



**I**NSTITUTO DE  
**G**EOLOGÍA Y  
**R**ECURSOS  
**M**INERALES

---

***ESTUDIO GEOCIENTÍFICO APLICADO AL  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL***

# **LAS TERMAS DE RÍO HONDO**

**PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO  
REPÚBLICA ARGENTINA**

***Coordinación del Proyecto***

Diego S. Fernández  
Adriana B. Balbi

***Autores***

Adriana B. Balbi, Sandra L. Cavallaro, Mariana Coppolecchia, Diego S. Fernández,  
Ma. Gabriela Greco, Ma. Laura Lamarca, Jesús A. Oliva, Irma S. Rivas, Marina Serrano,  
Isaías G. Sosa, Ma. Inés Tobio

***Buenos Aires  
OCTUBRE de 2018***



## INDICE

PREFACIO.....	7
1 INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Objetivos .....	10
2 CLIMA .....	13
2.1 Características Generales.....	13
2.2 Circulación Atmosférica en Sudamérica y su influencia en el Noroeste Argentino.....	13
2.3 Clima en Santiago del Estero.....	15
2.4 Clima en Las Termas de Río Hondo .....	17
2.4.1 Metodología.....	18
2.4.2 Análisis de Variables Climáticas .....	19
3 LITOLOGÍA .....	33
3.1 Unidades Litológicas.....	34
3.1.1 Unidades Sedimentarias.....	34
3.1.2 Depósitos Superficiales .....	36
4 GEOMORFOLOGÍA.....	41
4.1 Características Generales del Paisaje.....	41
4.2 Ambientes Geomorfológicos.....	43
4.2.1 Ambiente de Llanura .....	43
4.2.2 Ambiente Pedemontano .....	48
4.2.3 Ambiente Lacustre .....	49
5 SUELOS .....	51
5.1 Ambiente de Formación.....	52
5.2 Distribución y Tipos de Suelos.....	55
5.2.1 Suelos de Llanura .....	57
5.2.2 Suelos del Pedemonte.....	61
5.2.3 Suelos de Ambiente Lacustre .....	62
6 ASPECTOS GEOTÉCNICOS.....	65
6.1 Unidades Geotécnicas.....	69
6.1.1 Suelos Limosos poco Densos y de Baja Plasticidad.....	69
6.1.2 Suelos Limo-Arcillosos Subsaturados Moderadamente Compactos y Plásticos .....	75

6.1.3	Suelos Arenosos Flojos y No Plásticos.....	78
6.1.4	Materiales Consolidados de Diferentes Competencias Mecánicas .....	80
7	NEOTECTÓNICA Y SISMICIDAD.....	83
7.1	Marco Geológico y Tectónico Regional.....	85
7.1.1	Geología .....	85
7.1.2	Tectónica.....	86
7.2	Sismicidad.....	87
7.2.1	Sismicidad Instrumental.....	87
7.2.2	Sismicidad Histórica .....	89
7.3	Neotectónica. Potenciales Fuentes Sismogénicas .....	89
7.3.1	Falla Guasayán.....	90
7.3.2	Falla El Rosario (Falla Clodomira).....	92
7.3.3	Falla Recreo .....	92
7.3.4	Escarpas de Falla .....	93
7.4	Conclusiones.....	93
8	HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA.....	95
8.1	Metodología .....	99
8.2	Hidrología Superficial .....	105
8.3	Diagnóstico y Problemática Local.....	110
8.4	Hidrogeología .....	116
8.5	Conclusiones.....	142
9	MEDIO BIOLÓGICO.....	145
9.1	Unidades Fisonómicas de Vegetación Actual.....	145
9.1.1	Resultados .....	150
9.1.2	Descripción de las Unidades.....	152
9.1.3	Consideraciones Generales .....	165
9.2	Fauna.....	169
9.2.1	Síntesis de las Especies más Conspicuas .....	169
9.3	Áreas Protegidas .....	177
9.3.1	Reserva Natural “Tara Inti” .....	177
9.3.2	Reserva Natural Privada “Pozo del Arbolito” .....	178

10	ASPECTOS SOCIOECONOMICOS .....	179
10.1	POBLACIÓN.....	179
10.2	INFRAESTRUCTURA .....	182
10.2.1	Infraestructura de Transporte.....	182
10.2.2	Infraestructura Energética .....	184
10.2.3	Infraestructura de Agua, Cloacas y Residuos sólidos Urbanos (RSU).....	186
10.2.4	Infraestructura de Salud y Educación.....	192
10.2.5	Cultura, Recreación y Deportes.....	196
10.3	USOS DEL SUELO .....	198
10.3.1	Actividad Agrícola-Ganadera.....	198
10.3.2	Actividad Turística .....	201
10.3.3	Otras Actividades Productivas.....	204
11	SUSCEPTIBILIDAD Y PELIGROSIDAD POR INUNDACIONES .....	205
11.1	Antecedentes Históricos de Inundaciones.....	205
11.2	Mapa de Susceptibilidad por Inundaciones .....	208
11.2.1	Distancia a los Cursos de Agua o Canales de Drenaje.....	208
11.2.2	Modelo de Elevación .....	209
11.2.3	Pendientes.....	209
11.2.4	Profundidad del Nivel Freático.....	209
11.2.5	Usos del Suelo .....	209
11.3	Modelo de Peligrosidad por Inundaciones del Río Dulce .....	212
12	EVALUACIÓN DE APTITUD PARA LA URBANIZACIÓN .....	219
13	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	231
13.1	Conclusiones Generales .....	231
13.2	Recomendaciones Específicas.....	233
14	FUENTES CONSULTADAS .....	237

## **ANEXOS**

Anexo I: Precipitaciones desde 1916 a 2004 de la Estación Termas de Río Hondo (INTA, 2010).

Anexo II: Perfiles Edáficos.

Anexo III: Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S).

Anexo IV: Informes de Laboratorio de las Muestras Geotécnicas.

Anexo V: Informe de Situación de la Gestión de Residuos Urbanos.

## MAPAS

Mapa Litológico.

Mapa Topográfico.

Mapa Geomorfológico y de Suelos.

Mapa de Aspectos Geotécnicos del Terreno.

Mapa de Unidades Fisonómicas de Vegetación Actual.

Mapa de Usos del Suelo y Detalle de la Infraestructura Urbana.

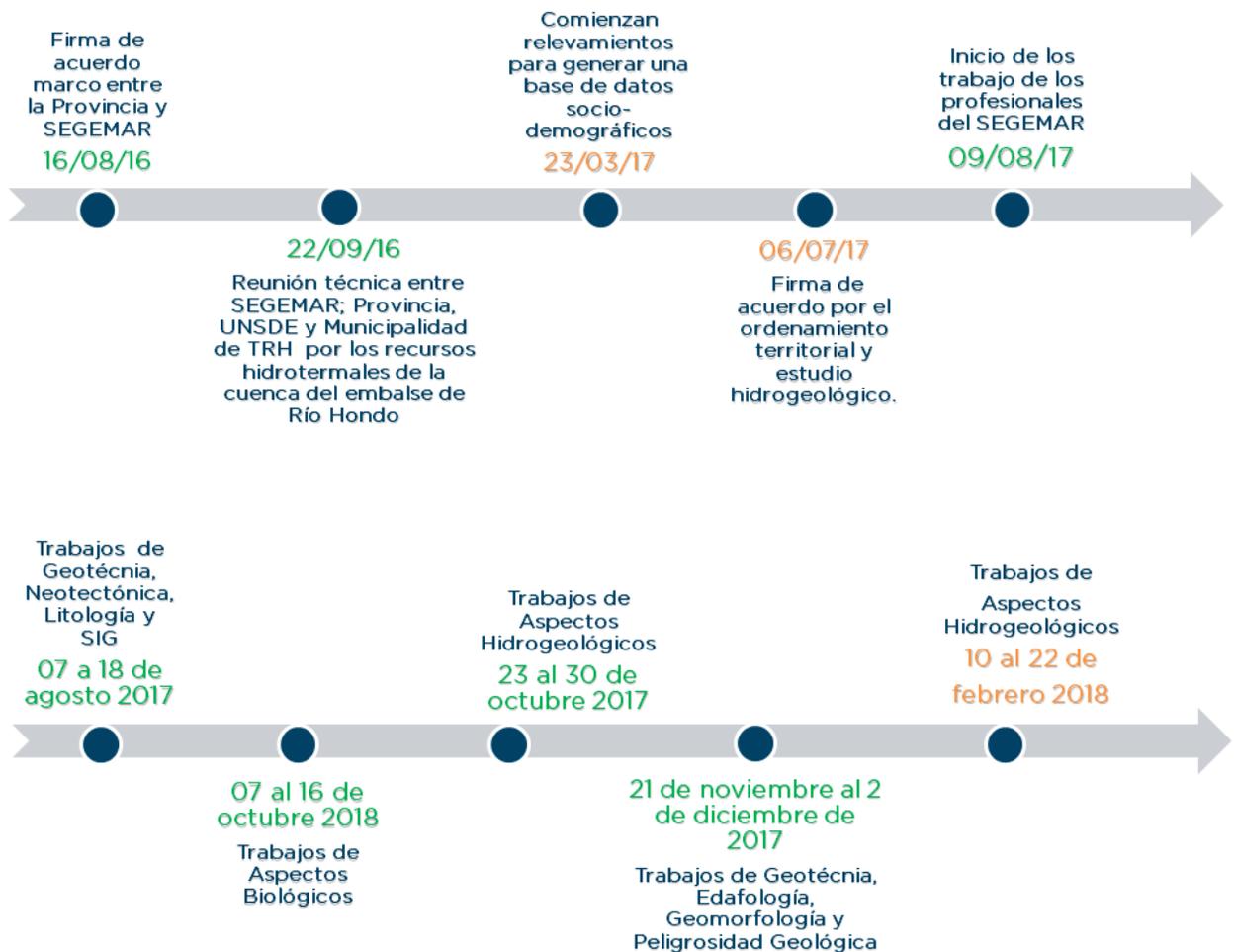
Mapa de Peligrosidad y Susceptibilidad a la Inundación.

Mapa de Aptitud para la Urbanización.

**PREFACIO**

## **Cronología del vínculo SEGEMAR – Pcia. de Santiago del Estero**

### **Municipalidad de Las Termas de Río Hondo**





## **1 INTRODUCCIÓN**

El presente estudio fue efectuado en el marco de un convenio celebrado entre la Municipalidad de Las Termas de Río Hondo y el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), con el propósito de brindar pautas al Municipio que permitan la toma de decisión en los diferentes aspectos que hacen al crecimiento de la ciudad, conciliando intereses y necesidades diversas.

La planificación es una herramienta adecuada para orientar y organizar el desarrollo equitativo y sustentable de un territorio y la población que lo ocupa. Nos permite determinar los usos del territorio según la mayor o menor aptitud de los diferentes elementos constitutivos del territorio respecto a ellos, garantizando el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y que el conjunto de intervenciones que se desarrollan a lo largo del territorio se realicen en condiciones de sostenibilidad con miras al bienestar común.

La ciudad de Las Termas de Río Hondo se localiza en el centro-oeste de la provincia de Santiago del Estero, siendo esta la cabecera del departamento Río Hondo, a orillas del río Dulce. La zona de estudio, que incluye las localidades de: Colonia Tinco, Villa Río Hondo y Termas de Río Hondo, se desarrolla entre las coordenadas 27º 24' y los 27º 37' de Latitud Sur y los 64º 46' y 64º 58' de Longitud Oeste, posee una cota variable entre 245 y 340 m s.n.m. (Figura 1.1.).

La mencionada localidad es el principal centro termal del país, con un gran desarrollo turístico, pero con problemas en su planificación. Esta actividad de reconocida importancia local, regional y nacional, evidencia una conflictividad creciente no solo entre los usos del suelo, sino también entre dichos usos y la aptitud del territorio.

Este estudio proporciona un inventario de la información biofísica y social del ambiente, integrando el clima, la geología, la geomorfología, la geotecnia, los suelos, la vegetación, amenazas naturales, aguas y el aspecto social. La interacción de estos datos constituye una herramienta adecuada para orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos, buscando su desarrollo socioeconómico y teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio considerado y la armonía con el medio ambiente.

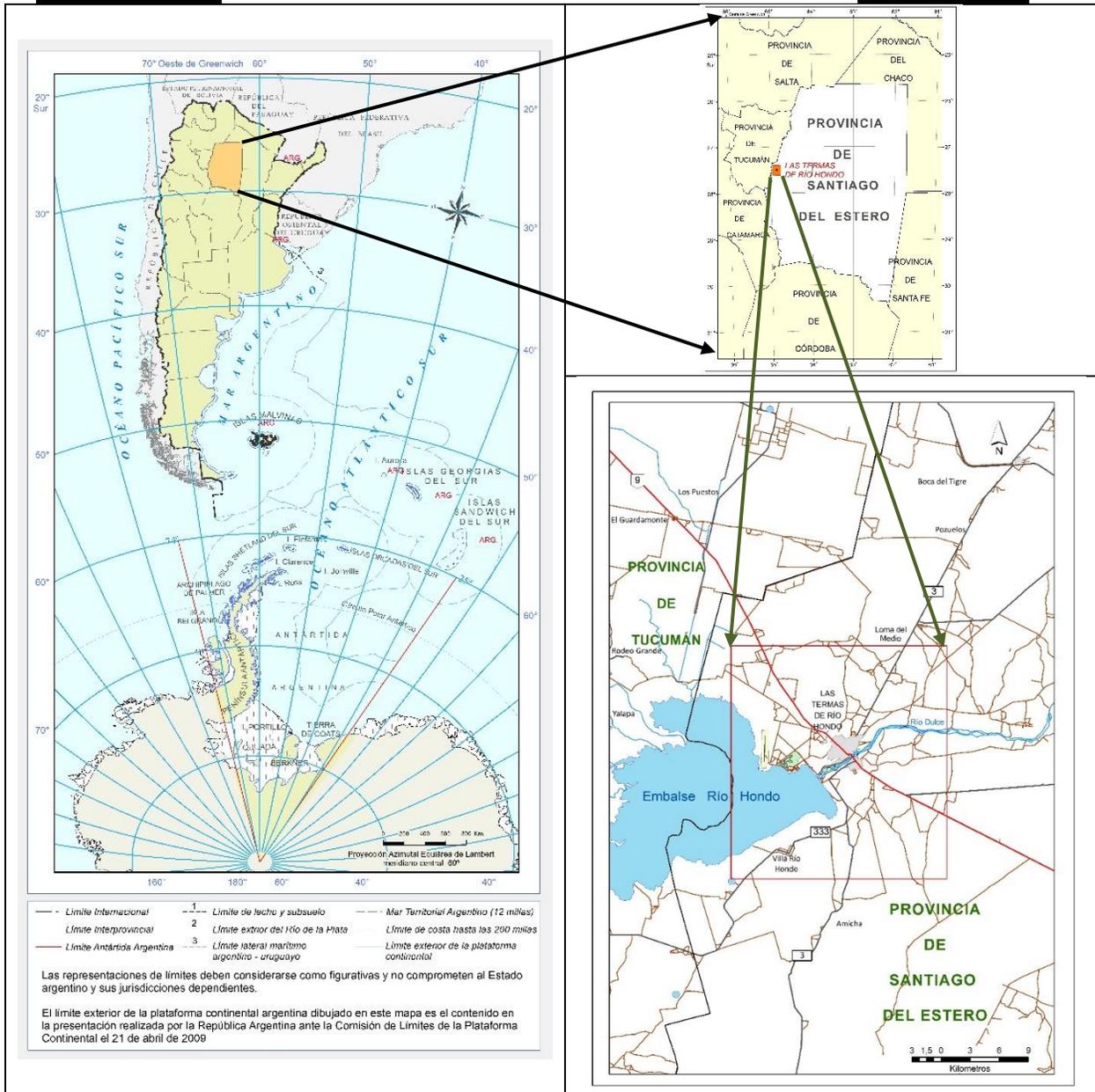


Figura 1.1. Localización de la ciudad de Las Termas de Río Hondo.

## 1.1 Objetivos

La principal meta del Estudio Geocientífico es la de brindar pautas a la Municipalidad de Las Termas de Río Hondo que permitan la toma de decisión en los diferentes aspectos que hacen al crecimiento de la ciudad, gestionando mecanismos de concertación y acción en el territorio que permitan generar las condiciones para tener un desarrollo equilibrado, gestionando y minimizando los impactos negativos que podrían ocasionar las diversas actividades que se desarrollan en la zona.

El presente proyecto tiene como objetivo principal identificar y evaluar las características biofísicas del territorio para el desarrollo urbano, originando una cartografía temática de base útil para la planificación urbana y el ordenamiento territorial.

La zonificación resultante ha sido volcada a mapas, que permiten una rápida visualización de los tipos de aptitud del territorio municipal para los diferentes usos urbanos y las áreas vulnerables frente a las amenazas naturales periódicas.

Los objetivos específicos son:

- ✓ Análisis de las litologías de manera sencilla y clara, definiendo las principales “*Unidades Litológicas*” en función de la naturaleza, la cronoestratigrafía, la distribución y la agrupación de los materiales geológicos aflorantes en la zona de estudio. Se consideran además los principales aspectos geotécnicos de las mismas, fundamentalmente los relacionados a sus comportamientos geomecánicos.
- ✓ Análisis de las geoformas que conforman el paisaje, teniendo en cuenta especialmente pendientes, morfodinámica actual y los procesos actuantes. Brindar pautas acerca de la aptitud de las geoformas para los diferentes usos potenciales de la tierra.
- ✓ Clasificación, descripción y mapeo de los distintos tipos de suelos.
- ✓ Descripción, delimitación y análisis de las “*Unidades Fisonómicas de Vegetación Actual*”, estados de cobertura de la vegetación nativa y de la estructura básica del paisaje.
- ✓ Comprender el comportamiento hidrológico. Identificar zonas con nivel freático somero. Evaluar el estado actual del recurso agua. Análisis de aguas superficiales y de perforaciones de aguas subterráneas. Determinación de zonas vulnerables, contaminadas o con riesgo de contaminación.
- ✓ Identificación de usos de suelo actual (urbano, turístico, forestal, agrícola, industrial, etc.).
- ✓ Analizar, evaluar, delimitar y mapear los procesos naturales ocurridos o potenciales, considerando la peligrosidad geológica por inundaciones, teniendo en cuenta sus causas, impactos y su posible recurrencia.
- ✓ Fotointerpretar y analizar estructuras con actividad neotectónica. Analizar y evaluar la información sobre sismos de la zona.



## **2 CLIMA**

### **2.1 Características Generales**

La localidad de Las Termas de Río Hondo de acuerdo a su ubicación y altitud, posee un clima que se encuentra influido por los anticiclones del Atlántico y del Pacífico Sur, ubicados a la altura del Trópico de Capricornio y con un desplazamiento estacional de Norte a Sur.

El clima se interpreta como un conjunto de características o condiciones atmosféricas pertenecientes a una región a lo largo de un período de tiempo y diferenciado por estaciones. Sus elementos principales son: temperatura, humedad, precipitaciones, presión atmosférica y viento, los cuales se encuentran en permanente interacción y vinculados a su vez a la circulación atmosférica junto con las altas y bajas presiones. El clima se encuentra además fuertemente condicionado por la altitud, la latitud y la distancia al mar. A partir de todo esto es que se hace referencia, por ejemplo, a clima tropical, templado o continental.

La circulación atmosférica constituye un fenómeno impulsado por el desigual calentamiento entre el Ecuador y los polos, la rotación de la tierra, la desigual conformación de tierras y mares y las propiedades físicoquímicas del aire. Todo lo anterior conforma un permanente trasvase de energía que permite mantener el equilibrio calorífico del planeta. En concreto, la atmósfera transporta energía por movimientos del aire verticales u horizontales ([www.um.es/geograf/clima/tema07](http://www.um.es/geograf/clima/tema07)).

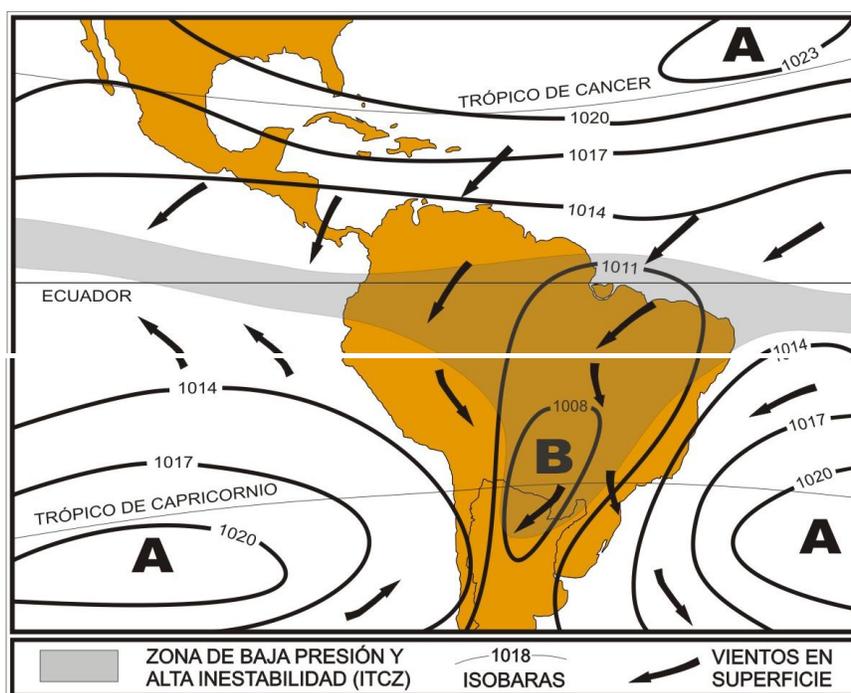
No es posible referirse al clima de Las Termas de Río Hondo sin hacer referencia a la circulación atmosférica general y regional que a su vez da lugar al clima del Noroeste Argentino y dentro de éste a la región donde se encuentra la mencionada localidad.

### **2.2 Circulación Atmosférica en Sudamérica y su influencia en el Noroeste Argentino**

El efecto del anticiclón del Pacífico hacia el Este de los Andes se ve disminuido por la gran altura de la cordillera. Por el contrario, el anticiclón del Atlántico influye notablemente sobre el clima del país. En el verano del hemisferio Sur, la influencia anticiclónica se extiende sobre gran parte de Sudamérica, penetra en el Norte del territorio argentino generando condiciones de baja presión y alta inestabilidad (Bianchi y Cravero, 2010).

En esa estación ingresa a la región aire húmedo, que produce una extensa zona de altas precipitaciones sobre las vertientes orientales de los Andes. En ellas, los débiles vientos del Este causan el ascenso del aire húmedo e inician los procesos formadores de nubes, produciéndose fuertes precipitaciones orográficas en la región Noroeste del país, incluyendo a la provincia de Santiago del Estero.

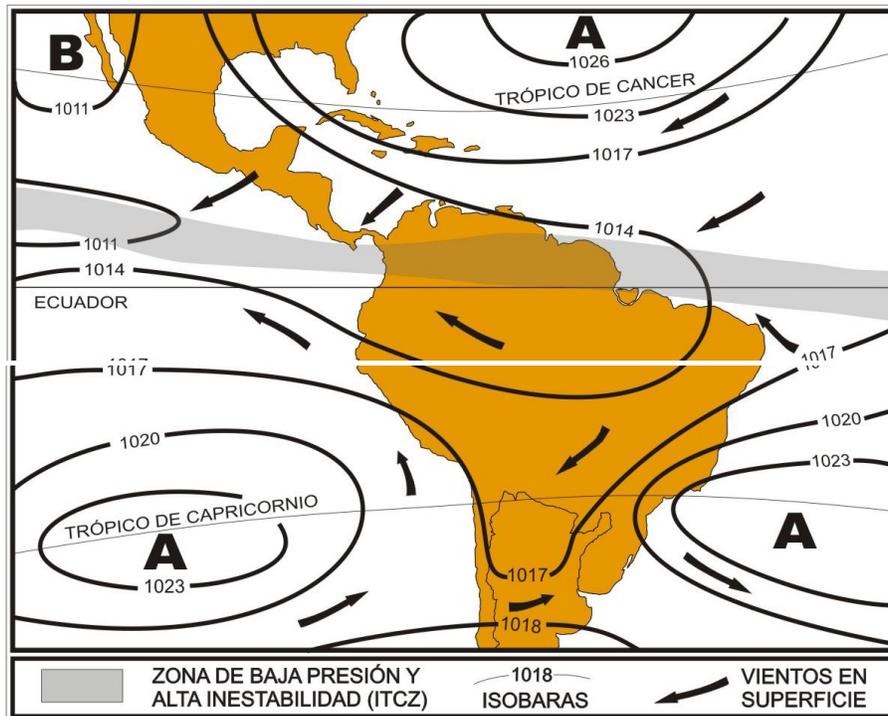
En el Noroeste Argentino, durante el verano (Figura 2.1.), se produce la acción concurrente de las bajas presiones con los procesos orográficos zonales. Así, la circulación ciclónica con núcleo cálido, conocida como Alta de Bolivia, se ubica en la tropósfera alta sobre el Altiplano Andino. Su origen se atribuye al calentamiento en altura sobre el altiplano y al calor de vaporización liberado por la condensación producida por la actividad convectiva sobre el Amazonas (Bianchi y Cravero, 2010).



**Figura 2.1.** Situación atmosférica en América del Sur en el mes de enero con las isobaras, los vientos en superficie y la ubicación de la zona de convergencia intertropical (conocida en inglés con el acrónimo ITCZ de Intertropical Convergence Zone). También pueden observarse los centros de alta y baja presión (Bianchi y Cravero, 2010).

Las intensas precipitaciones que se producen sobre el sector oriental de los Andes del Norte de Argentina muchas veces son asociadas a una intensificación del anticiclón en altura y su corrimiento hacia el Sur junto con corrientes de chorro que se producen en niveles bajos de la atmósfera en las cercanías de sistemas de tormenta intensos (Bianchi y Cravero, 2010).

En el invierno del hemisferio Sur, la Zona de Convergencia Intertropical se traslada siguiendo el movimiento aparente del sol, ubicándose sobre una estrecha franja al Norte del Ecuador (Figura 2.2.). El anticiclón del Atlántico se extiende sobre el continente uniéndose con el correspondiente centro de acción del Pacífico. Sobre la región Noroeste del país se produce entonces una marcada disminución de los procesos convectivos y en consecuencia de las lluvias, las cuales son prácticamente inexistentes en esa época del año (Bianchi y Cravero, 2010). Todo esto se hace evidente tanto en la provincia de Santiago del Estero como en Las Termas de Río Hondo.



**Figura 2.2.** Situación atmosférica en el mes de julio, con los mismos elementos que la Figura 2.1, Isobaras, vientos en superficie, ubicación de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) y centros de baja y alta presión (Bianchi y Cravero, 2010).

### 2.3 Clima en Santiago del Estero

El clima predominante en la provincia de Santiago del Estero según la clasificación de Köppen Geiger es de tipo Bsh Cálido y semiárido, con zonas de Cfa y Cwa, es decir subtropical sin estación seca y subtropical con estación seca respectivamente. Las precipitaciones se concentran entre los meses de octubre y enero, siendo el promedio anual de 743 mm.

Se trata de un clima que posee características de continentalidad con marcadas amplitudes térmicas diarias y estacionales. En la época estival las temperaturas llegan a ser tórridas. En el mes de enero el promedio de estas es de 27° C, con días de 33°C, 35°C y hasta 38°C. No obstante, en el mes de noviembre de 2009 se registró en la ciudad capital una máxima absoluta de 46,5° C (Infobae 13/06/2018, datos del Servicio Meteorológico Nacional), seguida de muchos días con temperaturas superiores a 40° C. Otra fuerte ola de calor se registró en Santiago del Estero en diciembre de 2013. La misma duró más de diez días con temperaturas que llegaron a 45° C reales y sensación térmica de 49° C (El Liberal, Santiago del Estero 27/12/2013, datos del Servicio Meteorológico Nacional). En esa oportunidad se produjo una gran mortandad de peces en el Embalse Río Hondo, debida al fuerte aumento de la temperatura del agua, que se ubicó en los 32° C; 5° C más que el año anterior para la misma fecha (EL LIBERAL, Santiago 27/12/2013).

También en febrero de 2016 la provincia padeció elevadas temperaturas en la ciudad capital, Las Termas de Río Hondo y zonas rurales del Norte. La sensación térmica llegó a superar los 50°C (Página 12 13/02/2016). La excesiva torridez del clima se atenúa en los meses de invierno cuando las temperaturas oscilan entre los 13°C y 16°C.

Como se distingue en la Figura 2.3., enero es en promedio el mes más caluroso del año con una temperatura media de 26,8°C, y con máximas diarias que superan los 30°C. El mes más frío del año es julio con un promedio de 12,9°C.

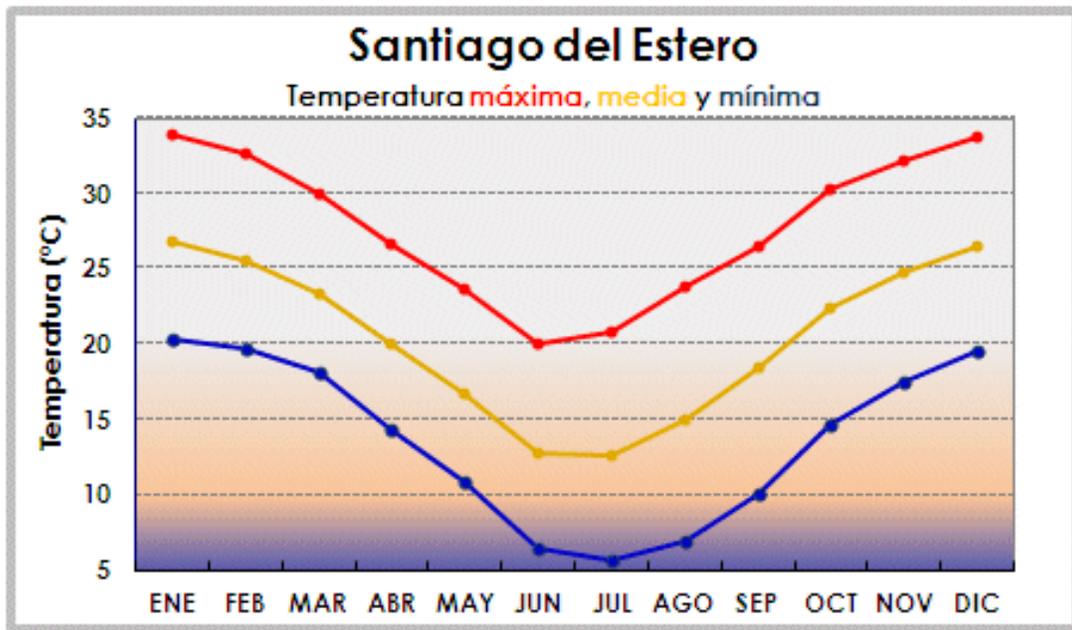
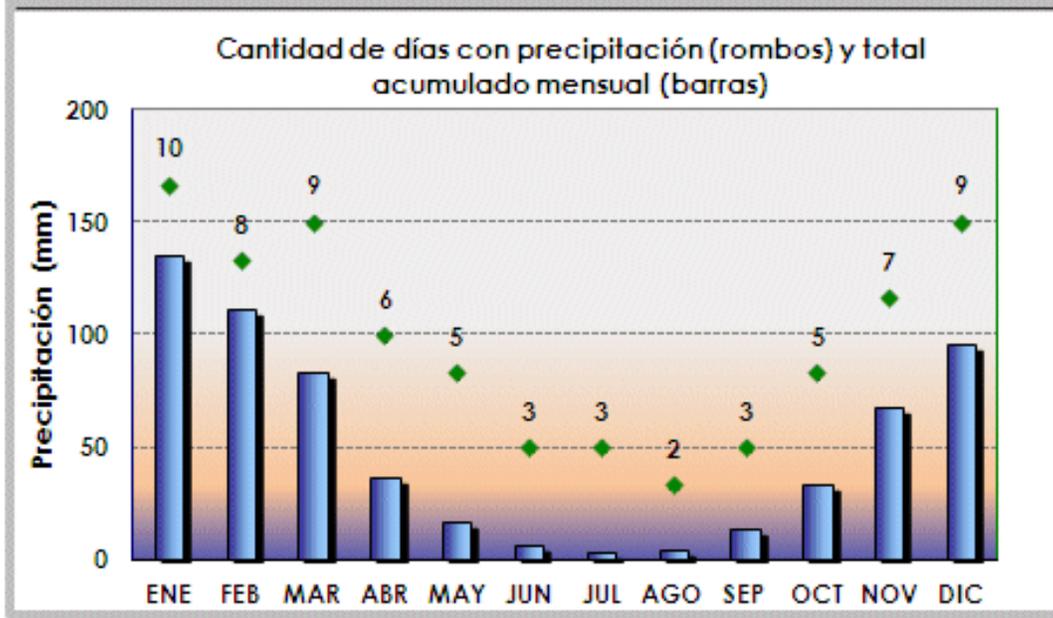


Figura 2.3. Temperatura máxima, media y mínima en Santiago del Estero (Servicio Meteorológico Nacional).

En la Figura 2.4. puede observarse que las mayores precipitaciones se producen en los meses más calurosos, específicamente entre octubre y abril; siendo las mismas muy abundantes en enero y febrero. Por el contrario, entre mayo y septiembre, el agua precipitada es mucho menor, siendo la misma prácticamente nula en julio y agosto.



**Figura 2.4.** Precipitación en Santiago del Estero (Servicio Meteorológico Nacional)

#### Alteraciones en el régimen de precipitaciones en Santiago del Estero

Las precipitaciones en Santiago del Estero se modificaron significativamente durante el siglo XX, fundamentalmente en las últimas décadas, incrementándose en un 25 %. A partir de dichos cambios la región pasó de un clima semiárido a un clima subhúmedo seco con desplazamientos de las precipitaciones hacia el Oeste. Esto generó importantes transformaciones en los potenciales agrícolas dando paso a una importante expansión con aproximadamente 1 millón más de hectáreas sembradas.

Las transformaciones producidas por la mayor amplitud agrometeorológica y la expansión de la frontera agrícola generaron un importante desmonte. La eliminación del bosque xerófito nativo alteró la morfología de suelos impactando en el balance hídrico y en el manejo de las cuencas hidrográficas (Corazza y Bontempi, 2016).

El aumento en las precipitaciones, el consecuente incremento del escurrimiento generado a partir de la deforestación dio paso a un aumento en el caudal y descarga de los ríos suscitando recurrencia en fenómenos como las inundaciones. También pérdida de capacidad de retención de la humedad en los suelos pudiendo desencadenarse procesos de desertificación (Corazza y Bontempi, 2016).

## **2.4 Clima en Las Termas de Río Hondo**

La localidad de Las Termas de Río Hondo se encuentra ubicada en el centro-oeste de la provincia de Santiago del Estero a una altitud de 270 m s.n.m., en el Noroeste Argentino.

Según la clasificación climática de Köppen el clima en Las Termas de Río Hondo es de tipo Cwa, subtropical con invierno seco y verano cálido. A lo largo del año la temperatura promedio varía entre los 6° C y los 33° C. Excepcionalmente puede bajar a menos de 1° C o ascender a más de 38° C, mientras que las precipitaciones promedio son de 629 mm.

El tipo climático es de Cwa, subtropical con invierno seco y verano cálido. A lo largo del año la temperatura promedio varía entre los 6° C y los 33° C. Excepcionalmente puede bajar a menos de 1° C o ascender a más de 38° C, mientras que las precipitaciones promedio son de 750 mm. Este tipo climático se da en regiones alejadas del mar que no reciben tantas precipitaciones. Por lo cual la estación menos lluviosa suele ser bastante seca. Es propio del interior de países como China, Argentina, Paraguay y Sudáfrica.

#### **2.4.1 Metodología**

Para la confección de este informe se utilizaron datos climáticos suministrados por diferentes fuentes de toda la cuenca. Si bien existe una estación meteorológica perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en la localidad (Termas de Río Hondo AERO; 27°29'53,33"S/ 64°51'0,13"O; 280 m s.n.m.), la misma posee datos incompletos solamente entre los años 2013 y 2017. En consecuencia, para el presente análisis fue necesario utilizar información de estaciones próximas pertenecientes al SMN, para el período 1982 y 2012, de las que se contó con datos de dos estaciones, siendo ellas:

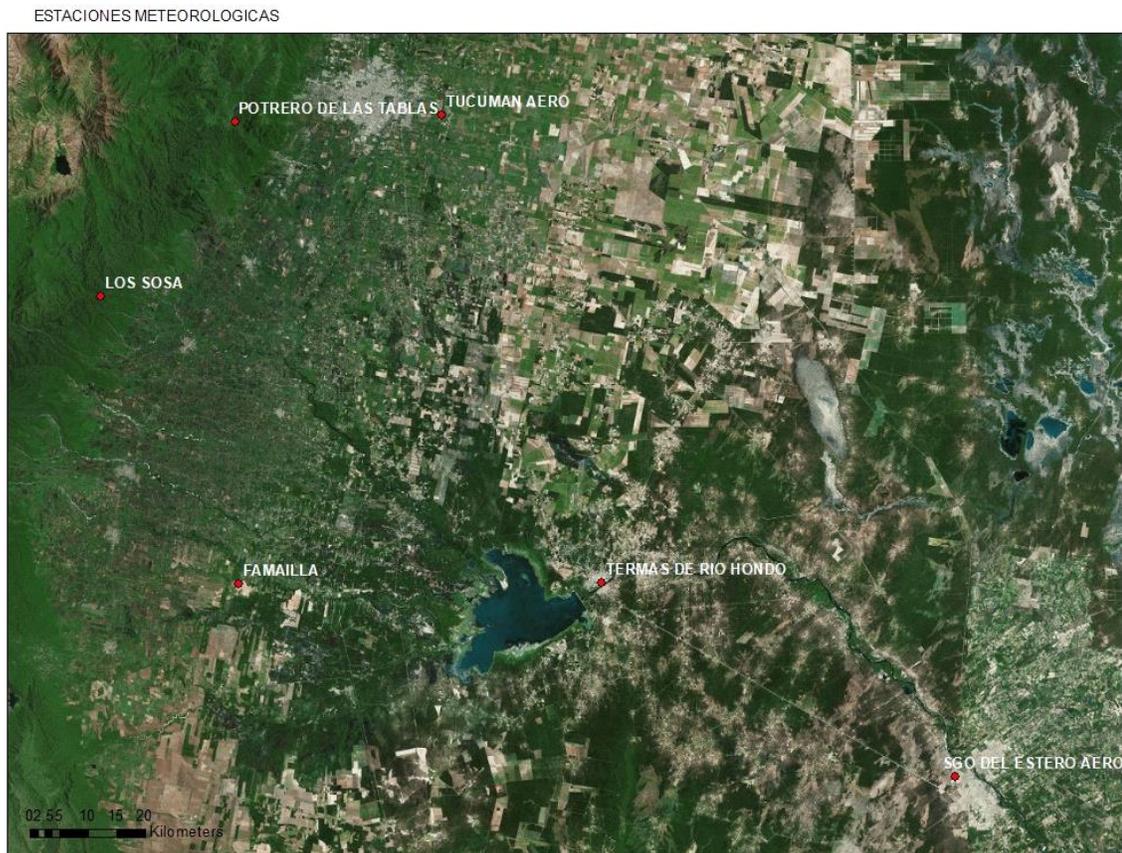
- Santiago de Estero Aero (27° 46' S / 64° 18' O); altitud 199 m s.n.m.
- Tucumán Aero (26° 51' S / 65° 6' O); altitud 450 m s.n.m.

Asimismo, se utilizaron diversas fuentes de información, como ser con el valioso aporte proporcionado por el INTA de Las Termas de Río Hondo (Serie 1970-2004) y registro histórico de precipitaciones entre los años 1916 y 2004 (INTA de Las Termas de Río Hondo) y datos provenientes de la Subsecretaría de Recursos Hídricos, contándose con la información de tres estaciones hidro-meteorológicas. Se analizaron los registros que abarcan el período (1993-2017), por disponer de datos consistentes y continuos únicamente para este lapso. Las estaciones analizadas son:

- 410 - Los Sosa, 619 m s.n.m. (27°6' 3,4"S/65° 38'10" O)
- 411 - Lules, Potrero de las Tablas, 688 m s.n.m. (26°51'28"S/65°25'34" O)
- 444 - Famaillá, 373 m s.n.m. (27°3' 0"S/65°25'12" O)

A partir del análisis de datos, se caracterizaron las principales variables climatológicas (temperaturas, precipitaciones, vientos, nubosidad). Con el fin de mostrar a nivel general la caracterización hidrometeorológica del área, se elaboraron balances hídricos para cuatro

estaciones meteorológicas, pertenecientes a distintos sectores de la cuenca. En la Figura 2.5. se muestra la ubicación de las distintas estaciones utilizadas.



**Figura 2.5.** Ubicación de las distintas estaciones meteorológicas.

## 2.4.2 Análisis de Variables Climáticas

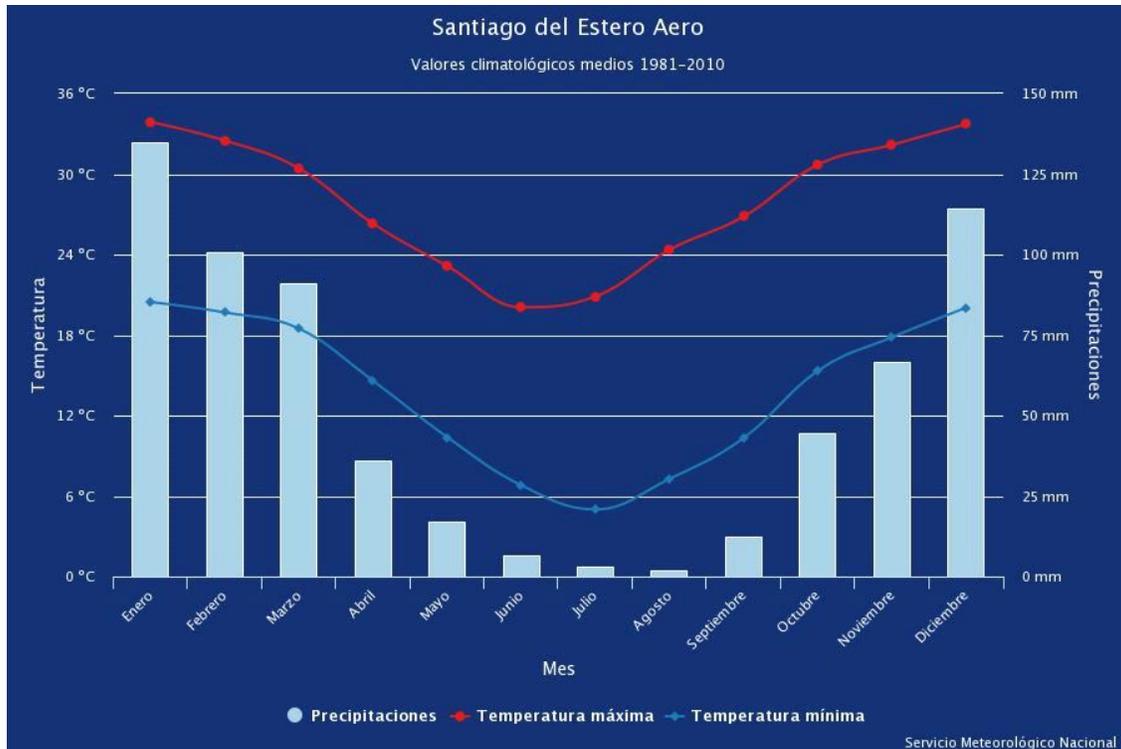
### TEMPERATURA

Como se mencionó anteriormente, las temperaturas corresponden a un clima de continentalidad marcada con amplitudes térmicas diarias y estacionales. Como se muestra en la Tabla 2.1. para la Localidad de Río Hondo la media anual es de 20,6°C.

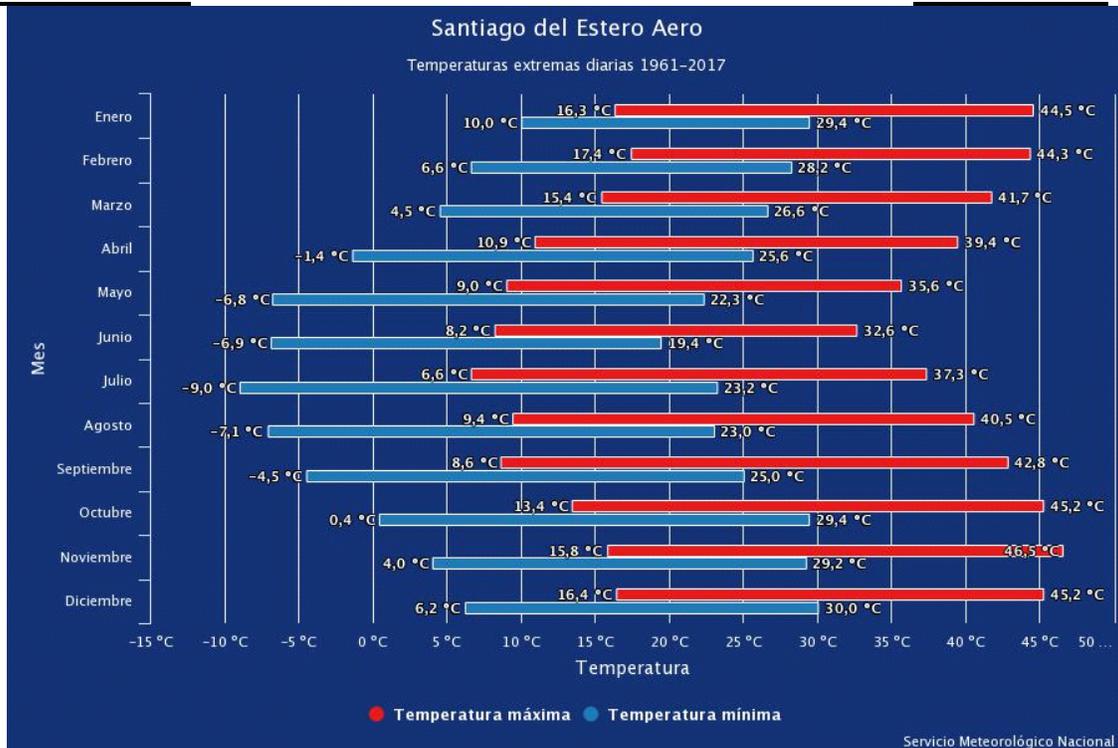
TERMAS DE RÍO HONDO (INTA – Serie 1970 – 2004)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>T media (°C)</b>	26,8	25,8	23,5	19,9	16,6	13,0	12,9	15,1	18,4	22,1	26,4	26,6	20,6
<b>Prec (mm)</b>	145	102	106	49	5	4	2	2	11	35	60	108	629

**Tabla 2.1.** Datos Estación INTA Termas de Río Hondo.

Durante el mes de enero, mes más caluroso del año, el promedio de estas es de 26,7° C. Las máximas medias mensuales superan los 30°C durante todo el semestre cálido, no obstante, se registran en la ciudad capital máximas extremas regulares de más de 40°C. Por ejemplo, 46,5°C fueron registrados el 13/06/2018 (datos del Servicio Meteorológico Nacional), seguidos de días con temperaturas superiores a 40° C. Las temperaturas se atenúan en los meses de invierno con medias que oscilan entre los 13° C y 17° C. Las mínimas promedio para el mes de julio son de alrededor de 5°C con valores extremos mínimos de hasta -9°C (Figuras 2.6. y 2.7.).



**Figura 2.6.** Estación Santiago del Estero Aero, datos climatológicos medios. En línea roja y azul se observan las máximas y mínimas medias mensuales (SMN).



**Figura 2.7.** Estación Santiago del Estero Aero, Temperaturas extremas diarias (SMN).

Como puede observarse en la Figura 2.8. en la cuenca las temperaturas medias anuales aumentan en sentido SE, debido en gran parte a la influencia de factores orográficos sobre la temperatura. De esta forma, en las zonas más altas de la sierra de Aconquija, se observan valores de temperatura media anual que van de 8 a 10 °C y pasan entre 12 a 17°C en la zona de llanura. Hacia la provincia de Santiago del Estero los registros se observan entre 17,3 y 20,6°C. El sector de Las Termas de Río Hondo presenta condiciones relativamente más cálidas respecto a sectores altos de la cuenca en la provincia de Tucumán.

VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA ANUAL MEDIA EN LA CUENCA.



**Figura 2.8.** Variación de las temperaturas medias anuales en distintos sectores de la cuenca de aporte.

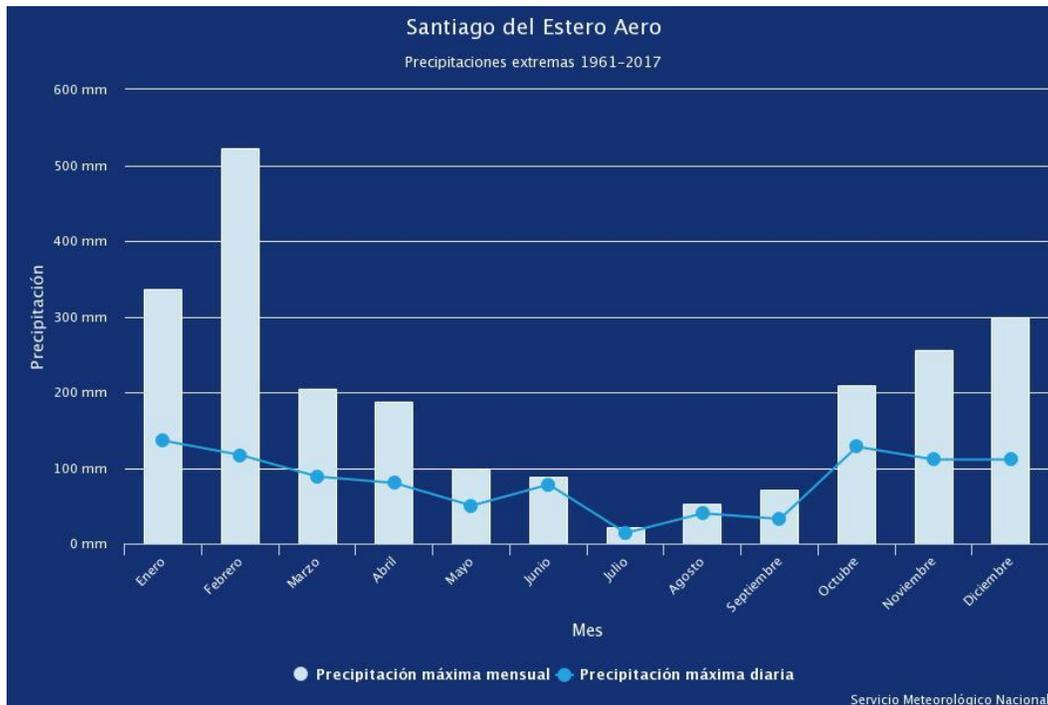
PRECIPITACIONES

Las precipitaciones en el área de estudio responden a un régimen continental con estación seca invernal. La media anual para la estación de Termas de Río Hondo es de 629 mm. Los mayores registros se producen en los meses más calurosos, específicamente entre octubre y abril; por el contrario, entre mayo y septiembre, se desarrolla la estación seca, y el agua precipitada es mucho menor, siendo la misma prácticamente nula en julio y agosto (Figuras 2.9. y 2.10.).

También es destacable la diferencia en el tipo de precipitación, mientras que en los meses de invierno éstas se presentan en forma de llovizna persistente con consecuencias favorables para los suelos, en los meses de verano se producen eventos de gran intensidad que pueden superar los 100 mm en un mismo episodio desencadenando procesos erosivos.

Las precipitaciones se concentran en el mes de enero llegando a acumular en promedio 145 milímetros, le siguen diciembre y febrero con registros medios próximos a 100 mm. Los meses con menores registros en promedio son julio y agosto, con valores de 2 mm mensuales.

En cuanto a los valores extremos, se cuenta con datos de la Estación Santiago del Estero Aero, que no presentan diferencias significativas para la variable con respecto a Las Termas de Río Hondo. Como puede verse en la Figura 2.9. durante la serie 1961-2017, las máximas mensuales se presentan en el mes de febrero, con valores de más de 500 mm precipitados en un mes. Para las máximas diarias, en cambio se observan los mayores registros durante los meses de enero y octubre, con valores de alrededor de 130 mm caídos en un día.



