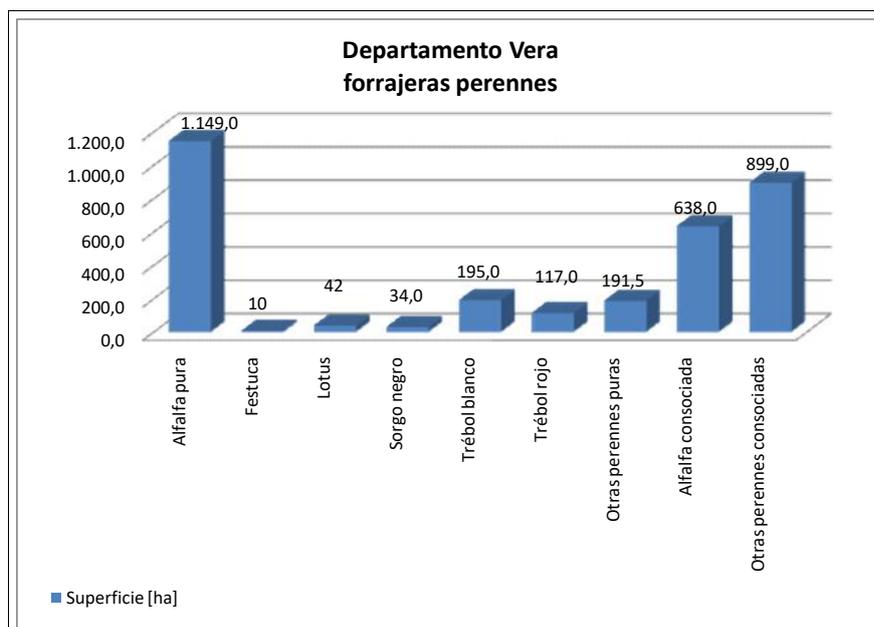
**Figura 4.166: Forrajeras anuales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2002)**



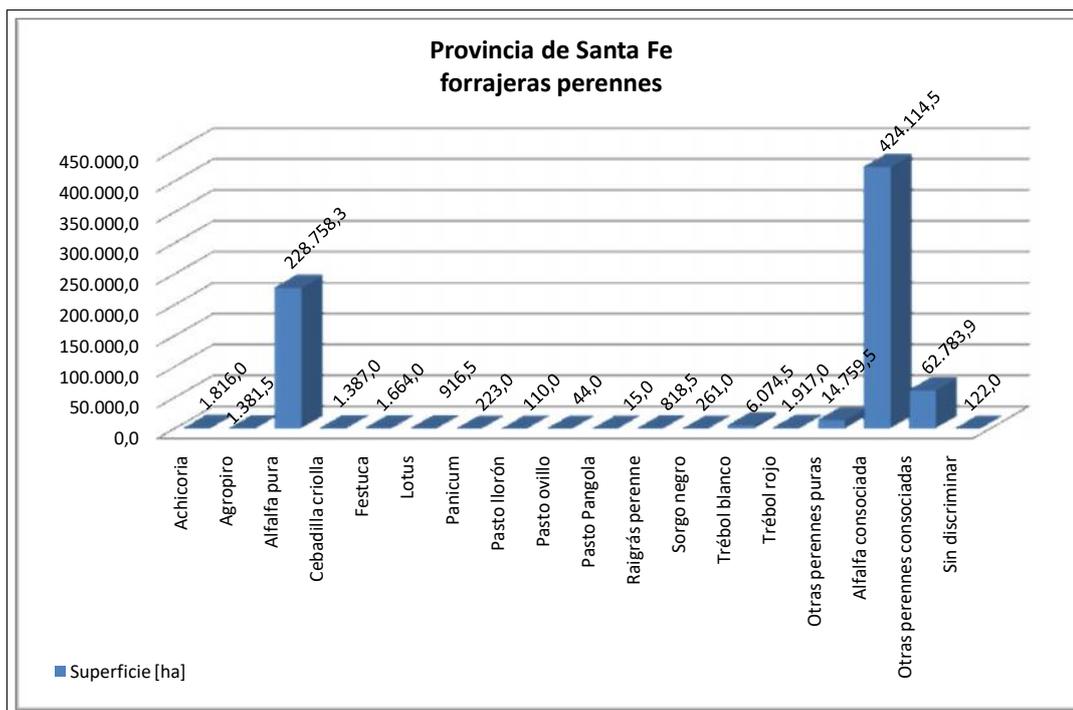
**Figura 4.167: Forrajeras perennes. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2002)**



**Figura 4.168: Forrajeras perennes. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2002)**

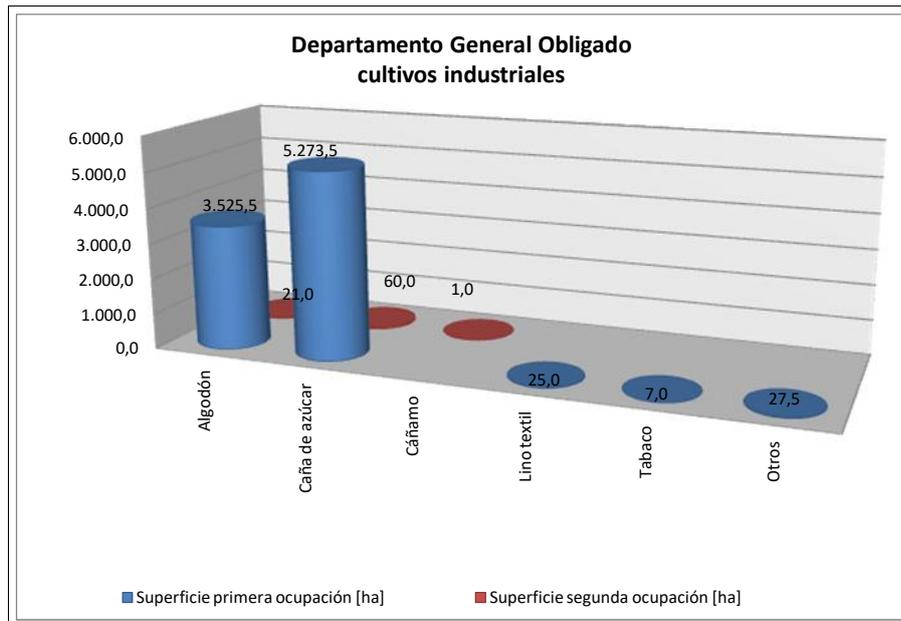


**Figura 4.169: Forrajeras perennes. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento Vera (INDEC-CNA, 2002)**

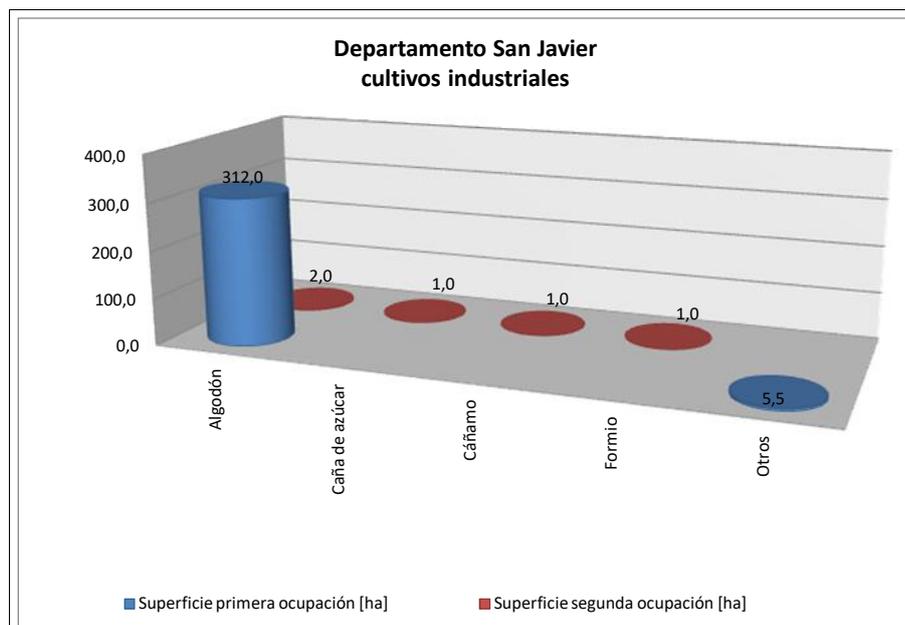


**Figura 4.170: Forrajeras perennes. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2002)**

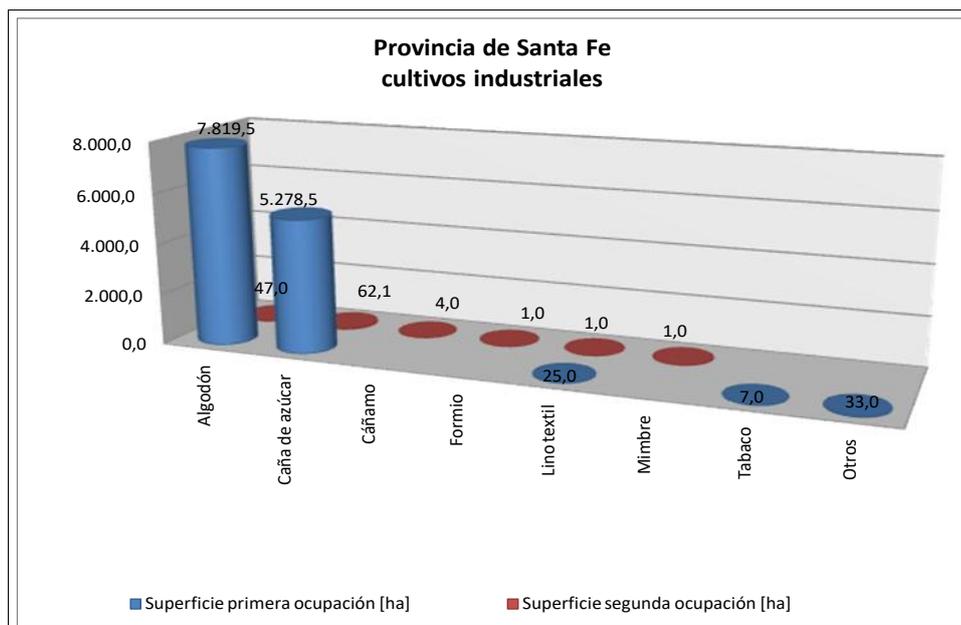
Los cultivos industriales más importantes en el departamento General Obligado en la campaña 2001-2002 fueron la caña de azúcar y el algodón, y el algodón en San Javier. La caña de azúcar en General Obligado representa más del 95 % de la superficie cultivada del total provincial, y el algodón más del 45 % (Figuras 4.171 a 4.173) (INDEC-CNA, 2002).



**Figura 4.171: Cultivos industriales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento General Obligado (INDEC-CNA, 2002)**



**Figura 4.172: Cultivos industriales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Departamento San Javier (INDEC-CNA, 2002)**



**Figura 4.173: Cultivos industriales. Superficie implantada en primera y segunda ocupación. Provincia de Santa Fe (INDEC-CNA, 2002)**

En materia de riego agrícola, en el área de análisis para la Campaña 2007-2008, se habían registrado 718 hectáreas regadas en General Obligado y 12.524,5 hectáreas bajo riego en San Javier, constituyendo la superficie de regadío en los dos departamentos mencionados en un 0,4 % y un 28 % del área implantada, respectivamente (Tabla 4.22). Con relación a la provincia de Santa Fe, San Javier representó un 34 % del total provincial de área regada, y General Obligado menos de un 2 % para dicho período (INDEC-CNA, 2008).

La metodología de riego utilizada en los departamentos indicados según el último censo nacional agropecuario fue en mayor medida el sistema gravitacional, con un 71 % de aplicación en General Obligado y un 85 % en San Javier aproximadamente, y en menor escala de uso, los sistemas de riego por aspersión y localizado (Tabla 4.22).

Se contabilizó en el CNA 2002, 14 EAPs que riegan con equipos de aspersión en General Obligado, y 7 en el departamento San Javier (Tabla 4.23). De la

comparación con el CNA 2008 (Tabla 4.22), se observa una disminución en el uso de la metodología de riego por aspersión en las EAPs del área.

Con respecto a las técnicas de riego utilizadas y los cultivos que se riegan, en la provincia de Santa Fe, para los cereales para granos con mayor producción como el arroz, trigo y maíz, se emplean metodologías diferentes. Para el arroz se utiliza el riego gravitacional, para el trigo, se usa mayormente la metodología por aspersión, y para el maíz, las técnicas de riego por aspersión y localizado (micro aspersión) principalmente (INDEC-CNA, 2002) (Tabla 4.24).

En las oleaginosas con mayor producción como la soja y el girasol, se emplean los métodos de riego por aspersión y gravitacional, respectivamente (Tabla 4.24).

La papa y otras hortalizas utilizan en mayor medida el riego gravitacional y por aspersión, al igual que los frutales y otros cultivos (Tabla 4.24).

Como referencia en los departamentos del área, en General Obligado se riegan el maíz, el trigo, la soja y otras oleaginosas, los frutales, algunas hortalizas, y otros cultivos sin discriminar. En San Javier los cultivos con mayor superficie regada fueron el arroz y la soja, seguido del maíz, algunas hortalizas y frutales en menor escala, según el CNA 2002 (Tabla 4.25).

Las fuentes utilizadas para riego en los departamentos mencionados son superficiales y subterráneas, en la misma proporción aproximadamente. Con respecto al total provincial, más del 70 % de las fuentes utilizadas son recursos subterráneos (Tabla 4.26).

Los pozos contabilizados en la Campaña 2001-2002 fueron 52 en el departamento General Obligado, y 23 en San Javier, funcionando la mayoría de éstos mediante energía eléctrica (Tabla 4.27).

En la región, es común la utilización de metodologías de aprovechamiento integral del agua, las que a su vez sirven para suplir la demanda de agua potable, abrevado de animales y riego. Los reservorios donde se receipta el agua proveniente de las fuentes meteórica, superficial y/o subterránea se denominan “aguadas”, y la finalidad es cubrir la demanda de las poblaciones rurales, del ganado y/o del riego.

Los reservorios pueden ser de origen natural, tales como paleocauces, lagunas, arroyos, ríos, etc., y pueden tener carácter permanente o transitorio. Las aguadas artificiales son depósitos construidos por el hombre, ya sea mejorando y adaptando las naturales o siendo íntegramente elaboradas, como represas, pozos, perforaciones, etc.

Se planifican a modo de satisfacer la demanda durante todo el año para minimizar los riesgos de escasez de agua, funcionando además como fuente alternativa de reserva.

En el caso de las zonas de secano con acuíferos de escaso rendimiento y con limitantes en el aspecto químico, es conveniente realizar un manejo mixto de las aguas de origen pluvial y subterráneo para brindar agua para los distintos propósitos, atendiendo los requerimientos de cantidad, calidad deseada y la oportunidad de satisfacer la demanda planificada en todo momento (Basán Nickish, 2010).

**Tabla 4.22: EAPs que riegan y superficie efectivamente regada, por sistema; según departamentos del área de estudio (INDEC-CNA, 2008)**

Departamento	Total <sup>(1)</sup>	Sistema de riego				
		Gravitacional	Aspersión	Localizado		
				Goteo	Micro aspersión	Otros
General Obligado						
EAP	16,0	10,0	2,0	1,0	-	3,0
[ha]	718,0	507,5	112,5	2,0	-	96,0
San Javier						
EAP	26,0	19,0	4,0	2,0	-	2,0
[ha]	12.524,5	10.596,0	1.137,5	21,0	-	770,0
Vera						
EAP	-	-	-	-	-	-
[ha]	-	-	-	-	-	-
<b>Total provincia</b>						
EAP	499,0	274,0	149,0	87,0	2,0	18,0
[ha]	37.326,7	18.240,1	16.632,3	698,8	616,0	1.063,5

**Tabla 4.23: EAPs que riegan y superficie efectivamente regada, por sistema de aspersión; según departamentos del área de estudio (INDEC-CNA, 2002)**

Equipos de Aspersión						
Departamento		Estacionario	Pivote central	Avance frontal	Cañón autopropulsado	Otros
General Obligado	EAP	8	2	-	1	3
	Cantidad	24	2	-	1	3
San Javier	EAP	2	3	-	1	1
	Cantidad	2	18	-	6	1
Vera	EAP	-	-	-	-	-
	Cantidad	-	-	-	-	-
Provincia	EAP	86	45	12	30	91
	Cantidad	161	116	13	100	126

**Tabla 4.24: Cultivos que se riegan y superficie efectivamente regada en ha, por sistema. Provincia de Santa Fe. (INDEC-CNA, 2002)**

Cultivos	Total	Gravitacional	Aspersión	Localizado			Sin discriminar
				Goteo	Microaspersión	Otros	
<b>Total provincial</b>	<b>37.421,3</b>	<b>10.030,2</b>	<b>25.476,1</b>	<b>461,1</b>	<b>1.101,0</b>	<b>202,9</b>	<b>150,0</b>
Arroz	4.306,0	4.306,0	-	-	-	-	-
Maíz	9.807,8	429,0	8.279,0	1,8	1.098,0	-	-
Trigo	6.140,0	496,0	5.614,0	-	-	30,0	-
Otros cereales	150,0	-	-	-	-	-	150,0
Girasol	96,0	80,0	16,0	-	-	-	-
Soja	9.326,0	601,0	8.694,0	1,0	-	30,0	-
Otras oleaginosas	2,0	2,0	-	-	-	-	-
Papa	461,2	16,0	445,0	-	-	0,2	-
Otras hortalizas	6.645,2	3.886,9	2.265,8	397,2	3,0	92,3	-
Frutales	162,3	60,5	17,9	33,5	-	50,4	-
Otros cultivos	324,8	152,8	144,4	27,6	-	-	-

**Tabla 4.25: EAPs con límites definidos. Superficie efectivamente regada en ha por tipo de cultivo, según departamentos del área. (INDEC-CNA, 2002)**

Departamento	Arroz	Maíz	Trigo	Otros cereales	Girasol	Soja	Otras oleaginosas	Papa	Otras hortalizas	Frutales	Otros cultivos
General Obligado	-	96,0	45,0	-	-	131,0	2,0	-	34,7	50,7	146,5
San Javier	3.158,0	280,0	-	-	-	700,0	-	-	11,0	6,9	-
Vera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total provincial</b>	<b>4.306,0</b>	<b>9.807,8</b>	<b>6.140,0</b>	<b>150,0</b>	<b>96,0</b>	<b>9.326,0</b>	<b>2,0</b>	<b>461,2</b>	<b>6.645,2</b>	<b>162,3</b>	<b>324,8</b>

**Tabla 4.26: EAPs con límites definidos por fuente y sistema de distribución interna del agua, según departamentos del área. Provincia de Santa Fe. (INDEC-CNA, 2002)**

Departamento	Superficial			Subterránea
	Canal o acequia	Toma directa		
		Sin bombeo	Con bombeo	
General Obligado	1	8	16	42
San Javier	4	-	10	7
Vera	-	-	-	-
<b>Total provincial</b>	<b>35</b>	<b>13</b>	<b>138</b>	<b>676</b>

**Tabla 4.27: Total de EAPs y pozos en funcionamiento, por fuente de energía, según departamentos del área. Provincia de Santa Fe. (INDEC-CNA, 2002)**

Departamento		Combustible	Electricidad	Surgente	Otros
General Obligado	EAP	15	25	-	2
	Cantidad	16	32	-	4
San Javier	EAP	4	10	-	2
	Cantidad	5	15	-	3
Vera	EAP	-	-	-	-
	Cantidad	-	-	-	-
Total provincial	EAP	421	363	6	81
	Cantidad	685	585	15	176

Como información complementaria a los censos agropecuarios, en un relevamiento posterior de indicadores productivos realizado por el INTA (2010), se comprobó que en el área de influencia de la EEA Reconquista (Departamentos 9 de Julio, Vera, General Obligado y parte norte de San Javier) la superficie ocupada para explotaciones agropecuarias fue superior a 71.000 ha, con una cantidad de 263 productores en el sector, asociados en 31 grupos<sup>6</sup>.

En los departamentos del área de estudio, los cultivos con mayor cantidad de superficie sembrada en la campaña mencionada fueron:

- Soja de 1<sup>a</sup>: 1.876 ha
- Girasol de 1<sup>a</sup>: 1.563 ha
- Algodón: 1.113 ha
- Maíz de 2<sup>a</sup>: 821 ha
- Soja de 2<sup>a</sup>: 786 ha
- Caña de azúcar: 700 ha
- Trigo pan: 419 ha

<sup>6</sup> Análisis realizado sobre productores que no presentaban inconsistencia en la superficie informada

Los cultivos de sorgo granífero de 1ª, girasol de 2ª, maíz de 1ª y trigo candeal registraron una superficie sembrada menor a 100 ha sembradas, y las hortalizas tales como arveja, cebolla, crucíferas, maíz dulce, mandioca, remolacha, sandía, verduras de hoja, y zapallitos de tronco y coreanito, ocuparon un área inferior a 20 ha por cada cultivo, a excepción de la batata con más de 80 ha (Tablas 4.28 a 4.50, en Anexo II).

En el área de análisis, los incrementos obtenidos en el rendimiento de algunos cultivos en secano que se riegan de manera complementaria, fueron superiores al 90 % (CORENOSA, N° 2. Pp. 17. 2012) (Tabla 4.51).

En cuanto al sector industrial, el consumo del recurso subterráneo para empresas ubicadas en el departamento General Obligado, alcanzó un valor de más de 350.000 m<sup>3</sup>/mes, registrado a la fecha del 1<sup>er</sup> Foro Regional del Agua en 2006 (Tabla 4.52).

**Tabla 4.28: Rendimiento de algunos cultivos de la zona con riego y sin riego  
(CORENOSA N° 2. Argentina; Marzo de 2012: 17-18)**

<b>Cultivo</b>	<b>Rendimiento sin riego</b>	<b>Rendimiento con riego</b>	<b>Incremento</b>
Soja	2.000 Kg/ha	3.800 Kg/ha	90 %
Maíz	3.000 Kg/ha	6.300 Kg/ha	110 %
Algodón	1.300 Kg/ha	2.500 Kg/ha	92 %
Caña de Azúcar	30 tn	65 tn	117 %

**Tabla 4.29: Consumo de empresas ubicadas en el Departamento General Obligado en m<sup>3</sup> mensuales (CORENOSA N° 2. Argentina; Marzo de 2012: 17-18)**

Tipo de empresa	Consumo de pozo m <sup>3</sup> /mes
Aceitera	51.000
Frigoríficos	112.500
Algodoneras	4.500
Azucareras	24.000
Papeleras	162.000
TOTAL	354.000

En lo referente a la actividad pecuaria, la cantidad de EAPs con ganado en la provincia de Santa Fe de acuerdo al CNA 2008 fue superior a 25.000, incluyendo todas las especies ganaderas (Figura 4.174). La mayoría de las EAPs se dedica al ganado bovino en un 61 %, seguido de un 29 % de EAPs con ganado equino.

En cuanto al número de cabezas, el ganado bovino representa el 92 % de la existencia ganadera en la provincia, con más de 6.200.000 cabezas. Para el resto del ganado, la especie porcina ocupa un 6,2 % del total provincial, con casi 500.000 cabezas (Figura 4.175).



**Figura 4.174: Distribución de las EAPs por tipo de ganado en la provincia de Santa Fe. (INDEC – CNA, 2008)**



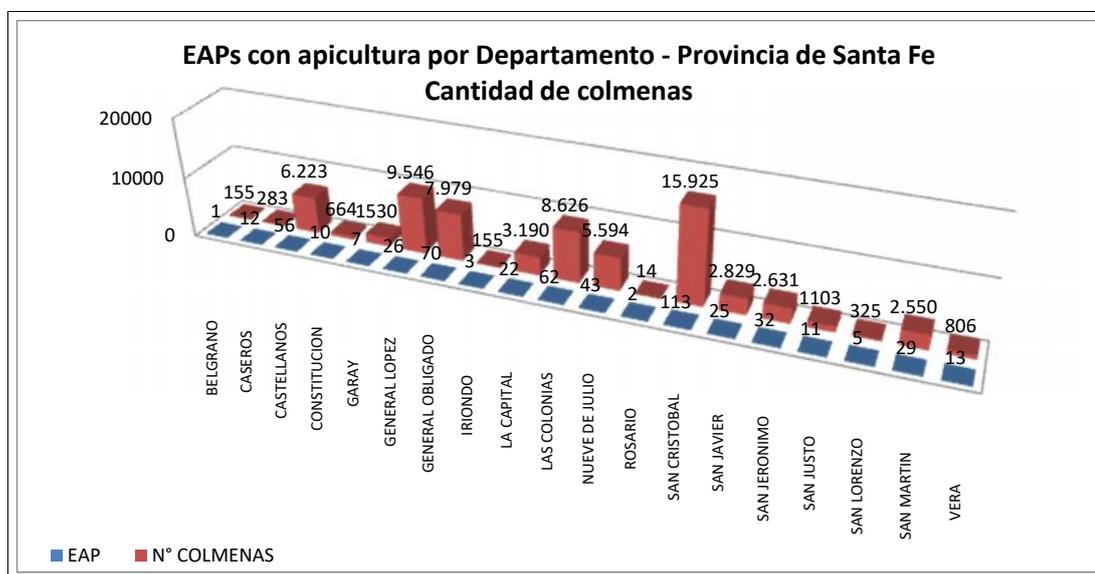
**Figura 4.175: Número de cabezas por tipo de ganado en la provincia de Santa Fe.  
(INDEC – CNA, 2008)**

Los departamentos del área de estudio poseen aproximadamente entre 1.500 a 2.900 EAPs con existencias ganaderas (INDEC - CNA, 2008). Vera y General Obligado cuentan con 801.189 y 560.699 cabezas de ganado, respectivamente, y San Javier con 261.241. Los departamentos mencionados representan menos de un 12 % de la cantidad de cabezas de ganado y de EAPs con existencias ganaderas en el ámbito provincial (Tabla 4.53). De igual modo que en el territorio provincial, el ganado bovino representa la mayor cantidad de cabezas.

**Tabla 4.30: EAPs con ganado y número de cabezas, por grupo de especies; según departamentos del área de estudio. (INDEC – CNA, 2008)**

Departamento	Bovinos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Porcinos	Total
<b>General Obligado</b>						
EAP	1.624	67	53	1.114	58	2.916
cabezas	534.328	2.720	3.190	7.618	12.843	560.699
<b>San Javier</b>						
EAP	782	126	29	611	29	1.577
cabezas	250.007	5.262	775	4.493	704	261.241
<b>Vera</b>						
EAP	1.259	133	146	932	82	2.552
cabezas	773.708	5.094	7.972	11.242	3.173	801.189

La apicultura tiene una actividad significativa en los departamentos General Obligado y San Javier, con casi 8.000 colmenas en Gral. Obligado, ubicándose entre los departamentos que poseen mayor número de colmenas en la provincia (Figura 4.176).



**Figura 4.176: Número de colmenas por Departamento en la provincia de Santa Fe. (INDEC – CNA, 2002)**

#### 4.2.2. *Marco socio-institucional*

En el territorio de la zona de estudio se presentan varias instituciones, organizaciones y actores sociales, del orden público y privado, provenientes del ámbito nacional, provincial, regional, y municipal o comunal/local, que conllevan diferentes acciones vinculadas a la gestión del recurso.

Como corolario de los antecedentes obtenidos en materia institucional, en la Figura 4.177 se mapean los actores involucrados en los diferentes niveles mencionados, mediante la metodología Arco Iris de actores del Sistema de Análisis Social (Chevalier y Buckles, 2009). Es un proceso dinámico y subjetivo, en el que se muestran en los esquemas de arco iris los distintos grupos y organizaciones civiles, públicas y privadas referentes a los distintos órdenes territoriales, con el objetivo de visualizar de manera preliminar los actores que podrían incidir en una situación o línea de acción referente a la gestión del recurso hídrico, y los actores que pueden resultar afectados por la misma, en mayor o menor medida.

Se pudo observar que la mayoría de los actores de la zona de estudio pertenecen al ámbito regional y local, con una significativa participación e incidencia del sector privado y las organizaciones civiles.

En relación a las instituciones del orden nacional, a nivel general en el sector cabe mencionar las actividades de extensión que desarrolla el INTA en sus distintos programas, para la gestión del recurso hídrico en el contexto agropecuario. Asimismo, el MAGyP y la SsAF fomentan el desarrollo agropecuario de la región generando espacios participativos y financiando proyectos para los productores de la zona.

La SsRH y los demás organismos federales también promueven espacios de participación entre los distintos actores, en el marco del seguimiento de la política hídrica nacional y la gestión integrada de los recursos hídricos.

A nivel regional, es significativa la acción del CORENOSA y el CONSEJO DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE LA R1, que reúnen a su vez diferentes organizaciones de la sociedad civil, públicas y privadas, algunas de ellas con un peso importante sobre el uso y/o la gestión del recurso, como las ONG's FUNDAPAZ e INCUPO, ACIA, UOCB, ACMAyDRS, entre otras.

A nivel regional/local, los Comités de cuenca poseen la misión de generar un ámbito de trabajo donde cada territorio identifica los problemas hídricos y promueve la búsqueda de soluciones, garantizando la continuidad en el tiempo del accionar comunitario, buscando el continuo desarrollo y capacitación de los dirigentes zonales.

Las demás instituciones/organizaciones mapeadas también incentivan en mayor o menor escala la gestión integrada del recurso y la solución de posibles conflictos entre usuarios.

La mayoría de estos actores socio-institucionales mapeados se vinculan a través de programas en el marco de la política hídrica nacional, regional, provincial y local, con miras a realizar una gestión integrada del recurso hídrico en los diferentes niveles territoriales, como se menciona en el apartado 4.2.3.

Por último, se resumen en la Tabla 4.54 los actores mencionados y el nivel de gestión específico para los mismos. En las Tablas 4.55 a 4.57 se especifican las funciones y/o acciones de los mismos, indicando además potenciales fortalezas y debilidades en relación a la gestión del recurso, para cada ámbito territorial, como ser: orden nacional, orden regional/provincial, y orden de competencia municipal/local.

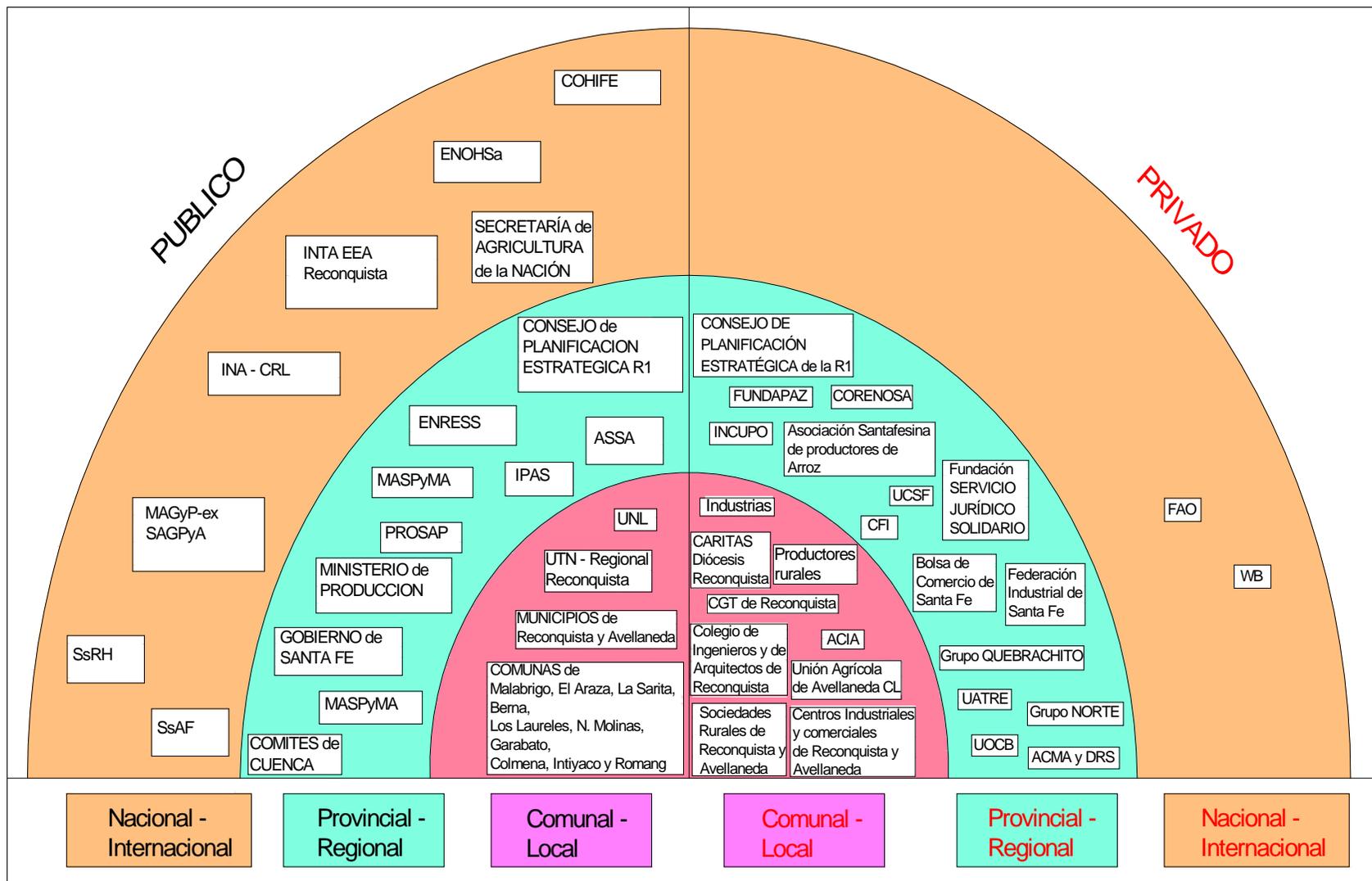


Figura 4.177: Actores involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis. Metodología de Arco Iris

**Tabla 4.31: Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis. Nivel de gestión**

Actor	Nivel de gestión
Food and Agriculture Organization (FAO) – Organización para la Agricultura y la Alimentación – ONU World Bank (WB) – Banco Mundial Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP, ex-SAGPyA) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – EEA Reconquista Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento (ENOHSa) Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH) Consejo Hídrico Federal (COHIFE) Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Litoral (INA - CRL) Secretaría de Agricultura de la Nación Subsecretaría de Agricultura familiar (SsAF) Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP) Gobierno de la Provincia de Santa Fe Legisladores provinciales de la Provincia de Santa Fe Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Fe Comités de cuenca de la Provincia de Santa Fe Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medioambiente (MASPyMA) Aguas Santafesinas S.A. (ASSA) Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS) Municipalidad de Reconquista Municipalidad de Avellaneda Comuna de Malabrigo Comuna de La Sarita Comuna de Berna Comuna de El Arazá Comuna de Los Laureles Comuna de Nicanor Molinas	Normativo y de control

**Tabla 4.31: (continuación). Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis.**

**Nivel de gestión.**

<b>Actor</b>	<b>Nivel de gestión</b>
Comuna de Garabato Comuna de Colmena Comuna de Intiyaco Comuna de Romang	Normativo y de control
Consejo de Planificación Estratégica de la Región 1* Colegio de Arquitectos D6 - Reconquista Colegio de Ingenieros de Reconquista Instituto de Cultura Popular (INCUPO) Fundación Servicio Jurídico Solidario Cáritas Diócesis Reconquista Confederación General del Trabajo (CGT) sede Reconquista Fundación para el Desarrollo en Justicia y Paz (FUNDAPAZ) Instituto Provincial de Aborígenes Santafesinos (IPAS) de la R1 Grupo Quebrachito	Político - social
Usuarios: productores rurales, industrias y localidades Consejo Regional Económico del Norte de Santa Fe (CORENOSA) Consejo Federal de Inversiones (CFI) Bolsa de Comercio de Santa Fe Federación Industrial de Santa Fe Grupo de Empresas Norte Sociedad Rural de Reconquista Sociedad Rural de Avellaneda Unión Argentina de Trabajadores Rurales y Estibadores (UATRE) Unión Agrícola de Avellaneda Cooperativa Limitada	Económico - productivo

**Tabla 4.31: (continuación). Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis.**

**Nivel de gestión.**

<b>Actor</b>	<b>Nivel de gestión</b>
Unión de Organizaciones de Pequeños Productores de la Cuña Boscosa Santafesina y Bajos Submeridionales (UOCB) Asociación Civil Impulsar (ACIA) Asociación Civil Mesa Azucarera y de Desarrollo Regional Santafesina (ACMAyDRS) Centro Industrial y Comercial de Avellaneda Centro Industrial y Comercial del Litoral Norte de Reconquista Asociación Santafesina de Productores de Arroz	Económico - productivo
Universidad Católica de Santa Fe (UCSF) Universidad Nacional del Litoral (UNL) Universidad Tecnológica Nacional sede Reconquista (UTN Reconquista)	Científico - ambiental

**Tabla 4.32: Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis del orden nacional**

<b>Orden Internacional y Nacional</b>			
<b>Actores socio-institucionales</b>	<b>Actividades/Funciones/Objetivos</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Food and Agriculture Organization (FAO)	Fomentar y financiar el desarrollo de estudios y proyectos regionales	Capacidad técnica Asistencia financiera	
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP, ex-SAGPyA)	Fomentar y financiar el desarrollo de Pymes agropecuarias y de la agricultura familiar	Capacidad técnica Asistencia financiera	Tiempos administrativos
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)	Investigación y extensión agropecuaria Generación, adaptación y transferencia de tecnologías Financiamiento a pequeños productores	Capacidad técnica Infraestructura de servicios Gestión integrada	Tiempos administrativos Disponibilidad financiera
Secretaría de Agricultura de La Nación - Subsecretaría de Agricultura Familiar (SsAF)	Mejorar la calidad de vida de los agricultores familiares	Asistencia técnica, financiera y social para las organizaciones familiares	Tiempos administrativos Disponibilidad financiera
Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH)	Ejercer los lineamientos de la política hídrica nacional Fomentar la coordinación entre organismos para la gestión integrada de los recursos hídricos	Capacidad técnica Asistencia financiera para obras	Tiempos administrativos
Consejo Hídrico Federal (COHIFE)	Gestión de la participación Formulación y seguimiento estratégico de la política hídrica nacional	Gestión integrada	
Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Litoral (INA - CRL)	Asistencia técnica Estudios y proyectos regionales	Capacidad técnica Infraestructura de servicios	Tiempos administrativos
Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento (ENOHSa)	Aprobar proyectos de acuerdo a normas establecidas Financiar obras hídricas y de saneamiento	Capacidad técnica Asistencia financiera para obras	Tiempos administrativos

**Tabla 4.33: Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis del orden regional y provincial**

<b>Orden Regional y Provincial</b>			
<b>Instituciones</b>	<b>Actividades/Funciones/Obj.</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Ministerio de la Producción	Gestión de la producción industrial y agropecuaria Gestión del comercio interno y externo Desarrollo territorial y promoción de PyMES En conjunto con UCSF y la Bolsa de Comercio de Santa Fe, aportar información de indicadores agropecuarios a productores de la cadena agroindustrial mediante el Programa “Sistema de estimaciones agrícolas para el centro – norte provincial”	Capacidad técnica Capacidad de Gestión	Tiempos administrativos Disponibilidad financiera
Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medioambiente (MASPyMA)	Gestión a nivel de cuencas hidrográficas provinciales Administración de obras hidráulicas Estudios y proyectos para la provisión de agua potable Estudio de fuentes (superficial y subterránea) Estudios y proyectos para obras de alcantarillado y cloacas	Capacidad de gestión Ejecución de obras Asistencia técnica en estudios y proyectos	Tiempos administrativos Disponibilidad financiera
Aguas Santafesinas S.A. (ASSA)	Prestador de servicios de agua potable y cloacas en Reconquista Futura prestación a localidades del sector de análisis, a través de los Acueductos Reconquista y del Norte	Capacidad de gestión Ejecución de obras Asistencia técnica en estudios y proyectos	Tiempos administrativos Disponibilidad financiera
Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS)	Control de límites fijados por las normas en efluentes cloacales y sistemas para agua potable	Capacidad de gestión	Tiempos administrativos

**Tabla 4.33: (continuación). Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis del orden regional y provincial**

<b>Orden Regional y Provincial</b>			
<b>Instituciones</b>	<b>Actividades/Funciones/Obj.</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Comités de cuenca	Fomentar búsqueda de soluciones a los problemas hídricos en las cuencas hidrológicas provinciales Incentivar el manejo integral de los recursos naturales a nivel regional Promover la participación de productores, municipios y comunas	Capacidad de Gestión	Tiempos administrativos Gestión ambiental local reducida Capacidad técnica y económica insuficiente
Consejo Regional Económico el Norte de Santa Fe (CORENOSA)*	Gestión de la participación Fomentar la realización de estudios técnicos, proyectos y ejecución de obras de infraestructura para el desarrollo económico regional	Gestión de la participación Fomentar la producción y el desarrollo regional	
Consejo de Planificación Estratégica de la R1*	Concertación entre el Estado provincial, gobiernos locales y organizaciones e instituciones de la sociedad civil del nodo R1 Seguimiento a los proyectos estratégicos de la región del nodo R1	Gestión integrada	
Universidad Nacional del Litoral (UNL) Universidad Tecnológica Nacional sede Reconquista (UTN - Reconquista) Universidad Católica de Santa Fe (UCSF)	Realización de estudios técnicos y proyectos para la ejecución de obras de infraestructura Estudios y proyectos para la provisión de agua potable Estudio de fuentes (superficial y subterránea) Estudios y proyectos regionales	Capacidad técnica Capacidad de gestión	
Consejo Federal de Inversiones (CFI)	Promover la integración y planificación regional Destinar recursos económicos y de cooperación técnica a proyectos de interés	Capacidad de gestión	Tiempos administrativos

\*El CORENOSA y el Consejo de Planificación Estratégica de la R1 engloban distintas instituciones y organizaciones públicas y privadas del orden regional y local citadas en Tabla 49

**Tabla 4.34: Actores socio-institucionales involucrados en el manejo del recurso hídrico en la zona de análisis del orden local**

<b>Orden Local: Municipios, comunas, productores e industrias locales</b>			
<b>Instituciones</b>	<b>Actividades/Funciones/Obj.</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Municipalidades de la región *	Permisos producción local (sector industrial, agricultura y ganadería) Permisos utilización y aprovechamiento del recurso hídrico	Fomenta el desarrollo industrial Importante dedicación al sector primario	Falta de visión ambiental por construcción de áreas industriales próximas al ejido urbano y dentro del mismo
Comunas de la región *	Permisos producción local (sector industrial, agricultura y ganadería) Permisos utilización y aprovechamiento del recurso hídrico	Importante dedicación al sector primario	Disponibilidad financiera Capacidad Técnica
Productores rurales	Producción primaria	Desarrollo del sector primario	Modernización en infraestructura para riego y abrevado de animales Escasos Consorcios y Asociaciones Disponibilidad financiera Capacidad Técnica
Industrias	Producción industrial y agroindustrial	Desarrollo del sector industrial y agroindustrial	Gestión ambiental

\*Citadas en Tabla 49.

La información respecto a los principales usos y necesidades de los actores comprometidos en el manejo del agua en el sector de estudio se indica en Tabla 4.58, y en función de esta última y de los datos relacionados con el medio físico y socioeconómico citados y de las entrevistas realizadas, se establece a posteriori un

análisis preliminar de los intereses relacionados con el recurso hídrico subterráneo, y los posibles conflictos entre usuarios (capítulo 5), para luego aplicar los conceptos de la GIRH y elaborar el plan de gestión integrada para el recurso hídrico subterráneo en el capítulo 6.

**Tabla 4.35: Usos y necesidades de los actores comprometidos en la utilización del recurso hídrico en la zona de análisis**

ACTORES COMPROMETIDOS EN LA UTILIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	USOS	NECESIDADES
Municipios y Comunas del sector	Abastecimiento de agua potable	Provisión con agua de calidad aceptable dentro de los límites fijados por las normas Red de agua y sistema de desagües cloacales
Sector industrial de la zona	Abastecimiento para consumo industrial y agroindustrial	Provisión con agua de calidad aceptable dentro de los límites fijados por las normas Sistema de desagües cloacales e industriales
Agricultores de la zona	Agua para riego /Agricultura de secano	Provisión con agua de calidad aceptable dentro de los límites fijados por las normas
Ganaderos de la zona	Abastecimiento de bebida para ganado	Provisión con agua de calidad aceptable dentro de los límites fijados por las normas

#### 4.2.3. Política hídrica

En el territorio nacional, en el marco de las políticas relacionadas con el agua, se han definido objetivos para el uso, protección y conservación de los recursos hídricos, bajo la visión de la gestión integrada y sustentable de los mismos.

En el año 2003, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y las provincias, convocaron a todos los sectores vinculados en el uso, gestión y protección

de los recursos hídricos para arribar a un acuerdo federal del agua, consensuando los fundamentos de una política hídrica nacional. Este acuerdo logra combinar principios de la política relacionados con el agua, integrando aspectos sociales y ambientales, a través de la incorporación de bases para la organización, gestión, economía y protección de los recursos hídricos.

Estos lineamientos de política hídrica crearon la formulación de los Principios Rectores de Política Hídrica (PRPH). El Consejo Hídrico Federal (COHIFE) conformado a través del acuerdo federal del agua, plasmó las bases para la ley marco de política hídrica para que la misma sea coherente, efectiva y unifique el interés provincial, regional y nacional por medio de una gestión integrada de los recursos hídricos que minimice los conflictos relacionados con el agua (COHIFE, 2003).

La provincia de Santa Fe adhiere a los PRPH en el año 2010, constituyendo así la base para la gestión hídrica provincial. El Gobierno de Santa Fe interviene en todo lo concerniente al recurso agua -en superficie y subterránea- y sus usos posibles.

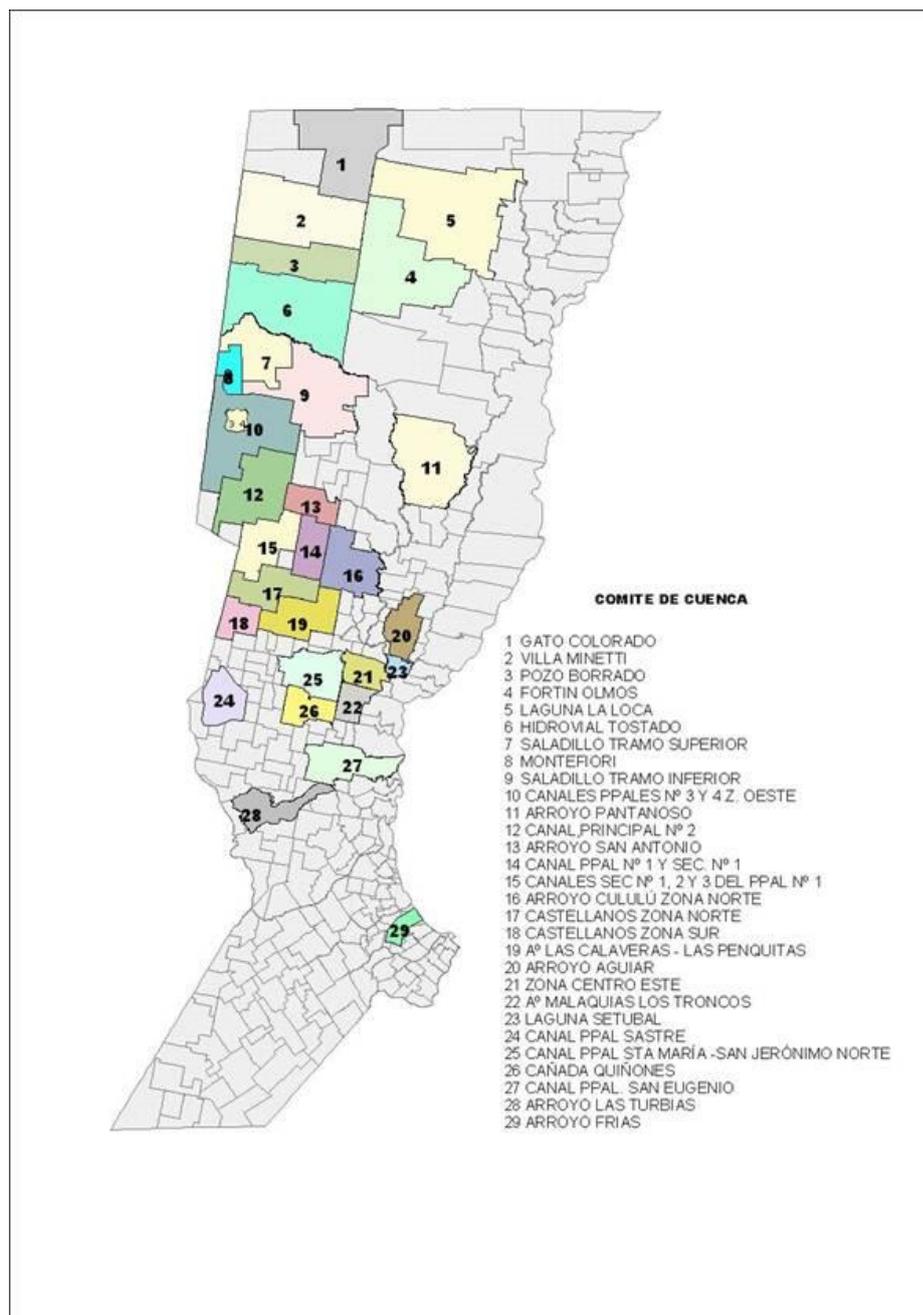
El ente responsable en materia hídrica en la provincia es el Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medioambiente (MASPyMA). La Secretaría de Aguas del MASPyMA lleva adelante las acciones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos a través de las Direcciones pertinentes, los Comités de cuencas, el Ente prestador de servicios sanitarios (ASSA), y el Ente regulador de los servicios sanitarios (ENRESS).

El espacio participativo donde se debaten los lineamientos de política hídrica en todas las regiones (macro y micro) y en el que se realiza el seguimiento de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos en la provincia de Santa Fe, es el Observatorio Regional del Agua, dependiente de la Dirección Provincial de los Recursos Hídricos del MASPyMA.

En la región, el gobierno provincial suministra la tecnología necesaria a los Comités de cuenca para la ejecución de obras hidráulicas pertinentes al control del drenaje de las aguas y al aprovechamiento integral de las mismas. Se constituyeron 35 Comités de cuencas, de los cuales 29 se encuentran actualmente en funcionamiento. Estos Comités abarcan el 52 % de la superficie provincial e involucran a 210 distritos. Además, los Comités promueven la participación de más de 850 representantes de productores, municipios, comunas y el estado provincial (Figura 4.178).

En la región de los Bajos Submeridionales (sector noroeste del área de estudio), debido a los recurrentes excedentes y déficits estacionales y la necesidad de formular una gestión integrada y sustentable para el sistema hidrológico mencionado, se creó en 1974 el Organismo Interjurisdiccional de la Región Hídrica de los Bajos Submeridionales, compartido por las provincias de Chaco, Santiago del Estero y Santa Fe. Para minimizar los impactos negativos de las inundaciones en el sector se formularon tres proyectos de obras de descarga, denominados Línea Tapanagá, Línea Paraná y Línea Golondrina, los que comenzaron a plasmarse en la década de los '90. Los dos primeros descargan en el Paraná y el tercero en el río Salado.

Con el fin de coordinar la operación de los canales entre las jurisdicciones, se creó en el 2012 el Comité Interjurisdiccional de los Bajos Submeridionales, donde su principal objetivo es atender el mantenimiento de obras de descarga que ya fueron construidas por la SSRH y realizar estudios en forma conjunta para prevenir los efectos de las sequías e inundaciones.



**Figura 4.178: Comités de Cuenca en la provincia de Santa Fe**

Disponible en: <http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/34327>

A continuación se mencionan una serie de programas en el marco de la política hídrica, donde se brindan lineamientos a llevar a cabo para una gestión integrada del recurso hídrico en los diferentes niveles territoriales (nacional, regional, provincial y local):

## **PROGRAMAS NACIONALES<sup>7</sup>**

*PNFRH (Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos):*

El Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos (PNFRH) es una iniciativa conjunta del Consejo Hídrico Federal (COHIFE) y de la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH). El Documento Base del Plan fue aprobado en la Asamblea del COHIFE celebrada el mes de noviembre de 2006.

El objetivo del PNFRH es promover la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), mediante un proceso participativo que facilite la coordinación y cooperación entre todos los organismos, hídricos y no hídricos, que influyen sobre la gestión hídrica.

Su metodología se apoya sobre tres criterios principales:

- Priorización de los problemas en un marco participativo
- Priorización de las acciones
- Colaboración entre organismos de diferentes sectores o jurisdicciones

Estos criterios se apoyan sobre una visión que es compartida por la SSRH y el COHIFE, donde los principales problemas que enfrenta la Gestión Hídrica sólo pueden ser resueltos sobre la base de promover la coordinación y la colaboración entre organismos cuyas competencias incluyen acciones de gestión hídrica. Por lo tanto, el Plan propone un proceso de planificación para promover la coordinación entre organismos, consistente en los siguientes puntos:

- A. Apoyar la formulación de Planes Provinciales de Recursos Hídricos (PPRH)
- B. Apoyar la formulación de planes en los Comités de Cuenca

---

<sup>7</sup> *Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios – Secretaría de Obras Públicas-Subsecretaría de Recursos Hídricos*

C. Organizar talleres con representantes de organismos provinciales, de alcance provincial, regional o nacional

D. Organizar talleres con organismos nacionales no hídricos, para promover la coordinación entre organismos nacionales, y entre éstos y los organismos provinciales.

Además, el PNFRH indica que el trabajo participativo se concretará en la definición de proyectos específicos, los que requieren la constitución de Grupos de Trabajo Interorganismo (GTI) para su diseño y para su implementación.

*PNFAS (Plan Nacional Federal de Aguas Subterráneas):*

En el marco de la elaboración del Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos (PNFRH) en el 2007, las autoridades del COHIFE expresaron la dificultad para la toma de decisiones en materia de aguas subterráneas por la escasa cultura del manejo sustentable de los acuíferos. En consecuencia, surgió la necesidad de elaborar un Plan específico de Aguas Subterráneas que tuviera en cuenta lo siguiente:

- Disponer de valores de oferta y demanda hídricas fehacientes en tiempo y espacio
- Mejorar la articulación entre los organismos haciendo más factible la Gestión integrada de Recursos Superficiales y Subterráneos
- Velar por la protección ambiental de las explotaciones, procurando el menor impacto sobre el medio y la correcta disposición de efluentes
- Asentar las bases de prevención de eventuales futuros conflictos de uso

El Plan Nacional de Aguas Subterráneas se encuentra a la fecha en la primera fase de ejecución, avanzándose en las siguientes acciones:

- Conformación de la Base de Datos Hidrogeológica Nacional
- Continuación de estudios en el Sistema Acuífero Guaraní en la Argentina, y participación diversa en acciones sobre acuíferos transfronterizos y cuencas interjurisdiccionales.
- Confección y apoyo a la ejecución de los Mapas Temáticos de Agua Subterráneas, provinciales, nacionales y regionales.
- Intervención y colaboración con temáticas nacionales e interjurisdiccionales de afectaciones donde intervenga el Agua Subterránea
- Promoción de aspectos de explotación y usos eficientes del agua subterránea, educación y difusión
- Optimización de las temáticas institucionales y normativas de la Gestión específica de los Acuíferos

En el sector agropecuario, agroalimentario y agroindustrial se genera un vínculo estrecho con la política hídrica establecida debido al uso de los recursos hídricos, por lo que se implementan planes y programas en los distintos niveles territoriales para la gestión integrada y sostenible del mismo, en relación a los sectores mencionados.

Se citan a modo de referencia:

*PEA (Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2020)*<sup>8</sup>:

El Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal (PEA) propone para el período 2010-2020 profundizar la tendencia del aumento del valor agregado (PEA<sup>2</sup>), en particular en los lugares de origen de la producción, generando una fuerte inserción de la Argentina en las cadenas globales de valor mundial, con la finalidad de impulsar un proceso productivo en un marco de equidad, sustentabilidad ambiental y territorial (Modelo de Valor Agregado con Desarrollo).

En materia de recursos hídricos, considera que en los próximos años la disponibilidad y calidad del agua para la actividad agrícola será un factor clave.

Objetivos específicos:

- Incrementar el volumen y diversidad de la producción agroalimentaria y agroindustrial argentina generando mayor valor agregado en particular en el lugar de origen
- Incrementar la productividad de los factores de producción agroalimentaria y agroindustrial
- Aumentar el volumen de las exportaciones agroalimentarias y agroindustriales
- Estimular el desarrollo, la difusión y la adopción de innovaciones tecnológicas agroalimentarias y agroindustriales
- Fomentar el desarrollo de formas organizativas tales como redes productivas por cadenas de valor, redes industriales, clusters, consorcios, cooperativas,

---

<sup>8</sup> *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación – Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca*

fundaciones, entre otras, que permitan abordar las problemáticas sectoriales y territoriales.

- Impulsar la constitución y el funcionamiento de organizaciones sectoriales que coordinen equitativa y armónicamente el desarrollo productivo sustentable a nivel territorial, regional y nacional.
- Diseñar y ejecutar las obras de infraestructura pública requeridas para el pleno desarrollo económico y social derivado de las actividades agroalimentarias y agroindustriales.

*ProFeder (Programa Federal de apoyo al Desarrollo Rural)<sup>9</sup>:*

El Programa Federal de apoyo al Desarrollo Rural (2003) se creó como una herramienta para colaborar con las PyMEs agropecuarias con el objetivo de contribuir a la promoción de la innovación tecnológica y organizacional, al desarrollo de las capacidades de todos los actores del sistema y al fortalecimiento de la competitividad sistémica regional y nacional, en un ámbito de equidad social y sustentabilidad.

Las acciones de este Programa se ejecutan mediante proyectos y planes de trabajo grupales. El eje está puesto en apoyar procesos participativos para satisfacer las demandas y potenciar las capacidades y oportunidades que surgen en los territorios. Las acciones se desarrollan mediante diversos instrumentos: Cambio Rural, Pro-Huerta, Proyectos de Apoyo al Desarrollo Local, Minifundio, Profam y Proyectos Integrados.

---

<sup>9</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca –Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

*PROSAP (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales)*<sup>10</sup>:

El *Programa de Servicios Agrícolas Provinciales* (PROSAP) se formalizó para implementar a nivel provincial y nacional, proyectos de inversión pública social y privados, ambientalmente sustentables, incrementando la cobertura y la calidad de la infraestructura rural y de los servicios agroalimentarios. El objetivo principal es desarrollar las economías regionales con foco en el sector agro-industrial y especial atención a los medianos y pequeños productores, emprendedores y empresarios rurales.

En el marco de un convenio de asistencia técnica entre el PROSAP y la FAO - sede Argentina (con apoyo del Banco Mundial), surge en el 2014 la propuesta de identificar el potencial del país para la ampliación del área irrigada existente y a su vez la posibilidad de desarrollar nuevas áreas de riego, bajo la elaboración de un “Plan Nacional de Riego 2014-2030” (PNR 2014-2030). Este plan se encuentra en elaboración a la fecha (mayo de 2015).

## **PROGRAMAS PROVINCIALES - REGIONALES**

*Plan Estratégico Provincial (PEP)*<sup>11</sup>:

Es el resultado de un proceso participativo durante el año 2008, con el objetivo central de pensar el futuro de la sociedad santafesina. Las Asambleas se realizaron en los distintos Nodos de cada una de las cinco Regiones del territorio provincial.

El PEP es un instrumento de trabajo flexible, cuya función es orientar la gestión gubernamental del momento y las próximas, precisando políticas de Estado a largo plazo. Considera además la acción del sector privado y de la sociedad civil en

---

<sup>10</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca –Unidad para el Cambio Rural

<sup>11</sup> Ministerio de Gobierno de la Provincia de Santa Fe

general, contribuyendo a generar coincidencias entre los intereses sectoriales y las aspiraciones del conjunto de la población.

El PEP ordena un conjunto de programas y proyectos a escala provincial y regional en los cinco nodos establecidos, a partir de tres Líneas Estratégicas:

- I. Territorio Integrado
- II. Calidad Social
- III. Economía del Desarrollo

Cada línea contiene programas que reúnen y articulan conjuntos de proyectos de naturaleza afín. Algunos de los proyectos son de escala provincial, debido a su naturaleza y su alcance; en tanto otros aparecen vinculados a las particularidades de los escenarios regionales.

En el marco del PEP se viene implementando en la línea de desarrollo de la calidad social el Programa “Agua Como Derecho y Oportunidad”, en el cual los proyectos “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos” y “Drenajes y Retenciones” se enmarcan en la política hídrica provincial, y se vinculan con la problemática hídrica del sector. A continuación se mencionan las principales actividades que se implementan en los proyectos mencionados:

#### *Proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*

- Diseñar e implementar la red de medición hidrológica del territorio provincial monitoreando las variables del ciclo hidrológico en cantidad y calidad

- Coordinar la accesibilidad y disponibilidad de información de las redes de monitoreo de variables hidrológicas operativas en el territorio de la provincia
- Implementar el sistema de información hídrica provincial a través de la conformación de la base de datos y actualización del inventario de los recursos hídricos, en coordinación con todas las direcciones y áreas específicas de la Secretaría de Aguas
- Delimitar las regiones hídricas de la provincia, conformadas por un conjunto de cuencas y/o subcuencas con similares características físico-ambientales, socio-institucionales y económico- productivas
- Planificar el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos, su uso, preservación, regulación y control (agua potable, agropecuaria, riego, industrial, áreas recreativas, etc.), incorporando enfoque gestión de riesgo y obtención de metas sociales, ambientales y económicas
- Elaborar un conjunto de medidas orientadas al fortalecimiento de la coordinación y administración de los recursos hídricos (plan hídrico, planes de cuencas, proyecto de autarquía, código de aguas, normativa para zonificación, reglamentación de normativa existente, protocolos de cogestión, capacitación formal y no formal, etc).
- Promover la gestión integrada de los recursos hídricos en todos los ámbitos incorporando enfoque multisectorial e interinstitucional y propiciando la participación de grupos de interés
- Implementar nuevos esquemas de gestión integrada que incluyan la formación de capacidades locales, orientados a la descentralización de las acciones locales (municipios y comunas, comité de cuencas, etc.).

### *Proyecto Drenajes y Retenciones*

- Construir redes de drenajes y retenciones en cuencas hidrológicas, sobre la base del concepto de equilibrio ecológico
- Estudiar y proyectar las retenciones, con el objeto de verificar cuales de ellas pueden rehabilitarse y cuales deben construirse
- Construir las obras identificadas como necesarias.
- Controlar la operación y mantenimiento de las redes de drenaje y retenciones

### *Programas Regionales*

En el sector norte se implementan varios programas de manejo del agua y desarrollo rural tales como el Proyecto de Manejo de Agua en el Norte de Santa Fe (INTA + INA-CRL + MASPyMA + UNL), el Proyecto de Desarrollo Territorial de los Bajos Submeridionales y de la Cuña Boscosa del Norte de Santa Fe - Proyecto Regional con Enfoque Territorial, el Programa Agroindustria Familiar (INTA + Ministerio de la Producción de Santa Fe), el Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural (INTA + MAGyP de la Nación), entre otros, con el objetivo de la formalización y la inserción de pequeños y medianos productores en diferentes mercados favoreciendo la integración socio-económica y promoviendo el arraigo en los territorios rurales de la provincia, incluyendo en el desarrollo rural la gestión integrada y sostenible del recurso hídrico para los diversos usos.

A nivel de proyectos para el desarrollo regional de la producción agrícola-ganadera e industrial basados en el riego (con fuente superficial y subterránea), existen tres proyectos en el ámbito rural: “La Vertiente”, “Riego Suplementario Avellaneda” y “Riego de la Cuenca Cañera Santafesina”.

El Proyecto Integral de Riego ubicado en el Paraje rural La Vertiente surge como iniciativa de la Municipalidad de Avellaneda en el 2007, en conjunción con la Unión Agrícola de Avellaneda, el INTA, y la Cooperativa de Servicios Públicos de la localidad. La finalidad era implementar la metodología de riego por aspersión para un cultivo determinado (maíz) para diversos usuarios de la zona, mediante captación superficial y subterránea para el llenado de las represas. Posteriormente, en las diversas etapas del proyecto se conformó un grupo de empresas “Vertiente SRL” para administrar el riego y la superficie de cultivo de manera asociativa en 150 ha.

En cuanto al Proyecto de Riego Suplementario Avellaneda, para poder concretarlo, se conformó la Asociación Civil Impulsar Avellaneda (ACIA), con el objetivo de dotar de riego suplementario al área agrícola del distrito (13.500 ha aproximadamente, con una lámina de 150 mm/mes), desarrollando una agricultura diversificada, de alto rendimiento, sustentable e integrada al complejo de procesamiento industrial y de provisión de servicios de la zona, mediante captación del río Paraná.

El “Riego de la Cuenca Cañera Santafesina” comprende el riego de la caña de azúcar en localidades del norte del departamento Gral. Obligado, en una extensión de 9.500 ha aproximadamente.

En la actualidad (mayo de 2015) se encuentra funcionando solamente el proyecto “La Vertiente”.

#### *4.2.4. Marco Legal*

Para cumplir las políticas y los objetivos fijados en materia hídrica, se siguen normas a nivel nacional, provincial y local que dan cuenta de la propiedad del agua, los permisos para el uso, la capacidad de transferencia para los mismos, derechos

consuetudinarios y normas regulativas en materia de conservación, protección, y prioridades de uso.

Las políticas hídricas para el caso de estudio, se rigen mediante las siguientes normas y convenios a escala nacional, regional, provincial y local:

### *Orden Nacional*

#### *A nivel constitucional*

- Artículo 41: corresponde a la nación regular la utilización racional de los recursos naturales, la preservación del patrimonio natural y dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección ambiental, y a las provincias dictar las normas complementarias

- Artículo 124: Las provincias tienen el dominio originario de los recursos naturales en su territorio

#### *A nivel legislativo*

- Código Civil: Artículo 2340, inciso 3: Las aguas subterráneas pertenecen a los bienes públicos sin perjuicio del ejercicio regular del derecho del propietario del fundo de extraer las aguas subterráneas en la medida de su interés y con sujeción a la reglamentación

- Ley N° 25.688 (28/11/2002). Régimen (nacional) de gestión ambiental del agua. Establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional

- Ley N° 25.675 (6/11/2002). Ley general del ambiente. Establece los presupuestos mínimos para una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable

### *Convenios Interprovinciales*

Las Provincias de Santiago del Estero, Chaco y Santa Fe suscribieron en marzo de 2012 un Acta Acuerdo con el objeto de establecer pautas tendientes a lograr en forma conjunta el manejo y desarrollo sustentable de las cuencas interprovinciales de los Bajos Submeridionales.

El compromiso se conformó mediante una serie de cláusulas entre las cuales se presentó la conformación de un comité interjurisdiccional por parte de las provincias intervinientes para la elaboración de un plan de acción conjunto referido al manejo de los recursos hídricos compartidos.

### *Orden Provincial*

- Ley de Aguas de la provincia de Santa Fe (con media sanción a Agosto de 2014)
- Ley N° 10.552. Ley de Conservación de Suelos. Control y prevención de todo proceso de degradación de suelo. Sancionada por la Legislatura de la provincia. 22-11-1990. Promulgada el 17/12/1990. Publicada en Boletín Oficial el 21-03-1991
- Ley N° 12.175. Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas. Sancionada por la Legislatura de la provincia. 30-10-2003. Promulgada el 04/12/2003. Publicada en Boletín Oficial el 16-12-2003
- Ley N° 13.132. La provincia de Santa Fe adhiere a los Principios Rectores de Política Hídrica. Sancionada por la Legislatura de la provincia. 23/09/2010
- Ley N° 12.081. Régimen de resolución de situaciones conflictivas originadas por los efectos de obras menores, obras hidráulicas no autorizadas u otras obras, en los casos que alteren o modifiquen el escurrimiento natural de las aguas y

causen un daño real o previsible. Publicada en Boletín Oficial el 11/12/2007.  
Sancionada por el Poder Legislativo de la provincia

- Ley N° 12.817. Modificatoria Ley de Ministerios N° 12.257: Creación del Ministerio de Asuntos Hídricos. Publicada en Boletín Oficial el 11/12/2007.  
Sancionada por el Poder Legislativo de la provincia

- Ley N° 11.730. Bienes ubicados en zonas inundables. Publicada en Boletín Oficial el 16/03/2000. Sancionada por la Legislatura de la provincia

- Ley N° 11.717/99. Decreto N° 63/99. Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Decreto N° 101/03 de Evaluación de Impacto Ambiental. Sancionada por la Legislatura de la provincia. 1999

- Ley N° 11.220. Transformación del Sector Público de Agua Potable y Saneamiento de la provincia. Privatización de DIPOS. Sancionada por la Legislatura de la provincia. Publicada en Boletín Oficial 12/12/94. Anexos A, B y C reglamentación de límites obligatorios y recomendados para la calidad del agua para consumo humano y de la descarga de efluentes cloacales

- Ley N° 9.830. Comités de cuenca provinciales. Sancionada por la Legislatura de la provincia. 1987

- Ley N° 6.354 del 29/09/1967 y sus modificatorias Ley N° 8.072 del 07/07/1977 y la Ley N° 8.982 del 13/04/1982. Registro de áreas sembradas y de la producción y existencia ganadera. Sancionada por el poder ejecutivo provincial

- Decreto N° 2.797. Creación del Comité Intraprovincial de los Bajos Submeridionales. Sancionado por el Poder Ejecutivo Provincial. 09/10/2012

- Decreto N° 3.695. Reglamentación Ley N° 11.730. Bienes ubicados en zonas inundables. Publicado en Boletín Oficial el 06/11/2003

- Decreto N° 485/1997. Registro Provincial de Regantes. Sancionado por el Poder Ejecutivo Provincial
- Resolución N° 395/2007. Registros Provinciales de Consultores especialistas para la realización de estudios geológicos e hidrogeológicos para el aprovechamiento de agua subterránea y exploración y alumbramiento de acuíferos someros y profundos destinados a cualquier tipo de uso; y de Empresas Constructoras de Perforaciones que sean capaces de construir captaciones en acuíferos someros y profundos
- Resolución N° 401/2008. Creación del Programa de Agroindustria Familiar (PAF)

## **5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Recapitulando, con la síntesis de los resultados de los apartados precedentes y de las características del medio físico y socioeconómico del área de estudio, se procede a cotejar el diagnóstico del marco natural y de los actores involucrados en la gestión del recurso hídrico, interpretando la posibilidad de conflictos en las interrelaciones por el uso del mismo, en particular en el empleo del recurso hídrico subterráneo para riego agrícola.

La finalidad de lo anterior es elaborar líneas de acción y/o estrategias para el manejo integrado y sostenible de la fuente subterránea, conformando de este modo el plan de gestión integrada y sostenible del recurso hídrico subterráneo para riego agrícola en el área piloto Reconquista, objetivo principal de esta tesis.

Como resultado de la información recopilada, analizada y sintetizada en relación al diagnóstico del medio físico circundante de la región, se contó con una variada gama de datos hidrometeorológicos registrados en distintas estaciones de medición en localidades de los departamentos General Obligado, Vera y San Javier, suficientes para realizar la caracterización climática y del régimen pluvial.

Se pudo resumir al clima de la zona como de transición entre templado y subtropical, con una distribución de las precipitaciones que concentra el 70% de su monto total anual entre los meses de octubre a marzo y el 30 % restante de abril a septiembre, denotando que los excesos ocurren mayormente en otoño y primavera, no así en el resto del año, cuando la precipitación caída es menor a la evapotranspiración potencial, lo que genera déficit en el almacenamiento de humedad del suelo en dicho período.

En cuanto al área de estudio, la misma estaría incluida mayormente en las regiones naturales definidas como: Llanura Chaqueña y Cuña Boscosa.

La *Llanura Chaqueña* presenta un paisaje plano extendido, muy suavemente ondulado, interrumpido por cauces permanentes y temporarios, de orientación general NO - SE. La vegetación natural refleja las características del paisaje. En las áreas encharcables se ubican las especies leñosas y arbustivas (predominio de chañar, ñandubay, algarrobo negro, y barba de viejo, entre otras). En las áreas de lomadas mejor drenadas se asientan sabanas compuestas por diversas especies de hierbas con crecimiento disperso de árboles y arbustos, entre ellos: algarrobo blanco, algarrobo negro, ñandubay, espinillo.

La *Cuña Boscosa*, por su parte, presenta un paisaje plano, con gradientes poco acentuados que dificultan el escurrimiento normal de las aguas. Dado el drenaje lento y la baja permeabilidad del suelo, casi las tres cuartas partes de la región están expuestas a peligro de anegamiento, temporal o permanente. En las áreas con un drenaje relativamente bueno, la vegetación natural está compuesta por especies herbáceas y arbóreas (quebracho blanco y colorado, algarrobo negro, chañar, ñandubay, lapacho).

Los suelos presentes en la zona son en su mayoría franco-limosos en superficie y arcillosos en profundidad. La clase de textura superficial, los bajos valores de materia orgánica, los factores climáticos y el uso agrícola intensivo, facilitan el encostramiento superficial cuando las precipitaciones son intensas, lo que afecta la infiltración del suelo y provoca un mayor escurrimiento superficial, haciendo frecuente los encharcamientos y anegamientos. Lo anterior, sumado al drenaje deficiente especialmente en el área de los “Bajos Submeridionales” (sector noroeste del área de estudio), y con la alternancia de sequías prolongadas, ocasiona detrimentos económicos y sociales de gran magnitud en la región.

En función de lo antepuesto, en la zona existe un bajo porcentaje de tierras apto para la agricultura, siendo mayormente favorables para ganadería, y hacia el oeste para ganadería extensiva solamente

En cuanto a la disponibilidad hídrica superficial, los ríos más significativos por su carácter permanente y su caudal en la región son los ríos Paraná y San Javier. En el sector de estudio se pudo caracterizar el escurrimiento superficial a través del A° Los Amores, en la localidad de Villa Ocampo (Departamento General Obligado). Del análisis se concluye que los recursos hídricos superficiales en el área de estudio son moderados a escasos, con distribución irregular.

En función de lo anterior, la fuentes hídricas superficiales disponibles para riego agrícola más significativas, son los ríos Paraná y San Javier, así como los riachos que forma el río Paraná (este de la zona de estudio). Hacia el Departamento Vera, la red de avenamiento es compleja, con vías de escurrimiento de dirección poco definidas y anastomosadas entre sí, conformando en algunas zonas áreas anegables y de lento drenaje.

La información de la descripción hidrogeológica regional resultó significativa para el análisis, no así con respecto a parámetros hidráulicos de la zona de estudio, tales como caudales de explotación, niveles, rendimientos, calidad, etc., debido a que no se dispone de un relevamiento actual de los pozos del sector.

De acuerdo a los antecedentes hidrogeológicos, los acuíferos que se explotan en el sector oriental del área de estudio (“Área de transición al Puelchense”), arrojan caudales y concentraciones de residuo seco que resultan en aguas aptas para riego de cultivos tolerantes. Al este del área piloto pueden presentarse contenidos elevados de hierro y manganeso, lo que limita la explotación de los mismos.

El sector occidental del área de análisis (área de la “Cuña Boscosa”), posee tenores químicos muy variables, pudiéndose encontrar concentraciones de hasta 40.000 mg/l de sólidos disueltos totales, conformando aguas aptas para riego de cultivos tolerantes y muy tolerantes, a inapta. Asimismo, en algunos sectores, la presencia de arenas finas conectadas a acumulaciones superficiales o a paleocauces suelen ser buenas oportunidades para encontrar capas acuíferas de regular a buena calidad, no así hacia el norte y el oeste del área.

La información recopilada más actualizada de valores de parámetros hidráulicos de las formaciones presentes en el área, se obtuvo a través estudios realizados para la implantación de la traza del Acueducto Reconquista entre las ciudades de Reconquista y Avellaneda (Díaz y otros, 2013). Los resultados de las perforaciones de estudio arrojaron valores de Transmisividad entre 300 y 600 m<sup>3</sup>/día/m, conductividad hidráulica de 5,5 y 12,5 m/día, y un coeficiente de almacenamiento del orden de 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-5</sup>, respectivamente.

En relación al contexto socioeconómico del sector, con datos de estadísticas provinciales y nacionales, de programas de desarrollo regional y nacional y sitios web de organismos oficiales y no gubernamentales, se caracterizó en gran medida la población y las actividades económicas e infraestructura de servicios de la región, especificando la aptitud y uso de las tierras (agrícolas, agrícola-ganaderas y ganaderas), porcentaje de uso agrícola por departamento, existencias ganaderas, infraestructura, gestión y desarrollo en el norte santafesino, tecnología y servicios de la región, ejes económicos-productivos, políticas de suelo y vivienda, y proyectos a escala regional en el Nodo Reconquista.

En el área de estudio la población se concentra mayormente en el conglomerado urbano de Reconquista-Avellaneda (Dpto. Gral. Obligado) y el resto se

encuentra agrupada o dispersa en el sector rural, siendo las principales fuentes de empleo local los ingenios azucareros establecidos en el norte del departamento General Obligado y los parques industriales de los distritos Reconquista y Avellaneda, reflejando la importancia de la actividad agropecuaria y agroindustrial en la zona (INDEC, 2010).

De los departamentos ubicados en el norte de la provincia, General Obligado es el de mayor participación en la actividad económica regional, aún así, coexiste un porcentaje significativo de personas desocupadas e inactivas en la región del norte provincial (INDEC, 2010).

En materia institucional, se contabilizó una variada gama de instituciones y organizaciones de la sociedad civil y del ámbito público y privado involucradas en el manejo del recurso hídrico en la zona en mayor o menor medida. La mayoría de estos actores pertenecen al ámbito regional y local, con una significativa participación e incidencia del sector privado y las organizaciones civiles, tales como el CORENOSA y el CONSEJO DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE LA R1, que reúnen a su vez diferentes organizaciones de la sociedad civil, públicas y privadas, algunas de ellas con un peso importante sobre el uso y/o la gestión del recurso en la región, como las ONG's FUNDAPAZ, INCUPO, ACIA, UOCB, ACMAyDRS, entre otras.

En el ámbito provincial, el MASPyMA interviene en las funciones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos a través de las Direcciones pertinentes, los Comités de cuencas, el Ente prestador de servicios sanitarios (ASSA), y el Ente regulador de los servicios sanitarios (ENRESS).

En materia de acciones contra inundaciones y sequías en la región, los Comités de cuencas son los encargados de llevar a cabo la gestión correspondiente. En el área de análisis no existen a la fecha Comités conformados, siendo los más cercanos los de la

Laguna La Loca y el de Fortín Olmos (Departamento Vera), y el de la región de los Bajos Submeridionales (Comité Interjurisdiccional entre Chaco, Santiago del Estero y Santa Fe), donde el principal objetivo de este último es atender el mantenimiento de obras de descarga que ya fueron construidas por la SsRH y realizar estudios en forma conjunta para prevenir los efectos de las sequías e inundaciones.

De la misma forma, las instituciones del orden nacional como el INTA, el MAGyP, la SsAF y el INA-CRL participan también en la gestión integrada y sostenible del recurso hídrico en el contexto agropecuario de la región, a través de sus distintos programas. La SsRH y los demás organismos federales procuran fomentar espacios de participación entre los distintos actores en el marco del seguimiento de la política hídrica nacional y la gestión integrada de los recursos hídricos. Las restantes instituciones/organizaciones mapeadas también incentivan en mayor o menor escala la gestión integrada del recurso y la solución de posibles conflictos entre usuarios.

La información disponible brinda un esquema preliminar de los mismos, por lo que se destaca la necesidad de realizar encuestas a las instituciones del sector y los usuarios del recurso para evaluar de manera precisa el funcionamiento, fortalezas y debilidades, y los posibles conflictos generados por el uso del recurso, respectivamente.

Los principales usuarios de los recursos hídricos en el sector son los pobladores de municipios y comunas, el sector industrial y el sector agrícola y ganadero. Los usos más frecuentes son para abastecimiento de agua potable, consumo industrial, riego y rebaje animal, respectivamente.

En cuanto al sector agrícola, de la información registrada en los censos agrícolas nacionales del 2002 y 2008 realizados en la región, se visualizó que los cultivos con mayor superficie sembrada fueron la soja y el girasol, luego el trigo, el arroz (solo en San Javier), el maíz, el sorgo granífero, la caña de azúcar y el algodón, y,

en menor escala, las forrajeras como la avena, el melilotus, el sorgo forrajero y la alfalfa.

La soja resultó uno de los principales cultivos de la superficie total. En la región, el algodón ha sido el monocultivo por años, hasta su posterior desplazamiento por la soja, constituyendo en la actualidad la principal limitante del área para alcanzar una producción sustentable y creciente, por lo que resulta necesaria la rotación de cultivos para que la agricultura pueda ser sostenible en el tiempo.

Cabe mencionar que la caña de azúcar y el algodón generan la materia prima de las principales fuentes de empleo local en las ciudades de la zona norte del departamento General Obligado, representando la caña de azúcar en este departamento más del 95 % de la superficie cultivada del total provincial, y el algodón más del 45 %.

Se riega en General Obligado el maíz, el trigo, la soja y otras oleaginosas, los frutales, algunas hortalizas, y otros cultivos sin discriminar. En San Javier los cultivos con mayor superficie regada para el lapso 2009-2010 fueron el arroz y la soja, seguido del maíz, algunas hortalizas y frutales en menor escala.

Se observó en el área que mediante la aplicación de riego complementario, los incrementos obtenidos en el rendimiento de algunos cultivos en secano como la soja y el algodón fueron superiores al 90 %, y, en el caso del maíz y la caña de azúcar, los rendimientos superaron el 110 % (CORENOSA N° 2. Argentina; Marzo de 2012: 17-18).

Las superficies regadas en el área de análisis (INDEC – CNA, 2008) fueron 718 ha en General Obligado y 12.524,5 ha en San Javier, constituyendo la superficie de regadío en los dos departamentos mencionados en un 0,4 % y un 28 % del área implantada respectivamente, denotando el uso escaso del riego en la actividad agrícola del sector.

En cuanto a la metodología de riego utilizada en los departamentos indicados según el último censo nacional agropecuario (INDEC – CNA, 2008), el sistema gravitacional fue aplicado en mayor medida, y en menor escala de uso, los sistemas de riego por aspersión y localizado. En las oleaginosas con mayor producción como la soja y el girasol, se emplean los métodos de riego por aspersión y gravitacional, respectivamente. La papa y otras hortalizas utilizan en mayor medida el riego gravitacional y por aspersión, al igual que los frutales y otros cultivos.

El riego a gran escala en el sector se plasma a través de tres proyectos, tales como: “La Vertiente”, “Riego Suplementario Avellaneda” y “Riego de la Cuenca Cañera Santafesina”. En la actualidad se encuentra funcionando el proyecto “La Vertiente”, donde se utilizan fuentes superficiales y subterráneas para regar una superficie aproximada de 140 ha, mediante la tecnología de riego por aspersión. En el caso del proyecto “Riego Suplementario Avellaneda, se prevé el riego para el área agrícola del distrito (13.500 ha), utilizando el recurso superficial del río Paraná. El “Riego de la Cuenca Cañera Santafesina” se implementará para el riego de la caña de azúcar en localidades del norte del departamento Gral. Obligado, en una extensión de 9.500 ha aproximadamente.

Cabe mencionar que en la región se implementa el abastecimiento de la demanda de agua potable, rebaje animal y riego, mediante técnicas de aprovechamiento integral del agua, las que a su vez se conforman mediante reservorios naturales y/o artificiales donde se recepta y almacena el agua proveniente de las fuentes meteórica, superficial y/o subterránea, que luego es conducida a través de cañerías hasta las redes de agua potable, los bebederos de animales y los sistemas de riego.

Esta metodología de aprovechamiento integral del agua en la zona ha favorecido la problemática de insuficiencia de agua en épocas de precipitaciones escasas o cuando se producen fallas de infraestructura en la fuente de abastecimiento primario.

Se observó en la información relevada que el consumo del sector industrial de empresas ubicadas en el departamento General Obligado, resultó significativo en relación a la explotación del recurso subterráneo, con valores de consumo mensual superiores a 350.000 m<sup>3</sup>/mes (registrado al 2006).

Por lo expuesto, resulta necesario un relevamiento actual de la demanda en los sectores mencionados, a modo de planificar la explotación integrada y sostenible del recurso.

El enfoque de la GIRH en el área de estudio se dirige principalmente a la gestión de situaciones de riesgo tales como inundaciones, sequías, contaminación, fallas en estructuras hidráulicas, falencias en los servicios de agua potable y saneamiento, disputas por asignación de agua para riego o situaciones similares.

En la actualidad, el proceso de la GIRH en el sector tiende al diseño de programas de desarrollo de capacidades para avanzar en el marco respectivo, pero aún falta fortalecer sectores involucrados en la gestión, siendo esto uno de los objetivos principales de la política hídrica regional. Asimismo, se persiguen en gran medida los lineamientos de la política hídrica nacional plasmados en el Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos y en la primera fase de ejecución del Plan Nacional Federal de Aguas Subterráneas, y de la política hídrica provincial a través del PEP, con la finalidad de generar una mayor coordinación en el desarrollo y gestión de las tierras, entre aguas superficiales y subterráneas, e intereses entre los usuarios del recurso.

Entre los organismos gubernamentales y ONG'S relacionados con el agua en el sector, se procura realizar con frecuencia procesos participativos entre la población a

modo de estimular soluciones a conflictos sectoriales, con miras a generar una toma de decisiones consensuada, e involucrar de este modo al recurso hídrico en la agenda política de los diferentes niveles jurisdiccionales, con el objetivo de impulsar su gestión de manera integrada y sostenible.

En la planificación de los recursos hídricos en la provincia existe un avance con respecto a los recursos superficiales, no así para el caso de las aguas subterráneas. Si bien se conoce a la fecha el contexto geológico e hidrogeológico de la provincia, falta avanzar en cuanto a aspectos económicos, legales, políticos y de explotación del recurso subterráneo. Se encuentra a la fecha en proceso la conformación de la base de datos hidrogeológica a través del Organismo de Infraestructura de Datos Espaciales de la provincia (IDESF) y del MASPyMA. Asimismo, se espera dar continuidad a los estudios hidrogeológicos e hidrogeoquímicos a través de distintos organismos del orden nacional y regional/local; a la promoción de aspectos de explotación y usos eficientes del agua subterránea, a la educación y difusión; y a la optimización de las temáticas institucionales y normativas de la gestión específica de los acuíferos.

En cuanto a la demanda de agua subterránea, no se dispone en la actualidad de datos fehacientes relacionados a su consumo, principalmente en materia de regantes, ya que no se cuenta con un registro de la actividad a la fecha.

El total de pozos contabilizados en el sector de análisis en el CNA 2002 fueron 52 en el departamento General Obligado y 23 en San Javier, funcionando la mayoría de éstos mediante energía eléctrica. Es necesario por lo visto, la actualización del relevamiento de los mismos y de nuevas perforaciones en el área a la fecha, caudales extraídos, calidad, etc.

Los programas de manejo del agua y desarrollo rural que se implementan en el territorio con mayor alcance en la población zonal, entre otros, son: Proyecto de Manejo

de Agua en el Norte de Santa Fe (INTA + INA - CRL + MASPyMA + UNL), Proyecto de Desarrollo Territorial de los Bajos Submeridionales y de la Cuña Boscosa del Norte de Santa Fe (proyecto regional/interprovincial), Programa Agroindustria Familiar (INTA + Ministerio de la Producción de Santa Fe), Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural (INTA + MAGyP de la Nación), incluyendo este programa diversas estrategias de intervención que se integran con el orden regional y local, tales como: Pro-Huerta, Cambio Rural, Profam, Minifundio, Programa de Agricultura Familiar y Proyectos de Apoyo al Desarrollo Local e Integrados.

En cuanto a las normas que regulan el marco de la política hídrica del sector, se expresa que las mismas se circunscriben al ámbito de la jurisdicción nacional, provincial y local.

En el ámbito nacional, la persona jurídica de derecho público que actúa como instancia federal para la concertación y coordinación de la política hídrica federal y la compatibilización de las políticas, legislaciones y gestión de las aguas de las respectivas jurisdicciones provinciales es el Consejo Hídrico Federal (COHIFE).

La Nación reconoce el principio del dominio originario de las provincias sobre sus recursos hídricos (Constitución Nacional - artículos 41 y 124). Las Leyes Nacionales N<sup>os</sup> 25.675 y 25.688 consideran la gestión ambiental del ambiente y del agua, respectivamente, en materia de la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional, los presupuestos mínimos para una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

En relación a las aguas subterráneas, se menciona en el Código Civil en su Artículo 2340, inciso 3 que “las mismas pertenecen a los bienes públicos sin perjuicio

del ejercicio regular del derecho del propietario del fundo de extraer las aguas subterráneas en la medida de su interés y con sujeción a la reglamentación”.

El marco regulatorio para los recursos hídricos de la provincia, se encuentra plasmado en la propuesta de la Ley de Aguas, la que se encuentra con media sanción al 07/08/2014.

La autoridad de control competente en relación a los recursos hídricos es el MASPMA; normado bajo la ley modificatoria de ministerios N° 12.817.

Las normas existentes en materia hídrica, tales como la Ley N° 13.132 de adhesión de la provincia a los Principios Rectores de Política Hídrica, la Ley N° 11.730 que regula el uso de bienes en áreas inundables, la Ley N° 11.220 que considera los límites para la calidad de bebida de agua potable y de descarga de efluentes cloacales, la Ley N° 9.830 referida a los Comités de Cuenca Provinciales, entre otras, se cumplimentan de modo significativo sin alteraciones.

Es de particular importancia para las aguas subterráneas, que la normativa al presente sea escasa a nula, constando solamente el registro de regantes de la provincia y el registro provincial de consultores especialistas para la realización de estudios geológicos e hidrogeológicos para el aprovechamiento de agua subterránea (Decreto N° 485/97 y Resolución N° 395/07, respectivamente). En la actualidad no se cuenta con un registro de regantes de modo oficial, lo que conlleva a un control legal insuficiente a inexistente en materia de extracción de agua subterránea.

Asimismo, en el sector de análisis son limitadas las acciones de concientización y aplicación de las normas de control capaces de revertir la desprotección de los recursos naturales, tales como: procesos de deforestación, pesca indiscriminada, caza furtiva, contaminación industrial y agotamiento de los suelos productivos. Las normas vinculadas con este tema son la Ley N° 10.552 de

Conservación de Suelos; la Ley N° 12.175 de Áreas Naturales Protegidas; la Ley N° 6.354/67 y sus modificatorias, relacionadas al registro de áreas sembradas y de la producción y existencia ganadera, entre otras.

Con todo lo expuesto, se induce a pensar que en el escenario de competencia de los diversos usos en la región los conflictos posibles más frecuentes se ven reflejados en el manejo del uso compartido del recurso hídrico a nivel comunitario y/o zonal/regional.

En particular importancia en este caso, en el sector rural debido a que la distribución espacio-temporal y cantidad de precipitaciones no resultan suficientes durante el ciclo de los principales cultivos, se generan en determinadas situaciones vandalismo y usurpación en zonas donde escasea el recurso superficial en épocas de insuficiencia de lluvias, donde se extrae caudal de canales artificiales, para riego o abrevado de ganado sin consentimiento de/los propietarios de dichos canales.

El diseño de las canalizaciones clandestinas (incorrectamente desarrolladas en su mayoría) y las áreas mal drenadas que se incorporan a la producción agropecuaria deben evaluarse integralmente. Si bien el manejo integrado de una cuenca incorpora el equilibrio ambiental, conviene tener presente que en los sectores donde la intervención clandestina condujo a un mal drenaje, será necesario restituir el equilibrio ambiental.

En relación a la fuente subterránea, en la mayoría de los casos no se encuentra reglamentado ni se consideran y monitorean los aspectos que involucran la preservación del recurso en cantidad y calidad, utilizando en forma desmedida la fuente, lo que conlleva a la posible sobre-explotación y contaminación de pozos, perjudicando de este modo el recurso y al/los productor/es de los sectores aledaños, generando también la posibilidad de conflictos entre usuarios.

De acuerdo a lo mencionado, para la utilización integrada y sostenible del recurso hídrico subterráneo, se plantearán en el capítulo siguiente las estrategias de gestión a modo de aportar soluciones a la problemática del uso desmedido y de gestión nula o deficiente de la fuente subterránea en el sector, aplicando un conjunto de herramientas y/o acciones político-administrativas con la finalidad de gestionar la oferta y la demanda del agua subterránea para el riego agrícola, con miras a obtener un desarrollo social, económico y ambiental integrado en la región.

## **6. PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL ÁREA PILOTO SELECCIONADA**

La propuesta del plan de gestión a elaborar en el presente capítulo para la gestión integrada del recurso hídrico subterráneo en el área piloto Reconquista se agrupa en un conjunto de lineamientos o estrategias de gestión. Éstas se organizan mediante acciones orientadas a la administración integral del recurso hídrico, con la finalidad de garantizar su sostenibilidad y responder a las necesidades de la población, a través de la asignación y el monitoreo del uso de los recursos hídricos en un contexto de objetivos sociales, económicos y ambientales.

Estas estrategias de gestión se plantean a partir del diagnóstico del recurso hídrico subterráneo y de los instrumentos de gestión existentes en el sector de estudio, ya sean técnicos, legales, políticos, administrativos, institucionales, económico-financieros, de planificación, gestión de la información, de participación de actores clave en el uso y manejo del recurso hídrico subterráneo, entre otros. Las mismas se orientan a identificar las acciones o medidas que se deben emprender para lograr avanzar hacia un manejo más sostenible del recurso en el área de piloto Reconquista.

La propuesta del plan de gestión que se describe a continuación se fragmenta en estrategias o lineamientos a llevar a cabo en los instrumentos de gestión mencionados, a modo de establecer una identificación de actividades para perseguir los objetivos de esta tesis.

## 6.1. Estrategias de gestión a nivel técnico

Los instrumentos de gestión técnicos contemplan todas las investigaciones y análisis que permiten avanzar en el conocimiento sobre el funcionamiento y la dinámica de los recursos hídricos subterráneos disponibles y sobre las amenazas externas que puedan llegar a afectar su calidad o su cantidad en el tiempo, por lo que se requiere disponer de información oportuna sobre calidad y cantidad, lugar de explotación, tipo de uso, usuarios del mismo y situaciones de conflicto o ambientales que puedan llegar a afectar dicho recurso.

Con este propósito se elaboraron las siguientes estrategias:

### *Actualización del registro de pozos e implementación de redes de monitoreo*

Para realizar un control y seguimiento sistemático del estado del recurso en cantidad y calidad en el sector, se necesitaría la implementación de una red de monitoreo del recurso hídrico subterráneo. Previo al proceso de preparación de la red, se debería contar con el registro actualizado de pozos del sector.

Este registro de perforaciones forma parte de la información necesaria para el estudio y ordenamiento de la información hidrogeológica del sector, y conduce al conocimiento de la ubicación y cantidad de las perforaciones existentes en el área, de los datos técnicos de las mismas, del tipo de uso (agrícola, ganadero, industrial, para consumo humano, turístico, etc.), del estado del mantenimiento, entre otros.

Lo anterior se complementaría con la reactivación del **registro de regantes** de la provincia (Decreto Provincial N° 485/97), además de optimizar los estudios y controles técnicos en los sitios donde se emplazarán nuevas perforaciones, la verificación de procesos constructivos de la captación (pozo o aljibe), las condiciones y posibilidad de aprovechamiento de las mismas, la adición de información cuali-

cuantitativa del recurso, la realización de obras tendientes a proteger las captaciones de agua, los requerimientos de los usuarios, etc.

El objetivo de una red de monitoreo del agua subterránea, es obtener información periódica suficiente que permita conocer la distribución y la variación espacio temporal de parámetros de calidad y de cantidad, a través de mediciones o análisis realizados en captaciones de aguas subterráneas y pozos de monitoreo.

Esta red, además de proporcionar datos sobre niveles y calidad química del agua, debería considerar el relevamiento de la información sobre la influencia del régimen de explotación del acuífero y de los ecosistemas relacionados con los mismos. Esta información correspondería emplearla para actualizar y recalibrar modelos de simulación del flujo y de la calidad de las aguas subterráneas, con el objeto de mejorar el conocimiento hidrogeológico de los acuíferos y la respuesta de éstos ante las actividades relacionadas con su aprovechamiento.

Asimismo, estos parámetros cuali-cuantitativos sirven además para ejercer un control sobre procesos de contaminación o de explotación intensiva del recurso, generando así la posibilidad de elaborar el mapa de vulnerabilidad a la contaminación y establecer un listado de actividades a ser restringidas, identificando las zonas que deben ser objeto de protección o que deben adoptar medidas de manejo especial, como zonas de recarga, humedales, perímetros de protección de pozos de abastecimiento humano, o zonas con mayor vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero, por ejemplo.

#### *Estimación de la oferta hídrica subterránea actual*

Para la estimación actual de la oferta hídrica subterránea se recomienda efectuar un inventario actualizado de los pozos del sector, presentando la información de los parámetros hidrogeoquímicos de los mismos, dado que aún no se cuenta con

redes de monitoreo (y su implementación generalmente se produce a largo plazo). Como tarea adicional, se deberían realizar nuevas perforaciones de estudio en el área, con la finalidad de generar información del estado actual de la cantidad, calidad y dinámica de las aguas subterráneas.

La línea de base del marco conceptual de la hidrogeología regional, presenta los datos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos que reflejan la realidad piezométrica y geoquímica de un momento y un espacio dados, y como los acuíferos presentan diferentes estados en su comportamiento intrínseco a medida que se aprovechan, es necesario para estimar la oferta hidrogeoquímica actual la realización de un control sobre los mismos, su cuantificación y distribución espacial, y la evolución de la calidad de sus aguas. Por lo tanto, se sugiere un seguimiento del estado actual de la hidroquímica e hidrodinámica de las aguas subterráneas de la región de estudio, generando un registro de dicha información y la posibilidad de facilidad de acceso a la misma.

Lo anterior requeriría incrementar y/o mejorar el desarrollo de capacidades en la materia, mediante la facilitación por parte del estado de recursos humanos y tecnologías afines para el estudio de los acuíferos en la zona.

#### *Estudio de las fuentes disponibles para riego agrícola*

El estudio de la oferta hídrica superficial y subterránea de la zona de estudio permitiría establecer las fuentes disponibles en cuanto a caudal y calidad para el riego agrícola, con la finalidad de garantizar la lámina de irrigación a utilizar en función del requerimiento de los cultivos de la zona. En caso de resultar la cantidad y calidad del recurso insuficientes para la necesidad de los cultivos del sector, sería conveniente la aplicación de medidas estructurales y no estructurales, tales como obras

complementarias para cosecha de agua de lluvia, mejora de la recarga de los acuíferos, evaluación de la disponibilidad cuali-cuantitativa de fuentes hídricas aledañas, estudios hidro-ambientales, entre otros, con la finalidad de lograr la lámina de riego a aplicar.

Además, resultaría de gran utilidad la realización de un seguimiento del comportamiento de las fuentes explotadas para riego agrícola, ya sea dentro del marco de la red de monitoreo como situación óptima, o, utilizando la información del **registro de regantes**, el cual debería considerar la superficie y cultivos regados, el sistema de riego utilizado y tipo de captación, ya sea superficial y/o subterránea. En este último caso, se debería tener en cuenta como punto de partida para el control y monitoreo del recurso subterráneo, caudales de bombeo, niveles (estático y dinámico), profundidad, y parámetros fisicoquímicos del agua y del suelo. Lo anterior permitiría la estimación de los volúmenes apropiados a asignar en el riego en función de los cultivos y de la relación recarga/descarga del acuífero.

#### *Estimación de la demanda hídrica subterránea*

Para conocer la demanda hídrica subterránea actual se necesitaría realizar una actualización del registro de las actividades socioeconómicas en el sector, con la finalidad de lograr una estimación del consumo del agua subterránea para los diversos usos en la zona de estudio (agrícola, ganadero, industrial, consumo humano, turismo y recreación, etc.). Esto permitiría además la modificación de los mapas referentes al uso del suelo y de los datos socioeconómicos, incluyendo de este modo el registro actualizado del ordenamiento territorial y del uso del suelo, de las industrias, de las actividades agrícolas-ganaderas, forestales, poblacionales, etc.

En cuanto a la demanda actual para el riego de cultivos en la zona de estudio con agua subterránea, con la información mencionada y la referida al registro de

regantes, se podría establecer a priori un volumen de consumo del recurso subterráneo para los cultivos del sector, y definir luego en función de la oferta hídrica actual, las necesidades para el riego agrícola.

#### *Pautas para la optimización de la infraestructura para riego*

En el campo de la irrigación, la modernización es un proceso continuo de capacitación de personal, de evaluación del desempeño de los sistemas productivos y de innovación, adecuación y actualización de la tecnología de riego. Como en el sector de estudio se emplean diferentes metodologías de riego, siendo las más utilizadas riego superficial, por aspersión y localizada por goteo, se requeriría una amplia gama de tecnologías apropiadas, desde los tradicionales revestimientos de canales y nivelación de los suelos, hasta la presurización y el entubado de las redes y el uso de acolchados y cintillas en las parcelas. Las diferentes alternativas tecnológicas dependen de la capacitación y preferencia de los productores, rentabilidad de los sistemas productivos, disponibilidad de agua, y de las políticas sectoriales para impulsar el uso eficiente del agua, el aumento de la productividad en las áreas de riego y la protección al ambiente.