**Figura 2.9.** Precipitaciones extremas. Estación Santiago del Estero Aero (SMN).

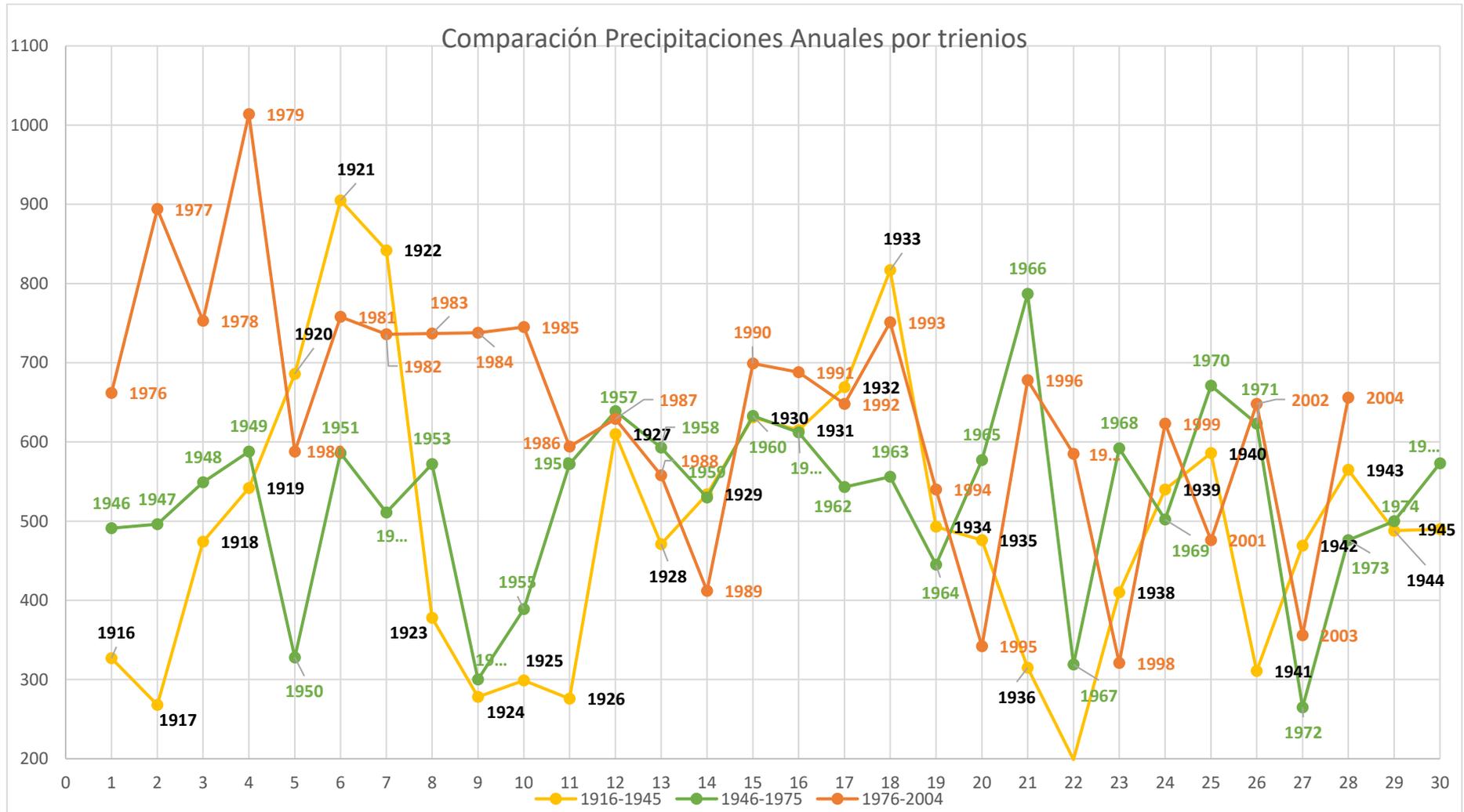
Dentro de la cuenca, las precipitaciones disminuyen considerablemente de Oeste a Este. Así, en la zona montañosa correspondiente a la sierra de Aconquija, se registran valores que oscilan entre los 1.000 y 1.200 mm anuales. Hacia el este, en la zona pedemontana y de llanura tucumana, se pueden observar valores cercanos a los 800 mm que van disminuyendo gradualmente hacia la llanura santiagueña, en donde se aprecia un clima seco con precipitaciones que no superan los 500 mm anuales (Figura 2.10.).

VARIACION DE LA PRECIPITACION ANUAL MEDIA EN LA CUENCA



**Figura 2.10.** Variación de las precipitaciones medias anuales en la cuenca de aporte.

A partir del registro histórico de precipitaciones entre los años 1916 y 2004 proporcionado por el INTA de Las Termas de Río Hondo (ANEXO I), se presentan las siguientes figuras que se corresponden con el registro de las precipitaciones entre los años 1916 y 2004, en el mismo puede observarse una marcada alternancia entre períodos secos y períodos húmedos. La mencionada fluctuación se corresponde con algunos años que poseen un promedio de alrededor de 300 mm, tal como se registró durante 1924, 1925 y 1926; y, por el contrario, otros años, como 1921, 1977 y 1979, con 900 y hasta 1000 mm de agua precipitada (Figura 2.11.).



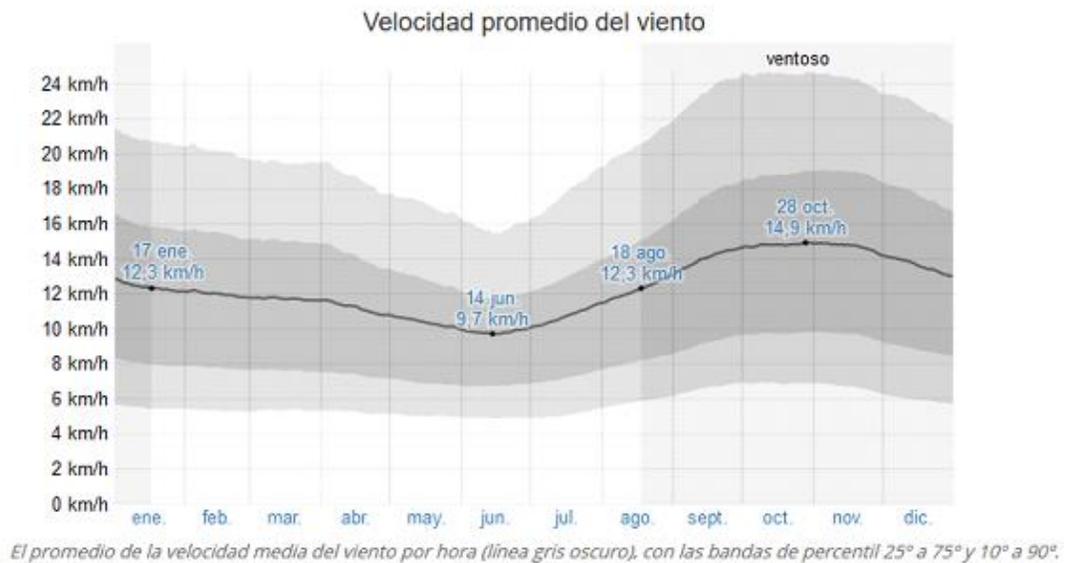
**Figura 2.11.** Comparación de precipitaciones anuales por trienios (INTA Termas de Río Hondo – Serie 1916-2004).

## VIENTO

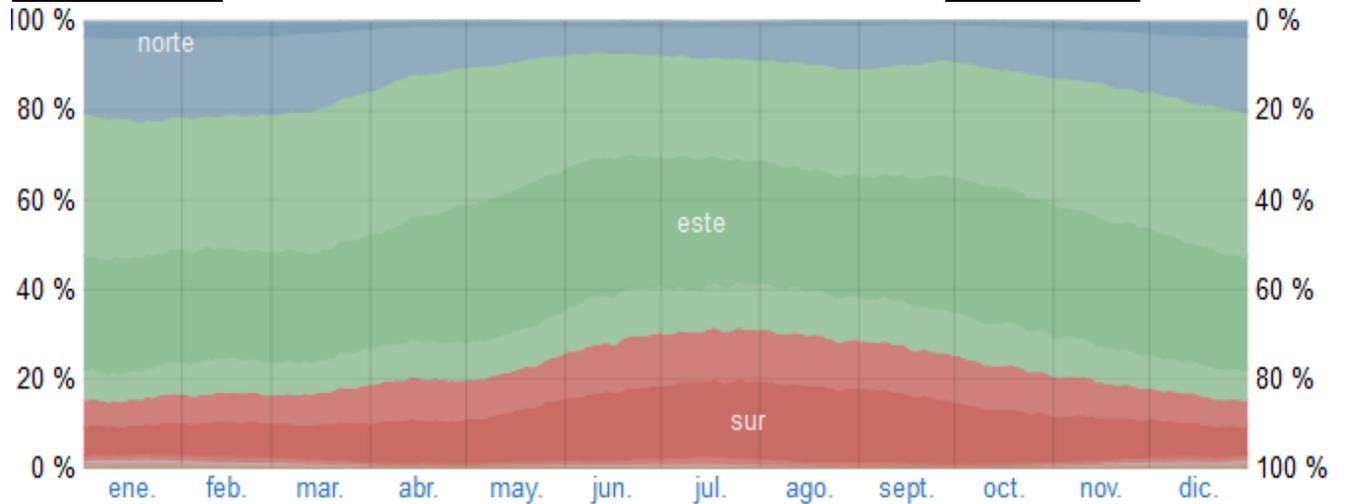
El régimen de vientos del área está influenciado tanto por los movimientos de los anticiclones del Atlántico y del Pacífico, así como por la existencia de sistemas béricos continentales y la orografía.

Durante el período estival dominan los vientos cálidos y húmedos producto del anticiclón del Atlántico. La dirección de los mismos depende de la localización de los centros de baja presión en el Noroeste del país, pero mantienen una circulación coincidente a las agujas del reloj. En la época invernal, los vientos fríos y secos provienen de un anticiclón continental ubicado en el centro-norte del país o de una cuña anticiclónica o dorsal del pacífico, en ambos casos manteniendo una circulación contraria a las agujas del reloj.

El viento de superficie, si bien es de tipo suave a moderado, tiene variaciones estacionales considerables a lo largo del año (Figura 2.12. y 2.13.). La época más ventosa dura aproximadamente cinco meses y se ubica entre mediados de agosto y mediados de enero, con velocidades promedio de 12,3 km por hora. Los vientos son cálidos y húmedos, producto del Anticiclón del Atlántico. El resto del año, entre mediados de enero y mediados de agosto las condiciones predominantes son de calma, la dirección predominante del viento es el Este.



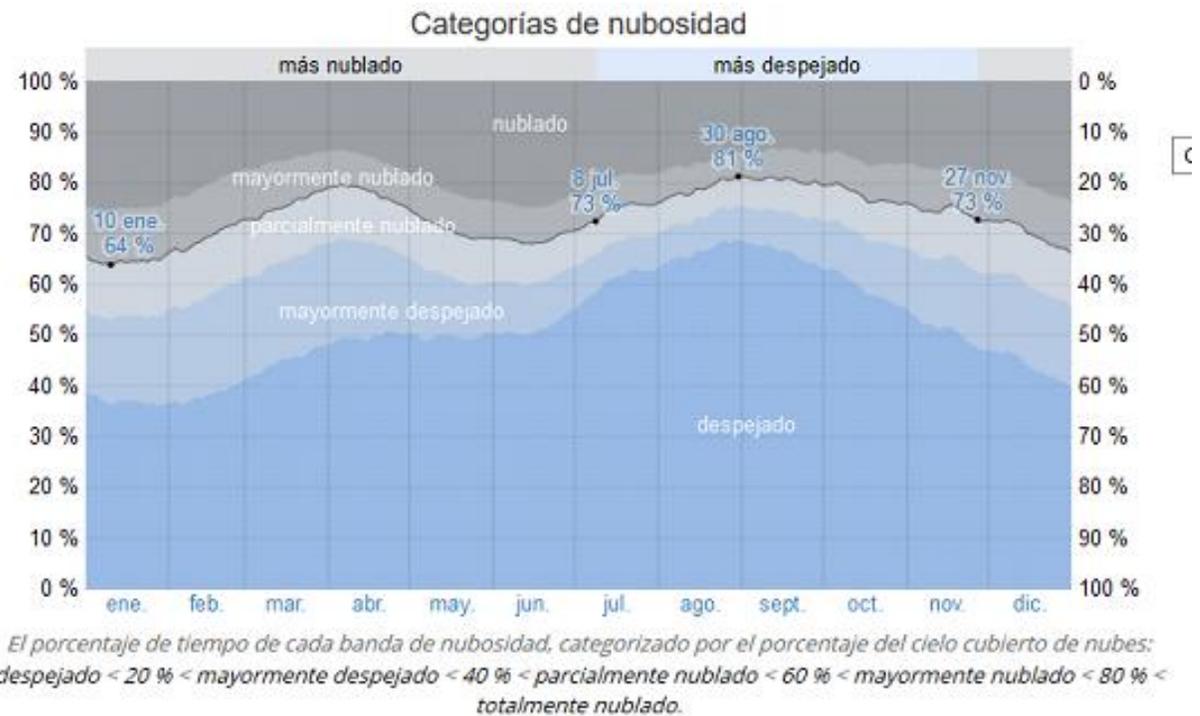
**Figura 2.12.** Velocidad del viento a lo largo del año. (<https://es.weatherspark.com/y/28161>).



**Figura 2.13.** Dirección del viento (Norte, Sur, Este y Oeste) cuando supera los 2 km/hora, a lo largo del año. (<https://es.weatherspark.com/y/28161>).

**NUBOSIDAD**

La nubosidad presenta pocas variaciones a lo largo del año en Las Termas de Río Hondo. Entre comienzos de julio y fines de noviembre el cielo se encuentra mayormente despejado, mientras que desde fines de noviembre a comienzos de julio la nubosidad se incrementa junto con las precipitaciones (Figura 2.14.).

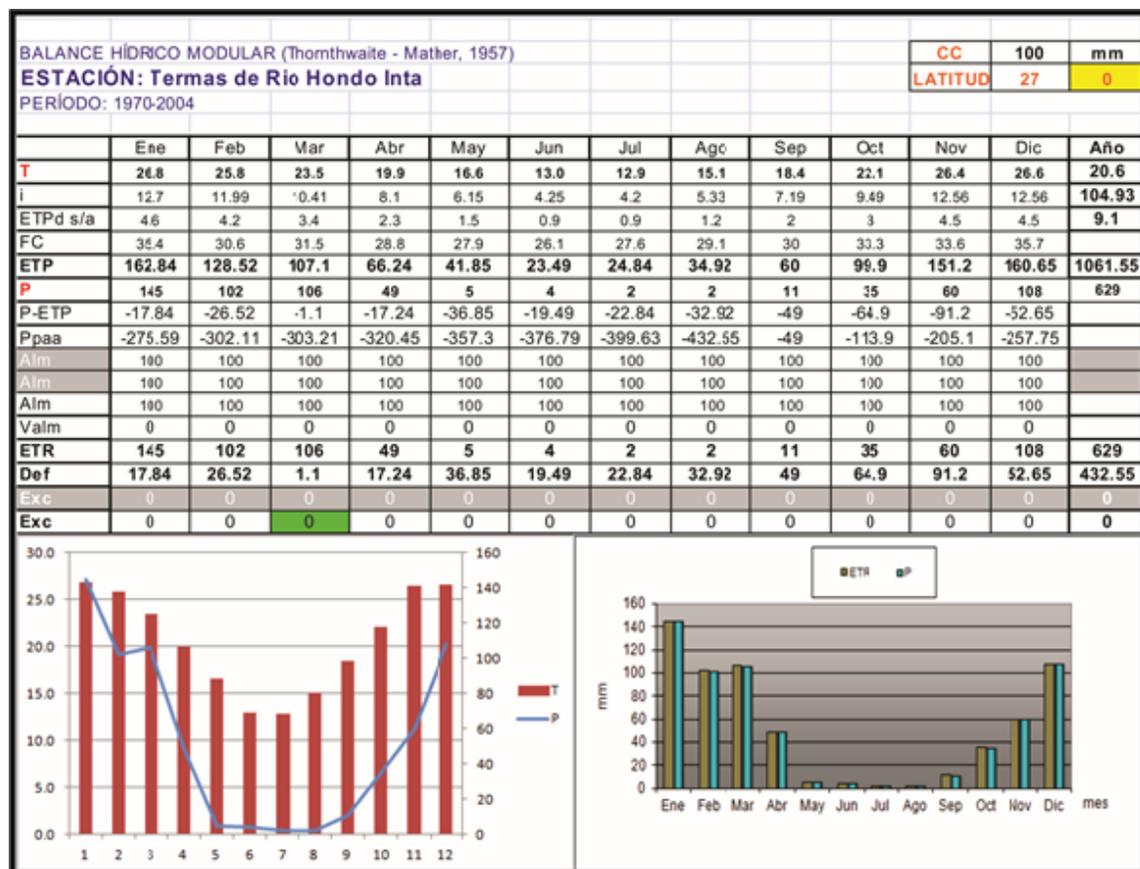


**Figura 2.14.** Variación de la nubosidad a lo largo del año (<https://es.weatherspark.com/y/28161>).

### BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico para la localidad de Las Termas de Río Hondo fue realizado a partir de datos del INTA para la serie temporal 1970-2004 (Tabla 2.2.). Se observa que las condiciones de déficit hídrico a nivel del suelo se mantienen durante todo el año. Consecuencia de la escasez de precipitaciones y las temperaturas elevadas, este régimen de humedad es característico de zonas semiáridas, en donde el suelo se encuentra seco por lo menos 90 días acumulativos al año, pero adquiere suficiente humedad durante el verano como para permitir el crecimiento de plantas.

Existen diferencias significativas para otros sectores de la cuenca de aporte, particularmente en el sector tucumano sobre las cabeceras de la misma. En la Figura 2.15. se muestra el balance hídrico de la Estación 410-Los Sosa, donde las precipitaciones son mayores y las temperaturas más bajas, se presentan condiciones positivas con déficit solo durante los meses de invierno y capacidad de almacenamiento por parte de los suelos durante todo el año.



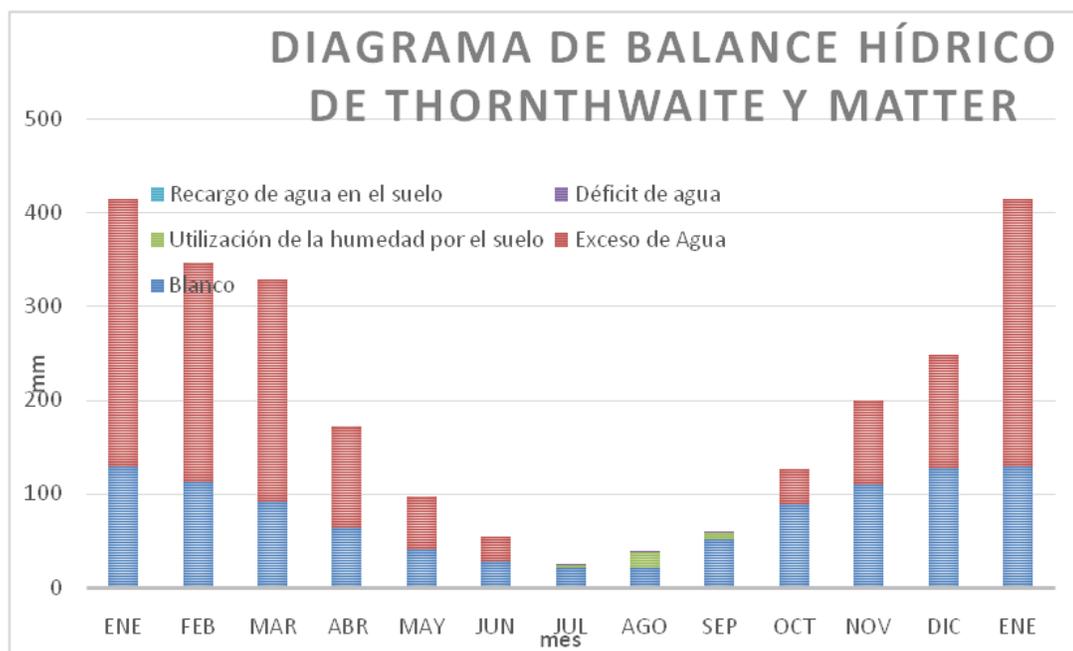
**Tabla 2.2.** Balance hídrico para la estación Termas de Río Hondo.

Otras estaciones del Este de la cuenca presentan condiciones similares, en los balances hídricos que se muestran a continuación (Figuras 2.15. a 2.17. y Tablas 2.3. a 2.5.) se puede comprobar que el área de aporte de la cuenca se ubica en el sector tucumano sobre las zonas altas que presentan excesos hídricos capaces de suministrar agua al sistema.

*Estación 410-Los Sosa, 619 m s.n.m. (27°6' 3,4"S/65° 38'10"O)*

TABLA DE BALANCE HIDRICO (Thornthwaite y Matter)											
410; Alt.: 619m; Lat.: 27°6'3,4"º											
Mes	T	P	ETP	P - ETP	ppa	ST	ΔST	ETR	Dh	S	%S(P)
Enero	24,33	414,08	128,46	285,62	0,00	150,00	0,00	128,46	0,00	285,62	44,78
Febrero	23,07	346,27	111,45	234,82	0,00	150,00	0,00	111,45	0,00	234,82	60,68
Marzo	21,49	327,83	91,36	236,47	0,00	150,00	0,00	91,36	0,00	236,47	68,11
Abril	18,42	171,64	63,26	108,37	0,00	150,00	0,00	63,26	0,00	108,37	96,62
Mayo	15,00	96,80	39,34	57,47	0,00	150,00	0,00	39,34	0,00	57,47	100,00
Junio	12,63	52,99	26,97	26,02	0,00	150,00	0,00	26,97	0,00	26,02	100,00
Julio	11,75	19,68	23,88	-4,20	-4,20	146,00	-4,00	23,68	-0,20	0,00	100,00
Agosto	14,41	20,48	37,93	-17,45	-21,65	129,00	-17,00	37,48	-0,45	0,00	84,01
Septiembre	17,51	50,38	58,90	-8,52	-30,17	122,00	-7,00	57,38	-1,52	0,00	17,08
Octubre	20,78	125,62	87,94	37,68	0,00	150,00	28,00	87,94	0,00	9,68	7,28
Noviembre	22,53	199,33	109,22	90,11	0,00	150,00	0,00	109,22	0,00	90,11	24,90
Diciembre	24,03	247,25	126,44	120,81	0,00	150,00	0,00	126,44	0,00	120,81	34,47
<b>TOTAL</b>	<b>18,83</b>	<b>2072,34</b>	<b>905,16</b>	<b>1167,19</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>902,99</b>	<b>-2,17</b>	<b>1169,36</b>	<b>61,49</b>

**Tabla 2.3.** Balance hídrico para la estación Los Sosa.

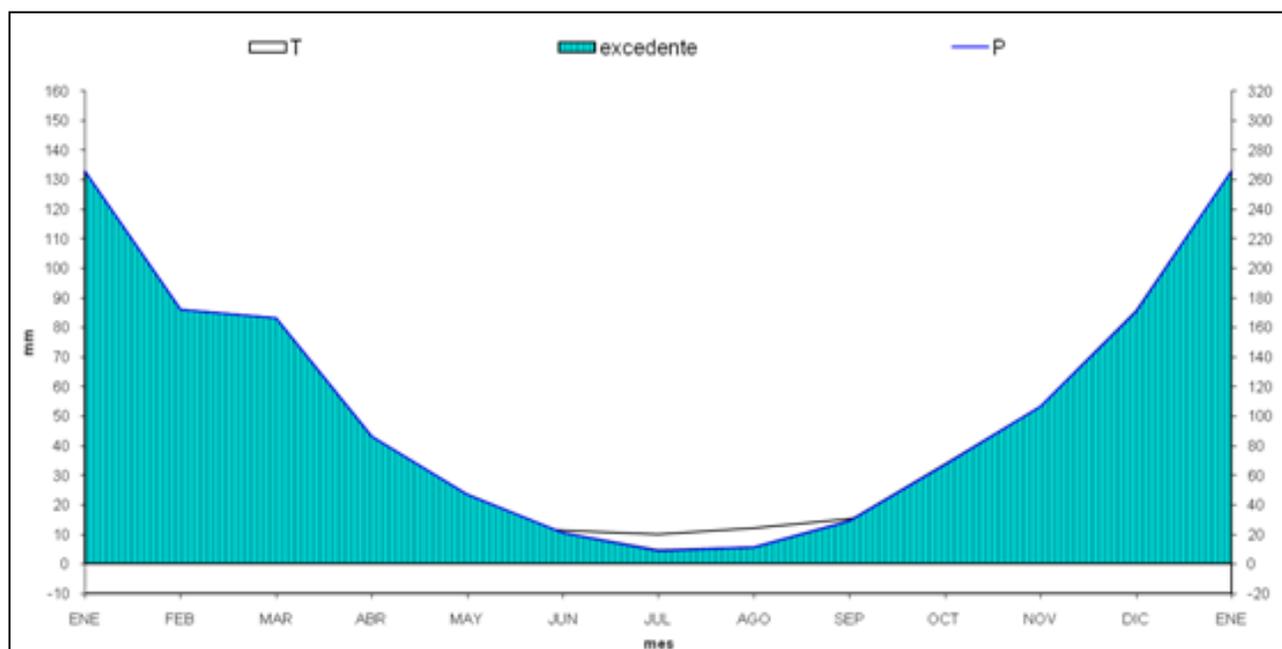


**Figura 2.15.** Balance hídrico para la estación 410-Los Sosa.

*Estación 411-Lules, Potrero de las Tablas, 688 m s.n.m. (26°51'28"S/65°25'34"O)*

TABLA DE BALANCE HIDRICO (Thorntwaite y Matter)											
411; Alt.: 688 msnmm; Lat.: 26°51'28"S°											
Mes	T	P	ETP	P - ETP	ppa	ST	ΔST	ETR	Dh	S	%S(P)
Enero	23,78	265,78	124,63	141,16	0,00	150,00	4,65	124,63	0,00	136,51	25,72
Febrero	22,53	172,04	108,71	63,34	0,00	150,00	0,00	108,71	0,00	63,34	38,27
Marzo	21,00	166,26	90,20	76,06	0,00	150,00	0,00	90,20	0,00	76,06	42,68
Abril	17,93	86,17	63,35	22,81	0,00	150,00	0,00	63,35	0,00	22,81	54,41
Mayo	14,01	47,00	37,64	9,36	0,00	150,00	0,00	37,64	0,00	9,36	59,84
Junio	11,38	20,86	24,77	-3,90	-3,90	146,00	-4,00	24,77	0,00	0,00	67,39
Julio	10,07	9,07	20,20	-11,14	-15,04	135,00	-11,00	20,07	-0,14	0,00	77,53
Agosto	12,17	11,12	30,29	-19,17	-34,21	119,00	-16,00	27,12	-3,17	0,00	31,62
Septiembre	15,28	29,04	48,61	-19,57	-53,77	104,00	-15,00	44,04	-4,57	0,00	6,05
Octubre	19,31	67,31	79,43	-12,12	-65,90	96,00	-8,00	75,31	-4,12	0,00	1,31
Noviembre	21,85	106,40	105,58	0,82	0,00	96,82	0,82	105,58	0,00	0,00	0,41
Diciembre	23,45	170,96	122,44	48,53	0,00	145,35	48,53	122,44	0,00	0,00	0,13
<b>TOTAL</b>	<b>17,73</b>	<b>1152,02</b>	<b>855,85</b>	<b>296,18</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>843,85</b>	<b>-11,99</b>	<b>308,07</b>	<b>33,78</b>

**Tabla 2.4.** Balance hídrico para la estación Lules.

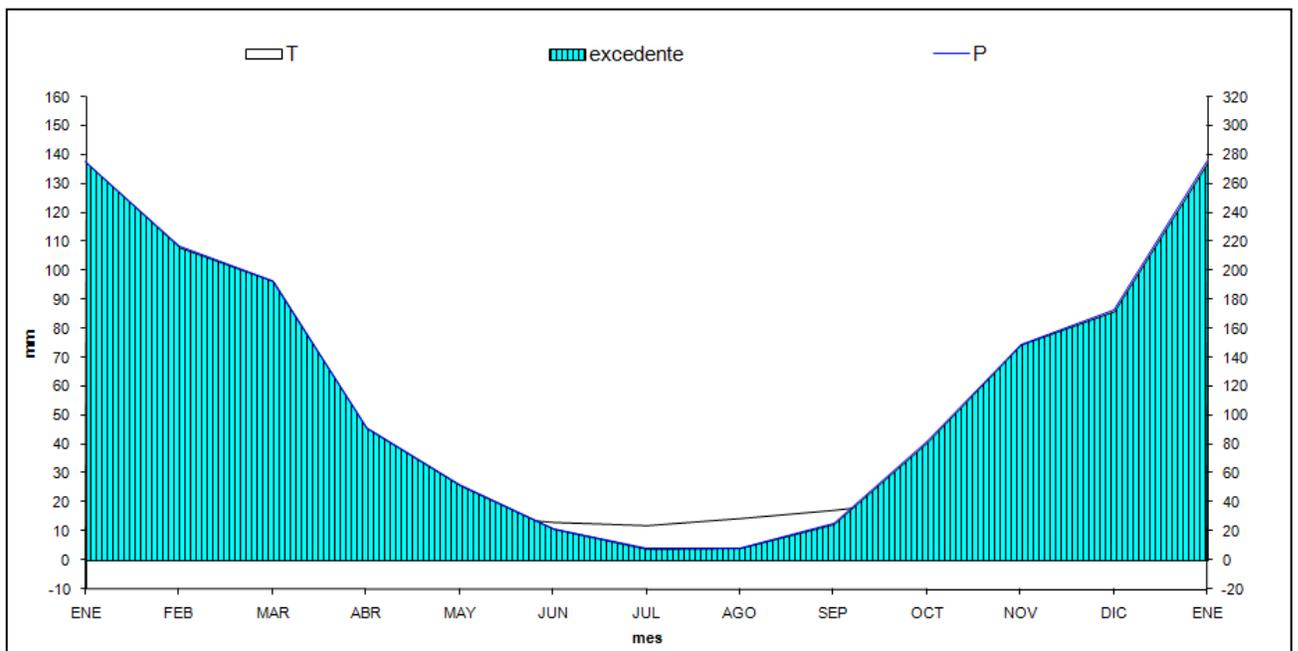


**Figura 2.16.** Balance hídrico para la estación 411-Lules.

*Estación 444-Famailá, 373 m s.n.m. (27°3' 0"S/65°25'12" O)*

TABLA DE BALANCE HIDRICO (Thorntwaite y Matter)											
NH0444; Alt.: 373m; Lat.: 27°3'0"O											
Mes	T	P	ETP	P - ETP	ppa	ST	ΔST	ETR	Dh	S	%S(P)
Enero	25,37	275,44	139,13	136,31	0,00	125,00	0,00	139,13	0,00	136,31	25,89
Febrero	24,35	216,68	123,05	93,63	0,00	125,00	0,00	123,05	0,00	93,63	38,06
Marzo	22,81	193,42	101,27	92,15	0,00	125,00	0,00	101,27	0,00	92,15	45,14
Abril	19,66	91,71	69,65	22,06	0,00	125,00	0,00	69,65	0,00	22,06	59,63
Mayo	15,99	51,94	42,21	9,73	0,00	125,00	0,00	42,21	0,00	9,73	62,00
Junio	13,28	21,89	27,56	-5,67	-5,67	119,00	-6,00	27,56	0,00	0,00	73,56
Julio	12,19	7,97	23,52	-15,55	-21,23	105,00	-14,00	21,97	-1,55	0,00	100,00
Agosto	14,64	8,59	36,57	-27,98	-49,21	83,00	-22,00	30,59	-5,98	0,00	46,86
Septiembre	17,47	25,22	55,94	-30,72	-79,92	65,00	-18,00	43,22	-12,72	0,00	7,98
Octubre	21,10	81,86	88,39	-6,53	-86,45	62,00	-3,00	84,86	-3,53	0,00	1,23
Noviembre	23,15	149,40	113,62	35,78	0,00	97,78	35,78	113,62	0,00	0,00	0,34
Diciembre	24,75	172,52	133,20	39,32	0,00	125,00	27,22	133,20	0,00	12,10	3,65
<b>TOTAL</b>	<b>19,56</b>	<b>1296,64</b>	<b>954,11</b>	<b>342,53</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>930,33</b>	<b>-23,78</b>	<b>365,98</b>	<b>38,70</b>

**Tabla 2.5.** Balance hídrico para la estación Faimallá.



**Figura 2.17.** Balance hídrico para la estación 444-Faimallá.



### 3 LITOLOGÍA

El principal objetivo del presente capítulo es presentar la información litológica del área de estudio de manera sencilla y clara, definiéndose las principales “*Unidades Litológicas*” en función de la naturaleza, la cronoestratigrafía, la distribución y la agrupación de los materiales geológicos aflorantes en dicha zona. El mapa final de “*Litología*” es la síntesis y representación espacial de estos aspectos.

La información geológica de base fue obtenida de la *Hoja Geológica 2766-IV “Concepción”* (Dal Molin *et. al.*, 2003) y representada a escala 1:50.000. Se complementó esta información de base con el análisis del resto de documentación bibliográfica existente (véase apartado *Fuentes Consultadas*), el análisis e interpretación de imágenes satelitales del área de estudio, siendo imágenes SPOT 6 del 01/05/2016 con una combinación de bandas 3-4-2 y tamaño de pixel de 1,5 metros y LANDSAT 8 del 22/09/2016 con una combinación de bandas 7-5-3 y tamaño de pixel de 30 metros. Asimismo, se realizó el control de campo de las unidades reconocidas en dos campañas realizadas en los meses de agosto y noviembre de 2017.

Las distintas unidades litológicas identificadas en la zona se encuadran en dos grandes unidades principales de clasificación: las Unidades Sedimentarias y los Depósitos Superficiales (Tabla 3.1.). En la primera se incluyen el conjunto de rocas, más o menos consolidadas, depositadas durante el Plioceno, y en la segunda aquellos depósitos recientes, poco o nada coherentes, de extensiones y espesores variables, depositados desde el Holoceno inferior hasta la actualidad y recubriendo casi por completo los materiales Pliocenos.

ERA	EDAD		UNIDAD PRINCIPAL	UNIDAD LITOLÓGICA CARTOGRÁFICA	LITOLOGÍA
	Período	Época			
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Superficiales	Depósitos fluviales	Gravas y arenas.
				Depósitos eólicos	Limos.
	Neógeno	Plioceno	Unidades Sedimentarias	Sedimentitas continentales	Conglomerados, limolitas arcillosas y tobas.

**Tabla 3.1.** *Unidades Litológicas.*

### 3.1 Unidades Litológicas

#### 3.1.1 Unidades Sedimentarias

##### 3.1.1.1 Sedimentitas continentales Conglomerados, limolitas arcillosas y tobas

Se incluyen en esta unidad los únicos materiales consolidados que afloran en la zona de estudio y cuyos afloramientos se extienden de forma lineal a lo largo de ambos márgenes del *Río Dulce*, donde la erosión fluvial expone no más de 10 metros de la sección superior. Otros afloramientos se observan también de forma puntual en las barrancas de algunos de los cursos de agua tributarios al mismo, expuestos por el carcavamiento. Al Norte y al Sur de la zona de estudio, coincidiendo con la manifestación de relieves ligeramente ondulados, estos materiales se encuentran cubiertos por depósitos eólicos con potencias de poca magnitud y variables. Este aspecto queda reflejado en el mapa final de "*Litología*", diferenciándose estas sedimentitas continentales cubiertas por reducidos espesores de materiales eólicos con respecto al resto de las sedimentitas continentales aflorantes en el resto del área de estudio.

Los mismos pertenecen a la *Formación Las Cañas* (Battaglia, 1982) y son descritos en los alrededores de la localidad homónima como un perfil que comienza con 3 metros de conglomerados poco consolidados, con clastos de rodados del basamento cristalino, seguidos por limolitas color pardo rojizo, que intercalan finas capas de arena y grava compuesta por rodados de hasta 5 centímetros. Estas facies tienen aproximadamente 15 metros de espesor. La secuencia remata con un nivel de 1,5 metros de cenizas volcánicas vítreas que contiene pequeños cristales de mica negra (Battaglia, 1982).

En proximidades del límite oriental del área de estudio, sobre la margen izquierda del río Dulce, esta sucesión sedimentaria fue reconocida como alternancias de capas centimétricas y decimétricas de limolitas y limolitas arcillosas rojizas y pardo rojizas bastante consolidadas, intercaladas con bancos de arcillitas oscuras consolidadas, ocasionales capas delgadas de arcillitas limosas verdes poco consolidadas y bancos decimétricos de areniscas grisáceas de tamaño de grano de fino a medio, más o menos compactas.



**Figura 3.1.** Intercalaciones de limolitas rojizas y arcillitas limosas verdes.

En inmediaciones a la planta de tratamiento cloacal de la localidad de Las Termas de Río Hondo, también sobre la margen izquierda del río Dulce, esta sucesión sedimentaria fue reconocida como intercalaciones de bancos estratificados decimétricos de areniscas tobáceas grisáceas blanquecinas, de tamaño de grano de fino a medio, friables y disgregadas en bloques centimétricos en los bancos superiores y moderadamente duras, competentes y continuas en los bancos inferiores, y capas mayormente centimétricas de arcillitas rojizas y pardo rojizas poco consolidadas y de limolitas verdes poco consolidadas.



**Figura 3.2.** Areniscas tobáceas blanquecinas intercaladas en capas de arcillitas rojizas.

En algunas de las barrancas de los cursos de agua tributarios al río Dulce por su margen izquierda se puede identificar de forma ocasional el banco de toba blanca característica

del tramo superior de esta secuencia de materiales. Su consistencia es de roca muy blanda y deleznable, pudiéndose reconocer además cristales milimétricos de mica negra en su composición.



**Figura 3.3.** Banco de toba blanca deleznable. Espesor: 60 cm.

Battaglia (1982), en base a su relación estratigráfica con respecto a la unidad inferior y al banco de cenizas volcánicas en la que culmina, asignó a estos materiales una edad Pliocena media.

### **3.1.2 Depósitos Superficiales**

#### **3.1.2.1 Depósitos eólicos**

##### **Limos**

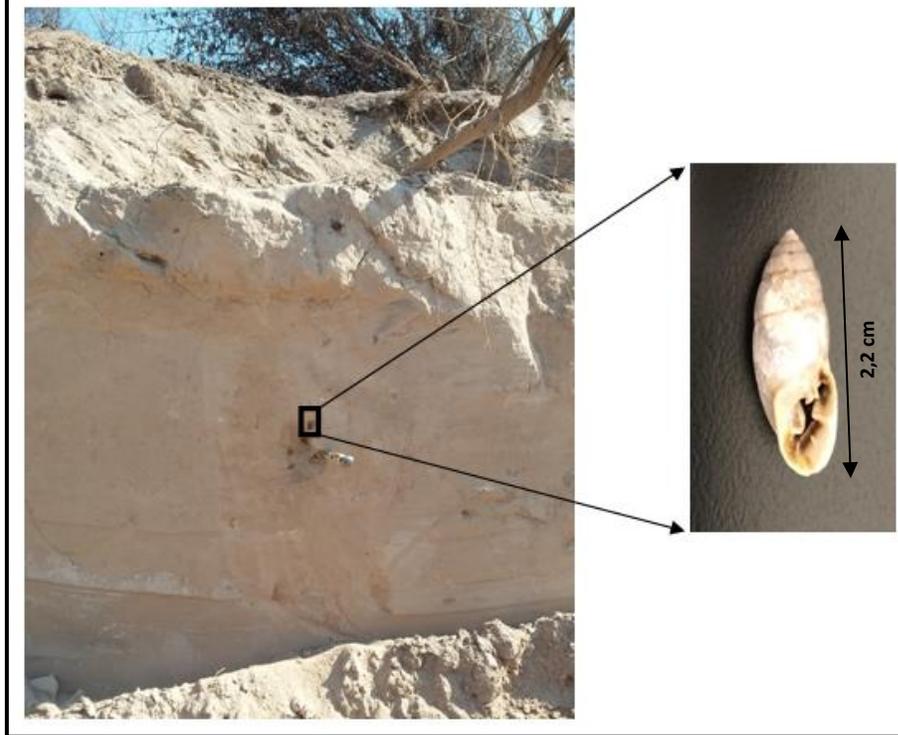
Se incluyen en esta unidad los depósitos limosos de origen eólico, conocidos como *loess* en la literatura geológica, que recubren casi por completo las sedimentitas continentales y la mayor parte del área de estudio. Recubren inclusive gran parte de los depósitos fluviales, en este caso se los ha despreciado en el mapeo. Sus potencias son muy variables, desde varios metros en las zonas centrales del área de estudio, hasta espesores decimétricos, al Norte y al Sur, coincidiendo con la poca profundidad a la que se encuentran las sedimentitas continentales y la manifestación de su relieve ligeramente ondulado.



**Figura 3.4.** Depósitos eólicos limitados en profundidad por sedimentitas continentales.

A grandes rasgos, la composición de estos depósitos varía de limos con arena a limos areno-arcillosos, la fracción arena siempre con tamaños de grano que varían de muy fino a fino. Son depósitos de colores grises, ocres y pardos claros, de estructuras masivas, generalmente de aspectos secos y pulverulentos a escasamente húmedos, de muy flojos y sueltos a medianamente firmes y localmente con contenidos en carbonatos en forma de concreciones centimétricas o cristales milimétricos, así como también microcristales de yeso en cantidades variables. En las planicies aluviales del río Dulce se pueden observar limos levemente arcillosos con abundante materia orgánica e impregnación de óxidos de hierro. La fracción arcilla en estos depósitos también cobra importancia, pudiendo incluso dominar, en la zona próxima y circundante al *Embalse Río Hondo* y en el centro-septentrional del área de estudio, englobando parte del cuadrante Norte del ejido urbano, como consecuencia de la alteración *in-situ* de estos depósitos marcada por la presencia de niveles freáticos superficiales. En este último caso el grado de humedad y la compacidad de estos depósitos más arcillosos son superiores.

A lo largo de toda el área de estudio se observan evidencias de variados grados de retrabajo por retransporte o alteración *in-situ* posterior a su depositación eólica, encontrándose material paleontológico reciente (clase: Gastropoda, género: Plagiodontes, Especie: a determinar).



**Figura 3.5.** Material paleontológico contenido en el loess reabajado.

Markgraf y Bradbury (1982) consideran que esta sedimentación eólica se produjo entre 6.000 y 4.000 años, por lo que se consideran a estos materiales como de edad Holocena.

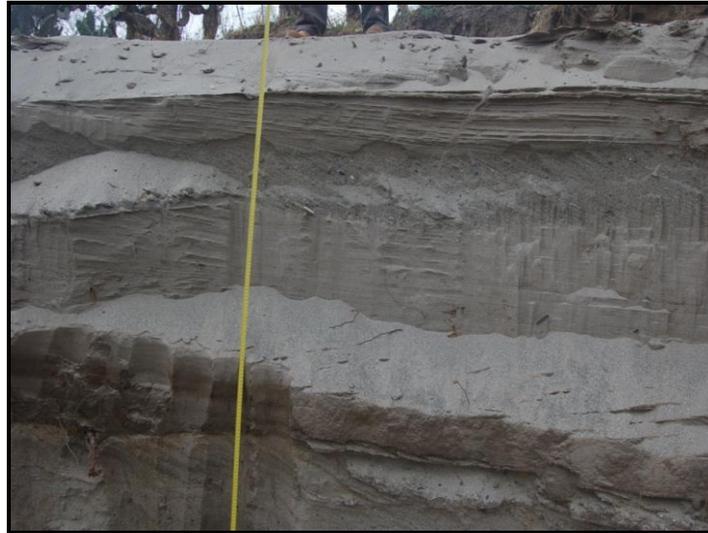
### 3.1.2.2 Depósitos fluviales Gravas y arenas

Se incluyen en esta unidad los depósitos recientes de origen fluvial asociados a la planicie de inundación, barras y terrazas del río Dulce.

En conjunto estos depósitos están constituidos por sedimentos que fueron transportados y depositados por el río Dulce, que atraviesa el área de estudio de Sudoeste a Noreste. Se componen fundamentalmente de capas de gravas y arenas intercaladas, siendo los clastos principalmente de composición metamórfica, granítica y algunos de sedimentitas neógenas.

En inmediaciones a la planta de tratamiento cloacal de la localidad de Las Termas de Río Hondo, sobre la misma margen izquierda del río Dulce, estos depósitos fueron reconocidos en una antigua zona de extracción de áridos como capas alternantes de arenas sueltas blancas grisáceas con diferentes granulometrías. El tamaño de grano varía de muy fino a muy grueso, en general con selección granodecreciente a lo largo de la sección. En las capas de granulometrías inferiores aparecen intercalaciones milimétricas

de material arcilloso de color pardo oscuro y pardo rojizo y en las capas de granulometrías superiores aparecen de forma dispersa, en la base, clastos redondeados y subredondeados milimétricos y hasta diámetros de 1-2 cm. En conjunto, toda la sección posee marcada estratificación laminar horizontal, cruzada y en artesa.



**Figura 3.6.** Marcada estratificación laminar en depósitos fluviales.

En proximidades del límite oriental del área de estudio, también sobre la margen izquierda del río Dulce, fueron reconocidos depósitos de barra constituidos por arenas sueltas blancas grisáceas, de tamaño de grano de grueso a muy grueso, hasta predominar la facción grava fina. El tamaño de los clastos en la base de la sección varía desde los 0,5 cm hasta los 2,0 cm de diámetro y se disponen en clara secuencia granodecreciente, al igual que todo el conjunto de la sección. Sus formas corresponden de redondeadas a subredondeadas cuando se refieren a composiciones cuarcíticas y graníticas, y de aplanados a subaplanados en clastos de composiciones pizarrosas. En conjunto, toda la sección se caracteriza por estratificaciones groseras del material.



**Figura 3.7.** *Grosera estratificación en depósitos de barra.*

Al Norte de esta última ubicación se reconocen dos antiguos niveles de terrazas del río Dulce. Los depósitos del nivel aterrazado superior fueron reconocidos como arenas sueltas pardas rojizas, de tamaño de grano de muy fino a fino, con selección granodecreciente y disposición o estructura masiva.



**Figura 3.8.** *Depósitos masivos de terraza con cobertera superficial loésica.*

Todos estos depósitos están asociados a la actual red de drenaje, por lo que se los considera de edad Holocena superior.

## **4 GEOMORFOLOGÍA**

En este capítulo se describen las unidades geomorfológicas desde el punto de vista de las formas del relieve y el origen del paisaje, teniendo ellos una relevante importancia en el Ordenamiento Territorial de una zona.

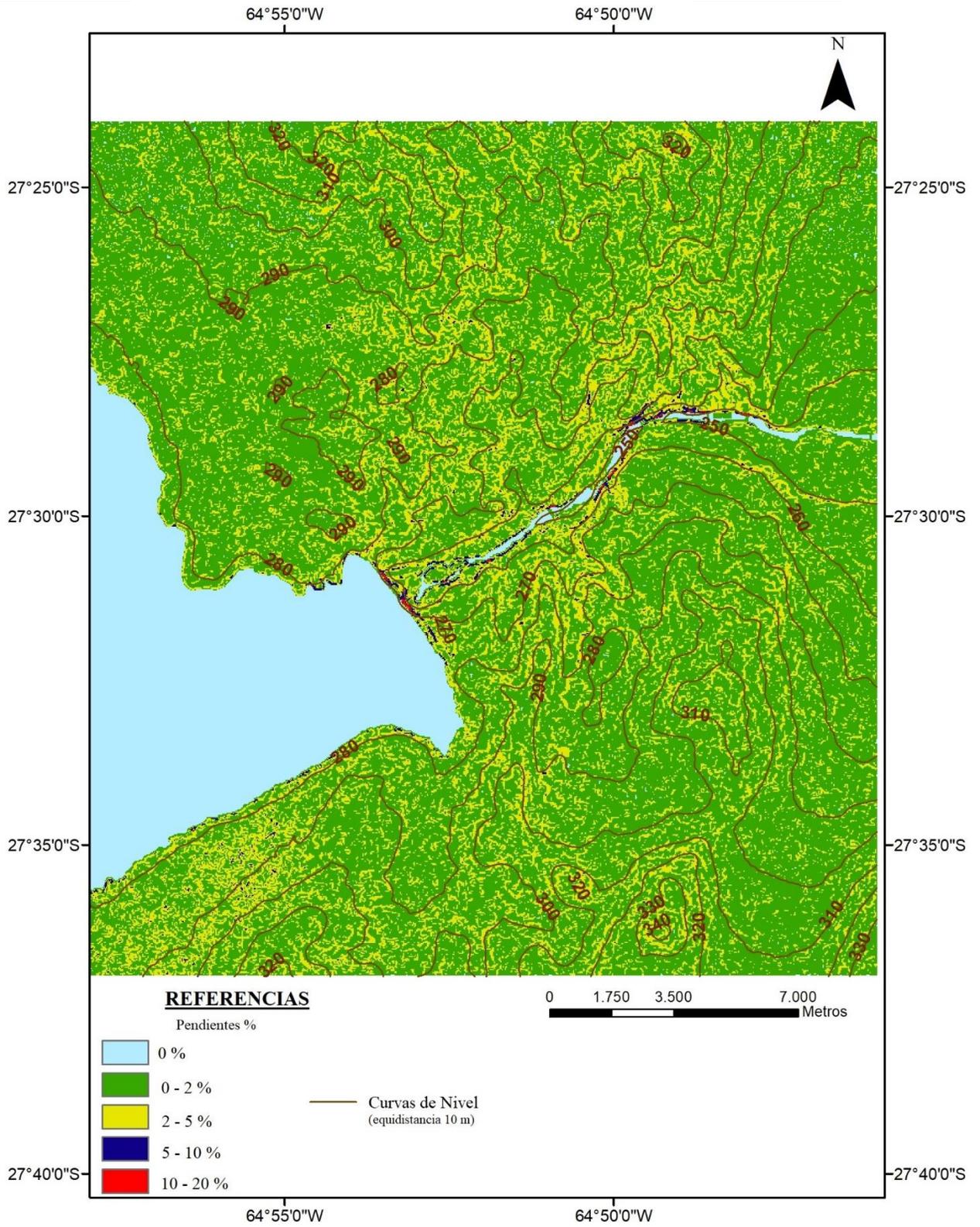
El presente capítulo geomorfológico fue elaborado con información de base descripta en la Hoja Geológica 2766-IV “Concepción” (Dal Molin *et. al.*, 2003), la documentación bibliográfica existente e información propia obtenida mediante el análisis de imágenes satelitales (SPOT 6 del 01/05/2016 con una combinación de bandas 3-4-2 y tamaño de pixel de 1,5 metros y LANDSAT 8 del 22/09/2016 con una combinación de bandas 7-5-3 y tamaño de pixel de 30 metros) y fotointerpretación a escala 1:50.000 con posterior control de campo de las unidades reconocidas en el mes de noviembre de 2017.

Los principales procesos labradores del paisaje que se distinguen en la zona son resultado de procesos exógenos. En general se trata de un paisaje compuesto, que se formó por procesos endógenos generadores de relieve y posteriormente modelado por la acción fluvial y eólica actual. Debido a esto las unidades geomorfológicas encontradas se agrupan dentro de la unidad morfoestructural denominada Llanura Chaco-pampeana.

### **4.1 Características Generales del Paisaje**

El área de estudio presenta un paisaje de suaves lomadas acompañada en gran proporción por un relieve mesetiforme.

El desnivel topográfico es escaso, ya que las cotas oscilan entre 345 y 245 m s.n.m., registrándose la región más alta en el sector Sur de la zona, en las estribaciones septentrionales de la Sa. de Guasayán y la zona topográficamente más baja se localiza en el centro del área en la planicie aluvial del río Dulce, descendiendo el nivel de Oeste a Este. La altura media el área de estudio es de aproximadamente 285 m s.n.m., con una pendiente media inferior al 2%. Las pendientes moderadas a altas, mayores de 6% llegando al 20% se ubican en las escarpas abruptas del río Dulce, aunque en el resto del área predominan pendientes bajas a muy bajas, registrándose pendientes de 0,5% e inferiores en varios sectores bajos de la zona (Figura 4.1.).



**Figura 4.1.** Mapa de pendientes de la zona de estudio.

## 4.2 Ambientes Geomorfológicos

En la siguiente tabla (Tabla 4.1) se presentan las unidades geomórficas reconocidas en cada una de los grandes ambientes morfoestructurales:

Ambientes Geomorfológicos	Unidades Geomorfológicas	Geoformas	Principales Procesos Actuantes
Llanura	Planicie Aluvial	Planicie de inundación	Erosión-sedimentación fluvial
		Barras fluviales	
		Terrazas fluviales	
		Vías de Avenamiento	
	Planicie eólica con control estructural	Planicie loésica	Erosión-sedimentación eólica
		Alto estructural	Anegamiento, salinización
	Bajos salinos		
Pedemonte (Sa. de Guasayán)	Relieve ondulado	Lomadas en sedimentitas continentales	Erosión hídrica
Lacustre	Depresión lagunar	Perilago	Erosión-sedimentación fluvial

**Tabla 4.1.** Unidades Geomorfológicas.

### 4.2.1 Ambiente de Llanura

Este ambiente de origen compuesto, en donde actuaron procesos de erosión y depositación fluvial y eólica, está conformado por la planicie aluvial que se desarrolla en el centro del área en el río Dulce y sus afluentes; bajos salinos ubicados inmediatamente al Norte de la localidad de Las Termas de Río Hondo, el alto estructural localizado al Norte del área de estudio y la planicie loésica emplazada hacia el tercio superior y en la zona SE del área.

En su mayor extensión esta unidad posee pendientes con muy bajo gradiente general, siempre menor al 1% y en sectores cercano al 0,5 % descendiendo de Oeste a Este, presentando escasa diferencia con la planicie aluvial deprimida en la que confluyen los cursos fluviales provenientes de la región montañosa del Oeste (fuera del área de estudio). En escasos sectores, en las barrancas del Río Dulce se presentan saltos bruscos de la pendiente transversal, ocasionando pendientes moderadas a altas de entre 7% y 20%, siendo estas las mayores de la zona.

#### 4.2.1.1 Planicie Aluvial

En esta unidad predominan los procesos de erosión y sedimentación fluvial e incluye los depósitos aluviales de la planicie de inundación permanente del río Dulce, barras longitudinales y marginales, terrazas, vías de avenamiento secundario y la planicie deprimida.

El río Dulce principal curso del área de estudio, discurre de Suroeste a Noreste desde el embalse Río Hondo hasta las coordenadas Lat. 27°28'46,67"S y Long. 64°49'53,27"O (en las inmediaciones de la Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales) luego toma rumbo Oeste-Este hasta salir de la zona de análisis; este cambio puede deberse presumiblemente al control estructural ejercido por la falla de Guasayán. La llanura de inundación posee anchos variables entre 500 a 1400 metros, en la zona presenta características incipientes de un río entrelazado con baja sinuosidad con barras longitudinales y marginales, aunque aguas abajo, ya fuera del área de estudio se comporta como un río anastomosado.

Las barras longitudinales se formaron debido a la pérdida de competencia en el transporte en la parte media del canal orientándose con el eje principal paralelo a la dirección de la corriente, alcanzando una longitud máxima de 1.100 m. Las barras marginales se desarrollan en áreas de energía relativamente baja a lo largo de las márgenes laterales de la corriente principal, creciendo hacia la parte interior del canal, poseyendo la mayor encontrada en el área 1.600 m de largo por 370 m de ancho.



**Figura 4.2.** Barra longitudinal vegetada en el Río Dulce.

En las márgenes del principal cauce del área, el río Dulce, se desarrollan dos niveles de terrazas aluviales, siendo las mismas superficies que corresponden a antiguos lechos abandonados a causa del encajonamiento de la red fluvial presumiblemente por actividad tectónica de la región. Se localizan desde las inmediaciones de la Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales

hacia aguas abajo saliendo de la zona de estudio. Son terrazas asimétricas, ya que se presenta un nivel superior más antiguo, y un nivel de terraza inferior reciente; el perfil transversal denota dos niveles sobre su margen derecha, mientras que de la margen izquierda solo un nivel, lo que evidencia que la migración lateral del canal fluvial es más rápida que la incisión vertical. La escarpa de la terraza inferior tiene una altura aproximada de 1 metros mientras que la de la terraza superior tiene aproximadamente 5 metros.