Se brindan a modo de ejemplo a continuación pautas para optimizar la infraestructura para riego en el sector, a modo de evitar riego excesivo y/o pérdidas en los sistemas de regadío, entre otros, generando de esta manera la utilización eficiente y sostenible del recurso subterráneo:

- Fomentar procedimientos agrícolas de ahorro de agua, a través de medidas de ingeniería para reducir la evaporación en el sistema de riego, tales como distribución de agua para irrigación por medio de tuberías de baja presión (en lugar de canales de tierra), aplicación de agua para

irrigación con tecnología de goteo y micro aspersión, entre otros; medidas de gestión para mejorar la programación del riego y la gestión de humedad del suelo, y, medidas de agronomía como arado profundo, acolchado de paja y plástico, y el uso de cepas/semillas mejoradas y agentes resistentes a las sequías.

- Adaptar la modernización del equipamiento a emplear en función de las condiciones socioeconómicas del sector, de la disponibilidad energética, de los tipos de suelos y de cultivos y del sistema de riego empleado o a emplear.
- Conocer y controlar los principales factores que intervienen en el proceso de aplicación del agua a la superficie y las condiciones de los terrenos a regar, para aplicar la metodología de riego adecuada, evitando de esta manera ineficiencias del sistema utilizado que generan escorrentías y erosión del suelo.
- Mantener y conservar los sistemas de riego existentes, a fin de reducir el consumo de agua en exceso y/o costos debido a las pérdidas en el regadío.
- Fomentar los sistemas de agua multipropósito, permitiendo de este modo la recarga de los acuíferos cuando los mismos presenten bajos rendimientos y tenores salinos elevados, mezcla de aguas superficiales y subterráneas cuando se requiera, aprovechamiento del recurso para la utilización de riego por goteo en huertas familiares o comunitarias, entre otros.

## **6.2. Estrategias de gestión a nivel normativo**

Los instrumentos de gestión en el ámbito normativo se traducen en la legislación de las aguas (leyes, decretos, reglamentaciones, ordenanzas, etc.) con la finalidad de regular el recurso hídrico como bien de dominio público, para establecer la asignación de derechos para su utilización, el control y aprovechamiento por parte del estado, el derecho a la información con respecto al mismo, etc.

En materia de legislación de aguas en la provincia, la propuesta de la Ley de Aguas se encuentra en tratamiento en la Comisión de Obras Públicas de la Honorable Cámara de Diputados, con media sanción a Agosto de 2014. Si bien existen normativas en la provincia con respecto a los recursos hídricos superficiales, en materia de fuentes subterráneas resultan escasas a nulas, lo que refleja la urgencia de un marco legal completo para el recurso hídrico en la provincia.

Por lo mencionado, se propone lo siguiente:

*En el marco de la propuesta de la Ley de Aguas (con media sanción a Agosto de 2014):*

- Se destaca la necesidad de la pronta resolución del estado parlamentario y la sanción definitiva de esta ley, y por consiguiente, proceder en el marco de la misma a la reorganización de las normas vigentes en materia hídrica. Esta Ley marco resultaría de gran ayuda para el ordenamiento normativo, control y regulación de los recursos hídricos, ya que considera en sus cuatro capítulos el “acceso al agua potable”, “seguimiento de los Principios Rectores de la política hídrica nacional”, “distinción entre aguas de dominio público y privado”, “protección de los recursos hídricos”, “usos y aprovechamiento del recurso hídrico”, “obras hidráulicas”,

“planificación y evaluación con un sistema de información y registros”, y  
“organizaciones de cuencas y de beneficiarios”.

*En relación al Decreto Provincial N° 485/97, se recomienda:*

- Elaborar y/o actualizar el **registro de regantes**
- Presentar estudios hidrológicos e hidrogeológicos correspondientes a la fuente seleccionada, evaluación de impacto ambiental y plan de gestión ambiental, para la aprobación del uso del recurso
- Generar facilidad de acceso a la información, a través de medios oficiales
- Realizar el Inventario de las fuentes potenciales de contaminación. Definir pautas para implementar perímetros de protección de las captaciones
- Establecer un protocolo para la clausura técnica de aljibes y pozos abandonados o contaminados
- Especificar procedimientos técnicos y constructivos de la perforación exploratoria/s y definitiva/s.
- Cumplimentar información referente a cambio de usuario/s de los predios en los que se perforaron pozos, empresas perforadoras y archivos de toda la documentación relativa a las obras realizadas
- Sugerir y/o proponer medidas políticas y legales que permitan el acceso a fuentes de financiamiento tendientes a la obtención de nuevas tecnologías para la extracción y tratamiento del agua.

### **6.3. Estrategias de gestión a nivel institucional**

En el marco de la política hídrica y la normativa establecida en el sector, el objetivo de estos instrumentos de gestión es permitir a las organizaciones (públicas y privadas) involucradas en el manejo de los recursos hídricos, la administración y planificación del recurso en el contexto de la GIRH, como parte del proceso para la gestión equilibrada y sostenible del mismo.

En principio, para lograr una integración entre las distintas instituciones y organizaciones relacionadas con el manejo del recurso, se debería fomentar la articulación de las áreas relacionadas con la gestión del recurso hídrico (subterráneo), promoviendo la metodología de la GIRH en cuanto a programas de desarrollo de capacidades, procesos de participación, manejo compartido de la información y facilidad de acceso a la misma, entre otros, con miras a la integración de dichas áreas para la toma de decisiones en conjunto, generando de este modo una mayor coordinación para el desarrollo y gestión de las tierras, la gestión de las aguas superficiales y subterráneas, y la evaluación de los intereses entre los usuarios del recurso.

Asimismo, se debería impulsar el avance del proceso de la conformación de la base de datos hidrogeológica de la provincia, respetando los lineamientos del PFAS y del PNFRH, teniendo en cuenta para la elaboración de los mapas temáticos de aguas subterráneas la integración regional, provincial y nacional. Para lo anterior, sería conveniente iniciar la incorporación e integración de la información hidrogeológica e hidrogeoquímica compilada en la provincia, por parte de las distintas áreas involucradas a la base de datos del gobierno (IDESF), e ir modificando la misma a medida que se actualice el registro de pozos y las actividades socioeconómicas relacionadas con el uso del recurso hídrico subterráneo.

Es conveniente además, adoptar formatos donde se estandarice el tipo de información que se solicita a los usuarios del recurso, ya sea en las visitas técnicas o en los inventarios de puntos de agua, y a su vez, que dicha información sea suficiente para conocer todas las características de interés sobre la captación, su aprovechamiento y su estado sanitario, entre otros.

Se recomienda también fomentar la capacitación sobre aspectos de explotación y usos eficientes del agua subterránea, la educación ambiental y difusión de la información; la optimización de las temáticas institucionales y normativas de la gestión específica de los acuíferos, y la integración de los programas de transferencia de información y de desarrollo de capacidades con la aplicación de nuevas tecnologías para riego, promoviendo de esta manera el trabajo en red y el intercambio de información.

#### *Planificación, seguimiento y control de la explotación del recurso*

A modo de involucrar al recurso hídrico subterráneo en la agenda política de los diferentes niveles jurisdiccionales, con el objetivo de impulsar su gestión de manera integrada y sostenible, se sugiere realizar un seguimiento de los programas y proyectos de planificación y administración de los recursos naturales del sector, y fomentar la articulación de las áreas involucradas en el manejo del recurso hídrico subterráneo, con la finalidad de prever la demanda futura para riego agrícola, los impactos potenciales sobre los acuíferos debido a la posibilidad de uso intensivo, la afectación de la calidad ambiental, entre otros. Asimismo, controlar e indicar los aspectos referidos al cumplimiento de las normas y de la política hídrica establecida.

La implementación de planes de gestión sustentable del recurso subterráneo en el ámbito regional y en el marco de la política hídrica establecida, consideraría la planificación del ordenamiento territorial según los usos del suelo, la caracterización de

la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la zona y las medidas a adoptar para la protección de los mismos, la preservación del recurso en zonas de recarga, el control y seguimiento de las actividades de explotación del recurso, y la utilización de indicadores de sustentabilidad del recurso que contengan información representativa de las condiciones socioeconómicas del sector y de las características físico-ambientales.

Los planes de gestión ambiental para la conservación y protección de los recursos subterráneos pueden utilizarse para realizar el seguimiento y control de la explotación del mismo, con la finalidad de prever dificultades ambientales y económicas debido al incremento en el uso de las aguas subterráneas, para lo que se recomienda incluir en estos planes la realización de un control adecuado de la evolución de niveles, flujo y calidad química del agua subterránea, generando de este modo mayor control y regulación de los acuíferos de la zona.

Con respecto a la calidad del recurso, resultaría necesario regular el uso de los fertilizantes y los agroquímicos aplicados en las áreas de cultivos (regados o no) y las actividades contaminantes en zonas de explotaciones ganaderas intensivas y extensivas, zonas industriales, urbanas, etc.

En relación al seguimiento y control de la variación de los niveles, se debería evaluar además los requerimientos y necesidades de los diferentes usuarios, para corroborar que los volúmenes de extracción utilizados sean consecuentes con esas prioridades y con las disponibilidades del acuífero, teniendo en cuenta para la gestión y el consenso, la participación de los actores involucrados en el uso del recurso.

Este monitoreo de los aprovechamientos de las aguas subterráneas debería cumplimentar lo dispuesto en los actos administrativos/normativos derivados de la solicitud de permisos o concesiones.

### *Planes estratégicos a corto, mediano y largo plazo en el sector*

En el marco del programa del Sistema de Grandes Acueductos, se sugiere efectuar durante y luego de la implementación de las obras para los “Acueductos del Norte Santafesino” (Noreste 3 – Toma Villa Ocampo) y “Reconquista” (Noreste 2 - Toma Reconquista), el control y monitoreo de la variación de los niveles de los acuíferos de la zona.

En cuanto a los programas de riego en el sector, tales como los proyectos “La Vertiente”, “Riego Suplementario Avellaneda” y “Riego de la Cuenca Cañera Santafesina”, es aconsejable tener en cuenta la eficiencia del uso del recurso hídrico subterráneo para riego, a fin de evitar el desequilibrio de los recursos de agua subterránea mediante el descenso de los niveles, para lo cual deberán implementarse medidas estructurales y no estructurales tendientes al uso eficiente y sostenible del recurso, tales como optimización de la infraestructura para riego, participación activa de los usuarios, desarrollo de capacidades para la gestión integrada del recurso, entre otros.

#### **6.4. Estrategias de gestión a nivel económico-financiero**

Los instrumentos económicos promueven el cambio de actitud en los usuarios del agua en cuanto a su ahorro y uso eficiente. Como el agua dulce es cada vez más escasa, se pueden utilizar instrumentos económicos y financieros en la toma de decisiones para lograr las metas de la GIRH.

Se mencionan los siguientes instrumentos económico-financieros que se podrían aplicar en la gestión del recurso en la zona:

### *Implementación de tarifas de extracción*

Para la implementación de tarifas de extracción se reitera la necesidad de una Ley de Aguas, donde se estipule la reglamentación relativa a tasas a aplicar por el uso del recurso. De igual manera, estas tarifas a emplear deberían considerar el estado socioeconómico de la población u organización que realiza la actividad agrícola.

Es conveniente por lo tanto hasta la sanción del marco regulatorio, que la autoridad de control (MASPyMA) supervise los organismos privados y públicos en cuanto al aprovechamiento del recurso hídrico, y se sugiere considerar la posibilidad de aplicar tarifas de extracción según el uso (industrial, municipal/comunal, agrícola-ganadero y agricultura familiar), conforme a regular la sobreexplotación y/o contaminación del recurso.

### *Aplicación de Sanciones*

Sería conveniente la aplicación de sanciones económicas para la preservación de la calidad y la disponibilidad de las aguas subterráneas, en el caso de producirse incumplimiento de la normativa hídrica y ambiental vigente, afectaciones al recurso hídrico subterráneo y al ambiente circundante mediante la actividad agrícola, y, además, cuando se produzca mora en el pago de las contribuciones relacionadas con el uso del agua. En el caso de actividades que hayan generado la sobre-explotación del recurso y/o contaminación de los pozos de un modo irreversible, se debería proceder además a la suspensión de las mismas, con la finalidad de evitar la continuidad del daño.

Se debería generar un grado de conciencia en los usuarios a través de la vía económica, y garantizar la sostenibilidad del recurso mediante esta opción. Por lo tanto, sería conveniente que las concesiones del uso de las aguas subterráneas se ajusten a una explotación sustentable, basada en estudios de cantidad y calidad, y además que se

cumplimente la Resolución 395/07 en relación al diseño físico para la construcción de perforaciones, y se realicen estudios ambientales (con su correspondiente aprobación de parte de la Autoridad Ambiental) de EIA y planes de gestión ambiental para el uso del recurso.

#### *Subsidios y planes de inversión*

En el sector rural de la zona de estudio resultaría necesario impulsar la asignación de subsidios en riego y drenaje para el desarrollo de la agricultura familiar y para grupos de productores en situación vulnerable.

Se sugiere fomentar la inversión privada en obras de riego evaluando la factibilidad técnica y económica de las mismas, e implementar planes de financiación para mejorar la eficiencia del riego, a través de proyectos de desarrollo y transformación productiva.

### **6.5. Estrategias de gestión a nivel de participación de las partes interesadas**

El mapeo, la evaluación y la caracterización de los actores relacionados con el uso del recurso, se deberían considerar en las diferentes actividades de los programas y proyectos relacionados con el manejo del recurso hídrico, con la finalidad de categorizar dichos actores teniendo en cuenta sus intereses, grado de afectación al recurso y disposición y capacidad para participar en el plan de gestión.

Sería conveniente que las instituciones y organizaciones del sector realicen primeramente el mapeo de los actores involucrados en el uso del recurso, y procuren la frecuente realización de procesos participativos entre estos, a modo de encontrar soluciones a conflictos sectoriales, con miras a generar una toma de decisiones

consensuada, realizando además educación ambiental para el cambio de actitudes perjudiciales para los recursos naturales, capacitación y transferencia de información.

Se mencionan las siguientes estrategias a modo de referencia:

- Promover la gestión participativa de todos los usuarios, preferentemente a través de asociaciones, comunidades de usuarios del agua subterránea o consorcios de regantes.
- Fomentar talleres de información de los programas y proyectos relacionados con el manejo del recurso hídrico, brindando conocimiento sobre cuáles serían los beneficios y los riesgos de dichos proyectos, a través de visitas personalizadas a los sitios de interés, y empleando métodos de comunicación audio visual, teniendo en cuenta los requerimientos y necesidades de acuerdo a las características de cada actor involucrado en el uso del recurso.
- Impulsar reuniones conciliatorias y de mediación para la resolución de conflictos, explicitando y analizando las posibles causas que los determinan, con la finalidad de implementar técnicas de remediación que conlleven al consenso. A partir del consentimiento de las partes interesadas, se deberían definir las acciones requeridas para el desarrollo sostenible y equilibrado del recurso.
- Promover la educación ambiental con la finalidad de generar concientización y cambios de actitudes en los usuarios, para evitar el desarrollo de actividades nocivas para el recurso, debido al desconocimiento o falta de interés de los mismos.

- Involucrar la temática de los recursos hídricos en los proyectos educativos escolares, teniendo especial consideración en las aguas subterráneas del sector, para lograr un mejor entendimiento y manejo del recurso, y la concientización de la protección de los acuíferos de la zona, entre otros.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La propuesta del plan de gestión integrada del recurso hídrico subterráneo en el área piloto Reconquista, se organizó en acciones orientadas a la administración integral y sustentable del recurso a partir del diagnóstico del medio físico y de los instrumentos de gestión existentes en el sector de estudio, con la finalidad de gestionar la oferta y la demanda del agua subterránea para el riego agrícola bajo la mirada de la GIRH.

El tratamiento de las estrategias planteadas en esta investigación permitiría brindar un diagnóstico de la situación actual del estado del recurso hídrico, lineamientos para su aprovechamiento y soluciones a posibles conflictos entre los usuarios del recurso, promoviendo la gestión integral y sustentable del agua subterránea y los recursos relacionados.

Como corolario, se realizan a continuación una serie de conclusiones y recomendaciones vinculadas con los objetivos del presente trabajo de tesis, en relación a la gestión integrada de la oferta y la demanda del agua subterránea para el riego agrícola en la zona de estudio:

### *Análisis del funcionamiento del sistema acuífero. Evaluación de cantidad y calidad del recurso*

En relación a la oferta del recurso, se debería enfatizar en la evaluación de la cantidad y calidad actual del recurso, para el análisis del funcionamiento de los sistemas acuíferos del sector. Por lo tanto, se remarca la importancia de efectuar la continuación de los estudios hidrogeológicos, hidrogeoquímicos y de la hidrodinámica de las aguas subterráneas presentes en el sector, debido a la insuficiencia de datos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos actuales de los sistemas acuíferos en la zona. Si bien es conocido el contexto geológico e hidrogeológico en el territorio de la provincia, sería conveniente el

avance y la integración con los aspectos económicos, legales, políticos y de explotación del recurso subterráneo.

Se aconseja realizar la actualización del estado de las perforaciones existentes y el conocimiento de futuros emplazamientos de pozos de explotación de agua subterránea, incluyendo en este caso los estudios hidrogeológicos e hidrogeoquímicos pertinentes para la instalación y aprovechamiento de los mismos. Esta actualización requiere además el monitoreo de los niveles y de la calidad de los sistemas acuíferos, para realizar el seguimiento del estado de los mismos, y optimizar así el análisis del funcionamiento actual de los recursos hídricos subterráneos explotados para el riego agrícola en la región, aumentando de este modo el grado de conocimiento sobre dichos sistemas, con miras a gestionar la oferta de manera integrada y sostenible. Para ello resulta de importancia la reactivación del registro de regantes de la provincia (Decreto N° 485/97).

Se recomienda además la articulación de la información obtenida del recurso hídrico subterráneo con la base de datos geospaciales de la provincia elaborada por el IDESF (Organismo de Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Santa Fe).

#### *Lineamientos generales para el monitoreo del recurso hídrico subterráneo*

Sería conveniente la implementación de una red de monitoreo del recurso hídrico subterráneo (una vez actualizado el registro de pozos del sector), como parte de la información necesaria para el estudio y ordenamiento de la información hidrogeológica del sector. Esto procuraría un control y seguimiento sistemático del estado del recurso en cantidad y calidad en el sector.

Resultaría de gran utilidad además, la realización de un seguimiento del comportamiento de las fuentes explotadas para riego agrícola, ya sea dentro del marco

de la red de monitoreo como situación óptima, o, utilizando la información del registro de regantes. Lo anterior permitiría la estimación de los volúmenes apropiados a asignar en el riego en función de los cultivos y de la relación recarga/descarga del acuífero, ya que esta relación no es conocida y es de compleja determinación en el área.

Se sugiere además, adoptar formatos donde se estandarice el tipo de información que se solicita a los usuarios del recurso, y a su vez, que dicha información sea suficiente para conocer todas las características de interés sobre la captación, su aprovechamiento y su estado sanitario, entre otros.

#### *Identificación de fuentes alternativas en el área para uso agrícola*

En cuanto a las fuentes hídricas superficiales disponibles en el área para uso agrícola, se sugiere efectuar el estudio del impacto del uso de estas fuentes alternativas sobre los niveles y la calidad de los acuíferos presentes, y el seguimiento de la evolución de éstos. Asimismo, realizar el seguimiento del efecto de la implementación de los Acueductos “Norte” y “Reconquista” en los sistemas acuíferos de la región.

#### *Estimación de la demanda futura para riego agrícola*

En la estimación de la demanda futura para riego agrícola, se deberían evaluar los volúmenes apropiados a asignar en el riego en función de los cultivos y de la relación recarga/descarga del acuífero. Como dicha relación no se conoce en el área y su determinación es compleja, por consiguiente, para contar con datos fehacientes relacionados al consumo del recurso subterráneo, se insiste en reactivar el registro de regantes de la provincia, y realizar además un relevamiento actual de las actividades socioeconómicas de la región, para determinar la variación de las áreas sembradas, el crecimiento de las áreas urbanas, industriales y comerciales, entre otros, a modo de

establecer la demanda aproximada en cada sector para realizar la planificación de la explotación integrada y sostenible del recurso.

*Identificación y caracterización de actores; posibilidades de conflictos; estrategias de solución*

Se destaca la necesidad de fomentar y realizar encuestas a las instituciones del sector y los usuarios del recurso, para evaluar de manera precisa las características y el funcionamiento de los mismos, fortalezas y debilidades, y posibles conflictos generados por la utilización de las aguas subterráneas.

Para lo anterior, resultaría favorable la integración entre las distintas áreas relacionadas con la gestión del recurso hídrico subterráneo y el fortalecimiento de los programas de desarrollo de capacidades, como parte de las estrategias para la solución de posibles conflictos entre los usuarios del recurso subterráneo para riego agrícola. Esto involucra procesos de participación entre los actores clave, manejo compartido de la información y facilidad de acceso a la misma, entre otros, con miras a la toma de decisiones consensuada. De este modo se generaría una mejor caracterización de los intereses entre los usuarios del recurso, y a su vez, una mayor coordinación para el desarrollo integrado de la gestión de las tierras, de las aguas superficiales y las subterráneas.

Se recomienda también fomentar la capacitación sobre aspectos de explotación y usos eficientes del agua subterránea, la aplicación de nuevas tecnologías para riego, la educación ambiental y difusión de la información, la optimización de las temáticas institucionales y normativas de la gestión específica de los acuíferos; promoviendo de esta manera el trabajo en red y el intercambio de información. Es conveniente además,

promover la gestión participativa de todos los usuarios, preferentemente a través de asociaciones, comunidades de usuarios del agua subterránea o consorcios de regantes.

#### *Planteo de estrategias de explotación sustentable del recurso*

Se recomienda implementar políticas administrativas para el uso conjunto y sustentable del recurso subterráneo, e incorporar pautas en lo referente a marco regulatorio y tarifas de extracción, considerando el funcionamiento de los sistemas acuíferos de la zona, la cantidad y calidad actual del recurso, las fuentes hídricas superficiales disponibles en el área para uso agrícola, la demanda futura para riego, los roles de los distintos actores sociales y sus responsabilidades en la gestión de los recursos hídricos subterráneos y servicios de provisión de riego. Esto conlleva a la necesidad de la diligencia de una Ley de Aguas en la provincia, la que aún se encuentra con media sanción a la fecha (agosto de 2014).

Es aconsejable la implementación de las técnicas de aprovechamiento integral del recurso hídrico, sobre todo en las zonas del sector oeste del área de estudio, donde los tenores químicos de las aguas subterráneas son muy variables, pudiéndose encontrar concentraciones de hasta 40.000 mg/l de sólidos disueltos totales, y donde los acuíferos presenten escaso rendimiento.

Se sugiere realizar un seguimiento de los programas y proyectos de planificación y administración de los recursos naturales del sector, con la finalidad de prever la demanda futura para riego agrícola, los impactos potenciales sobre los acuíferos debido a la posibilidad de uso intensivo, la afectación de la calidad ambiental, entre otros. Asimismo, realizar controles e indicar los aspectos referidos al cumplimiento de las normas y de la política hídrica establecida.

En cuanto a los programas de riego en el sector, es aconsejable tener en cuenta la eficiencia del uso del recurso hídrico subterráneo para riego, a fin de evitar el desequilibrio de los recursos de agua subterránea mediante el descenso de los niveles.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS R.S. & WESTCOT D.W. (1985). "Water quality for agriculture". FAO Irrigation and Drainage Paper. 29 Rev. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1985. FAO. Reprinted 1989, 1994.  
Disponible en: [www.fao.org/docrep/003/t0234e/T0234E00.htm#TOC](http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/T0234E00.htm#TOC)
- BASAN NICKISH, M. (2010). Manejo de los Recursos Hídricos en Áreas de Secano - 2da. Edición. Ediciones INTA. (Citado el 10 de Octubre de 2012).  
Disponible en:  
[http://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-recursos-hidricos-para-areas-de-secano/at\\_multi\\_download/file/Manejo\\_delos\\_recursos\\_h%C3%ADricos\\_en\\_areas\\_de\\_secano\\_2da\\_ed.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-recursos-hidricos-para-areas-de-secano/at_multi_download/file/Manejo_delos_recursos_h%C3%ADricos_en_areas_de_secano_2da_ed.pdf)
- BASAN NICKISH, M. (2014). Personal técnico del INTA EEA RECONQUISTA. Entrevista personal.
- BENAVIDEZ, R., ANGLADA, E., ARÉVALO, E., BANCHERO, A.C., ARGUISSAIN, G.G Y OTROS. (2006). "El arroz. Su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos". ISBN 950-698-167-1. Ediciones UNL – UNER. 1ª.edición. 2 Tomos. Argentina. 716 pp.
- BOJANICH, E. (1992). Recursos Hídricos Subterráneos de la Provincia de Santa Fe. Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas. Facultad de Edafología. Universidad Católica de Santa Fe.
- BOJANICH Y RISIGA (1975). Contribución al conocimiento de la geohidrología de la provincia de Santa Fe. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Buenos Aires. Argentina.
- CAP-NET. RED INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO DE CAPACIDADES EN LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO. (2005). Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Manual de Capacitación y Guía Operacional. (Citado el 13 de Mayo de 2011).  
Disponible en:  
[http://www.gwp.org/Global/GWP-CAm\\_Files/Manual%20Planes%20GIRH.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-CAm_Files/Manual%20Planes%20GIRH.pdf)
- CAP-NET. RED INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO DE CAPACIDADES EN LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO. (2010). Gestión del Agua Subterránea en la GIRH. Manual de Capacitación. (Citado el 13 de Mayo de 2011).  
Disponible en:  
<http://www.argcapnet.org.ar/docs/Manual%20Agua%20Subterranea%20-%202011.pdf>
- CASTIGLIONI, M. (2000). Caudal y calidad de los acuíferos explotados para riego en la provincia de Santa Fe. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio (MAGIC). Gobierno de Santa Fe.

- CHEVALIER, J. & BUCKLES, D. (2009). *Sistemas de Análisis Social – Guía para la investigación colaborativa y la movilización social – Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC)*. Ottawa, Canadá – 1ª edición.
- COHIFE. CONSEJO HÍDRICO FEDERAL. (2003). *Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina - Acuerdo Federal del Agua*.
- COSTA, J. (1998). *Calidad de agua para riego*. EEA INTA Paraná – IPG; P. 4.
- CUSTODIO E., Y LLAMAS, M. R. (1976). *Hidrología Subterránea*. Tomos I y II. Editorial Omega S.A., Barcelona, España.
- DE MARSILY, G., VRBA, J., VAN WAEGENINGH, H.C., ALDWELL, C.R. Y ALFOLDI, L. (1992). “Groundwater: managing the invisible resource”. UNESCO. Serie Medioambiente y Desarrollo. Nota N° 2. Pp. 16.  
Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000914/091435SB.pdf>
- DÍAZ, E., DALLA COSTA, O. Y C. NARDIN. (2013). “Estudio y simulación hidrogeológica para la implantación de un acueducto Reconquista”. *En: Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*. Pp: 357-364. ISBN 978-987-1985-03-6. edulp.
- FAO. Food and Agriculture Organization. (2002). *Agua y Cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. Sección “Mejora de la Agricultura de Regadío”. Pub. de la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la FAO. 22 Págs. Roma, 2002.  
Disponible en: [http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s10.htm#P0\\_0](http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s10.htm#P0_0)
- FAO. Food and Agriculture Organization. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Como gestionar los sistemas en peligro*. Resumen. Pub. de la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la FAO. 48 Págs. Roma, 2011.  
Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>
- FAO-AR-PROSAP. Food and Agriculture Organization - sede Argentina- Programa de Servicios Agrícolas Provinciales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. (2014). *Convenio UTF – PROSAP “Potencial de ampliación del riego en la Argentina”*.  
Disponible en:  
<http://www.fao.org/americas/eventos/vii-taller-irrigacion-argentina/es/>
- FERNANDEZ, DIEGO. (2014). *Plan Nacional de Riego en Argentina*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. *En: VII Taller: Estudio de Potencial de Ampliación de Irrigación en Argentina*. Buenos Aires, 28 al 30 de Abril de 2014.  
Disponible en:  
<http://www.slideshare.net/FAOoftheUN/plan-nacional-de-riego-en-argentina>

- FILÍ, M. Y TUJCHNEIDER, O. (1977). Características geohidrológicas regionales del subsuelo de la provincia de Santa Fe. Revista Ciencias Naturales del Litoral. N° 8. Pp. 105-113.
- FOSTER S. y SHAH T. (2012). Documento de Perspectiva de la GWP (Global Water Partnership). “Aguas Subterráneas y Agricultura de Regadío: haciendo una relación beneficiosa más sostenible”.  
 Disponible en:  
[http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Del-TEC/Aguas-Subterraneas.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Del-TEC/Aguas-Subterraneas.pdf)
- GAUDIANO, O. (2015). Personal técnico de la Dirección de Obras Hidráulicas del MASPyMA. Gobierno de Santa Fe. Comunicación personal.
- GWP. Global Water Partnership. (2000). Integrated Water Resources Management. Technical Advisory Committee (TAC) Background Papers N° 4. ISSN: 1403-5324. ISBN: 91-631-0058-4.  
 Disponible en: [www.gwpforum.org/gwp/library/TACNO4.PDF](http://www.gwpforum.org/gwp/library/TACNO4.PDF)
- INDEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Censo Nacional de Población 2010. Población por provincia, departamento, partido o comuna.  
 Disponible en: <http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos.asp>
- INDEC – CNA. (2002). Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Nacional Agropecuario 2002.  
 Disponible en: [http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cna\\_principal.asp](http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cna_principal.asp)
- INDEC – CNA. (2008). Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Nacional Agropecuario 2008.  
 Disponible en:  
[http://www.indec.mecon.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=3&id\\_tema\\_2=8&id\\_tema\\_3=87](http://www.indec.mecon.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=8&id_tema_3=87)
- INTA Rafaela. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Unidad Rafaela. Mapas de capacidad productiva de los departamentos General Obligado, San Javier y Vera. Santa Fe, República Argentina.  
 Disponible en: [http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad\\_productiva](http://Rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad_productiva)
- INTA Reconquista EEA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Unidad Reconquista. Datos del sitio web de la Estación Agrometeorológica Santa Fe, República Argentina.  
 Disponible en:  
<http://inta.gov.ar/documentos/estacion-meteorologica-reconquista>
- INTA Reconquista EEA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Unidad Reconquista. Sitio web EEA.  
 Disponible en: <http://inta.gov.ar/unidades/613000>
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2010). Anuario estadístico Cambio Rural. Campaña 2009-2010. (Citado el 14 de Mayo de 2014).

Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/anuario-estadistico-cambio-rural.-campana-2009-2010-1/>

IPEC. Instituto Provincial de Estadística y Censos. (2007). Estadísticas mensuales provincia de Santa Fe. Marzo-Abril 2007. (Citado el 13 de Noviembre de 2012).

Disponible en:

[http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/37503/191357/file/boletin\\_abril.pdf](http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/37503/191357/file/boletin_abril.pdf)

IPEC. INSTITUTO PROVINCIAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. 2012. Censo Nacional de Población 2010. Población por provincia, departamento, partido o comuna. Síntesis de los resultados definitivos. Provincia de Santa Fe. (Citado el 7 de Agosto de 2014).

Disponible en:

<http://www.santafe.gov.ar/archivos/estadisticas/SantaFeenCifras2014.pdf>

IPEC. INSTITUTO PROVINCIAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. 2013. Santa Fe en cifras. Provincia de Santa Fe. (Citado el 6 de Agosto de 2014).

Disponible en:

<http://www.santafe.gov.ar/archivos/estadisticas/SantaFeenCifras2014.pdf>

IRIONDO M., (1985). Geología y Geomorfología. Su importancia y relación con la Edafología. Primeras Jornadas Regionales de Suelos, Región Pampeana Norte. Publicación Miscelánea N° 30. INTA.

IRIONDO, M. (1987). Geomorfología y Cuaternario de la Provincia de Santa Fe (Argentina). Revista D'ORBIGNYANA N° 4. Publicación PRINGEPA-CONICET. ISSN 0326-6788. Corrientes, Argentina.

IRIONDO, M. (2007). El Chaco Santafesino. Neógeno y geomorfología. Comunicación Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino". Vol 13. N° 1. ISSN 0325-3856. Santa Fe, Argentina.

MAGyP. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN. PEA2. Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2020.

Disponible en: [www.maa.gba.gov.ar/2010/pea2/Documentos/Presentacion.ppt](http://www.maa.gba.gov.ar/2010/pea2/Documentos/Presentacion.ppt)

MIERES, L. (2011). Informe de granulometría de perfil de suelo y subsuelo para el pozo de investigación de la EEA INTA Reconquista ubicado a 29°15'47,9" Latitud S y 59°42'46,0" Longitud O. INTA EEA Reconquista. Provincia de Santa Fe.

MOSCONI, F., PRIANO, L., HEIN, N., MOSCATELLI, G., SALAZAR, J.C., GUTIERREZ, T. Y CACERES, L. (1981). Mapa de suelos de la Provincia de Santa Fe. Tomo I. INTA-MAG.

- OLÍAS, M., J.C. CERÓN Y I. FERNÁNDEZ, (2005). Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS). Geogaceta N° 37, Páginas 111 a 113.
- OMM. Organización Meteorológica Mundial. (1994). Guía de Prácticas Hidrológicas.
- ONU - ODM. Organización de las Naciones Unidas - Objetivos de Desarrollo del Milenio (2000). Cumbre del Milenio de la ONU. Septiembre de 2000.  
Disponible en: <http://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>
- PALAZZO, R. Y SOSA, D. (2002). Compendio de Recopilación de Información Hidrogeológica de la Provincia de Santa Fe. Gobierno de Santa Fe. Instituto Nacional del Agua-Centro Regional Litoral. Convenio DPOH-INA-SPAR. 2 Tomos. 441 pp.
- PANIGATTI, J., CRUZATE, G. Y VIVAS, H. (2007). Suelos y Ambientes de Santa Fe. INTA, AASC, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.
- PEP. Programa Estratégico Provincial. (2008). Provincia de Santa Fe. (Citado el 17 de Octubre de 2013).  
Disponible en:  
[http://www.santafe.gov.ar/index.php/plan\\_estrategico\\_provincial](http://www.santafe.gov.ar/index.php/plan_estrategico_provincial)
- PEREZ, M. (2007). Efecto de la heterogeneidad de la conductividad hidráulica en la conceptualización de un sistema acuífero. Tesis de maestría en ingeniería de los recursos hídricos. FICH – UNL.
- POCHAT, V. (2008). Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Bases para el Desarrollo de Planes Nacionales. GWP - Global Water Partnership - South America. Doc. N° 11.  
Disponible en:  
[http://www.gwpsudamerica.org/docs/publicacoes/doc\\_11\\_sp.pdf](http://www.gwpsudamerica.org/docs/publicacoes/doc_11_sp.pdf)
- RISIGA, A, FILÍ, M., TUJCHNEIDER, O. Y MIR, R. (1981). Bajos Submeridionales. Contribución al Conocimiento Geohidrológico de la Región. Publicación N° 14 Departamento de Hidrología General y Aplicada – UNL. Santa Fe, Argentina.
- SARAFIAN, P. (2007). Cuenca propia del Paraná Medio. Cuenca N° 17. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Descripción de cuencas hídricas superficiales.  
Disponible en:  
[http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos/referencias\\_i8/17\\_nueva.pdf](http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos/referencias_i8/17_nueva.pdf)
- SEVESO, M. (1990). Regiones edáficas de la provincia de Santa Fe. Dirección General de Suelos y Aguas. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio.
- SOSA, C., GUALINI, S., PARIS, M. Y D'ELÍA, M. (2001). Programa SC Perfiles®. Guía del usuario y manual de referencia técnica.

- SSRH. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos (PNFRH).  
Disponible en:  
[http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica\\_hidrica.php?seccion=rec\\_h](http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica_hidrica.php?seccion=rec_h)
- SSRH. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Plan Nacional Federal de Aguas Subterráneas - *en elaboración* (PNFAS).  
Disponible en:  
[http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica\\_hidrica.php?seccion=aguas\\_sub](http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica_hidrica.php?seccion=aguas_sub)
- SSRH. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. (2012). Estadísticas hidrológicas. Estación de medición hidrometeorológica N° 3231 - A° Los Amores. Ruta Provincial N° 32. Lat. 28° 29'28" S y Long. 59° 23'17" O. (Citado el 12 de Mayo de 2014).  
Disponible en:  
[http://www.hidricosargentina.gov.ar/publicaciones\\_digitales/PublicacionesHidro2012.zip](http://www.hidricosargentina.gov.ar/publicaciones_digitales/PublicacionesHidro2012.zip)
- THORNTHWAITE, C.W. (1955). The water balance. *Climatology*, Vol. 8. Pp: 1-104.
- TODD, D.K. Y MAYS, L.W. (2005). "Groundwater Hydrology". 3<sup>rd</sup> Edition. Wiley & Sons editors. ISBN 0-471-05937-4. USA. 636 pp.
- TUJCHNEIDER, O., FILÍ, M. Y RISIGA, A. (1979). Contribución al conocimiento geohidroquímico e hidrogeológico del Departamento General Obligado (provincia de Santa Fe, República Argentina). Publicación Departamento de Hidrología General y Aplicada – UNL. Santa Fe, Argentina.
- VIDAL, C. (2006). Evaluación de la aptitud de tierras para riego por aspersión en el noreste santafesino. Tesis de Especialización en Riego de Tierras Agrícolas. FICH-FCA-UNL. Santa Fe, Argentina. (Citado el 22 de Junio de 2010).  
Disponible en:  
[http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/agricultura/tesis/evaluacion\\_riego\\_aspersion.htm](http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/agricultura/tesis/evaluacion_riego_aspersion.htm)

## ANEXO I FIGURAS

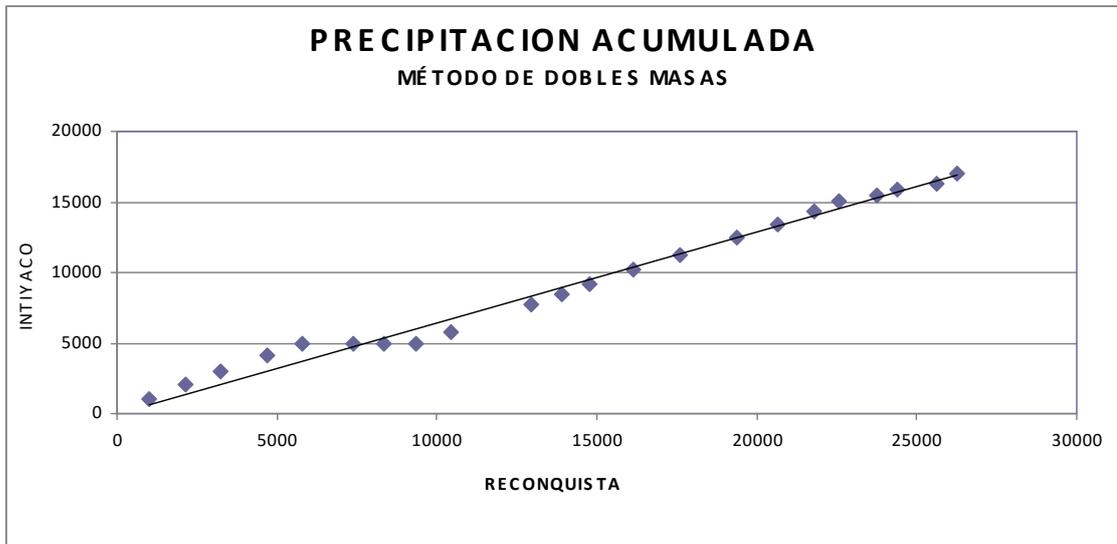


Figura 4.1: Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista y La Sarita. Período 1989-2010

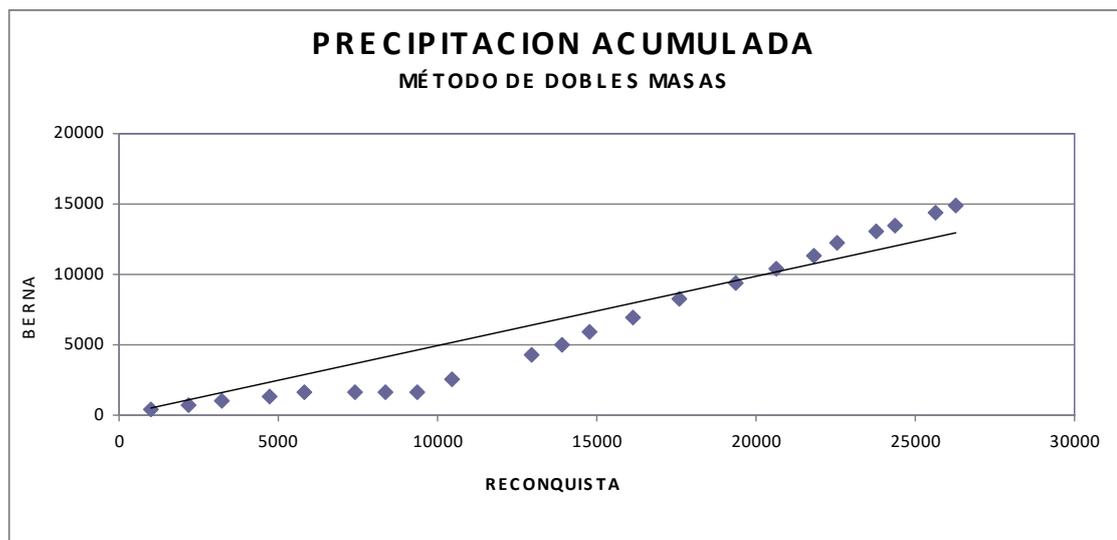


Figura 4.2: Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista y Berna. Período 1989-2010

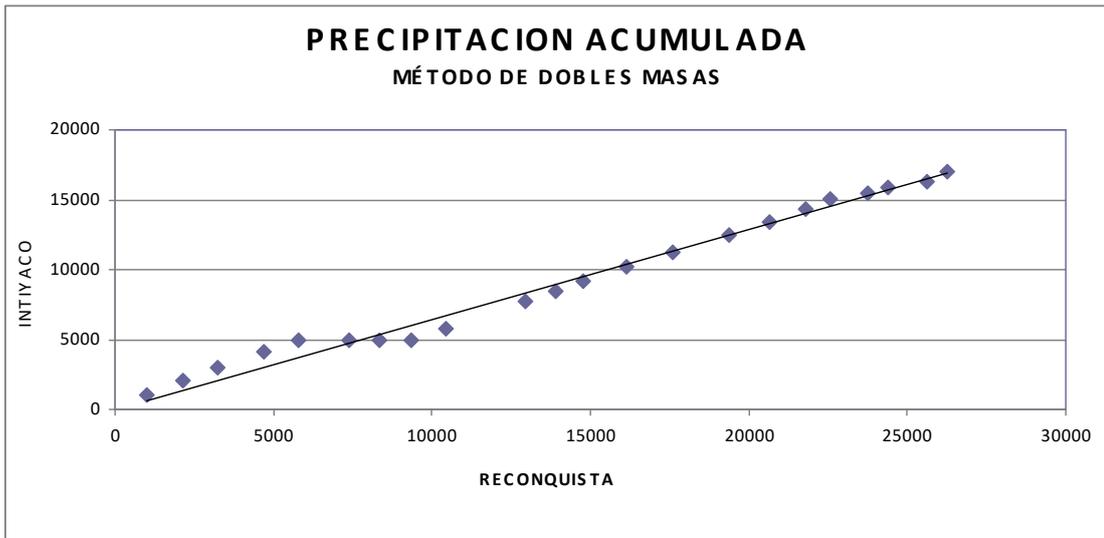


Figura 4.3: Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista e Intiyaco. Período 1989-2010

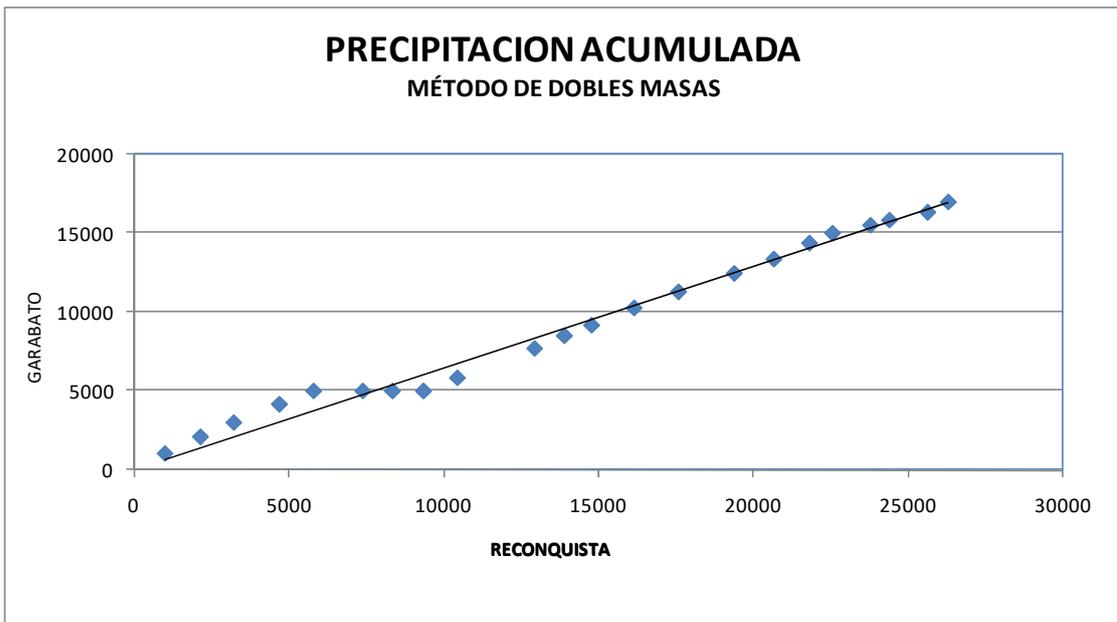


Figura 4.4: Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista y Garabato. Período 1989-2010

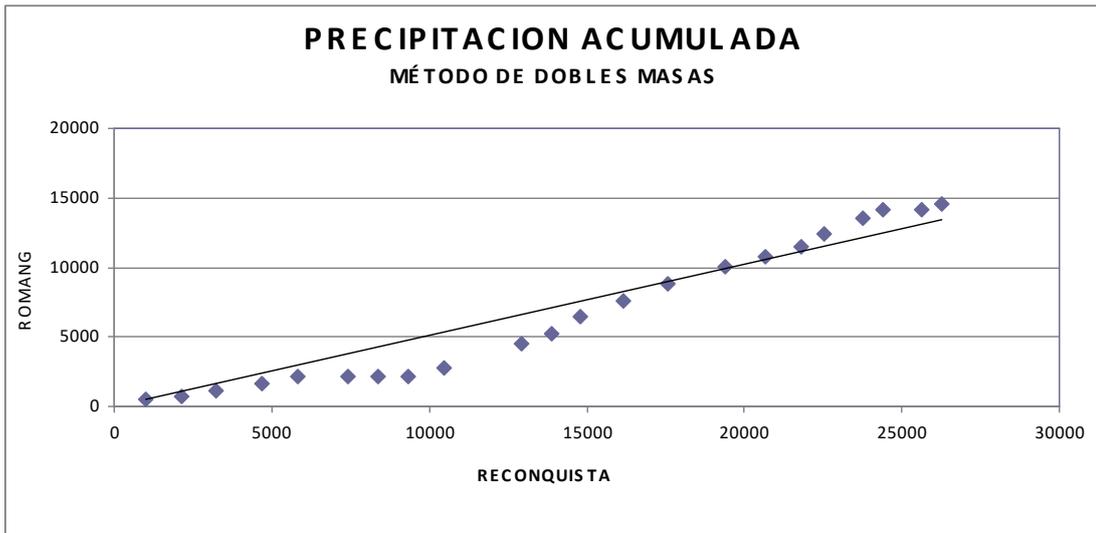


Figura 4.5: Curva de dobles masas. Estaciones Reconquista y Romang. Período 1989-2010