Figura 4.3. Perfil transversal al río Dulce.



Figura 4.4. Terraza Inferior del Río Dulce en la zona Este del área de estudio.

Existen escasos cauces intermitentes labrados en las lomadas y desembocan en el río Dulce, generalmente estas vías de avenamiento corresponden a antiguos cursos parcialmente colmatados y cubetas alineadas que se vuelven efectivas como red de drenaje sólo en el caso de inundaciones. Las principales vías son el Aº Chujchala de hábito sinuoso, desde la entrada a la ciudad, en las coordenadas Lat. 27°29'8,76"S y Long. 64°51'34,56"O se encuentra entubado por debajo de la Av. San Martín hasta la margen izquierda del Río Dulce. El Aº Las Tinajas se extiende de Sur a Norte y desemboca en la margen derecha del Río Dulce; también existe otro Aº sin nombre de igual rumbo al anterior y desagua en el lago del embalse, al Sur del mismo. Al NO del ejido urbano se localiza el Aº los Fierros, que junto con un afluente desembocan en la margen izquierda del río en las inmediaciones occidentales del nuevo Golf Club Termas.



**Figura 4.5.** Inicio del entubamiento del Aº Chujchala al ingresar a la ciudad.



**Figura 4.6.** Aº Las Tinajas en inmediaciones del Barrio Galeano.

La Planicie Aluvial Deprimida es una extensa superficie de escaso relieve relativo conformada por los cursos fluviales provenientes de la región montañosa del Oeste, que en la zona analizada solo se aprecia la parte distal de la misma. Está conformada por procesos de acumulación fluvial y hacia el oriente se va interdigitando con los materiales depositados por la agradación eólica. Esta planicie aluvial disectada coincide en gran parte con la denominada “Llanura Deprimida” de Zuccardi y Fadda (1972). En la zona de estudio, en los alrededores del Embalse Río Hondo al occidente del Ejido Urbano se aprecia la planicie aluvial deprimida con una suave inclinación inferior al 0,8%, cubiertos por una muy fina capa de material loésico. La misma presenta bajos

anegadizos producto del escurrimiento normal del agua pluvial o fluvial (en época de crecientes).

#### 4.2.1.2 Planicie eólica con control estructural

En el sector Norte y Este de la zona de estudio se desarrollan lomadas muy suaves con pendientes inferiores al 2%, dentro de esta Unidad Geomorfológica se desarrollan las geoformas denominadas alto estructural, siendo estas las zonas más elevadas de las lomadas, los bajos salinos que constituyen depresiones estructurales y hacia el Este y el Oeste, al pie de estas lomadas, se desarrolla la planicie loésica.

La planicie loésica se desarrolla en el sector central de la zona de estudio a ambos lados del Río Dulce, está conformada por una superficie de muy suave pendiente de menos del 1% orientada hacia el este, formada por depósitos eólicos de variable espesor, cuya génesis refleja tanto el aporte loésico desde el Sur y Suroeste durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno (Sayago, 1985), como la influencia de períodos áridos relativamente recientes, caracterizados también por una dinámica de acumulación-sedimentación eólica (Sayago *et. al.*, 1998).

Las zonas más elevadas, al Norte del área de estudio, con lomadas y ondulaciones casi paralelas, de rumbo aproximado Norte-Sur se lo reconoce como un alto estructural, denominado como "Alto de la Mujer Muerta" (Mon *et. al.*, 1990) que responden a la prolongación Norte de la falla de la Sierra de Guasayán. Este nivel se encuentra cubierto por un depósito de loess de escasa potencia.

Los bajos salinos están conformados por una planicie limo-arcillosa con abundante presencia de sales, el anegamiento de este sector se puede producir por el escurrimiento del agua de origen pluvial o por la elevación del nivel freático que en muchas zonas se localiza a menos de 1 metro de la superficie del terreno. Cuando estas aguas se ven retenidas en las zonas bajas se produce la concentración y precipitación de las sales por evapotranspiración. En el área de estudio se encuentra ubicado un bajo salino al Norte de la localidad de Las Termas de Río Hondo, con un drenaje muy restringido y una pendiente regional que ronda el 0,2% y en escasos sectores hay presencia de peladales como consecuencia de la depositación de sales solubles presumiblemente por ascenso capilar.



**Figura 4.7.** Bajo salino al Norte de la ciudad.

#### **4.2.2 Ambiente Pedemontano**

Representado en la región Sur inmediata pero fuera del área analizada por la Sa. de Guasayán, conformando un pequeño y alargado cordón de rumbo Norte-Sur de rocas cristalinas y en menor proporción volcánicas y sedimentarias.

Este relieve fue afectado por procesos tectónicos que fallaron, elevaron y bascularon las rocas del basamento cristalino y luego fue afectado por la acción erosiva fluvial que estuvo fuertemente influenciada por la estructura geológica, formando cañadones los cuales constituyen las vías de escurrimiento de la zona, de régimen temporario.

##### **4.2.2.1 Relieve ondulado**

Esta geoforma presenta un relieve suave y ondulado, relacionado con las sedimentitas continentales localizadas en la Sa. de Guasayán y sus alrededores. Está conformado por lomadas y ondulaciones subparalelas que no superan los 80 metros de altura con pendientes que rondan el 1,5%, poseen rumbo casi Norte-Sur desarrolladas en el sector austral del área de estudio. Está cubierto por distintos espesores de material de origen eólico (loess).



**Figura 4.8.** Relieve ondulado en la zona Sur del área de estudio.

### **4.2.3 Ambiente Lacustre**

El mismo ha sido conformado a expensas de la construcción de la Presa Río Hondo en 1967, por la variación en el cambio del nivel de base que generó la construcción del embalse, en los cursos fluviales y en el escurrimiento general de los terrenos adyacentes.

#### **4.2.3.1 Depresión lagunar**

La planicie lacustre o zona de perilago es un sector angosto de muy bajo relieve relativo aladoño al lago del embalse, inundable en la época de lluvias cuando aumenta el nivel del embalse o por ascenso del nivel freático. Conformar verdaderos “humedales”.



**Figura 4.9.** Zona del perilago en los alrededores del embalse Río Hondo.



## **5 SUELOS**

El presente capítulo constituye el informe técnico final sobre los trabajos efectuados en la localidad de Las Termas de Río Hondo y sectores aledaños, con el objetivo de clasificar y describir los distintos tipos de suelos presentes en la región. El mismo fue dividido en dos partes principales: En la primera parte se describen las características ambientales del área con el fin de brindar una idea general de los factores de formación que actúan en la génesis de los suelos de la región. En la segunda parte se hace hincapié en la descripción y clasificación de los principales tipos de suelos que se observaron en las diferentes geoformas previamente definidas. Toda esta información permitió la elaboración de mapas de unidades taxonómicas.

El estudio de suelos fue realizado a escala 1:50.000 en donde los sectores seleccionados para las observaciones fueron definidos en base a las unidades geomorfológicas diferenciadas mediante interpretación de imagen satelital. Las imágenes utilizadas fueron Landsat 8 del 22/09/2016 con una combinación de bandas 7-5-3 y tamaño de pixel de 30 metros y Spot 6 del 01/05/2016 con una combinación de bandas 3-4-2 y tamaño de pixel de 1,5 metros.

Las tareas de campo se realizaron durante el mes de noviembre de 2017 con el objetivo de realizar una cartografía de suelos dentro de los límites del área de estudio fijada con anterioridad. Durante la misma, se procedió al control de las unidades geomorfológicas que habían sido delimitadas a partir de las imágenes satelitales, a la descripción morfológica de los perfiles edáficos en cada una de esas unidades y a la toma de muestra para su posterior análisis físico-químico en aquellos puntos que se consideró necesario. En total se describieron 24 perfiles y se tomaron muestras de suelos para su análisis en Laboratorio. En cada una de las calicatas se realizó una descripción completa, tanto de los suelos como del paisaje donde se desarrollan cada uno de ellos. Se realizaron diferentes mediciones y determinaciones analíticas como ser: pendiente del terreno, espesores de horizontes, pH, carbonatos, color del suelo, etc.

Las muestras fueron enviadas a un Laboratorio de suelos privado en la provincia de Tucumán en donde se analizaron los siguientes parámetros: pH actual con relación 1:2,5 H<sub>2</sub>O, conductividad eléctrica en extracto con relación 1:1 de H<sub>2</sub>O, porcentaje de sodio intercambiable, cationes (Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>) medición con fotómetro de llama, cationes (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) por complejometría con EDTA, saturación de bases, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica (método de Walkley-Black modificado), textura (método de Bouyoucos), fósforo disponible (Método de Bray Kurtz) y nitrógeno (método por colimetría).

Para la clasificación taxonómica de los distintos tipos de suelos se siguieron los criterios del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Survey Staff, 2014), clasificando los mismos hasta el nivel de Subgrupo.

## 5.1 Ambiente de Formación

Los suelos de la zona de estudio se caracterizan por ser poco desarrollados como consecuencia de la escasez de precipitaciones, alrededor de 600 mm anuales y las temperaturas elevadas. El régimen de humedad de los suelos es Ústico, característico de zonas semiáridas, en donde el suelo se encuentra seco por lo menos 90 días acumulativos al año, pero adquieren suficiente humedad durante el verano como para permitir el crecimiento de plantas. El régimen de temperatura de los suelos es Térmico, con una temperatura media anual cercana de 20,6 °C. Estas condiciones climáticas generan que estos suelos tengan humedad sólo durante el verano y no puedan almacenar agua debido a que el déficit hídrico se mantiene durante todo el año. En la Figura 5.1. puede observarse el balance hídrico de los suelos realizado a partir de datos del INTA para la serie temporal 1970-2004.

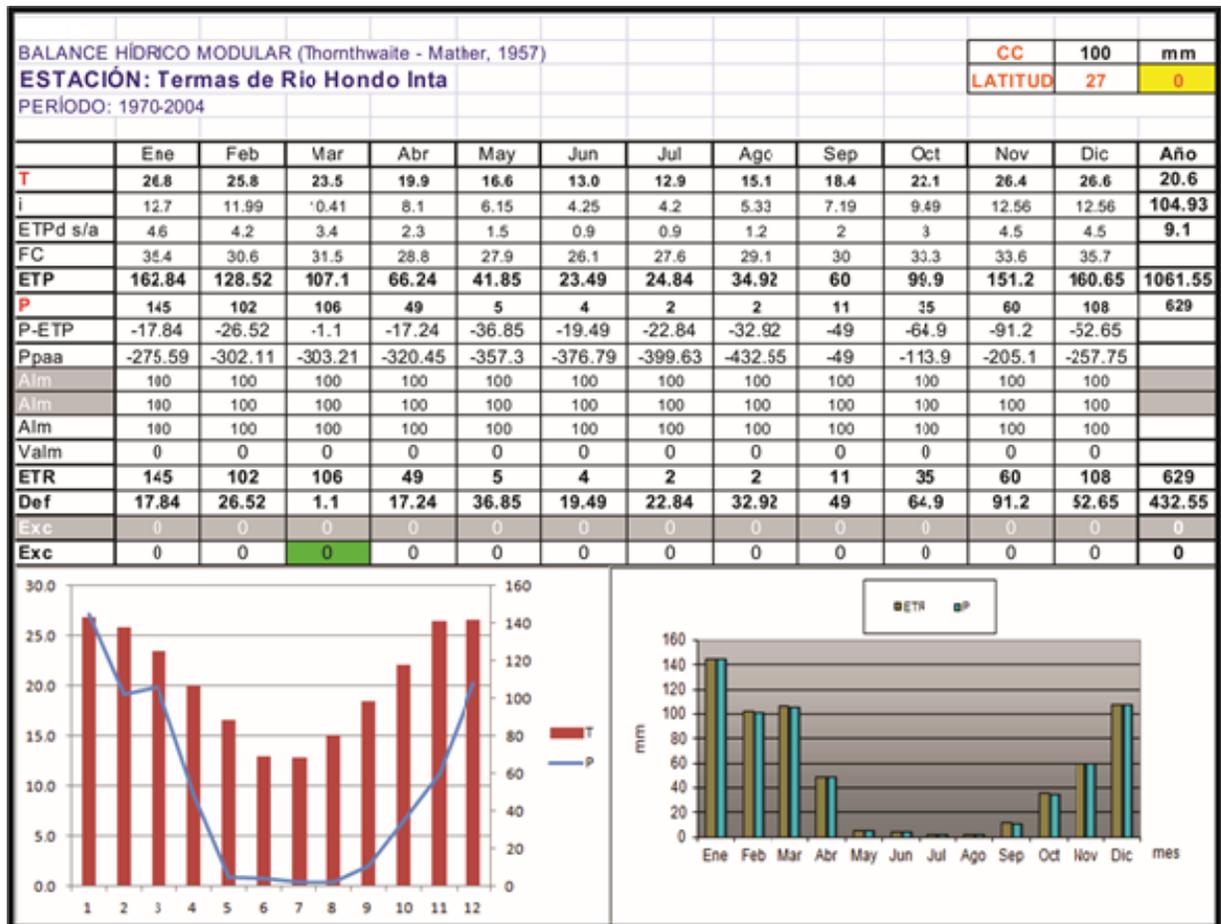


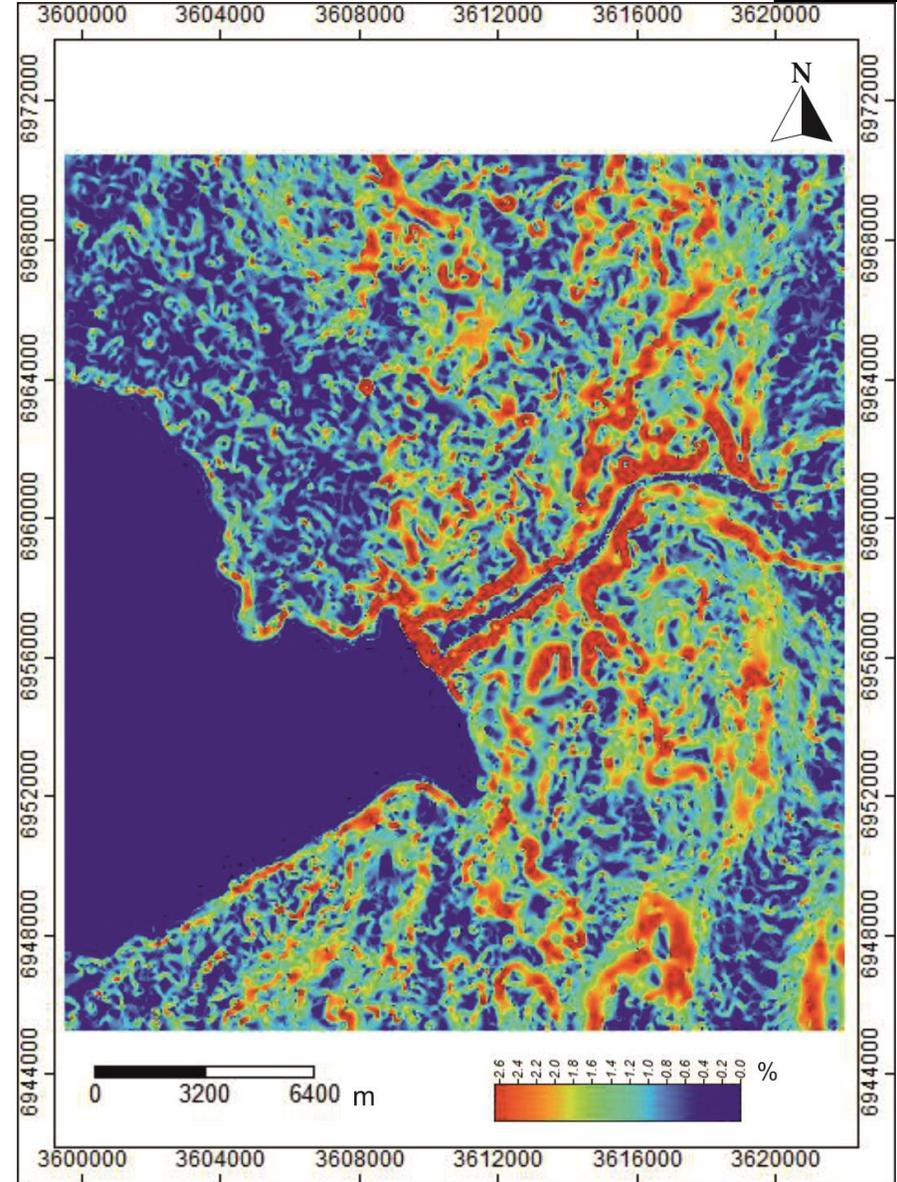
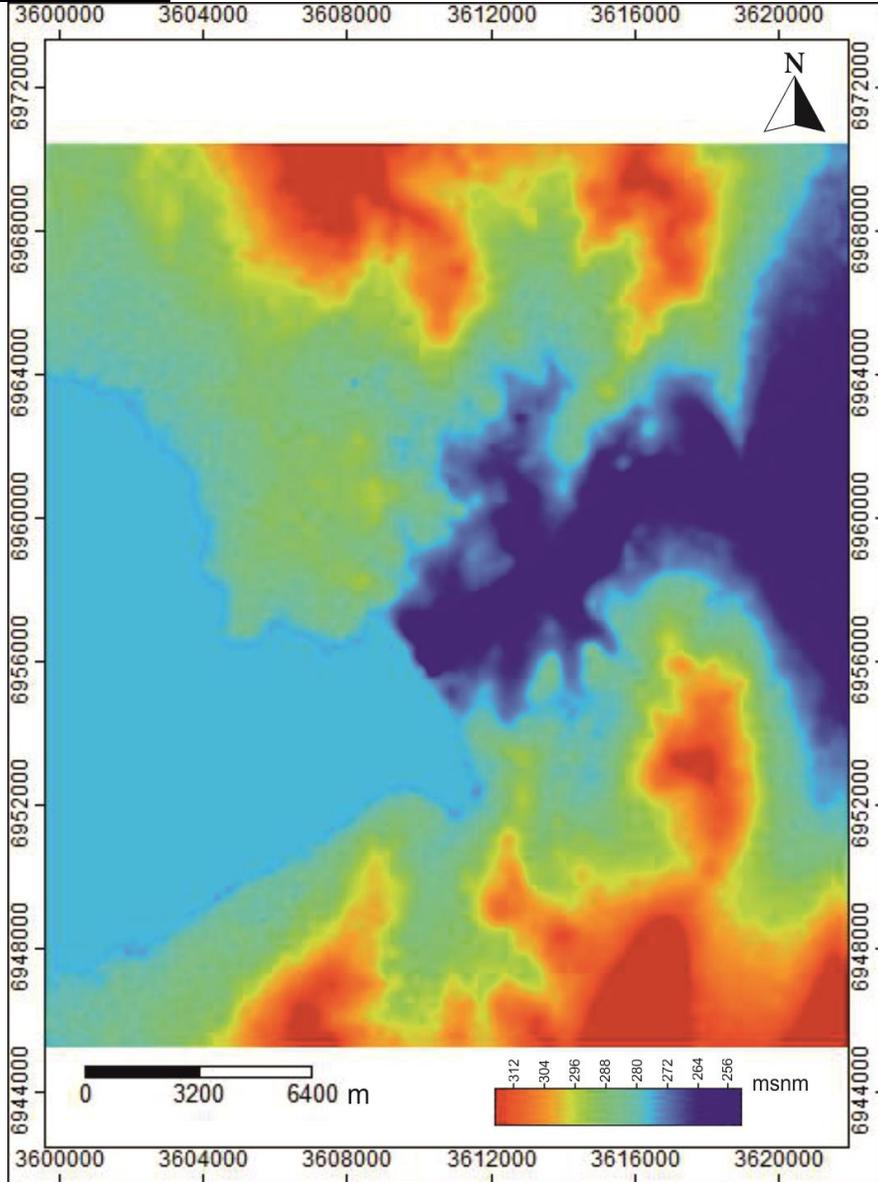
Figura 5.1. Balance hídrico para Las Termas de Río Hondo.

El material parental de estos suelos está constituido por sedimentos loésicos re-transportados, que predominan en la mayor parte del área, y por sedimentos fluviales en las zonas de terrazas del río Dulce y en los cursos de agua intermitentes que aportan al mismo.

La vegetación está conformada por remanentes del bosque chaqueño semiárido donde predomina el bosque xerófilo, cuyos árboles se vuelven más ralos hacia el chaco árido. Según las zonas y subregiones predominarán bosques serranos, sabanas - pastizales, palmares, estepas halófilas y cardonales (Cabrera, 1976).

Las zonas más altas poseen bosques xerófilos de quebracho colorado santiagueño y quebracho blanco (quebrachales), con mistol, itín, yuchán, brea, duraznillo, varias cactáceas, arbustos del género *Acacia aroma* (tusca) y *Capparis sp*, *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *Tipuana tipu* (tipa), *Acacia furcata* (garabato), *Zyziphus mistol*, *Jodina rhombifolia* (sombra de toro), varias especies de cactáceas *Cereus sp* (cardones), *Opuntia sp* (tunas) y *Caesalpinia paraguariensis* (guayacán). En las áreas bajas, la salinidad y las restricciones en el drenaje condicionan la composición florística, dando lugar a comunidades de algarrobos y chañar, y en los bajos salinos a vegetación con predominio de especies halófilas (Sirombra y Neder, 2004).

El relieve de la zona es suavemente ondulado con una altura media de 285 m s.n.m., donde las alturas máximas corresponden a la porción septentrional de la Sierra de Guasayán con alturas máximas que llegan a 345 m s.n.m. Las zonas más bajas se encuentran en la planicie aluvial del río Dulce, en su parte oriental, con alturas que varían entre 240 y 250 m s.n.m. (Figura 5.2.). La pendiente media de la zona es del 1,9%, observándose los valores máximos en las zonas de las barrancas del río Dulce con pendientes superiores al 10%. Los valores mínimos rondan el 0,3% en los sectores más bajos (Figura 5.2.).



**Figura 5.2.** Mapas de alturas (izquierda) y pendientes (derecha) de la zona de estudio.

## 5.2 Distribución y Tipos de Suelos

Taxonómicamente los suelos de la zona de estudio pertenecen a dos órdenes: Molisoles, que cubren gran parte del área de la planicie loésica y del pedemonte de la Sierra de Guasayán y Entisoles que se encuentran intercalados con los anteriores y extendiéndose por los depósitos fluviales de los cursos de agua pertenecientes a la planicie aluvial y en los bajos salinos.

A los fines del mapeo, estos fueron descriptos tomando como base su distribución por unidades geomorfológicas principales y a su vez desagregadas en geoformas, encontrándose cada subunidad conformada por una asociación de suelos y/o un tipo de suelo específico dominante (Tabla 5.1.).

Los suelos de la zona en general poseen perfiles poco desarrollados y pobremente diferenciados, con un horizonte superficial o epipedón diagnóstico (salvo los Entisoles, menos evolucionados y/o asociados a sectores más inestables del paisaje) de tipo mólico que apenas cumple con los requerimientos mínimos requeridos por la clasificación dado el elevado déficit hídrico que presenta el clima de la región. Otro rasgo común es la textura franco limosa de la mayor parte de los suelos debido a que el material originario de los mismos está conformado por sedimentos loésicos retransportados. Las principales propiedades de los suelos pueden ser apreciadas en la Tabla 5.2.

Ambiente Geomorfológico	Unidad Geomorfológica	Geoforma	Unidad de Suelos	Suelos
1. Llanura	1. Planicie Aluvial	a. Terraza Fluvial	1.1.a	Ustifluventes típicos, Ustifluventes áridicos
		b. Barra Fluvial	1.1.b	Ustipsammentes oxiácuicos, Ustifluventes mólicos
		c. Planicie Deprimida	1.1.c	Haplustoles salídicos
		d. Vías de Avenamiento	1.1.d	Ustifluventes oxiácuicos, Ustifluventes típicos
	2. Planicie Eólica con control estructural	a. Planicie Loésica	1.2.a	Haplustoles típicos, Haplustoles énticos y Haplustoles áridicos
		b. Alto Estructural	1.2.b	Haplustoles típicos
		c. Bajos Salinos	1.2.c	Endoacuentes sódicos
2. Pedemonte	1. Relieve ondulado	a. Lomadas en Sedimentitas Continentales	2.1.a	Ustortentes típicos
3. Lacustre	1. Depresión lagunar	a. Perilago	3.1.a	Haplustoles oxiácuicos

**Tabla 5.1.** Clasificación taxonómica de los diferentes tipos de suelos descriptos en la zona de estudio

Propiedades Principales	Unidades Geomorfológicas							
	Planicie Aluvial			Planicie Eólica con control Estructural		Superficie Estructural Ondulada		Depresión Lagunar
	Suelos a nivel de Gran Grupo							
	Ustifluventes	Ustipsammentes	Haplustoles	Haplustoles	Endoacuentes	Ustortentes	Ustifluventes	Haplustoles
Espesor del solum (cm)	25	18	62	68	15	57	10	44
Materia Orgánica (%)	< 1	< 1	> 1	> 1	< 1	< 1	< 1	> 1
Estructura	Débil	Débil a Suelta	Moderada	Moderada	Moderada a Débil	Moderada a Débil	Débil	Moderada a Fuerte
pH en agua (1:2,5)	7	7	7-8	6	> 9	8	7-8	6-7
Cond. Eléctrica (dS/m)	< 2	< 2	> 4	< 2	> 4	< 2	< 2	> 4
% sodio intercambiable	< 15	< 15	20 - 25	< 15	> 25	< 15	< 15	> 15
Carbonatos libres	No	No	Sí	No	Sí	Sí	No	No
Moteados	No	No	Sí	No	Sí	No	No	Sí
Usos	Urbano-Ganadero	Recreativo	Ganadero	Urbano-Ganadero-Agrícola	Sin uso	Ganadero-Suburbano	Sin uso	Ganadero
Limitantes principales	Inundación	Inundación	Inundación-Anegamiento	Climáticas	Salinización-Anegamiento	Climáticas	Inundación	Anegamiento-Salinización

**Tabla 5.2.** Propiedades y limitantes principales de los suelos descrito en la zona de estudio.

## ***5.2.1 Suelos de Llanura***

### ***5.2.1.1 Planicie Aluvial***

Los suelos de la planicie aluvial se desarrollan principalmente en las geoformas asociadas al río Dulce, niveles de terrazas y barras fluviales, en la parte distal de la planicie deprimida tucumana que en buena parte fue ocupada por la creación del embalse Río Hondo y en algunos cursos fluviales intermitentes que provienen de zonas más elevadas de la planicie eólica y desaguan sobre la margen izquierda del río Dulce (arroyos Los Fierros y Chujchala).

#### ***Suelos de las terrazas y barras fluviales del río Dulce***

En las terrazas del río Dulce se desarrollan Entisoles correspondientes a los subgrupos Ustifluventes típicos y arídicos. Su rasgo morfológico más definido es que son suelos jóvenes con continuos aportes de materiales fluviales que se encuentran poco edafizados.

Los Ustifluventes típicos fueron descritos en las terrazas de la margen derecha del río y caracterizan morfológicamente por presentar perfiles edáficos con secuencias de horizontes Ak/Ck1/Ck2 o A/ACk/Ck formados principalmente sobre materiales fluviales arenosos en donde la característica más sobresaliente es la presencia de altos contenidos de carbonatos libres. Constituyen suelos de colores claros con valores de Value de 6 o menos, de textura franca a franca arenosa y estructura en bloques débiles a moderados. A estos suelos pertenecen los perfiles edáficos RH-13 (Figura 5.3a) y RH-19 que se describen en el Anexo II. Aguas abajo de la ciudad de Las Termas de Río Hondo, a la altura de la planta de efluentes cloacales, se describieron Ustifluventes sobre terrazas compuestas por sedimentitas terciarias con escaso desarrollo con secuencia de horizontes A/R (RH22).

En las barras fluviales centrales, como la que conforma la reserva "Tara Inti", se observan Entisoles correspondientes al subgrupo Ustipsammentes oxiácuicos, formados a partir de capas de arenas de granulometría variable que fueron depositadas por el río Dulce. Estos suelos suelen estar saturados de agua dentro del metro de profundidad durante los meses de verano, una secuencia de horizontes A/AC/C y texturas franco arenosa a arenosa franca (perfil RH-17). En las barras fluviales laterales se observaron suelos que son el resultado de la dinámica fluvial normal de estos ríos, en donde se alternan períodos húmedos, durante los cuales prevalece los procesos de erosión-sedimentación, con períodos secos que permiten el predominio de la pedogénesis por sobre la erosión-sedimentación. Como consecuencia de ello se pudo observar suelos enterrados por eventos de crecidas fluvial que quedaron en el registro del perfil edáfico. Estos suelos fueron clasificados como Ustifluventes mólicos y presentan una secuencia de horizontes de tipo A/AC/C/2Ab/2Cb, en donde los tres primeros horizontes corresponden a un suelo joven pobremente desarrollado a partir de material arenoso depositado por una crecida y por debajo los dos horizontes enterrados con un horizonte A de color más oscuro y textura más fina (Figura 5.3b). Este último formado bajo condiciones más estables y con aporte de materia orgánica (perfil RH-24).



**Figura 5.3.a.** Ustifluente típico desarrollado en la terraza fluvial del río Dulce en su margen derecha.  
**b.** Ustifluente mólico desarrollado sobre una barra fluvial lateral del río Dulce en su margen izquierda.

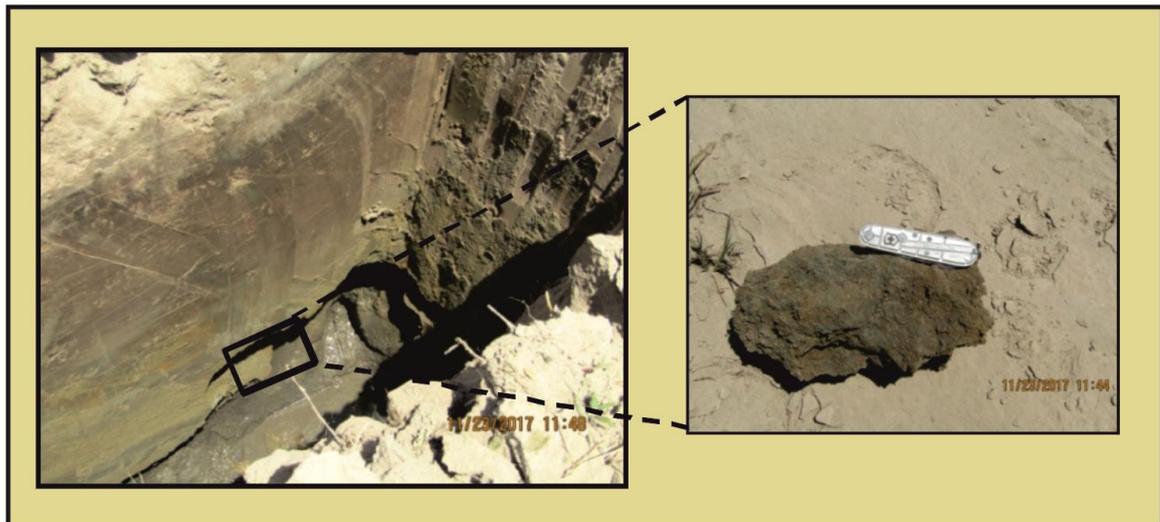
### Suelos de la planicie deprimida

Al Noroeste del embalse Río Hondo se extiende una franja angosta de la parte más distal de la planicie deprimida tucumana que, dentro de la zona de estudio, fue cubierta por el espejo de agua del embalse y su área de influencia (perilago). Esta geoforma se desarrolla por debajo de los 310 m s.n.m. y con una pendiente muy suave inferior al 1%. En este sector se desarrollan molisoles correspondientes al subgrupo Haplustol salídico. Constituyen suelos que presentan un epipedón mólico con un porcentaje de materia orgánica de 1% o más y un horizonte subsuperficial sálico con altos contenidos en sales, lo que les confiere conductividades eléctricas muy elevadas y un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) superior al 22%. También se observaron rasgos de óxido-reducción (moteados). A estos suelos pertenecen los perfiles edáficos RH-5 y RH-21 que se describen en el Anexo II. De acuerdo a la clasificación de suelos salinos del Laboratorio de salinidad de Estados Unidos (Richards, 1954), estos suelos se clasifican como salinos sódicos (Tabla 5.3.).

A estos suelos pertenecen los perfiles edáficos RH-5 y RH-21 que se describen en el Anexo II.

### Suelos de las vías de avenamiento

Estos suelos se desarrollan en las depresiones de los cursos de aguas intermitentes que provienen de los sectores más elevados de la planicie eólica con control estructural. En estos sectores se observan Entisoles pertenecientes al subgrupo Ustifluentes oxiácuicos caracterizados por una textura franco limosa que en profundidad pasa a franco arenosa y con evidencias de procesos de óxido-reducción dentro del metro de profundidad por ascenso del nivel freático (Figura 5.4.). Presentan una secuencia de horizonte A/AC/C/Cg1/Cg2 y suelen estar inundados por varios días luego de los eventos de lluvias. A estos suelos pertenece el perfil RH-11 del Anexo II.



**Figura 5.4.** Procesos de óxido-reducción evidenciados en el perfil RH-11 (arroyo Los Fierros) correspondiente a Ustifluente oxiácuico. A la derecha se observa un agregado extraído a 2 metros de profundidad, en donde se evidencian zonas oxidadas en color rojo y zonas reducidas en color verde a gris.

En los arroyos que tienen lugar entre las lomadas pedemontanas de la Sierra de Guasayán, como el arroyo Las Tinajas, se describieron suelos jóvenes de escaso desarrollo y de textura arenosa predominante. Estos suelos constituyen Entisoles formados sobre sedimentos fluviales de granulometría alternante con discontinuidades litológicas marcadas y que fueron clasificados a nivel de Subgrupo como Ustifluentes típicos. Estos suelos presentan un epipedón ócrico de escaso espesor, textura franco arenosa y estructura en bloques débil. Su perfil edáfico evidencia la alternancia de los depósitos fluviales siendo su secuencia de horizontes A/C/2C/3C. Este perfil es descripto en el Anexo II como RH-9.

#### 5.2.1.2 Planicie eólica con control estructural

Los suelos de la planicie eólica con control estructural son los que presentan una mayor distribución areal dentro de la zona de estudio abarcando principalmente la parte Norte y Este de la misma. El sector Norte se encuentra caracterizada por una serie de lomadas muy suaves con pendientes generales de 1,5 a 2% y que responden a un alto estructural denominado como "Alto de la Mujer Muerta" (Mon *et. al.*, 1990) que responden a la prolongación Norte de la falla de la Sierra de Guasayán. Dentro de este sector tienen lugar las geoformas denominadas como alto estructural, que responden a los sectores más elevados de las lomadas, y los bajos salinos que constituyen depresiones estructurales en donde se concentra el escurrimiento superficial. Al pie de estas lomadas, hacia el Este y el Oeste, se desarrolla la planicie loésica con pendientes generales del 1%.

#### Suelos de la planicie loésica

Los suelos de la planicie loésica son los más representativos del Oeste de la provincia de Santiago del Estero y del Este de la provincia de Tucumán. En esta geoforma se desarrollan Molisoles correspondientes a los subgrupos Haplustoles típicos y Haplustoles énticos.

Constituyen suelos con un contenido de materia orgánica igual o superior al 1%, moderadamente bien estructurados, texturas franco limosas y con un moderado a débil desarrollo representado por una profundidad efectiva de entre 40 a 80 cm. Los Haplustoles típicos muestran una secuencia de horizontes de tipo Ap/AC/C o A1/A2/AC/Ck, mientras que los Haplustoles énticos, que constituyen suelos con un integrado hacia los entisoles, presentan carbonatos libres desde los 25 cm de profundidad y perfiles tipo A1/A2-ACk-Ck o A/ACk/Ck. Estos suelos no tienen salinidad elevada.

Los perfiles RH-8 y RH-15 son representativos de los Haplustoles típicos y los perfiles RH-12 y RH-18 de los Haplustoles énticos.

Hacia el Este de la zona de estudio las condiciones climáticas se vuelven más secas y cálidas y por lo tanto los suelos suelen evidenciar esa transición. Los suelos que tienen lugar en esta región son Molisoles que pertenecen al Subgrupo Haplustol arídico. Estos suelos permanecen secos durante la mayor parte del año a una profundidad de 50 cm por debajo de la superficie. Suelen tener poco desarrollo con una profundidad efectiva inferior a 50 cm, textura franco limosa y estructura débil a moderada. El perfil tipo de estos suelos es A/AC/C. A estos suelos pertenece la descripción del perfil edáfico RH-14 que se describe en el Anexo II.

#### Suelos del alto estructural

Estos suelos fueron descriptos en los alrededores de la localidad de Vinará, al Noreste de Las Termas de Río Hondo. En esta geoforma se desarrollan Molisoles correspondientes al Subgrupo Haplustol típico, de colores claros, moderadamente estructurados y textura franco limosa. El perfil está compuesto por una secuencia de horizontes de tipo A1/A2/AC/Ck (perfil RH-4).

#### Suelos de los bajos salinos

Estos suelos se encuentran en las depresiones localizadas al Sur de los altos estructurales. Constituyen zonas bajas e inundables, con escaso escurrimiento y deficiencia de drenaje. Son suelos poco a moderadamente profundos, formados a partir de materiales poco consolidados, de texturas franco limosas a franco arenosas y débilmente estructurados debido a la presencia de una salinidad elevada que se evidencia en superficie por la presencia de eflorescencias (Figura 5.5a). Estos sectores se encuentran sometidos a procesos de salinización muy importantes y se caracterizan por la presencia de "parches" de vegetación hidrohálfila, intercalados con manchones de suelos desnudos (Figura 5.5b).

Taxonómicamente estos suelos responden a Entisoles y, dentro de los mismos, al Subgrupo Endoacuentes sódicos. Estos suelos se caracterizan por presentar condiciones ácuicas dentro de los 50 cm de profundidad por algún tiempo en años normales y un PSI superior al 30% dentro de los 100 cm de profundidad. Los perfiles edáficos se encuentran representados por una secuencia de horizontes A/AC/C o A/C con o sin eflorescencias salinas en superficie. En algunas ocasiones suelen presentar carbonatos libres en algunos horizontes dando perfiles tipo Ak/C/Ck.

A estos suelos pertenecen los perfiles edáficos RH-2, RH-3 y RH-23 que se describen en el Anexo II. De acuerdo a la clasificación de suelos salinos del Laboratorio de salinidad de Estados Unidos (Richards, 1954), estos suelos se clasifican como salinos sódicos alcalinos (Tabla 5.3.).



**Figura 5.5.** a. Eflorescencias salinas y grietas de desecación en suelos de los bajos salinos. b. Terrenos con intercalaciones de vegetación hidrohálófila y sectores de suelos desnudos.

## **5.2.2 Suelos del Pedemonte**

### **5.2.2.1 Relieve ondulado**

Los suelos del relieve ondulado se desarrollan sobre las lomadas bajas del Norte de la Sierra de Guasayán. Constituye un relieve ondulado con pendientes que van del 1,5 al 2,5 %, compuesto por un núcleo de sedimentitas continentales que se encuentran cubiertas por depósitos loésicos de más de 4 metros de espesor en algunos sectores.

#### **Suelos de lomadas en sedimentitas continentales**

Los suelos de esta geoforma se desarrollan al pie del extremo Norte de la Sierra de Guasayán y fueron descritos en sectores cercanos a la ruta que une las localidades de Las Termas de Río Hondo y Villa Guasayán y en terrenos ubicados al Sur de la Villa Balnearia. Taxonómicamente constituyen Entisoles que responden al Subgrupo Ustortente típico. Estos suelos se desarrollan sobre la cubierta eólica que cubre a las lomadas y se caracterizan por tener un epipedón ócrico claro con contenidos de materia orgánica inferiores al 1% y cuyo color presenta un valor de 6. Son suelos que no presentan problemas de salinidad o anegamiento pero que en los sectores de mayor pendiente pueden sufrir procesos de erosión hídrica como carcavamiento. Los perfiles descritos presentaron una secuencia de horizontes de tipo A1/A2/AC/C con evidencias de carbonatos libres que se hacen más abundantes en profundidad.

A estos suelos pertenecen los perfiles edáficos RH-10 y RH-20 que se describen en el Anexo II.

	Planicie Deprimida		Bajos Salinos			Perilago		
	Perfil RH-5	Perfil RH-21	Perfil RH-2	Perfil RH-3	Perfil RH-23	Perfil Rh-1	Perfil RH-6	Perfil RH-16
pH	<8	<8,5	>10	>10	>10	<8	<8	<8
C.E. (dS/m)	>4	>4	>4	>4	>4	>4	>4	>4
PSI (%)	>20	>20	>20	>20	>20	15-20	15-20	15-20
Clasificación	Salinos sódicos		Salinos sódicos alcalinos			Salinos sódicos		

**Tabla 5.3.** Clasificación de los suelos salinos identificados en el área de estudio, de acuerdo a los 3 parámetros tenidos en cuenta por Richards (1954).

### 5.2.3 Suelos de Ambiente Lacustre

#### 5.2.3.1 Depresión lagunar

Los suelos de este sector se encuentran ubicados en el perilago del embalse Río Hondo, que son terrenos suavemente deprimidos hacia el espejo de agua y que se suelen inundar durante las épocas de lluvias cuando aumenta el nivel del embalse o por ascenso del nivel freático. El material original de los mismos suele ser depósitos finos que se depositan por el ascenso y descenso del nivel de agua y que suele ser retrabajado por el oleaje.

#### Suelos del Perilago

Constituyen suelos desarrollados bajo condiciones de humedad ácuicas debido a la influencia de la freática y que tienen una elevada salinidad. Estos suelos suelen ser utilizados por los pobladores locales para alimentar al ganado ya que sobre el mismo existen pastizales que se mantienen durante todo el año. Taxonómicamente los suelos pertenecen al orden Molisol, compuestos por un epipedón mólico con más de 1% de materia orgánica y 20 cm de espesor, de textura franco limosa y bien estructurado. Se los ha clasificado como pertenecientes al Subgrupo Haplustol oxiácuico por que se encuentran saturados con agua durante años normales por 20 o más días consecutivos dentro de los 100 cm de profundidad como consecuencia del ascenso del nivel freático durante el período estival. Como evidencia de la fluctuación de la freática se han descripto en el perfil la presencia de moteados que son rasgos de procesos de óxido-reducción. Los perfiles descriptos tienen secuencias de horizontes de tipo Ag1/Ag2/ACg/Cg o Ap/Ag/Cg o Ap/Cg (Figura 5.6a y b).

A estos suelos pertenecen los perfiles edáficos RH-1, RH-6 y RH-16 que se describen en el Anexo II. De acuerdo a la clasificación de suelos salinos del Laboratorio de salinidad de Estados Unidos (Richards, 1954), estos suelos se clasifican como salinos sódicos (Tabla 5.3).



**Figura 5.6 a.** Suelo del perilago desarrollado en el sector Norte del embalse Río Hondo. **b.** Suelo del perilago desarrollado frente al autódromo municipal.



## 6 ASPECTOS GEOTÉCNICOS

El trabajo de gabinete comprendió la interpretación de imágenes satelitales, el análisis de estudios antecedentes que abarcan el área de estudio, incluyendo los aportados por la municipalidad y particulares, y el procesamiento de las observaciones y los datos de dos campañas de trabajos de campo. Las actividades de campo desarrolladas se centraron fundamentalmente en el reconocimiento, toma de datos, análisis, muestreo y estudio de las diversas unidades litológicas que abarcan el área de estudio, tomándose como criterio los aspectos físicos y mecánicos que puedan influir favorable o desfavorablemente en su aprovechamiento como bases de sustentación de edificaciones urbanas. Una o varias unidades litológicas con similares propiedades geomecánicas reconocidas se agruparán en una *Unidad Geotécnica*. El mapa final de *Aspectos Geotécnicos del Terreno* representa las *Unidades Geotécnicas* identificadas en el área de estudio y sus límites de variación según cambien sus condiciones geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas, geodinámicas y geotécnicas.

Para las tareas de muestreo se adoptó un criterio estratégico en la distribución y profundidad de los puntos de muestreo con la finalidad de conseguir la representatividad de cada una de las diversas *Unidades Geotécnicas* reconocidas en el área de estudio. Así, de la totalidad de calicatas exploratorias abiertas con máquina retroexcavadora y resto de puntos de observación (sondeos manuales con barreno, cortes sobre taludes existentes, etc.), se seleccionó un total de 15 (quince) puntos de muestreo a profundidades que variaron entre los 0,80 m y los 2,00 m (Figura 6.1. y Tabla 6.1.). Las fichas descriptivas de los perfiles de suelos obtenidos en dichos puntos se agrupan por "*Unidades Geotécnicas*" y se incluyen al presente documento en el capítulo 6.1. del mismo nombre.

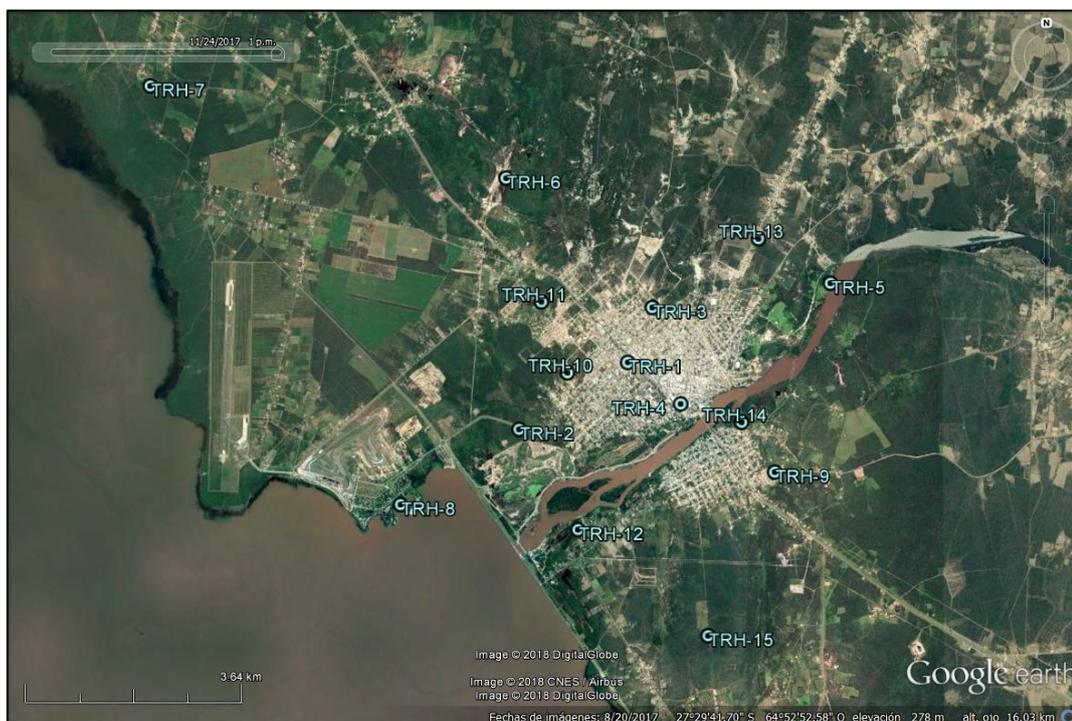


Figura 6.1. Distribución de puntos de muestreo (nombrados de TRH-1 a TRH-15).

ID	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	LATITUD	LONGITUD
TRH-1	27°29'37,44"S	64°52'02,38"O
TRH-2	27°30'14,16"S	64°53'09,22"O
TRH-3	27°29'07,29"S	64°51'47,30"O
TRH-4	27°30'00,24"S	64°51'29,82"O
TRH-5	27°28'53,96"S	64°49'57,78"O
TRH-6	27°27'56,40"S	64°53'17,13"O
TRH-7	27°27'05,81"S	64°56'55,64"O
TRH-8	27°30'55,39"S	64°54'22,02"O </td
TRH-9	27°30'37,62"S	64°50'32,00"O
TRH-10	27°29'43,15"S	64°52'39,50"O
TRH-11	27°29'04,27"S	64°52'55,46"O
TRH-12	27°31'09,21"S	64°52'32,99"O
TRH-13	27°28'29,60"S	64°50'42,12"O
TRH-14	27°30'10,33"S	64°50'52,30"O
TRH-15	27°32'07,23"S	64°51'13,11"O

**Tabla 6.1.** Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.

Con ello, la totalidad de las muestras de suelo recolectadas fueron de 15 (quince), una muestra por cada punto de observación seleccionado, etiquetadas y nombradas de forma análoga de TRH-1 a TRH-15 (Figuras 6.2. a 6.5.).



**Figura 6.2.** Talud en corte. Ubicación: Italia esq. Salta. Depósitos eólicos. Muestra TRH-3, prof. 2,00 m. Nivel freático no detectado.



**Figura 6.3.** Sondeo manual. Ubicación: chacra privada al Norte de la RN-9. Depósitos eólicos. Muestra TRH-6, prof. 0,80 m. Prof. nivel freático: 0,85 m.



**Figuras 6.4 y 6.5.** Apertura de calicata exploratoria con máquina retroexcavadora. Ubicación: Chaco esq. Necochea. Depósitos fluviales. Muestra TRH-10, prof. 1,30 m. Prof. NF: 2,00 m.



Dichas muestras fueron enviadas al Laboratorio de Geotecnia de la delegación de Córdoba del *Servicio Geológico Minero Argentino* a fin de realizarse los siguientes ensayos de caracterización en todas y cada una de ellas:

- *Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) (Anexo III):*
  - ✓ Humedad Natural.
  - ✓ Análisis y Curvas Granulométricas por Tamizado.
  - ✓ Límites de *Atterberg*: Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad.
  
- *Agresividad a Estructuras de Cimentación:*
  - ✓ Determinación cuantitativa del Contenido en Sulfatos Solubles en suelo.
  - ✓ Determinación cuantitativa del Contenido de Sales Totales Solubles en suelo.
  - ✓ Determinación del Grado de Acidez de acuerdo con *Baumann-Gully* en suelo.

En páginas siguientes (Tabla 6.2) se presentan los resultados obtenidos para cada una de las muestras de suelo ensayadas. Los respectivos informes de Laboratorio se adjuntan al presente documento (Anexo IV).

ID MUESTRA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS										CARACTERÍSTICAS		
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (%)				LÍMITES ATTERBERG <sup>(1)</sup>			HUMEDAD NATURAL (H%)	I.C. <sup>(2)</sup>	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	SULFATOS (%) <sup>(3)</sup>	SALES TOT. (%) <sup>(4)</sup>	GRADO ACIDEZ
	Arena # Nº 4	Arena # Nº 10	Arena # Nº 40	Limo y arcilla # Nº 200	L.L.	L.P.	I.P.						
TRH-1	100,0	99,8	94,7	69,3	28,01	16,89	11,12	19,06	0,80	CL	0,04	0,13	0
TRH-2	100,0	99,8	83,5	51,8	19,06	N.P.	--	6,78	--	ML	0,10	0,31	0
TRH-3	--	100,0	93,4	39,8	21,46	N.P.	--	4,95	--	ML	0,02	0,17	0
TRH-4	100,0	99,5	96,5	83,1	39,02	25,95	13,07	12,89	2,00	ML	0,18	1,16	0
TRH-5	99,5	97,8	26,5	0,5	--	-	--	3,29	--	SP	0,00	0,02	0
TRH-6	--	100,0	99,0	90,3	21,45	18,68	2,77	27,18	-2,07	ML	0,24	0,83	0
TRH-7	100,0	99,9	99,7	76,6	23,14	N.P.	--	15,53	--	ML	0,18	0,77	0
TRH-8	98,7	96,9	74,0	48,3	21,79	N.P.	--	13,55	--	ML	0,20	0,47	0
TRH-9	100,0	99,7	93,2	64,8	34,99	16,99	18,00	4,86	1,67	CL	0,02	0,27	0
TRH-10	100,0	100,0	98,2	70,9	50,00	22,00	28,00	34,78	0,54	CH	0,03	0,46	0
TRH-11	99,9	99,2	78,4	56,4	18,00	N.P.	--	8,25	--	ML	0,03	0,47	0
TRH-12	100,0	99,4	77,6	1,7	--	N.P.	--	10,58	--	SM	0,07	0,79	0
TRH-13	100,0	100,0	89,5	54,9	20,00	N.P.	--	6,90	--	ML	0,19	1,17	0
TRH-14	100,0	99,9	96,8	14,7	--	N.P.	--	22,79	--	SM	0,00	0,21	0
TRH-15	100,0	100,0	87,5	31,9	--	N.P.	--	4,91	--	SM	0,05	0,48	0

<sup>(1)</sup> L.L.: Límite Líquido.

<sup>(1)</sup> L.P.: Límite Plástico.

<sup>(1)</sup> I.P.: Índice de Plasticidad.

<sup>(2)</sup> I.C.: Índice de Consistencia = (L.L.-H) / I.P.

< 0,00 Consistencia líquida.

0,00 a 0,25 Consistencia semi-líquida.

0,25 a 0,50 Consistencia plástica muy blanda.

0,50 a 0,75 Consistencia plástica blanda.

0,75 a 1,00 Consistencia plástica dura.

> 1,00 Consistencia dura.

<sup>(3)</sup> Agresividad según contenido % de Sulfatos:

0,0 a 0,1 % Nula.

0,1 a 0,2 % Baja.

0,2 a 2,0 % Media.

> 2,0 % Fuerte.

<sup>(4)</sup> Agresividad según contenido % de Sales:

> 1,5 % Agresiva.

Tabla 6.2. Resultados de Laboratorio.

## 6.1 Unidades Geotécnicas

Los criterios considerados para la clasificación de las unidades geotécnicas fueron litológicos, geomecánicos, geomorfológicos e hidrológicos. Las descripciones de cada una de las unidades identificadas incluyen estos aspectos.

### 6.1.1 *Suelos Limosos poco Densos y de Baja Plasticidad*

#### *Niveles freáticos con heterogeneidad vertical y zonal*

#### *Suelos con capacidades de carga bajas y asientos significativos*

Se incluyen en esta unidad los depósitos limosos de edad Holocena y origen eólico que recubren casi por completo la mayor parte del área de estudio. Muestran relieves de llanos a muy suavizados, con pendientes naturales siempre inferiores al 2 por cien. Los relieves ligeramente ondulados, con mayores pendientes, se registran hacia los límites Norte y Sur de la zona de estudio donde el sustrato rocoso Terciario se encuentra a poca profundidad. En general, son suelos fácilmente erosionables, tanto por procesos de erosión hídrica como por procesos de erosión eólica.

Esta unidad posee una permeabilidad baja y unas condiciones de drenaje malas, ocasionando de forma local cárcavamientos en superficie. El nivel freático aparece a profundidades no superficiales, presentándose gran variabilidad vertical y zonal.

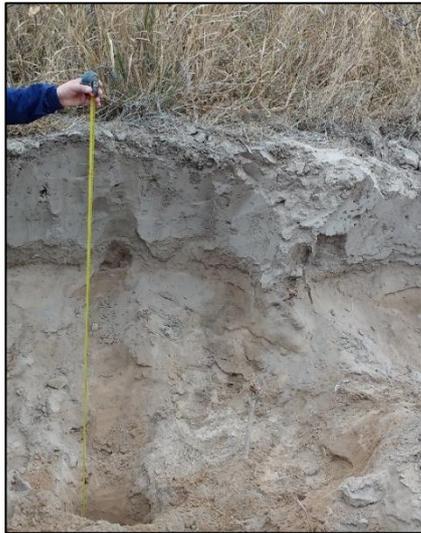
Los resultados de Laboratorio de las muestras de suelo recolectadas de esta unidad, así como los relativos a otros estudios de suelo (véase apartado Fuentes Consultadas), clasifican estos suelos predominantemente como suelos ML, suelos limosos de baja plasticidad con arena, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S). Ocasionalmente, la fracción arcilla puede cobrar importancia, dando suelos CL, suelos arcillosos de media plasticidad con arena, y lo mismo con la fracción arena, dando suelos SM, suelos de arena fina a media con material limo-arcilloso. Son suelos de colores grises, ocres y pardos claros, localmente con contenidos en carbonatos en forma de concreciones o microcristales y puntualmente con microcristales de yeso en cantidades variables, de estructuras masivas, generalmente de aspectos secos y pulverulentos a escasamente húmedos, de muy flojos y sueltos a medianamente firmes, incrementándose generalmente la compacidad en profundidad, de nulas a bajas plasticidades y fácilmente excavables por medios mecánicos. Los resultados de los ensayos de agresividad a estructuras de cimentación evidencian que estos suelos no presentan en general características de agresividad con relación a los cementos que se emplean habitualmente en fundación, pudiendo llegar a presentarse de forma puntual agresividades bajas en cuanto al contenido en sulfatos.

El comportamiento geomecánico de esta unidad es de malo a regular, con capacidades de carga bajas y pudiendo aparecer asientos significativos. Los suelos aquí incluidos pueden presentar limitaciones por colapso o destrucción del estado metaestable de su estructura interna debido a variaciones volumétricas bruscas causadas por cambios en el contenido de humedad o tensionales. En este sentido, para caracterizar la peligrosidad por colapsabilidad de estos suelos, se recomienda la realización de ensayos de colapso como parte integrante de los estudios

geotécnicos a realizar previamente a cualquier proyecto de edificación. En caso de confirmarse la colapsabilidad de estos suelos, geotécnicamente metaestables, se deben emplear criterios para anular el ingreso de agua al suelo y eliminar la colapsabilidad mediante el mejoramiento de su estructura inestable, o en comportamientos extremos, evitar emplearlo como terreno de fundación directa, pudiendo buscar niveles inferiores con comportamientos geomecánicos superiores.

Rocca et. al. (2006) propone diversos caminos para mitigar la peligrosidad por colapsabilidad de suelos en las fundaciones directas. El primero de ellos es la disminución de las posibilidades de colapso mediante el cambio o mejoramiento de las características intrínsecas de los suelos. Se logra por disminución de la porosidad (compactación hidráulica, dinámica, por voladuras, por hincas de pilotes, etc.), o el refuerzo de los vínculos entre partículas (silicatización, cocción, jet grouting, etc.). Otro camino es la minimización de las condiciones que favorecen el colapso de los suelos. Para ello se pueden adoptar medidas que impidan el humedecimiento del suelo (revestimiento de cañerías enterradas, veredas perimetrales, correcto diseño de desagües pluviales, etc.) o bien disminuir la presión actuante sobre el terreno. Finalmente, el tercer camino es mitigar los efectos del colapso en las estructuras fundadas en estos suelos. Ello implica la adopción de medidas estructurales (encadenado de las fundaciones y muros, empleo de tabiques estructurales, estructuras isostáticas, etc.) o disminuir la carga litostática mediante alivianamientos por excavación. Las compactaciones hidráulicas o dinámicas han mostrado buenos resultados para obras de gran escala y relativamente deformables como presas, caminos, etc. y efectos menos alentadores en el caso de obras puntuales como ser edificaciones arquitectónicas. En estas últimas, suele dar mejor resultado la adopción de medidas de diseño que minimicen el riesgo de ingreso de agua al terreno, o mejoras en el terreno mediante sustitución de suelo combinados con plateas que disminuyan significativamente las presiones en el suelo. El mejoramiento de suelos mediante inyección de productos químicos o la cocción han dado buenos resultados ante problemas localizados, pero resultaron en general, onerosos. Por su parte, el empleo de rigidización de elementos estructurales o isostatizar estructuras son soluciones que han logrado controlar los daños (fisuras, distorsiones, etc.) y minimizar el riesgo de colapso estructural. En ocasiones, el aumento del nivel freático trae aparejado importantes asentamientos de las construcciones, debido al colapso y cuando baja el nivel freático (o se abate por bombeo), se generan asentamientos por variación de tensiones efectivas (Zeballos et. al., 1999).

PERFIL TRH-2			
TIPO	Talud y sondeo manual.	FECHA	09/08/2017.
DIRECCIÓN	Acceso N al <i>Dique Río Hondo</i> .	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-2.
COORDENADAS	27°30'14,2" S; 64°53'09,2" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,20m	Capa edáfica limosa de color pardo grisáceo. Restos de raíces vegetales.
0,20 - 0,75m	Limo de color gris y de aspecto seco y pulverulento. Estructura masiva y compacidad suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo. Presencia de clastos milimétricos subangulosos carbonatados.
0,75 - 1,05m	Limo arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo claro y de aspecto seco y pulverulento. Estructura masiva y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo.
1,05 - 2,35m	Limo arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo claro. Estructura masiva y compacidad muy suelta. Plasticidad de nula a muy baja. Contenido en humedad de nulo a muy bajo.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	ML-limo de baja plasticidad con arena.
----------------	---------------	---------------	--

PERFIL TRH-3			
TIPO	Talud en corte.	FECHA	10/08/2017.
DIRECCIÓN	Italia esq. Salta.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-3.
COORDENADAS	27°29'07,3" S; 64°51'47,3" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 2,00m	Limo arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo grisáceo y de aspecto seco y pulverulento. Estructura masiva y compacidad muy suelta. Plasticidad de nula a muy baja. Contenido en humedad nulo. Perfil vertical homogéneo en todas sus características físicas.
-----------	---

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	ML-limo de baja plasticidad con arena.
----------------	---------------	---------------	--

PERFIL TRH-4			
TIPO	Talud en corte.	FECHA	11/08/2017.
DIRECCIÓN	San Martín esq. Fleming.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-4.
COORDENADAS	27°30'00,2" S; 64°51'29,8" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,30m	Capa edáfica arcillo-limosa de color de pardo claro a grisáceo. Restos de raíces vegetales.
0,30 – 1,90m	Limo arcillo-arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo a ocre. Estructura masiva y compacidad blanda. Plasticidad de muy baja a baja. Contenido en humedad de muy bajo a bajo. Cárcavas en superficie decimétricas.
1,90 – 2,20m	Limo arcillo-arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo a pardo oscuro. Estructura masiva y compacidad firme. Plasticidad de muy baja a baja. Contenido en humedad bajo. Cárcavas en superficie de escalas decimétricas.
2,20 – 3,00m	Limo arcillo-arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo a ocre. Estructura masiva y compacidad blanda. Plasticidad de muy baja a baja. Contenido en humedad bajo, aumentando con la profundidad. Cárcavas en superficie de escalas decimétricas.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	ML-limo de baja plasticidad con arena.
----------------	---------------	---------------	--

PERFIL TRH-7			
TIPO	Sondeo manual.	FECHA	12/08/2017.
DIRECCIÓN	Cuadrante NW del área.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-7.
COORDENADAS	27°27'05,8" S; 64°56'55,6" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,20m	Capa edáfica limosa de color pardo claro a pardo. Muy pocos restos de raíces vegetales.
0,20 - 0,80m	Limo arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo. Estructura masiva y compacidad firme. Plasticidad de nula a muy baja. Contenido en humedad muy bajo. Fracción arcilla presente en profundidad y en baja proporción.
0,80 - 2,35m	Limo arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo. Fracción arcilla presente en baja proporción y aumentando progresivamente en profundidad. Estructura masiva y compacidad firme. Plasticidad muy baja y estable en profundidad. Contenido en humedad de bajo a moderado, aumentando progresivamente en profundidad.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	ML-limo de baja plasticidad con arena.
----------------	---------------	---------------	--

PERFIL TRH-9			
TIPO	Talud en corte.	FECHA	16/08/2017.
DIRECCIÓN	Barrio El Salitral.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-9.
COORDENADAS	27°30'37,6" S; 64°50'32,0" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,35m	Capa edáfica limo-arcillosa de color pardo claro. Restos de raíces vegetales.
0,35 – 0,95m	Arena Ø media de color grisáceo y de aspecto seco. Estructura masiva y compacidad suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo.
0,95 – 1,10m	Arcilla de color rojizo. Estructura masiva, nodular hacia el límite inferior. Compacidad muy compacta. Plasticidad baja. Contenido en humedad nulo.
1,10 – 1,80m	Arena Ø fina a media de color gris pardo y de aspecto seco. Estructura masiva y compacidad suelta. Plasticidad nula. Grado de humedad nulo.
1,80 – 2,70m	Arcilla de color rojizo. Estructura masiva, nodular hacia el límite inferior. Compacidad muy compacta. Plasticidad media. Contenido en humedad nulo.
2,70 – 3,45m	Arena Ø media de color grisáceo y de aspecto seco. Estructura laminar (horizontal y centimétrica) y compacidad suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	CL-arcilla de media plasticidad con arena.
----------------	---------------	---------------	--

PERFIL TRH-11			
TIPO	Calicata exploratoria.	FECHA	23/11/2017.
DIRECCIÓN	Barrio Urquiza.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-11.
COORDENADAS	27°29'04,3" S; 64°52'55,5" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,30m	Capa edáfica limo-arcillosa de color pardo. Restos de raíces vegetales.
0,30 – 1,00m	Limo arenoso (arena Ø muy fina) de color ocre y aspecto seco y pulverulento. Estructura masiva y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo. Límite difuso con el nivel inferior.
1,00 – 2,40m	Limo arenoso (arena Ø muy fina a fina) de color de pardo claro. Estructura masiva y compacidad suelta. Plasticidad de nula a muy baja. Contenido en humedad muy bajo.
2,40 – 3,50m	Limo arenoso (arena Ø muy fina a fina) de color pardo claro. Estructura masiva y compacidad suelta. Plasticidad de nula a muy baja. Contenido en humedad de muy bajo a bajo, aumentando con la profundidad.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	ML-limo arenoso de plasticidad nula.
----------------	---------------	---------------	--------------------------------------

PERFIL TRH-13			
TIPO	Calicata exploratoria.	FECHA	24/11/2018.
DIRECCIÓN	RP-3.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-13.
COORDENADAS	27°28'29,6" S; 64°50'42,1" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,90m	Capa edáfica limo-arenosa (arena Ø muy fina) de color gris-ocre. Restos de raíces vegetales.
0,90 – 1,60m	Limo a limo-arenoso (arena Ø muy fina) de color de gris a gris ocre y aspecto seco y pulverulento. Estructura masiva y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo. Nivel homogéneo y masivo.
1,60- 3,10m	Limo arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo rojizo. Estructura masiva y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad de muy bajo a bajo. Presencia de concreciones calcáreas. Nivel homogéneo y masivo.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	ML-limo arenoso con concreciones calcáreas.
----------------	---------------	---------------	---

PERFIL TRH-15			
TIPO	Calicata exploratoria.	FECHA	24/11/2018.
DIRECCIÓN	<i>Finca Medina.</i>	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-15.
COORDENADAS	27°32'07,2" S; 64°51'13,1" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,50m	Capa edáfica limo-arenosa (arena Ø muy fina) de color gris-ocre. Restos de raíces vegetales.
0,50 – 2,50m	Limo a limo-arenoso (arena Ø muy fina) de color de gris a gris ocre y aspecto seco y pulverulento. Estructura masiva y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo. Nivel homogéneo y masivo.
2,50 – 3,40m	Arena Ø muy fina de color pardo rojizo. Estructura masiva y compacidad suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad de muy bajo a bajo. Nivel homogéneo y masivo.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	SM-arena fina a media con material limo-arcilloso.
----------------	---------------	---------------	--

### **6.1.2 Suelos Limo-Arcillosos Subsaturados Moderadamente Compactos y Plásticos** **Niveles freáticos sub-superficiales y superficiales** **Suelos con capacidades de carga bajas y asientos significativos**

Se incluyen en esta unidad los depósitos limosos de edad Holocena y origen eólico que han sufrido alteración in-situ marcada por la presencia de niveles freáticos superficiales. Como consecuencia estos suelos son suelos arcillosos y limo-arcillosos subsaturados. Se extienden de forma circundante al Embalse Río Hondo y en el centro-septentrional del área de estudio, englobando parte del cuadrante Nor-occidental del ejido urbano de la localidad de Las Termas de Río Hondo, no estando esta última delimitación perfectamente establecida. Muestran relieves llanos y deprimidos, con pendientes naturales inferiores al 1 por cien. Son suelos moderadamente erosionables, fundamentalmente por procesos de erosión hídrica.

Esta unidad posee una permeabilidad baja y unas condiciones de drenaje malas. El nivel freático aparece a escasa profundidad y hasta de forma superficial, llegando a ser frecuente la saturación estacional del suelo en superficie y la aparición de zonas de encharcamiento.

Los resultados de Laboratorio de las muestras de suelo recolectadas de esta unidad clasifican estos suelos predominantemente como suelos CL y CH, suelos arcillosos de baja a alta plasticidad con arena, y en menor medida como suelos ML, suelos limosos de baja plasticidad con arena, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S). Son suelos de colores grises, ocre y pardos, en todos los casos con diferentes proporciones de arena muy fina a fina, de estructuras masivas, de ligeramente húmedos o subsaturados por encima del nivel freático a saturados por debajo del mismo, con presencia estacional de sales precipitadas en superficie, de compactidades de blandas a compactas, reduciéndose en profundidad, de consistencias de ligeramente plásticas blandas a plásticas duras y fácilmente excavables por medios mecánicos. La estructura arcillosa y las sales precipitadas confieren cierta estabilidad y cohesión a estos suelos. Los resultados de los ensayos de agresividad a estructuras de cimentación no evidencian características de agresividad con relación a los cementos que se emplean habitualmente en fundación, aunque éste es uno de los factores que debiera implicar estudios previos en cada caso en particular por la potencial salinización de estos suelos consecuencia del clima semiárido que caracteriza la zona y las marcadas fluctuaciones estacionales en la vertical del nivel freático superficial. Puntualmente pueden contener microcristales de yeso en cantidades variables, pudiendo llegar a presentarse agresividades bajas en cuanto al contenido en sulfatos.

El comportamiento geomecánico de esta unidad es malo, con capacidades de carga de bajas hasta casi medias en algunos casos, aunque pudiendo aparecer asientos diferenciales significativos. Se tratan de suelos preconsolidados por desecación, y por lo general los principales problemas geotécnicos estarán ligados a sus características hidrológicas (existencia de agua a nivel de la cimentación, fenómenos de arrastre, etc.) y en segundo lugar a sus características plásticas. Además, como en el caso anterior, en los casos donde los suelos clasifican como suelos ML, suelos limosos de baja plasticidad con arena, pueden presentarse puntualmente limitaciones por colapso o destrucción del estado metaestable de su estructura interna debido a variaciones volumétricas bruscas causadas por cambios en el contenido de humedad o tensionales.

PERFIL TRH-1			
TIPO	Zanja de excavación.	FECHA	09/08/2017.
DIRECCIÓN	Belgrano esq. Buenos Aires.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-1.
COORDENADAS	27°29'37,4" S; 64°52'02,4" O.	PROF. MUESTRA	1,90 m.



0 – 1,25m	Relleno antrópico formado por zorra artificial de limo y arena (arena Ø muy fina) de color pardo claro. Estructura masiva y compacta. Plasticidad baja. Contenido en humedad de bajo a moderado.
1,25 – 1,45m	Capa antrópica asfáltica y compactada de color pardo negruzco a negro.
1,45 – 2,15m	Arcilla arenosa (arena Ø muy fina) de color pardo oscuro. Estructura masiva y compacta muy compacta. Plasticidad baja. Contenido en humedad de moderado a alto, aumentando en profundidad.
2,15 - 2,40m	Arcilla arenosa (arena Ø muy fina) de color pardo oscuro. Estructura masiva y saturada en agua. Compacidad compacta. Plasticidad baja.

NIVEL FREÁTICO	2,15 m.	CLASIF. SUELO	CL-arcilla de baja plasticidad con arena.
----------------	---------	---------------	---

PERFIL TRH-6			
TIPO	Sondeo manual.	FECHA	12/08/2017.
DIRECCIÓN	Chacra al N de la RN-9.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-6.
COORDENADAS	27°27'56,4" S; 64°53'17,1" O.	PROF. MUESTRA	0,80 m.



0 – 0,01m	Nivel de acumulación de sales precipitadas en superficie.
0,01 – 0,85m	Limo arcillo-arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo a ocre. Estructura masiva y compacta. Plasticidad baja. Contenido en humedad de moderado a alto, aumentando progresivamente en profundidad. Presencia de concreciones salinas centimétricas y decimétricas distribuidas de forma regular longitudinal y verticalmente.
0,85 – 1,00m	Limo arcillo-arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo a ocre. Estructura masiva y saturada en agua. Compacidad compacta. Plasticidad baja a moderada. Presencia de concreciones salinas centimétricas y decimétricas.

NIVEL FREÁTICO	0,85 m.	CLASIF. SUELO	ML-limo de baja plasticidad con arena.
----------------	---------	---------------	--

PERFIL TRH-8			
TIPO	Sondeo manual.	FECHA	14/08/2017.
DIRECCIÓN	Prox. <i>Instalaciones Prefectura.</i>	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-8.
COORDENADAS	27°30'55,4" S; 64°54'22,0" O.	PROF. MUESTRA	1,50 m.



0 – 0,40m	Capa edáfica arcillo-limosa de color pardo a pardo oscuro. Restos de raíces vegetales.
0,40 – 1,00m	Limo arenoso (arena Ø fina) de color pardo. Estructura masiva y compacidad firme. Plasticidad nula. Contenido en humedad bajo.
1,00 – 2,00m	Limo arenoso (arena Ø fina) de color pardo. Estructura masiva y compacidad firme. Plasticidad de nula a muy baja. Contenido en humedad de bajo a moderado, aumentando progresivamente en profundidad.
2,00 - 2,35m	Limo arenoso a arena Ø fina de color pardo. Estructura masiva y saturada en agua. Compacidad firme. Plasticidad nula. Presencia de clastos milimétricos subangulosos cuarzosos y subredondeados cuarcíticos.

NIVEL FREÁTICO	2,00 m.	CLASIF. SUELO	ML-limo de baja plasticidad con arena.
----------------	---------	---------------	--

PERFIL TRH-10			
TIPO	Calicata exploratoria.	FECHA	23/11/2017.
DIRECCIÓN	Chaco esq. Necochea.	LITOLOGÍA	Depósitos eólicos.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-10.
COORDENADAS	27°29'43,1" S; 64°52'39,5" O.	PROF. MUESTRA	1,30 m.



0 – 0,30m	Limo arenoso (arena Ø muy fina) de color pardo grisáceo y aspecto seco y pulverulento. Estructura masiva y compacidad suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo.
0,30 – 1,00m	Arcilla areno-limosa (arena Ø fina) de color pardo. Estructura masiva y compacidad moderadamente firme. Plasticidad media. Contenido en humedad de bajo a moderado, aumentando en profundidad. Presencia de manchas de óxido-reducción.
1,00 – 2,00m	Arcilla areno-limosa (arena Ø fina) de color pardo grisáceo. Estructura masiva y compacidad blanda. Plasticidad de media a alta. Contenido en humedad moderado, aumentando en profundidad. Presencia de manchas de óxido-reducción.
2,00 - 2,30m	Arena limosa (arena Ø fina a media) de color pardo grisáceo. Estructura masiva y saturada en agua. Compacidad muy suelta. Plasticidad de muy baja a nula.

NIVEL FREÁTICO	2,00 m.	CLASIF. SUELO	CH-arcilla de alta plasticidad con arena fina.
----------------	---------	---------------	--

### **6.1.3 Suelos Arenosos Flojos y No Plásticos**

#### **Niveles freáticos sub-superficiales**

#### **Suelos con capacidades de carga medias y asientos no significativos**

Se incluyen en esta unidad los depósitos arenosos de edad Holocena y origen fluvial limitados en superficie exclusivamente a las barras y a las márgenes del Río Dulce donde no aflora el sustrato rocoso Terciario. Muestran relieves muy llanos, ligeramente basculados hacia el cauce fluvial, con pendientes naturales inferiores al 1 por cien. Son suelos fácilmente erosionables, fundamentalmente por procesos de erosión-sedimentación hídrica.

Esta unidad posee una permeabilidad alta y unas condiciones de drenaje buenas. El nivel freático aparece a escasas profundidades y hasta muy próximo a la superficie.

Los resultados de Laboratorio de las muestras de suelo recolectadas de esta unidad clasifican estos suelos predominantemente como suelos SP y suelos SM, suelos de arena mal graduada y suelos de arena fina a media débilmente graduada, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S). Son suelos de colores blancos grisáceos y pardos, con presencia de material fino arcilloso dispuesto en láminas milimétricas intercaladas, de estructuras desmoronables, de ligeramente húmedos por encima del nivel freático a saturados por debajo del mismo, de muy flojos y sueltos a flojos, no plásticos y fácilmente excavables por medios mecánicos. Los resultados de los ensayos de agresividad a estructuras de cimentación no evidencian en general características de agresividad con relación a los cementos que se emplean habitualmente en fundación.

El comportamiento geomecánico de esta unidad es bueno, con capacidades de carga medias y asientos no significativos, produciéndose normalmente durante la fase de construcción.

PERFIL TRH-5			
TIPO	Talud en corte.	FECHA	11/08/2017.
DIRECCIÓN	Prox. <i>Planta Municipal Cloacal.</i>	LITOLOGÍA	Depósitos fluviales.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-5.
COORDENADAS	27°28'54,0" S; 64°49'57,8" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,80m	Capa edáfica areno-limosa de color pardo claro a pardo. Restos de raíces vegetales.
0,80 – 1,75m	Arena Ø gruesa a muy gruesa de color grisáceo y de aspecto seco. Estructura laminar (horizontal y milimétrica) y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo. Presencia de clastos centimétricos subredondeados cuarcíticos.
1,75 – 2,25m	Arena Ø muy fina a fina de color grisáceo y de aspecto seco. Estructura laminar (horizontal, cruzada y milimétrica) y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad nulo.
2,25 - 2,90m	Arena Ø gruesa de color grisáceo y de aspecto moderadamente seco. Estructura laminar (horizontal y milimétrica) y compacidad suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad de nulo a muy bajo.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	SP-arena mal graduada.
----------------	---------------	---------------	------------------------

PERFIL TRH-12			
TIPO	Calicata exploratoria.	FECHA	23/11/2017.
DIRECCIÓN	Prox. <i>Camping El Tabique.</i>	LITOLOGÍA	Depósitos fluviales.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-12.
COORDENADAS	27°31'09,2" S; 64°52'33,0" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,40m	Capa edáfica limo-arenosa de color ocre grisáceo. Restos de raíces vegetales.
0,40 – 3,40m	Arena Ø fina, de bien a moderadamente calibrada y de color pardo. Estructura masiva y compacidad suelta. Plasticidad de nula a muy baja. Contenido en humedad moderado. Perfil vertical homogéneo en todas sus características físicas.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	SM-arena fina débilmente graduada.
----------------	---------------	---------------	------------------------------------

PERFIL TRH-14			
TIPO	Calicata exploratoria.	FECHA	24/11/2017.
DIRECCIÓN	Barrio Río Dulce.	LITOLOGÍA	Depósitos fluviales.
LOCALIDAD	Las Termas de Río Hondo.	ID. MUESTRA	TRH-14.
COORDENADAS	27°30'10,3" S; 64°50'52,3" O.	PROF. MUESTRA	2,00 m.



0 – 0,60m	Capa edáfica areno-limosa (arena Ø muy fina) de color gris. Restos de raíces vegetales.
0,60 – 2,30m	Arena Ø muy fina a fina de color pardo. Estructura masiva (algunas laminaciones milimétricas con contenido en arcilla en baja proporción) y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad de nulo a muy bajo. Nivel homogéneo.
2,30 - 2,85m	Arena Ø media, de bien a moderadamente calibrada y de color grisáceo. Estructura masiva y compacidad muy suelta. Plasticidad nula. Contenido en humedad de moderado a alto, aumentando progresivamente con la profundidad.

NIVEL FREÁTICO	No detectado.	CLASIF. SUELO	SM-arena fina a media poco graduada con material limo-arcilloso.
----------------	---------------	---------------	--

**6.1.4 Material es Consolidados de Diferentes Competencias Mecánicas**  
**Niveles freáticos profundos**  
**Suelos con capacidades de carga medias y asientos despreciables**

Se incluyen en esta unidad los únicos materiales consolidados, de edad Pliocena, que afloran en la zona de estudio y cuyos afloramientos se extienden de forma lineal a lo largo de ambos márgenes del Río Dulce, donde la erosión fluvial expone no más de 10 m de sección superior, y de forma aislada y puntual en las barrancas de algunos de los cursos de agua tributarios al mismo, expuestos por el cárcavamiento. Hacia los límites Norte y Sur de la zona de estudio, coincidiendo con la manifestación de relieves ligeramente ondulados, estos materiales se encuentran cubiertos por depósitos limosos no consolidados de origen eólico con potencias de poca magnitud y variables, generalmente dentro del orden decimétrico. Este aspecto queda reflejado en el mapa final de Aspectos Geotécnicos del Terreno, diferenciándose los materiales consolidados que aparecen aflorando en superficie de los que aparecen de forma somera o a poca profundidad. En el primero de los casos muestran relieves más o menos abruptos, con pendientes naturales medias superiores al 20 por cien y hasta secciones casi verticales. Presentan moderado grado de resistencia a la erosión, observándose fenómenos de rotura y desprendimientos puntuales de bloques por meteorización física y acumulaciones de rocas sueltas en disposición caótica en la base de las laderas. En el segundo de los casos muestran relieves ligeramente ondulados, con pendientes naturales en torno al 2 por cien. Los suelos suprayacentes son fácilmente erosionables, tanto por procesos de erosión hídrica como por procesos de erosión eólica.

La permeabilidad de esta unidad en su conjunto es baja y sus condiciones de drenaje son malas, encontrándose limitadas a las discontinuidades del material rocoso (diaclasas, fracturas, etc.). No se reconocen niveles acuíferos a escasa profundidad.

Los materiales que componen esta unidad fueron identificados como alternancias de materiales de diferentes competencias mecánicas (Figuras 6.6. y 6.7.).



**Figuras 6.6 y 6.7.** *Detalle de la alternancia de materiales de diferentes competencias: limos y arcillas consolidadas blandas y niveles areniscosos moderadamente duros y competentes.*

Se reconocen capas de espesores decimétricos de limolitas y limolitas arcillosas bastante consolidadas, de consistencias de rocas blandas, y de colores rojizos y pardos rojizos, con niveles duros más arenosos, y capas de espesores centimétricos hasta decimétricos de arcillitas blandas de colores pardos oscuros. Rasgos que caracterizan las limolitas de esta unidad son su color rojizo, que indicaría la presencia de óxidos de hierro, y la presencia en su estructura de granos milimétricos de yesos diseminados y calcáreos.

En las barrancas de los cursos de agua tributarios y márgenes del Río Dulce se puede identificar de forma ocasional un banco de toba blanca, con cristales milimétricos de mica negra, que forma parte del tramo superior de esta secuencia de materiales. La consistencia de esta roca varía de roca muy blanda y deleznable a roca blanda.

A grandes rasgos, las rocas de esta unidad se encuentran fracturadas y diaclasadas, con varias familias de diaclasas y con distintas direcciones a modo de enrejado. Estas discontinuidades actúan como superficies de debilidad. También es frecuente el relleno de las mismas con cristales de yeso, producto de la circulación y deposición del agua subterránea cargada de dichas sales. No se disponen para el presente estudio resultados de ensayos de agresividad a estructuras de cimentación, aunque éste es uno de los factores que debiera implicar estudios previos en cada caso en particular, en especial en cuanto al contenido en sulfatos, dada la naturaleza diaclasada de estas rocas y los rellenos de yeso observados en las mismas.

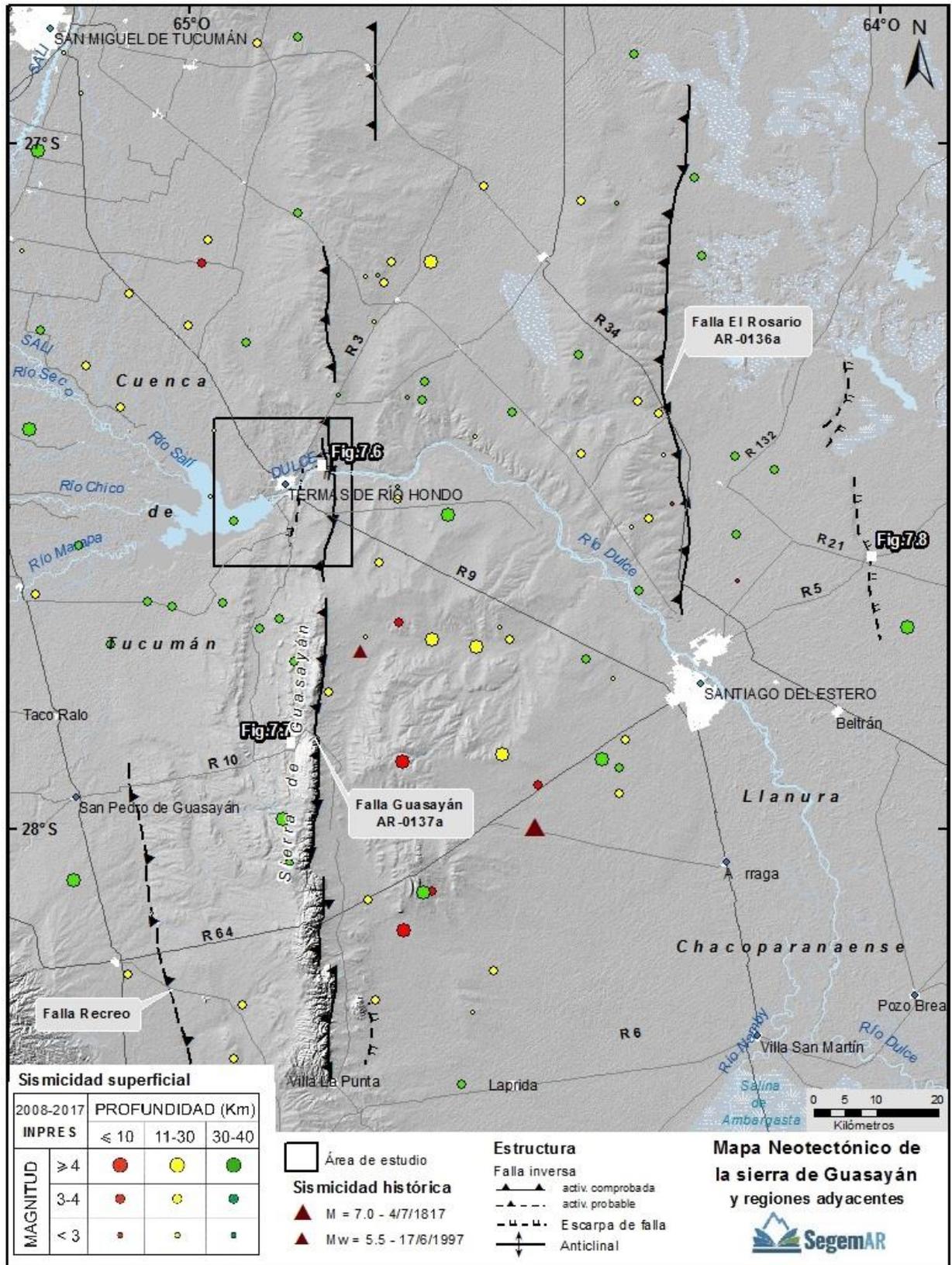
El comportamiento geomecánico de esta unidad es de regular a bueno, con capacidades de carga medias y asentamientos despreciables, siempre y cuando se refiera a la roca sana. Sin embargo, y debido a las variaciones de competencia mecánica de materiales que caracterizan esta unidad,

pueden darse puntualmente asientos de pequeña magnitud, debiéndose evitar las rocas tobáceas, de consistencias blandas y deleznales, como terrenos de fundación directa o próxima. Otros problemas geotécnicos asociados a esta unidad son los desprendimientos de bloques rocosos en ubicaciones de borde y siempre a partir de las direcciones de ruptura.

## **7 NEOTECTÓNICA Y SISMICIDAD**

Los resultados que se exponen en este capítulo son el resultado del trabajo en gabinete a partir del análisis de la documentación bibliográfica de trabajos previos realizados en la zona, de la interpretación de los datos Raster en sus distintos formatos (mapa de sombreado derivado del DEM SRTM del IGN, de 30 de resolución espacial; fotogramas aéreos a escala 1:50.000; imágenes satelitales, SPOT y LANDSAT; imágenes de Google Earth) y del trabajo de campo realizado los primeros días de agosto de 2017.

El mapa neotectónico (Figura 7.1.) se presenta a escala 1:750.000 y, reúne todas aquellas estructuras con deformación neógena y cuaternaria identificadas como potenciales fuentes sísmogénicas en el contexto regional que incluye la localidad de Las Termas de Río Hondo. Así también se consideraron los eventos sísmicos registrados ([www.inpres.gob.ar](http://www.inpres.gob.ar)) entre las latitudes de 26°45'S y 28°30'S y las longitudes de 63°45'O y 65°15'O ya que, como es sabido, sus consecuencias y posibles daños tendrían alcances regionales.



**Figura 7.1.** Modelo digital de elevación del terreno sobre el que se indican las fallas con deformación cuaternaria reconocida y en líneas discontinuas las escarpas de falla fotointerpretadas. Los cuadrados blancos corresponden a la ubicación de las fotografías, Figuras 7.6 a 7.8.

## 7.1 Marco Geológico y Tectónico Regional

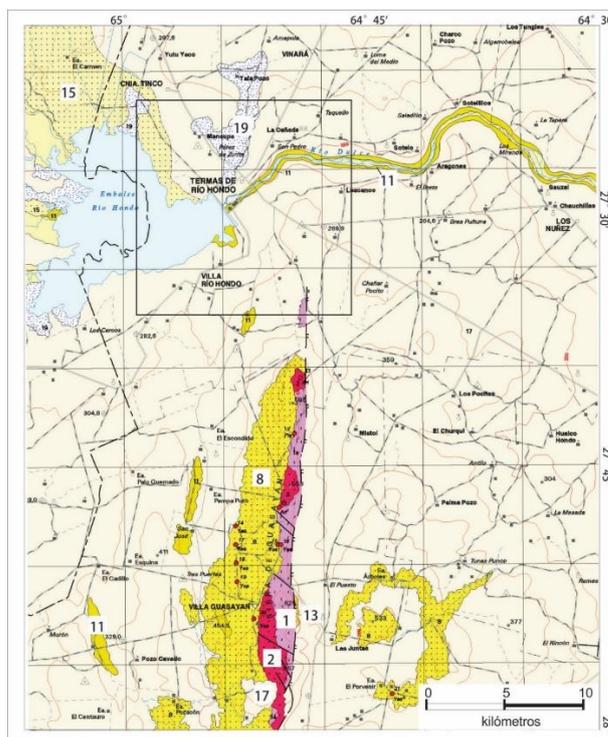
### 7.1.1 Geología

El basamento de la cuenca de Tucumán aflora en sus márgenes, gracias al levantamiento de las sierras que la enmarcan. Está constituido por rocas metamórficas de bajo a mediano grado de edad precámbrica y graníticas del Paleozoico inferior sobre las que se apoyan, en discordancia, areniscas (Formación Los Cerrillos) y vulcanitas (Formación Ichagón) del Cretácico inferior, de poca extensión areal.

Luego, sobre el basamento o sobre los depósitos cretácicos y en discordancia angular, se observa una potente secuencia de sedimentos neógenos. El Mioceno, representado por la unidad Calchaquense (miembro inferior marino) aflora en la sierra Guasayán como formación Guasayán (Figura 7.7.) y en el Sur como su equivalente formación Choya. Por encima se desarrolla la unidad Araucanense (miembro superior continental) del Plioceno representada por la formación Las Cañas (Battaglia 1982 y Pomposiello *et. al.*, 2002). Afloramientos continuos de esta unidad se los encuentra a lo largo de aproximadamente 55 km en ambas márgenes del río Dulce aguas abajo del embalse de Río Hondo (Figura 7.6a).

Finalmente, en el sector del piedemonte oriental de la sierra de Guasayán, se desarrollan los depósitos Pleistocénicos de gravas y arenas con intercalaciones de bancos loésicos arenosos (Formación Concepción). La secuencia geológica finaliza con los depósitos aluviales actuales distribuidos según la configuración de la red de drenaje conocida.

La Figura 7.2. que corresponde a un sector de la Hoja geológica 2766-IV “Concepción” (Dal Molin *et. al.*, 2003) mapeada a escala regional, ha sido incluida en este apartado a fin de ilustrar la distribución de las unidades geológicas presentes en el área.



Las unidades aflorantes en este sector del mapa son: 1 y 2. Basamento ígneo-metamórfico, 8. Formación Guasayán, 11. Formación Las Cañas, 13. Formación Concepción, 15. Depósitos aluviales, 17. Depósitos eólicos, 19. Depósitos salinos. Se indica con un recuadro el área de estudio.

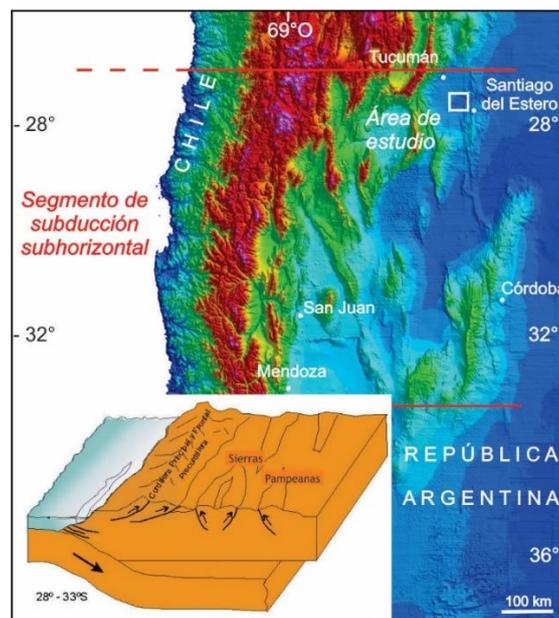
Figura 7.2. Mapa geológico (modificado de Dal Molin *et. al.* 2003).

### 7.1.2 Tectónica

El área que nos ocupa se ubica en el límite oriental de la cuenca de Tucumán. Esta depresión estructural se sitúa al pie de la Cordillera de los Andes en el sector Norte del segmento Pampeano de subducción subhorizontal (Figura 7.3.) que se desarrolla entre los 27° y 33° de latitud Sur aproximadamente, donde la placa de Nazca se introduce por debajo de la Sudamericana con un bajo ángulo de inclinación (5°).

Pocos kilómetros al Sur de la localidad de Las termas de Río Hondo se sitúa la sierra de Guasayán, elevación que separa la cuenca de Tucumán de la llanura Chacoparanaense (Figura 7.1.). Esta sierra de rumbo meridiano, que actuó como un alto estructural durante la orogenia paleozoica (Cristallini *et. al.*, 2004) tiene una elevación máxima de 717 m s.n.m. y un perfil asimétrico con su ladera oriental, escarpa de falla, más angosta y de mayor pendiente que la occidental, además de estar más incidida por la erosión fluvial.

Estudios de varios autores de la cuenca de Tucumán nos permiten tener un panorama de la configuración estructural de la misma y de su cinemática. Cristallini *et. al.* (2004) reprocesan e interpretan varias secciones sísmicas de diferentes estudios centradas en profundas fallas y despegues. Pacheco *et. al.* (2000) presentan un croquis de los dominios de cuenca a partir de la interpretación de secciones sísmicas. Para describir la forma y la profundidad de la cuenca Pomposiello *et. al.* (1993) realizan estudios gravimétricos mientras que Favetto *et. al.* (2007) se valen de la magnetoteluria. Iaffa (2011) describe las estructuras y evalúa la influencia de la reactivación e inversión de fallas en la evolución de la cuenca. Recientemente Gutiérrez *et. al.* (2017), basados en macroindicadores tectónicos y datos estructurales de campo, atribuyen a las Salinas Grandes y de Ambargasta una génesis producto del desplazamiento lateral derecho de cizallas paralelas, procesos aún vigentes.



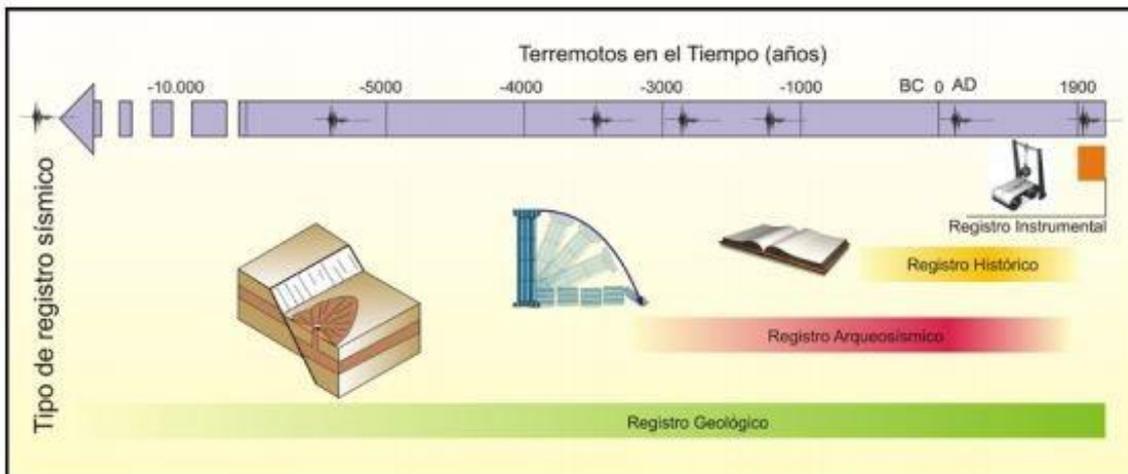
**Figura 7.3.** Esquema donde se muestra la ubicación de la zona de trabajo en el contexto de subducción de la placa de Nazca.

La estructura actual de la cuenca de Tucumán es el resultado de distintos procesos. Durante el Paleozoico estuvo sometida a deformaciones compresionales que evolucionaron hacia un período de ruptura y fragmentación durante el Cretácico y una etapa de antepaís durante el Cenozoico tardío (Iaffa et. al. 2011). Desde el Mioceno se manifiestan, especialmente en los márgenes de la cuenca, procesos de inversión tectónica que configuran la actual forma de la cuenca Tucumán.

El levantamiento de la sierra de Guasayán durante el Pleistoceno fue el responsable de la fragmentación de la cuenca de Tucumán y de su evolución hacia una cuenca de piggy back (Cristallini et. al., 2004; Drozdowski y Mon, 1999; Iaffa et. al., 2011; Pacheco et. al., 2000).

## 7.2 Sismicidad

Expresa el nivel de ocurrencia de sismos en el espacio y en el tiempo, para una región determinada ([www.inpres.gob.ar](http://www.inpres.gob.ar)). Para su correcta evaluación deben tenerse en cuenta las diferentes fuentes de información disponibles que nos brindan una cobertura completa en el tiempo (Figura 7.4.) de los eventos sísmicos ocurridos. Así, mientras que a partir de la sismicidad instrumental contamos con registros desde principios del siglo pasado, dependiendo de la región del planeta, con los registros históricos y arqueológicos ampliamos considerablemente esta información. Y, tal como se observa en la Figura 7.4., el registro geológico es el más completo, el que alcanza toda la ventana sísmica de observación temporal.



**Figura 7.4.** Escala de alcance temporal de las diferentes fuentes de información sobre sismicidad. De menor a mayor duración: registro instrumental, histórico, arqueológico y geológico.

### 7.2.1 Sismicidad Instrumental

Se han seleccionado aquellos sismos registrados por el INPRES ([www.inpres.gob.ar](http://www.inpres.gob.ar)) cuyas profundidades focales no superan los 40 kilómetros, es decir, aquellos considerados superficiales para esta zona del país (región andina). Aquí no hay registro de sismos de foco intermedio y aquellos cuyos hipocentros se ubican a más de 500 km de profundidad se distribuyen en una franja submeridiana, fuera del área estudiada, varios kilómetros hacia el Este.

Los epicentros de los 102 eventos sísmicos superficiales ocurridos durante los últimos diez años (período enero de 2008 a noviembre de 2017) muestran una distribución aleatoria sin un patrón a destacar (Figura 7.1.). Se presentan en forma combinada según la profundidad y la magnitud del evento, siendo los círculos rojos los más superficiales, cuyo hipocentro se ubicó a menos de 10 km, los amarillos entre 11 y 30 km y los verdes entre 30 y 40 kilómetros. Mientras que el tamaño de los círculos representa las magnitudes, a mayor tamaño, mayor magnitud.

Según la zonificación sísmica del INPRES (Figura 7.5.), que consideran una escala entre “muy reducida” (0) y “muy elevada” (4), la localidad de Termas de Río Hondo y alrededores corresponde, de Oeste a Este, a una peligrosidad “media” (2) y “reducida” (1).

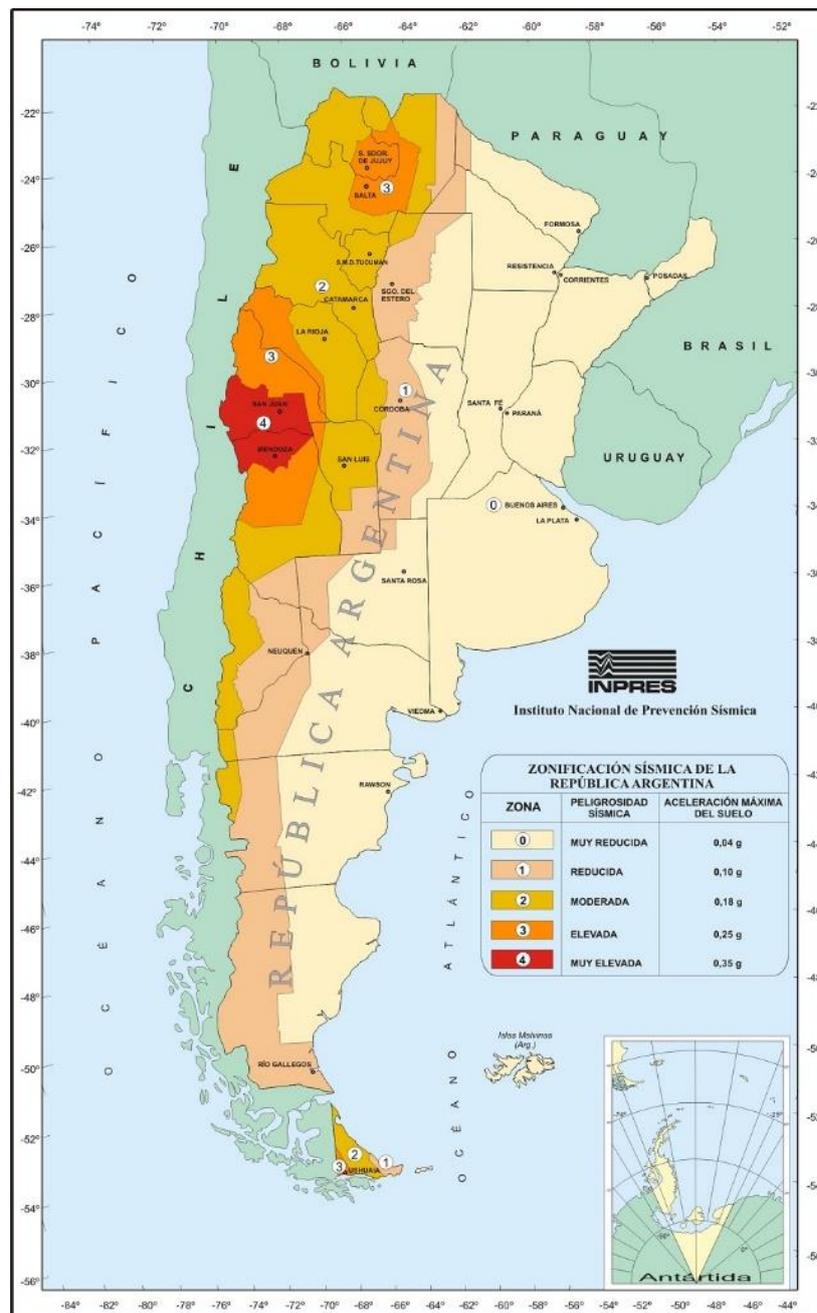


Figura 7.5. Mapa de zonificación sísmica de La República Argentina. Tomado de INPRES (2018, [www.inpres.gov.ar](http://www.inpres.gov.ar))

### **7.2.2 Sismicidad Histórica**

Es importante tener en cuenta la ocurrencia de los terremotos considerados históricos. Estos han sido de mayor magnitud y en consecuencia más dañinos que los que se registran en los últimos años. A continuación, se citan los dos que han sido sentidos por la población y que fueron responsables de daños materiales en las ciudades afectadas.

Hace doscientos años, el 4 de julio de 1817 a las 20:30 en las cercanías de la ciudad de Santiago del Estero se produjo el terremoto más antiguo y dañino de la región. Se estimó una intensidad de VIII grados Mercalli y una magnitud de 7,0 en la escala de Richter. El hipocentro fue localizado a los 28°00' de latitud S y los 64°30' de longitud O y a 30 km de profundidad ([www.inpres.gob.ar](http://www.inpres.gob.ar)). Hace doscientos años la población de la ciudad de Santiago del Estero era de ocho mil habitantes. Se reportaron daños en el Norte de la ciudad, donde se agrietó el suelo y hasta se desplomaron casas y edificios públicos, entre ellos el templo de La Merced y la Catedral. Los temblores duraron alrededor de una semana, tuvo réplicas cada 4 horas, hasta el día 9. No hubo rupturas (fallas) en superficie, pero según los dichos de los pobladores “la tierra se agrietó y hubo expulsión de arena y piedras”, se interpreta que el sismo produjo la licuefacción del sustrato arenoso.

El 17 de junio de 1997 a las 19:15 hs. se registró un fuerte sismo cuyo epicentro se localizó al pie de la sierra de Guasayán (27° 44' 38,4" de latitud S y 64°45' 10,8" de longitud O) con una intensidad máxima estimada de VI grados en la escala Mercalli modificada y una magnitud Mw= 5,5 grados. En esa oportunidad se reportaron daños en la localidad de Las Termas de Río Hondo, tales como grietas en las paredes y techos de las viviendas y locales comerciales, como así también cortes en el suministro eléctrico y en las comunicaciones ([www.inpres.gob.ar](http://www.inpres.gob.ar)). También fue sentido en Santiago del Estero, Tucumán y Catamarca.

### **7.3 Neotectónica. Potenciales Fuentes Sismogénicas**

La tectónica reciente, desde el Mioceno al presente, es lo que se conoce como neotectónica. También denominada tectónica cuaternaria o neógena. Contempla, según la disponibilidad de recursos y los objetivos del estudio, el análisis morfotectónico, estructural, estratigráfico y geofísico de la región a evaluar.

Las estructuras con deformación neógena que describiremos a continuación representan, a estas latitudes, la propagación más oriental de la deformación andina. Son fallas inversas de orientación submeridiana, de extensión regional. En general no aflorantes, salvo la más importante que se extiende a lo largo del quiebre de pendiente oriental de la sierra de Guasayán.

A partir de la evaluación de los antecedentes cartográficos y bibliográficos y de la fotointerpretación con un expeditivo chequeo de campo, fueron identificadas tres estructuras cuaternarias principales, a decenas de kilómetros de la localidad de TRH (Figura 7.1.) y algunas escarpas de falla. Las fallas inversas con orientación general submeridiana son, de Oeste a Este, la Falla Recreo, la Falla Guasayán y la Falla El Rosario, también conocida como Falla Clodomira

(Cristallini *et. al.* 1997, 2004; Gutiérrez *et. al.* 2017). Dos de ellas, la Falla Guasayán (AR-0137a) y la Falla El Rosario (AR-0136a), ya fueron incluidas en el Sistema de Información Geográfica de las Deformaciones Cuaternarias de la República Argentina a escala 1:250.000 (Casa *et. al.* 2014) actualmente disponible en la web del SEGEMAR (<http://sigam.segemar.gov.ar/>).