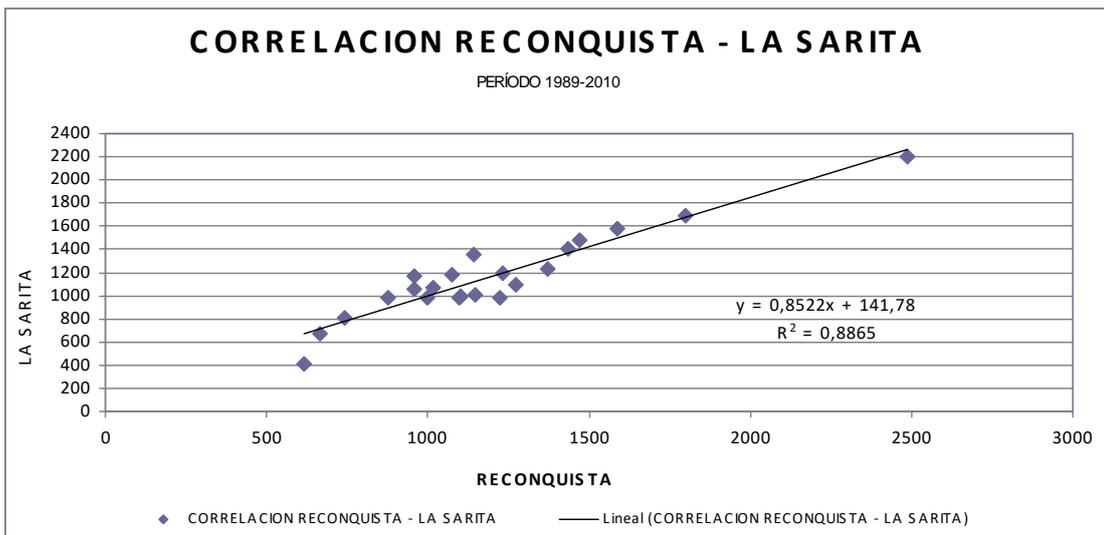


Figura 4.6: Correlación Estaciones Reconquista y La Sarita. Período 1989-2010

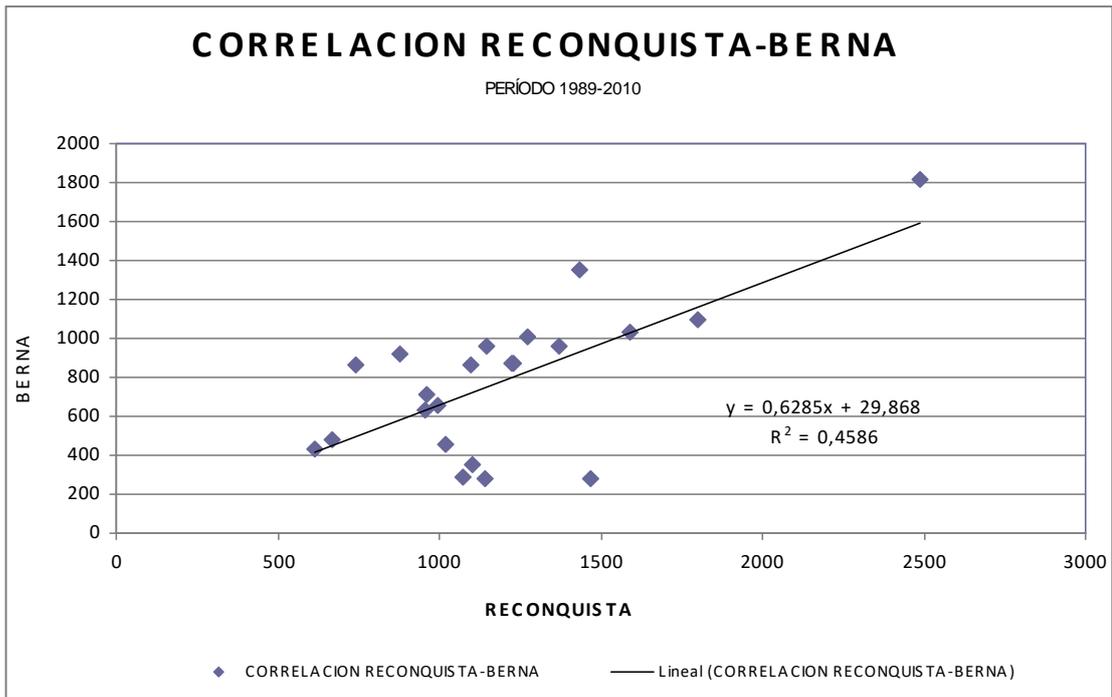


Figura 4.7: Correlación Estaciones Reconquista y Berna. Período 1989-2010

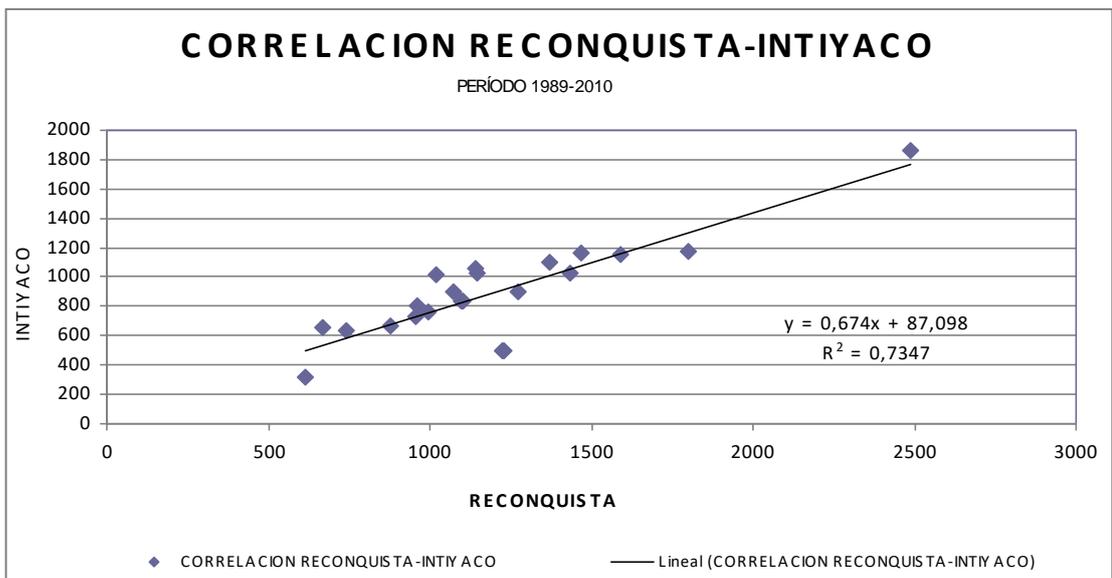


Figura 4.8: Correlación Estaciones Reconquista e Intiyaco. Período 1989-2010

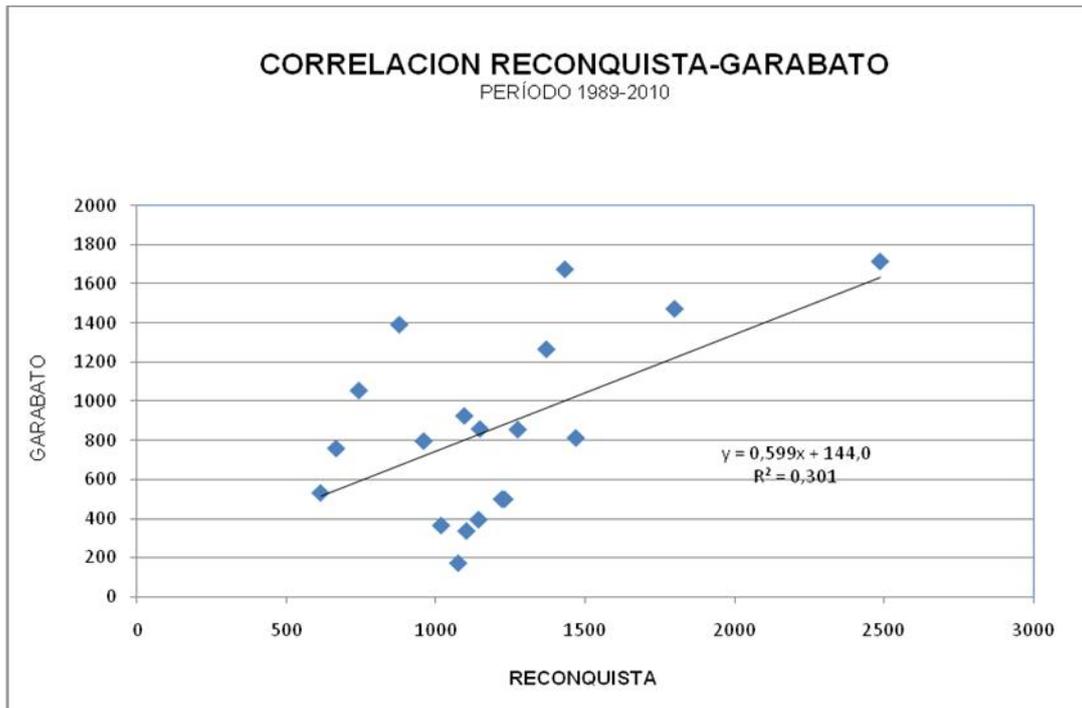


Figura 4.9: Correlación Estaciones Reconquista y Garabato. Período 1989-2010

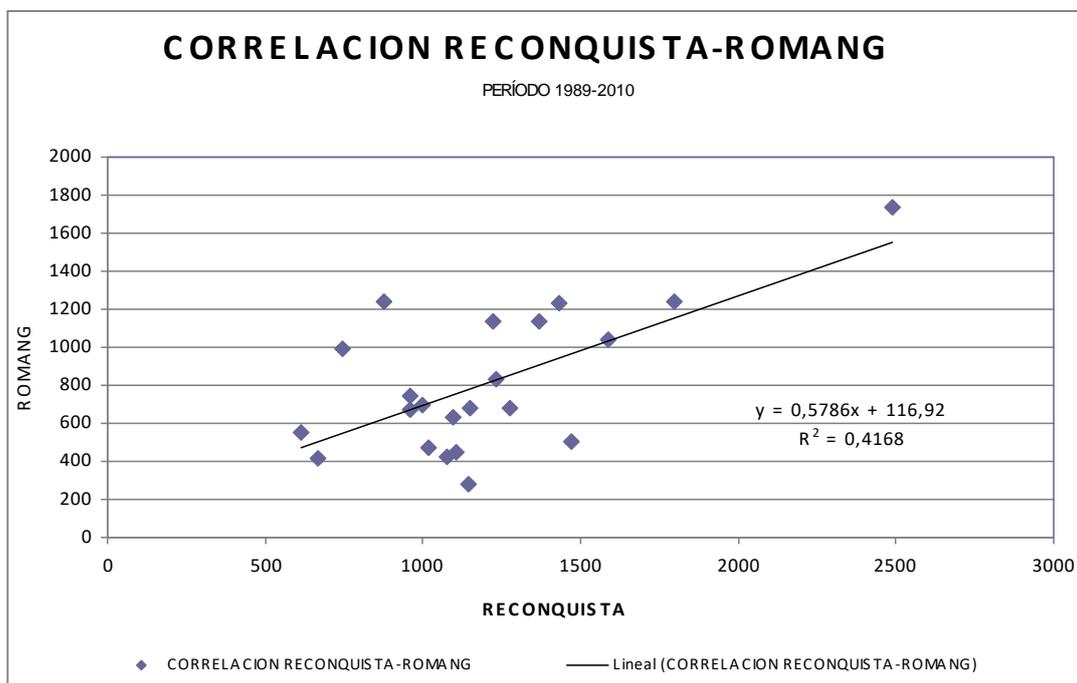


Figura 4.10: Correlación Estaciones Reconquista y Romang. Período 1989-2010

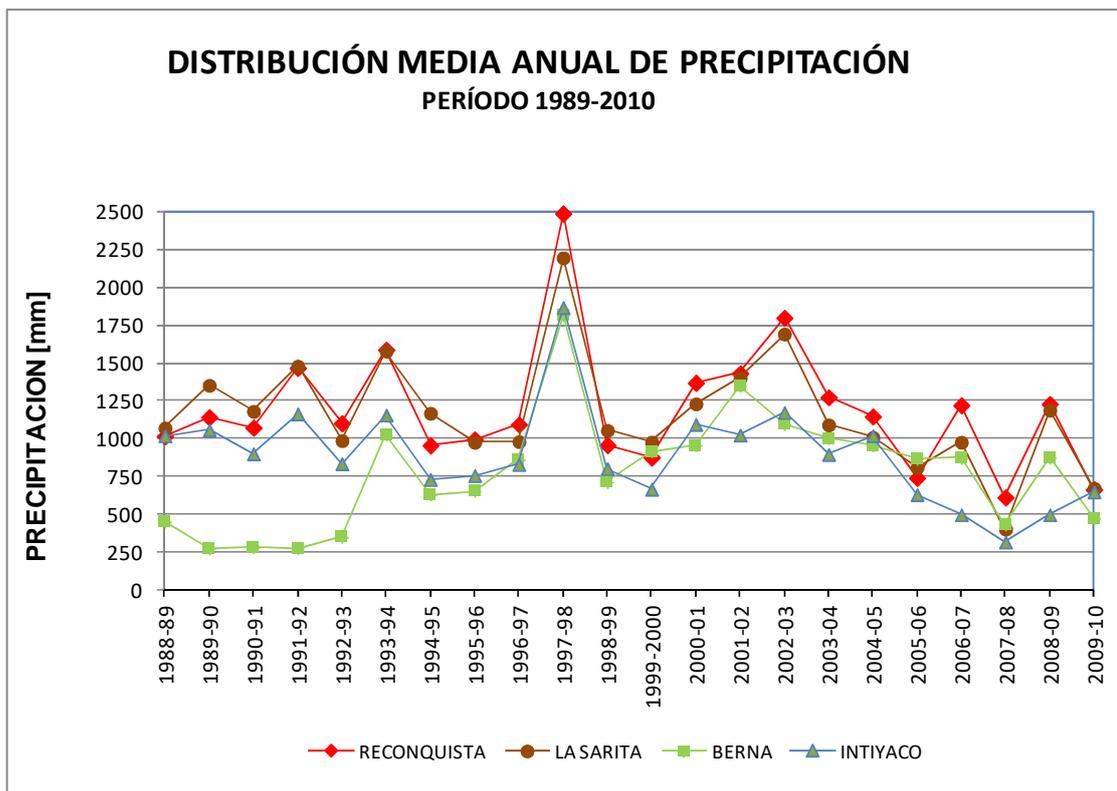


Figura 4.11: Distribución media anual de precipitaciones. Estaciones Reconquista, La Sarita, Berna e Intiyaco. Período 1989-2010

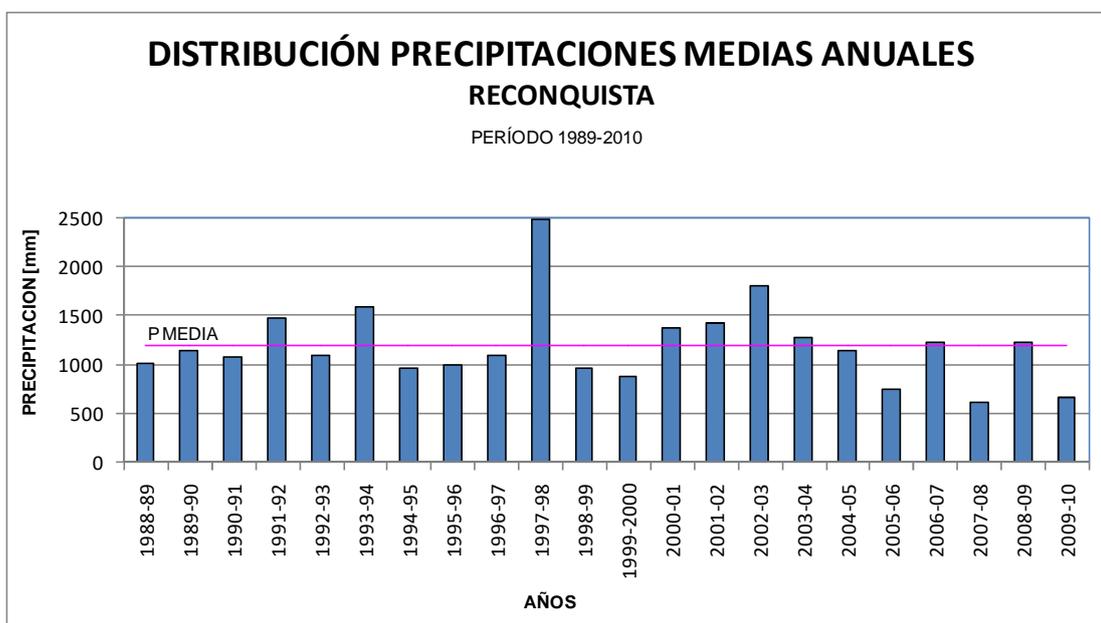


Figura 4.12: Distribución de precipitaciones medias anuales Estación Reconquista. Período 1989-2010

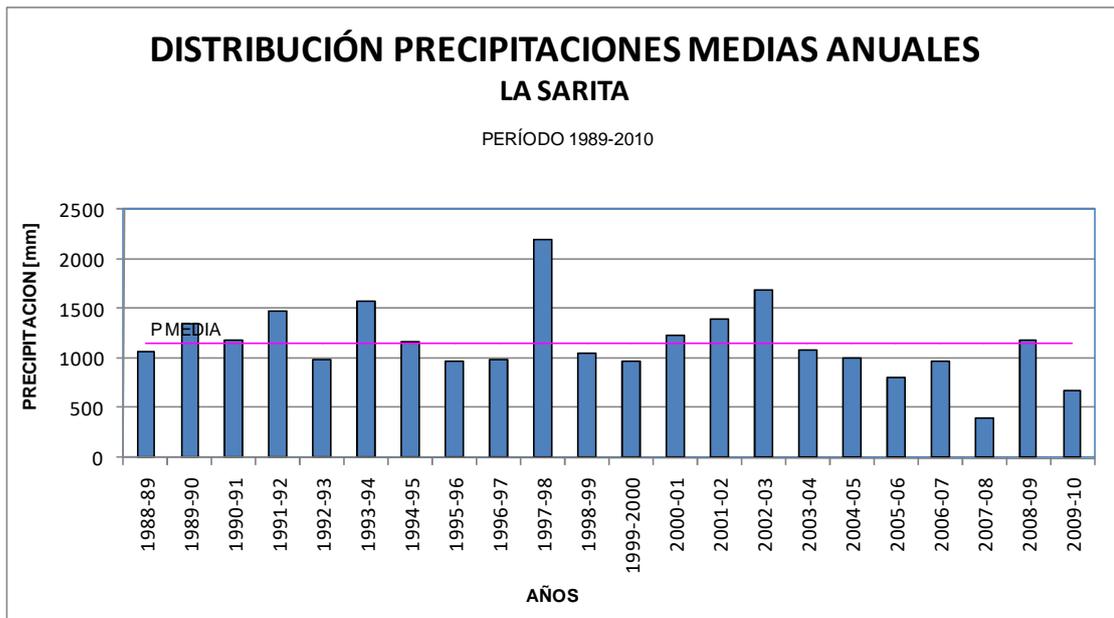


Figura 4.13: Distribución de precipitaciones medias anuales Estación La Sarita. Período 1989-2010

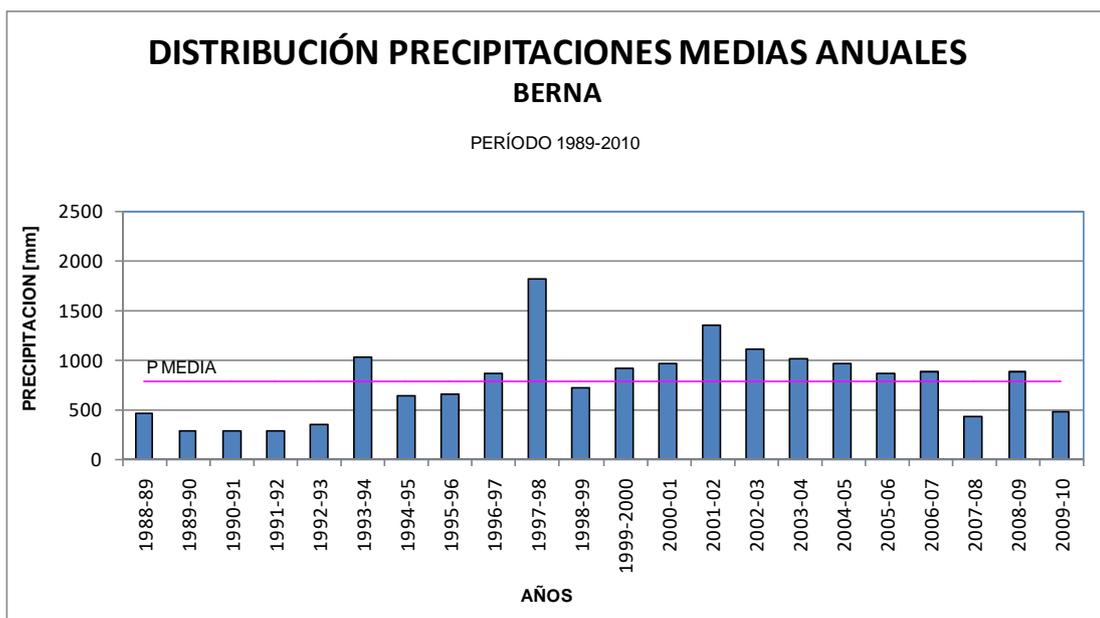


Figura 4.14: Distribución de precipitaciones medias anuales Estación Berna. Período 1989-2010

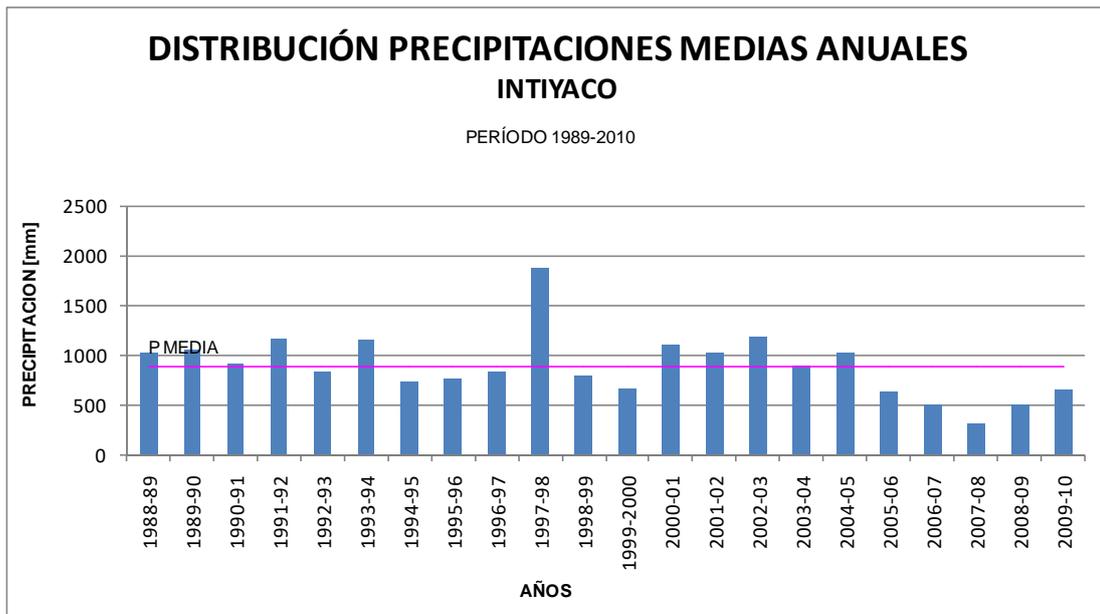


Figura 4.15: Distribución de precipitaciones medias anuales Estación Intiyaco. Período 1989-2010

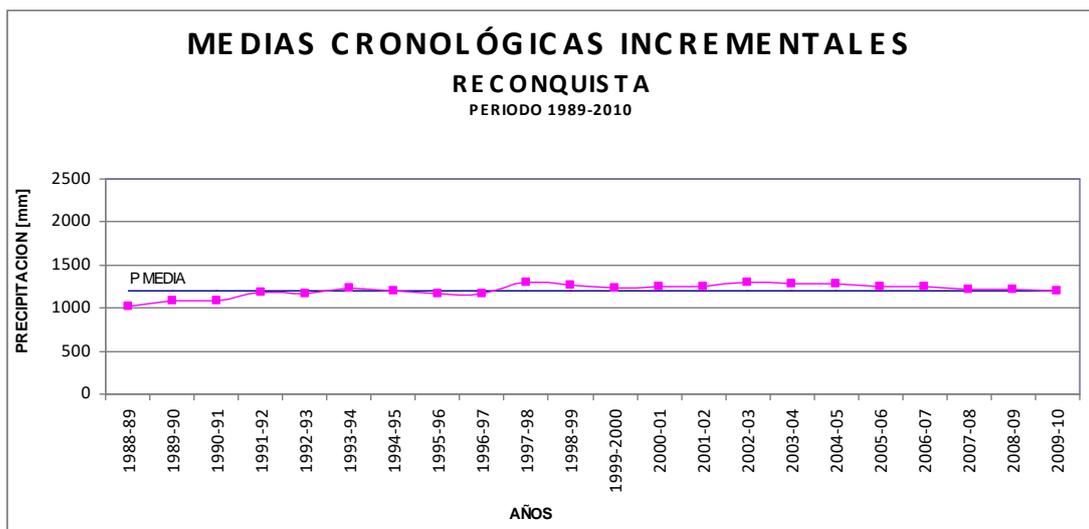


Figura 4.16: Medias cronológicas incrementales Estación Reconquista. Período 1989-2010

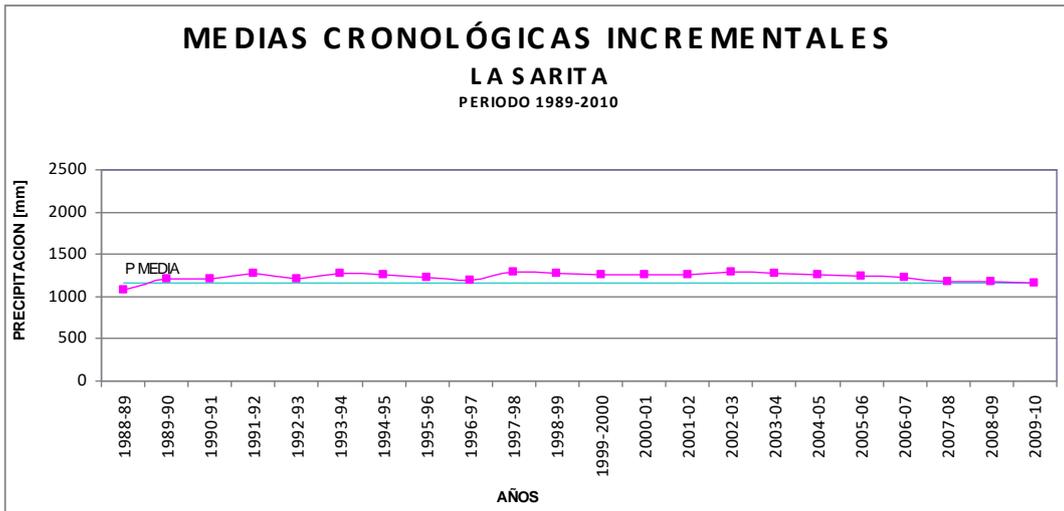


Figura 4.17: Medias cronológicas incrementales Estación La Sarita. Período 1989-2010

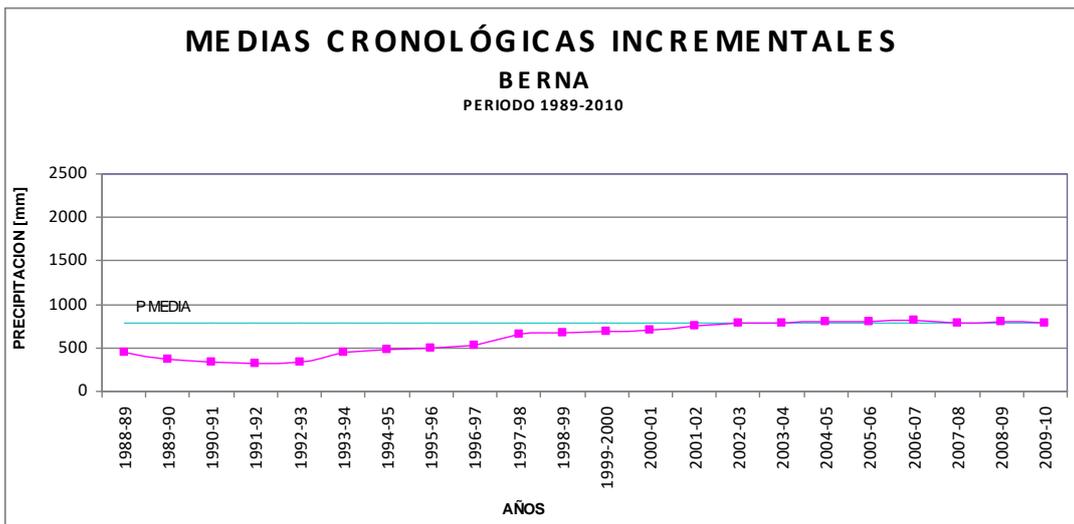


Figura 4.18: Medias cronológicas incrementales Estación Berna. Período 1989-2010

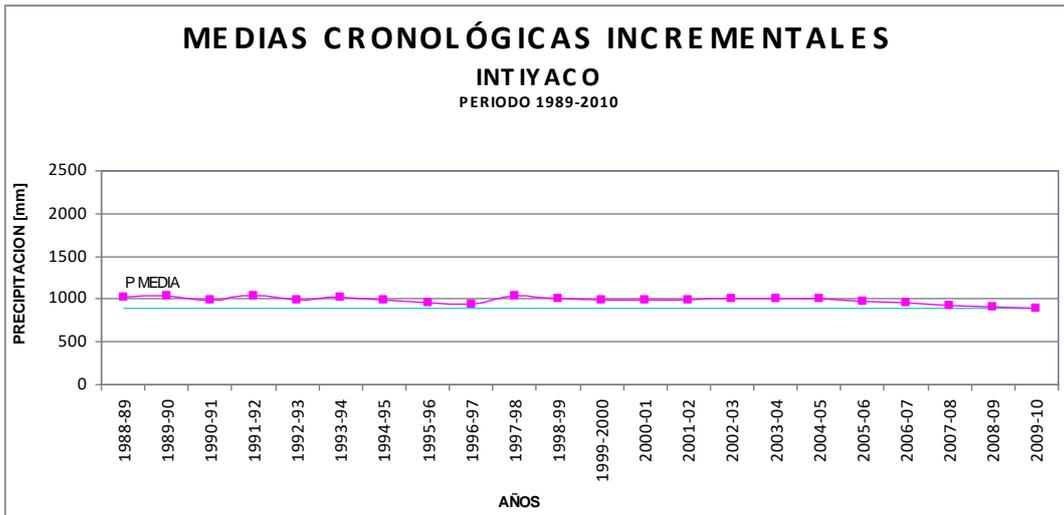


Figura 4.19: Medias cronológicas incrementales Estación Intiyaco. Período 1989-2010

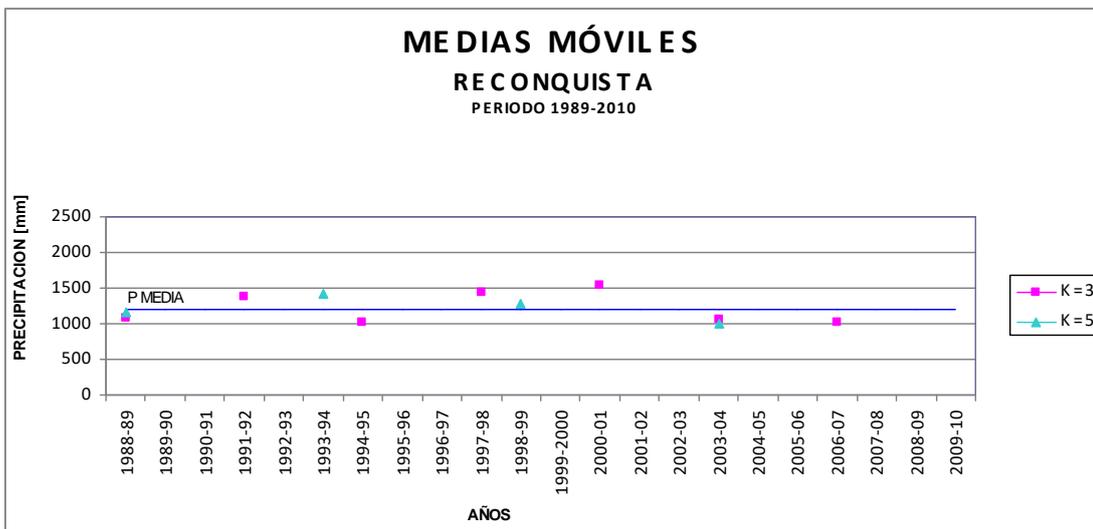


Figura 4.20: Medias móviles K=3 y K=5. Estación Reconquista. Período 1989-2010.

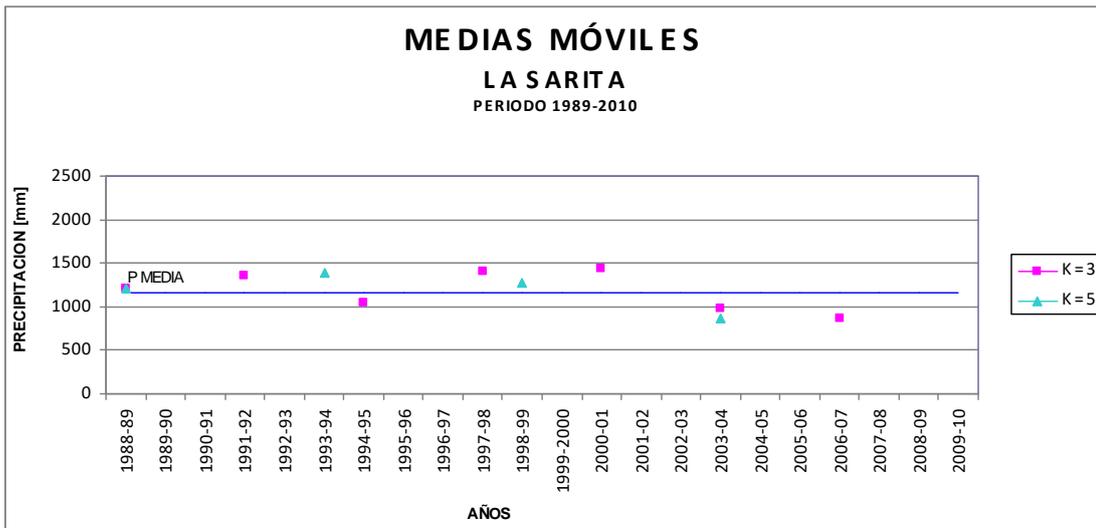


Figura 4.21: Medias móviles K=3 y K=5. Estación La Sarita. Período 1989-2010

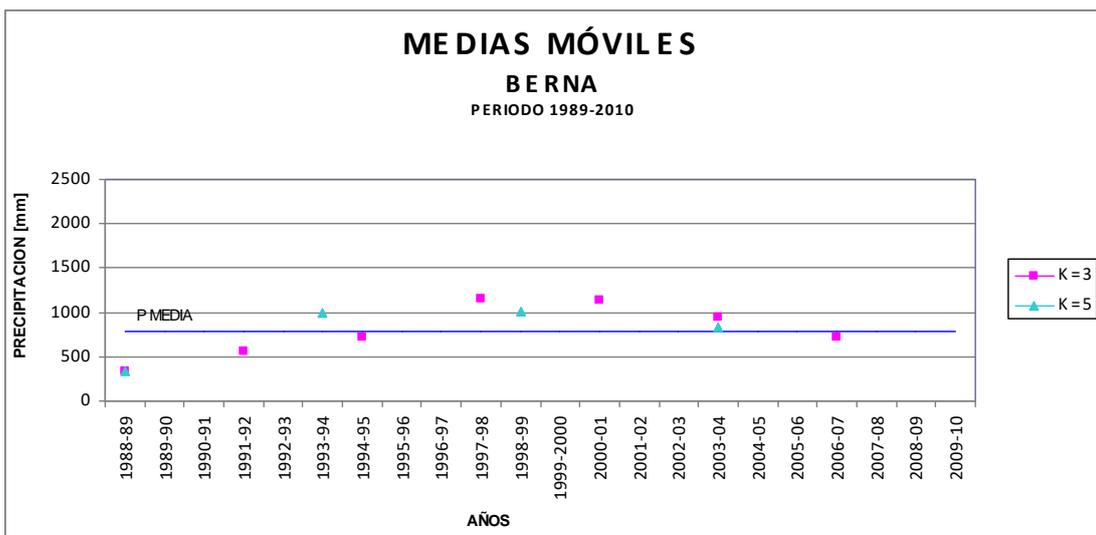


Figura 4.22: Medias móviles K=3 y K=5. Estación Berna. Período 1989-2010

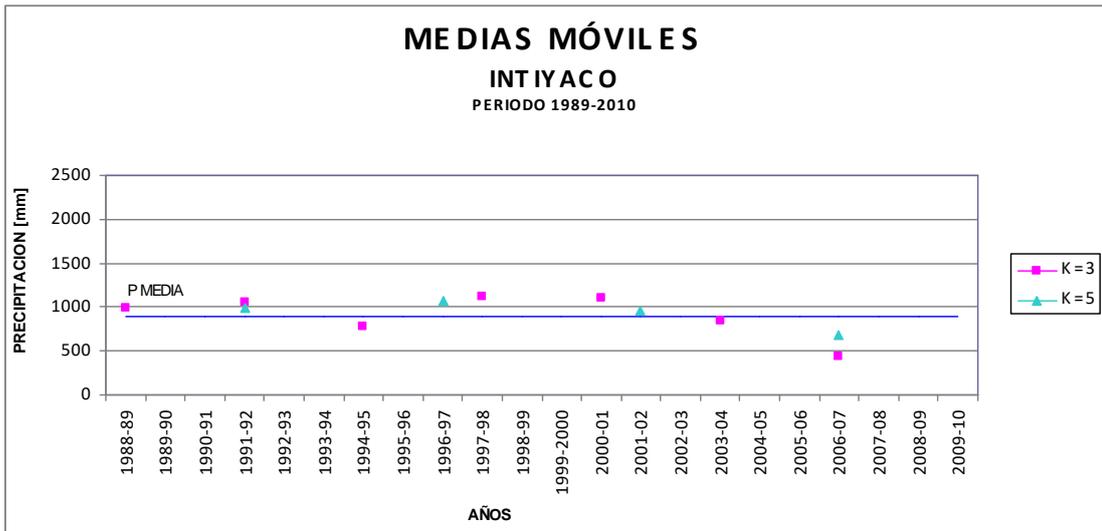


Figura 4.23: Medias móviles K=3 y K=5. Estación Intiyaco. Período 1989-2010

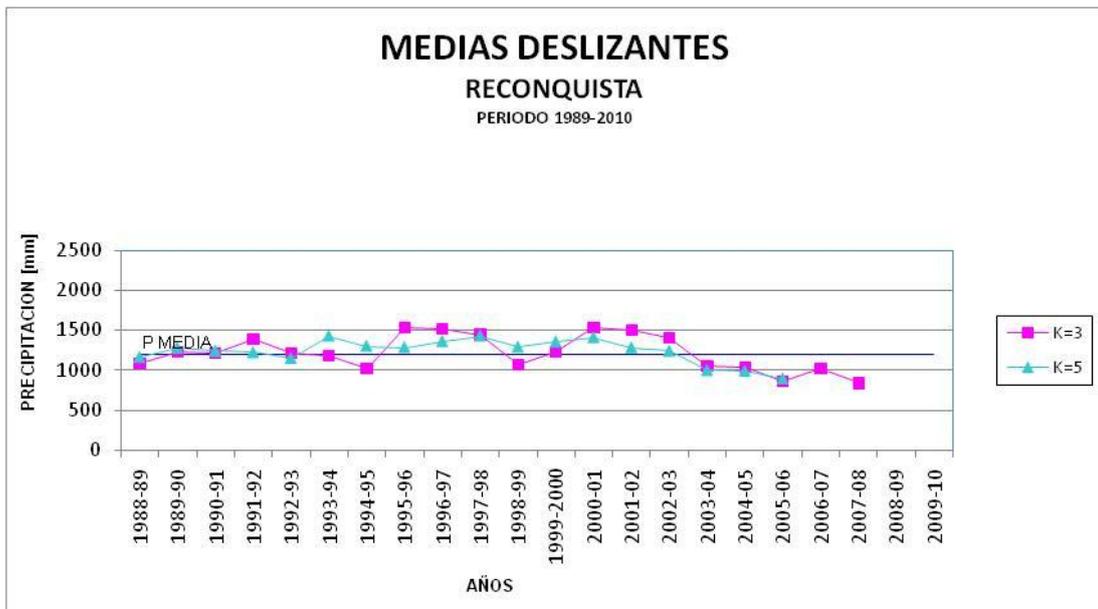


Figura 4.24: Medias deslizantes K=3 y K=5. Estación Reconquista. Período 1989-2010

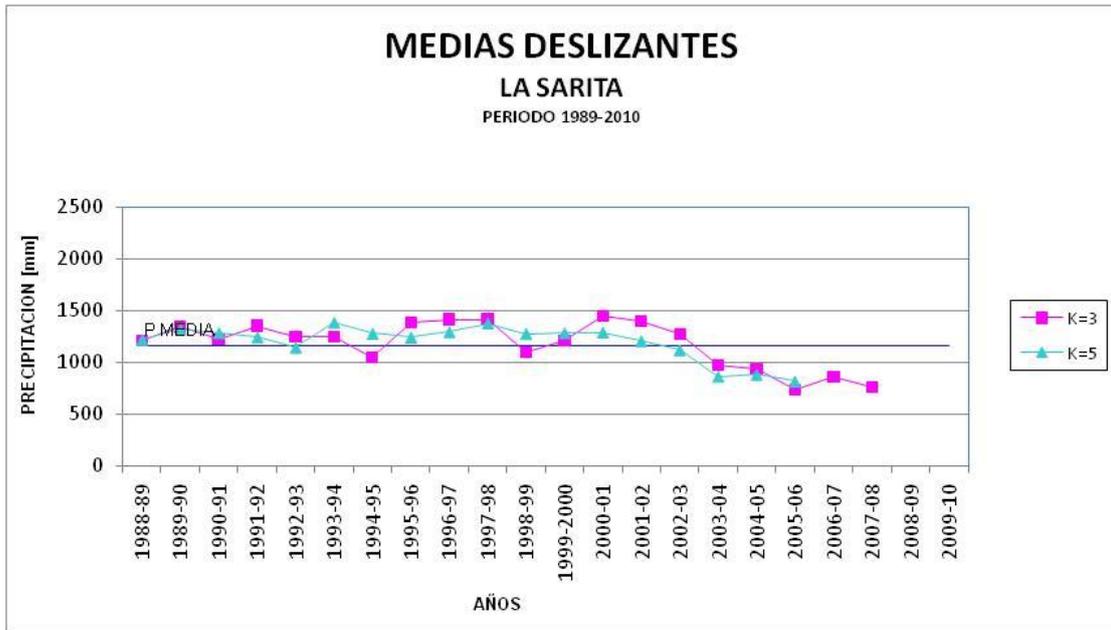


Figura 4.25: Medias deslizantes K=3 y K=5. Estación La Sarita. Período 1989-2010



Figura 4.26: Medias deslizantes K=3 y K=5. Estación Berna. Período 1989-2010

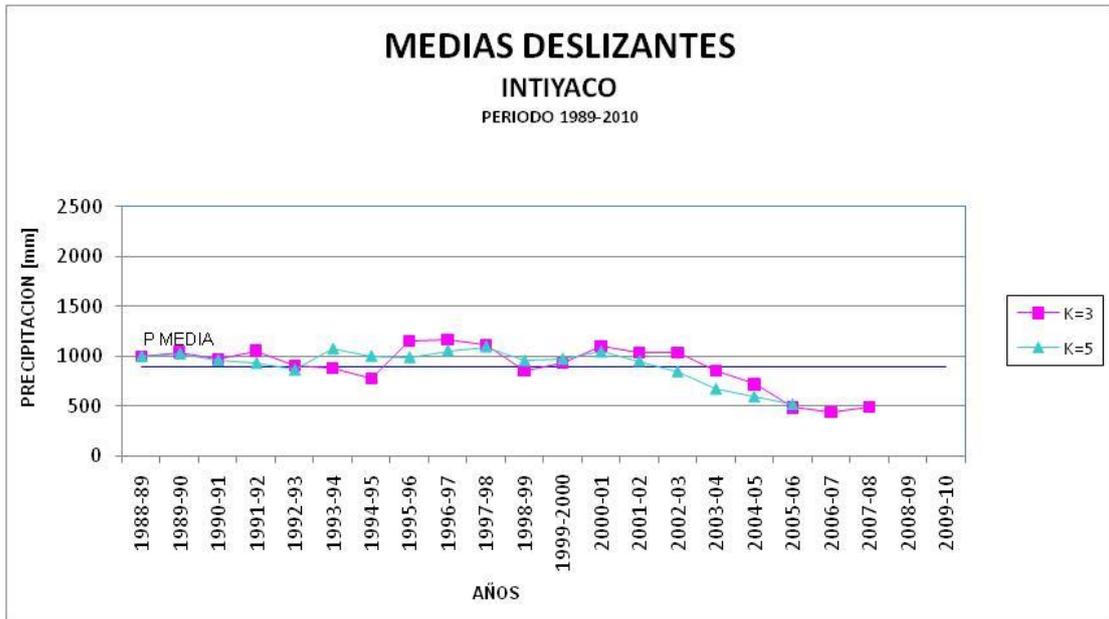


Figura 4.27: Medias deslizantes K=3 y K=5. Estación Intiyaco. Período 1989-2010

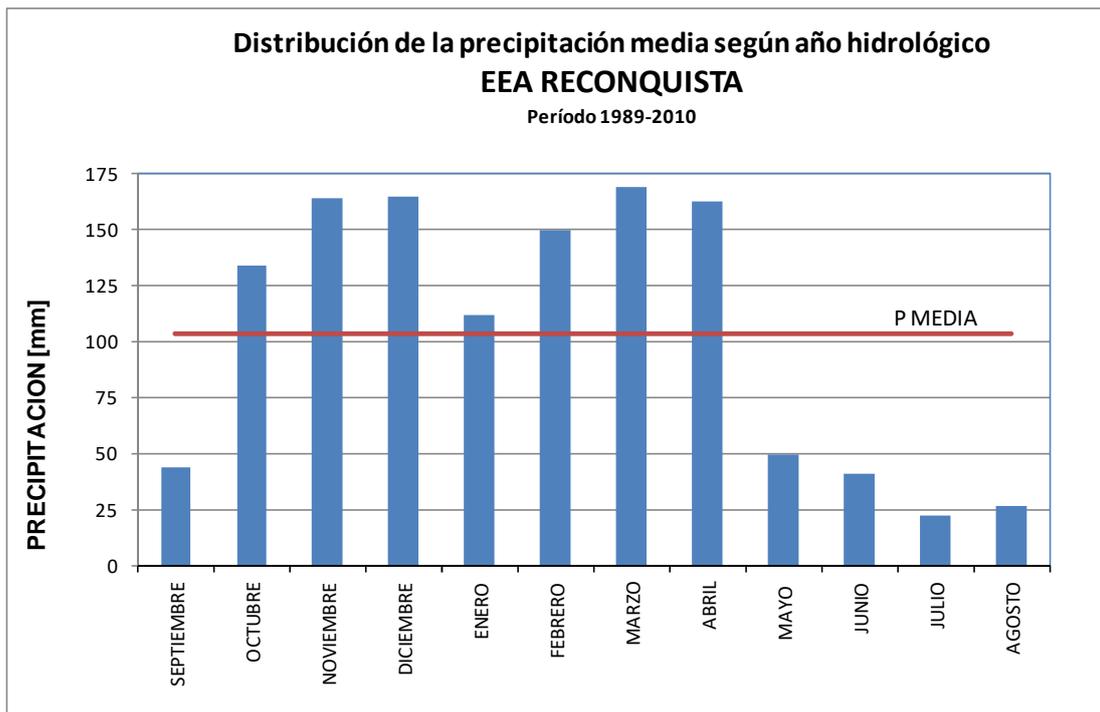


Figura 4.28: Distribución de precipitaciones según año hidrológico. Estación Reconquista. Período 1960-2010

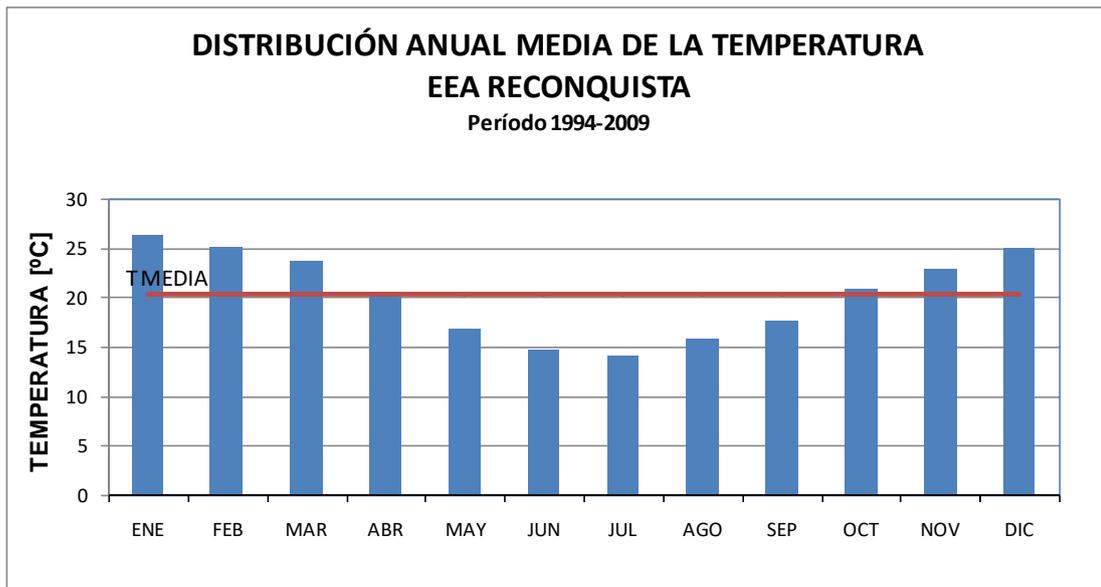


Figura 4.29: Distribución anual media de la temperatura. Estación Reconquista. Período 1994-2010

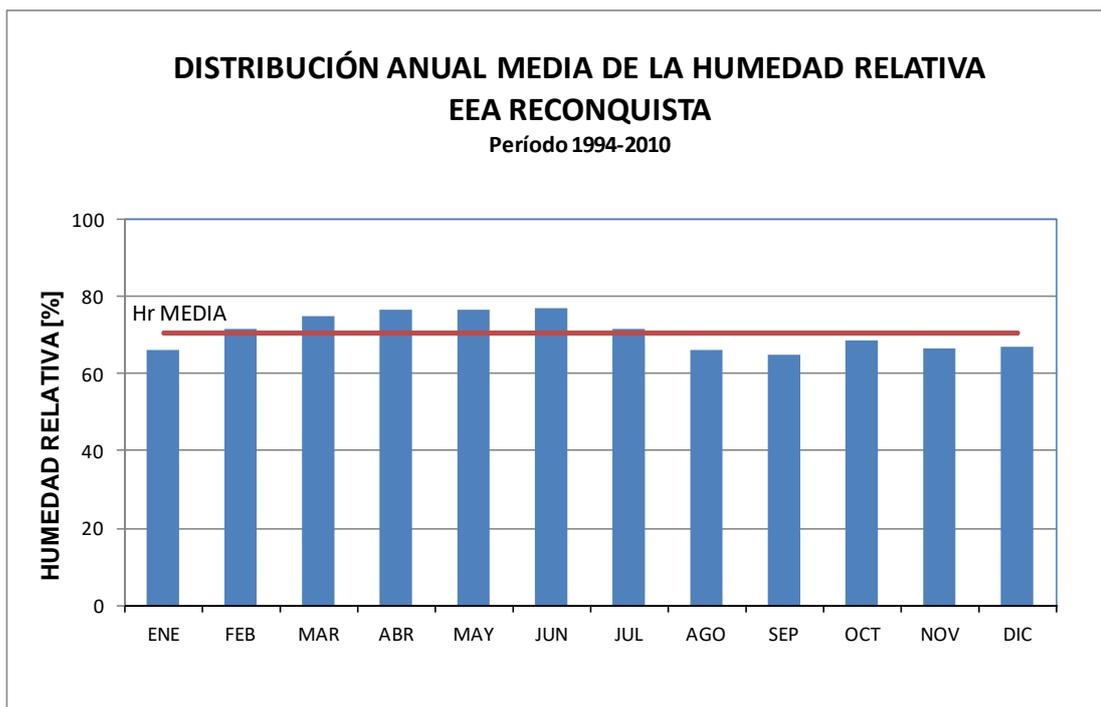


Figura 4.30: Distribución anual media de la Humedad relativa porcentual. Estación Reconquista. Período 1994-2010