### **7.3.1 Falla Guasayán**

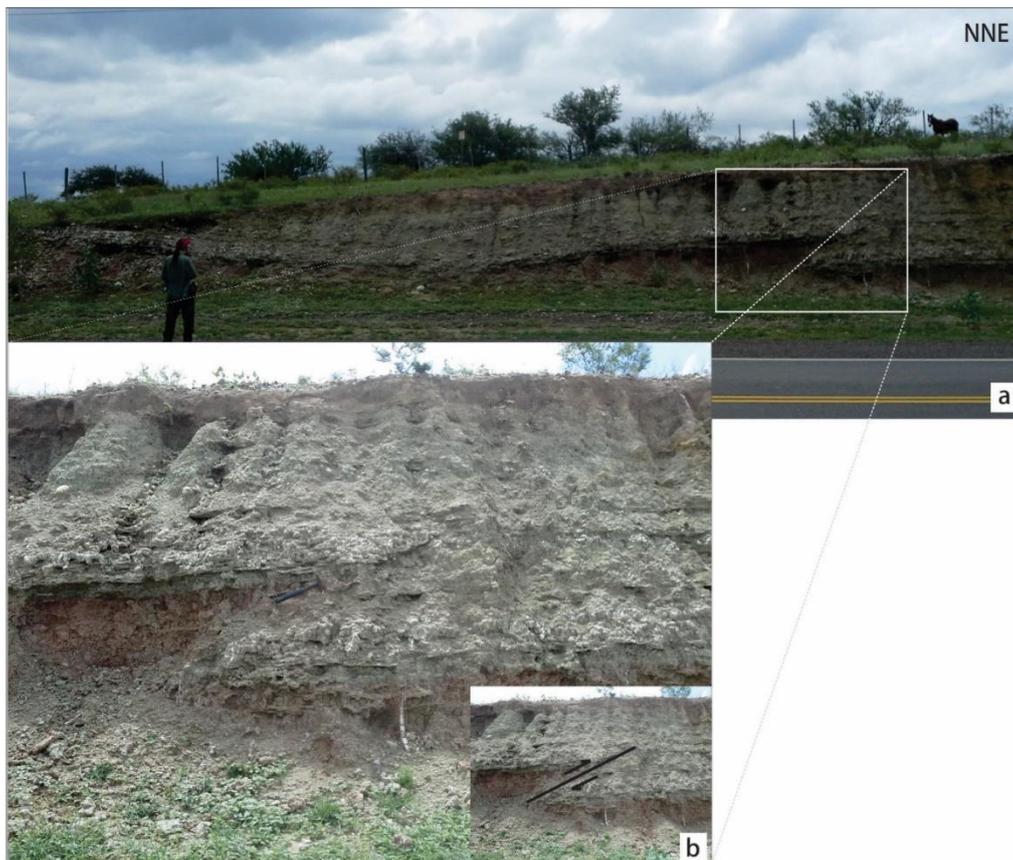
La estructura más relevante de la región es la falla de Guasayán. Es una falla inversa cuyo plano inclina 45° al Oeste (Cristallini *et. al.*, 2004) que pone en contacto al basamento granítico metamórfico con los depósitos Cuaternarios. Su traza de rumbo Norte-Sur, es marcadamente rectilínea y segmentada. Se extiende a lo largo de 300 kilómetros desde la localidad de Villa La Punta, en el extremo Sur, hasta aproximadamente la latitud de la ciudad de San Miguel de Tucumán. Los primeros 80 kilómetros, desde el Sur, aflora en el quiebre de pendiente oriental de la sierra de Guasayán, al pie de la escarpa de falla. Hacia el Norte, la estructura es ciega y se asocia, al Norte del río Dulce, a un anticlinal asimétrico de vergencia oriental desarrollado en las sedimentitas neógenas (Figura 7.6a y c) donde se observan bancos con estratificación convoluta producto de la licuefacción de arenas (Figura 7.6d). En las barrancas de la margen izquierda del río Dulce (ver ubicación Figura 7.6. en Figura 7.1.) la zona de charnela del anticlinal presenta un enrejado de fracturas y diaclasas densamente distribuidas.

En el extremo Norte, fuera del área de estudio, el acortamiento producto del corrimiento Guasayán se resuelve en la dorsal de la Mujer Muerta y del Alto de Tacanas (Cristallini *et. al.*, 2004).

En el bloque alto de la estructura principal, al Oeste de Villa Guasayán, en un corte sobre la ruta provincial N° 10 (R10, Figura 7.1.), se observa una secuencia de bancos de pelitas verdes y rojas intercalados con depositaciones de yeso en capas tabulares de hasta 20 cm de espesor y en venas verticales, afectada por estructuras neógenas compresivas (Figura 7.7.). Una falla inversa menor (Figura 7.7b) que inclina al Sur genera un rechazo aparente de 130 cm sobre el plano de falla.



**Figura 7.6.** Depósitos neógenos (Formación Las Cañas) sobre la margen Norte del río Dulce. (a) Visual hacia el Norte-Noroeste del flanco occidental del anticlinal. (b) Limolitas arcillosas con intercalaciones de areniscas intensamente fracturadas en la zona del eje del anticlinal. (c) Flanco oriental del anticlinal. (d) Estratificación convoluta. Ubicación en la Figura 7.1.



**Figura 7.7.** Corte en depósitos neógenos (Formación Guasayán) sobre ruta provincial N°10 (a). Detalle donde se observa una falla inversa menor con inclinación Sur (b). Ubicación en la Figura 7.1.

### **7.3.2 Falla El Rosario (Falla Clodomira)**

Esta estructura neógena de primer orden de alrededor de 300 kilómetros de longitud representa el actual frente orogénico de deformación andina (Cristallini *et. al.*, 2004). Su actividad durante el Cuaternario se ve acreditada por su expresión morfológica, el aumento en la erosión en el área de Río Hondo y por los 500 metros de separación (offset) de los depósitos neógenos observados en las secciones sísmicas. Así también Cristallini *et. al.* (2004) identificaron una serie de ramificaciones en superficie que a nuestro criterio podrían corresponderse con las escarpas mapeadas a oriente de su traza a la altura de la Ruta Provincial N° 5 (R5, Figura 7.1. y 7.8.). Las modificaciones antrópicas del paisaje (agricultura, infraestructura vial, etc.) enmascaran y hasta eliminan su posible expresión morfológica.

Recientemente Gutiérrez *et al.* (2017) mencionan la existencia de una estructura a la que denominan falla Clodomira. A nuestro criterio, dicha estructura, por su ubicación y por su geometría y cinemática, sería la proyección hacia el Sur de la que Cristallini *et al.* (2004) definieron con el nombre de falla El Rosario.



**Figura 7.8.** Escarpa de falla con ladera al Este, de orientación submeridiana. Las flechas muestran su expresión morfológica. Ubicación en la Figura 7.1.

### **7.3.3 Falla Recreo**

Se trata de una falla inversa con plano inclinado al Este y bloque hundido al Oeste (Gutiérrez *et. al.*, 2017). Durante el trabajo de campo se intentó, sin buenos resultados, buscar evidencias directas de la estructura a la altura de la localidad de San Pedro de Guasayán. Gutiérrez *et al.* (2017) refieren para esta estructura una cinemática inversa con desplazamiento de rumbo derecho.

Al Norte de esta estructura Iaffa *et al.* (2001), a partir del análisis de secciones sísmicas, describen una serie de corrimientos ciegos de alto ángulo en el basamento con vergencia occidental que se propagan en superficie como anticlinales y sinclinales de baja amplitud que afectan toda la secuencia neógena.

#### **7.3.4 Escarpas de Falla**

A partir del análisis de fotogramas aéreos e imágenes satelitales se han identificado una serie de escarpas de falla. Al Noreste de la ciudad de Santiago del Estero se observa un resalto topográfico en los depósitos loésicos Cuaternarios asociado a una estructura submeridiana subparalela a la falla El Rosario (Figura 7.8.).

Pocos kilómetros al Este de la localidad de Beltrán se observa un resalto topográfico de pocos metros que podría asimilarse a la continuación hacia el Sur de la escarpa ilustrada en la Figura 7.8.

#### **7.4 Conclusiones**

Se considera que la magnitud umbral para que un terremoto cortical en el contexto sismotectónico de las Sierras Pampeanas genere deformaciones primarias en superficie, debería ser  $M > 7,5$  (Costa 2005). La sismicidad instrumental e histórica ( $M < 7$ ) reportada en el área no ha sido asociada a ninguna ruptura superficial. Se ha vinculado el terremoto de Santiago del Estero de 1817 con deformaciones secundarias, procesos de licuefacción ocurridos, en la zona Norte de la ciudad homónima.

Sobre la base de la recopilación de información bibliográfica y cartografía y de un expeditivo trabajo de campo del límite oriental de la cuenca de Tucumán se identificaron las siguientes estructuras como potenciales fuentes sismogénicas: falla Guasayán (AR-137a), falla El Rosario (AR-0136a), falla Recreo y los pliegues y escarpas de falla asociadas. Estas deformaciones cuaternarias y neógenas descritas nos llevan a sospechar un potencial sismogénico mayor que el considerado actualmente y por lo tanto la probabilidad que un terremoto fuerte con epicentro en la región, exceda las aceleraciones esperadas, afectando en mayor grado a las construcciones edilicias, dado que, probablemente la resistencia de las mismas sería menor a la que deberían tener.

El peligro sísmico de un área en particular es la probabilidad de que ocurra una determinada amplitud de movimiento del suelo en un intervalo de tiempo fijado y depende principalmente del nivel de sismicidad de cada zona ([www.inpres.gob.ar](http://www.inpres.gob.ar)). Según el Mapa de Zonificación Sísmica de la República Argentina se individualizan 5 zonas con diferentes niveles de Peligro Sísmico. La aceleración máxima del suelo para la zona ampliada estudiada (Figura 7.1.) sería de Este a Oeste de 0,10 g a 0,18 g (Figura 7.5.).



## **8 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA**

En el presente capítulo se analizan los aspectos relevantes sobre las aguas superficiales y subterráneas en relación al Ordenamiento Territorial en la localidad de Las Termas de Río Hondo.

Como su nombre lo indica, en la Localidad de Las Termas de Río Hondo, el agua subterránea presenta características particulares en cuanto a su temperatura (termalismo) y condición (surgente). El recurso ha sido utilizado desde hace muchos años. Tiempo atrás, a través de las vertientes naturales y más recientemente por medio de perforaciones para la realización de baños de carácter terapéutico. Las primeras perforaciones someras en el área datan de la década del 30, realizadas por el denominado, en aquel entonces, Servicio Hidrogeológico que dependía de la Dirección General de Minas y Geología del Ministerio de Agricultura. En la actualidad no es precisa la cantidad de perforaciones existentes en Las Termas de Río Hondo y zonas aledañas, sin embargo, se estima en aproximadamente 8000 captaciones (Municipalidad Las Termas de Río Hondo, com. per). La mayoría de las manifestaciones termales de la ciudad corresponden a pozos surgentes artesianos y o explotados mediante bombas, que varían en profundidad de 40 a 300 metros de profundidad (siendo la profundidad promedio 200 metros), registrándose temperaturas en boca de pozo entre 27° y 55°C.

La ciudad de Las Termas de Río Hondo constituye un centro turístico termal que se ha transformado, a través de los años en un balneario tradicional y uno de los más importantes de la Argentina y de Sudamérica. Cerca de 200 establecimientos hoteleros conforman su sobresaliente infraestructura de más de 14.000 plazas, complementadas por casas, departamentos y campings. En la última década la localidad ha tenido un crecimiento importante, potenciado por la construcción de un autódromo de primer nivel, el aeropuerto, y nuevos emprendimientos turísticos.

El turismo en la localidad tiene gran proyección incluso a nivel internacional, pero ante esta perspectiva, aparece el problema de la gestión del uso del agua, particularmente la subterránea, fuente central del atractivo único de Las Termas de Río Hondo.

En este contexto se analiza la problemática de la región, y por medio de un estudio de campo y muestreo sistemático de aguas y censo de perforaciones se busca evaluar el estado actual del recurso, comprender el comportamiento hídrico e hidrogeológico de la cuenca a fin de estimar conceptualmente la vulnerabilidad del recurso, identificar los principales problemas que afectan al mismo (contaminación, sobreexplotación, etc.) y finalmente presentar las recomendaciones de uso para la debida gestión territorial y del recurso.

En el marco del convenio que SEGEMAR realizó junto al Municipio de Las Termas de Río Hondo donde se realiza el presente Estudio de Ordenamiento Territorial, se efectuó de manera simultánea el “Estudio Hidrogeológico en Termas de Río Hondo” donde se analiza en profundidad la hidrogeología de la región. En el mismo se apoya la mayor parte de este apartado. Los profesionales participantes por parte del SEGEMAR fueron la Geól. María Laura Lamarca y la Lic. Amanda Galar, como apoyo el Hidrogeólogo Senior Lic. Carlos Scatizza. También en las tareas de

muestreo y análisis de Laboratorio los técnicos del INTEMIN Alejandro Díaz y Daniela Cirello. Se contó con la colaboración de instituciones, comercios y particulares, la Municipalidad de Las Termas de Río Hondo, los Laboratorios DIOSE e INTEMIN, y empresas perforistas de Las Termas de Río Hondo.

Para la realización del estudio hidrogeológico de Las Termas de Río Hondo, se abordó en primera instancia un área de análisis regional en donde se puede apreciar y comprender el comportamiento y las características de la cuenca hidrográfica del Río Salí-Dulce. Posteriormente, los trabajos se centralizaron dentro del entramado urbano y sus inmediaciones, en una escala de detalle.

El área general de estudio está comprendida dentro de las provincias de Tucumán y Santiago del Estero (Figura 8.1.), abarcando una superficie de unos 11.000 km<sup>2</sup>, entre los 27° y 28° de latitud Sur y los 64 y 65,5° de longitud Oeste. Incluyendo los departamentos de Graneros, Simoca, Monteros, Leales, Chiligasta, Río Chico, La Cocha y Alberdi, de la provincia de Tucumán; y los departamentos de Banda, Río Hondo, Guasayán, Jiménez y Capital en el sector santiaguense.

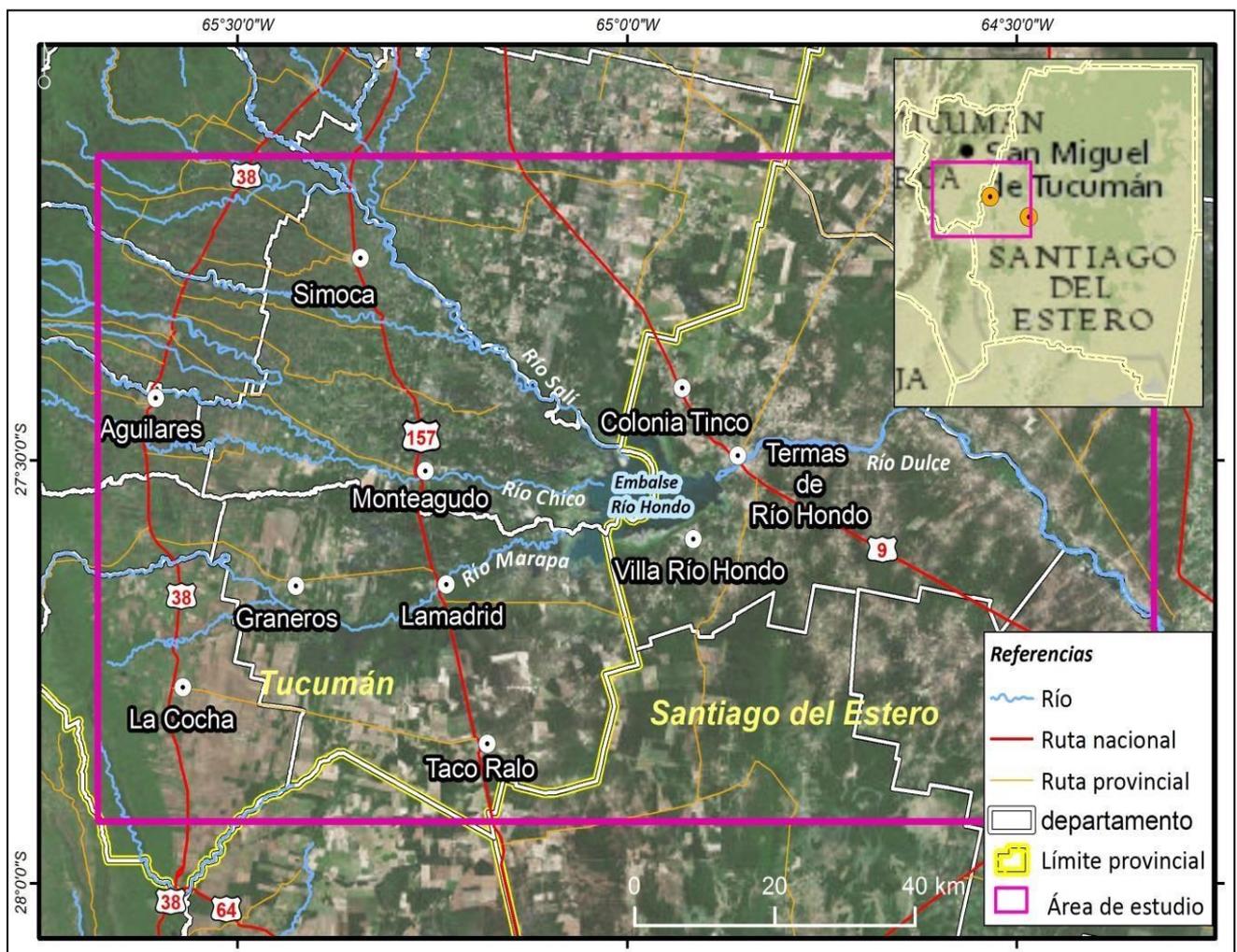


Figura 8.1. Área general de estudio y situación geográfica.

La topografía en la zona de estudio es variable con las máximas alturas en las Sierras del Aconquija al Noroeste de la cuenca, donde se sitúan los cerros Ñuñorco Grande (3.273 m s.n.m.) y Chico (2746 m s.n.m.), y al Sur donde se encuentra el cerro El Divisadero (1.906 m s.n.m.); disminuyendo hacia el Este y Sudeste, con valores cercanos a los 250 m s.n.m. en la planicie actual del Río Dulce.

El área de estudio detallado se encuentra comprendida entre los 27° 24' y 27° 37' de latitud S, y los 64° 46' y 64°57'45" de longitud O (Figura 8.2.).



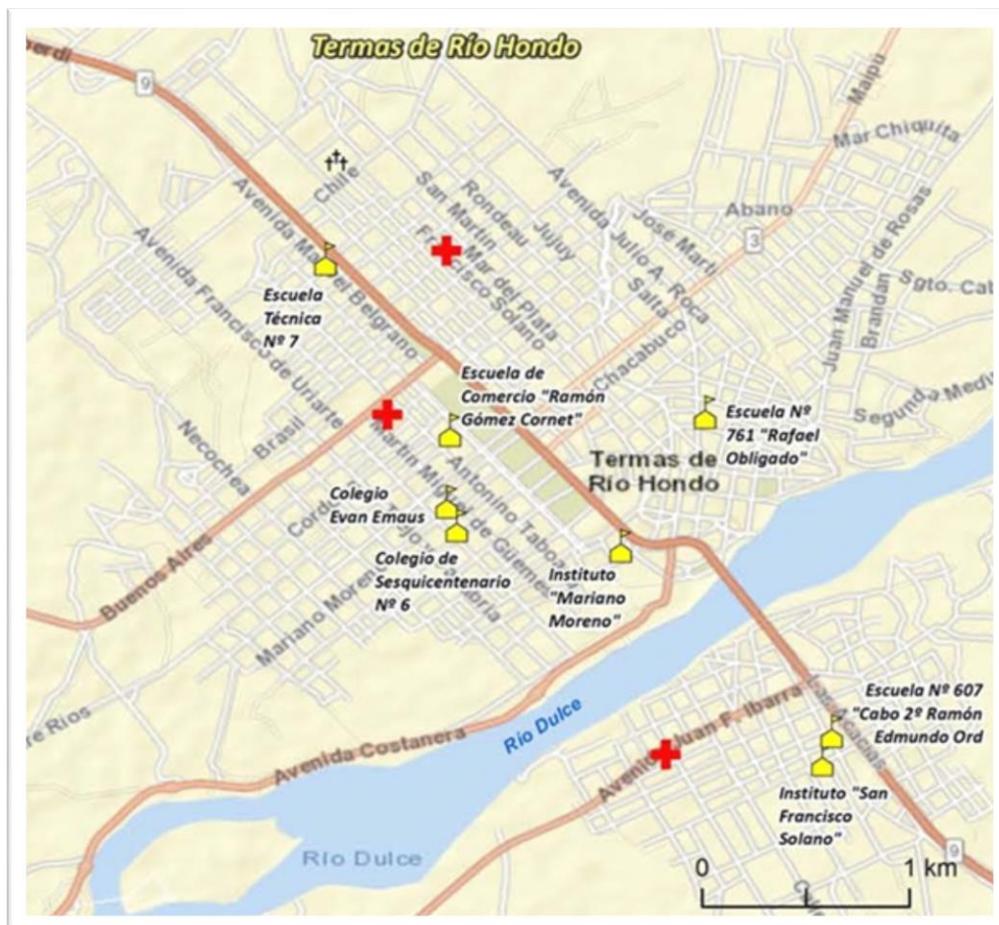
**Figura 8.2.** Área de estudio detallado.

Como se menciona en el capítulo de geomorfología, presenta un paisaje de suaves lomadas acompañada en gran proporción por un relieve de planicie. El desnivel topográfico es escaso, ya

que las cotas oscilan entre 345 y 245 m s.n.m., registrándose la región más alta en el sector Sur de la zona, en las estribaciones septentrionales de la Sa. de Guasayán y la zona topográficamente más baja se localiza en el centro del área en la planicie aluvial del Río Dulce, descendiendo el nivel de Oeste a Este. La altura media el área de estudio es de aproximadamente 285 m s.n.m., con una pendiente media inferior al 2%. Las pendientes moderadas a altas, mayores de 6% llegando al 20% se ubican en las escarpas abruptas del Río Dulce, aunque en el resto del área predominan pendientes bajas a muy bajas, registrándose pendientes de 0,5% e inferiores en varios sectores bajos de la zona.

El embalse y el Dique Frontal Río Hondo conforman de los principales rasgos de la ciudad. Compartido con la provincia de Tucumán y recibiendo casi todos sus afluentes de ésta, el lago posee una extensión de 19 km de largo por 17 km de ancho. Además de proveer energía hidroeléctrica y agua para riego, el embalse se ha convertido en un atractivo turístico con fines recreativos y deportivos.

La localidad de Las Temas de Río Hondo (Figura 8.3.) se encuentra en las márgenes del Río Dulce y del Embalse de Río Hondo, a 76 Km de la capital provincial y a 1.150 km de Buenos Aires. Se accede por medio de la RN N° 9 y RP N° 333 por vía terrestre o por vía aérea mediante el Aeropuerto Internacional de Río Hondo. Está ubicada sobre un acuífero mesotermal, del que se extrae agua de variadas temperaturas y composiciones físico-químicas.



**Figura 8.3.** Localidad de Las Termas de Río Hondo.

El subsuelo de la localidad de Las Termas de Río Hondo está caracterizado por una intensa fracturación profunda, ya que en este lugar confluyen una serie de estructuras mayores con la falla transcurrente del Río Dulce, la falla de Río Hondo y la falla directa de las sierras de Guasayán.

Con un entramado urbano de 12 km<sup>2</sup> de extensión y una población estable de 44.000 habitantes (estimado 2016), que representa un incremento del casi 21,0% frente al censo del 2001. Esta población se sitúa como el segundo aglomerado urbano de la provincia, después de Santiago del Estero - La Banda. Al tratarse de una localidad turística, la población aumenta considerablemente durante la temporada alta (desde semana santa -abril/mayo- a septiembre) y es menor durante los meses de verano, ya que inclusive muchos lugareños migran a otras ciudades a trabajar durante la temporada estival.

## 8.1 Metodología

El inicio de los trabajos se apoyó en el análisis de la información antecedente disponible, revisando aquellos estudios realizados por el SEGEMAR en la región, como por organismos públicos (IGN, INTA, INA, Universidades, Direcciones de Recursos Hídricos de Tucumán y Santiago del Estero, Medio Ambiente, etc.), por entes privados y/o publicaciones de carácter científico.

La búsqueda, procesamiento y análisis de la información incluyó datos y/o estudios meteorológicos, geológicos, geomorfológicos, geoquímicos, hidrogeológicos, entre otros. Los principales trabajos se mencionan en el capítulo de Fuentes Consultadas.

Se realizaron dos campañas de censo y muestreo de aguas, la primera entre los días 23 de octubre y 1 de noviembre de 2017 y la segunda entre los días 10 y 22 de febrero de 2018. Durante las mismas se efectuaron las siguientes tareas:

### **1-Coordinación con representantes locales del proyecto:**

Como primera etapa, se contactó con la Lic. María Vera y el Lic. Adrián Cano, integrantes locales del proyecto.

### **2-Estudio del nivel freático:**

Dadas las condiciones de otros niveles más favorables, la napa freática no es explotada en absoluto, razón por la cual no era probable encontrar perforaciones a este nivel. En estas circunstancias, se procedió a tratar de muestrear puntos que interceptaran el nivel freático. Se contaba para ello, con datos de alrededor de 30 sondeos realizados por el municipio hace veinte años aproximadamente, con motivo de la construcción de la red de cloacal. Lamentablemente, ningún punto estaba conservado y no pudo realizarse medición alguna. Con posterioridad, mientras se realizaba el muestreo regional y de otros niveles se siguió indagando sobre el nivel freático, sin resultados. No fue posible encontrar perforaciones a este nivel durante las tareas de campo. Solamente se obtuvieron muestras de vertientes en tres puntos de la ciudad. Para la construcción del mapa de nivel freático, se utilizaron datos históricos mencionados. Los mismos fueron ajustados a la topografía y extrapolados por el método de krigeado lineal. Para la

caracterización, también se recurrió a datos históricos presentes en perfiles exploratorios de la Ex Dirección General de Minas y Geología.

### **3- Censo de perforaciones:**

Se registraron un total de 107 perforaciones de entre 50 y 400 m de profundidad. Se procedió en cada caso a la georreferenciación de sitios visitados, medición de niveles estáticos y dinámicos (debido a las condiciones de las perforaciones esta tarea no fue posible en la gran mayoría de los casos), recopilación de datos de uso (volúmenes diarios extraídos, hs. de operación, etc.). La medición de niveles cuando fue posible se realizó con una sonda con precisión de centimétrica. Es importante aclarar que al no contarse con registros de perforación toda la información sobre perforaciones censadas (profundidad, ubicación de filtros, uso, volúmenes diarios extraídos, etc.) fue obtenida a través de las declaraciones de los responsables, pudiendo no ser del todo precisa en muchos casos.

### **4-Determinación de parámetros fisicoquímicos in situ:**

En manifestaciones de agua existentes (perforaciones de abastecimiento humano/ganadero/industrial, vertientes, arroyos, lagunas, ríos, pozos excavados, etc.), incluyendo registros de T°, Conductividad, PH y Oxígeno Disuelto. Los mismos se registraron con un analizador multiparamétrico marca LUTRON modelo WA-2017SD debidamente calibrado.



**Figura 8.4.** Medición de parámetros in situ durante tareas de relevamiento.

### 5-Muestreo de aguas:

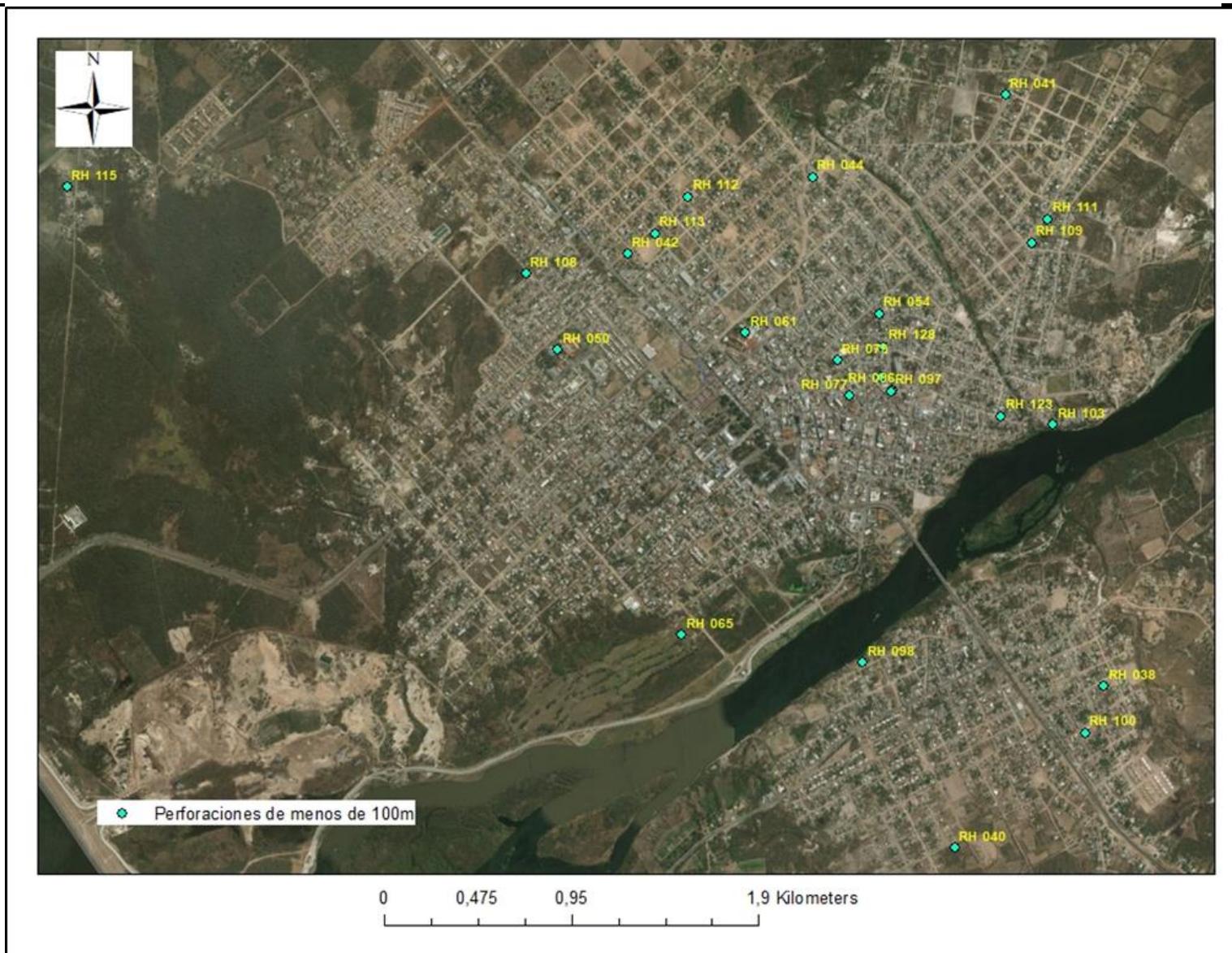
Se tomaron un total de 107 muestras, 97 muestras de agua subterránea de perforaciones distribuidas tanto en la provincia de Tucumán (5) como en Santiago del Estero (92). De éstas, hay 28 perforaciones que tienen profundidades inferiores a los 100 metros. De las recolectadas en la provincia de Santiago del Estero, 87 pertenecen al ejido urbano de la localidad de Las Termas de Río Hondo. Tres muestras (3) corresponden a vertientes y ocho (8) a aguas superficiales. También fueron tomados parámetros in situ de: T°, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

Se llevó a cabo un muestreo de carácter semi-regional por fuera del área de estudio, y posteriormente en la zona estricta del centro urbano de Las Termas de Río Hondo y sitios aledaños (Figuras 8.6. y 8.7.). La tarea incluyó la toma de muestras de agua por técnicos del Laboratorio de INTEMIN-SEGEMAR, según los protocolos para análisis de elementos mayoritarios en el Laboratorio de la Dirección de Obras Sanitarias de Santiago del Estero “DIOSE” y de metales disueltos y elementos trazas, en el Laboratorio INTEMIN-SEGEMAR, en Buenos Aires. Todas las muestras fueron rotuladas con la siguiente información: identificación de la muestra, número, fecha, hora, operadores y si estaba acidificada, filtrada; y fue elaborada la cadena de custodia correspondiente.

Para análisis de metales disueltos se utilizaron envases plásticos de alta densidad (polipropileno) de 100 ml, enjuagando los mismos 3 veces con el agua a muestrear y tomando luego la muestra con una jeringa para proceder a su filtrado con filtros de 45 µm de nylon o acetato de celulosa, con posterior acidificación con HNO<sub>3</sub> suprapur Merck® al 69% (5 gotas en 100 ml hasta llegar a una concentración aproximada de 0,2% y constatando con papel indicador que el pH=2 aprox.). El llenado del envase se completó sin dejar cámara de aire. En el caso de agua subterránea, si en el pozo existía bomba y canilla, primero se purgó unos minutos y luego se procedió al muestreo en jarra, siguiendo el procedimiento anterior.



Figura 8.5. Tareas de muestreo.



**Figura 8.6.** Ubicación de muestras de perforaciones de menos de 100 m de profundidad.



**Figura 8.7.** Ubicación de muestras de perforaciones de más de 100 m de profundidad.

Para la determinación parámetros fisicoquímicos y aniones, se utilizaron envases plásticos de alta densidad, nuevos de 200 ml o 500 ml, tomando la muestra directamente con el envase (previo enjuague) o con una jarra previamente enjuagada con el agua a muestrear.

Análisis	Parámetro	Método	Unidad	Límite de cuantificación	Laboratorio
Metales	Manganeso	3134 B Standar Methods, 22 <sup>nd</sup> Edition	µg/L	4	INTEMIN SEGEMAR
	Arsénico		µg/L	6	
	Cinc		µg/L	0,7	
	Cobre		µg/L	3,6	
	Hierro		µg/L	1,1	
	Aluminio		µg/L	1,1	
	Estroncio		µg/L	25	
	Cromo		µg/L	1,5	
	Molibdeno		µg/L	1,2	
	Plomo		µg/L	7,5	
	Vanadio		µg/L	3	
	Bario		µg/L	2,4	
	Boro		µg/L	15	
	Antimonio	µg/L	10		
Cobalto	µg/L	2,6			
	Fósforo Total	ICP-OES	mg/L	0,05	
Físico-Químico	Conductividad Eléctrica		µS/cm		DIOSSE
	Residuo Sólido		mg/L		
	pH		•		
	Turbiedad		NTU		
	Dureza Total		mg/L		
	Calcio		mg/L		
	Magnesio		mg/L		
	Sodio		mg/L		
	Potasio		mg/L		
	Cloruros		mg/L		
	Sulfatos		mg/L		
	Fluoruros		mg/L		

**Tabla 8.1.** Parámetros analizados y métodos analíticos.

#### 6- Diagnostico de situación local:

Por medio de entrevistas con pobladores, perforistas y funcionarios de la localidad; así como también por medio de observaciones in situ, se efectuó un diagnóstico de las condiciones y la problemática con respecto a las aguas subterráneas en la localidad.

Los datos cartográficos recopilados, así como los generados posteriormente en campo, fueron integrados en una Sistema de Información Geográfica "SIG" actualizable, a partir de la cual se

elaboraron los planos y figuras temáticas, utilizando el sistema de Coordenadas Geográficas, datum WGS 84.

## 8.2 Hidrología Superficial

Desde el punto de vista hidrográfico, la zona de estudio se encuentra incluida en el ámbito de la cuenca del Río Salí-Dulce (Figura 8.8.).

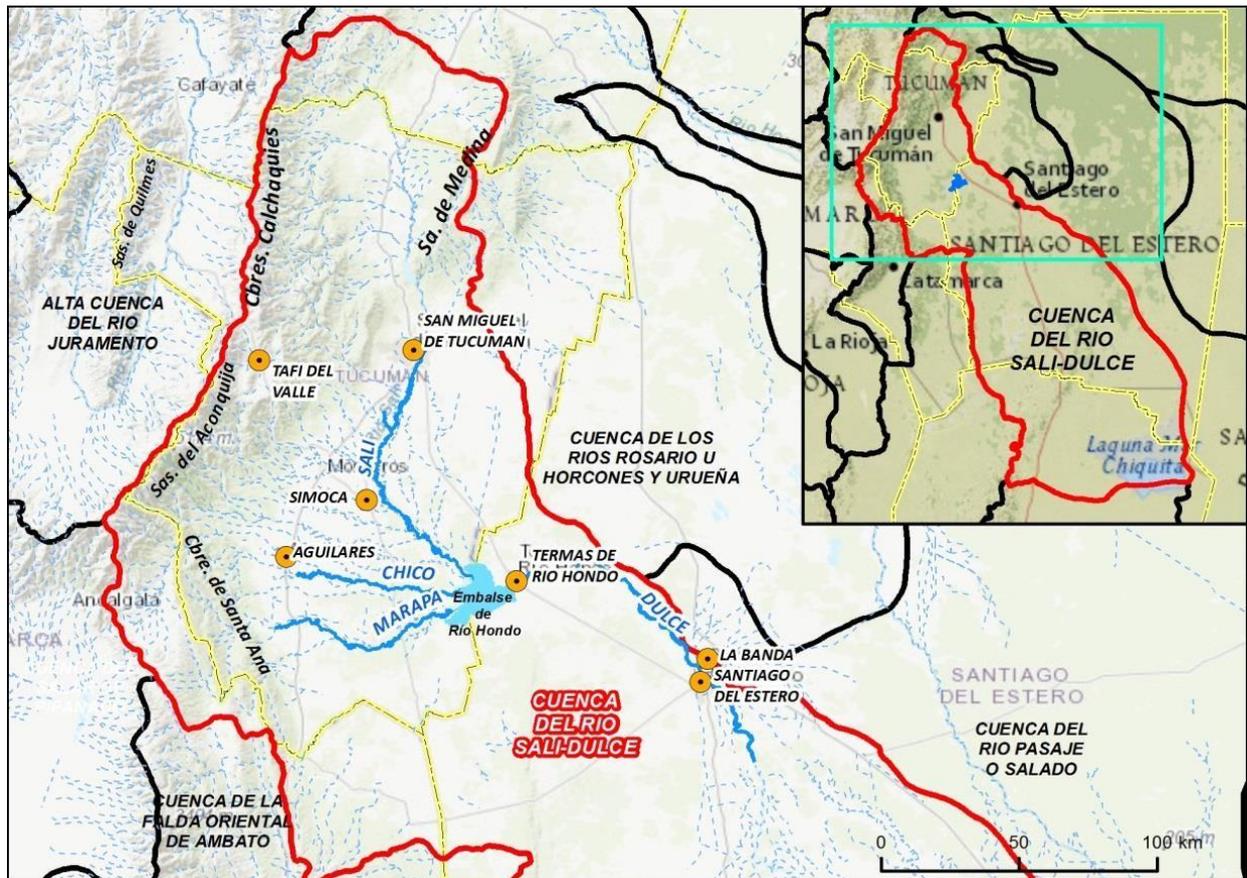


Figura 8.8. Cuenca del Río Salí Dulce.

Las Sierras Pampeanas, reciben sobre su pendiente oriental importantes valores de precipitación de tipo orográfico que superan los 1.800 mm anuales. Por ello, estos altos valores de excedente hídrico, más el fenómeno del deshielo, generan cursos de agua que se caracterizan por importantes caudales con una marcada estacionalidad. Este arco serrano, con alturas que alcanzan los 5.500 m en el Nevado del Aconquija, es un factor clave en la distribución de recursos hídricos superficiales, los que al evaluarlos a escala regional adquieren una especial importancia, tanto por su incidencia en la vegetación natural como para el desarrollo de las actividades antrópicas.

La red de desagüe hacia el Este de las Sierras de Carahuasi, las Cumbres calchaquíes, Sierras del Aconquija (Muñoz, Ánimas, El Nevado y Las Lajas) de La Carreta, Humaya, Las Higuieritas y del Potrerillo - entre los paralelos 26º y 28º de latitud Sur – conforman la cuenca del río Salí-Dulce.

Debido a las características geomorfológicas de esta cuenca, a partir del embalse de Río Hondo, es posible distinguir dos sectores bien diferenciadas e inclusive con nombres diferentes:

El **Río Salí** conforma la subcuenca imbrífera, es decir la zona activa de aportes hídricos, que irriga el área rural con mayor densidad de población del país (superior a 50 hab/Km<sup>2</sup>). Comprende prácticamente a toda la provincia de Tucumán y parte de las provincias de Salta y Catamarca.

Está constituida por 42 afluentes que descargan (casi todos ellos) sobre su margen derecha, con orientación general Oeste-Este, configurándose así una cuenca con un patrón de drenaje dendrítico subparalelo, pero completamente asimétrico. Por su margen izquierda, desde las Sierras Subandinas, los aportes hídricos son de escasa significación. Los afluentes de su margen derecha son de poca extensión y con una marcada pendiente, que sumado a un régimen pluviométrico torrencial (se traduce en importantes crecidas de corta duración) configuran en sus cabeceras valles de erosión lineal e inclusive, alguno de ellos, por acción de su erosión retrocedente, han capturado a cursos con nivel de base en los valles interserranos. Así, por ejemplo, el río Marapa ha traspuesto la silleta de Escaba y capturó al río Singuil y el río Cochuna a los ríos del Potrero y Chacras.

El **Río Dulce** corresponde a la subcuenca inferior o de llanura. Con sentido dominante Noroeste-Sudeste corre por una planicie extremadamente nivelada, atravesando diagonalmente la provincia de Santiago del Estero, sin recibir afluentes y salinizándose paulatinamente hasta su descarga en la laguna de Mar Chiquita (62 m s.n.m.). El clima dominante es semiárido, con un invierno seco y templado y un verano cálido, con temperaturas medias de enero superiores a 20°C, que contribuyen a la rápida evaporación de las escasas lluvias (500 mm) en este sector, concentradas en el período octubre-marzo.

En su tramo superior, Río Salí nace en la confluencia entre el río Tala (5,92 m<sup>3</sup>/s de módulo en El Brete), proveniente de la ladera oriental de la sierra de Carahuasi y del arroyo de la Candelaria o Aranda proveniente de los faldeos occidentales de las Sierras Subandinas. Atraviesa en sentido Norte-Sur la llanura central de la provincia de Tucumán. Pero antes del embalse El Cadillal, en el cajón homónimo (que marca el tercio superior del curso) recibe, desde las Cumbres Calchaqués el aporte de los ríos Acequiones, Alurralde y Vipos (3,39 m<sup>3</sup>/s de módulo en Obras Sanitarias) entre otros cursos menores y el río Tapia desde la sierra de Cabra Horco (2.837 m de altura). En este tramo, su pendiente media es de 4,5 % y el lecho del cauce está constituido por terrenos aluvionales con claro predominio de cantos rodados.

Los siguientes datos corresponden a Estación El Cadillal (Prov. de Tucumán) para el período de medición septiembre 1913- febrero 1962 (49 años), hasta el cierre del embalse:

- Módulo o caudal medio anual: 14,7 m<sup>3</sup>/s
- Caudal máximo medio diario: 454 m<sup>3</sup>/s en el período 1917-18
- Máximo caudal medio mensual: 194 m<sup>3</sup>/s en el mes de febrero de 1918
- Caudal mínimo medio diario: 1 m<sup>3</sup>/s en el período 1941-42
- Mínimo caudal medio mensual: 1 m<sup>3</sup>/s en noviembre de 1948

Luego de este embalse, en el extremo Suroccidental de la Sierra de Medina, recibe desde ésta y por su margen izquierda, el escaso aporte de la cuenca del río Calera (0,539 m<sup>3</sup>/s de módulo) y desde las Sierras del Aconquija por su margen derecha - en su trayecto hacia el embalse de Río Hondo - recibe el aporte del resto de sus afluentes. Como el Lules (6,08 m<sup>3</sup>/s) Famaillá, Pueblo Viejo (5,22 m<sup>3</sup>/s) Seco, Gastona, Chico, Marapa (5,97 m<sup>3</sup>/s) etc., entre otros cursos menores.

Todos estos tributarios al llegar al valle configuran una red compleja, porque al alcanzar el nivel de base se expanden sobre amplios lechos de inundación y depositan gran cantidad de material sólido, formando verdaderas barras que modifican el rumbo de sus cursos inferiores, obligándolos a desviarse o a unirse, corriendo - a veces - paralelos al curso principal antes de desaguar en el mismo. Esto, sin contar los numerosos canales que se abren sobre ambas márgenes, algunos de los cuales se han convertido en verdaderos brazos del río. En este tramo la pendiente media del curso se reduce paulatinamente desde 2,5 % hasta 1 % y en concordancia, en el material del lecho desaparecen los cantos rodados y aumenta progresivamente el predominio de las arenas, hasta estar constituido casi exclusivamente por éstas últimas al entrar en territorio santiagueño.

En esta llanura central de la provincia de Tucumán, a partir de la llegada del ferrocarril (1876) se ha ido configurando un esquema de uso del suelo en función de la explotación de la caña de azúcar. Así establecimientos industriales, plantaciones (muchas de ellas minifundios) y poblaciones, tanto permanentes como campamentos estacionales (en ocasión de la zafra) se integran en un patrón de ocupación agroindustrial.

Estos usos conllevan el consumo de importantes volúmenes de agua, tanto para riego, actividad industrial o consumo humano directo, por lo que se han realizado obras hidroeléctricas, de regulación, canales, etc. Pero la contaminación, fundamentalmente por los efluentes de los ingenios y las cloacas de San Miguel de Tucumán -que han generado serios problemas de eutrofización en el embalse de Río Hondo- imponen serias restricciones a las poblaciones ubicadas aguas abajo.

No obstante es necesario señalar que la profunda crisis que afecta crónicamente al sector azucarero, el colapso posterior a 1966 que adquirió características de éxodo cuando se cerraron 11 de los 27 ingenios, la mecanización agraria y una paulatina reconversión del uso del suelo (con plantaciones de cítricos y otros cultivos no tradicionales) o las industrias metalúrgicas generadas en torno a los antiguos talleres ferroviarios de Tafí Viejo, lentamente han modificado -y continúan haciéndolo- esta organización del espacio.

El tramo inferior comienza en el límite con la provincia de Santiago del Estero, el río toma el nombre de "Dulce" y ante la necesidad de bordear el extremo Norte de la Sierra de Guasayán, su curso se desvía primero hacia el Este y posteriormente hacia el Sudeste. En noviembre de 1967 se cierra el embalse de Río Hondo, cuyo lago cubre una superficie de 33.000 has, hasta octubre de ese año y desde septiembre 1925 (42 años) se efectuaron aforos en la estación El Sauce (Prov. de Santiago del Estero), cuyos datos se muestran a continuación:

- Módulo o caudal medio anual: 82,2 m<sup>3</sup>/s
- Caudal máximo medio diario: 2.800 m<sup>3</sup>/s en el período 1932-33
- Máximo caudal medio mensual: 712 m<sup>3</sup>/s en marzo de 1933
- Caudal mínimo medio diario: 0 m<sup>3</sup>/s en el período 1937-38
- Mínimo caudal medio mensual: 0,2 m<sup>3</sup>/s en noviembre de 1937

A partir del embalse, ya en la llanura santiagueña y hasta aproximadamente a 40 km al Sur de la capital provincial (hasta la bifurcación situada pasando el dique derivador Los Quiroga) corre entre barrancas, que comenzando con 20 o 30 metros disminuyen su altura hasta desaparecer, al tiempo que ensancha su valle. Debido a la escasa pendiente, el curso se torna divagante. En época de crecientes se producen importantes inundaciones, que no obstante las dificultades que acarrearán, aportan fértiles limos que permiten el desarrollo de una agricultura de "bañados" practicada en el período de bajante desde la época precolombina.

A partir de la construcción del dique derivador Los Quiroga (1950) los canales han conducido las aguas hacia ambos márgenes, ampliando la superficie cultivable en 80.000 has e inclusive posibilitando el desvío para alimentar el caudal del río Salado en época de estiaje. Dicha superficie bajo riego, se amplió en 118.000 has a partir de 1967, con la construcción del dique de embalse de Río Hondo, configurándose así una importante área agrícola, ya que el desarrollo de las actividades rurales en el sector, sólo es posible mediante el riego. La agricultura se desarrolla fundamentalmente en los departamentos de Río Hondo, La Banda, Capital y Robles.

En sus crecientes el río algunas veces ha cambiado de curso (como prueba de ello existen numerosos cauces abandonados); la más seria registrada ocurrió en 1825, cuando el cauce se desvió hacia el Sur, derramándose en los extensos bañados del Norte de las Salinas Grandes hasta 1901, cuando mediante la construcción del canal de Tuama a Loreto, artificialmente se lo vuelve a su antiguo cauce. Este curso anterior, en la actualidad, con el nombre de Saladillo, vuelve al curso principal como un pequeño afluente muy salinizado del mismo, en Puesta Cerrillos (al Sur de Los Telares).

Aguas abajo vuelve a bifurcarse en dos brazos: el río Dulce (oriental) y el río Viejo (occidental) la rama oriental recibe el caudal del río Utis que, en confuso recorrido, toma el nombre de otros tributarios (Saladillo, Mailén y Tontola).

En su tramo final, luego de pasar por la localidad de Salavina, el río divaga -cuando el caudal lo permite- por diversos cauces y luego de atravesar una serie de bañados, salitrales y lagunas (de los Porongos, Tortugas, Las Mostazas y Palma, entre otras) llega al gran bajo lagunoso de gran extensión y cerrado de Mar Chiquita en la provincia de Córdoba.

Para el río Dulce se cuenta también con datos hidrológicos brindados por Hidroeléctrica Río Hondo S.A. Para el cálculo de las crecidas (ver Capítulo 11) se realizó un análisis estadístico de los caudales máximos diarios erogados por el dique Frontal entre el 2002 y el 2017. En la Tabla 8.2. se muestran los parámetros estadísticos descriptivos de dicho análisis.

Variable	N	Media	Desv. Estandar	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Caudales máximos diarios (m <sup>3</sup> /seg)	160	527,8	371,8	98,8	146,3	483,0	819,5	1720,3

**Tabla 8.2.** Parámetros estadísticos calculados a partir de los caudales máximos diarios erogados por el dique Frontal para el período 2002-2017.

De acuerdo a la información disponible, la cuenca está contaminada antrópicamente por sedimentos sólidos y compuestos orgánicos arrastrados por los tributarios del río Salí. Esta contaminación proviene en líneas generales de la erosión de suelos por desmonte para cultivo, el vuelco de efluentes industriales, el uso de agroquímicos en amplios sectores de cultivos y el vuelco de efluentes cloacales sin tratamiento.

La degradación de la cuenca afecta directamente a la población de Las Termas de Río Hondo, ya que toda la carga sedimentaria (y contaminante) desemboca en el embalse. El aporte excesivo de sedimentos provoca una severa disminución en el volumen del vaso del embalse.

Durante las tareas de campo se realizaron mediciones in situ de parámetros fisicoquímicos, del embalse de Las Termas de Río Hondo y de algunos cursos aguas arriba; también se tomaron muestras del río Dulce aguas abajo del embalse. En la Tabla 8.3 se muestran los resultados y en la Figura 8.9. la ubicación de las muestras.

Muestra	Identificación	Parámetros in situ				Fecha
		T °C	pH	CE uS/cm	OD mg/l	
RH 009S	Río Dulce	24,8	8,58	747	13,6	25/10/2017
RH 010S	Embalse	30,5	9,14	759	10	25/10/2017
RH 011S	Embalse	33,6	8,69	745	12,2	25/10/2017
RH 014S	Río Marapa	24,5	8,2	569	9,7	25/10/2017
RH 016S	Río Chico	27,2	8,35	484	8,2	25/10/2017
RH 018S	Río Salí	29,6	7,96	810	8,3	25/10/2017
RH 020S	Embalse	31,3	8,91	1005	8,6	25/10/2017
RH 035S	Río Dulce	24,7	8,33	733	12,5	28/10/2017
RH 092	Embalse	29,6	8,03	487	6,1	14/02/2018
RH 105	Canal barrio Galeano	31,2	8,83	1430	7	16/02/2018
RH 134	Río Salí	26,5	8,02	761	7,1	20/02/2018
RH 135	Río Famallá	29,8	7,90	164	6,9	20/02/2018
RH 136	Río Medina	27,3	8,21	168	6,9	21/02/2018

**Tabla 8.3.** Parámetros fisicoquímicos medidos in situ de aguas superficiales

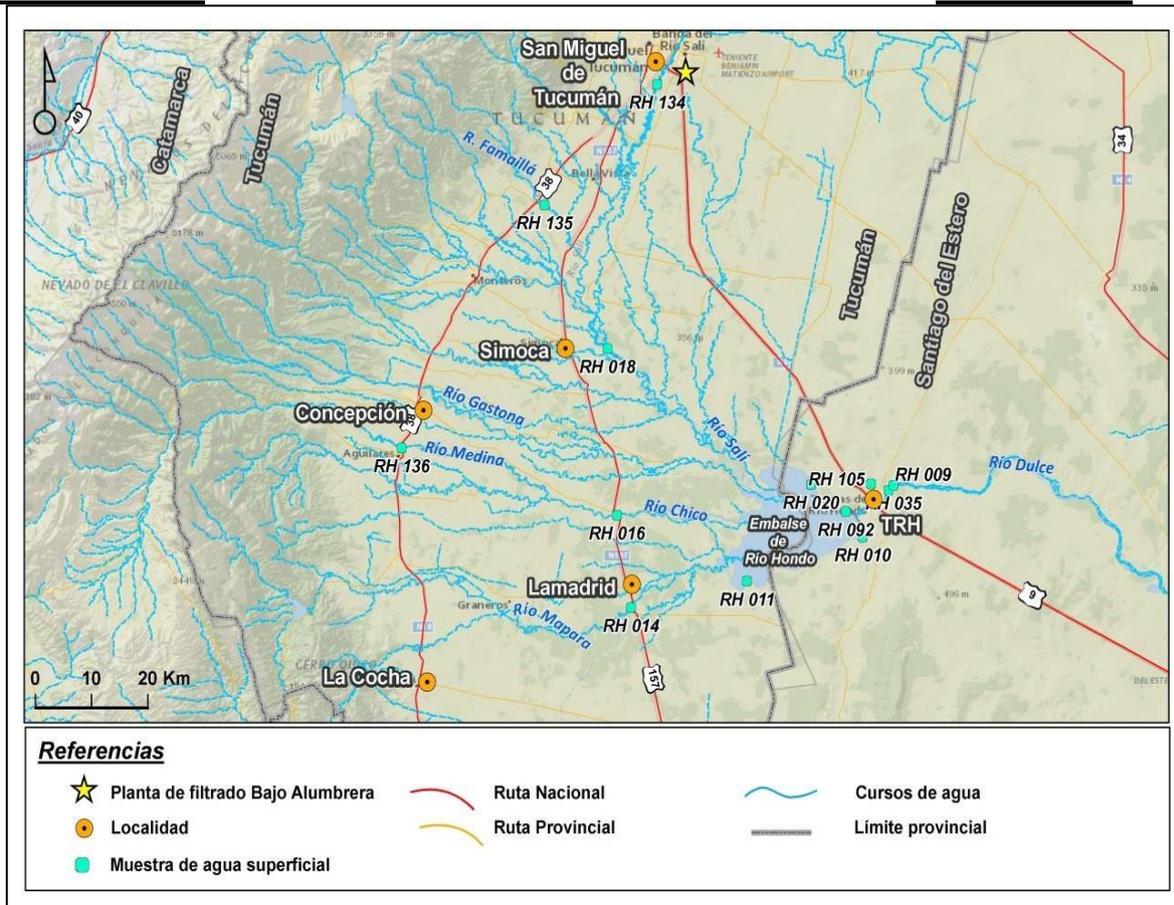


Figura 8.9. Ubicación de muestras de agua superficial, en negro se muestra el nombre de la misma.

### 8.3 Diagnóstico y Problemática Local

Durante los trabajos de campo, específicamente los de muestreo de aguas, se visitaron más de cien perforaciones ubicadas en distintos puntos de la localidad y de diversa procedencia: doméstica (viviendas particulares), turística (establecimientos hoteleros) y pública. Esta tarea brindó la oportunidad de entrevistar un número importante de habitantes de Las Termas de Río Hondo pertenecientes a diferentes ámbitos y clase social. Se logró, a través del relato de casos particulares y de la observación directa, formar una idea acabada sobre la situación de la gestión del recurso hídrico en la localidad, donde se presenta una problemática particular y llamativa en cuanto al uso y gestión del Recurso Hídrico, subterráneo, que puede resumirse en los siguientes puntos:

#### 1- Abastecimiento de agua de red deficiente:

La provisión de agua potable en la ciudad de Las Termas de Río Hondo se realiza a partir de estaciones de bombeo del acueducto operado por la empresa Aguas de Santiago, que transporta el agua desde la localidad de Colonia Tinco, donde es explotada a través de dos perforaciones, con caudales de alrededor de 400 m<sup>3</sup>/h.

El suministro de agua no llega a cubrir la totalidad del entramado urbano, y en la mayor parte de la ciudad presenta dificultades severas. De los vecinos entrevistados, casi un 90% acusó deficiencias de suministro. Salvo en el sector céntrico estricto, -donde se ubica la mayor parte de

la infraestructura turística- el suministro padece períodos de desabastecimiento regular, que pueden prolongarse por semanas. Esto es más notorio en barrios periféricos donde el abastecimiento, si existe, es claramente insuficiente. La situación se agrava durante la temporada alta, debido al aumento en la demanda. Este escenario obliga a los pobladores a contar con fuentes alternativas de aprovisionamiento de agua que, en la mayoría de los casos, implica el uso de perforaciones particulares, nuevas o previas a la instalación de la red.



**Figura 8.10.** Poblador local con bomba a compresor en su domicilio.



**Figura 8.11.** Poblador local con perforación en su domicilio.

Las perforaciones de uso doméstico raramente superan los 100 m de profundidad, presentan termalismo bajo, del tipo hipotermal, con temperaturas típicas entre 25° y 35°C.

El agua no es apta para consumo humano, debido mayormente a contenidos en flúor, boro y arsénico que superan la normativa del código Alimentario argentino. En muchos casos se usa el agua de estas perforaciones para consumo humano.

## 2- El problema de las captaciones:

Se estima que en la localidad de Las Termas de Río Hondo existen alrededor de 10.000 perforaciones de agua que interceptan el acuífero Plioceno entre los 50 y 300 m. De acuerdo a las observaciones, las perforaciones de abastecimiento particular raramente superan los 100 m, presentando profundidades de entre 60 y 80 metros mayormente. Las perforaciones para uso turístico, por buscar condiciones de termalismo adecuadas son más profundas, y alcanzan generalmente profundidades de entre 150 y 300 m.

Las profundidades arriba señaladas, así como todas las mencionadas en el presente informe, surgen de las declaraciones de los responsables al momento de la entrevista, ya que no se cuenta con registro de perforación alguno. Es decir, no hay forma de saber cómo están realmente realizadas estas perforaciones, ni con que materiales, ni la ubicación precisa de los filtros, ni la fecha de realización, salvo por las afirmaciones de los responsables, que en muchos casos no tienen una idea acabada o no recuerdan con exactitud.

Al factor de la incertidumbre se suma el hecho de que efectivamente las perforaciones no están realizadas de manera apropiada. Es normal encontrar captaciones fuera de servicio debido a problemas con los filtros, entubado o bombas; que producto de las condiciones de termalismo y presión hidrostática, se deterioran más rápidamente de lo que lo haría una perforación sobre un acuífero no termal y surgente. Se registraron gran cantidad de perforaciones exteriormente oxidadas y en malas condiciones (Figuras 8.12. y 8.13.). Frente al deterioro en las perforaciones tanto usuarios domiciliarios como en establecimientos turísticos, la manera de solucionar el problema es realizando una nueva perforación, a veces a escasos metros de la anterior abandonando la inoperante.



**Figura 8.12.** Perforaciones en malas condiciones, deterioradas por características de las aguas.



**Figura 8.13.** Perforación deteriorada producto de la surgencia.

No es una práctica de los perforistas de la zona la colocación de prefiltro de grava, ni la aislación de las capas. Se entuban los primeros 70 m y no se cementan los acuíferos indeseables, lo que genera la mezcla de aguas de diferentes calidades químicas y temperaturas, ocasionando una severa restricción termal. Las perforaciones se encuentran totalmente selladas, aunque no presente condiciones de surgencia. No existe acceso al espacio anular entre el caño de abastecimiento y la camisa que permita la toma de niveles (Figura 8.14.).



**Figura 8.14.** Ejemplo de perforación sellada.

De las más de 100 captaciones censadas en menos del 10% de los casos se pudo medir niveles piezométricos. Solo se encontraron perforaciones acondicionadas para el monitoreo, en el Hotel Amerian; las mismas además contaban con caudalímetros totalizadores. En muchos casos, las perforaciones se realizan en las veredas, por fuera de las propiedades y están totalmente cubiertas por tapas que no son removibles en maniobras sencillas. Es decir, un hombre sin herramientas no puede abrirlas, debe romper y/o hacer palanca.

Como se mencionó, es particularmente llamativo la densidad de perforaciones encontrada. Principalmente en la zona céntrica, complejos hoteleros suelen tener un mínimo de dos y hasta cinco perforaciones de uso intensivo, a veces separadas por tres o cuatro metros entre sí. La misma situación, se verifica en cabañas y domicilios particulares. Es normal el uso de perforaciones de distinta profundidad (y termalismo) para regular la temperatura de piletas. “Pozos de agua fría” (que puede tener 30°C) y “pozos de agua caliente” (de más de 50°C) son comunes en todos los hoteles visitados.

Se verifico la existencia de numerosas perforaciones termales surgentes, que se encuentran abiertas, deliberadamente o por estar deterioradas, arrojando importantes volúmenes de agua de manera continua desde hace, en algunos casos, varias décadas (Figura 8.15.). El agua erogada se derrama directamente sobre el suelo y escurre sobre la superficie.



**Figura 8.15.** Perforación surgente abierta.

### **3- Uso irracional del recurso:**

De las observaciones realizadas durante los trabajos de campo, quizás la más llamativa fue el uso excesivo y descuidado del recurso subterráneo. Está instalada en la población de Las Termas una cultura de derroche de agua generalizada que se manifiesta en los diferentes tipos de usuarios: domiciliario, comercial, hotelero y público.

Existe un número importante de piletas termales de uso recreativo (Figura 8.16.). Muchas de ellas de grandes dimensiones, propiedad de los establecimientos hoteleros más importantes. Estas piletas, con los cuantiosos volúmenes de agua que contienen, normalmente se vacían y vuelven a llenar por completo a fin de mantener la temperatura del agua y para conservarla limpia, ya que al no querer tratarse químicamente (debido al uso terapéutico que se le da), la única manera de

evitar su deterioro es mediante el reemplazo. Este recambio de aguas, durante la temporada alta, es de frecuencia diaria. Según lo informado por los operadores, las perforaciones en los hoteles suelen estar en uso de manera continua. Durante la temporada baja la frecuencia de vaciado de piletas y tiempo de uso de las perforaciones disminuye, pero no se detiene. Es así, que volúmenes muy grandes de agua limpia son volcados al sistema de cloacas sin ningún tipo de re-uso, ni recirculación. No se han realizado dentro del marco del presente estudio cálculos en cuanto a los posibles volúmenes diarios volcados, pero de acuerdo a estudios específicos realizados para el Municipio (Merlo, 2017), se sabe que la planta de tratamiento de efluentes cloacales recibe aproximadamente 600 m<sup>3</sup>/h, de los cuales casi un 50% proviene de perforaciones particulares y/o comerciales en el sector urbano de la ciudad, que hace uso indiscriminado del recurso.

Otro aspecto llamativo, que ya fue mencionado, es la densidad de perforaciones existente. Un mismo complejo hotelero puede tener tres o más perforaciones separadas pocos metros entre sí, que suelen usarse simultáneamente sin ningún tipo de precaución.



**Figura 8.16.** Pileta de grandes dimensiones en complejo hotelero de Luz y Fuerza.

#### **4- Descenso de niveles:**

De acuerdo a testimonios de numerosos pobladores, como señalan estudios previos en la zona (Martin, A *et. al.*; 2007), en las últimas décadas, el bombeo continuado ha generado descensos sostenidos de los niveles piezométricos, conduciendo a que, en amplios sectores residenciales próximos a los grandes hoteles, se queden sin agua. Se verifica también un enfriamiento progresivo de las aguas; siendo necesaria la realización de perforaciones cada vez más profundas para la obtención de las temperaturas adecuadas para el uso termal.

Según lo declarado por vecinos, perforaciones que antes presentaban condiciones de surgencia, han dejado de serlo, siendo necesaria la instalación de bombas para la extracción de agua. También es frecuente la problemática de bombas “colgadas” en las perforaciones que ya las tenían. Esta circunstancia es más severa durante los meses de temporada alta y se ha intensificado en la última década. Por este motivo, puede afirmarse que la sobreexplotación del acuífero, estaría generando la pérdida en la presión hidrostática.

#### **5- Presencia de perforaciones con agua salada:**

Según el estudio realizado por Martín A. *et. al.* (2007), la sobreexplotación y las deficiencias de las captaciones ha traído también como consecuencia el descenso de las temperaturas de las aguas explotadas. Siendo necesario realizar perforaciones cada vez más profundas a fin de obtener las temperaturas suficientes para el uso termal. Este dato es imposible de verificar en el marco del presente informe, pero plantea la necesidad de realizar un monitoreo sostenido de la variable.

#### **6- Carencia de normativa y falta de políticas de control:**

Durante las tareas de muestreo, se verificó para el sector céntrico de la ciudad una serie de perforaciones de entre 150 y 230 m que erogan aguas con salinidades anómalas. Las mismas se encuentran muy por encima de las esperables para el acuífero Plioceno llegando a presentar características de agua salada con SDT que superan los 5.000 ppm. También se han encontrado una perforación más somera con condiciones de alta salinidad.

Una de las hipótesis manejadas por el municipio es que una perforación antigua en desuso, deteriorada internamente y sin cegar ("Perforación N° 12 en Las Termas" del año 1951) ubicada en las instalaciones de la Escuela N° 761 Rafael Obligado, estaría contaminando niveles superiores. Martín *et. al.* (2007), por su parte señala el avance sostenido de una intrusión salina en áreas periféricas de la ciudad en esta última década.

A partir de la interpretación de resultados analíticos esta situación fue analizada en el apartado de hidrogeología.

#### **7- Carencia de normativa y falta de políticas de control:**

No existe de parte del municipio o de los entes provinciales un registro de las perforaciones, ni control alguno sobre el uso del recurso hídrico subterráneo. Actualmente en Las Termas de Río Hondo es posible realizar perforaciones para uso comercial exhaustivo sin ningún tipo de requerimiento técnico, control, ni permiso. Lo mismo sucede con las de uso domiciliario.

No se realiza de parte de los organismos de control, ni es requerido a los grandes usuarios, el monitoreo de las perforaciones, en cuanto a calidad química, temperatura y niveles.

### **8.4 Hidrogeología**

El área de estudio se desarrolla en el ámbito de la cuenca hidrogeológica de la Llanura Oriental (Tineo *et. al.*, 1993). Esta cuenca se puede dividir en dos subcuencas menores con características geológicas similares, pero con diferencias sustanciales en el aspecto climático y en los reservorios de aguas subterráneas. Estas dos cuencas son la Cuenca Hidrogeológica de Burruyacú, que se desarrolla en el sector Noreste de la provincia de Tucumán, y la Cuenca Hidrogeológica del Río Salí, que es la correspondiente a la zona de incumbencia.

La cuenca del Río Salí posee una superficie aproximada de 6.000 km<sup>2</sup> con pendientes suaves hacia el sector Sudeste donde se ubica el embalse de Termas de Río Hondo. Se encuentra limitada en

su extremo occidental por afloramientos del basamento en la Sierra de Aconquija, y en el sector oriental por la Sierra de Guasayán. En el sector Sur se encuentra limitada por el extremo septentrional de la Sierra de Ancasti, y hacia el Norte y Noroeste por la dorsal del espolón de Tacanas y la Sierra de San Javier, respectivamente.

Desde el punto de vista estratigráfico, se estima que el espesor de la secuencia sedimentaria en la parte central de la cuenca ronda aproximadamente los 2.500 metros, encontrándose por debajo las unidades que conforman el basamento compuesto por rocas metamórficas y gneises graníticos Precámbricos. Los niveles más profundos podrían representar sedimentos Paleozoicos (Devónicos?) y Cretácicos que computan 1.200 m de espesor. Suprayasen a estas sedimentitas estratos de edad terciaria y cuaternaria con espesores que alcanzarían los 1.300 m (Tineo, 1984). Todos estos espesores sedimentarios se van acuñaando hacia el Este, siendo la Sa. de Guasayán el contrafuerte oriental de la cuenca.

En relación a las sedimentitas Terciarias, la parte inferior se encuentra representada por areniscas marinas, lutitas y yeso de edad Miocena (Fm Guasayán), y la parte superior está constituida por areniscas continentales y arcillas del Plioceno (Fm Las Cañas). Estas areniscas del Plioceno se encuentran silicificadas debido a la alteración hidrotermal (Críncoli, 2001).

El Cuaternario está representado, desde la zona de borde por una serie de conos aluviales de gran magnitud (Figura 8.9.) siendo uno de los principales el cono aluvial del Río Salí, definido recientemente como uno de los reservorios de aguas subterráneas más importantes de la provincia. Desde la zona apical a la distal de estos conos, los sedimentos gradan desde gravas gruesas conglomerádicas hasta sedimentos finos, definiéndose desde el sector medio a distal, zonas de surgencias naturales.

La principal recarga de los acuíferos se produce en los sectores más altos de las sierras a partir de las abundantes precipitaciones en forma de lluvia y nieve. A su vez, gran parte de los caudales del Salí y sus afluentes se infiltran en los sedimentos permeables de los conos aluviales en los bordes serranos.

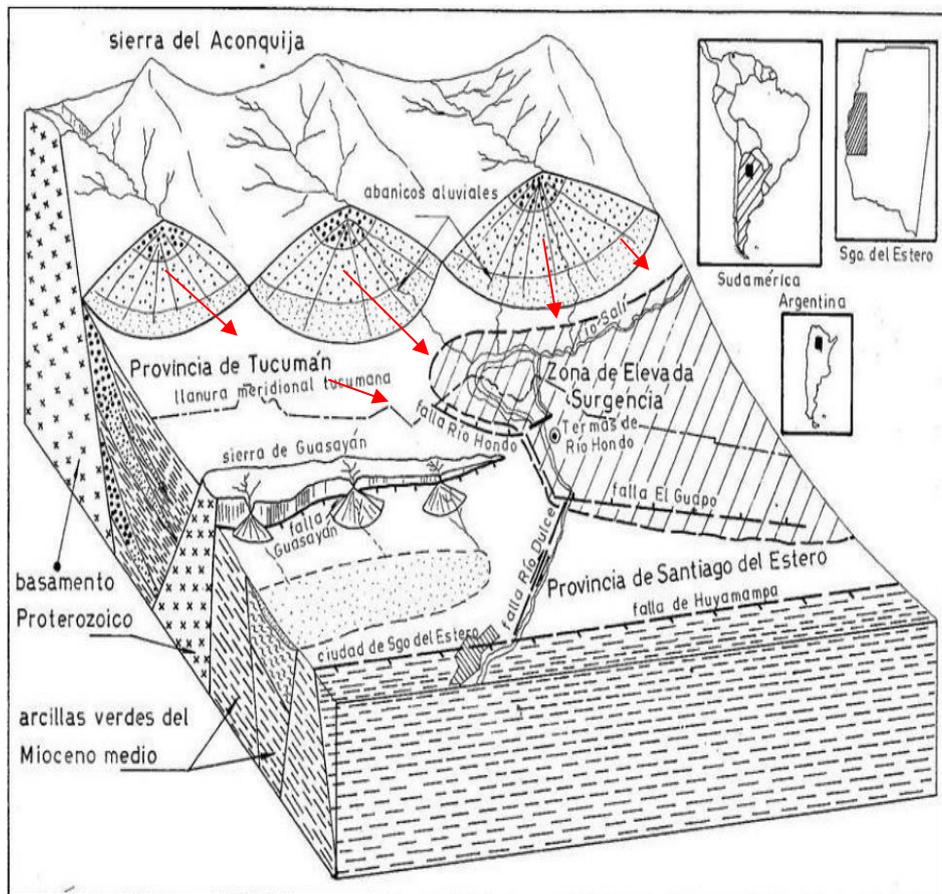
Los caudales de los ríos de la cuenca alta en gran parte se infiltran en los terrenos permeables de los conos de deyección, que acompañan al borde de las sierras, alimentando los acuíferos del subsuelo de la llanura tucumana.

Debido a la conformación geológica del subsuelo, donde predominan en su sección superior sedimentos permeables del Terciario y el Cuaternario, con suave pendiente al Este, permite la circulación del agua en esa dirección de la cuenca. En el sector Norte, las aguas que se infiltran al pie de las Sierras Subandinas, circulan hacia el Sur. El borde oriental de la cuenca encuentra un cierre impermeable en los afloramientos de rocas de basamento correspondientes a la Sierra de Guasayán que actúa como un dique para las aguas subterráneas, en tal forma que les origina presión hidrostática.

Además, existe un importante desnivel entre el área de recarga en el pedemonte de las sierras a 500-600 m sobre el nivel del mar, hasta la zona más deprimida de la Llanura, con 350 m sobre el nivel del mar en el sector Norte y 250 m sobre el nivel del mar en el sector Sur (Figura 8.8.), que permite un buen drenaje superficial y un flujo subterráneo con niveles piezométricos de surgencia en la zona de la llanura (Tineo, 1987).

Sintetizando lo expuesto anteriormente, desde el punto de vista hidrogeológico, podemos distinguir diferentes ambientes vinculados a sus características litológicas y recarga de los acuíferos profundos (Tineo *et. al.*, 1993) (Figura 8.17.):

- El sector pedemontano alto, en ambientes de glacia, donde la cubierta cuaternaria es de poco espesor, sobre niveles Terciarios impermeables, cuenta con acuíferos de escaso caudal, la calidad está condicionada al contacto con terrenos salinos del sustratum terciario.
- Los conos aluviales coalescentes, que forman un frente importante en el faldeo bajo de las sierras del Aconquija y San Javier, son los mayores reservorios de agua subterránea en esta cuenca, con una recarga asegurada por la infiltración de las abundantes lluvias en el Oeste. El agua circula por reservorios de elevada permeabilidad y es de buena calidad.
- La zona distal de los conos se interdigita con los niveles pelíticos de los sedimentos de llanura. Allí predominan los acuíferos múltiples con presión artesiana. Se explotan acuíferos surgentes de buena calidad y por debajo de los 200-300m, se observan anomalías térmicas.



**Figura 8.17.** Block diagrama zona de recarga y de elevada surgencia entre las provincias de Tucumán y Santiago del Estero, tomado de Martin, A. (2015).

Diferentes autores han caracterizado los acuíferos de la subcuenca, según Críncoli (2001) existen tres unidades formacionales acuíferas, la caracterización litológica de las mismas y su comportamiento puede verse en la Tabla 8.4.

Edad		Unidad formacional	Litología	Tipo
Cuaternario			Arenas fluviales de paleocauces	Acuífero libre
Terciario	Plioceno	Fm. Las Cañas	Intercalación de arcillas rojas y arenas finas	Acuífero multicapa
	Mioceno	Fm. Guasayán	Arcillitas y lutitas yesíferas marinas	Acuífero multicapa - Acuícludo

**Tabla 8.4.** Caracterización de los diferentes acuíferos en la cuenca del Río Salí (Críncoli, 2001).

Las unidades acuíferas más modernas corresponden a sedimentos arenosos fluviales Cuaternarios relacionadas a los antiguos cauces del Río Salí-Dulce, con grandes rendimientos de bombeo. El resto de la cobertura Holocena, representada por depósitos eólicos y aluviales que revisten toda la cuenca, desde el pedemonte de la Sierra de Aconquija, hasta los niveles más finos que conforman el ambiente de llanura (Tineo *et. al.*, 1998); funcionarían como recarga a los acuíferos subyacentes en la zona occidental.

En segundo término, se encuentra la Formación Las Cañas (Bataglia, 1973) compuesta por arcillas rojas intercaladas con arenas finas de edad Pliocena, portante de acuíferos multicapa en los lentes arenosos de espesor variable. Dentro de esta formación se reconocen dos miembros, de los cuales el miembro inferior presenta una fracción arenosa mucho menor que el superior. Esta unidad contiene al acuífero termal de Las Termas de Río Hondo.

En tercer lugar, se encuentra a la Formación Paraná (Frenguelli 1920), denominada también Formación Guasayán (Bataglia 1973), compuesta por arcillitas y lutitas yesíferas marinas del Mioceno. Esta formación posee niveles acuíferos de elevada salinidad y a su vez cumpliría una función de “basamento” hidrogeológico, impidiendo la percolación del agua hacia niveles más profundos (acuicludo).

Otros trabajos, reconocen entre el primer y segundo acuífero una secuencia sedimentaria constituida por limos loésicos y fanglomerados, representados por la Formación Capellanía de edad Pleistocena. En virtud de lo dicho, en la Tabla 8.5. se sintetizan las principales unidades hidrogeológicas identificadas en el área de estudio.

Edad		Unidad formacional	Litología	Unidad hidrolitológica/ comportamiento	Observaciones
Cuaternario	Holoceno		Arcillitas parduzcas con arenas, gravas cuarzo-líticas (Arenas fluviales de paleocauces)	Acuífero primario (freático)	Elevadocaudalyexcelente aptitudes químicas
	Pleistoceno	Fm Capellanía	Sedimentos limoarcillosos, loessoides, rojizo a pardo rojizo	Acuífero/ acuitardo	Acuífero de buena calidad
Terciario	Plioceno	Fm. Las Cañas	Arenas cuarzosas con arcillas pardo rojizas a pardo amarillentas	Acuífero semiconfinado a confinado multicapa	Complejo Acuífero Termal Surgente. Salinidad variable
	Mioceno	Fm. Guasayán	Sedimentos limoarcillosos de color rojizo con bancos de yeso, llimolitas verdes y margas gris verdosas	Acuíferos confinados aislados Acuícludo	Alta salinidad Basamento hidrogeológico

**Tabla 8.5.** Cuadro sintético con hidrogeología para el área de estudio.

### **Acuíferos Cuaternarios**

Los niveles acuíferos Cuaternarios se emplazan en sedimentos de diversa granulometría y presentan condiciones de surgencia o semisurgencia según el sitio y la profundidad. El sector superior de estos depósitos (3-30 m) se halla representado por depósitos loésicos y sedimentos limo-arenosos. El sector basal consiste en gravas y arenas intercaladas con limos y arcillas. Una serie de abanicos aluviales se extienden desde el borde occidental de la cuenca, siendo los más prominentes el del río Salí y el del río Lules.

Los acuíferos Cuaternarios se encuentran mejor desarrollados sobre la porción distal de los abanicos aluviales del sector Tucumano y hacia el límite entre Tucumán y Santiago del Estero, donde se presentan los mayores espesores. Los acuíferos, con profundidades de entre 30 y 300 m, son surgentes y altamente productivos, alcanzando rendimientos de hasta 5.000 m<sup>3</sup>/día.

En la localidad de Las Termas de Río Hondo, el Cuaternario se encuentra muy poco desarrollado, está conformado por sedimentos fluviales y eólicos de llanura. Su uso es muy poco frecuente debido a la presencia de niveles inferiores con mejores condiciones, ya que contienen aguas con salinidades relativamente altas, producto de niveles someros en suelos sometidos a procesos de evaporación. Los acuíferos Cuaternarios se encuentran en conexión hidráulica con acuíferos Pliocenos.

Según datos históricos de perfiles realizados por la Dirección General de Minas y Geología como la "Perforación N° 12 en Las Termas" (del año 1951), ubicada en las instalaciones de la Escuela N° 761 - Rafael Obligado, las perforaciones N° 1 y N° 7 ubicadas en el sector del centro, las N°3 y N°4 situadas en la margen derecha del Arroyo Toroyacu (actualmente entubado) y la perforación N° 10 sobre la costa del río Dulce donde actualmente se ubica el balneario. El Cuaternario presenta un espesor de entre 5 y 20 m.

Contiene al acuífero libre y en algunos casos un segundo nivel semilibre. Los caudales específicos son bajos, la mayoría de las capas se informa como que se “agota” luego del bombeo. La primera capa se ubica (aproximadamente) entre los 4 y 9 m y la segunda, si está presente, entre los 12 y 14 m. Presenta salinidad mayor que los niveles Pliocenos, con valores frecuentes que rondan los 2.500-3.000 mg/lit. Se trataría de aguas salobres a saladas. Las temperaturas son también más bajas que para los niveles inferiores, con registros de 19-23°C. Lamentablemente no se cuenta con análisis locales detallados para hacer una caracterización más completa.

### **Acuíferos del Plioceno**

Una mención aparte en el presente informe merecen los estratos de edad Pliocena, los cuales se componen de sedimentos de arenas cuarzosas y arcillas de origen fluvial, que alojan el Complejo Acuífero Termal Surgente, con temperaturas que van de los 30 a más de 50°C, y espesores variables según la zona. Los acuíferos son del tipo multicapa, se encuentran alojados dentro de lentes arenosas de espesor variable y escasa continuidad lateral, por lo cual la correlación de estos acuíferos entre perforaciones vecinas resulta difícil. Los acuíferos se encuentran separados por miembros improductivos constituidos por limos y limos calcáreos que tienen una fuerte comunicación vertical entre ellos, generando la mezcla de aguas de diferentes temperaturas.

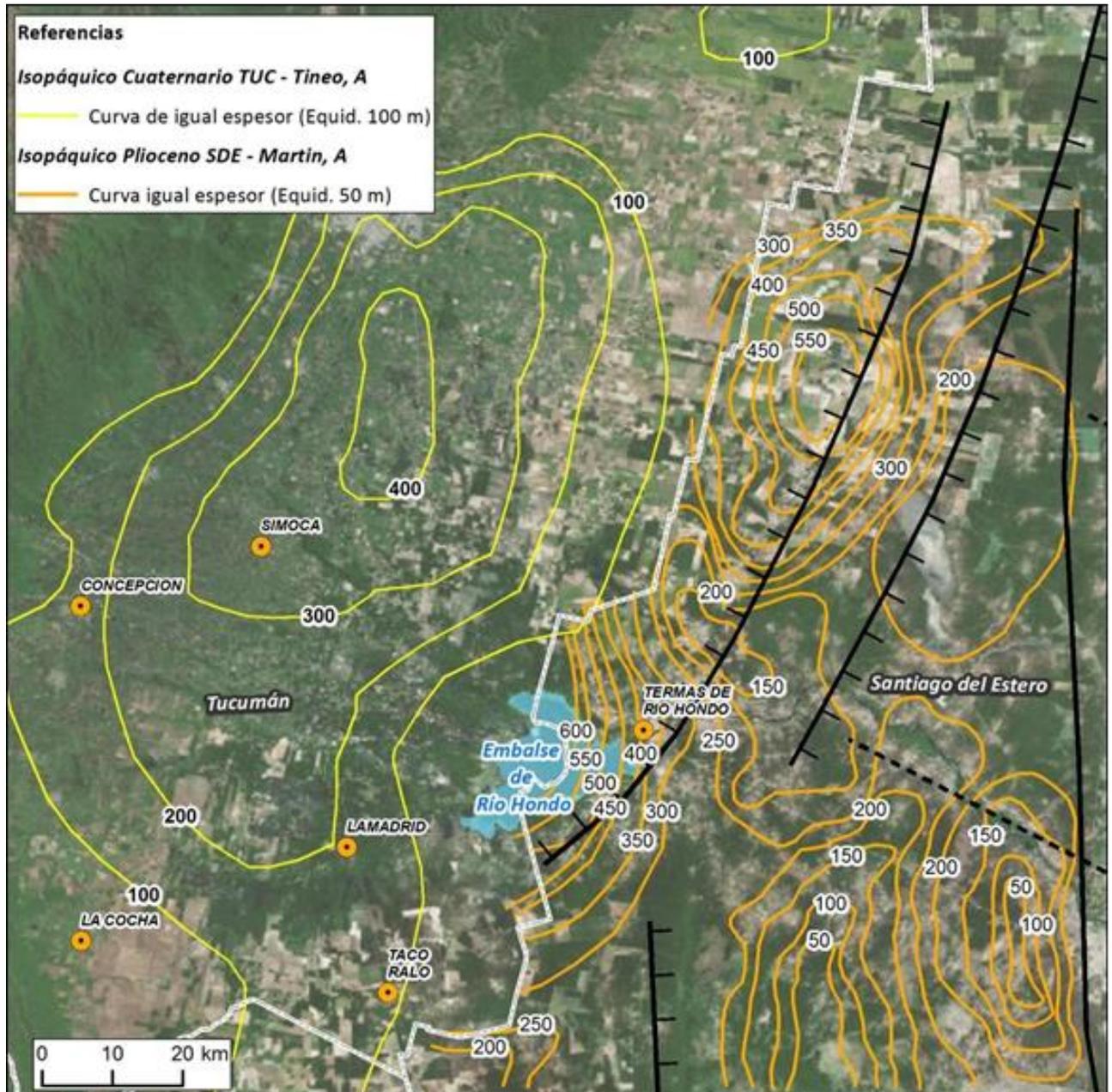
Según Martin A. *et al.* (1999), en base a la interpretación de los perfiles de perforaciones antiguas en un sector santiagueño, los espesores más significativos de los estratos del Plioceno se encuentran en una concavidad limitada hacia el Este por la falla de Río Hondo, en la zona del embalse y al NNE, con máximos entre 550 y 600 metros (Figura 8.18.). Según el autor, la mayor tasa de sedimentación quedó controlada por un alto estructural de rumbo NO 33° SE. Los mínimos espesores (50 metros) pueden observarse en el faldeo Este de la Sierra de Guasayán. Esto se debe al levantamiento de los bloques de basamento profundo que empujaron hacia arriba estratos del Mioceno.

Los acuíferos surgentes muestran una distribución aparentemente relacionada con la tectónica que afectó a la formación, más que con factores litológicos. La zona de recarga de estos acuíferos se ubicaría en la margen oriental de la sierra del Aconquija, donde afloran estos sedimentos.

La secuencia de la perforación N° 12 (DGMG) muestra una intercalación areno-arcillosa correspondiente al Plioceno que va desde los 20 a los 313 mbbp. En total, 14 capas acuíferas son interceptadas en este nivel, hasta la capa 9 se describen aguas dulces con valores que no superan los 2000 mg/L de SDT, la mayor densidad de niveles acuíferos ocurre entre los 150 y 200 mbbp; la capa 10 muestra características de agua salobre, y a partir de la capa 11, donde las zonas de aporte acuífero coinciden con intercalaciones aisladas de arena fina e incluso arcillas, las concentraciones de sales aumentan significativamente volviéndose aguas saladas, e incluso revistiendo en las capas 12 y 13 características de agua de salmuera con valores que superan los 130.000 mg/l.

En el área de estudio este acuífero presenta condiciones de termalismo y surgencia.

Grandes sistemas de fracturas afectan a todo el espesor del Plioceno. Específicamente en Las Termas de Río Hondo confluyen una serie de fracturas, como la falla transcurrente del Río Dulce, la fractura de Río Hondo y la falla de Guasayán. Este vínculo de estructuras tiene la capacidad de transmitir libremente el flujo calórico que asciende desde los niveles inferiores (Martin et. al., 2007), generando la mezcla de un fluido hidrotermal caliente con aguas frías contenidas en los acuíferos más someros.



**Figura 8.18.** Isoespesores para el Plioceno santiagueño según Martin, A et. al. (1999) y para el Cuaternario tucumano según Tineo, A. (1993).

**Acuíferos del Mioceno**

La Formación Paraná (Frenguelli, 1920), denominada también Formación Guasayán (Bataglia, 1973) está conformada por arcillitas y lutitas yesíferas marinas del Mioceno, estos sedimentos son

poco permeables y cumplirían la función de “basamento” hidrogeológico. Contienen aguas con elevadas concentraciones de sales disueltas que pueden alcanzar los 70.000 mg/lit.

El grado geotérmico aumenta abruptamente al ingresar al este nivel, debido a que el calor se desplaza por conducción, ya que los estratos -con elevado contenido de hierro y magnesio- disponen de una mayor conductividad térmica. El agua en algunos acuíferos puede alcanzar una temperatura de 90°C.

Según los datos de perforaciones en el área de estudio los niveles Miocenos se encontrarían a partir de los 313 mbp.

### **Termalismo**

El sistema acuífero de Las Termas de río Hondo muestra un termalismo notable, con temperaturas de más de 40°C para las aguas contenidas en el Plioceno y gradiente geotérmico escaso (1,92°C/100 m). Para el Mioceno las temperaturas son mayores 80-90°C y el gradiente es más elevado. La fuente de calor sería posiblemente de origen astenosférico, con influencia debido a un adelgazamiento cortical.

El subsuelo de la ciudad de Las Termas de río Hondo está constituido por acuíferos surgentes que se encuentran ubicados en una gran fosa tectónica, conectados con fallas. Según Jurio *et. al.* (1975), la fosa tectónica de Termas de Río Hondo, constituye una cuenca receptora de corrientes ascendentes de agua, que se desplazan a través de fracturas presentes en el subsuelo. Sus rasgos hidrogeológicos y de temperatura estarían íntimamente ligados a los factores tectónicos locales.

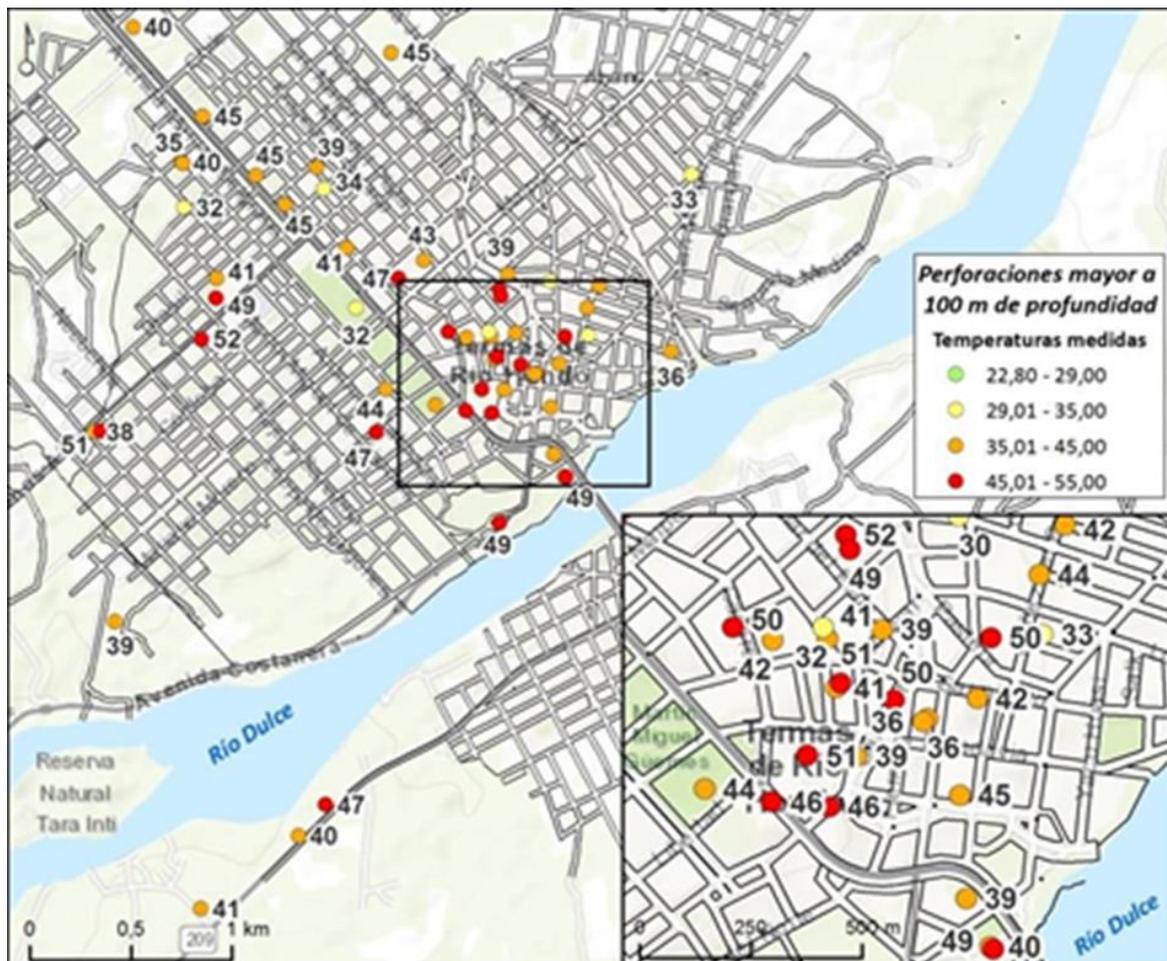
Los sistemas conformados por grandes fracturas afectan a todo el espesor del Plioceno. El fallamiento tiene mucho que ver con la transferencia de calor, debido a que los fluidos hidrotermales ascienden rápidamente y son los encargados de caldear los acuíferos superiores. Las fallas, son las responsables de generar “vías rápidas” para la ascensión de aguas termales.

Los sedimentos Miocenos, emplazados en el piso del sistema acuífero explotado, están constituidos por silicatos de hierro, aluminio y magnesio que transmiten el flujo calórico por conducción. En cambio, en los sedimentos del Plioceno, predominan los depósitos de arenas y gravas (cuarzo), y existe una gran variabilidad de temperaturas con presencia de gradientes geotérmicos negativos. Se verifican en este nivel, fenómenos de convección; donde una fase acuosa fría se estaría mezclando con los fluidos calientes hidrotermales (Martin *et. al.*, 2007).

Para clasificar las aguas de la región en cuanto al termalismo, se utilizó como referencia la clasificación propuesta en el Catálogo de Manifestaciones Termales de la República Argentina del SEGEMAR. La clasificación queda expresada para la Localidad de río Hondo, de la siguiente manera:

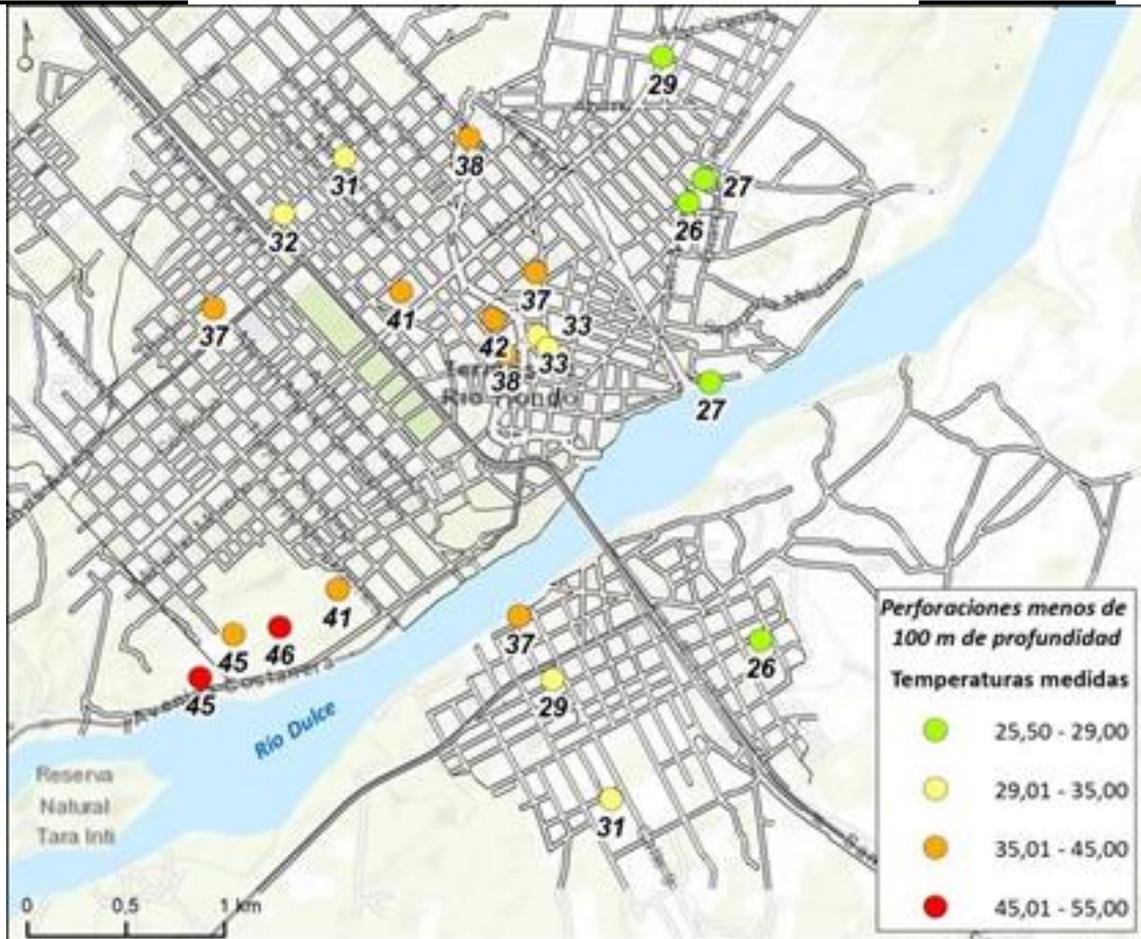
- 29°C a 35°C                      Hipotermiales
- 35°C a 52°C                      Mesotermiales
- 52°C o más                        Hipertermiales

Según el análisis de datos realizado, para las captaciones de más de 100 m, todas las muestras presentan condiciones de termalismo. Los rangos de temperatura medidos pertenecen a aguas del tipo mesotermal, con valores que superan los 35°C, y predominantemente se encuentran por encima de los 45°C, llegando a hipertermales -por ej., en las perforaciones RH032 o RH049- (Figura 8.19.). Los mayores valores se concentran en el sector céntrico de la ciudad y hacia el Sudoeste. Hacia el Noreste los valores descienden.



**Figura 8.19.** Temperaturas, por rango medidas en perforaciones de más de 100 m de profundidad.

En las perforaciones de menos de 100 m (Figura 8.20.), los menores valores de encuentran en el extremo Este, presentando registros por fuera del rango termal. Hacia el centro de la ciudad, las aguas son mayormente hipotermales; los registros más elevados se encontraron en el sector Sudoeste (en la zona del Golf), son coincidentes con una zona de elevada Surgencia. Estas aguas son de tipo mesotermal.

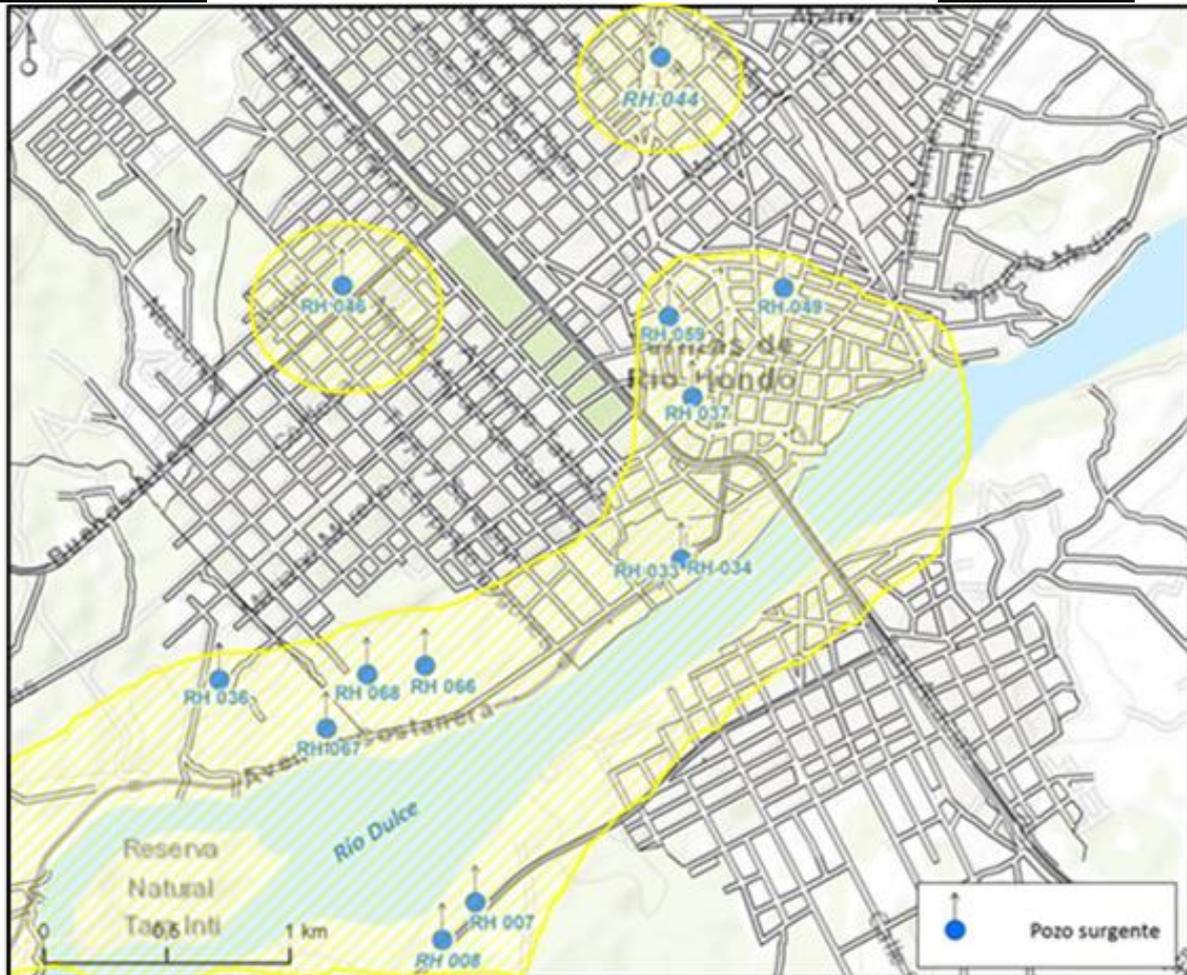


**Figura 8.20.** Temperaturas, por rango medidas en perforaciones de menos de 100 m de profundidad.

### **Surgencia**

Las Termas de Río Hondo se encuentra emplazada en el sector denominado por Martín como “zona de elevada surgencia”. A partir del área de recarga de la cuenca se genera el desplazamiento de una gran masa de agua con dirección Este –Oeste hasta llegar a las Sierras de Guasayán, estructuras que constituyen una barrera natural de las aguas subterráneas y son las encargadas de generar elevadas presiones hidrostáticas en el complejo hidrotermal. En los niveles Pliocenos e inferiores, estas condiciones generan un elevado potencial hidráulico, que se manifiesta como surgencia en las perforaciones.

A través de entrevistas realizadas a perforistas locales se han limitado zonas aproximadas de surgencia condicionadas a la planicie del Río Dulce, como por ejemplo en la zona del Río Hondo Golf Club y sobre la margen contraria del río en la zona del Vivero Municipal. Esto fue corroborado a partir del relevamiento realizado. Las perforaciones que presentaban con condiciones de surgencia dentro de la localidad de Las Termas de Río Hondo, se muestran en la Figura 8.21. También se señala en color amarillo la “Zonas de Surgencia” interpretadas.



**Figura 8.21.** Perforaciones surgentes y zonas de surgencia en la Localidad de Río Hondo.

### **Aguas Subterráneas en Las Termas de Río Hondo**

A partir del relevamiento de campo, la interpretación de los resultados de los análisis químicos y de los datos expuestos en el “Estudio Hidrogeológico en Termas de Río Hondo” (Scatizza *et. al.*, 2018), se realizó a los fines de este informe, la siguiente caracterización de las aguas subterráneas presentes en la Localidad.

#### **1- Capa Freática:**

Debido a la imposibilidad de realizar mediciones propias, por no existir perforaciones al acuífero libre; para la determinación de la ubicación de la capa freática se trabajó con información histórica brindada por el municipio. Los datos de profundidad de nivel freático para 40 puntos ubicados en el casco urbano, fueron utilizados para la elaboración del mapa de curvas de nivel freático (Figura 8.22.).

También a partir de la profundidad relativa de la capa freática se generó un mapa líneas de isopropundidad del nivel freático (Figura 8.23.).

La capa freática, según los datos disponibles, se ubica entre los 274 y 254 m s.n.m., con una dirección de flujo predominante Noroeste-Sureste, desde los sectores de mayores cotas hacia el

río Dulce. En la margen Sur del río, la dirección es opuesta (SSW-NNE).

Según los datos, el nivel freático varía de 0 a -4 m. Como se muestra en la Figura 8.23, una franja de orientación NNW – SSE, que atraviesa el centro urbano, contiene los niveles más someros. Los menores niveles se señalan en color amarillo y se encuentran localizados en los alrededores de la Avenida Laprida, entre Francisco Solano y José Martí. En las periferias, los niveles son más profundos y se señalan en azul. Las profundidades máximas se encuentran hacia del SE del Parque Güemes; en la intersección de Avenidas 25 de Mayo y Las Heras y en el extremo Noroeste del mapa.

Los sectores de nivel freático somero son más vulnerables a la contaminación antrópica y los más fácilmente anegables.

### CURVAS DE NIVEL FREATICO (msnm)

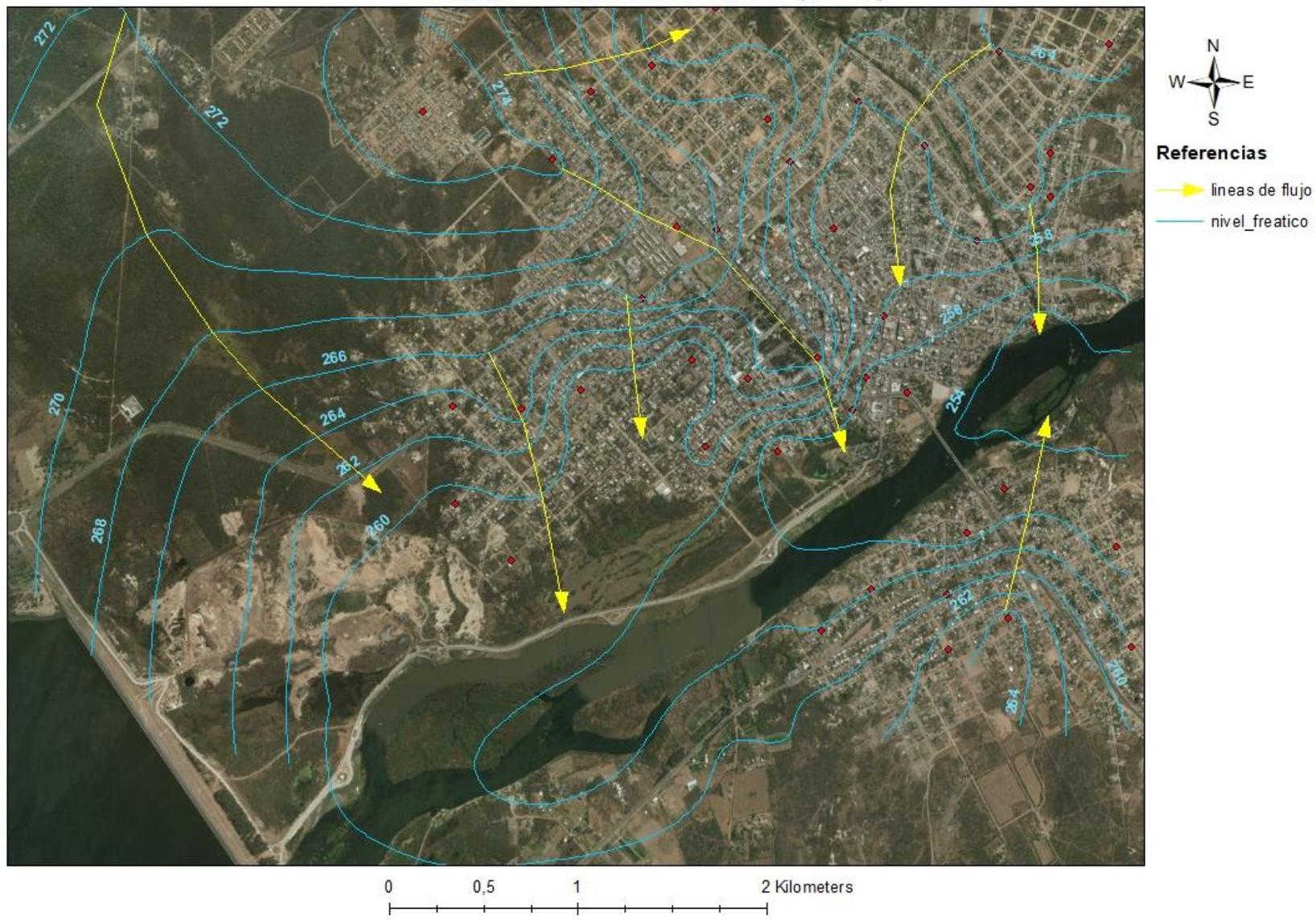


Figura 8.22. Mapa de Curvas de Nivel Freático.