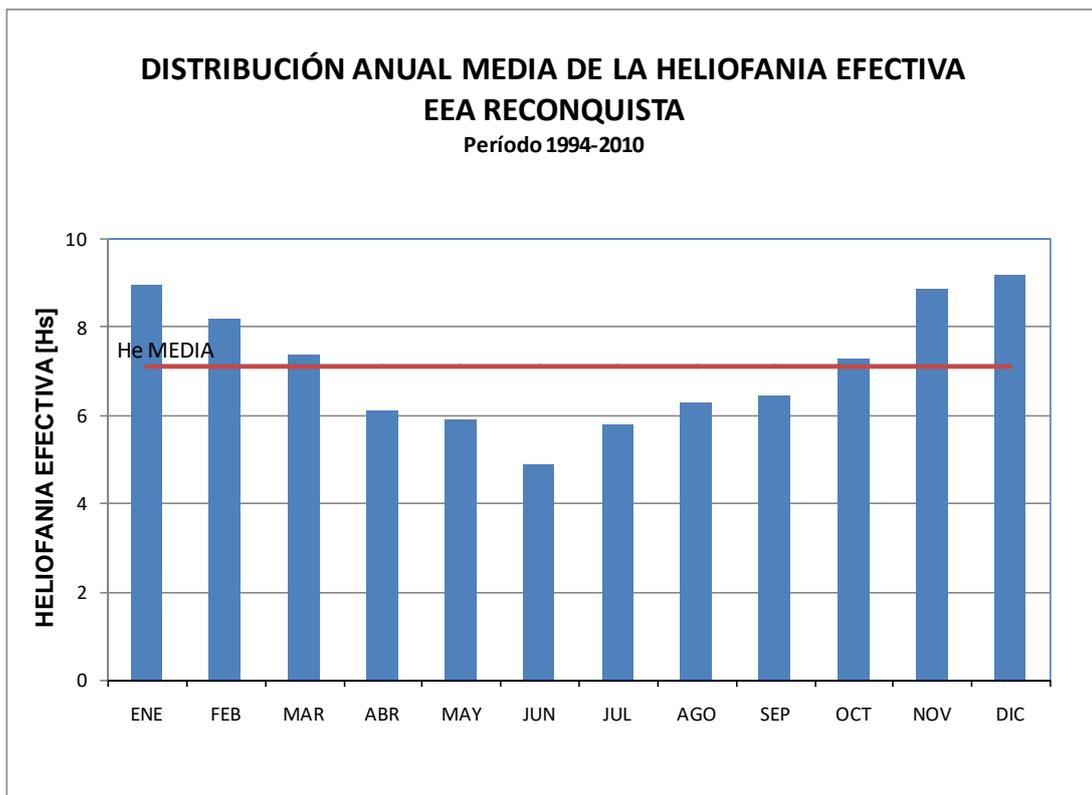


Figura 4.31: Distribución anual media de la Heliofanía efectiva. Estación Reconquista. Período 1994-2010

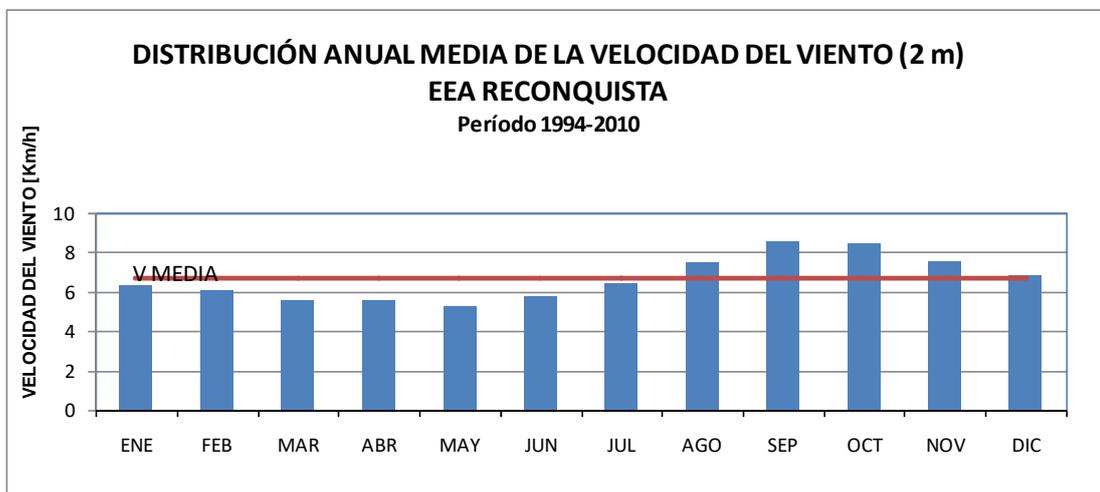


Figura 4.32: Distribución anual media de la Velocidad del viento (2 m). Estación Reconquista. Período 1994-2010

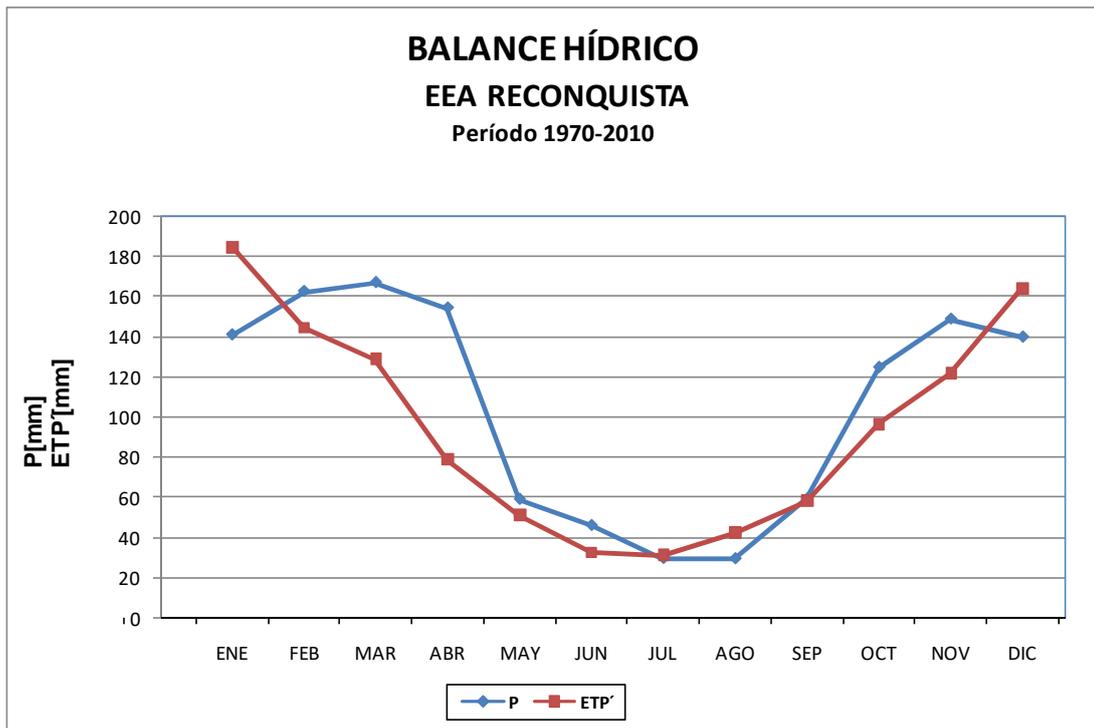


Figura 4.33: Balance hídrico cerrado anual. Estación Reconquista. Período 1970-2010

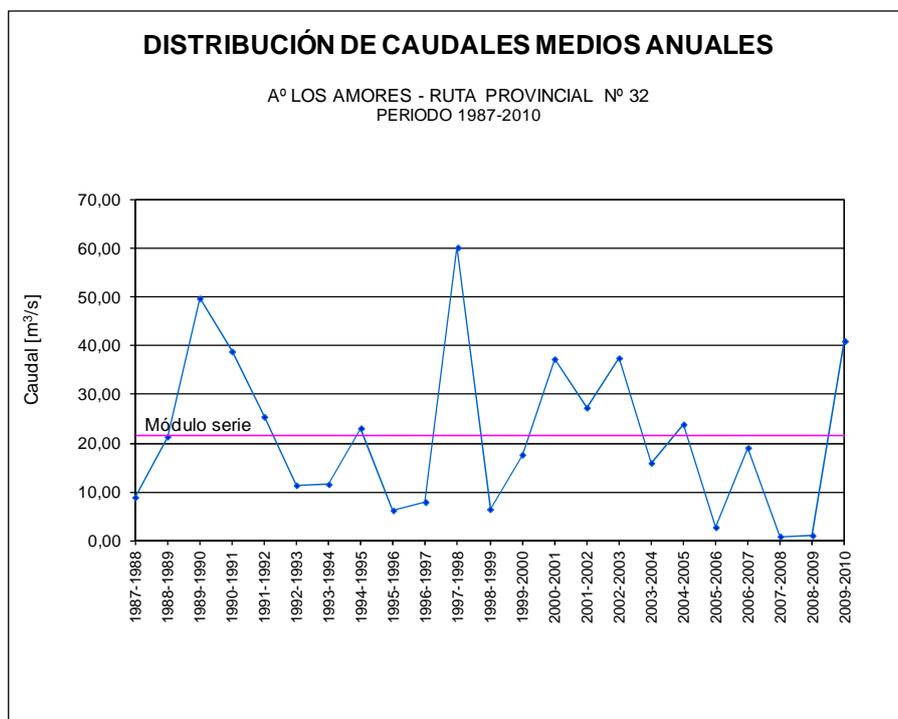


Figura 4.39: Distribución de caudales medios anuales. A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23'17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010

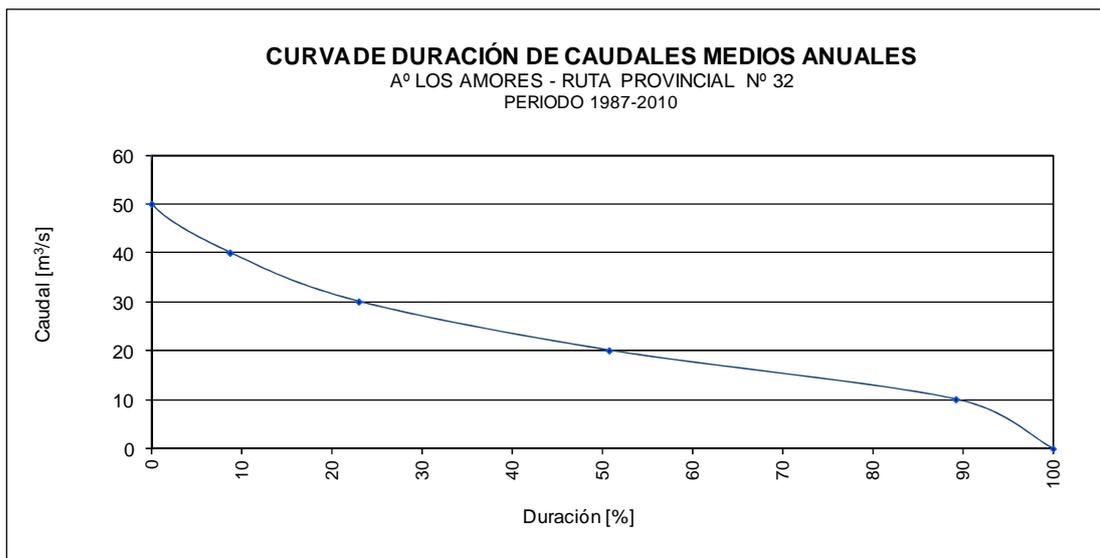


Figura 4.40: Curva de duración de caudales medios anuales. A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23'17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010

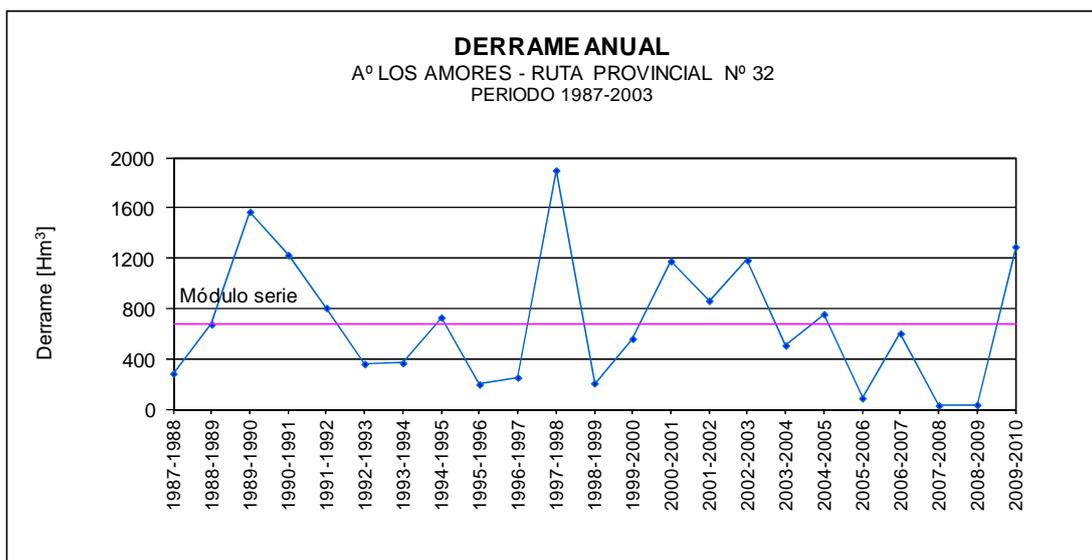


Figura 4.41: Derrame anual en Hm<sup>3</sup>. A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23'17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010

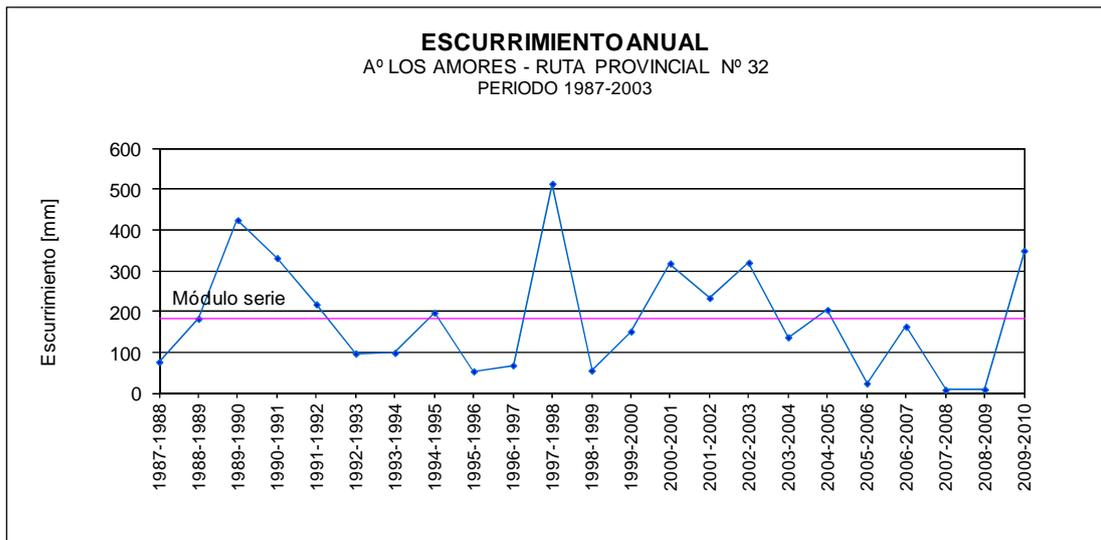


Figura 4.42: Escurrecimiento anual en mm. A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23'17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010

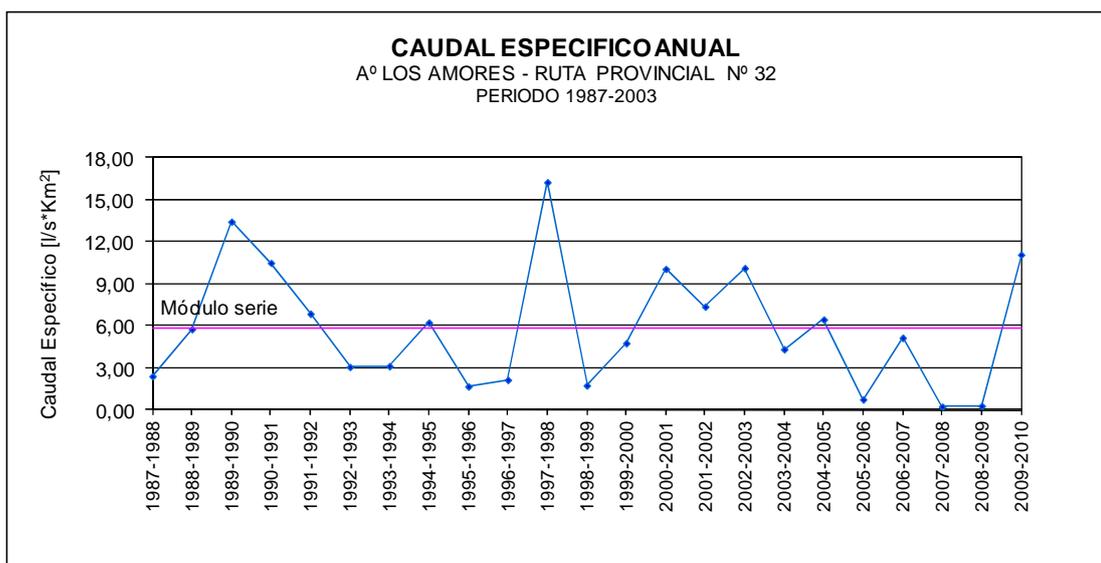


Figura 4.43: Caudal específico anual en l/s\*Km². A° Los Amores, Villa Ocampo (Ruta Provincial N° 32). Latitud 28° 29'28" S y Longitud 59° 23'17" O. Estación de medición de la SSRH N° 3231. Período 1987-2010

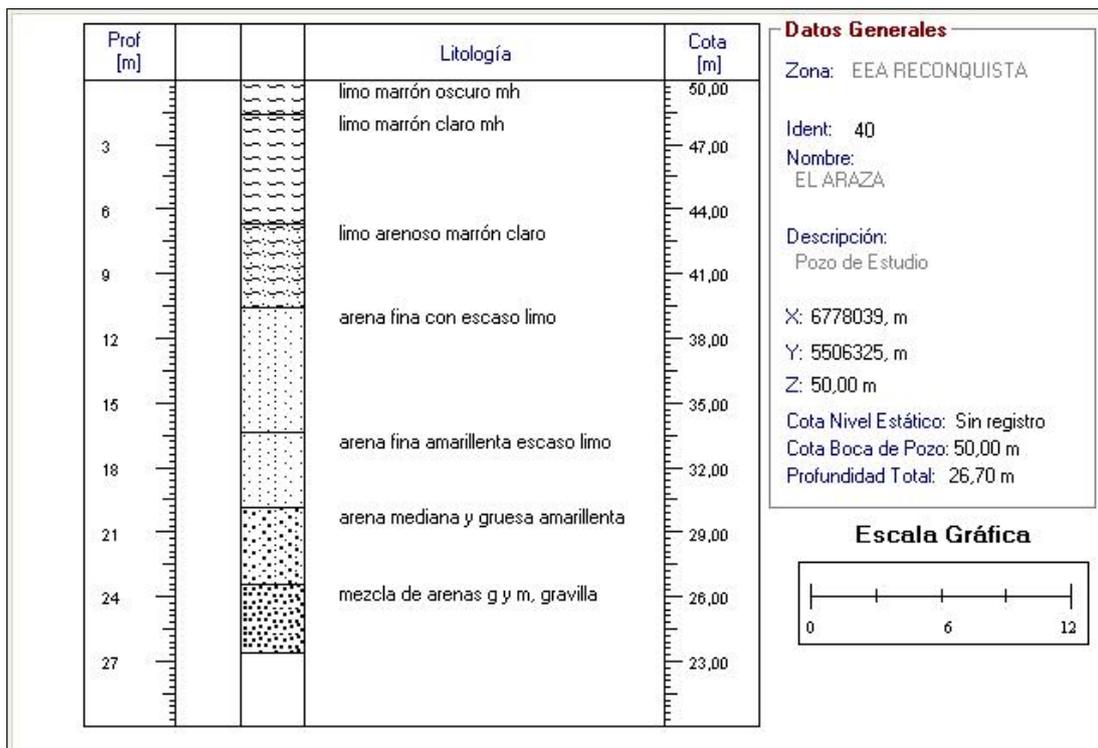


Figura 4.47: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de El Araza, Departamento General Obligado

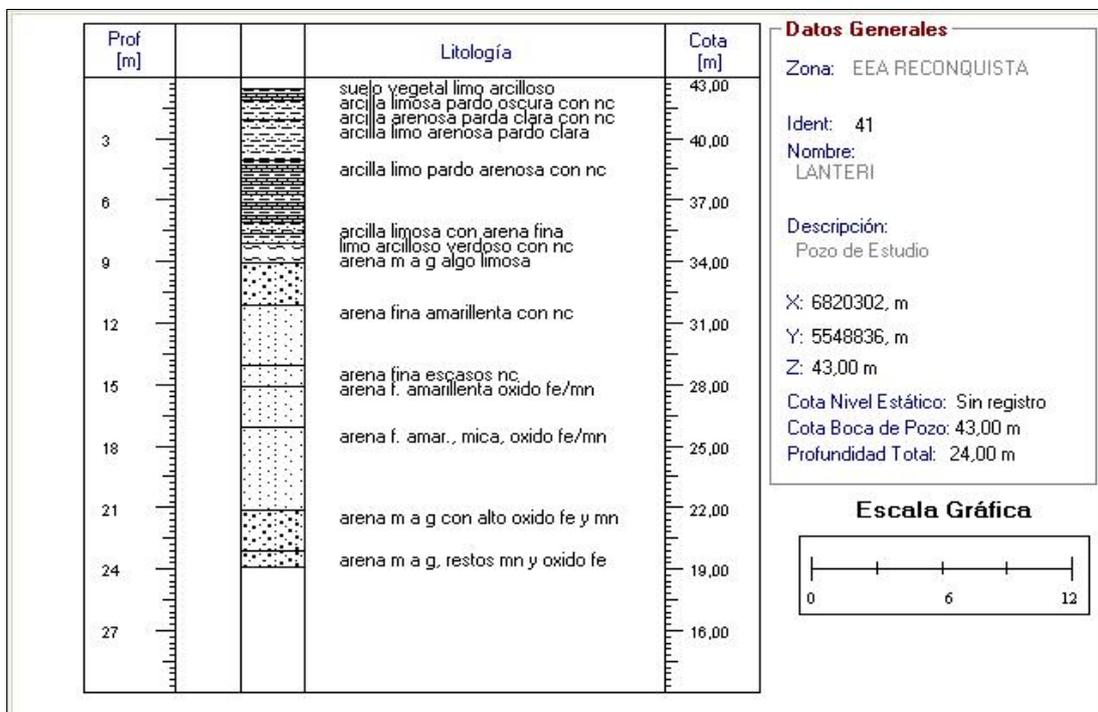


Figura 4.48: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Lanteri, Departamento General Obligado

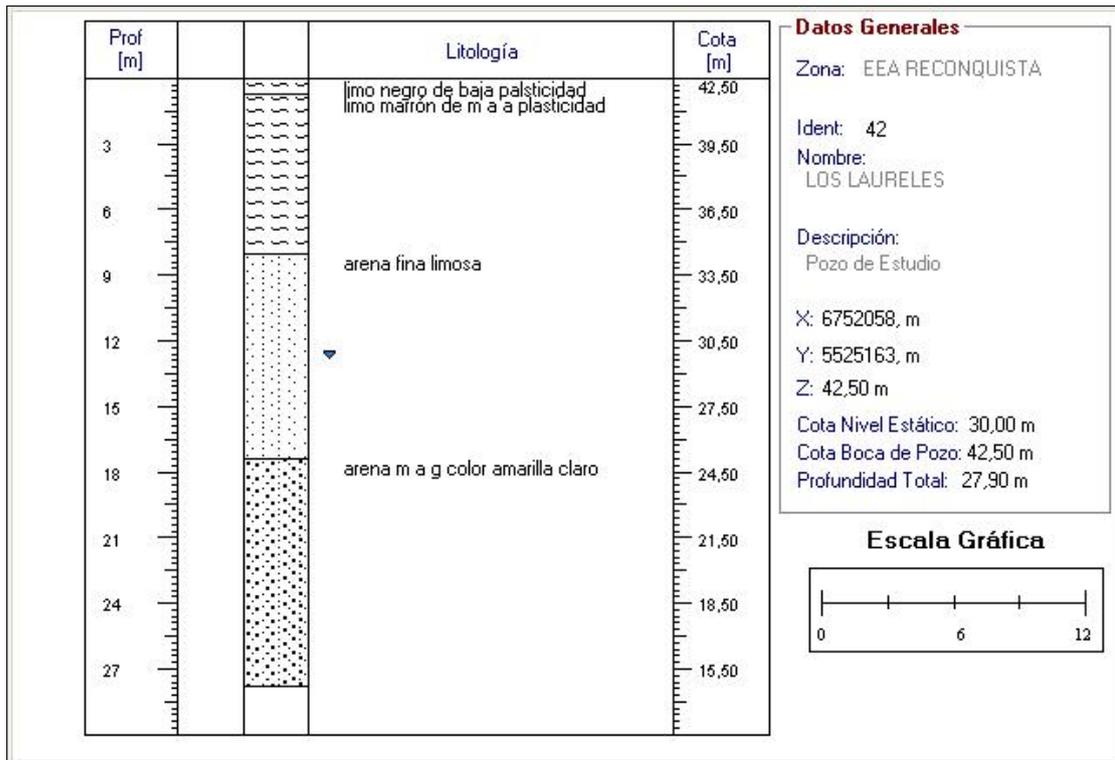


Figura 4.49: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Los Laureles, Departamento General Obligado

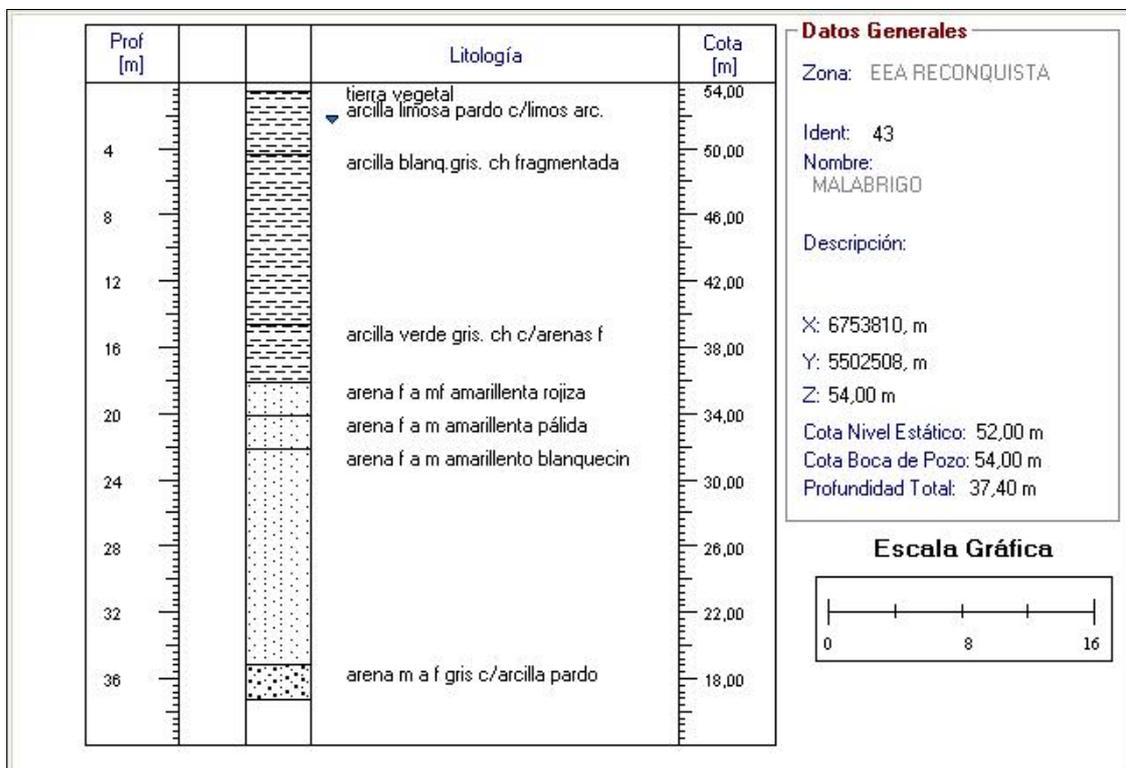


Figura 4.50: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Malabrigo, Departamento General Obligado

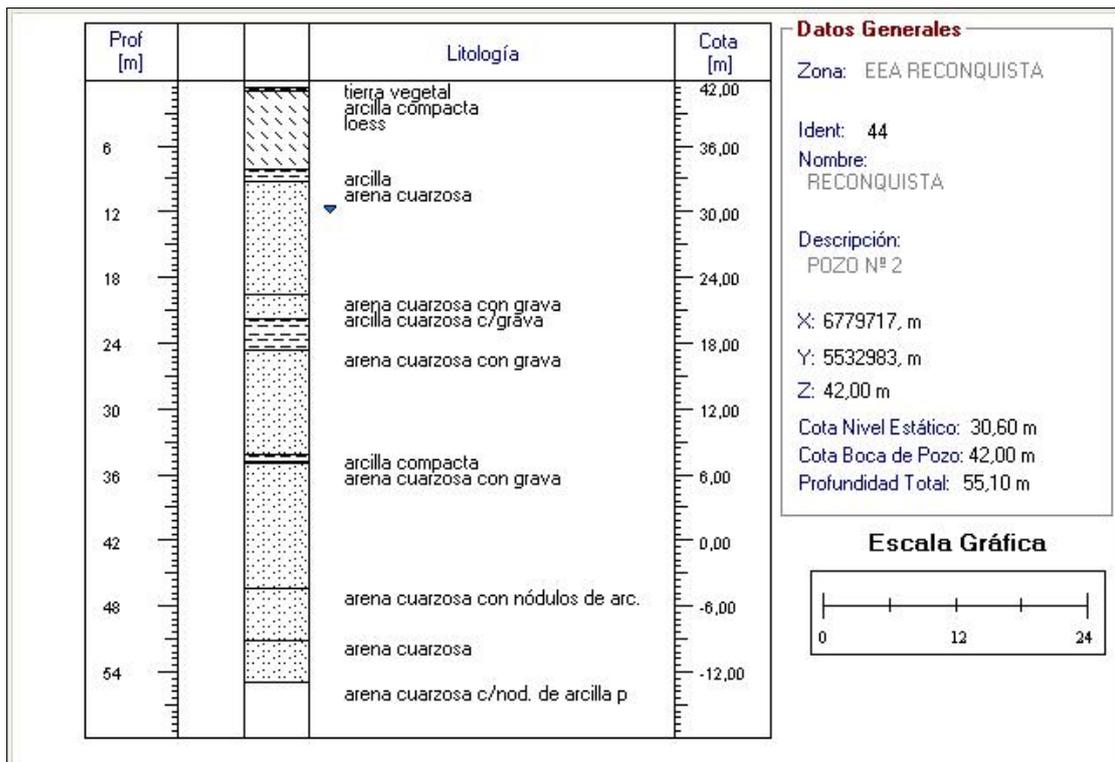


Figura 4.51: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Reconquista, Departamento General Obligado

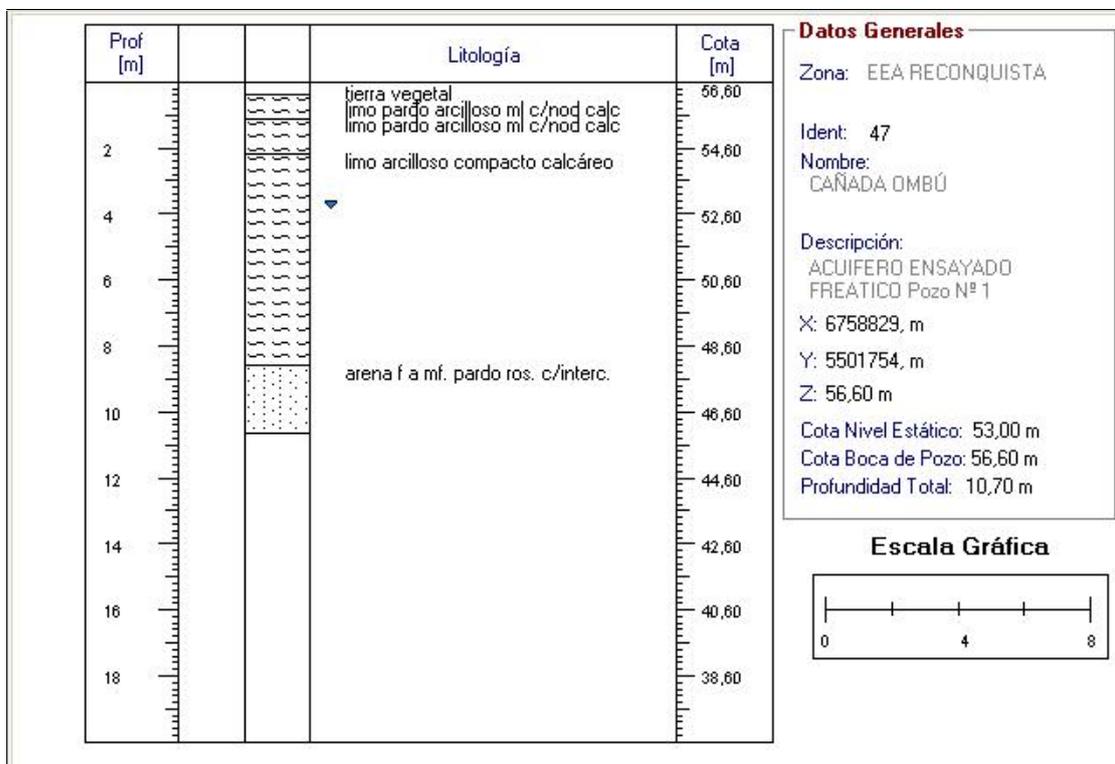


Figura 4.52: Perfil de pozo de bombeo N° 1. Localidad de Cañada Ombú, Departamento Vera

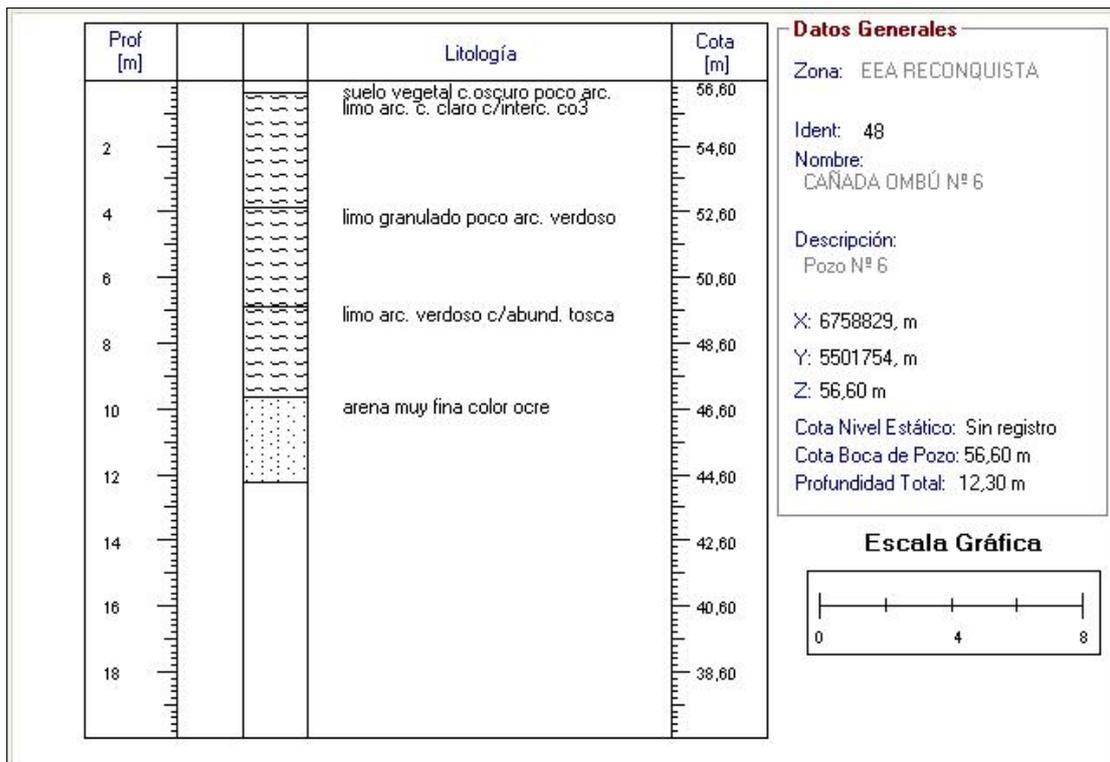


Figura 4.53: Perfil de pozo de bombeo N° 6. Localidad de Cañada Ombú, Departamento Vera

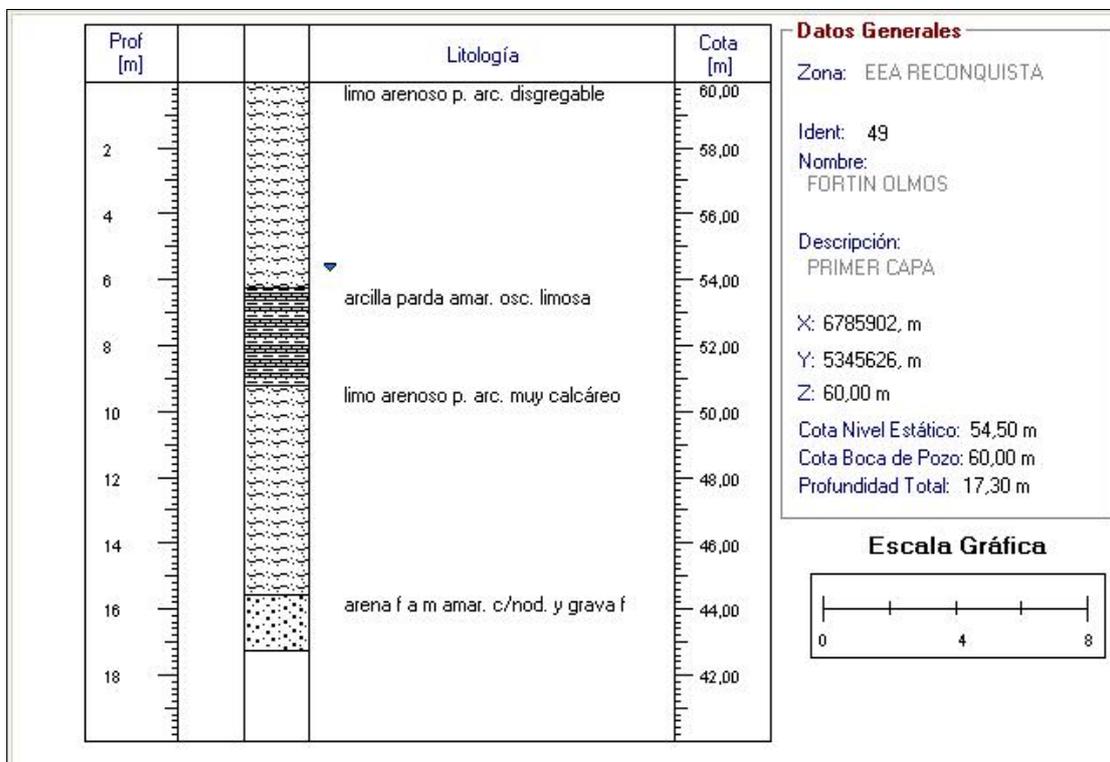


Figura 4.54: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Fortín Olmos, Departamento Vera

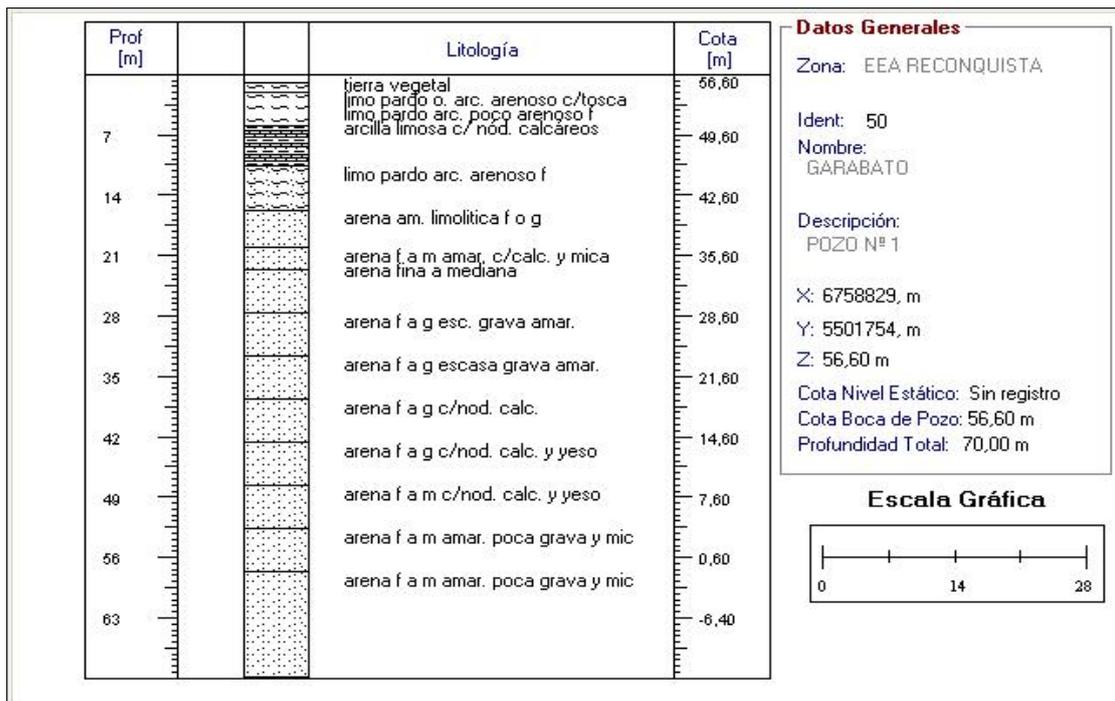


Figura 4.55: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Garabato, Departamento Vera

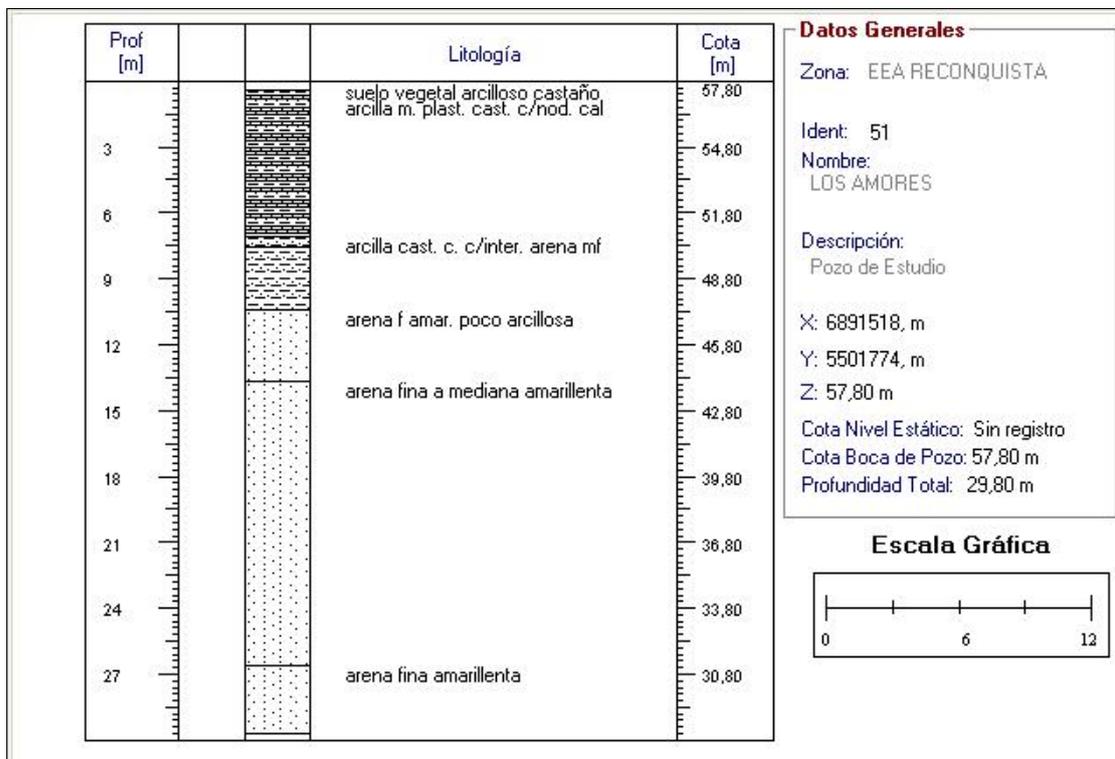


Figura 4.56: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Los Amores, Departamento Vera

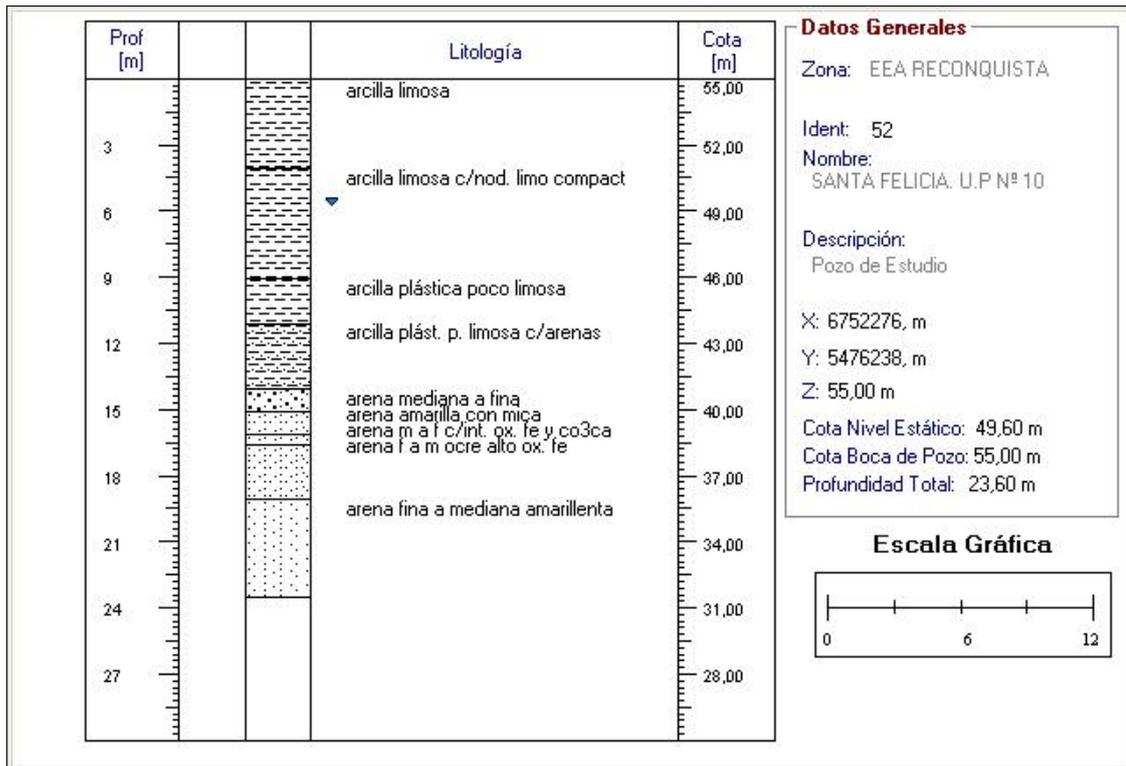


Figura 4.57: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Santa Felicia, Departamento Vera

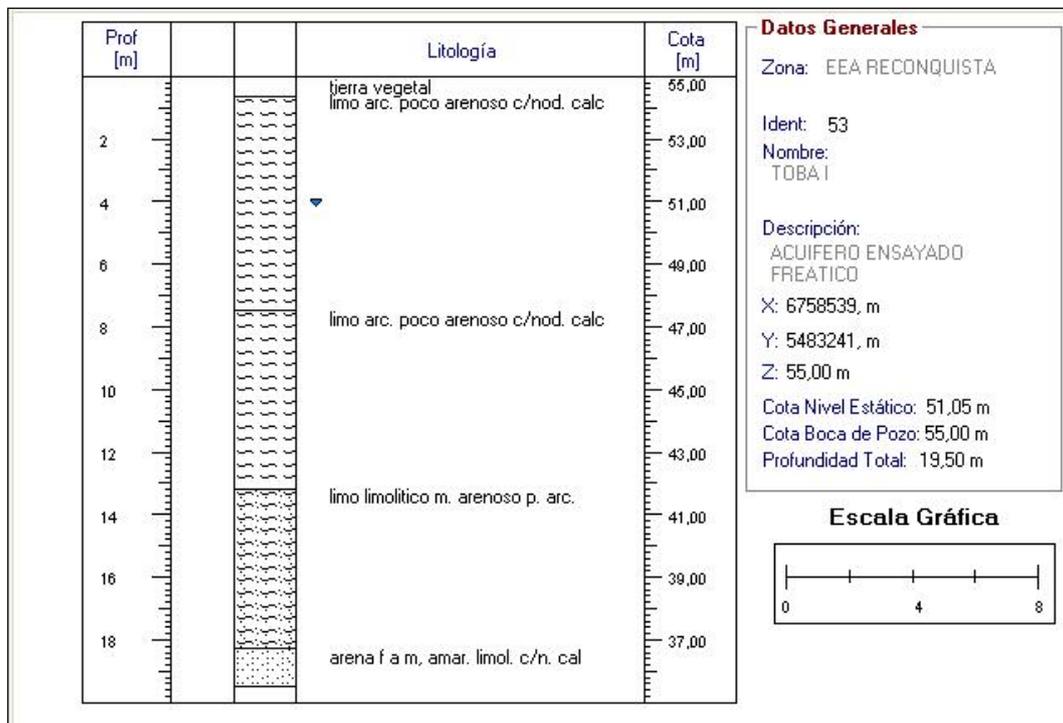


Figura 4.58: Perfil de pozo de bombeo N° I. Localidad de El Toba, Departamento Vera