### ISOPROFUNDIDAD DE NIVEL FREÁTICO (msnm)

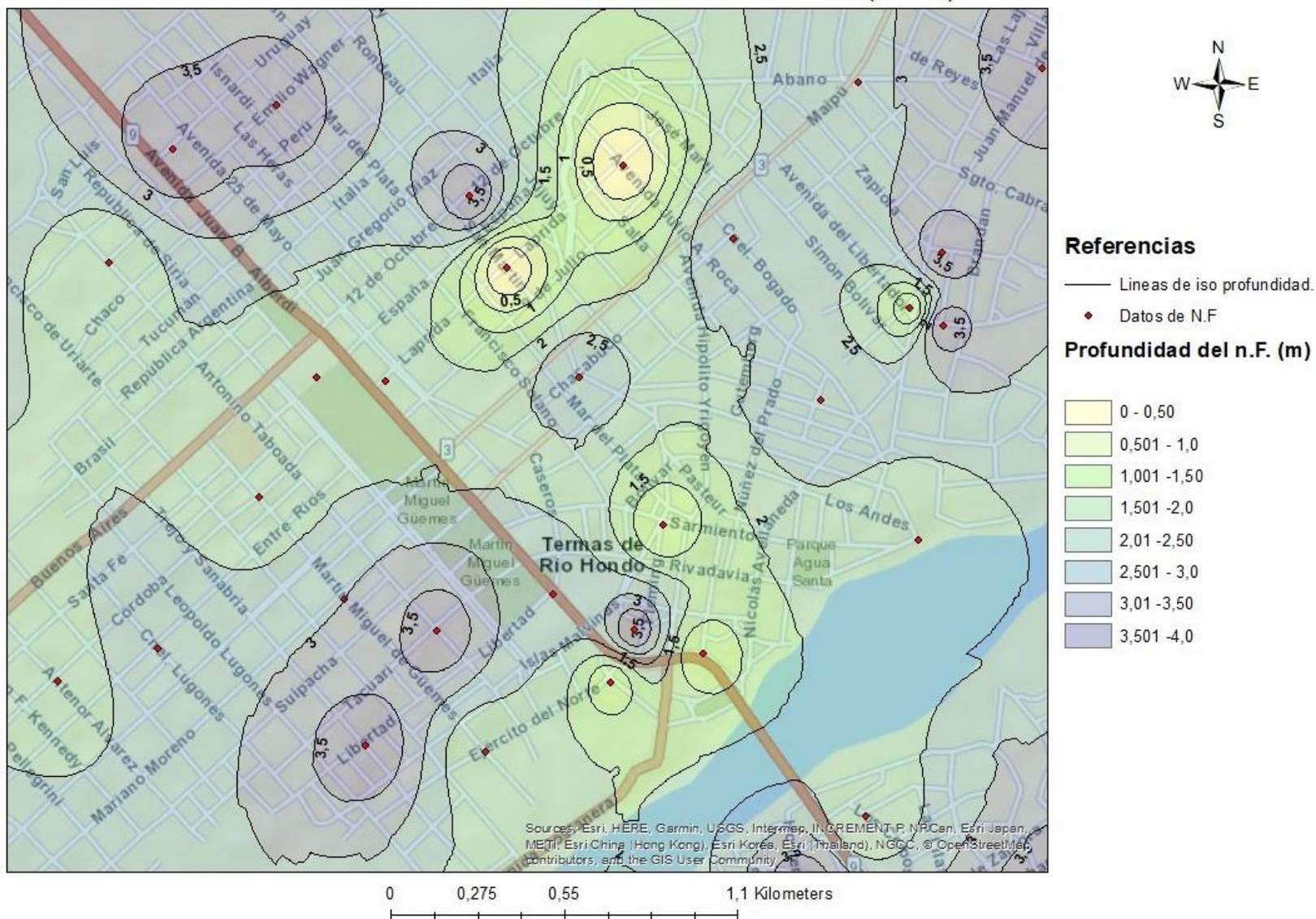


Figura 8.23. Detalle de Mapa de Líneas de Isoprofundidad de Nivel Freático.

## 2- Vertientes:

Antiguas vertientes termales se encontraban diseminadas en un área aproximadamente de 30 km<sup>2</sup>, tanto al Norte como al Sur del tramo del río Dulce sobre la cual se encuentra asentada la actual población de Las Termas de Río Hondo. Sobre el sector septentrional, las vertientes eran más numerosas y se hallan ampliamente distribuidas, conociéndose entre las más importantes las vertientes de Intiguy-Yacú (posteriormente denominadas como Pozo de Río Hondo y La Playa), las de Toro-Yacú, las de Chujchala (que comprendían vertientes calientes y frías), las de Barrancayaco (conformadas por las vertientes Fierro, Zarza, Azufre, Potasa y Agua Santa), y las de Atacama. Sobre la margen sur del río se encontraban las denominadas Huturunco-Huási y Trigo Chacra. Según menciona Corti (1918), “los análisis de los químicos que han tenido ocasión de estudiar esta agua, coinciden en líneas generales”. Se observa que las vertientes presentaban un rango de temperaturas entre 22 y 42° C y una mineralización débil a media entre 280 y 700 mg/l. Un dato no menor, es que muchas de las vertientes nombradas, surgieron durante un evento sísmico registrado en julio de 1817 (Corti, 1917) que provocó un fenómeno de licuefacción con grietas en el terreno y aparición de grandes manantiales surgentes.

Actualmente la mayoría de las vertientes ha desaparecido. Durante las tareas de campo se registraron tres vertientes: La Olla, La del Hotel Los Cardones y Agua Santa (Figura 8.24.). Esta última según testimonio de los vecinos está desapareciendo, presentando estadios de sequía temporarios. En la Tabla 8.6. se muestran los parámetros fisicoquímicos medidos in situ de las mismas.

Una vertiente es la intercepción de la capa freática con la topografía, razón por la cual sería esperable que presentara afinidad con el acuífero libre. En Las Termas de Río Hondo esto no se verifica (y aunque no se cuenta con datos químicos para el nivel freático), las vertientes parecen estar relacionadas con niveles más profundos, que responderían posiblemente a los fenómenos conectivos de transporte de fluidos a través de fracturas anteriormente descriptas.

Nombre	Identificación	T (°C)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	OD (mg/l)
RH 034	Camping La Olla	38,4	8,99	654	2,7
RH 081	Los Cardones	27,3	8,23	2390	6,7
RH 102	Agua Santa	29,4	8,19	1996	3,5

**Tabla 8.6.** Parámetros fisicoquímicos de las tres vertientes registradas.

Como se puede observar en la Tabla 8.6. las vertientes se encuentran dentro del rango de temperatura de agua hipotermal (Hotel los Cardones) y mesotermal (Agua Santa y el Camping La Olla). Las tres muestras corresponden a agua dulce, con pH alcalino variable entre 8,2 y 9. Presentan tipos de agua diferentes: la vertiente La Olla, bicarbonatada sódica; Agua Santa sulfatada sódica, y la vertiente del Hotel Los Cardones, sulfatada-bicarbonatada sódica.

Del análisis de elementos minoritarios se destaca que las tres vertientes poseen contenidos de Vanadio, Arsénico, Flúor y Estroncio (este último no está presente en La Olla).



**Figura 8.24.** Ubicación de vertientes.

### **3- Perforaciones de aguas subterráneas al acuífero Plioceno:**

Para su interpretación, las muestras de perforaciones se separaron en dos grupos de acuerdo a su profundidad de explotación:

- Perforaciones de más de 100 metros de profundidad.
- Perforaciones de menos de 100 metros de profundidad.

En líneas generales, corresponden a dos situaciones diferentes: capas más someras explotadas para uso domiciliario y niveles más profundos explotados por establecimientos hoteleros. En las Figuras 8.6. y 8.7., se muestra la ubicación de las perforaciones analizadas.

A continuación, se muestran los resultados de las mediciones de los parámetros in situ registrados en perforaciones en la localidad de Las Termas de Río Hondo. Resultados de análisis químicos completos, se encuentran en el Estudio Hidrogeológico en Termas de Río Hondo.

Nombre	Identificación	T (°C)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	OD (mg/l)
RH 019	Los Puestos	30,2	7,71	1182	6,1
RH 025	Ardiles	25,5	7,98	2620	6,1
RH 027	Pozo Cautiva (San Jose?)	29	8,23	1762	8,8
RH 028	Pozo Cavado	26,9	7,26	8910	2,4
RH 038	Casa particular - Calle Neruda	26,4	9,09	700	3
RH 039	Casa particular	29,2	8,37	786	3,2
RH 040	Casa particular - Calle Gauchito Gil	30,6	8,84	833	7,5
RH 041	Casa particular	29	6,69	4260	3,2
RH 042	Mueblería - Flia Orue	31,8	9,4	403	4
RH 044	Casa particular - Calle España	38,4	8,75	915	3,4
RH 050	Complejo Luz y Fuerza 2	37,1	9,25	444	3,4
RH 054	Casa particular - Calle Jujuy	36,6	9,02	874	1,5
RH 061	Hotel Los pinos	40,9	9,07	518	2,9
RH 065	Golf - Puerta	41,2	9,27	596	3,8
RH 066	Golf - hoyo 7	46	8,55	591	1,8
RH 067	Golf - hoyo 4	45,4	9,15	676	1,3
RH 068	Golf	45	9,06	571	4
RH 077	Hotel Ciudad del Sol	37,5	8,95	937	2,2
RH 079	Hotel Los Cardones	41,5	9,24	661	2,3
RH 089	Aeropuerto	29	8,51	686	4,3
RH 093	Casa particular	32,7	8,6	2520	4
RH 096	Casa particular - Calle Irigoyen	33,1	9,27	726	3,3
RH 098	Casa particular	37,1	9,34	815	2,6
RH 103	Casa particular - Bº 25 de Mayo	26,6	9,42	676	3,9
RH 109	Casa particular - Barrio España	26,3	9,28	485	4,3
RH 111	Casa particular - Barrio España 2	27,4	8,71	1716	2,7
RH 112	Almacen - Barrio Herrera El Alto	31	9,29	516	2,7
RH 115	Casa particular - Barrio El porvenir	28,1	8,88	520	3,9

**Tabla 8.7.** Parámetros in situ de las perforaciones de menos de 100 metros.

Nombre	Identificación perforación	T (°C)	pH	CE (uS/cm)	OD (mg/l)
RH 002	Centro Spa Municipal	44	9,09	482	5,9
RH 006	Hotel Cotteleso	42	8,3	4060	7,3
RH 007	El Vivero	47,1	8,88	870	3
RH 008	El Vivero	39,8	9,14	1275	•
RH 012	La Soledad	43,4	8,84	1059	1,6
RH 013	Arbolito	40,6	8,85	1121	4,7
RH 015	Lamadrid 2	37,6	8	563	4,2
RH 017	Simoca 1	22,8	7,7	225	4,5
RH 021	Puesto La Soledad	29,9	8,76	2880	3
RH 023	Gramilla Vieja	28,4	6,65	1643	2,2
RH 026	Pozo Huascho	29,6	8,52	1190	8,9
RH 029	Chañarcito	39,9	8,27	680	5,8
RH 030	Arboles Grandes	34,2	8,3	660	3,8
RH 031	Departamentos Ma&Cris	50	7,63	21600	1,7
RH 032	Complejo de Flia. Cano	52,4	9	566	0,9
RH 033	Camping La Olla	48,5	8,53	3320	0,4
RH 036	Casa particular	39,3	9,37	467	2,8
RH 037	Hotel Bristol	39,2	8,59	1155	7
RH 043	Dique	44	9,24	631	1,5
RH 045	Camping El mirador	39,5	9,25	542	1,8
RH 046	Complejo Luz y Fuerza 1	49,1	9,23	548	2
RH 047	Casa particular	26,1	9,14	863	2,5
RH 051	Complejo Luz y Fuerza 3	40,9	9,15	450	5,6
RH 053	Hotel Lucas III	50,7	8,49	3440	1,7
RH 055	Apart Itafen	47,2	9,18	605	1,7
RH 056	Casa particular	43,7	8,17	4170	5,7
RH 058	Hotel Los Cardones	51,6	7,35	5940	3,3
RH 060	Hotel Los pinos	43,4	9,06	505	1,8
RH 062	Hotel Los pinos	46,5	8,01	1472	2,3
RH 063	Hotel Internacional	41,9	8,44	4450	4,6
RH 064	Hotel Termal Córdoba	39,1	8,98	925	2,3
RH 069	Hotel Pucará	40,8	9,24	492	1,7
RH 070	El Hostal del abuelo	50,2	7,45	17130	2,3
RH 071	El Hostal del abuelo	36,1	9,09	674	3,3
RH 073	El Hostal del abuelo	36	9	667	3,5

**Tabla 8.8.** Parámetros in situ de las perforaciones de más de 100 metros.

Nombre	Identificación perforación	T (°C)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	OD (mg/l)
RH 074	Hotel Miraflores	40,8	8	14040	5,8
RH 075	Hotel Miraflores	51,1	7,61	15850	3,1
RH 076	Ciudad del Sol	38,7	7,52	21000	2,5
RH 078	Los Cardones	48,9	8,02	8130	2
RH 082	Hotel Semiramis	50	8,76	1583	1,6
RH 083	Hotel Marina del Faro	45,9	9,5	480	2,5
RH 085	Hotel Alberti	44,8	9,25	489	2,5
RH 086	Hotel Vertientes	44,6	9,47	538	1,7
RH 087	Hotel Santander	45	9,43	522	2,3
RH 088	Camping provincial	36,4	9,52	366	3,3
RH 094	Lo de Bruno	33	8,29	2480	3,9
RH 099	Cabañas Pinar	40,6	9,3	932	1,9
RH 101	Apart Gulfi	44,2	9,17	503	2,7
RH 106	Hotel Matias y Hnos	40,4	9,35	469	2
RH 107	Hotel Matias y Hnos	35,2	9,5	538	3
RH 108	Pozo Barrio Paludica	32,2	9,55	539	3,2
RH 113	Casa particular - Barrio	38,8	9,43	506	4,1
RH 114	Casa particular - Barrio	33,5	8,73	756	6,7
RH 116	Marina House Cabañas	42,4	9,57	380	1,6
RH 118	Almacen - Barrio Adela	37,5	9,47	447	4,3
RH 119	Pozo surgente - Barrio	51	9,22	662	1,3
RH 120	Pozo Surgente - Barrio	45	9,35	585	1,6
RH 121	Av. San Martin 160	45	7,78	5280	4,3
RH 122	Cabañas Portal del Sol	38,6	8,76	2550	1,4
RH 123	Barrio Obrero	35,9	8,34	1930	7
RH 124	Hotel Los Felipes	40,7	8,98	1007	4,5
RH 125	Hotel Las Vegas	32,4	8,55	2100	6,1
RH 126	Amerian	46	8,21	4550	4,6
RH 127	Amerian	46,4	8,12	5180	3,3
RH 128	Casa particular	30,3	8,8	1171	3,5
RH 129	Casa particular - Barrio	33,2	9,43	577	2,9
RH 130	Parque Acuatico El Dorado	39,6	9,27	746	2,8
RH 131	Parque Acuatico El Dorado	48,7	8,44	1861	2,9
RH 132	Polideportivo	31,7	9,41	469	4,8
RH 133	Hotel Termal Río Hondo	41,7	9,25	528	1,6

**Tabla 8.9.** Parámetros in situ de las perforaciones de más de 100 metros.

La **conductividad eléctrica** (CE) presenta grandes variaciones dentro del ejido urbano. En la Figura 8.25. se muestra la distribución de CE para perforaciones de menos de 100 metros. Para mayor claridad se retiró un valor extremo (perforación RH 056). En líneas generales para este grupo de perforaciones los valores de conductividad varían entre 400 y 2.500 µS/cm, con una media de 906 µS/cm. En el sector Oeste se presentan las conductividades más bajas que no superan los 600 µS/cm, los menores registros se dan en el extremo Noroeste. Desde el centro y hacia el Noreste

se encuentran los registros más altos. En todos los casos las aguas pueden clasificarse como dulces. En la perforación RH056, ubicada a pocos metros de la “perforación N° 12” de la escuela N° 761 Rafael Obligado, se registró un valor anómalo de 4140  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en rango de agua salobre.

La distribución de las CE en perforaciones de más de 100 m, se muestra en la Figura 8.26. En la zona Oeste, los valores no superan los 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La zona céntrica, coincidente con la mayor densidad de infraestructura hotelera, los valores presentan una variación mucho mayor, con registros entre 452  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 21.522  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los valores más frecuentes se encuentran alrededor de los 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las mayores mediciones se concentran en el sector céntrico de la ciudad. Los registros menores ocupan la fracción Oeste del área urbana, a excepción de un pequeño sector próximo a Av. Juan B. Alberdi y Saavedra. Según el modelo de extrapolación, al igual que para las perforaciones someras existe una tendencia de valores algo más altos hacia el Noreste que hacia el Suroeste y Oeste. El registro más alto se encontró en la perforación RH 76, ubicada en Hotel Ciudad del Sol, en una perforación de 228 m de profundidad.

Según los datos expuestos puede afirmarse que existe en la localidad de Las Termas de Río Hondo un sector definido de salinización del acuífero, coincidente con el área de mayor explotación. Se delimitó a partir de los datos y las observaciones realizadas, un sector de salinización efectiva y otro con alto riesgo de salinización (Figura 8.27.), no se registra salinización de magnitud para perforaciones profundas por fuera de este sector. Según los datos de distribución de conductividad, la salinización de las perforaciones céntricas no estaría espacialmente relacionada con la “perforación N° 12” de la escuela N° 761 Rafael Obligado.

Estos sectores constituyen áreas contaminadas y vulnerables dentro del área urbana donde los cuidados sobre el acuífero deben extremarse.

CONDUCTIVIDAD EN PERFORACIONES MENORES A 100M

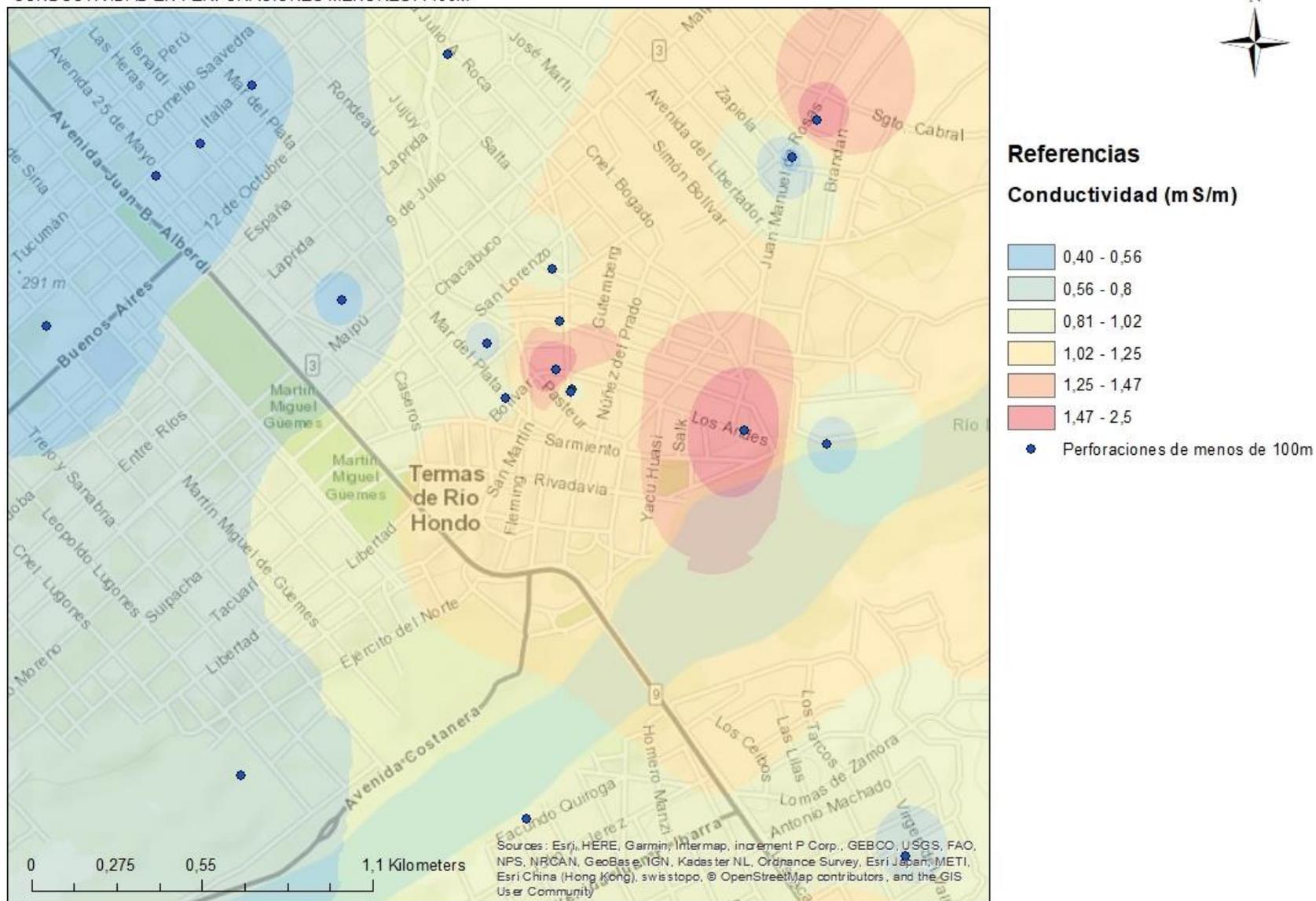


Figura 8.25. Mapa de distribución de CE para perforaciones de menos de 100 m.

CONDUCTIVIDAD EN PERFORACIONES DE MAS DE 100M

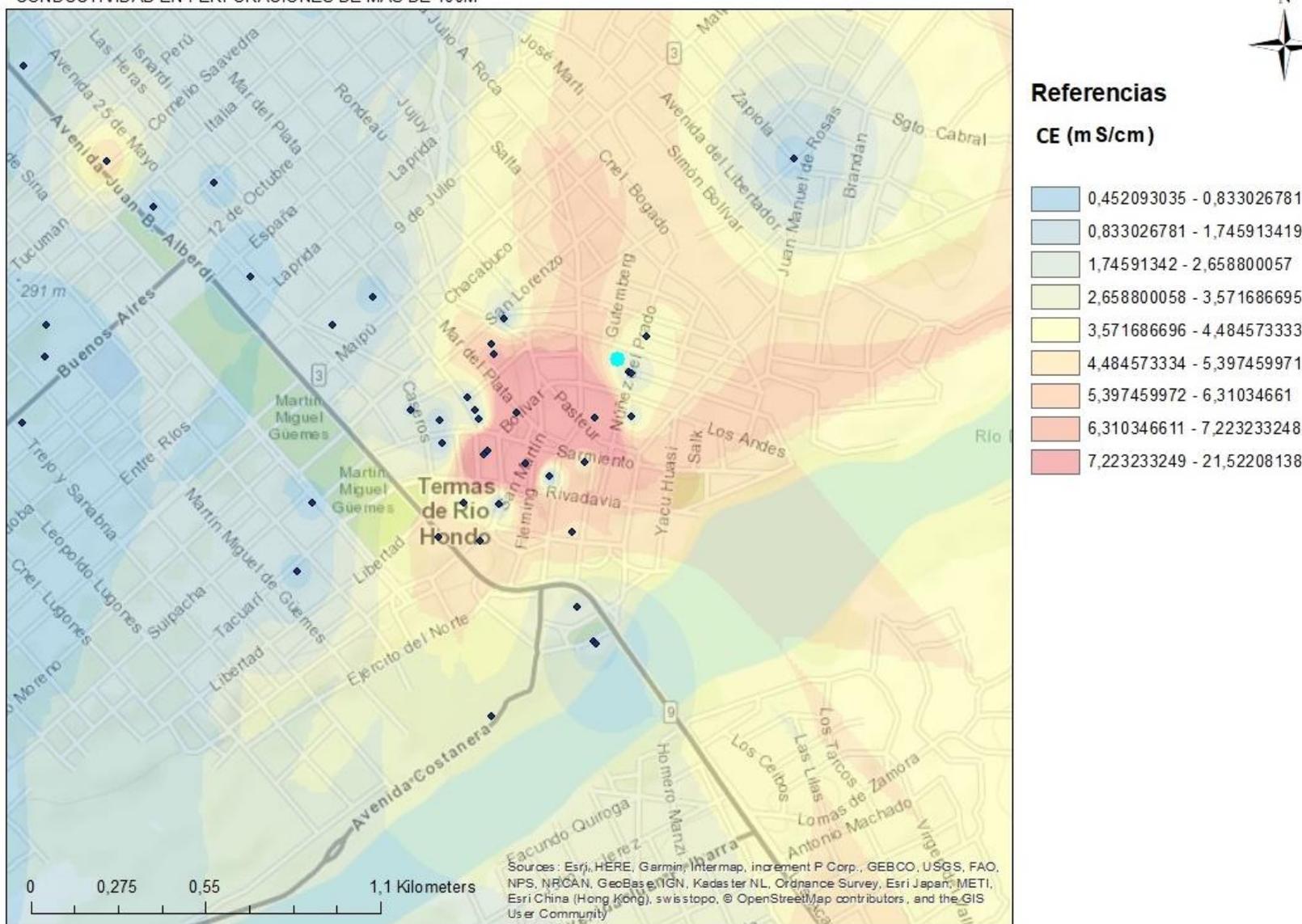
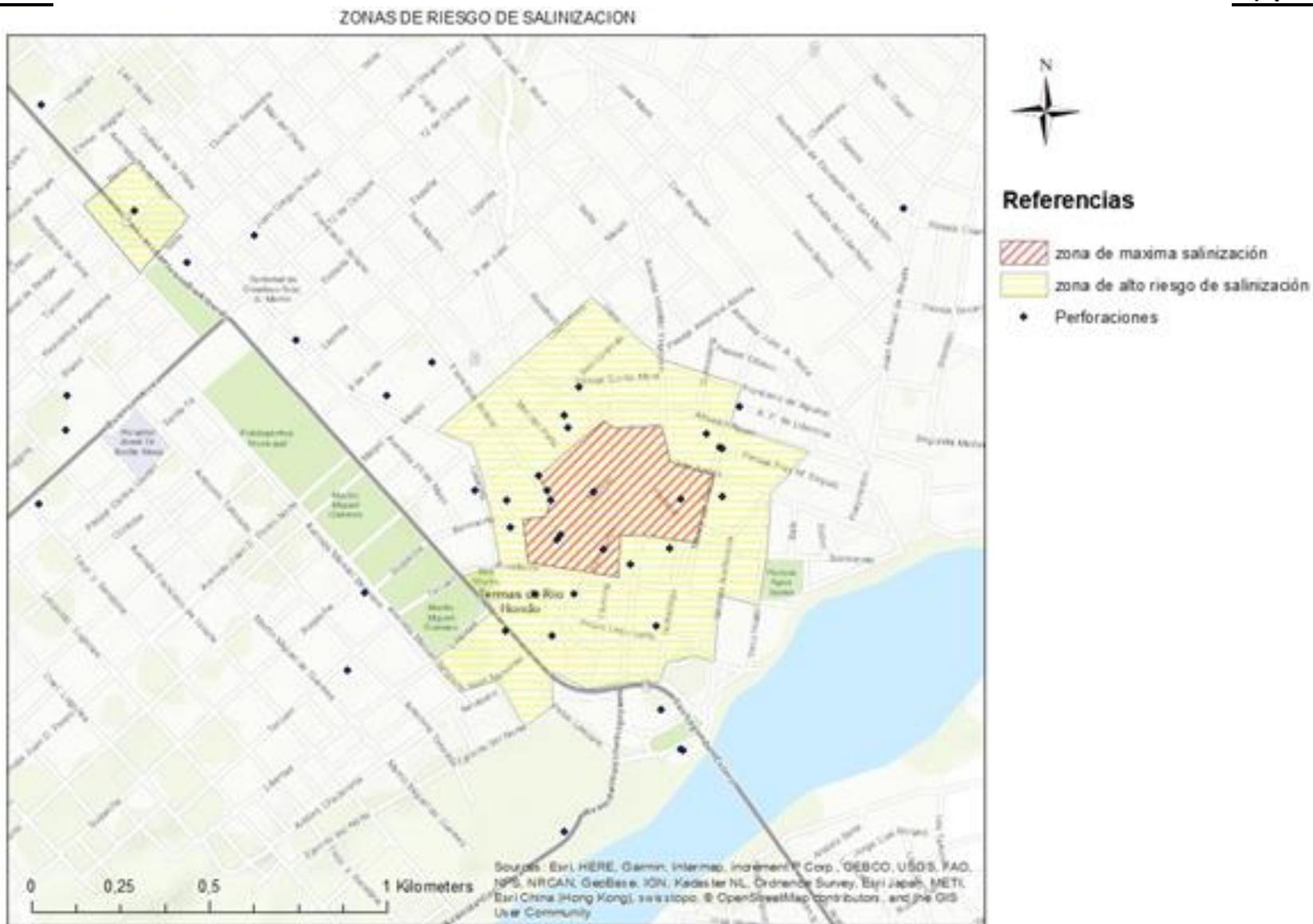


Figura 8.26. Mapa de distribución de CE para perforaciones de más de 100 m. Ubicación de la perforación N° 12 de la escuela N° 761 Rafael Obligado, en celeste.



**Figura 8.27.** Zonas de salinización y zonas con alto riesgo de salinización.

El **pH** resulta variable para los dos grupos de perforaciones. En general aguas con CE mayores presentan valores de pH más bajos, aunque no de manera directa.

Para las perforaciones de menos de 100 m, el valor mínimo hallado para la localidad de Las Termas de Río Hondo es de 6,69 (perforación RH 41, casa particular) en una perforación altamente salinizada. Los valores más frecuentes se encuentran entre 8,5 y 9,2. Se trata en general de aguas levemente alcalinas. El valor más alto fue de 9,42 para la perforación RH 103.

En las perforaciones más profundas, la situación es análoga, el valor mínimo encontrado fue de 7,35 (RH 058, Hotel Los Cardones) y el máximo alcanzó los 9,57 (perforación RH 116, Cabañas Marina House). Los valores más frecuentes encuentran también en el mismo rango.

Según el contenido de sales disueltas, en la mayoría de los casos el agua es dulce, para la localidad de Las Termas de Río Hondo hay algunos casos de aguas salobres y saladas, particularmente en el sector céntrico que presenta anomalías en la conductividad.

Según su **dureza**, mayoritariamente se trata de aguas blandas con concentración de  $\text{CaCO}_3$  menor a 60 mg/lit. En algunos casos se identifican aguas moderadamente duras. Rangos de dureza mayores son poco frecuentes y se dan en pozos de menos de 100 metros, fuera de la zona urbana. En pozos más profundos, coincidente con la presencia de aguas salobres a saladas, se encuentran valores extremos, que superan los 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

En las aguas de todas las perforaciones el catión dominante es el sodio, para los aniones existe una mayor variabilidad, con aguas sulfatadas, cloruradas, bicarbonatadas y de mezcla. Para las aguas de pozos con menos de 100 metros, en líneas generales, se encuentran composiciones de mezcla. El sector occidental registró aguas predominantemente bicarbonatadas sódicas, mientras que en el sector oriental se encontraron aguas cloruradas sódicas y sulfatadas sódicas.

Para el caso de las muestras de agua en pozos con más de 100 metros, existe una preponderancia de aguas bicarbonatadas sódicas en el sector occidental de la ciudad, mientras que en el sector oriental las aguas son sulfatadas sódicas y cloruradas sódicas. Sin embargo, se puede observar un claro agrupamiento de aguas cloruradas sódicas en el sector céntrico/comercial de la ciudad, donde se da la mayor tasa de explotación del recurso en general y coincidente con las zonas de mayor salinidad.

Respecto de los **Fluoruros**, muestran un rango variable de concentraciones que va desde los desde 13 a 1,53 mg/L. En todos los casos el valor supera los máximos aceptables para consumo. Las concentraciones de fluoruros no se encuentran en relación con la presencia de aguas saladas, pareciendo responder más bien a procesos relacionados a los acuíferos superiores.

El **Arsénico** presenta registros entre los 167  $\mu\text{g/L}$  y los 6  $\mu\text{g/L}$ , los máximos se ubican en el casco céntrico de la ciudad (perforación RH059). Valores altos de 142  $\mu\text{g/L}$  se encontraron en la zona Noroeste (perforación RH86) y en la zona del Complejo Luz y Fuerza. Los tenores disminuyen hacia

el SO y en cercanías a la planicie del Río Dulce (13 a 20  $\mu\text{g/L}$ ). Hacia el NE, si bien los contenidos siguen siendo altos, tienden a disminuir. No todos los valores registrados superan el límite de tolerancia para aguas de consumo (50  $\mu\text{g/L}$ ). En la Figura 8.28. se muestra la distribución de Arsénico en perforaciones de menos de 100 m, donde se señala el límite permitido. La mayor parte de la localidad (salvo un sector al Suroeste y otro al Noreste); supera el límite tolerable de potabilidad. Los mayores valores se encuentran en el sector Noroeste. Para el arsénico, igual que para el Flúor no se verifica una relación entre su concentración y existencia de sectores salinizados. Este elemento también está relacionado con la presencia de sedimentos loésicos y vidrio volcánico en los sedimentos.

El **Boro** en las perforaciones someras registró concentraciones que superan los 1500  $\mu\text{g/L}$  del límite de potabilidad en tres puntos de la ciudad: el Barrio Palúdica (perforación RH108), la zona céntrica hacia el ESE (perforación RH123) y el sector NE de la ciudad (perforación RH41D). En el caso de las muestras de agua más profundas, los tenores en la zona céntrica, y de aguas salinizadas llega a superar los 6000  $\mu\text{g/l}$  en la perforación RH70, registrándose los mayores valores en este sector.

El **Estroncio** tiene presencia solamente en perforaciones profundas. Las concentraciones registradas se corresponden con pozos en la zona céntrica de la ciudad, con máximos en las perforaciones RH070 (7772  $\mu\text{g/L}$ ) y RH076 (8229  $\mu\text{g/L}$ ), coincidente con el aumento drástico de conductividad eléctrica (pozos con agua salada).

Para el **Vanadio**, las mayores concentraciones en los pozos más someros se registraron en las inmediaciones del polideportivo superando los 150  $\mu\text{g/L}$  (perforación RH150), con disminución hacia el NE hasta mínimos entre 20-30  $\mu\text{g/L}$ . En aguas más profundas, esos valores tienden a mantenerse, salvo hacia la zona céntrica donde van aumentando llegando a máximos de 411  $\mu\text{g/L}$  y 217  $\mu\text{g/L}$  en las zonas de las perforaciones RH74 y RH71, respectivamente.

El **Manganeso** fue detectado con concentraciones muy bajas en la mayoría de las muestras. En las perforaciones RH 31, RH 70, RH 75 y RH 76 del casco céntrico, se registraron concentraciones entre 400 y 800  $\mu\text{g/L}$ , relacionadas a la presencia de aguas de alta Conductividad.

Para el **Cinc, Hierro, Aluminio, Molibdeno y Bario** en los casos en donde se detectaron, las concentraciones en su mayoría fueron bajas sin superar los 100  $\mu\text{g/L}$ . Por último, los elementos **Fósforo, Plomo, Antimonio, Cobalto, Cromo y Cobre** prácticamente no fueron detectados en todo el muestreo realizado en el área.

En base a los límites expuestos por el Código Alimentario Argentino (CAA), en su versión revisada (artículo 982), complementando con la Ley 24.051 de Residuos Peligrosos para tal uso. Las aguas de todas las perforaciones analizadas resultan No Aptas para consumo humano, por contenidos, según el caso, de As, Flúor, Boro, Cloruros y Sulfatos.

VARIACION DE CONCENTRACION DE ARSENICO EN PERFORACIONES DE USO DOMESTICO

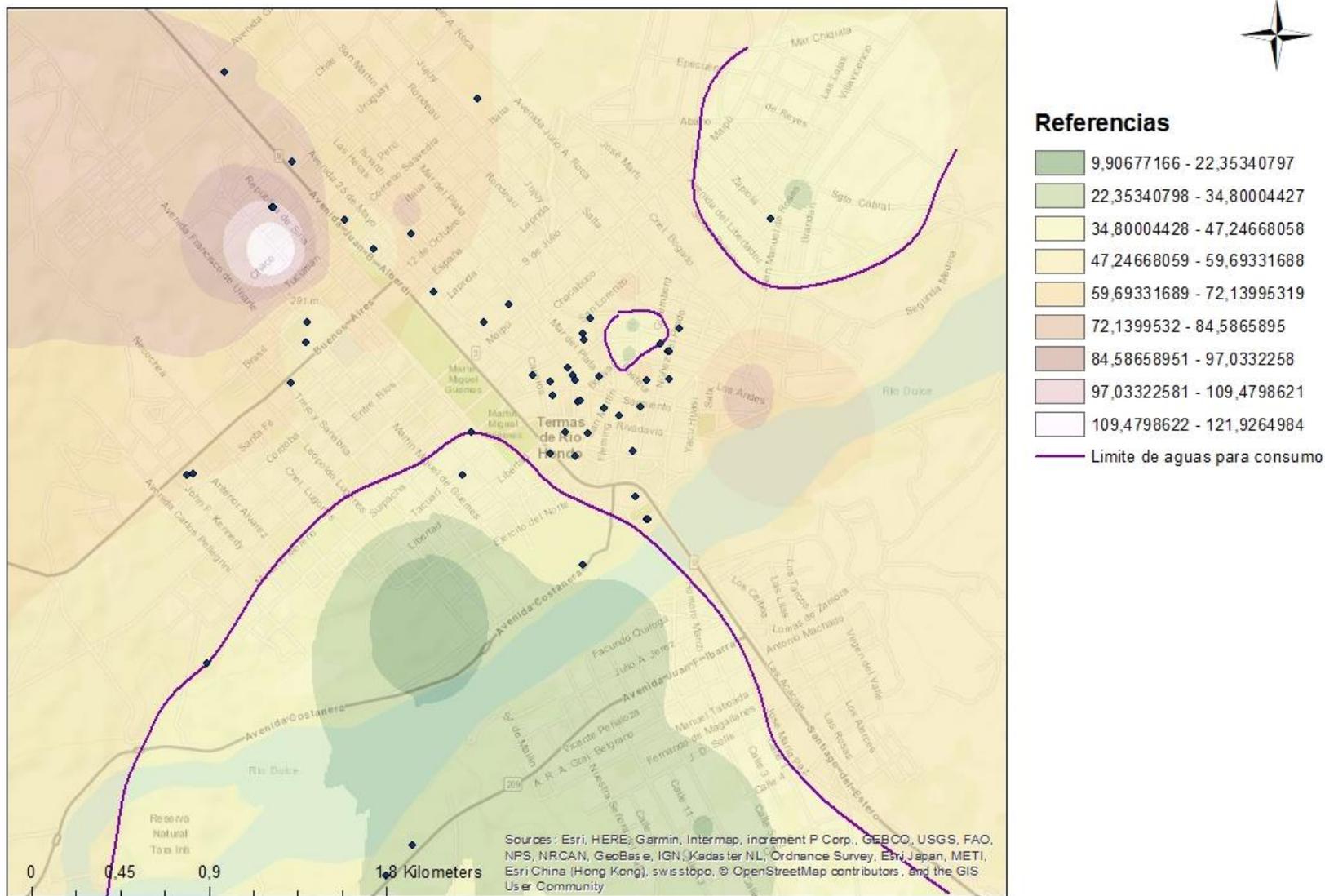


Figura 8.28. Distribución de contenidos de As para perforaciones de uso doméstico. En violeta se señala el límite de potabilidad.

## 8.5 Conclusiones

La localidad de Las Termas de Río Hondo presenta un uso exhaustivo del recurso hídrico subterráneo, se estima que en su ejido contiene alrededor de 10.000 perforaciones que explotan el acuífero termal Plioceno a profundidades de entre 50 y 250 m. En este contexto se han detectado dificultades en cuanto a la gestión del recurso hídrico subterráneo.

Según los análisis efectuados, se registró un sector en el casco céntrico que presenta salinización en perforaciones profundas de uso termal recreativo, con registros de conductividad eléctrica que llegan a los 21.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Se delimitó a partir de los datos y las observaciones realizadas un sector de salinización y otro con alto riesgo de salinización (Figura 8.27.), no se registra salinización de magnitud para perforaciones profundas por fuera de este sector. Según los datos de distribución de conductividad, la salinización de las perforaciones céntricas no estaría espacialmente relacionada con la “perforación N° 12” de la escuela N° 761 Rafael Obligado.

Se han detectado severas dificultades en cuanto a la gestión del recurso hídrico subterráneo, donde los principales problemas registrados fueron:

- Abastecimiento deficiente de la red de agua pública.
- Consumo humano de aguas no aptas en gran parte de la población.
- Cultura establecida de derroche del recurso hídrico.
- Sobreexplotación del acuífero termal.
- Vaciado muy frecuente de grandes piletas en hoteles, sin reutilización del recurso.
- Salinización de perforaciones en el sector céntrico, coincidente con el sector de mayor demanda para uso turístico termal.
- Captaciones en mal estado, deterioro rápido y falta de mantenimiento de las mismas.
- Asiduo abandono de perforaciones por desperfectos. No hay cegado de perforaciones en desuso. Se realizan nuevas perforaciones de reemplazo a pocos metros.
- No es posible la medición de los niveles piezométricos en las perforaciones, por estar completamente selladas.
- Deficiencias constructivas importantes en las captaciones: ciegas, no encamisadas correctamente, sin aislación de capas indeseables, no confeccionada con materiales adecuados a las condiciones de termalismo y altas presiones hidrostáticas a las que están sometidas.
- Densidad de perforaciones muy alta en sectores turísticos.
- No se realiza monitoreo de las perforaciones.
- Ausencia de registros de perforaciones.
- No es posible el estudio del nivel freático sin la realización de freatómetros.
- No existen, para la localidad datos hidráulicos del recurso, ni hay posibilidad de obtenerlos en las condiciones actuales.
- Carencia de normativa respecto de perforaciones.

- Ningún tipo de control de parte del estado del uso del recurso.

Los inconvenientes registrados en el presente capítulo han sido estudiados y analizados en forma unificada con el “Estudio Hidrogeológico en Termas de Río Hondo” (Scatizza *et. al.*, 2018), por lo que se sugiere remitirse al mencionado informe para visualizar las conclusiones y recomendaciones sobre la situación del recurso y sus propuestas de buenas practicas y manejo sostenible del recurso.



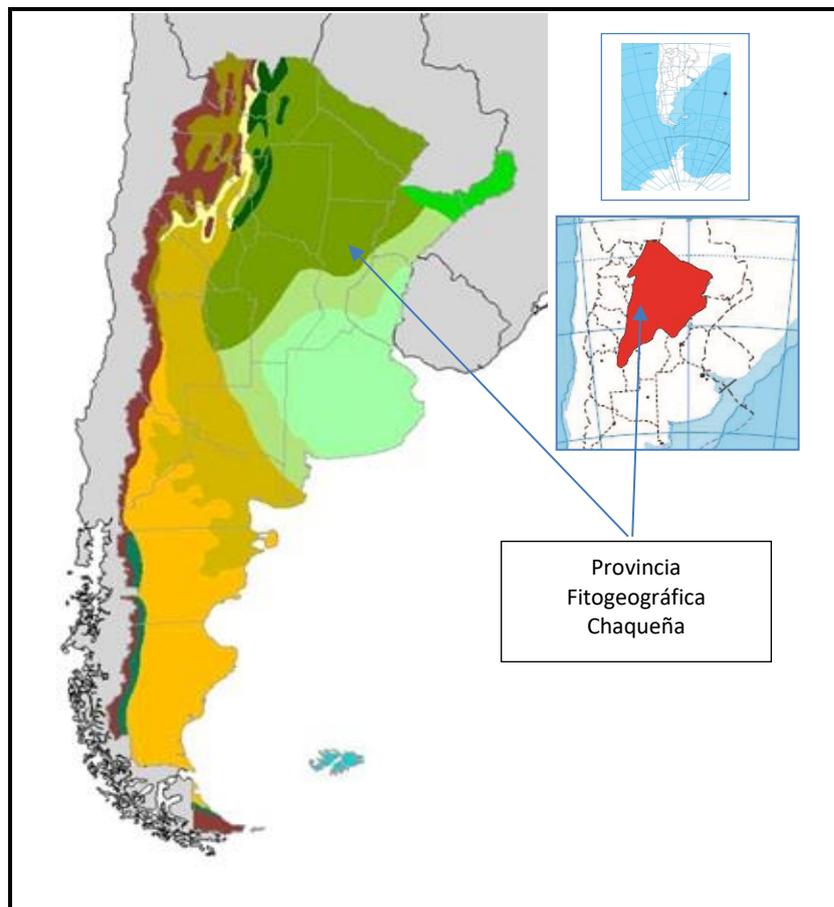
## 9 MEDIO BIOLÓGICO

### 9.1 Unidades Fisonómicas de Vegetación Actual

El presente estudio caracteriza y analiza la distribución de las diferentes comunidades vegetales de parte del Departamento de Las Termas de Río Hondo, Provincia de Santiago del Estero. ( $27^{\circ}29'48,27''S$  y  $64^{\circ}52'05,46''O$ ).

La Republica Argentina tiene una superficie de 2.795.695 Km<sup>2</sup>, sin incluir la Antártida. En este extenso territorio se observan grandes llanuras, mesetas, serranías y la Cordillera de los Andes. En tan amplia y variada región se observan muchos tipos de vegetación adaptados a distintas condiciones ambientales. Han existido varios intentos de ordenación de la vegetación argentina en territorios fitogeográficos: Frenguelli (1941), Cabrera (1971, 1975) y Cabrera y Willink (1973). El presente trabajo se apoya fundamentalmente en la regionalización efectuada por Frangi (1999).

Desde el punto de vista fitogeográfico esta región está comprendida en lo que Cabrera, A. (1975) define como Provincia Fitogeográfica Chaqueña, distrito Chaqueño Occidental, que se extiende desde Formosa y Chaco, ocupa casi todo Santiago del Estero, Este de Salta y Este de Tucumán, llegando hasta La Rioja y Catamarca (Figura 9.1.). La vegetación está formada por bosques xerófilos, algunos palmares, estepas halófilas y algunas sabanas edáficas inducidas por incendios y desmontes.



**Figura 9.1.** Provincias fitogeográficas según Cabrera. Fuente: Secretaria de ambiente y desarrollo de la Nación.

La comunidad clímax es el Bosque de Quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*) y Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*). Otras especies arbóreas conspicuas en la región son el Itín (*Prosopis kuntzei*), Mistol (*Zizifus mistol*) y la Brea (*Cercilum praecox*).

En el estrato de árboles bajos encontramos el Algarrobo (*Prosopis nigra*), Visco (*Acacia visco*), Tala (*Celtis ehrenbergiana*), Molle (*Schinus longifolius*), Espinillo (*Acacia caven*), Sombra de Toro (*Jodina rhombifolia*) y Tusca (*Acacia aroma*). Las cactáceas con mayor presencia son el Quimil (*Opuntia quimil*) y Ucle (*Cereus validus*). El estrato Herbáceo está formado por Gramíneas Pasto silvestre (*Bothriochloa laguroides*) y *Spartina spartinae*, Portulacáceas tales como *Portulacata gilliesii*, (*Portulacata grandiflora*) y (*Portulacata umbraticole*) así como en la parte Septentrional de nuestra área Palmera Caranday (*Trithrinax campestris*).

Estudios recientes (Oyarzabal, *et. al.*, 2018) integran la información fitogeográfica de la Argentina con estudios fisonómico estructurales recientes, evidenciando la heterogeneidad dentro de cada provincia fitogeográfica (Figura 9.2.). Este aporte también completa las descripciones anteriores de la Provincia Fitogeográfica Chaqueña. En concordancia con los trabajos de base, definen la vegetación nativa a través de dos fisonomías dominantes, el bosque de xerófitas y la sabana tipo parque, con las especies ya mencionadas en este texto. Sin embargo, definen doce tipos de vegetación zonales y azonales, éstos últimos de menor extensión. Entre éstas se mencionan:

- i. Bosque de xerófitas con *Schinopsis marginata*, que pertenece al Chaco Serrano. Ocupa suelos de faldeos y quebradas en las Sierras Pampeanas y Subandinas, con suelos someros.
- ii. Pastizal de Stipeas y Festuceas, que corresponden a pastizales de altura que se desarrollan sobre cerros y constituye el último piso de vegetación en Sierras Pampeanas y Subandinas.
- iii. Bosque de xerófilas con *Aspidosperma quebracho blanco* en transición a estepa, que forma bosques abiertos y estepas arbustivas y constituye un ecotono entre las Provincias Fitogeográficas Chaqueña y del Monte.
- iv. Matorral de halófitos en el área de Salinas Grandes. Esta comunidad rodea los salares y presenta una diversidad de especies xerófitas con adaptaciones a suelos salinos.
- v. Pastizal y Matorral de halófitos en los Bañados de Mar Chiquita. Conformado por comunidades salinas azonales, sostiene hierbas palustres a los márgenes de cursos de agua y bajos con eflorescencias salinas.
- vi. Bosque de xerófitas con *Schinopsis lorentzii* en Chaco Semiárido. Con comunidades zonales en suelos limo - arenosos, arcillo - limosos y comunidades azonales en albardones y terrazas de los ríos Bermejo, Dulce y Salado. Permite el desarrollo de bosques y matorrales de xerófitas, éstas últimas generalmente sobre áreas con modelado fluvial reciente.
- vii. Bosque de xerófitas con *Schinopsis balansae* y *S. lorentzii*, cerrado o semiabierto, con los tres quebrachos (*S. balansae*, *S. lorentzii* y *Aspidosperma quebracho blanco*), sobre suelos altos, limo - arenosos. Acompañado por pastizales con gramíneas cespitosas formando abras o pampas, que también aparece sobre paleocauces con suelos arenosos y acompañados por bosques o arbustales de higrófitas.
- viii. Sabana de *Copernicia alba* y *Sorghastrum setosum* y mosaicos de bosques, ubicado en el Chaco Húmedo con bosques, pajonales y palmares de Caranday, en comunidades zonales y

- azonales. Ocupa la porción terminal de los abanicos aluviales de los ríos Bermejo y Pilcomayo, crece sobre albardones e interfluvios.
- ix. Mosaico de bosque de xerófitas, mesófitas, sabana y selva de albardón, en el Chaco Húmedo con bosques y cañadas. Conformado un mosaico complejo con comunidades zonales y azonales de bosques, selvas de ribera, sabanas y palmares y pastizales, además de herbáceas palustres en depresiones inundadas.
  - x. Pastizal de *Spartina spartinae* en bajos submeridionales y Espartillares. Conformado por comunidades azonales con influencia de inundaciones e incendios. También con suelos con eflorescencias salinas.
  - xi. Sabana de *Andropogon lateralis* y *Paspalum notatum*, en pajonales y palmares de Yatay. Forma sabana – parque con matriz de gramíneas.
  - xii. Mosaico de comunidades higrofíticas en los Esteros del Iberá. Se desarrollan especies acuáticas y palustres en cuerpos de agua permanente como bañados, esterros y lagunas. También sostiene especies leñosas sobre suelos con marcado hidromorfismo.

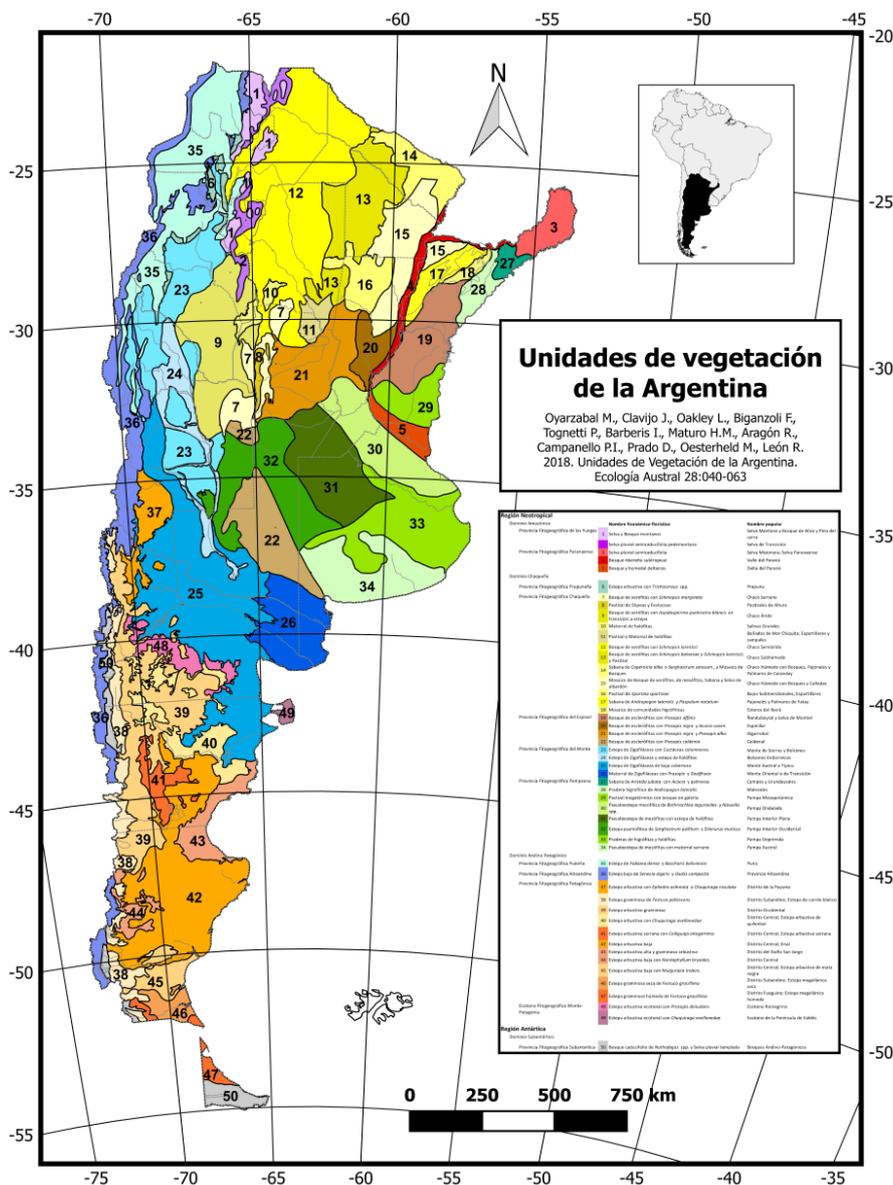


Figura 9.2. Unidades de vegetación de la Argentina (Fuente: <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.399>).