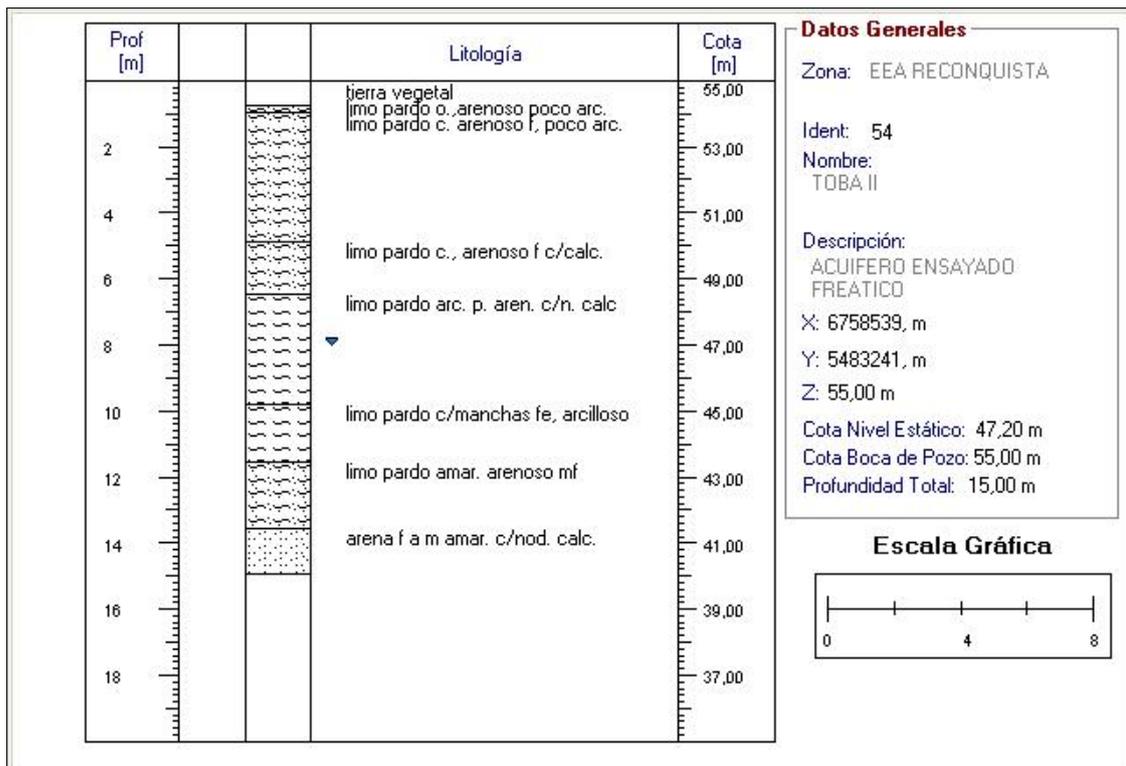


Figura 4.59: Perfil de pozo de bombeo N° II. Localidad de Toba, Departamento Vera

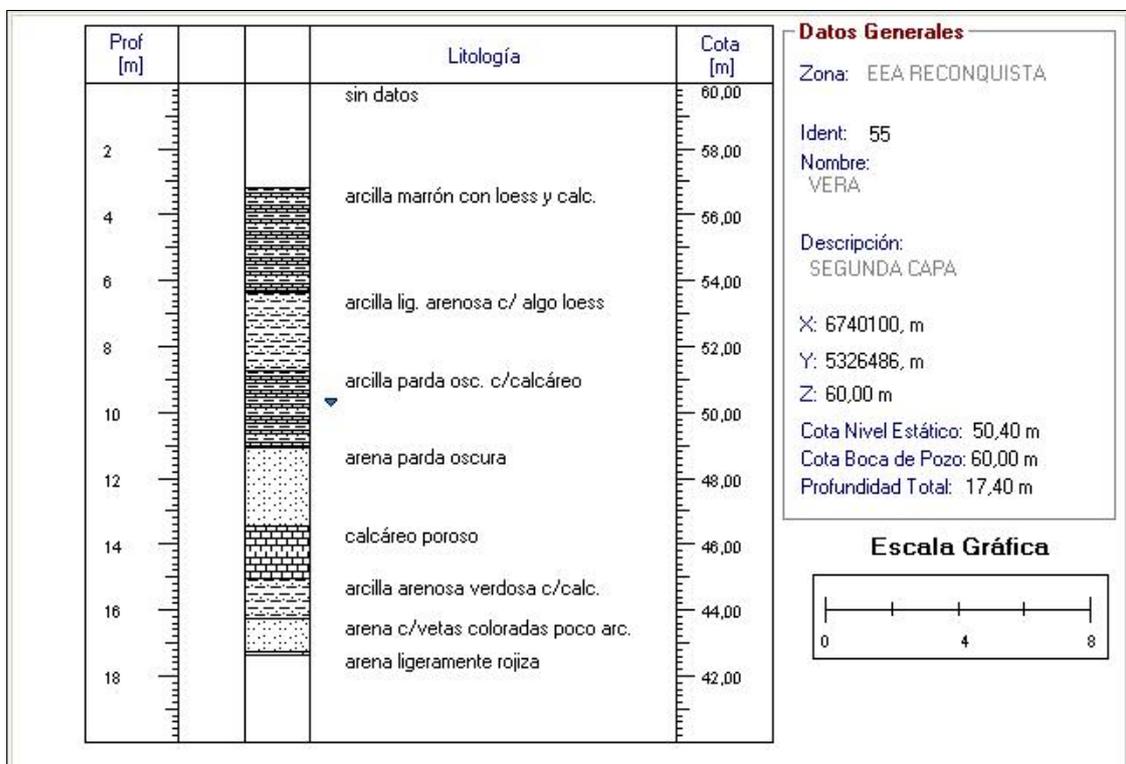


Figura 4.60: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Vera, Departamento Vera

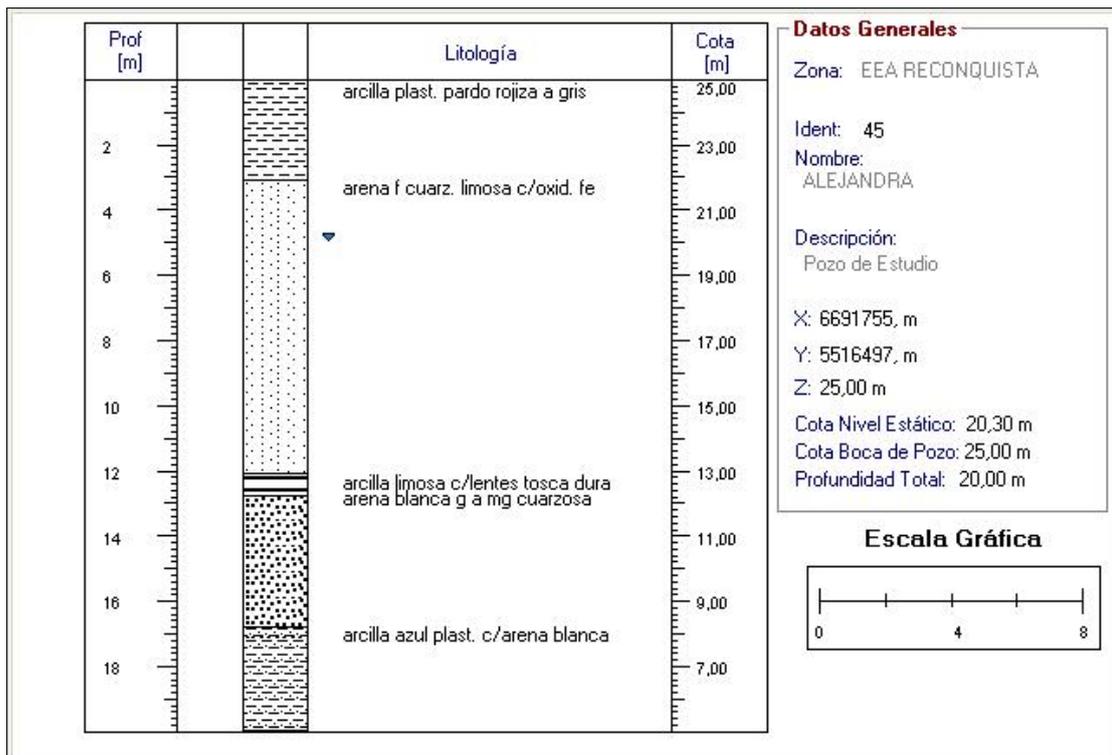


Figura 4.61: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Alejandra, Departamento San Javier

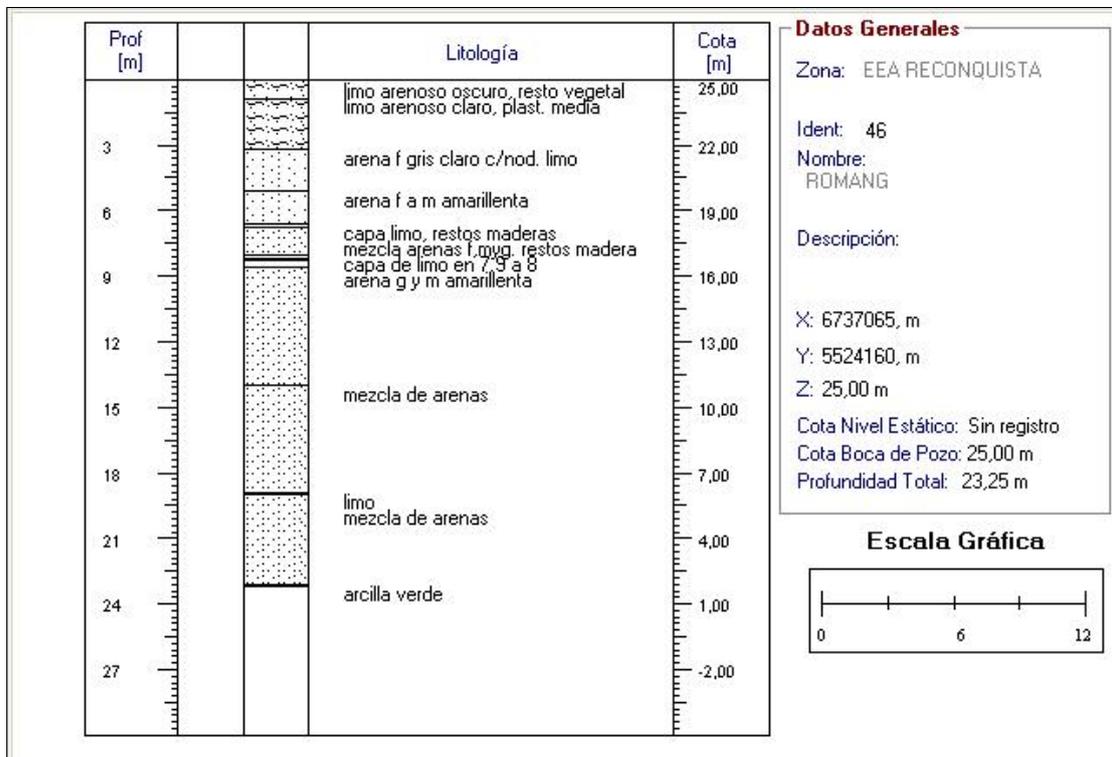
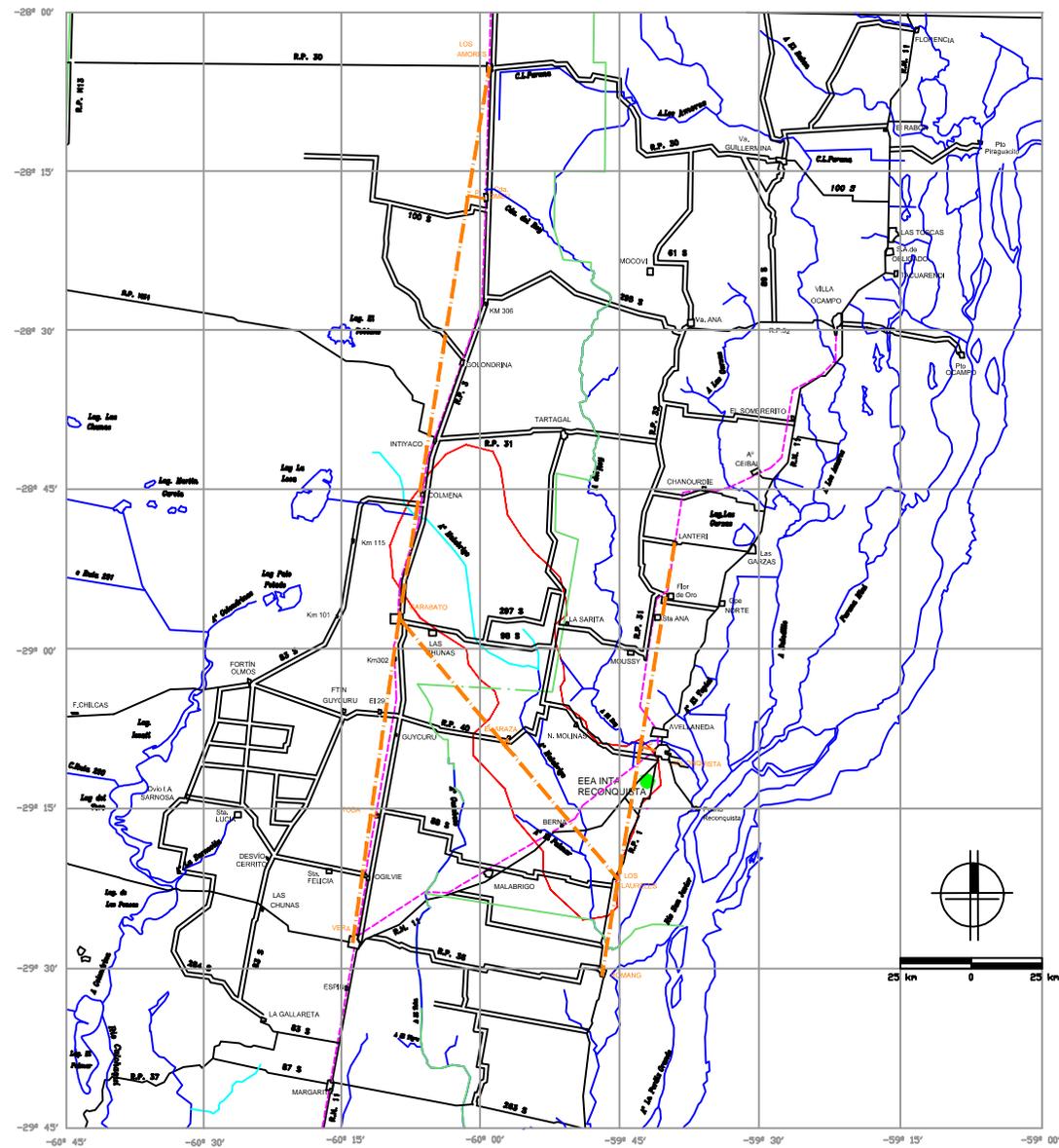
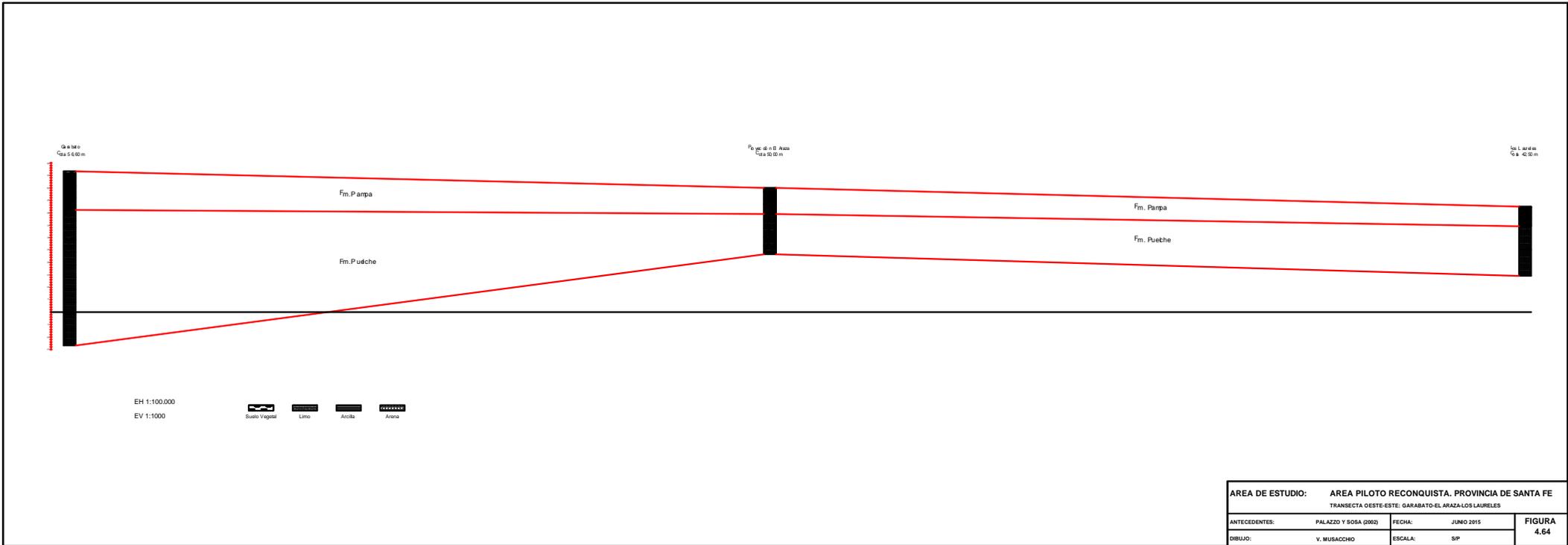


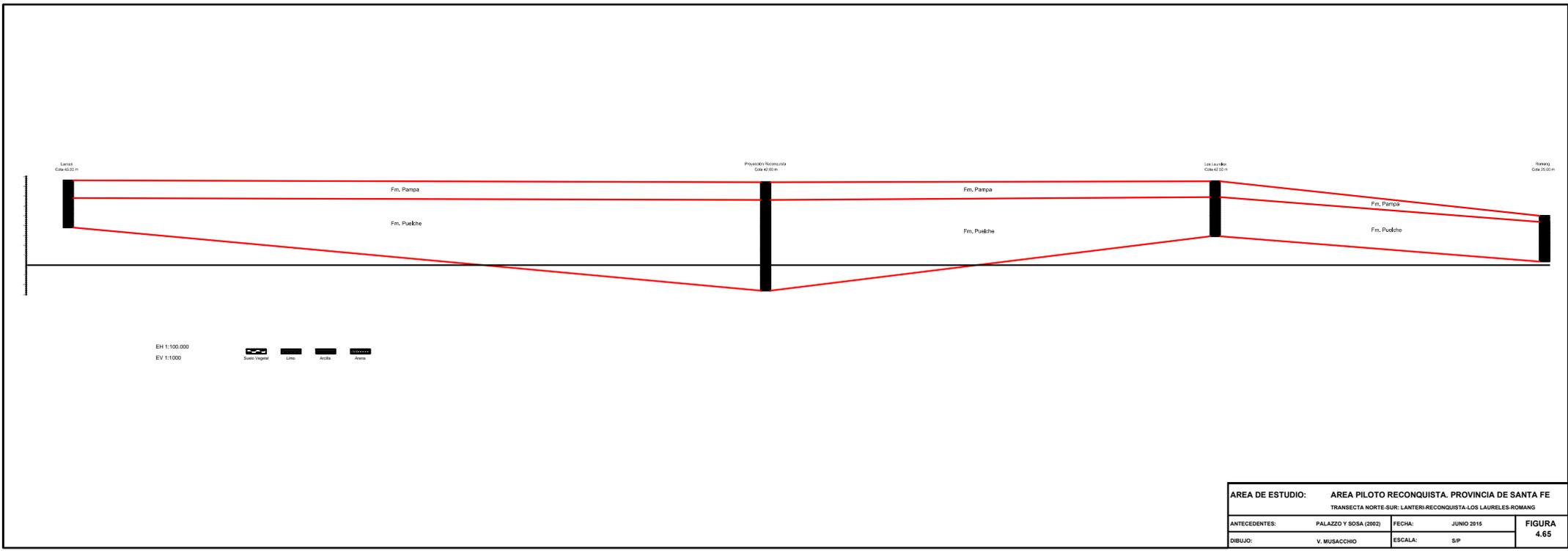
Figura 4.62: Perfil de pozo de bombeo. Localidad de Romang, Departamento San Javier



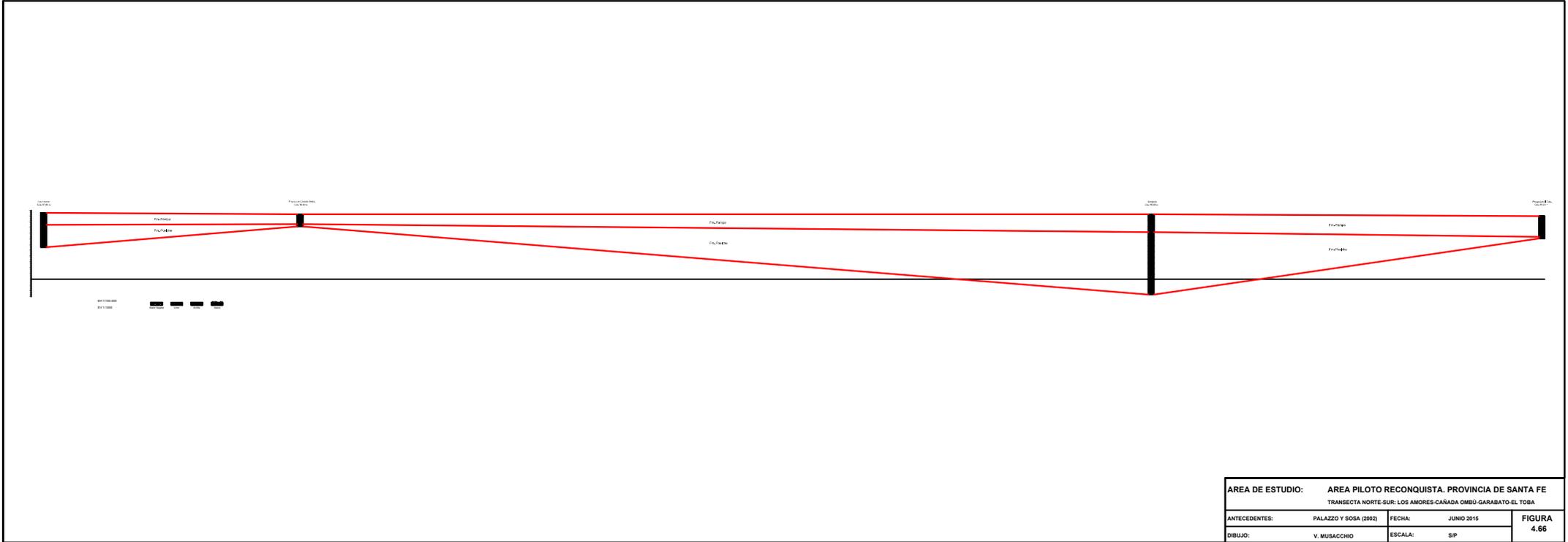
<b>AREA DE ESTUDIO:</b>		<b>AREA PILOTO RECONQUISTA. PROVINCIA DE SANTA FE</b>	
<b>UBICACIÓN DE TRANSECTAS</b>			
ANTECEDENTES:	PALAZZO Y SOSA (2002)	FECHA:	JUNIO 2015
DIBUJO:	V. MUSACCHIO	ESCALA:	S/P
			<b>FIGURA 4.63</b>



<b>AREA DE ESTUDIO:</b> AREA PILOTO RECONQUISTA. PROVINCIA DE SANTA FE			
TRANSECTA OESTE-ESTE: GARABATO-EL ARAZA-LOS LAURELES			
<b>ANTECEDENTES:</b>	PALAZZO Y ROSA (2002)	<b>FECHA:</b>	JUNIO 2015
<b>DIBUJO:</b>	V. MUSACCHIO	<b>ESCALA:</b>	SP
			<b>FIGURA</b> 4.64



AREA DE ESTUDIO:		AREA PILOTO RECONQUISTA. PROVINCIA DE SANTA FE		FIGURA 4.65
		TRANSECTA NORTE-SUR: LANTERI-RECONQUISTA-LOS LAURELES-ROMANG		
ANTECEDENTES:	PALAZZO Y SOSA (2002)	FECHA:	JUNIO 2015	
DIBUJO:	V. MUSACCHIO	ESCALA:	SIP	



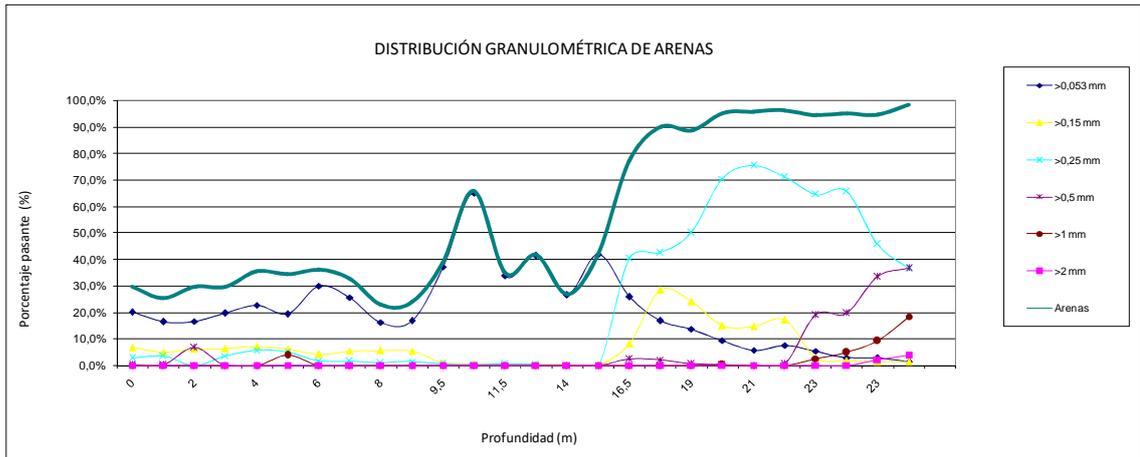


Figura 4.67: Distribución granulométrica de las arenas en el perfil del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

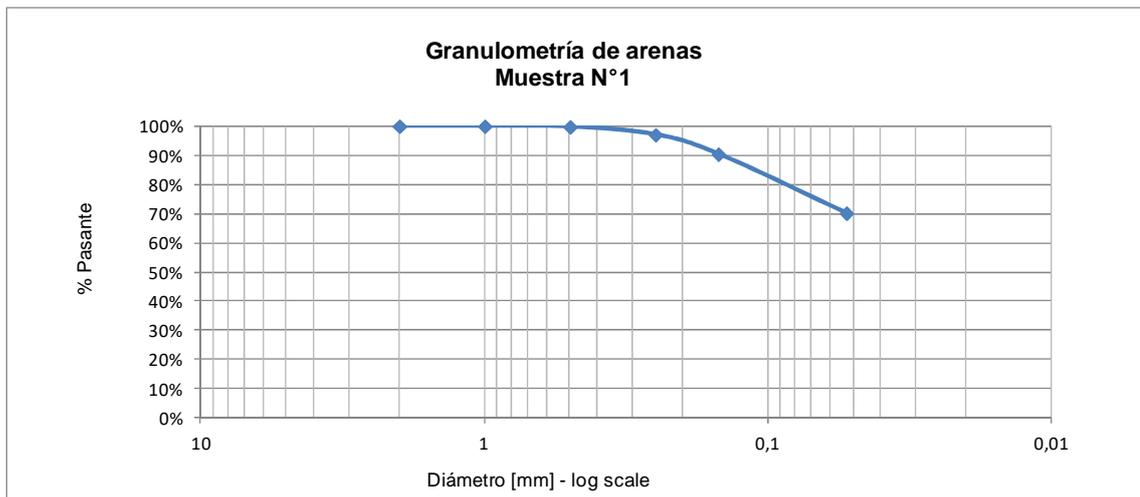


Figura 4.68: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 1 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

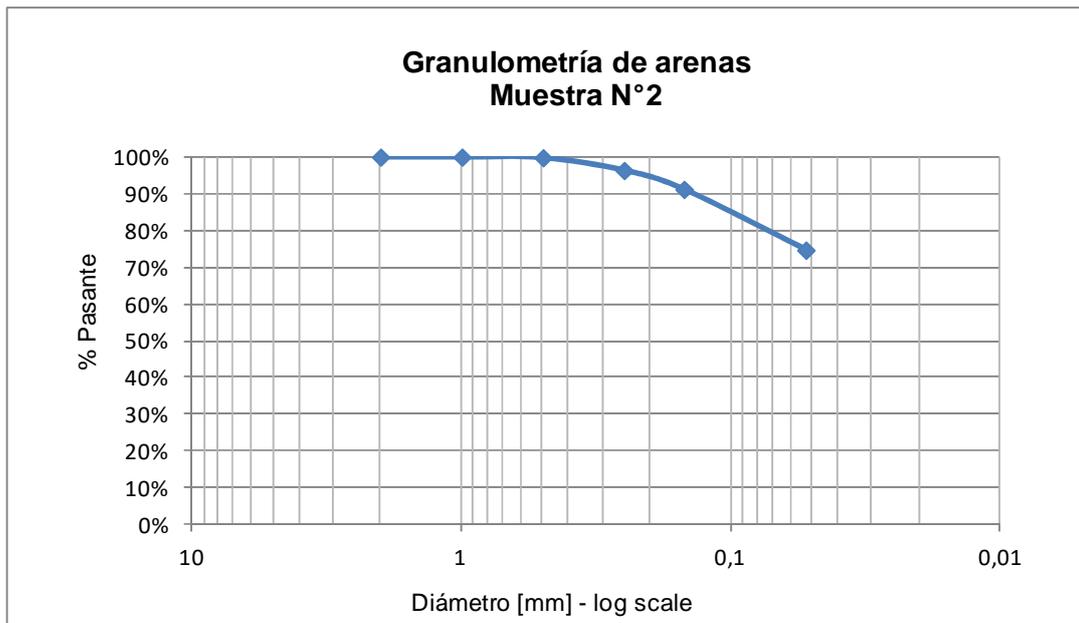


Figura 4.69: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 2 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

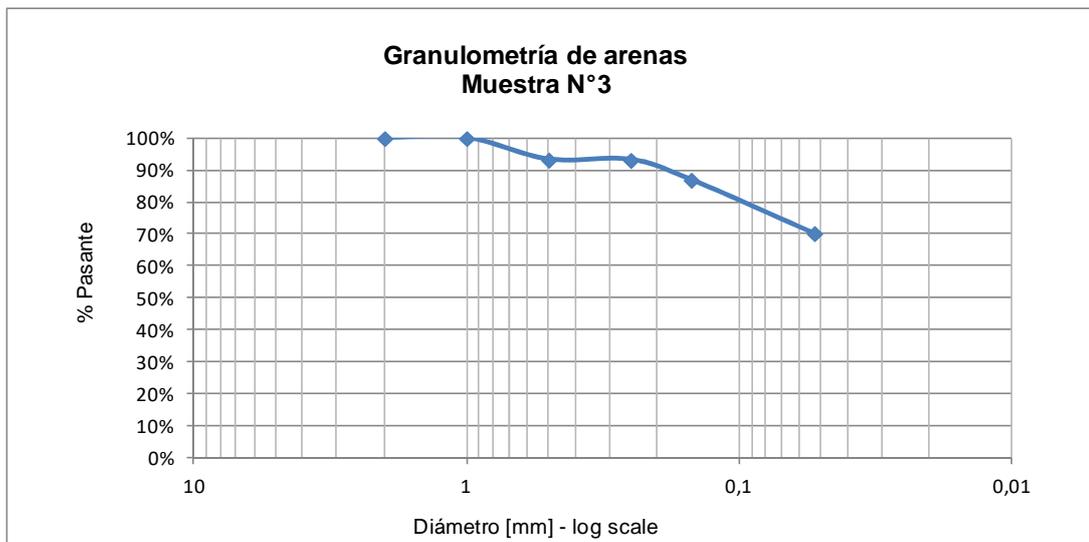


Figura 4.70: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 3 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

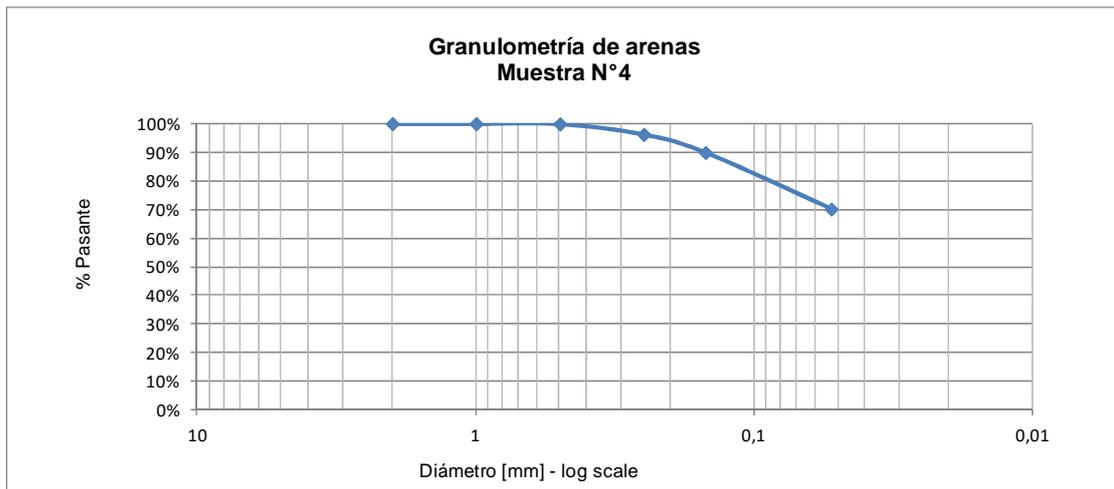


Figura 4.71: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 4 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

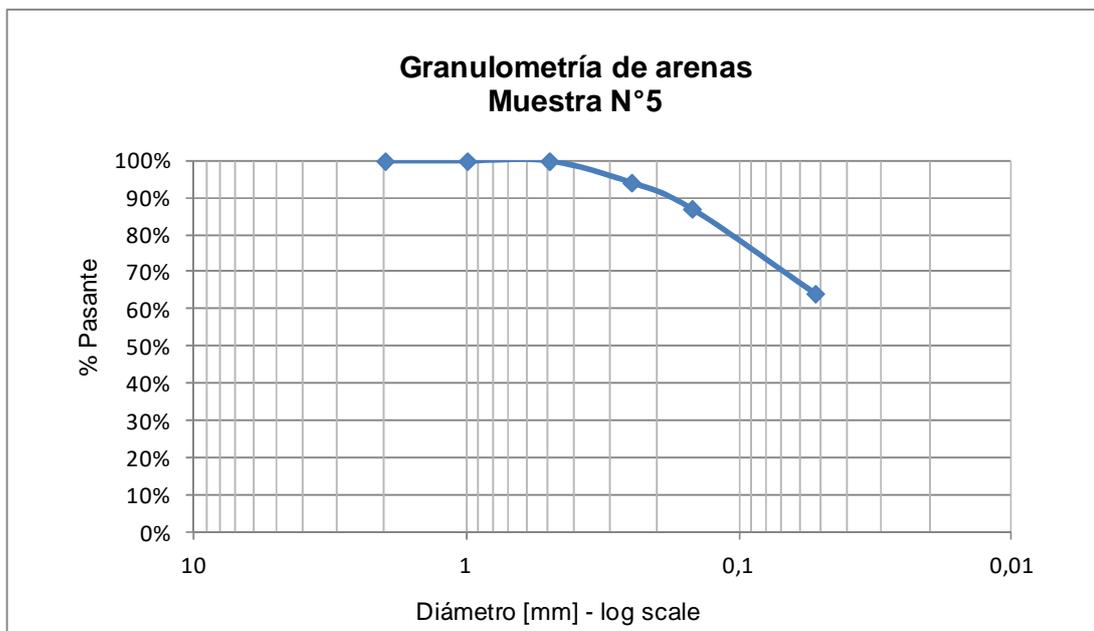


Figura 4.72: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 5 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

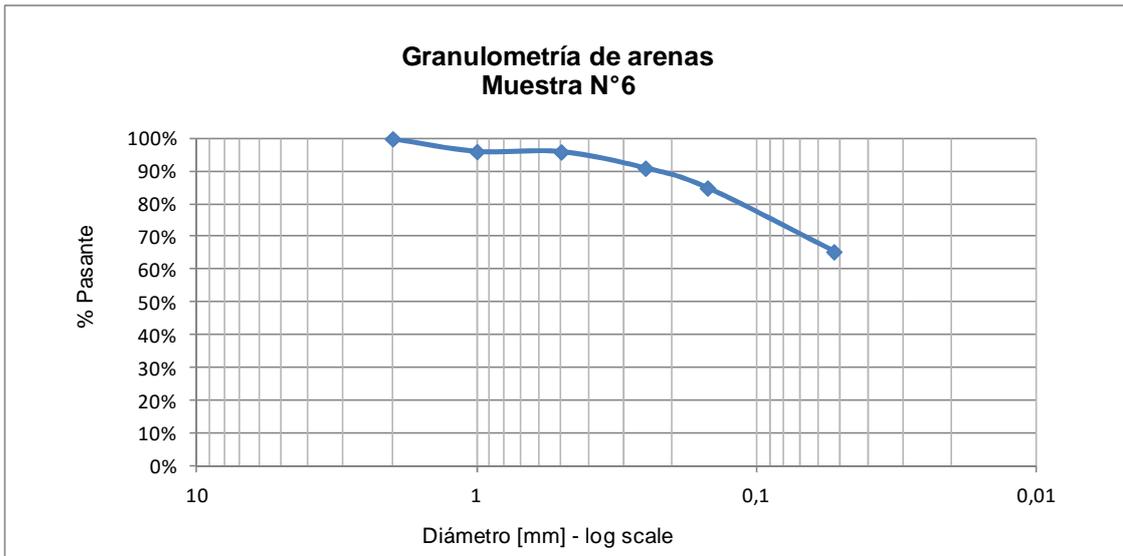


Figura 4.73: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 6 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

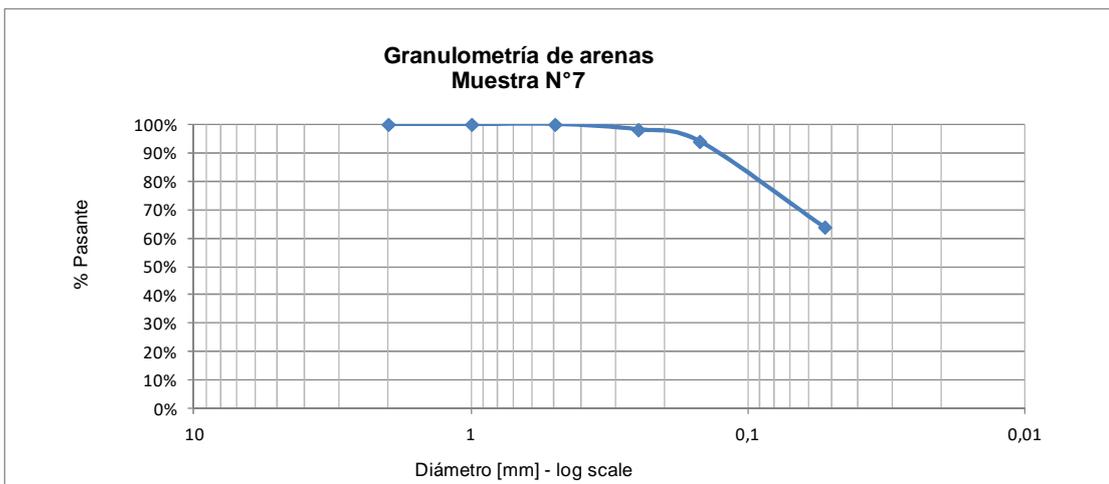


Figura 4.74: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 7 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

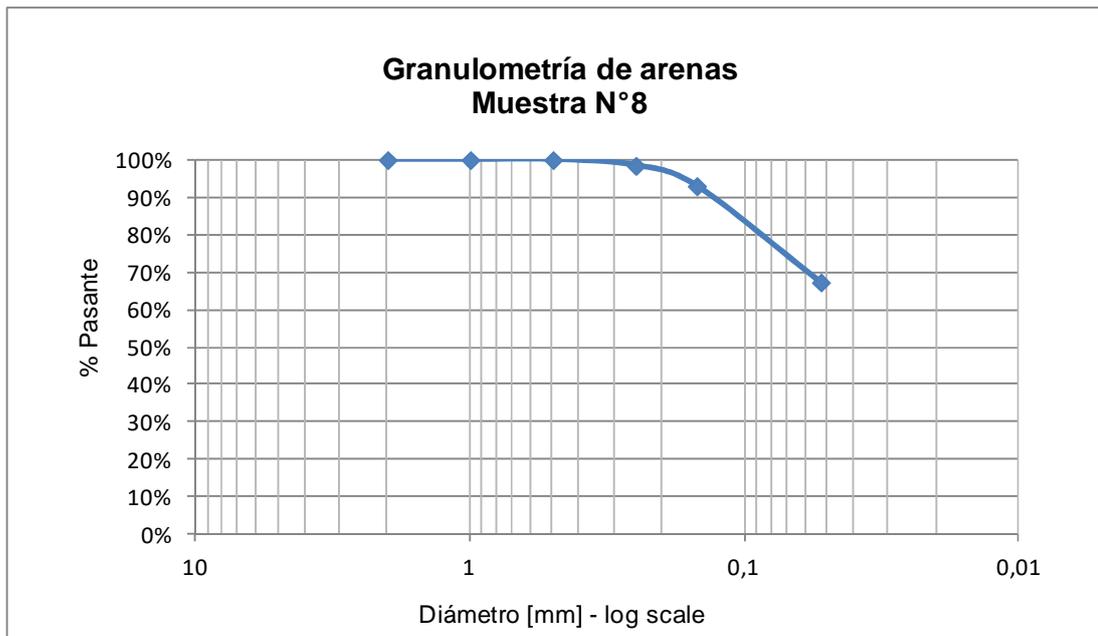


Figura 4.75: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 8 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

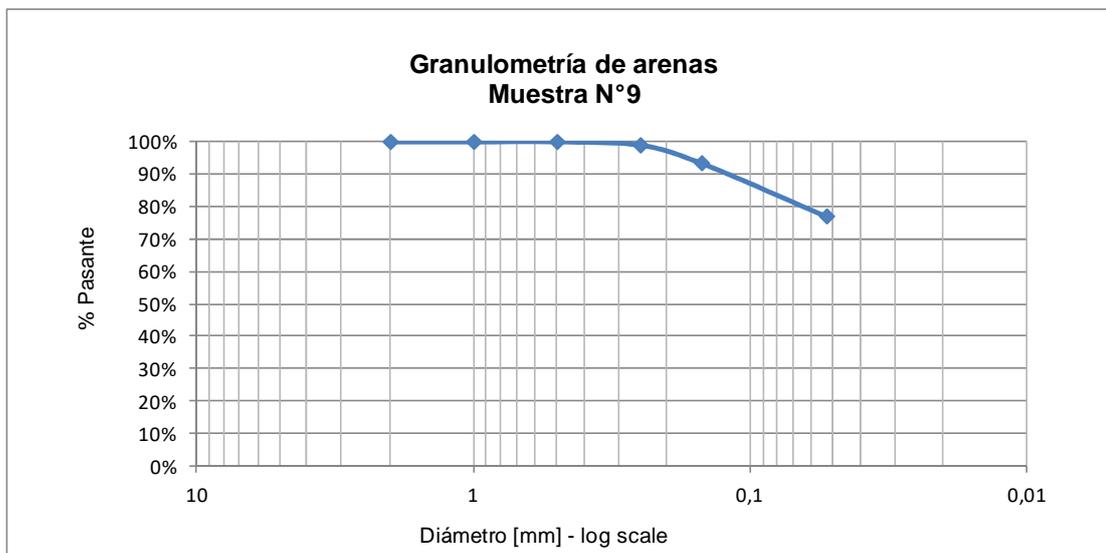


Figura 4.76: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 9 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

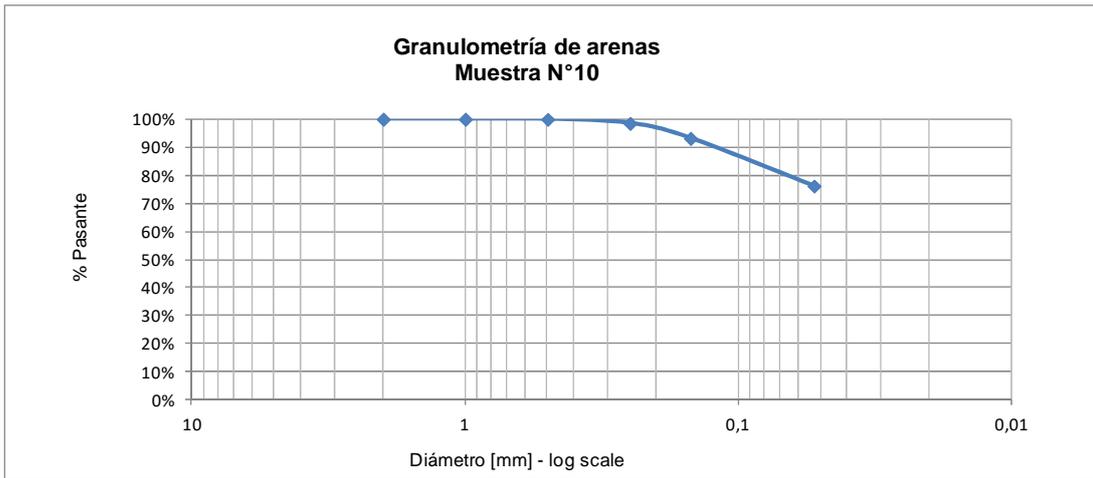


Figura 4.77: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 10 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

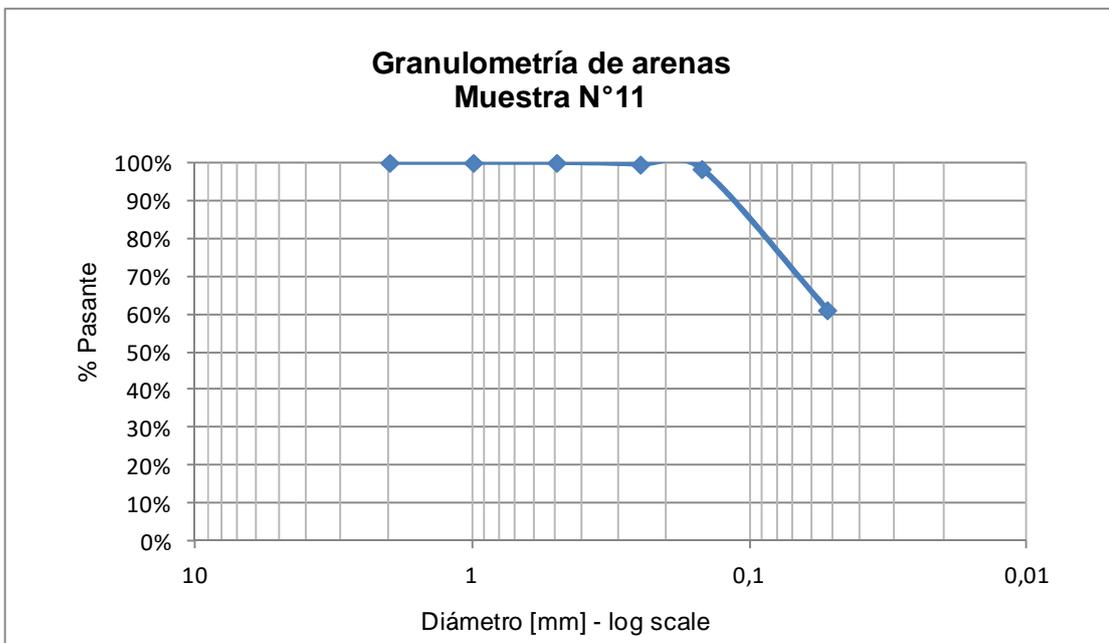


Figura 4.78: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 11 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

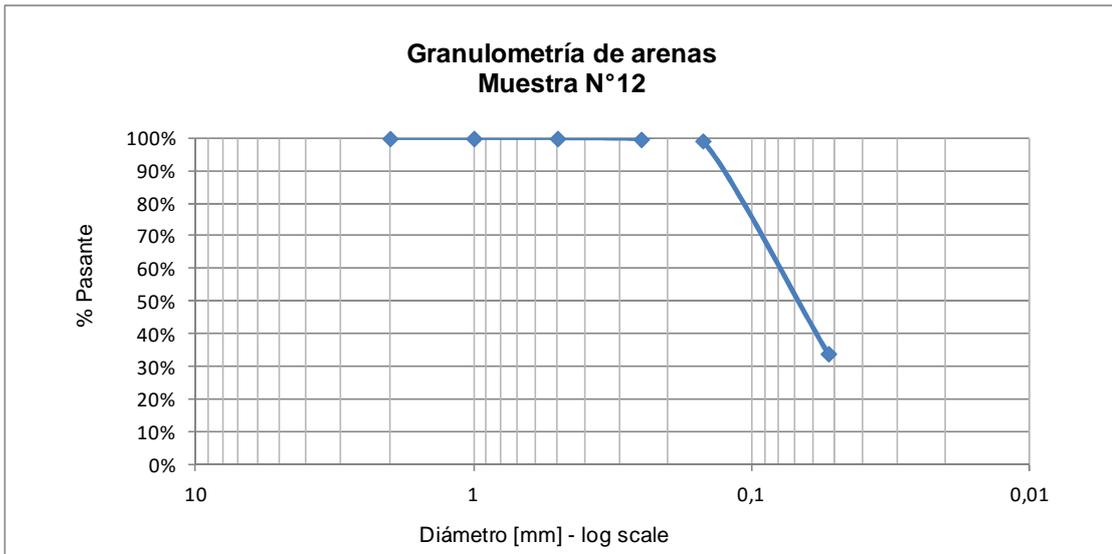


Figura 4.79: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 12 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

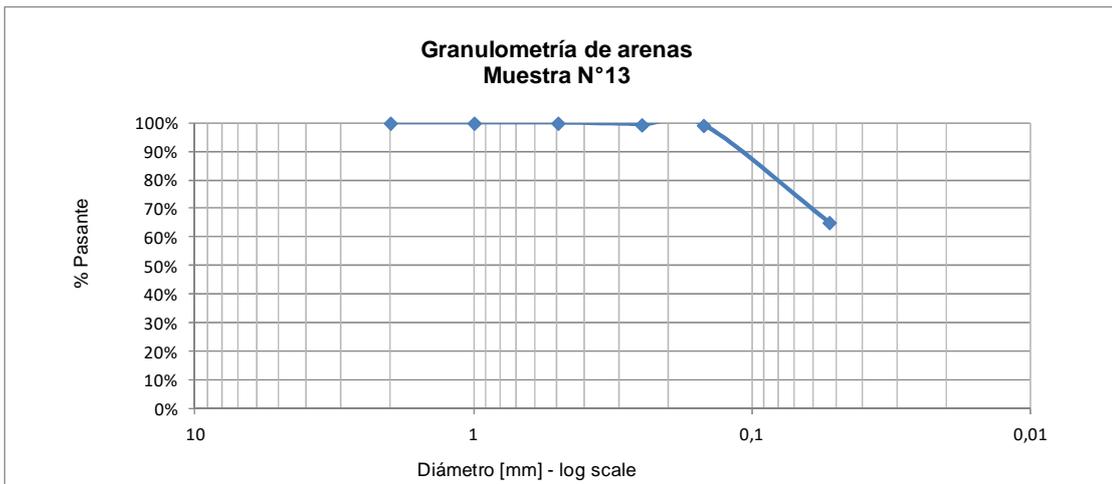


Figura 4.80: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 13 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

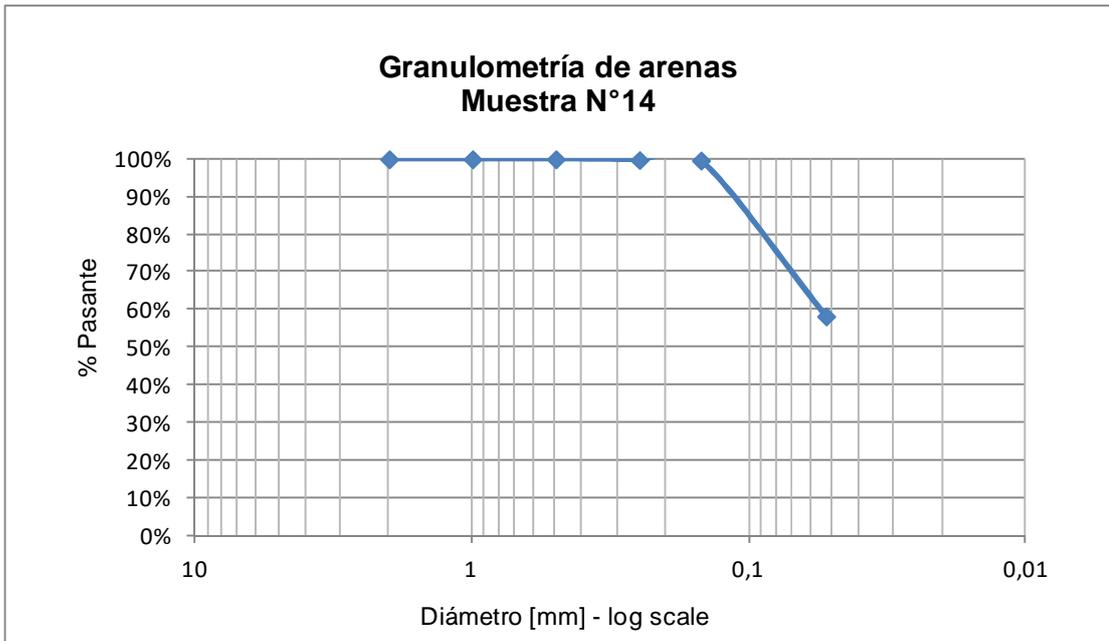


Figura 4.81: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 14 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

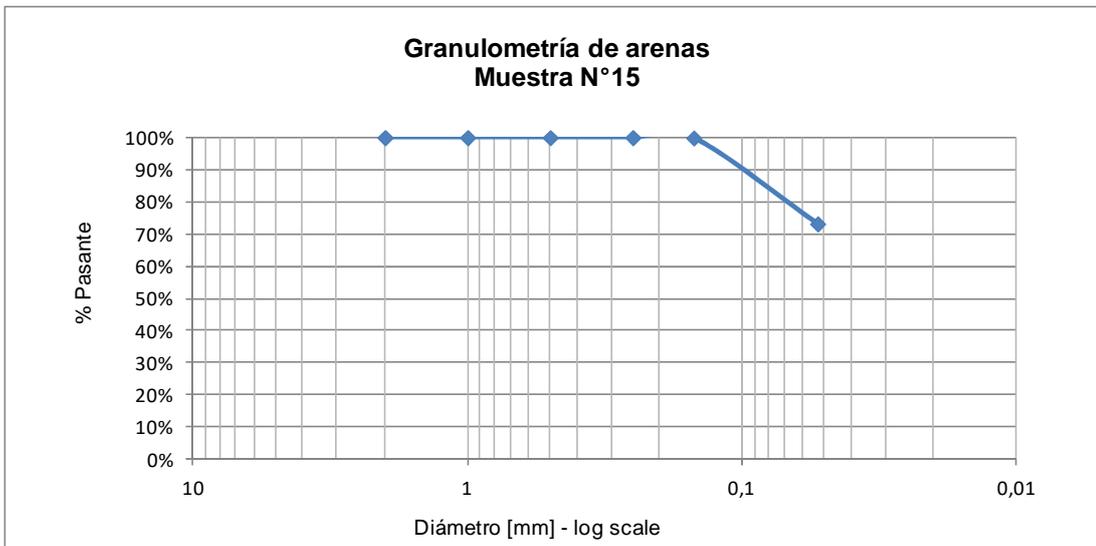


Figura 4.82: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 15 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

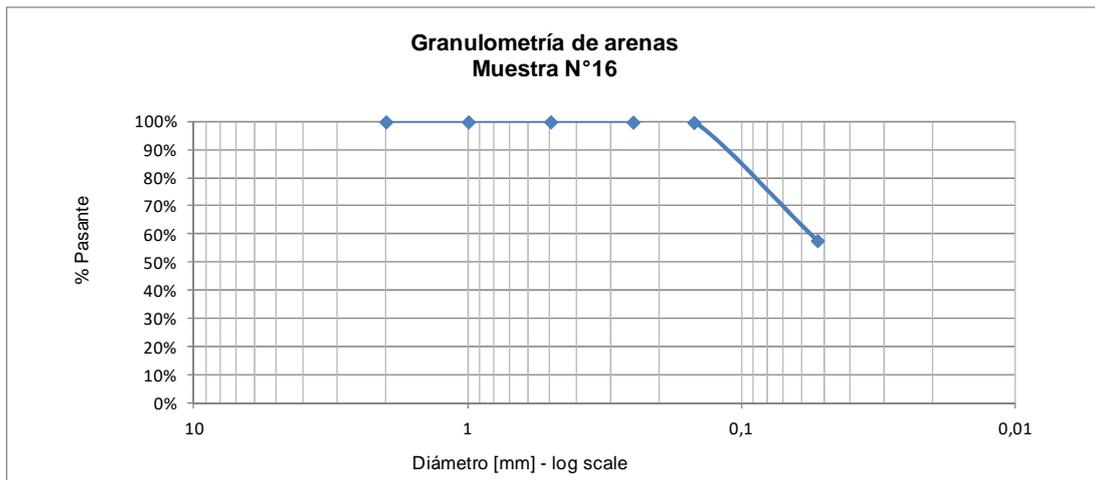


Figura 4.83: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 16 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

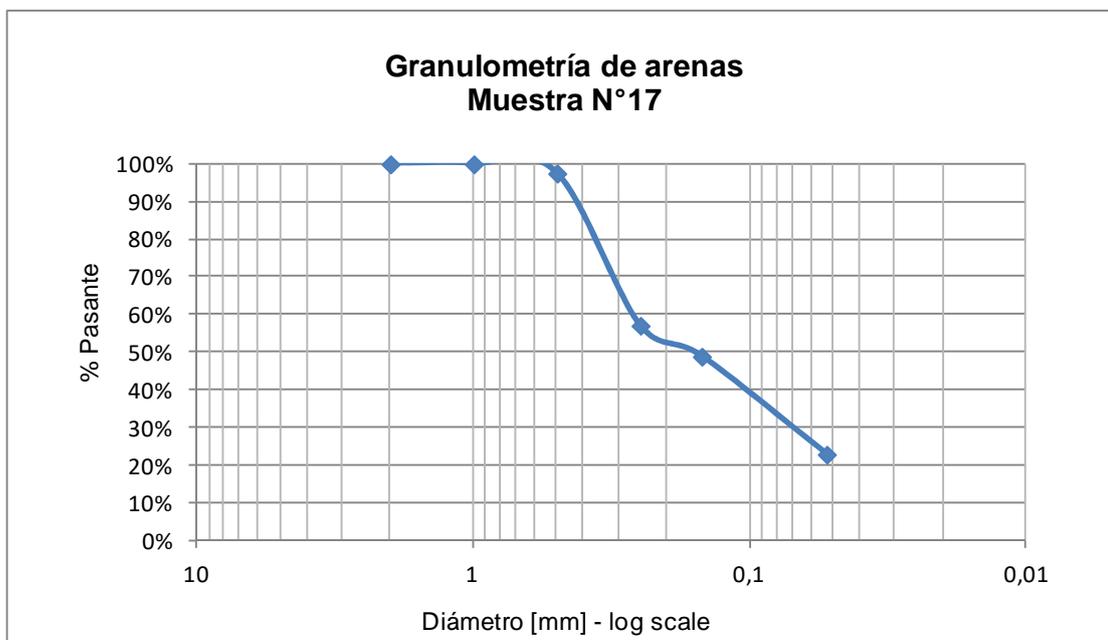


Figura 4.84: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 17 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

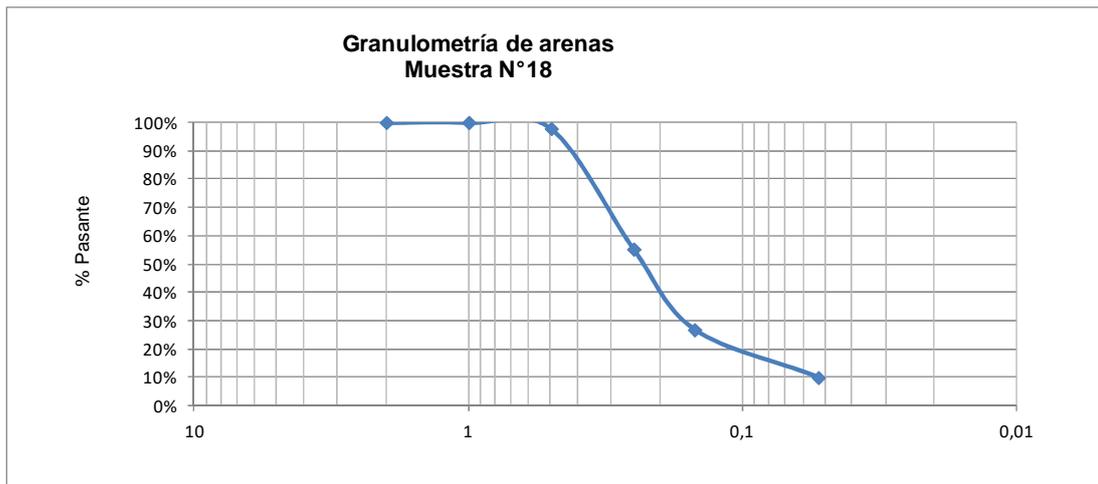


Figura 4.85: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 18 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

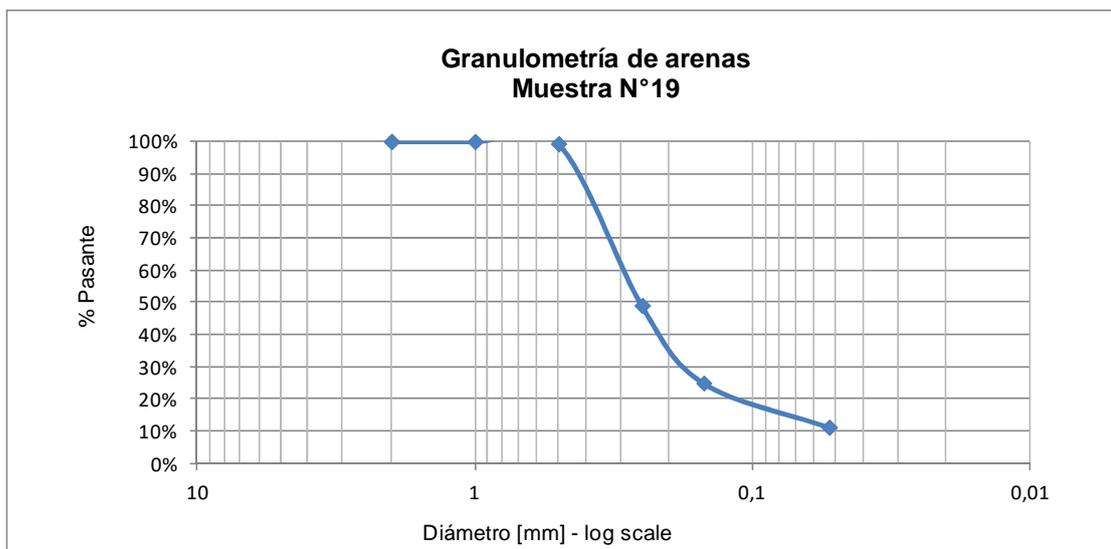


Figura 4.86: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 19 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

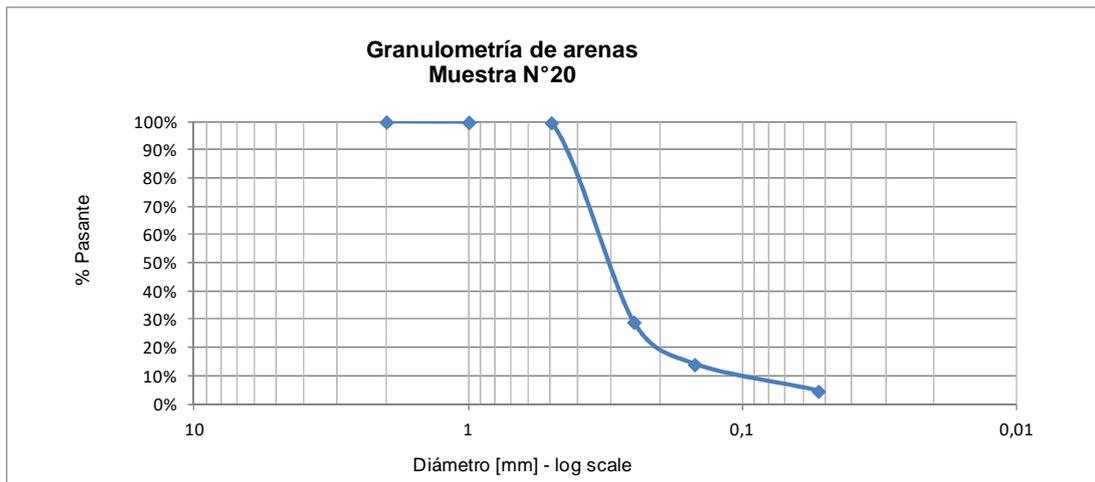


Figura 4.87: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 20 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

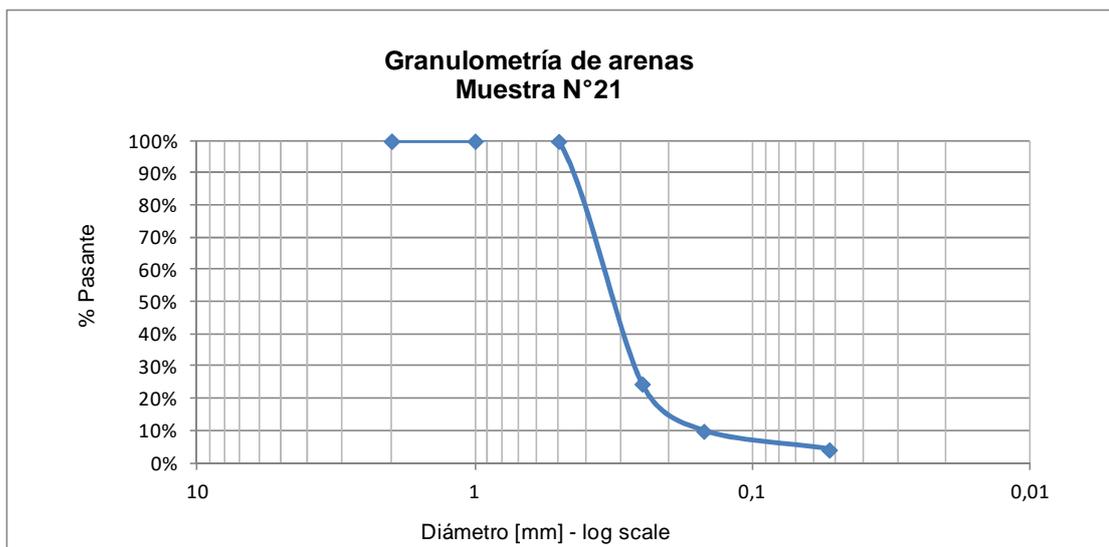


Figura 4.88: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 21 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

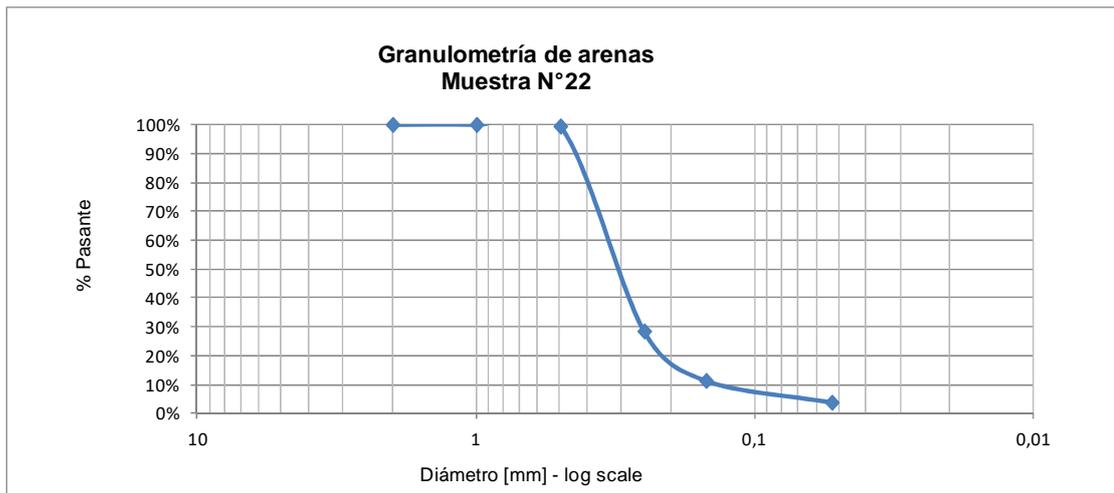


Figura 4.89: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 22 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

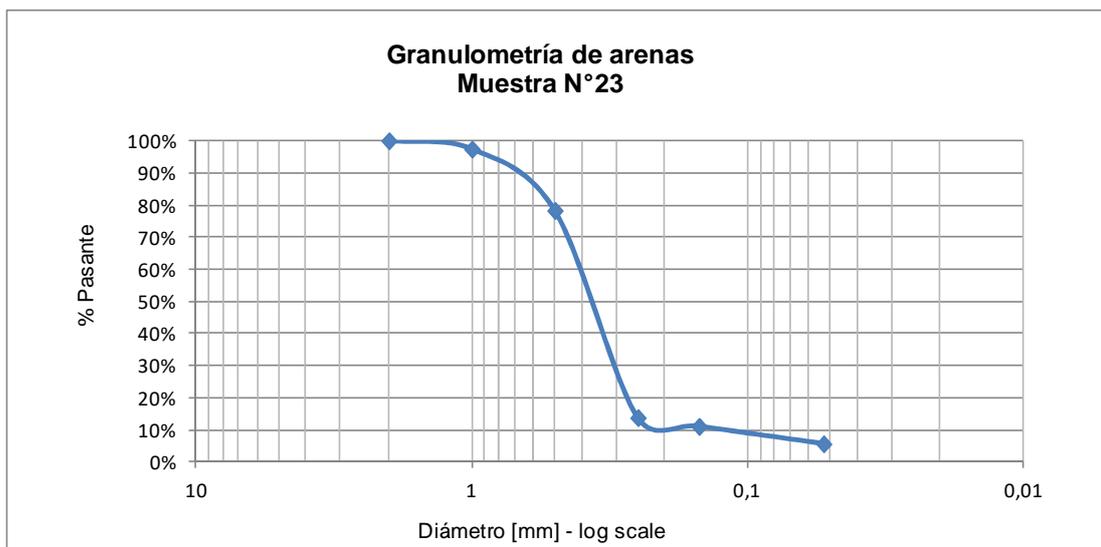


Figura 4.90: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 23 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

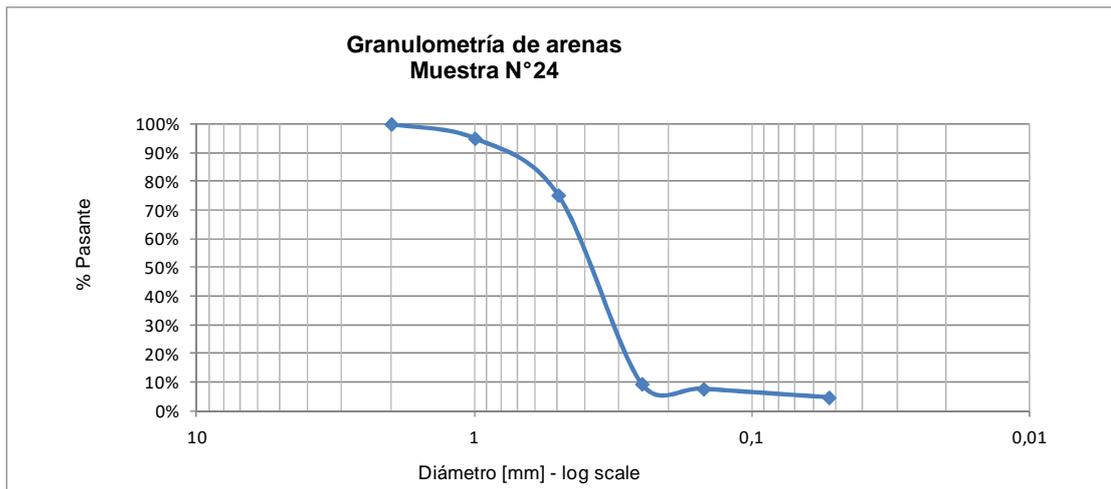


Figura 4.91: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 24 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

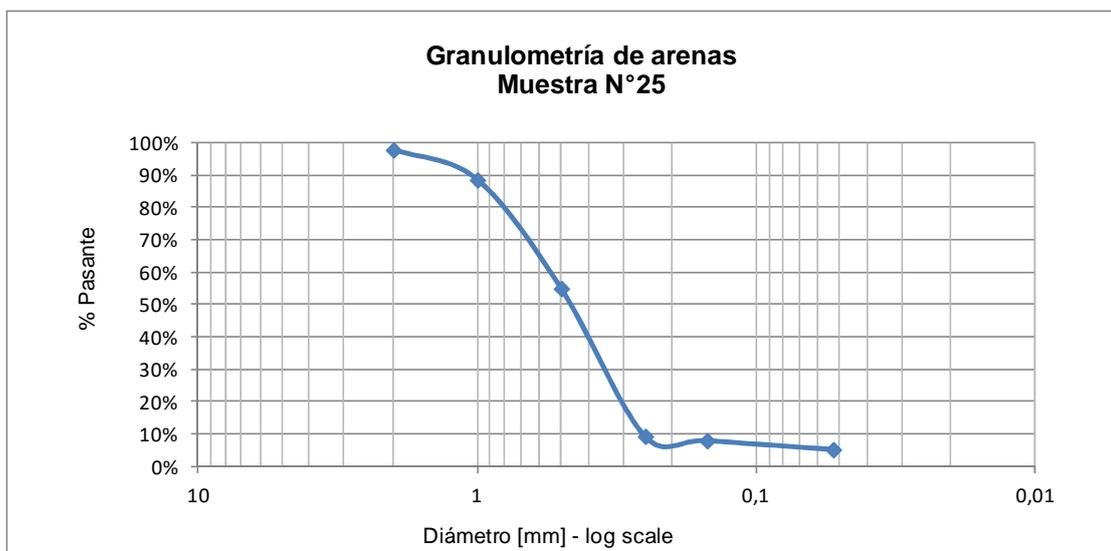


Figura 4.92: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 25 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

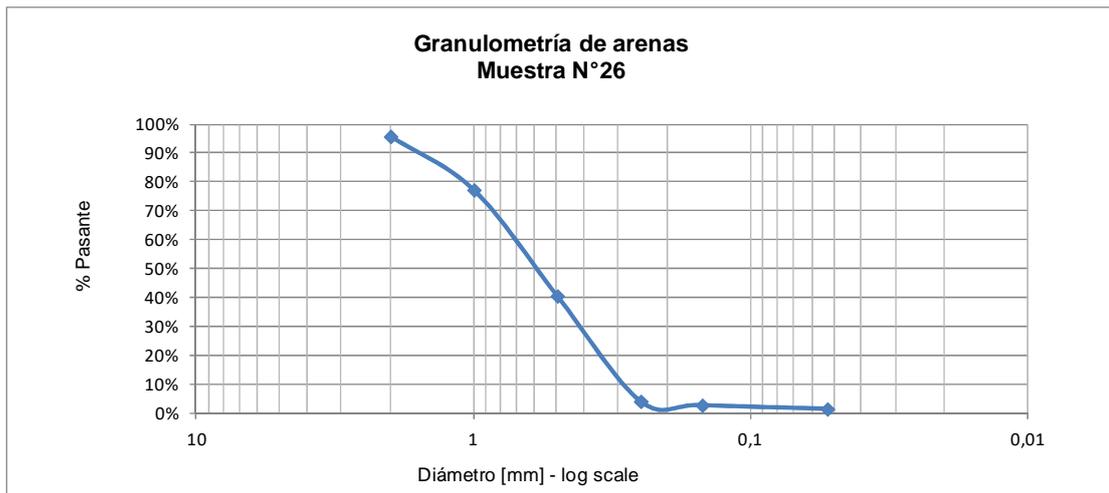


Figura 4.93: Granulometría de arenas en función del tamaño de grano (mm) y porcentaje pasante. Muestra N° 26 Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

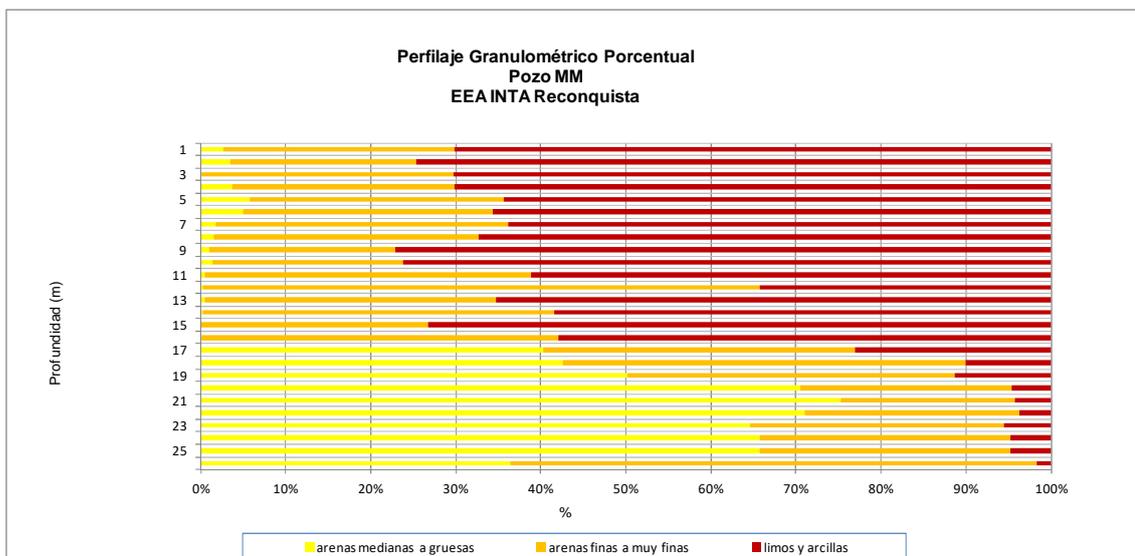


Figura 4.94: Perfilaje Granulométrico Porcentual del Perfil del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

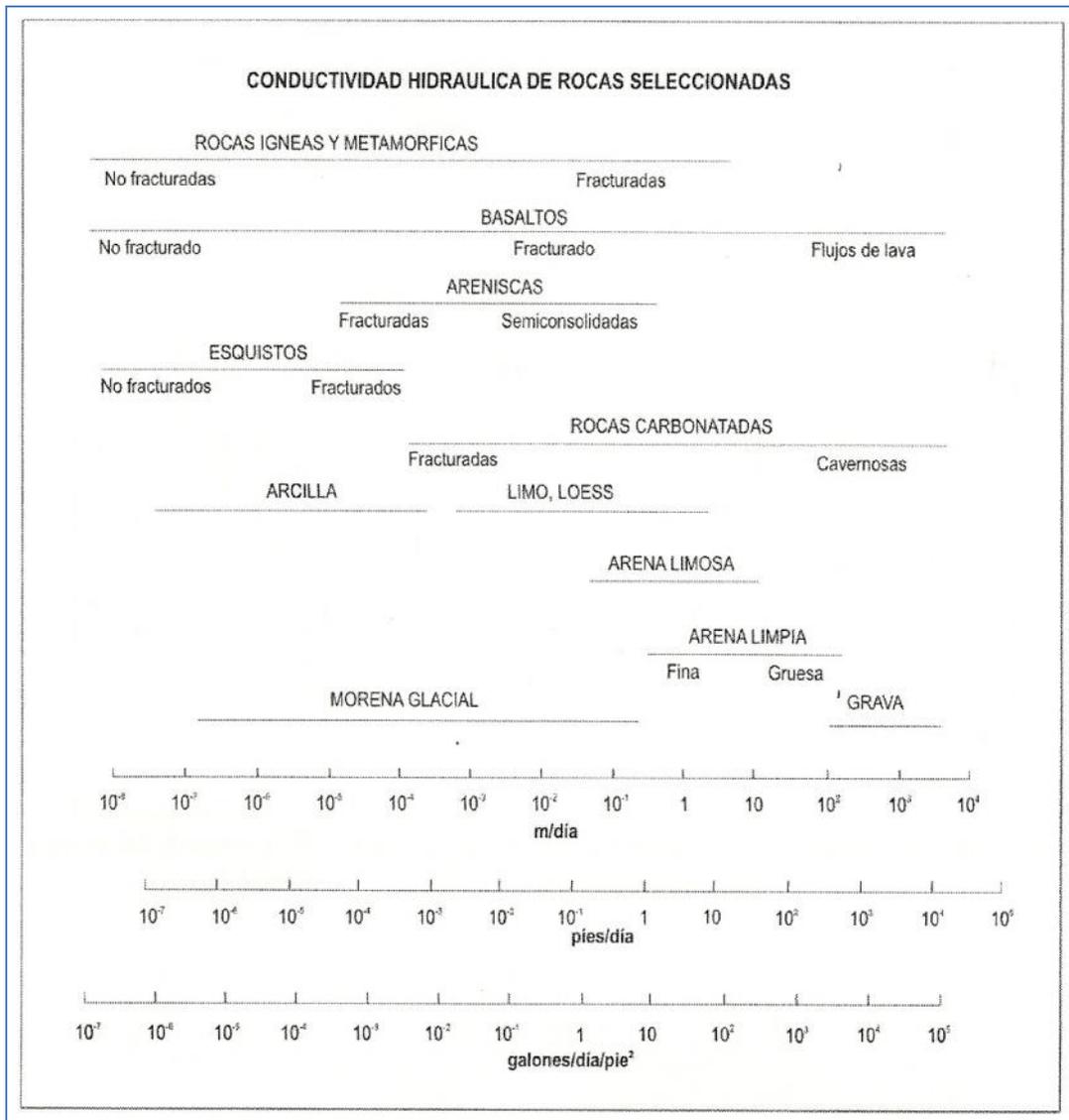


Figura 4.95: Conductividad hidráulica de rocas seleccionadas (Traducido de: Heath, 1987. En: Perez M., 2007)

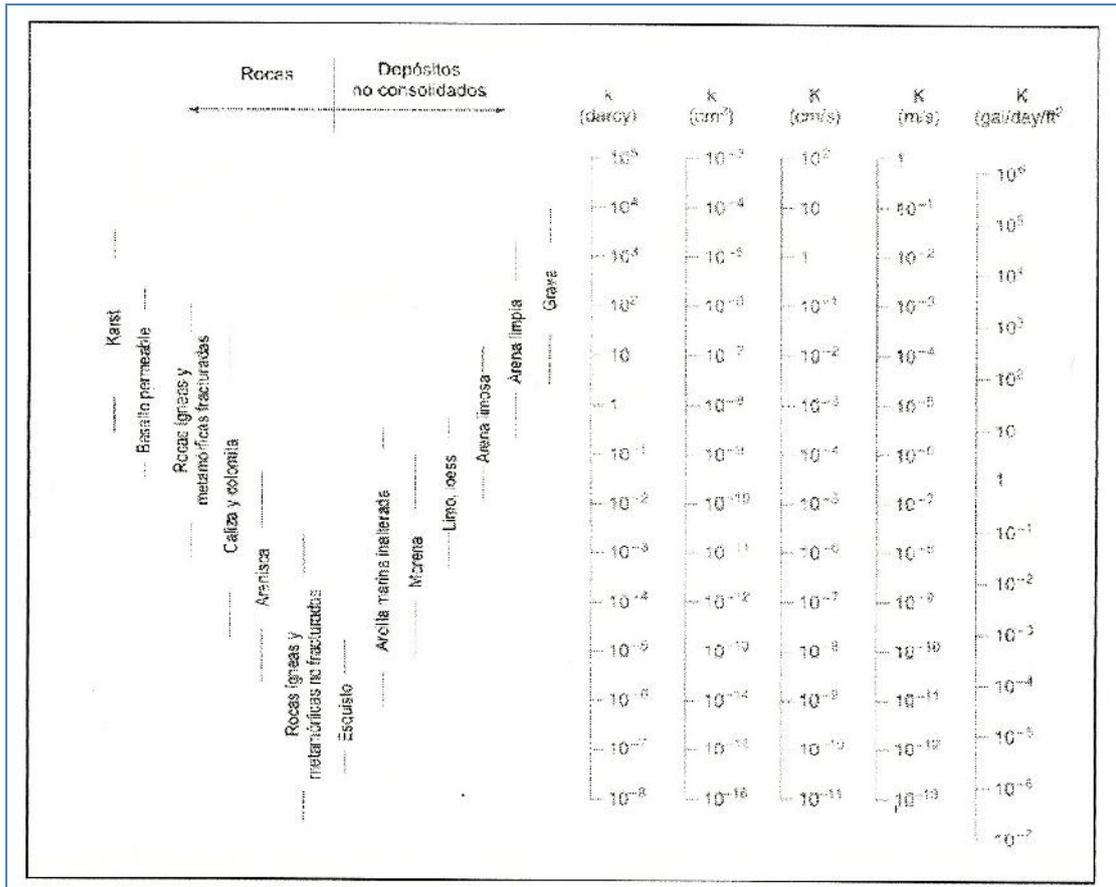


Figura 4.96: Rangos de los valores de conductividad hidráulica y permeabilidad (Traducido de: Todd y Mays, 2005. En: Perez M., 2007)

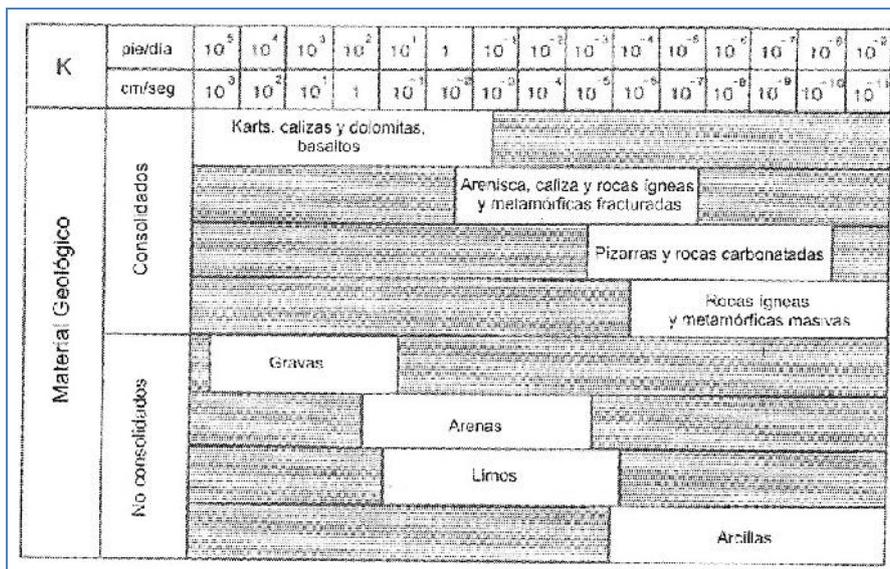


Figura 4.97: Rangos representativos de valores de conductividad hidráulica (Traducido de: Boulding, 1995. En: Perez M., 2007)

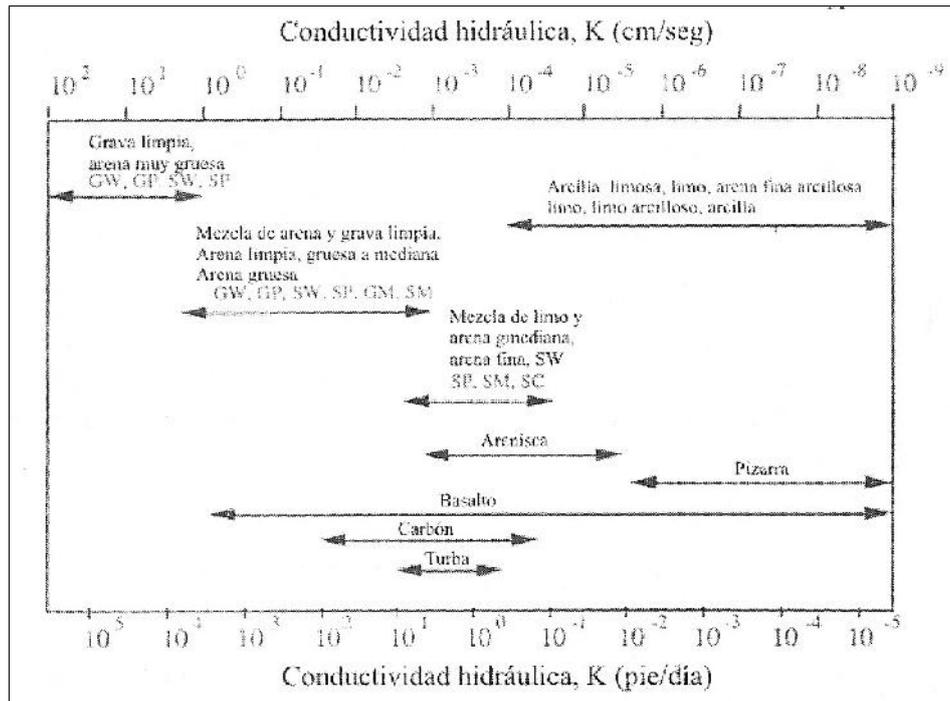


Figura 4.98: Valores típicos de conductividad hidráulica en suelos y rocas (Traducido de: Todd y Mays, 2005. En: Perez M., 2007)

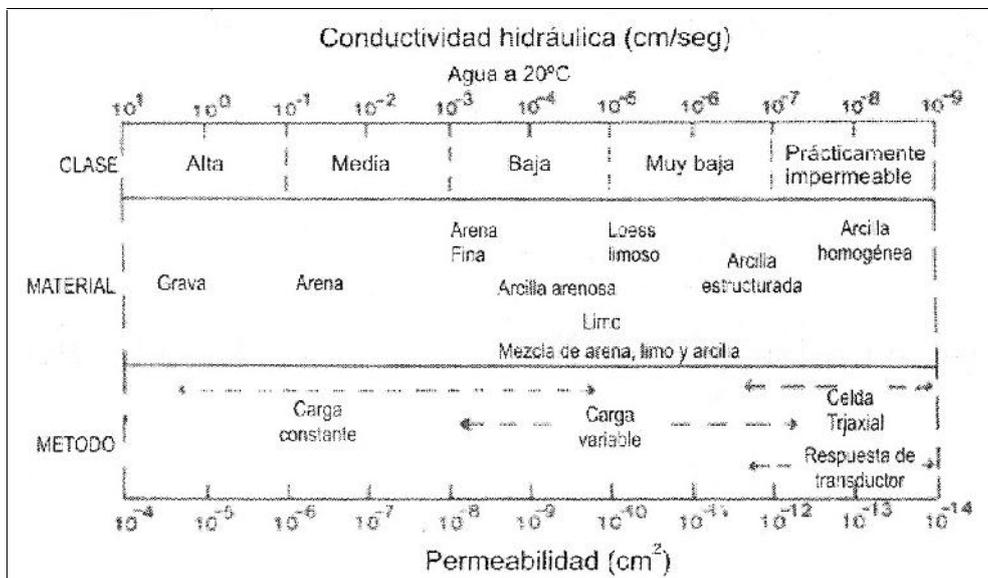


Figura 4.99: Conductividad hidráulica saturada en materiales no consolidados (Traducido de: Todd y Mays, 2005. En: Perez M., 2007)

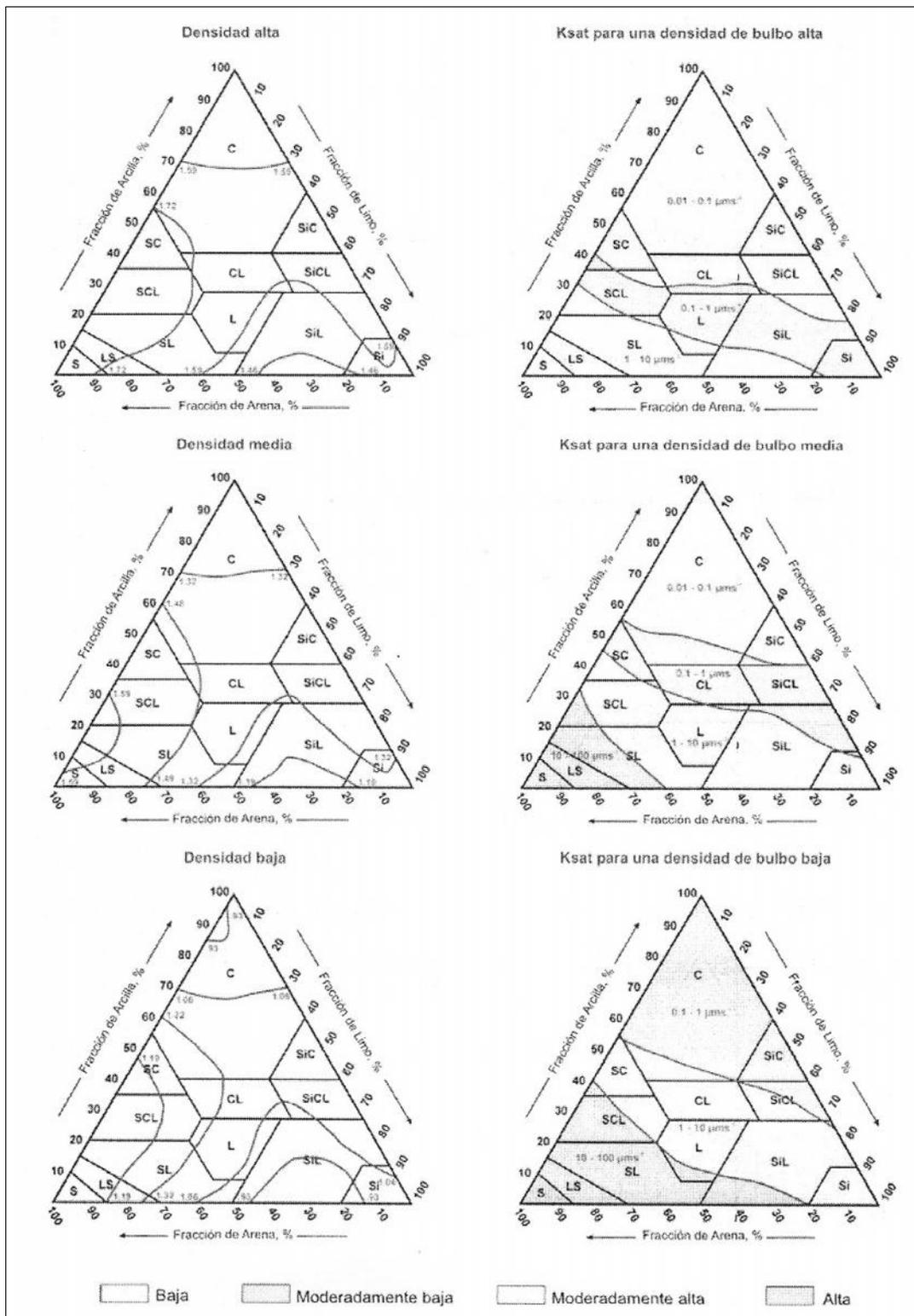


Figura 4.100: Estimación de las clases de conductividad hidráulica a partir de la clasificación de suelos del USDA (textura y bulbo de densidad) (Traducido de:

<http://soils.usda.gov/technical/handbook/contents/parts618p5a.html>

En: Perez M., 2007)

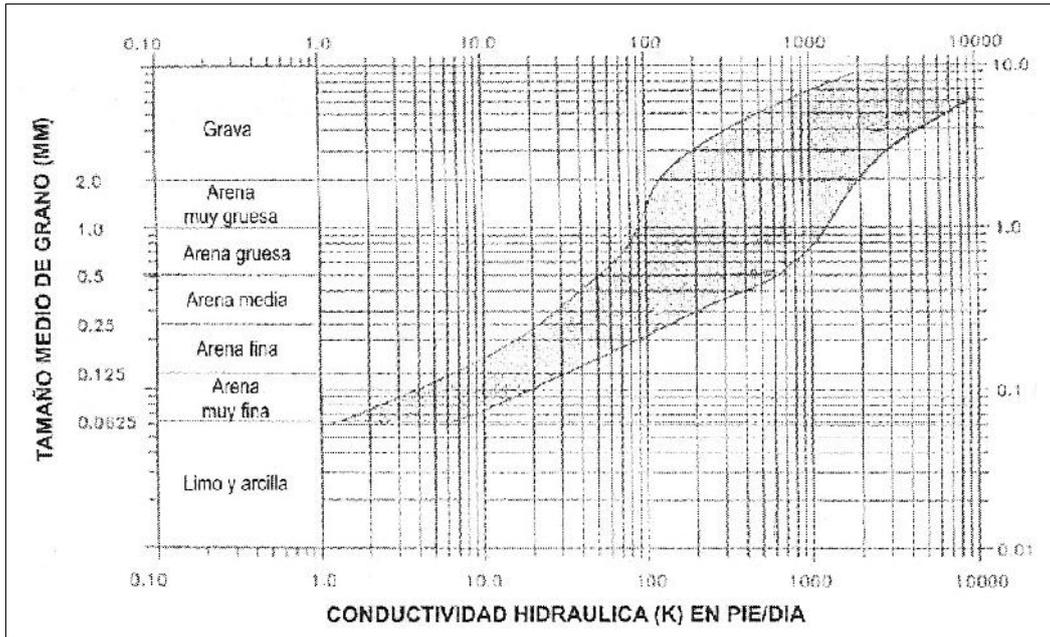


Figura 4.101: Relación entre la conductividad hidráulica y el tamaño de grano en acuíferos estratificados. (Departamento de Protección Ambiental de Connecticut, 1991-Traducido de Boulding, 1995. En: Perez M., 2007)

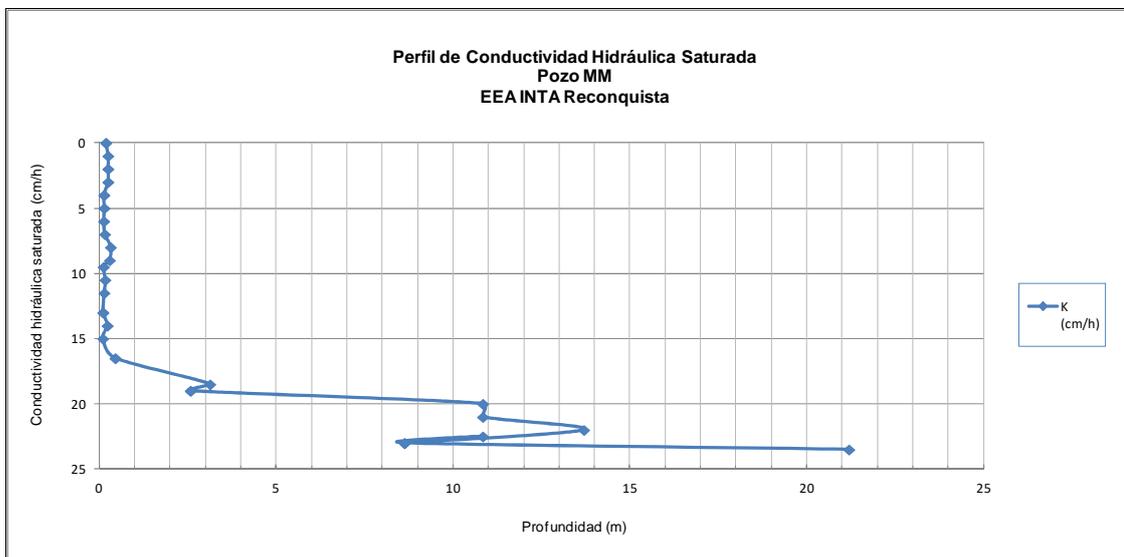


Figura 4.102: Perfil de conductividad hidráulica saturada del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista

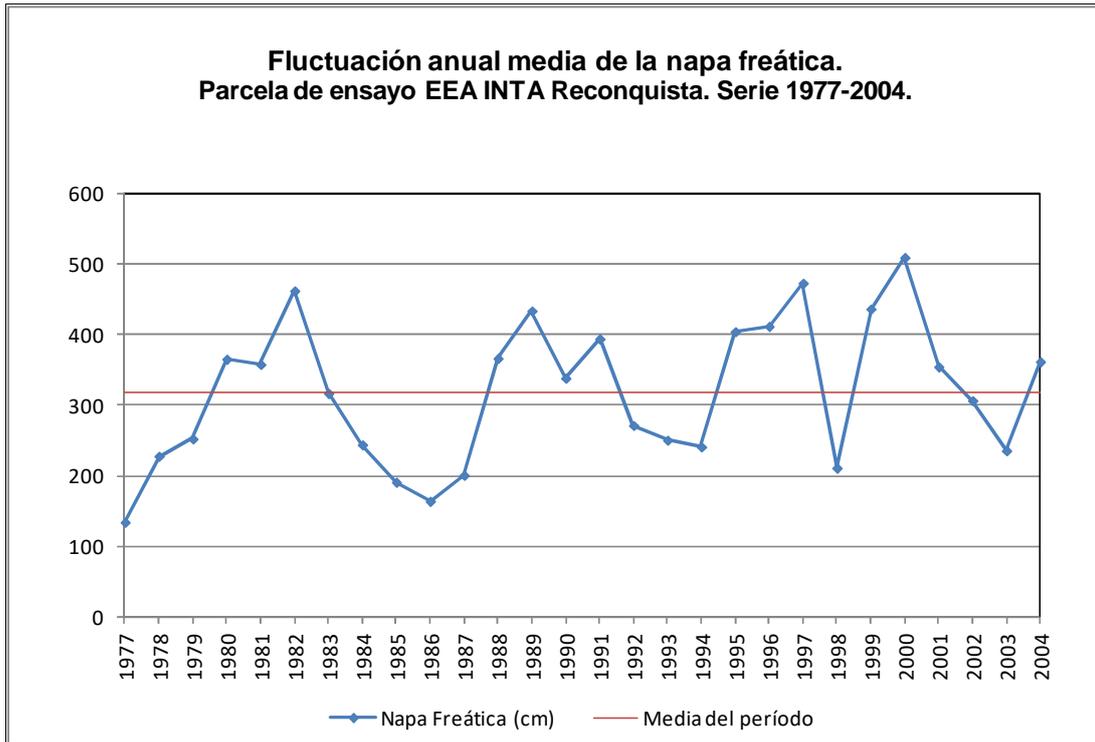


Figura 4.103: Fluctuación de la napa freática en la parcela de ensayo de la EEA INTA Reconquista. Período 1977-2004

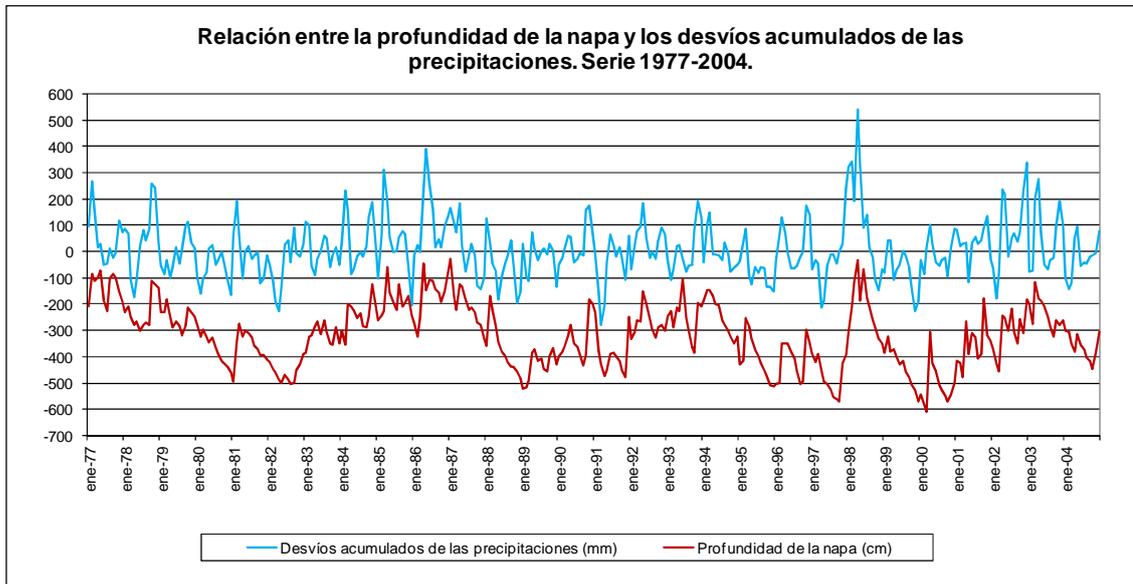


Figura 4.104: Relación de la fluctuación de la napa freática con los desvíos acumulados de las precipitaciones. EEA INTA Reconquista. Período 1977-2004

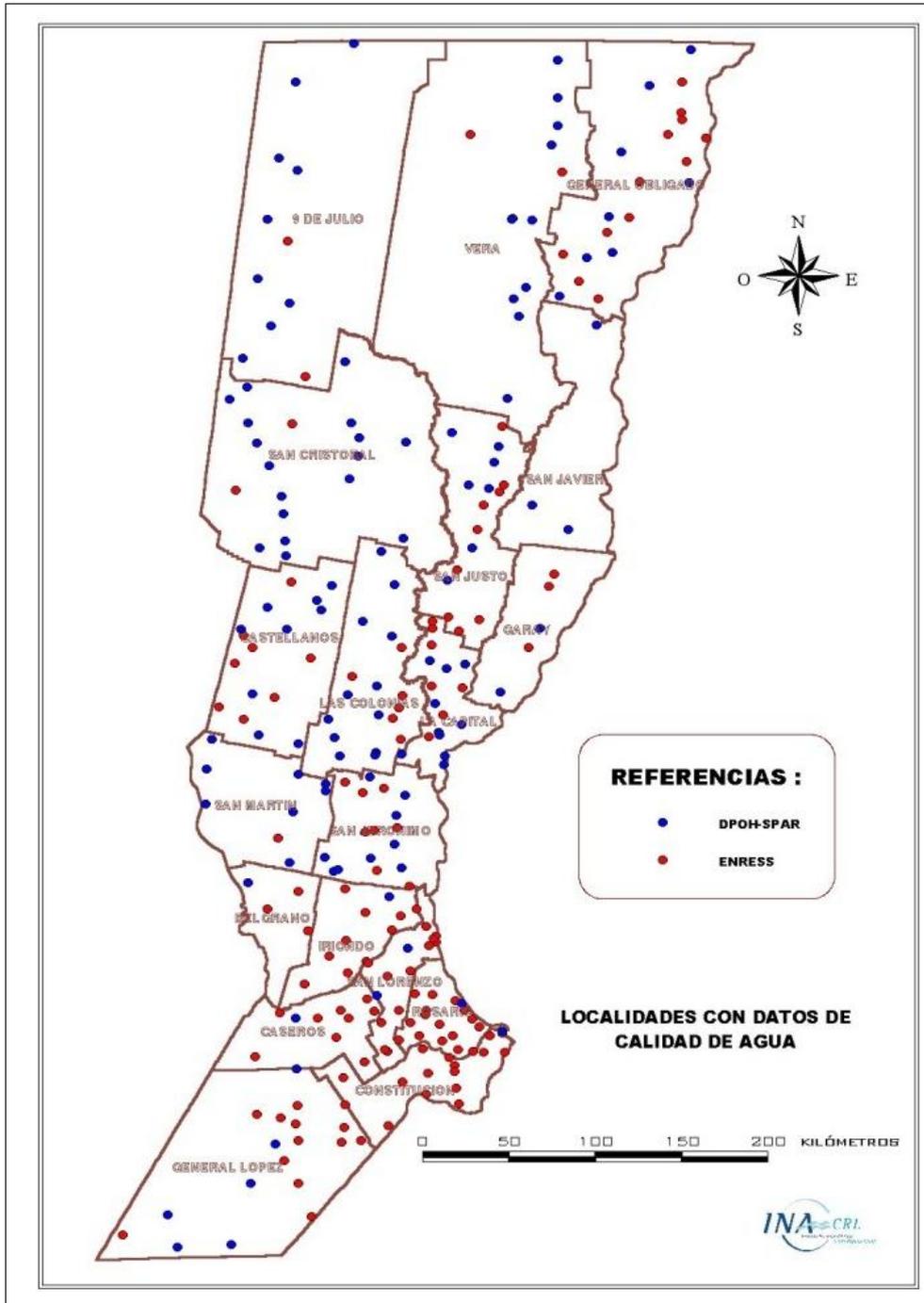


Figura 4.105: Localidades de la provincia de Santa Fe con datos de calidad de agua (Extraído de: Palazzo y Sosa, 2002).

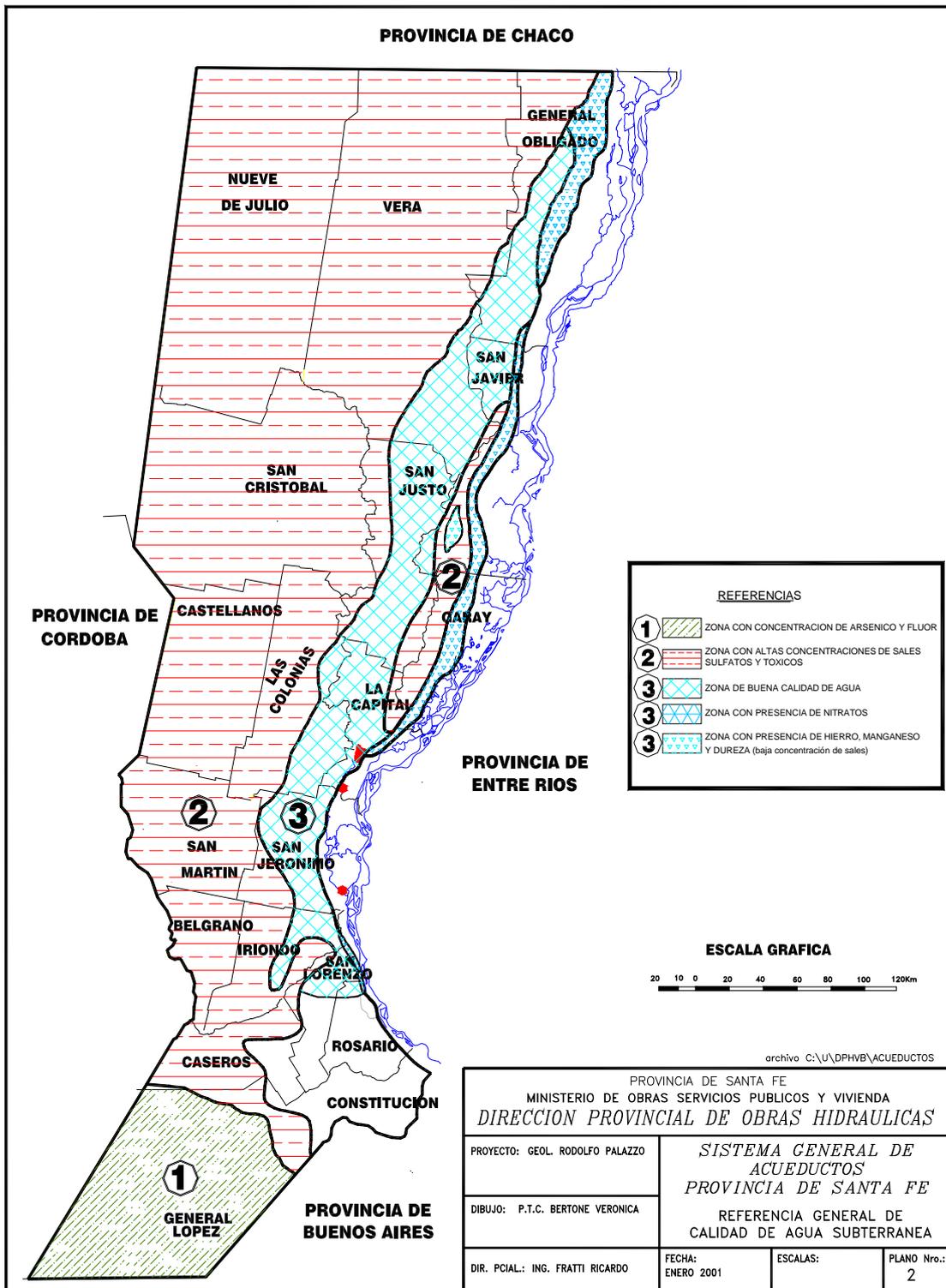
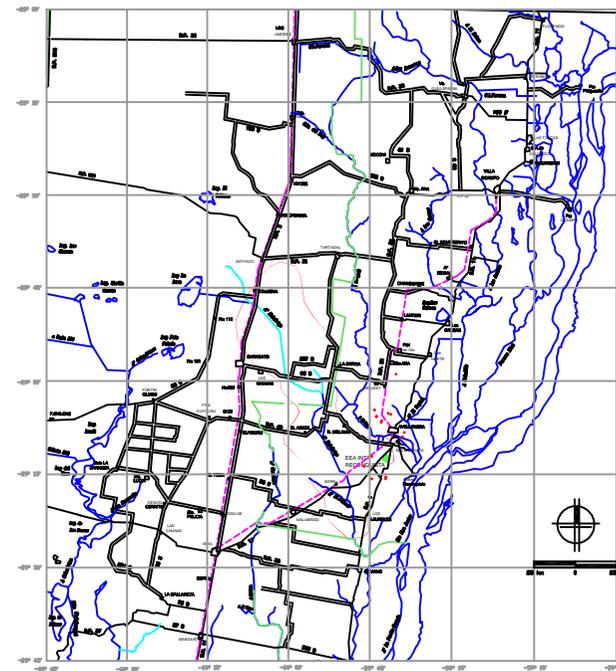
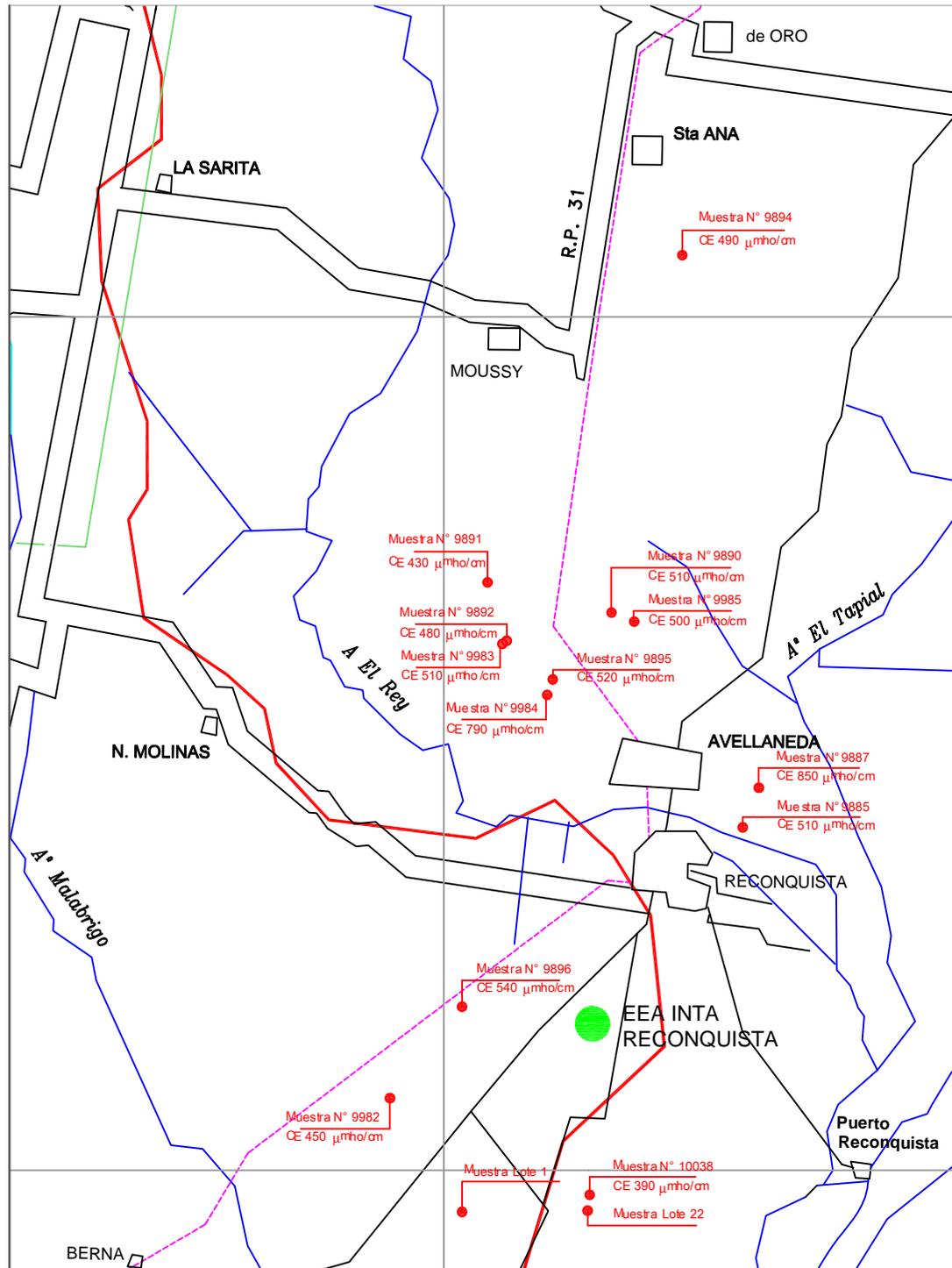
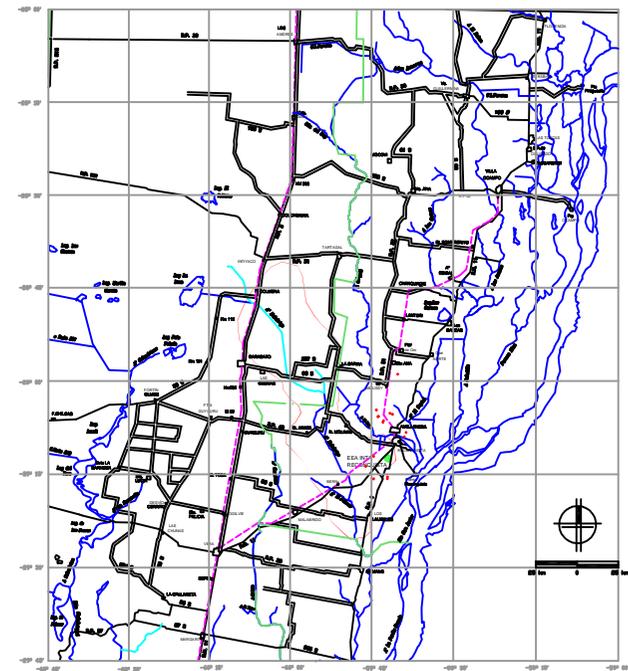
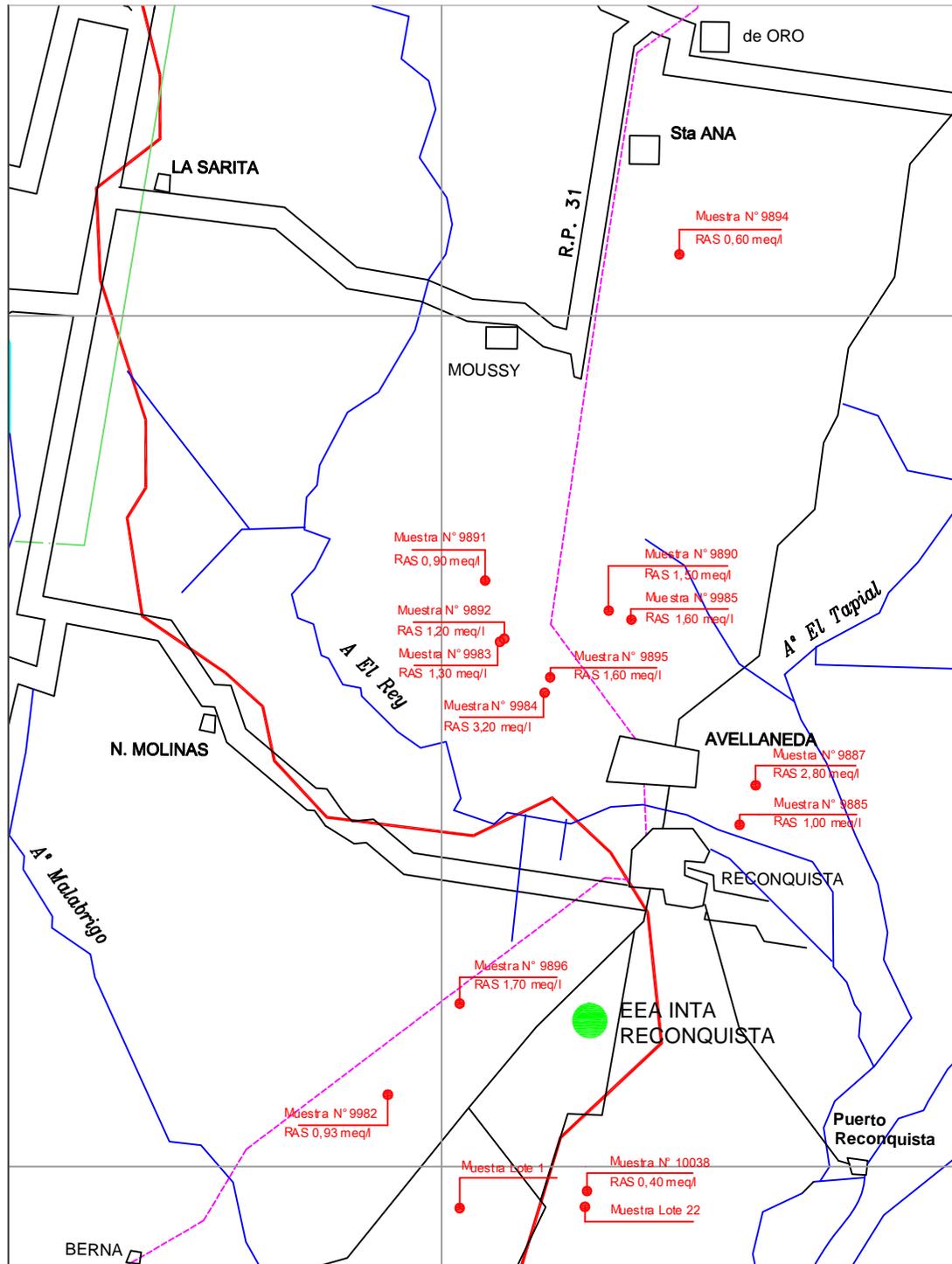


Figura 4.106: Mapa de referencia general de calidad del agua subterránea en la provincia (Extraído de: Palazzo y Sosa, 2002).



**AREA DE ESTUDIO: AREA PILOTO RECONQUISTA. PROVINCIA DE SANTA FE**  
 UBICACIÓN POZOS INDUSTRIAS - VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA CE [ μmho/cm ]

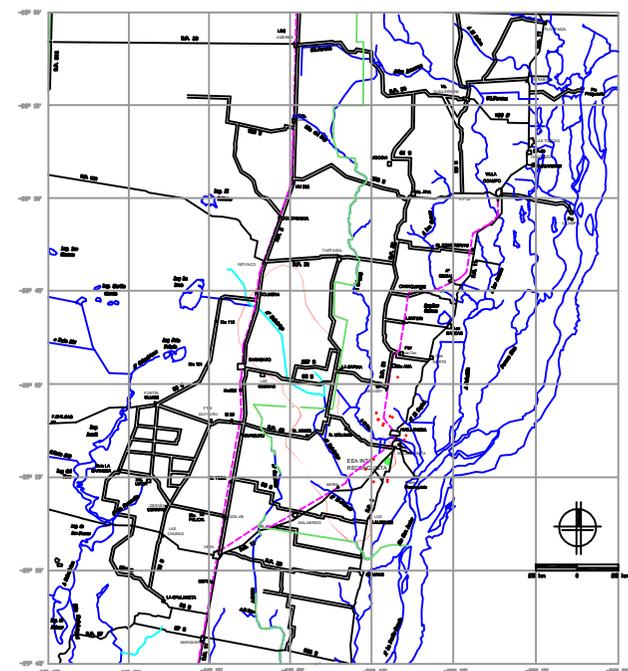
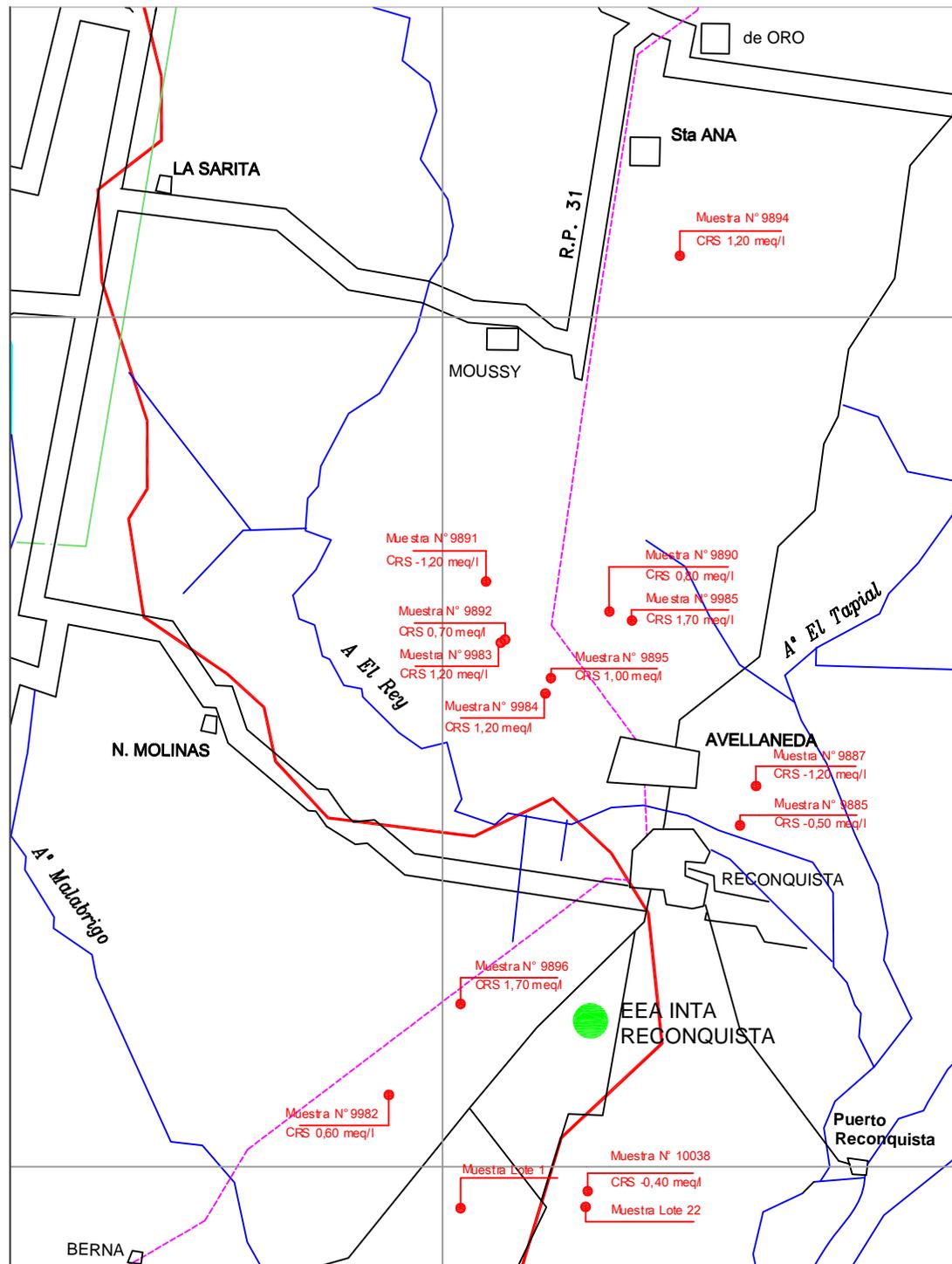
ANTECEDENTES:	VIDAL (2006)	FECHA:	JUNIO 2015	FIGURA 4.107
DIBUJO:	V. MUSACCHIO	ESCALA:	S/P	



**REFERENCIAS**

R.N. 11	Ruta Nacional
R.P. 1/296 S	Ruta Provincial
---	FFCC
---	Límite Departamental
Ciudad OMBU	Localidad
---	Curso de Agua Permanente
---	Curso de Agua Temporario
---	Área de Estudio
●	Pozo
Muestra N° 9892 RAS 1,20 meq/l	Muestra N° Valor de RAS [meq/l]

<b>AREA DE ESTUDIO: AREA PILOTO RECONQUISTA. PROVINCIA DE SANTA FE</b>		<b>UBICACIÓN POZOS INDUSTRIAS - VALORES DE RELACIÓN ADSORCIÓN DE SODIO [meq/l]</b>	
ANTECEDENTES:	VIDAL (2006)	FECHA:	JUNIO 2015
DIBUJO:	V. MUSACCHIO	ESCALA:	S/P
			FIGURA 4.108



REFERENCIAS

R.N. 11	Ruta Nacional
R.P. 1/2955	Ruta Provincial
---	FFCC
---	Limite Departamental
□	Localidad
—	Curso de Agua Permanente
---	Curso de Agua Temporario
○	Área de Estudio
●	Pozo
●	Muestra N°
●	Valor de CRS [meq/l]

<b>AREA DE ESTUDIO: AREA PILOTO RECONQUISTA. PROVINCIA DE SANTA FE</b>		<b>UBICACIÓN POZOS INDUSTRIAS - VALORES DE CARBONATO RESIDUAL DE SODIO [meq/l]</b>	
ANTECEDENTES:	VIDAL (2006)	FECHA:	JUNIO 2015
DIBUJO:	V. MUSACCHIO	ESCALA:	S/P
			FIGURA 4.109

## ANEXO II TABLAS

**Tabla 4.1: Síntesis de precipitaciones medias anuales estaciones Reconquista, La Sarita, Berna e Intiyaco. Período 1989-2010. Principales estadísticos**

AÑO	RECONQUISTA	LA SARITA	BERNA	INTIYACO
1988-89	1019	1073	454	1021
1989-90	1144	1354	<b>278</b>	1058
1990-91	1076	1183	286	903
1991-92	1469	1481	280	1166
1992-93	1104	990	353	837
1993-94	1589	1580	1028	1158
1994-95	958	1170	632	733
1995-96	997	978	656	759
1996-97	1096	983	863	832
1997-98	<b>2487</b>	<b>2195</b>	<b>1816</b>	<b>1867</b>
1998-99	960	1057	716	805
1999-2000	879	980	918	669
2000-01	1371	1232	958	1096
2001-02	1433	1404	1349	1026
2002-03	1800	1692	1097	1175
2003-04	1275	1093	1005	898
2004-05	1149	1011	958	1022
2005-06	744	813	867	633
2006-07	1222	979	875	501
2007-08	<b>615</b>	<b>405</b>	434	<b>320</b>
2008-09	1231	1190	875	501
2009-10	668	676	477	651
MED	1195	1160	781	892
MAX	2487	2195	1816	1867
MIN	615	405	278	320
RANGO	1872	1790	1538	1547
IMÁX	2,08	1,89	2,33	2,09
IMÍN	0,51	0,35	0,36	0,36
IMÁX-MIN	4,04	5,42	6,53	5,83
IMÍN-MÁX	0,25	0,18	0,15	0,17

**Tabla 4.2: Valores del coeficiente de correlación “r”**

PERIODO 1989-2010					
ESTACION DE REFERENCIA EEA RECONQUISTA					
ESTACIONES	LA SARITA	BERNA	INTIYACO	GARABATO	ROMANG
<b>r</b>	0,9	0,7	0,8	0,5	0,6

**Tabla 4.3: Distribución anual media de la temperatura, humedad relativa porcentual, heliofanía efectiva y velocidad del viento a 2m.**

**Estación Reconquista. Período 1994-2010**

<b>ESTACION RECONQUISTA - 1994/2010</b>												
<b>DISTRIBUCIÓN ANUAL MEDIA</b>												
<b>PERÍODO 1994/2010</b>												
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEMPERATURA	26	25	24	20	17	15	14	16	18	21	23	25
HUMEDAD RELATIVA %	66	72	75	77	76	77	72	66	65	69	67	67
HELIOFANIA EFECTIVA hs	9	8	7	6	6	5	6	6	6	7	9	9
VELOCIDAD DEL VIENTO (a 2 m) Km/h	6,3	6,1	5,6	5,5	5,3	5,7	6,4	7,5	8,5	8,5	7,5	6,8

**Tabla 4.4: Balance hídrico cerrado anual. Estación Reconquista. Período 1970-2010**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temp. Media (T)	26,1	25,0	23,5	20,0	16,9	14,4	13,8	15,3	17,2	20,3	22,4	24,7
Precip. Media (P)	<b>141,1</b>	<b>162,7</b>	<b>167,1</b>	<b>154,5</b>	<b>59,2</b>	<b>46,2</b>	<b>29,9</b>	<b>29,6</b>	<b>59,5</b>	<b>124,8</b>	<b>148,9</b>	<b>139,9</b>
Índice calórico (i)	12,2	11,5	10,4	8,2	6,3	4,9	4,7	5,4	6,5	8,4	9,7	11,3
ETP	155,5	140,5	121,8	83,2	55,7	38,0	34,8	44,2	58,5	86,4	108,0	136,9
K (29°)	1,19	1,03	1,06	0,95	0,92	0,86	0,9	0,96	1	1,12	1,13	1,2
ETP'=ETP*K	<b>185,1</b>	<b>144,7</b>	<b>129,1</b>	<b>79,0</b>	<b>51,2</b>	<b>32,6</b>	<b>31,3</b>	<b>42,4</b>	<b>58,5</b>	<b>96,7</b>	<b>122,0</b>	<b>164,3</b>
P - ETP'	-44,0	18,0	38,0	75,4	8,0	13,6	-1,4	-12,8	1,0	28,1	26,9	-24,4
H	31,7	49,6	87,7	100,0	100,0	100,0	98,6	85,8	86,8	100,0	100,0	75,6
DH	-44,0	18,0	38,0	12,3	0,0	0,0	-1,4	-12,8	1,0	13,2	0,0	-24,4
Exceso (EXC)	0,0	0,0	0,0	63,1	8,0	13,6	0,0	0,0	0,0	14,9	26,9	0,0
Déficit (DEF)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	185,1	144,7	129,1	79,0	51,2	32,6	31,3	42,4	58,5	96,7	122,0	164,3

**Tabla 4.5: Caracterización del escurrimiento hídrico superficial. Estación de medición N° 3231 cuenca del río Los Amores (SSRH). Período 1987-2010**

AÑO	Derrame anual	Caudal Específico	Escurrecimiento	Caudal m <sup>3</sup> /s		
	Hm <sup>3</sup>	l/s*Km <sup>2</sup>	mm	Máximo medio diario	Mínimo medio diario	Medio anual
1987-1988	283	2,42	76	57,08	0,02	8,95
1988-1989	675	5,78	182	162,20	0,00	21,40
1989-1990	1569	13,45	424	211,00	0,00	49,76
1990-1991	1226	10,51	331	159,00	0,00	38,87
1991-1992	805	6,88	218	93,70	1,47	25,47
1992-1993	360	3,08	97	54,16	0,08	11,41
1993-1994	366	3,14	99	68,04	0,02	11,61
1994-1995	729	6,25	197	209,00	0,00	23,12
1995-1996	197	1,69	53	55,03	0,00	6,26
1996-1997	252	2,16	68	68,04	0,00	7,98
1997-1998	1899	16,27	<b>513</b>	261,90	0,00	<b>60,20</b>
1998-1999	205	1,76	56	42,90	0,00	6,51
1999-2000	560	4,78	151	132,30	0,00	17,69
2000-2001	1177	10,08	318	104,30	2,03	37,31
2001-2002	862	7,39	233	98,46	1,42	27,34
2002-2003	1183	10,14	320	114,00	2,30	37,51
2003-2004	507	4,34	137			16,00
2004-2005	755	6,47	204	124,00	0,61	23,90
2005-2006	88	0,76	24	49,70	0,14	2,80
2006-2007	602	5,16	163	77,60	0,04	19,10
2007-2008	29	0,25	<b>8</b>	27,60	0,00	<b>0,91</b>
2008-2009	35	0,30	9	32,20	0,00	1,12
2009-2010	1292	11,10	349	302,00	0,00	41,00

**Tabla 4.6: Granulometría de arena total y sus fracciones por tamizado en húmedo, fracción limo + arcilla en diferentes profundidades del Pozo ubicado a 29°15'47.9" Latitud S y 59°42'46.0" Longitud O. (Mieres, 2011)**

Muestra	Prof (Z)	Arenas 2 a 0.053 mm	A + Li <0.053	Tamiz N°					
				5 >2 mm	10 >1 mm	18 >0,5 mm	60 >0,25 mm	100 >0,15 mm	270 >0,053 mm
1	0	29,8%	70,3%	0,0%	0,0%	0,2%	2,7%	6,6%	20,2%
2	1	25,3%	74,7%	0,0%	0,0%	0,2%	3,5%	5,2%	16,5%
3	2	29,7%	70,3%	0,0%	0,0%	6,7%	0,1%	6,2%	16,7%
4	3	29,8%	70,2%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%	6,3%	19,7%
5	4	35,6%	64,4%	0,0%	0,0%	0,0%	5,8%	7,0%	22,8%
6	5	34,4%	65,6%	0,0%	3,9%	0,1%	5,0%	6,0%	19,4%
7	6	36,1%	63,9%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	4,1%	30,1%
8	7	32,7%	67,3%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	5,4%	25,8%
9	8	22,9%	77,1%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	5,5%	16,3%
10	9	23,8%	76,2%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	5,3%	17,0%
11	9,5	38,9%	61,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	1,2%	37,3%
12	10,5	65,8%	34,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,5%	65,1%
13	11,5	34,7%	65,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,2%	33,9%
14	13	41,6%	58,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	41,3%
15	14	26,8%	73,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	26,6%
16	15	42,1%	57,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	41,9%
17	16,5	76,9%	23,1%	0,0%	0,0%	2,5%	40,3%	8,2%	26,0%
18	18,5	90,0%	10,0%	0,0%	0,0%	2,2%	42,6%	28,4%	16,9%
19	19	88,7%	11,3%	0,0%	0,0%	0,7%	50,2%	24,1%	13,7%
20	20	95,3%	4,7%	0,0%	0,1%	0,2%	70,6%	15,0%	9,4%
21	21	95,8%	4,2%	0,0%	0,0%	0,1%	75,3%	14,7%	5,8%
22	22	96,3%	3,7%	0,0%	0,0%	0,5%	71,1%	17,1%	7,6%
23	23	94,5%	5,6%	0,0%	2,6%	19,1%	64,5%	2,7%	5,4%
24	22,5	95,2%	4,8%	0,0%	5,0%	19,7%	65,7%	1,7%	3,0%
25	23	94,7%	5,3%	2,2%	9,3%	33,5%	45,6%	1,4%	2,7%
26	23,5	98,3%	1,7%	4,1%	18,5%	36,7%	36,5%	1,3%	1,3%

**Tabla 4.7: Determinación del porcentaje granulométrico porcentual en el perfil del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista**

Muestra	Prof (Z)	Porcentaje %			Total
		5-60	60-270	270	
		A	B	C	
1	0	2,7%	27,1%	70,2%	100,0%
2	1	3,5%	21,8%	74,7%	100,0%
3	2	0,1%	29,6%	70,3%	100,0%
4	3	3,7%	26,1%	70,2%	100,0%
5	4	5,8%	29,8%	64,4%	100,0%
6	5	5,0%	29,4%	65,6%	100,0%
7	6	1,9%	34,2%	63,9%	100,0%
8	7	1,6%	31,1%	67,3%	100,0%
9	8	1,0%	21,9%	77,1%	100,0%
10	9	1,5%	22,3%	76,2%	100,0%
11	9,5	0,5%	38,4%	61,1%	100,0%
12	10,5	0,3%	65,5%	34,2%	100,0%
13	11,5	0,6%	34,1%	65,3%	100,0%
14	13	0,2%	41,4%	58,4%	100,0%
15	14	0,0%	26,8%	73,2%	100,0%
16	15	0,1%	42,0%	57,9%	100,0%
17	16,5	40,3%	36,6%	23,1%	100,0%
18	18,5	42,5%	47,5%	10,0%	100,0%
19	19	50,2%	38,5%	11,3%	100,0%
20	20	70,6%	24,7%	4,7%	100,0%
21	21	75,3%	20,5%	4,2%	100,0%
22	22	71,1%	25,2%	3,7%	100,0%
23	23	64,6%	29,9%	5,5%	100,0%
24	22,5	65,7%	29,5%	4,8%	100,0%
25	23	65,7%	29,5%	4,8%	100,0%
26	23,5	36,5%	61,8%	1,7%	100,0%

**Tabla 4.8: Estimación del rango de la conductividad hidráulica K (pie/día) y K (cm/h) en función del d<sub>50</sub> (mm) de las muestras granulométricas del Pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista**

Muestra N°	d <sub>10</sub> [mm]	d <sub>60</sub> [mm]	Cu=d <sub>60</sub> /d <sub>10</sub>	d <sub>50</sub> [mm]	K [pie/día]	K [cm/h]
1	0,06	0,14	2,22	0,12	5-30	0,06-0,38
2	0,06	0,15	2,42	0,13	7-35	0,09-0,44
3	0,07	0,17	2,62	0,15	12-65	0,15-0,83
4	0,06	0,15	2,42	0,13	7-35	0,09-0,44
5	0,06	0,16	2,50	0,13	7-35	0,09-0,44
6	0,05	0,17	3,06	0,14	11-60	0,14-0,76
7	0,05	0,12	2,40	0,10	4-20	0,05-0,25
8	0,05	0,13	2,45	0,10	4-20	0,05-0,25
9	0,06	0,14	2,21	0,12	5-30	0,06-0,38
10	0,06	0,14	2,26	0,12	5-30	0,06-0,38
11	0,06	0,10	1,66	0,09	3-15	0,04-0,19
12	0,06	0,10	1,66	0,09	3-15	0,04-0,19
13	0,06	0,10	1,66	0,09	3-15	0,04-0,19
14	0,06	0,10	1,63	0,09	3-15	0,04-0,19
15	0,06	0,10	1,60	0,09	3-15	0,04-0,19
16	0,06	0,10	1,63	0,09	3-15	0,04-0,19
17	0,06	0,31	5,08	0,28	25-180	0,32-2,29
18	0,10	0,28	2,80	0,24	20-130	0,25-1,65
19	0,11	0,31	2,82	0,27	20-170	0,25-2,16
20	0,15	0,34	2,27	0,31	30-210	0,38-2,67
21	0,19	0,35	1,84	0,32	35-220	0,44-2,79
22	0,17	0,34	2,00	0,31	30-210	0,38-2,67
23	0,26	0,41	1,58	0,38	35-350	0,44-5,08
24	0,27	0,42	1,56	0,39	40-380	0,51-4,88
25	0,28	0,58	2,07	0,49	45-550	0,57-6,99
26	0,30	0,72	2,40	0,60	65-750	0,83-9,53

**Tabla 4.9: Determinación de la conductividad hidráulica K mediante la metodología del soil texture triangle – USDA**

Muestra	Prof (Z)	PMP	CC	Saturación	K	K	AW
		[cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O/cm <sup>3</sup> suelo]	[cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O/cm <sup>3</sup> suelo]	[cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O/cm <sup>3</sup> suelo]	[cm/h]	[cm/s]	[cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O/cm <sup>3</sup> suelo]
1	0,0	0,39	0,47	0,55	0,19	5,40E-05	0,10
2	1,0	0,42	0,53	0,55	0,26	7,11E-05	0,11
3	2,0	0,42	0,53	0,55	0,26	7,11E-05	0,11
4	3,0	0,42	0,53	0,55	0,26	7,11E-05	0,11
5	4,0	0,35	0,45	0,54	0,14	3,92E-05	0,10
6	5,0	0,36	0,46	0,54	0,15	4,11E-05	0,10
7	6,0	0,35	0,45	0,54	0,14	3,76E-05	0,10
8	7,0	0,37	0,48	0,54	0,16	4,54E-05	0,10
9	8,0	0,44	0,55	0,56	0,32	9,01E-05	0,11
10	9,0	0,43	0,54	0,56	0,30	8,30E-05	0,11
11	9,5	0,33	0,43	0,53	0,13	3,49E-05	0,10
12	10,5	0,19	0,27	0,48	0,18	4,88E-05	0,08
13	11,5	0,36	0,46	0,54	0,15	4,11E-05	0,10
14	13,0	0,31	0,41	0,53	0,11	3,19E-05	0,10
15	14,0	0,41	0,52	0,55	0,24	6,61E-05	0,11
16	15,0	0,31	0,40	0,53	0,11	3,12E-05	0,10
17	16,5	0,15	0,22	0,45	0,46	1,27E-04	0,08
18	18,5	0,09	0,16	0,39	3,14	8,71E-04	0,07
19	19,0	0,09	0,16	0,40	2,59	7,18E-04	0,07
20	20,0	0,05	0,12	0,34	10,85	3,01E-03	0,07
21	21,0	0,05	0,12	0,34	10,85	3,01E-03	0,07
22	22,0	0,04	0,11	0,32	13,70	3,81E-03	0,06
23	23,0	0,06	0,12	0,35	8,63	2,40E-03	0,07
24	22,5	0,05	0,12	0,34	10,85	3,01E-03	0,07
25	23,0	0,06	0,12	0,35	8,63	2,40E-03	0,07
26	23,5	0,03	0,09	0,26	21,20	5,89E-03	0,06

**Tabla 4.10: Distribución anual media de la napa freática (cm) en la parcela de ensayo de la EEA INTA  
Reconquista. Período 1977-2004**

Distribución Anual Media	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Napa Freática (cm)	135	228	253	366	358	462	317	245	191	164	201	367	434	339	394	272	251	241	405	412	473	211	437	510	355	307	236	362

**Tabla 4.11: Antecedentes químicos de muestras de aguas subterráneas de pozos de riego e industrias de los Distritos  
Reconquista y Avellaneda años 1995-1996**

ID	Distrito	Zona	productor	Fecha	muestra N°	Lote	x	y	Caudal m3/h	prof bomba m	pH	C.E DS/m	RAS meq/l	RAS aj (meq/l) <sup>0,5</sup>	CRS meq/l
1	Reconquista	Rural	INTA	23/08/2003		22	5529128,6314	6763645,4923	110	18					
2	Reconquista	Rural	INTA		10038	25	5529197,983	6764158,881	109,5	20	6,80	0,39	0,40	0,50	-0,40
3	Reconquista	Rural	INTA			1	5525014,0140	6763603,5436							
4	Reconquista	Urbana	Curtiembre Alal	25/07/1995	9887	1	5534741,099	6777391,12		16	6,70	0,85	2,80	3,70	-1,20
5	Reconquista	Urbana	Aceitera Buyatti	27/07/1995	9886	1				30	7,35	0,61	0,80	1,00	-1,10
6	Reconquista	Rural	Tomas Batistuta	15/08/1995	9896	1	5525013,284	6770272,209		40	6,95	0,54	1,70	2,10	1,70
7	Reconquista	Urbana	Sodería Forlin	27/07/1995	9885	1	5534213,144	6776104,39		14	6,80	0,51	1,00	1,20	-0,50
8	Reconquista	Rural	Ruben Mazukín	01/10/1996	9982	1	5522653,013	6767300,92		40	6,80	0,45	0,93	0,67	0,60
9	Avellaneda	Rural	Conrado Cracogna	15/08/1995	9894	1	5532232,46	6794704,417		40	6,60	0,49	0,60	0,88	0,20
10	Avellaneda	Rural	Patricio Bianchi	15/08/1995	9895	1	5527986,064	6780911,414		40	6,75	0,52	1,60	2,06	1,00
11	Avellaneda	Rural	Patricio Bianchi	01/10/1996	9984	2	5527805,938	6780407,911		40	6,75	0,79	3,20	4,12	1,20
12	Avellaneda	Rural	Calixto Bianchi	15/08/1995	9891	1	5525852,981	6784071,409		40	6,80	0,43	0,90	1,06	-1,20
13	Avellaneda	Rural	Jose Muchut	15/08/1995	9890	1	5529912,996	6783085,261		40	6,90	0,51	1,50	1,93	0,80
14	Avellaneda	Rural	Celso Muchut	01/10/1996	9985	1	5530658,345	6782793,105		40	6,80	0,50	1,60	2,00	1,70
15	Avellaneda	Rural	Aldo Regonat (Mari)	15/08/1995	9892	1	5526478,339	6782172,856		40	6,65	0,48	1,20	1,50	0,70
16	Avellaneda	Rural	Oreste Regonat	01/10/1996	9983	1	5526335,48	6782067,182		40	6,90	0,51	1,30	1,50	1,20

corresponde a perforaciones de industrias, no para riego

**Tabla 4.12: Máximos, medios y mínimos de parámetros químicos de muestras de aguas subterráneas de pozos de riego e industrias - Distritos Reconquista y Avellaneda (1995-1996)**

Muestra N°	pH	CE [dS/m]	CE [S/cm]	CE [ $\mu$ mho/cm]	RAS [meq/l]	RAS aj. ([meq/l]) <sup>0.5</sup>	CRS [meq/l]
10038	6,80	0,39	390,00	390,00	0,40	0,50	-0,40
9887	6,70	0,85	850,00	850,00	2,80	3,70	-1,20
9886	7,35	0,61	605,00	605,00	0,80	1,00	-1,10
9896	6,95	0,54	540,00	540,00	1,70	2,10	1,70
9885	6,80	0,51	510,00	510,00	1,00	1,20	-0,50
9982	6,80	0,45	445,00	445,00	0,93	0,67	0,60
9894	6,60	0,49	490,00	490,00	0,60	0,88	0,20
9895	6,75	0,52	520,00	520,00	1,60	2,06	1,00
9984	6,75	0,79	785,00	785,00	3,20	4,12	1,20
9891	6,80	0,43	430,00	430,00	0,90	1,06	-1,20
9890	6,90	0,51	510,00	510,00	1,50	1,93	0,80
9985	6,80	0,50	500,00	500,00	1,60	2,00	1,70
9892	6,65	0,48	480,00	480,00	1,20	1,50	0,70
9983	6,90	0,51	510,00	510,00	1,30	1,50	1,20
MAX	7,35	0,85	850,00	850,00	3,20	4,12	1,70
MED	6,8	0,5	540,4	540,36	1,4	1,7	0,3
MIN	6,60	0,39	390,00	390,00	0,40	0,50	-1,20

**Tabla 4.13: Aptitud para el riego según el rango de conductividad eléctrica específica CE (~mho/cm)**

Rango CE [ $\sim$ mho/cm]	Categoría	Aptitud para riego
100 – 250	C1	Apta
250 – 750	C2	Apta para cultivos tolerantes
750 – 2250	C3	Apta para cultivos muy tolerantes
> 2250	C4	Inapta

**Tabla 4.14: Peligro de sodificación según el rango de la Relación Adsorción de Sodio RAS (meq/l)**

Rango RAS [meq/l]	Categoría	Peligro de sodificación
0 – 10	S1	Escaso
10 – 18	S2	Medio
18 – 26	S3	Alto
> 26	S4	Muy alto

**Tabla 4.15: Tipo de aguas para riego según rangos de Carbonato Residual de Sodio CRS (meq/l)**

CSR [meq/l]	Tipo de agua
< 1,25	Buena
1,25 a 2,5	Dudosa
> 2,5	Inapta

**Maestría en  
Gestión Integrada de los Recursos Hídricos**

Título de la obra:

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRADA  
DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO  
PARA RIEGO AGRÍCOLA  
EN EL AREA PILOTO RECONQUISTA**

Autor: Verónica Musacchio

Lugar: Santa Fe, Argentina

Palabras Claves:

recurso hídrico subterráneo  
riego agrícola  
estrategias de gestión integrada