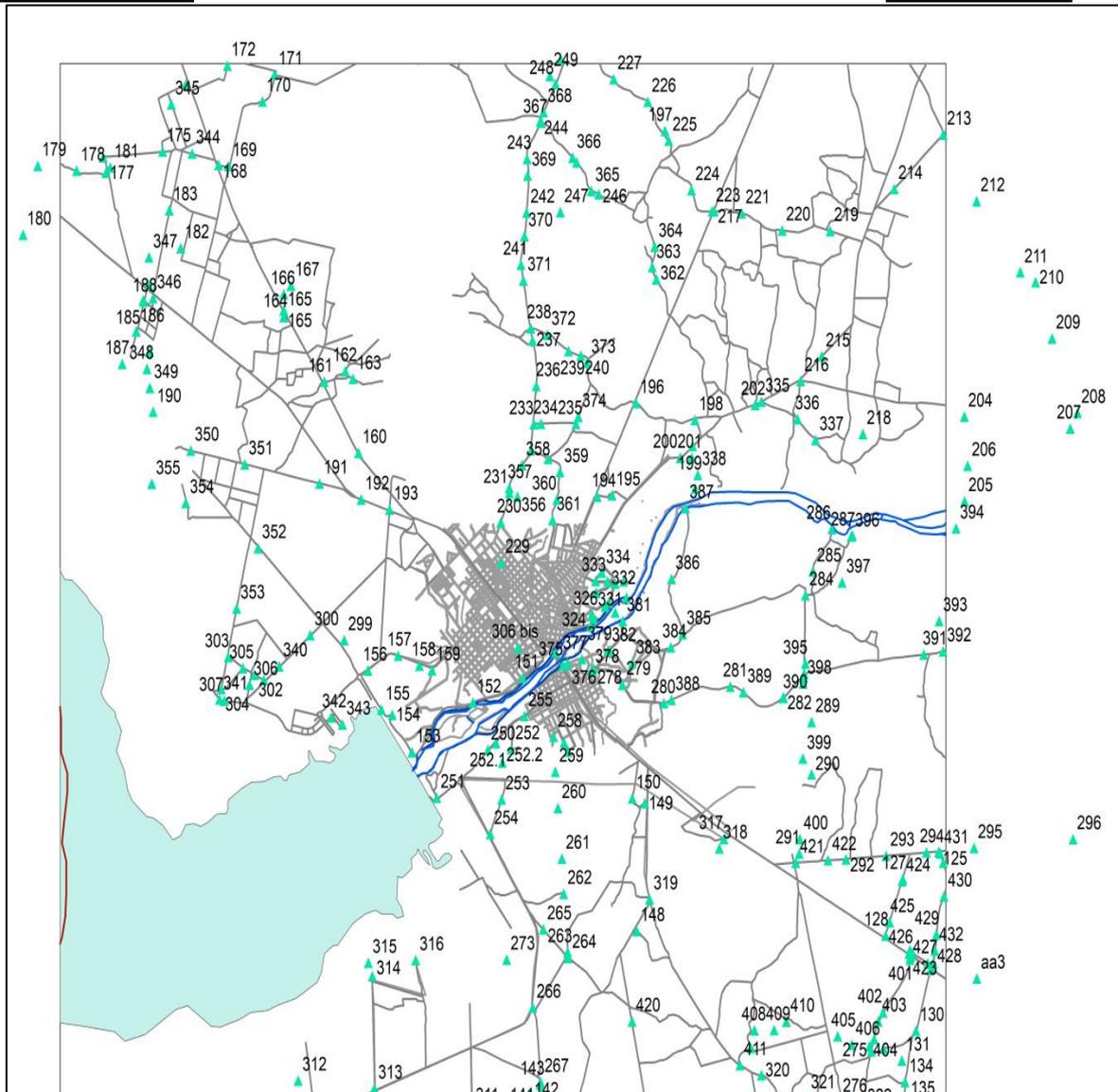
El área de estudio ocupa una superficie de 425 km<sup>2</sup>, entre los 27°29'48,27"S y los 64°52'05,46"O y se ubica en la Provincia Fitogeográfica Chaqueña, Distrito Chaqueño Occidental. Dentro de este ambiente se diferencian tres regiones: el Chaco Semiárido, el Chaco Serrano y el Chaco Árido. Entre éstas, el área de interés se encuentra ubicada en el Chaco Semiárido.

También conocido como Chaco Seco, esta región conforma una llanura sedimentaria con ríos que la atraviesan en sentido Noroeste-Sudeste, ofreciendo un paisaje con diversos ambientes donde se asientan comunidades con diferentes requerimientos edáficos e hídricos.

La matriz boscosa original ha sido fuertemente modificada por actividades productivas y el avance de las urbanizaciones, aunque aún quedan relictos con distintos grados de conectividad que conservan parte de su estructura original.

Para delimitar las unidades de vegetación se interpretó la imagen satelital de GOOGLE Earth escala 1.50.000, con el software ArcGis 10.2.2, se realizó una clasificación preliminar donde se delimitaron grandes unidades fisonómico-estructurales de vegetación.

Se realizaron dos campañas de muestreo en los meses de octubre de 2017 y abril 2018, respectivamente. El trabajo de campo consistió en la descripción fisonómica y florística de las unidades previamente delimitadas en gabinete. El muestreo florístico se hizo considerando los diferentes tipos y número de estratos, clasificándolos en arbóreo, arbustivo o herbáceo, a lo largo de vías de acceso y caminos. Se establecieron 420 puntos de muestreo georreferenciados (Figura 9.3.), donde se realizó una descripción expeditiva de las variables de interés (cobertura y estratificación) y el relevamiento florístico correspondiente (tabla de presencia de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas).



**Figura 9.3.** Localización de los puntos de muestreo.

Las tareas de campo permitieron corroborar o corregir los límites de las unidades previamente delimitadas en gabinete, además de la caracterización florística de cada unidad tomando en cuenta las especies presentes en los puntos de control.

La cobertura fue estimada en cada punto de muestreo a través del sistema de Braun Blanquet modificado (Tabla 9.1.).

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN
<b>Cobertura</b>	La cobertura de una unidad fisonómica es la proporción de terreno ocupada. Puede expresarse como un porcentaje de la superficie ocupada con respecto al total.	Alta (mayor del 75%)
		Media alta (del 50 al 75%)
		Media (50%)
		Media baja (del 25 al 50%)
		Baja (del 10 al 25%)
		Peladales (menor del 10%)

**Tabla 9.1.** Descripción y jerarquización de la variable cobertura utilizada en el chequeo de campo.

Se analizó el componente florístico estimando el número de familias, géneros y especies presentes, completando la tabla de presencia según la unidad fisonómica donde fueron divisadas. A partir de esos datos se desarrolló un mapa de vegetación que constituye un documento básico para llevar a cabo un plan estratégico de desarrollo en la región.

También se realizó el análisis de las imágenes satelitales a través del NDVI sobre las bandas TM4/TM3. Esta relación calcula la relación de reflectividad entre el rojo y el infrarrojo cercano. En este índice, los valores bajos de NDVI (0,1 o menores) corresponden a sectores de baja cobertura, los valores moderados (0,2 a 0,3) representan áreas cubiertas por pastizales, y los valores altos (0,6 o mayores) indican vegetación arbustiva o arbórea. El cálculo del NDVI puede ser representado a través de la siguiente fórmula:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$$

Donde NIR: infrarrojo cercano y VIS: infrarrojo lejano.

### 9.1.1 Resultados

El Chaco Semiárido presenta aún la mayor proporción de masa boscosa en la Provincia Fitogeográfica Chaqueña. El bosque típico, xerófilo y semicaducifolio, superaba en su estado prístino los 20 metros de altura y tenía gran abundancia de quebrachos colorados y blancos.

La extracción forestal, la ganadería y posteriormente la agricultura han producido una gran alteración en la composición de especies y la estructura original del paisaje. La explotación intensiva del quebracho colorado, muy buscado por la dureza de su madera, determinó casi su eliminación completa en vastos sectores del bosque. Del mismo modo, los Algarrobos y otras especies de menor porte fueron talados para su aprovechamiento en la fabricación de muebles o carbón.

En la figura resultante del análisis de NDVI pueden apreciarse los grandes grupos fisonómicos presentes en el área de estudio (Figura 9.4.). Los valores de reflectividad fueron agrupados en 20 clases e identificados con gamas de colores del verde, amarillos y grises. En este esquema los tonos verdes representan áreas con vegetación nativa (bosques y humedales), las amarillas zonas deforestadas, con cultivos o bosques muy empobrecidos, y las zonas grises indican espacios sin vegetación y cuerpos de agua.

Los resultados obtenidos en los relevamientos de campo se expresan en la descripción de cada tipo fisonómico (Tabla 9.2.). Se determinaron 13 unidades de las cuales 8 representan coberturas de nativas y los 5 restantes indican distintos usos de suelo.



**Figura 9.4.** Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI), Los azules y grises corresponden a los cuerpos de agua (Embalse, Río Dulce) y zonas sin vegetación, como áreas urbanas o rurales; los amarillos indican cultivos y sitios con escasa vegetación, mientras que los tonos de verde muestran vegetación nativa que representa bosques y humedales.

<b>Bosques</b>	<b>Bosque xerófilo</b>	<b>1. Bosque xerófilo</b>
		<b>2. Bosque alterado</b>
		<b>3. Relictos de bosques</b>
		<b>4. Bosques y humedales</b>
		<b>5. Corredores biológicos</b>
<b>Humedales</b>	Hidrófilas	<b>6. Humedales costeros y de bajos</b>
		<b>7. Vegetación acuática</b>
<b>Peladales</b>	Vegetación baja cobertura	<b>8. Peladales</b>
<b>Usos del suelo</b>	Agronómico	<b>9. Cultivos</b>
	Urbanos	<b>10. Urbano</b>
		<b>11. Rural</b>
		<b>12. Infraestructura</b>
		<b>13. Forestación urbana</b>

**Tabla 9.2.** Descripción de Tipos Fisonómicos.

### 9.1.2 Descripción de las Unidades

#### 9.1.2.1 Bosque xerófilo

En esta unidad predominan las formas arbóreas y arbustivas, con desarrollo de un estrato herbáceo en los claros. Se presenta en uno, dos o tres estratos y coberturas arbóreas que varían desde medias altas (entre el 75 y el 50%) a medias bajas (entre el 50 y el 25%). Este ambiente era conocido como los quebrachales, dominados por el Quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*), y el Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*). Actualmente el Quebracho colorado es muy escaso y prevalece el Quebracho blanco junto con el Mistol (*Zizipus mistol*), acompañados de especies de menor porte como Espinillo (*Acacia caven*), Visco (*Acacia Visco*), Garabato (*Acacia praecox*), Algarrobo blanco (*Prosopis alba*), Algarrobo negro (*Prosopis nigra*), Tala (*Celtis spinosa*), Sombra de Toro (*Jodina rhombifolia*), Brea (*Cercidium praecox*), Tusca (*Acacia aroma*), Sacha poroto (*Capparis retusa*), Molle (*Schinus polygamus*) y Chañar (*Geoffroea decortincans*). En las cercanías de los cuerpos de agua se pueden observar Yuchán (*Chorisia insignis*) y Guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*). Las palmeras (*Tritrinax camprestris*) ocupan sitios abiertos del bosque, al igual que el Ucle (*Cereus forbessi*) y la Tuna (*Opuntia ficus*) cubriendo extensas zonas. Otras cactáceas observadas fueron Cola de Gato (*Cleistocactus baumanni*) y Cardón (*Trichocereus volcanesis*).

Estas formaciones boscosas también pueden presentar Jarrilla (*Larrea divaricata*), Poleo (*Lippia turbinata*), Sacha rosa (*Perestsia sacharosa*), además de Barba de chivo (*Caesalpinia gilliesii*) y Chilca (*Baccharis salicifolia*) y Malva del monte (*Abutilon grandifolium*) en zonas alteradas, como bordes de senderos y caminos internos.



**Figura 9.5.** Bosque biestratificado con brea.



**Figura 9.6.** Bosque monoestratificado con jarilla.



**Figura 9.7.** Bosque con tres estratos con *Opuntia* y espinillos.



**Figura 9.8.** Bosque biestratificado con *Capparis atamisquea* y la palmera *Tithrinax campestris*.

#### 9.1.2.2 Bosque alterado

Las especies más conspicuas en este ambiente son *Cercidium*. Esta unidad comprende zonas boscosas con diversos grados de alteración producida por las distintas actividades antrópicas del área. Una de las acciones más importantes ha sido la eliminación por tala selectiva de especies maderables, sin embargo, el avance de la frontera agrícola y las actividades ganaderas extensivas también han alterado una gran superficie del bosque original. Una de las modificaciones más importantes es la alteración en la relación dominancia/cobertura de especies. En general, este ambiente es monoestratificado y presenta coberturas en el rango de media baja (entre el 50 y el 25%) a baja (entre el 25 y el 10%). Las especies de gran porte, como el Quebracho colorado, ha sido Brea (*Praecox*), Tusca (*Acacia aroma*), y Quimil (*Opuntia quimilo*). En ambientes más salinos esta unidad presenta especies como Jume blanco (*Suaeda divaricata*), Jume negro (*Allenrolfea vaginata*), Chilca (*Tessaria dodoneaefolia*) y Vinal (*Prosopis ruscifolia*).



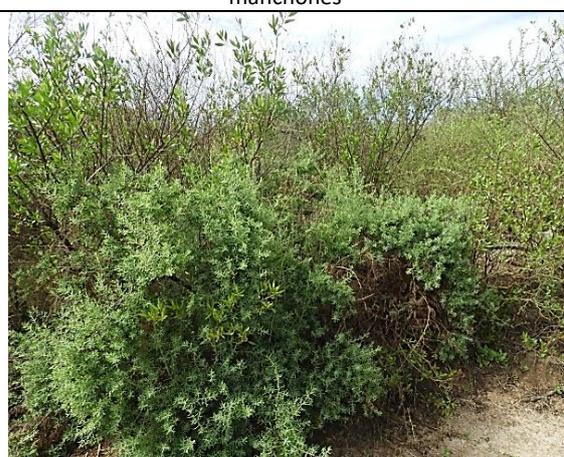
**Figura 9.9.** Bosque alterado con claros ocupados por arbustos bajos y cactáceas.



**Figura 9.10.** Remanentes de bosque xerófilo en manchones



**Figura 9.11.** Vegetación arbustiva remanente, con ocupación antrópica (basural).



**Figura 9.12.** Remanentes arbustivos de jume negro y jarilla.

### 9.1.2.3 Relictos de bosques

Los relictos de bosques se han definido como áreas con vegetación arbórea xerófila aislada o semi aislada, generalmente rodeada de áreas dedicadas a las prácticas agrícolas. Suelen ser sectores de bosque original con dos estratos y rara vez tres, que sostienen una menor diversidad que el bosque original, pero que conservan aún árboles de mayor porte que el bosque alterado. Poseen dimensiones y niveles de conectividad variadas, lo que hace interesante su estudio con un mayor nivel de detalle para definir su potencialidad ante planes de preservación. Las especies observadas en los relictos mejor conservados fueron Mistol (*Zizipus mistol*), Algarrobo blanco (*Prosopis alba*), Algarrobo negro (*Prosopis nigra*), Atamisqui (*Capparis atamisquea*), Molle (*Schinus longifolius*), Tusca (*Acacia aroma*), Sombra de toro (*Jodina rhombifolia*) y rara vez Quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*). En un estrato inferior también se observaron Visco (*Acacia Visco*), Garabato (*Acacia praecox*) y Talas (*Celtis spinosa*). En los sitios más alterados o más cercanos a áreas con cultivos se registraron montes con menor diversidad, generalmente con Jarillas (*Larrea divaricata*) y Algarrobos (*Prosopis spp.*).



**Figura 9.13.** Relicto de bosque biestratificado en sectores, que aún conserva ejemplares leñosos típicos del bosque xerófilo.



**Figura 9.14.** Remanentes de bosque uniestratificado, con abundancia de ejemplares arbustivos como espinillos y cactus.



**Figura 9.15.** Relictos en los márgenes de un cauce seco, con espinillos.



**Figura 9.16.** Ambiente de relictos con algarrobos y arbustivas acompañantes.

#### 9.1.2.4 Bosques y humedales

Esta unidad fisonómica representa un mosaico de las fisonomías de bosques y humedales, integradas en la escala de este trabajo. Se ubica generalmente en bajos y cursos de agua rodeados de formaciones de bosque, formando un intrincado diseño en el paisaje. Los humedales contienen diferentes Hidrófilas en tanto que las especies arbóreas observadas fueron Brea (*Cercidium praecox*), Mistol (*Zizipus mistol*), Algarrobo blanco (*Prosopis alba*), Algarrobo negro (*Prosopis nigra*), y Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), destacándose la presencia de Algarrobos, Quebrachos blancos y Tala. Una especie bastante frecuente es la Chilca de olor (*Eupatorium inulifolium*) también conocida como mariposera debido a que su néctar atrae mariposas.



**Figura 9.17.** Humedal rodeado por formación boscosa con dos estratos.



**Figura 9.18.** Humedal bajo rodeado por un estrato arbustivo cercano y bosque biestratificado.



**Figura 9.19.** Juncal hidrófilo rodeado por bosque biestratificado.



**Figura 9.20.** Pradera hidrófila con sitios encharcados rodeados de bosque biestratificado.

#### 9.1.2.5 Corredores biológicos

Los corredores biológicos o sectores con vegetación nativa entre cultivos, son espacios que pueden conectar ambientes de coberturas originales con el fin de atenuar los impactos negativos provocados por la fragmentación de los hábitats (Conrad *et. al.*, 2011). El desarrollo de la conectividad a través de corredores ecológicos resulta fundamental para la sustentabilidad de la biodiversidad y también para asegurar el intercambio genético y energético a través de una mayor extensión geográfica (Ray *et. al.*, 2010). Si bien estas franjas entre cultivos no presentan el diseño ecológico que podría implementarse como conexión entre áreas de reserva, estos sectores constituyen vías de comunicación entre ambientes y de esta forma facilitan el desplazamiento de fauna, además de brindar un hábitat adecuado para numerosas especies. En el área de estudio, y de acuerdo a la Ley Provincial N° 6841, sobre Conservación y Uso de áreas Forestales, se define a estos sectores como “fajas de monte” y se estipula que “para la producción agrícola en zonas de secano deberán dejarse franjas de monte natural no menor de cien (100) metros de ancho cada trescientos 300 metros de superficie desmontada. Las que deberán complementarse con fajas transversales de iguales dimensiones separadas a una distancia máxima de dos mil (2.000) metros”.

Las especies arbóreas observadas fueron Mistol (*Zizipus mistol*), Algarrobo blanco (*Prosopis alba*), Algarrobo negro (*Prosopis nigra*), Tusca (*Acacia aroma*) y Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*). Entre las arbustivas y herbáceas se determinaron Barba de chivo (*Caesalpinia gilliesi*), Palán Palán (*Nicotiana glauca*), Hediondillo (*Cestrum parqui*), Malva del monte (*Abutilon grandifolium*), entre los más conspicuos.



**Figura 9.21.** Área de cultivos con delimitaciones de vegetación nativa. Estos corredores bien conservados constituyen los hábitats que sostienen la biodiversidad en una matriz productiva.



**Figura 9.22.** Cultivo con franjas de vegetación perteneciente al bosque xerófilo.



**Figura 9.23.** Corredor entre cultivos con degradación evidente. Se conservan sólo algunos ejemplares leñosos de gran porte.



**Figura 9.24.** Corredor biológico en buen estado de conservación, con variada estratificación y ejemplares arbóreos típicos.

#### 9.1.2.6 Humadales costeros y de bajos

Según la Convención Ramsar los humadales se definen como las “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas de origen natural o artificial, permanentes o temporales, incluida las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Convención Ramsar, tratado aceptado en la ciudad iraní de Ramsar 1971, que entro en vigor en 1975). En este amplio contexto, los humadales presentan una serie de características comunes, como la presencia de agua que satura los suelos o cubre superficies de poca profundidad, suelos hidromórficos y especies con adaptaciones a condiciones

de anegamiento. Estos ecosistemas se desarrollan en bajos, planicies de inundación de arroyos y en las márgenes del río Dulce. Están poblados por una fitocenosis más o menos densa con diversidad de especies acuáticas flotantes y arraigadas. Las especies observadas fueron Repollitos de agua (*Pistia stratiotes*), Lentejas de agua (*Lemna minor*), Salvinia (*Salvinia natans*) y Azolla (*Azolla sp.*). Entre las arraigadas se determinaron Saeta o Sagitaria (*Sagittaria montevidensis*), pajonal (*Panicum spp.*), Junco (*Schoenoplectus californicus*), Pirizal (*Cyperus sp.*), Totora (*Tipha spp.*), Peguajó (*Thalia spp.*), Duraznillo de agua (*Ludwigia spp.*), Pontederia (*Pontederia cordata*) y diversas gramíneas.



**Figura 9.25.** Humedal de costa en el cruce al área de reserva Tara Inti.



**Figura 9.26.** Humedales costeros en la márgenes del Río Dulce.



**Figura 9.27.** Humedal de bajos en áreas periurbanas, con abundancia de vegetación hidrófila, rodeada de especies arbustivas.



**Figura 9.28.** Humedal en zona periurbana que puede ser considerado un refugio de vida silvestre por la diversidad de avifauna observada.

#### 9.1.2.7 Vegetación acuática

Esta unidad corresponde con sectores del Río Dulce y del Embalse de la represa donde se desarrolla una importante comunidad de especies acuáticas flotantes. Si bien forman parte del ecosistema de humedales, fueron diferenciados por tener condiciones diferentes por tramos lóticos, en el cauce propio del río, o lénticos, asociados al embalse. Con diferentes niveles de eutrofización entre áreas, los ecosistemas acuáticos presentan mayor sensibilidad a variaciones en los caudales de agua, el ingreso de sedimentos y materia orgánica, variaciones físicas y químicas del agua. Las fluctuaciones en estos parámetros condicionan el desarrollo de la biota y, por ende, la estructura de la comunidad. Entre las especies observadas se encuentran Lentejas de agua

(*Lemma minor*), Repollito de agua (*Pistia stratiotes*), Camalote (*Eichhornia azurea*), Helechito de agua (*Salvinia auriculata*, *Azolla sp.*) y *Salvinia* (*Salvinia biloba*) entre otras.



**Figura 9.29.** Repollito de agua en humedal periurbano.



**Figura 9.30.** Helechitos de agua en humedal costero



**Figura 9.31** Importante humedal cercano al Río Dulce, con abundancia de hidrófilas arraigadas y flotantes.



**Figura 9.32.** Hidrófilas en humedal de bajos.

#### 9.1.2.8 Peladales

Esta unidad representa los sectores con coberturas de vegetación inferiores al 10%. Generalmente se observa un único sustrato arbustivo o herbáceo, puede tener influencia salina y, en algunos casos, ocupa antiguos paleocauces. En estos ambientes crecen especies como el Jume (*Allenrolfea vaginata*), Chilca (*Baccharis latifolia*), Tusca (*Acacia aroma*), Garabato (*Acacia furcatispina*), Brea (*Parkinsonia praecox*), Quimil (*Opuntia quimilo*), Carqueja (*Baccharis articulata*), Ucle (*Cereus forbesii*) y Fumo bravo (*Solanum granulatum*), agrupados formando islotes en una matriz de suelo desnudo, dispersas con bajas coberturas, como se mencionó anteriormente, o en los bordes de la unidad.



**Figura 9.33.** Peladal con coberturas inferiores al 10%, se observan arbustivas achaparradas.



**Figura 9.34.** Peladal con suelo casi desnudo, solo se observan algunas arbustivas pequeñas.



**Figura 9.35.** Peladal más cubierto, los arbustos son de jume, presenta sectores sin vegetación.



**Figura 9.36.** Peladal en evidencia de erosión. Suelo descubierto o con cobertura menor al 10%.

#### 9.1.2.9 Cultivos

Corresponde a sitios con actividad agropecuaria, de diversas extensiones y cultivos. Se observaron cultivos de Maíz (*Zea mays*), Soja (*Glycine max*) y Sorgo (*Sorghum*).



**Figura 9.37.** Zona de cultivos.



**Figura 9.38.** Zona de cultivos.

9.1.2.10 Urbano, rural e infraestructura

Esta unidad integra sitios urbanizados que corresponden a los asentamientos poblacionales del área. Contiene la zona Urbana de la localidad de Las Termas de Río Hondo, los Parajes y áreas rurales.

9.1.2.11 Forestación urbana

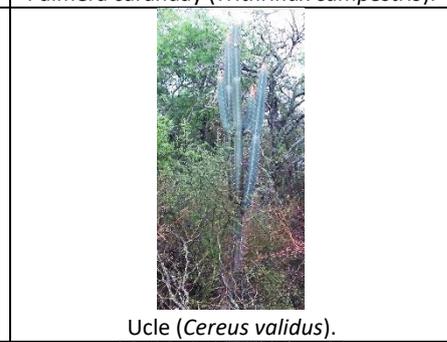
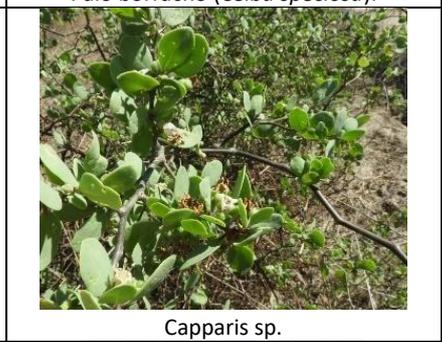
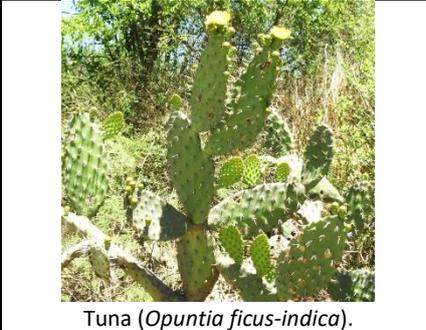
De escasa extensión, esta cobertura indica las áreas forestadas en la localidad de Río Hondo. Asimismo, es importante mencionar el trabajo realizado por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) (Brandan, C. y Cavilla, C., 2016), donde analiza la composición y disposición del arbolado urbano de la localidad y sus accesos, además de proponer un modelo de gestión del mismo.



Figura 9.39. Forestación urbana con eucaliptos, cerca del dique.

Las especies de flora registradas en los reconocimientos de campo se indican en la Figura 9.40. Se registraron 36 especies en los distintos ambientes descriptos, las mismas se integraron a ambientes de bosques o humedales, indicando el tipo de crecimiento.





Ceibo (*Erythrina cristagalli*).



Algarrobo negro (*Prosopis nigra*).



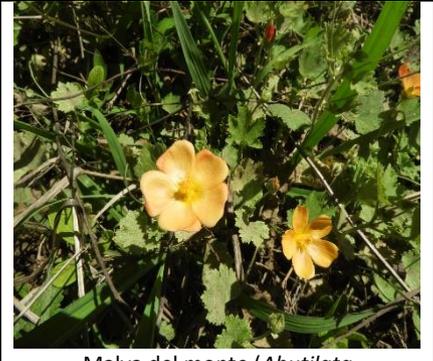
Brea (*Parkinsonia praecox*).



Barba de Chivo (*Caesalpinia gilliesi*).



Algarrobo blanco (*Prosopis alba*).



Malva del monte (*Abutilon grandifolium*).



Mistol (*Ziziphus mistol*).



Sombra de Toro (*Jodina rhombifolia*).



Pichanilla (*senna aphylla*).



Hediondillo (*Cestrum parqui*).



Lantana, bandera española (*Lantana camara*).



Jarrilla hembra (*Larrea divaricata*).



Repollito del agua (*Pistia stratiotes*).



Junco (*Shoenoplectus californicus*).



Camalote (*Eichornia crassipes*).

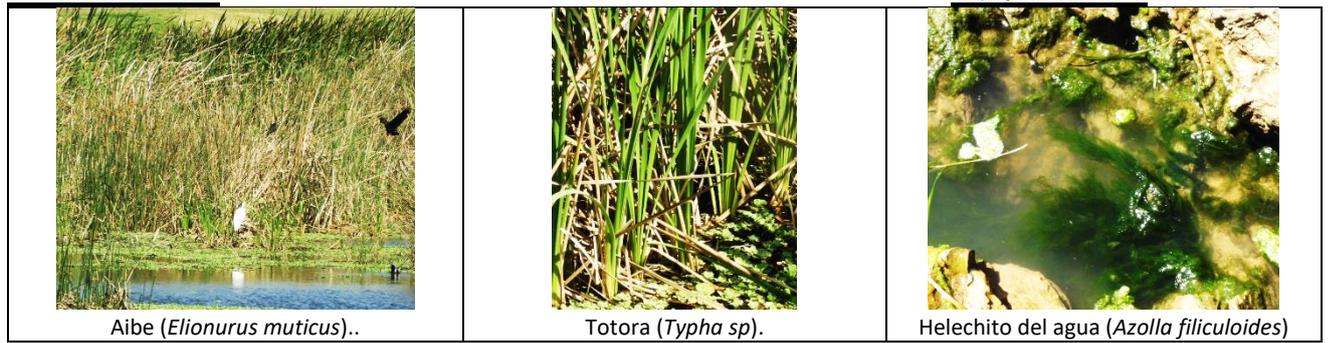


Figura 9.40. Ejemplares más conspicuos registrados en los chequeos de campo.

La Tabla 9.3. muestra las principales especies de la zona.

Familia	Especie	Nombre común	Bosque xerófilo	Relictos	Bosques y humedales	Corredores biológicos	Peladales	Humedales	Vegetación acuática	Forestación urbana
Amaranthaceae	Allenrolfea vaginata	Jume negro	X	X			X			
Anacardiaceae	Schinus areira	Molle	X	X	X					
Apocynaceae	Aspidosperma quebracho blanco	Quebracho blanco	X	X		X				
	Morrenia odorata	Doca, Tasi	X		X					
Aracacea	Trithrinax campestris	Palmera caranday	X	X	X					
Araceas	Pistia stratiotes	Repollito del agua			X			X	X	
Asteraceae	Baccharis articulata	Carqueja	X	X		X	X			
	Baccharis salicifolia	Chilca			X	X	X			
Bombacacea	Ceiba chodati	Palo borracho de flor amarilla	X	X	X					
	Ceiba speciosa	Palo borracho de flor rosa	X	X	X					
Bromeliaceae	Tillandsia usneoides	Barba de viejo	X							
Cactacea	Opuntia ficus-indica	Tuna cultivada	X	X		X				
	Trichocereus poco	Poco	X							
	Trichocereus volcanesis	Cardón	X							
	Cereus validus	Ucle	X	X		X				
	Cleistocactus baumanni	Cola de Gato	X	X						
	Opuntia quimilo	Quimil	X	X		X				
Capparaceae	Capparis atamisquea	Atamisqui	X	X		X				
Celtidaceae	Celtis ehrenbergiana	Tala	X	X	X					
Ciperaceas	Shoenoplectus californicus	Junco			X			X		
Ephedracea	Ephedra distachya	Escoba	X							
Euphorbiaceae	Sapium haemastospermum	Lecherón	X							
Fabaceae	Acacia caven/aroma	Tusca	X	X	X					
	Acacia visco	Visco	X	X	X					
	Acacia furcatispina	Garabato	X	X			X			
	Erythrina cristagalli	Ceibo	X	X	X					
	Geaffroaea	Chañar	X	X						

Familia	Especie	Nombre común	Bosque xerófilo	Relictos	Bosques y humedales	Corredores biológicos	Peladales	Humedales	Vegetación acuática	Forestación urbana
	decorticans									
	Prosopis alba	Algarrobo alba	X	X						
	Prosopis nigra	Algarrobo negro	X	X						
	Parkinsonia praecox	Brea	X	X						
Labiadas	Salvia guaranitica	Salvia azul	X	X						
Lamiaceae	Mentha pulegium	Poleo	X			X				
	Rosmarinus officinalis	Romero			X		X			
Leguminosa	Caesalpinia gilliesi	Barba de Chivo	X	X	X	X				
	Parkinsonia aculeata	Cina Cina	X							
Limnocharitaceas	Hydrocleys nymphoides	Amapola del agua			X			X		
Malvaceae	Pavonia sepium	Malva del Monte	X	X	X	X				
Meniantaceas	Nymphoides indica	Camalotillo			X			X		
Myrtaceae	Eucalyptus creba	Eucalipto								X
Pontederiaceas	Eichornia crassipes	Camalote			X			X	X	
Poaceae	Elionurus muticus	Aibe			X			X		
Rhamnaceae	Ziziphus mistol	Mistol	X							
Salvinaceas	Azolla filiculoides	Helechito del agua			X			X	X	
Santalaceae	Jodina rhombifolia	Sombra de Toro	X	X						
Solanaceae	Nicotiana glauca	Palan	X	X	X	X				
	Cestrum parqui	Hediondillo	X	X	X					
	Nicotiana langsdorffii	Fumo Bravo		X	X	X	X			
Verbenaceae	Lantana sp	Lantana de flor amarilla		X	X					
Zygophyllaceae	Larrea divaricata	Jarrilla hembra	X	X	X					

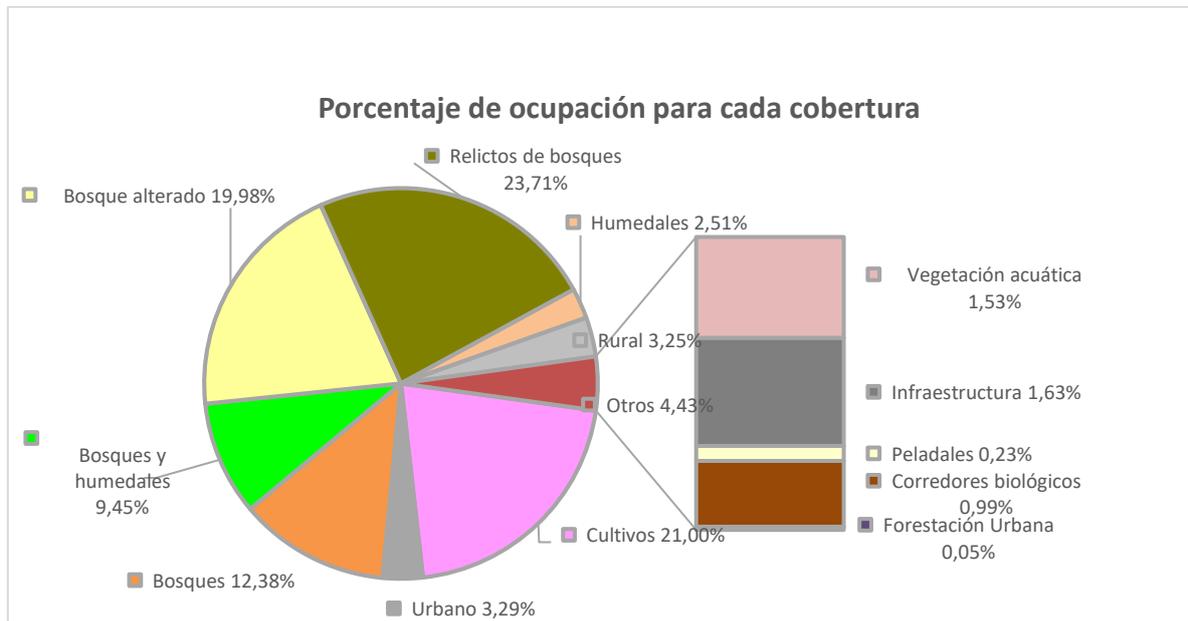
Tabla 9.3. Sistemática de especies de flora.

### 9.1.3 Consideraciones Generales

Las coberturas vegetales del área presentan un claro predominio de ambientes boscosos en diferentes estados de conservación. Si bien éstos han sido modificados y alterados en estructura y composición específica, existen sectores que aún conservan parte de su biodiversidad y constituyen valiosos hábitats de fauna.

Los ambientes de bosque xerófilo, que integra las unidades bosques, relictos de bosques y bosque alterado, constituyen el 56% del área total, aunque sólo un 12,38% corresponde a sitios mejor conservados. Asimismo, la unidad bosques y humedales representa un poco menos del 10% y, junto con los humedales, que ocupan el 2,5%, ofrecen los sitios de reproducción, cría y alimentación de la rica avifauna de la zona, junto con distintas especies de reptiles y anfibios. El 26% del área está ocupada por las distintas unidades de uso, que integran asentamientos urbanos, rurales e infraestructura, cultivos y forestación urbana. Finalmente, existe una pequeña fracción

con ambientes particulares, como la vegetación acuática, peladares y corredores biológicos (Figura 9.41.).



**Figura 9.41.** Ocupación de las diferentes coberturas del área de estudio.

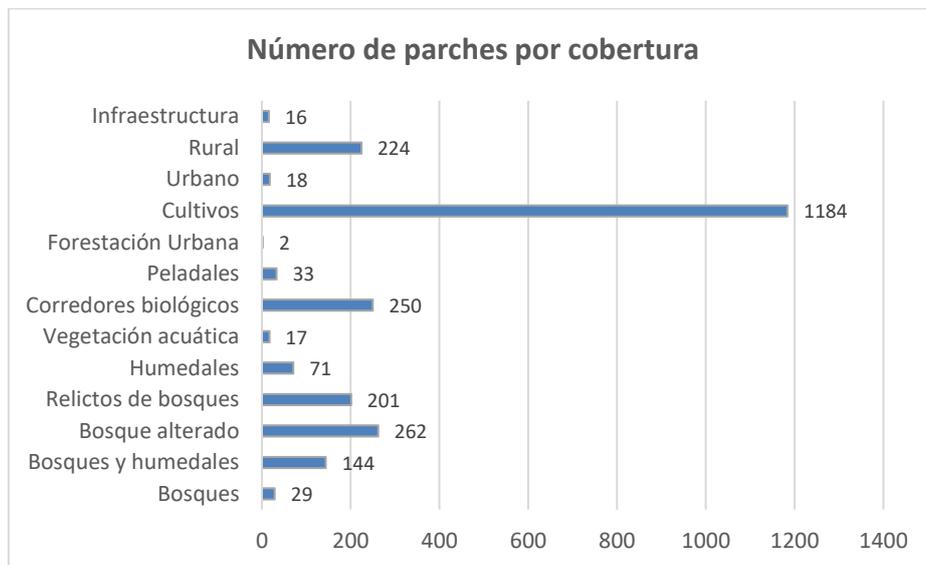
Desde una perspectiva de paisaje, los parches constituyen un elemento importante para el análisis y caracterización de la composición del mismo, y se identifican como los polígonos de cada cobertura identificada. Éstos pueden tener formas y dimensiones muy variadas, respondiendo tanto a las condiciones ambientales originales, en el caso de unidades de vegetación nativa, como a distintas prácticas productivas o factores de uso del suelo. En el caso de formaciones nativas, los parches son el sostén real de las poblaciones, pues ofrecen los hábitats de reproducción, alimentación y, en consecuencia, permiten la supervivencia de las poblaciones animales. Al analizar el número de parches de una formación estamos observando el grado de fragmentación que posee, es decir, el proceso de división de un hábitat continuo en unidades menores. Este proceso tiene distintas consecuencias sobre las poblaciones animales dependiendo de la especie y sus requerimientos, pero constituye una de las principales causas de disminución de la biodiversidad en sus tres dimensiones (específica, de hábitat y alélica).

En un análisis expeditivo de la información relevada en campo y el posterior mapeo de las unidades fisonómicas, se procesó la información cartográfica obteniendo el número de parches para cada cobertura. Este dato aporta información acerca de la fragmentación de las distintas unidades del paisaje a través del número de parches que presenta. En referencia a este dato (Figura 9.42.), al analizar las coberturas nativas podemos observar que la unidad “bosques”, que refiere al ambiente de bosque xerófilo en mejor estado de conservación, presenta la menor cantidad de parches (29), mientras que cuando este mismo ambiente se encuentra con distintos grados intervención antrópica la fragmentación aumenta, llegando a valores de 262 y 201 parches para “bosque alterado” y “relictos de bosques” respectivamente. Para las formaciones con restricciones edáficas o condicionamientos hídricos, como “humedales” y “bosques y humedales”, el número de parches oscila entre 71 y 144 respectivamente.

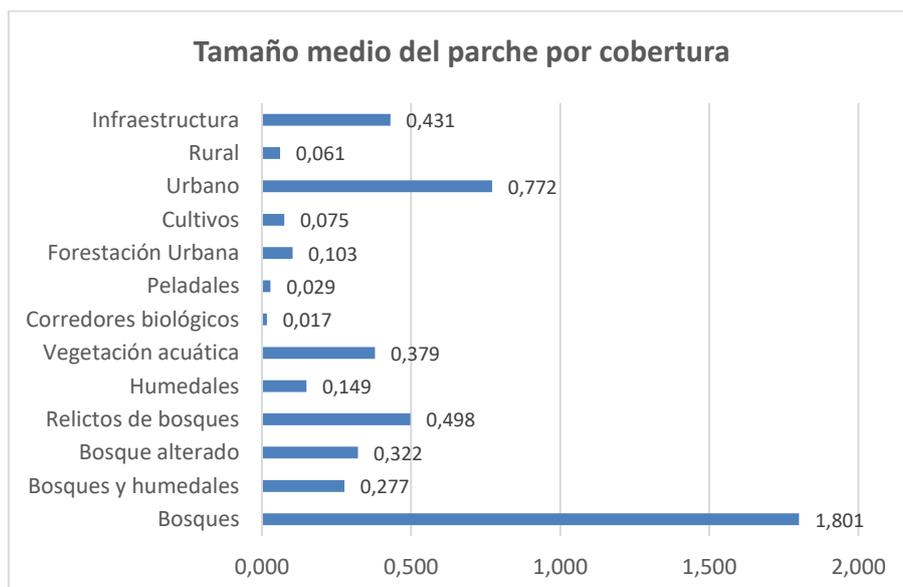
Con respecto a unidades de uso vemos que los valores en número de parches alcanzan valores máximos en la unidad “cultivos” (1184), debido a que esta práctica ocupa parcelas pequeñas en gran parte del área de estudio.

Asimismo, el tamaño medio del parche por cada cobertura arroja valores muy significativos, destacando que la unidad “bosques” posee los parches de mayor tamaño, seguidos por “relictos de bosques”, entre las coberturas nativas (Figura 9.43.).

Con respecto al uso agrícola, el dato del tamaño medio del parche puede conformar una herramienta valiosa para la planificación sustentable de este uso.

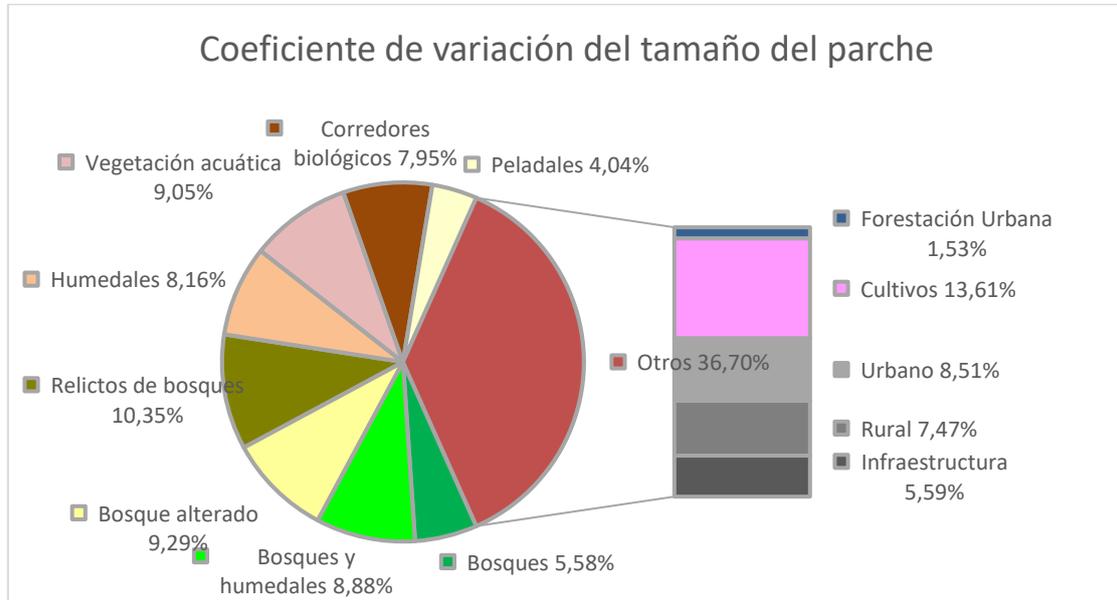


**Figura 9.42.** El análisis de la cantidad de parches en un paisaje informa sobre la fragmentación de las distintas unidades fisonómicas.



**Figura 9.43.** El tamaño medio del parche brinda información sobre la media del área de cada cobertura y puede constituir un dato valioso en el ordenamiento sustentable del territorio.

Finalmente, el coeficiente de variación en el tamaño del parche (Figura 9.44.) calcula la variabilidad entre fragmentos del paisaje. Este dato nuevamente pone en evidencia que los parches de bosques son los más estables entre las coberturas nativas, y las unidades “bosque alterado” y “relictos” con las que presentan mayor variabilidad, como consecuencia de la presión de uso que soportan.



**Figura 9.44.** Coeficiente de variación del tamaño del parche calcula la variabilidad de los fragmentos de vegetación en el paisaje.

Dados los acelerados procesos de deforestación y fragmentación de hábitat en nuestro país, con una alta tasa de transformación de bosques nativos en tierras convertidas a la agricultura y otras actividades antrópicas, consideramos que es imprescindible implementar un ordenamiento territorial que integre la variable ecosistémica en las decisiones. En este contexto, la vegetación resulta un indicador sobre el estado actual del ecosistema y su potencialidad como hábitat de fauna y debería estar integrado como una herramienta básica en la toma de decisiones.

Con respecto a los humedales, representados en las unidades de “humedales”, “bosques y humedales” y “vegetación acuática” queremos señalar que los mismos constituyen áreas de singularidad e importancia ecológica, pues son ecosistemas que brindan importantes servicios ambientales. funcionan como “filtros” naturales del agua, permitiendo el ingreso a las napas freáticas de agua pura, son reguladores del régimen hídrico local, pues permiten una gran infiltración de agua hacia los acuíferos, además de conformar el hábitat de una enorme variedad de organismos que permiten la reproducción, cría y alimentación de insectos, reptiles, anfibios, aves y mamíferos, fundamentales en las redes tróficas y en equilibrio de los ecosistemas. Asimismo, los humedales contribuyen a aumentar la calidad de vida, además de proporcionar una abundante fuente de alimentos, medicamentos, combustible y materiales de construcción, desempeñan un papel fundamental para la supervivencia de las aves y son escenario de variadas actividades de recreación.

Por lo anteriormente expuesto, consideramos que los ambientes de humedales y formaciones boscosas con buen estado de conservación deber tener una consideración especial en planes de desarrollo, evitando procesos de fragmentación y facilitando el desarrollo de corredores que integren parches cercanos.

## 9.2 Fauna

Cada territorio zoogeográfico posee fauna de diferentes estirpes, pero ecológicamente similares. Nuestra área de estudio se encuentra comprendida en lo que Ringuelet R. A (1961) denomina Dominio Subtropical, con elementos ligados fundamentalmente a la vegetación arbórea, diversificado en facies: Misionera, Chaqueña, Salteña-tucumana y Mesopotámica.

La distribución de las comunidades de fauna no constituye una materia de fácil estudio. La fauna sufre permanentemente expansiones o retracciones de su área original, generalmente vinculadas a cambios en los ecosistemas que habitan. En este apartado se analizará la distribución de la fauna según los hábitats de vegetación descriptos. Debido a que no se realizaron censos específicos, ya que esto demandaría varias campañas en diferentes estaciones del año, la información de este capítulo está basada en la recopilación bibliográfica y observaciones expeditivas de campo con registros fotográficos.

El Chaco Seco contiene gran diversidad faunística, aunque muchos de sus componentes han sufrido una fuerte reducción en sus poblaciones provocada por la intervención antrópica. Las causas principales de esta disminución son la reducción y fragmentación del hábitat, especialmente en las zonas aptas para la agricultura.

### 9.2.1 Síntesis de las Especies más Conspicuas

#### 9.2.1.1 Mamíferos

Los mamíferos están representados por pocas especies, distribuidas fundamentalmente en bosques y matorrales. Dentro de la fauna descrita para estos ambientes se mencionan: murciélagos, roedores, Coipo (*Mycastor copycus*) y Vizcacha (*Lagidium viscacia*). Entre los carnívoros presentes en esta región se citan el Zorrino común (*Conephatus chinga*), el Gato montés (*Leopardus geoffroyi*) y el Zorro pampa (*Pseudalopex gymnocerus*). Por último, el área sería potencialmente ocupada por el Pecarí de collar (*Pecari tajacu*).

#### 9.2.1.2 Aves

Las aves están mucho mejor representadas en cuanto a su diversidad y distribución. Entre las más frecuentes se mencionan: Bandurria (*Theristicus caudatus*), rapaces como el Jote de cabeza colorada (*Carthartes aurea*), Jote cabeza negra (*Coragyps atratus*), el Esparvero chico (*Accipiter superciliosus*), el Aguilucho común (*Geranoestus polyosoma*), Aguilucho langostero (*Buteo swainsoni*), Águila mora (*Geranoaetus melanoleucus*), el Gavilán mixto (*Parabuteo unicinctus*), el Águila coronada (*Harpyhaliaetus coronatus*), el Carancho (*Caracara plancus*), el Halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el Halcón plomizo (*Falco femolaris*) y el Halconcito colorado (*Falco sparverius*).

Además, se cita a la Chuña real (*Carama cristata*) y a la Chuña patinegra (*Chunga burmeiesteri*) (Narosky & Yzurieta, 2003).

El grupo de las palomas se encuentra representado por la paloma Picazuró (*Patagioenas picazuru*), la Paloma manchada (*Patagioenas maculosa*), la Torcaza (*Zenaida auriculata*), la Torcacita común (*Columbina picu*) y la Paloma montaraz (*Leptotila verreauxi*). Para el grupo de los loros se han descrito el Calancate común (*Thectocercus acuticudatus*), el Loro barranquero (*Cyanoliseus patagonus*), la Cotorra (*Myiopsitta monachus*) y la Catita serrana grande (*Psilopsiagon aymara*). El grupo de los cuclillos se encuentra representado en este ambiente por el Cuclillo pico negro (*Coccyzus erythrophthalmus*), el Cuclillo chico (*Coccyua cinérea*), el Pirincho (*Guira Guira*) y el Crespín (*Tapera naevia*). El grupo de las rapaces nocturnas se encuentra bien representado con la Lechuza de campanario (*Tyto alba*), el Ñacurutú (*Bubo virginianus*), el Alicucu común (*Megascops choliba*), el Caburé chico (*Glaucidium brasilium*), el Caburé grande (*Glaucidium nana*) y la Lechuza bataraz (*Strix rufipes*). Los Caprimulgidos descritos son el Urutaú común (*Nyctibius griseus*), por el ataja caminos Ñañarca (*Caprimulgus longirostris*), el Ataja caminos chico (*Setopagis parvula*) y por el Ataja caminos tijera común (*Hydropsalis torquata*). Los colibríes de este ambiente corresponden únicamente al Picaflor común (*Chlorostilbon lucidus*). Los carpinteros hallados son el Carpintero real (*Colaptes melanochloros*), Carpintero blanco (*Melanerpes candidus*), Carpintero bataraz chico (*Veniliornis mixtus*), Carpintero de lomo blanco (*Campephilus leucopogon*) y Carpintero negro chico (*Campephilus magellanicus*).

Dentro del grupo de los Passeriformes se mencionan: Chinchero chico (*Lepidocolaptes angustirostris*), Chinchero grande (*Drymornis bridgessi*), el Hornero (*Furnarius rufus*), Hornero copetón (*Furnarius cristatus*), el Pijú frente gris (*Synallaxis frontalis*), el Curutié blanco (*Cranioleuca pyrrhophia*), Canastero chaqueño (*Asthenes baeri*), Leñatero copetón (*Rhinocrypta lanceolata*), Leñatero (*Anumbius annubi*), el Gallito copetón (*Rhinocrypta laceolata*), la Monjita blanca (*Xolmis irupero*), la Viudita gris (*Xolmis cinereus*). Además, se citan el Suirirí real (*Tyrannus melancholicus*), la Tijereta (*Tyrannus savana*), el Tiuquito manchado (*Griseotyrannus auratioatrocristatus*), el Pitirre rayado (*Tyrannus dominicensis*), Calandrita (*Stigmatura budytoides*), el Piojito común (*Serpophaga munda*), Piojito vientre blanco (*Serpophaga munda*), el Piojito gris (*Serpophaga nigricans*), el fiofío Pico corto (*Eaenia parvirostris*) y el Cortarramas (*Phytotoma rutila*). Entre las golondrinas asignadas a este ambiente se citan la Golondrina parda (*Progne tapera*), Golondrina negra (*Progne elegans*) y la Golondrina barranquera. Por otra parte, se han mencionado la Ratona común (*Troglodytes aedon*), la Calandria mora (*Mimus patagonicus*), la Calandria grande (*Mimus saturninus*), el Zorzal chalchalero (*Turdus amaurochalinus*), la Tacuarita azul (*Polioptila dumicola*), el Chiví común (*Vireo olivaceus*), el Juan Chiviro (*Cyclarhis gujanensis*), el Pitiayumí (*Setophaga pitiayumi*), el Naranjero (*Pipraeidea bonariensis*), el Fuegoero común (*Piranga flava*), el Pepitero de collar (*Saltator aurantirostris*), el Cardenal copetón (*Cardinalis cardinalis*), el Rey de los bosques (*Pheucticus aureoventris*), la Reina mora (*Cyanocompsa brissonii*), el Volatinero (*Volatinia jacarina*), el Jilguero dorado (*Sicalis flaveola*), la Brasita de fuego (*Coryphospingus cucullatus*), el Chingolo (*Zonotrichia capensis*), la Monterita de cabeza negra (*Poospiza melanoleuca*), el Pepitero chico (*Saltatricula multicolor*), el Cardenal amarillo (*Gubernatrix cristata*), el Cabecita negra común (*Carduelis magellanica*) y por último el Gorrión (*Passer domesticus*).

En el grupo de aves se observaron el Biguá (*Phalacrocorax brasilianus*), Garza mora (*Ardea cocoi*), Garza blanca (*Ardea alba*), Pato criollo (*Cairina moschata*), Pato de torrente (*Menganeta armata*), Charata (*Ortalis canocollis*), Tero común (*Vanellus chilensis*), Pirincho (*Guira guira*), Lechucita vizcachera (*Athene cunicularia*), Carpintero campestre (*Colaptes campestris*), Monjita blanca (*Xolmis impero*) y Tijereta (*Tyramus savana*) (Figuras 9.45. y 9.46.).



**Figura 9.45.** Avifauna acuática y de humedales.



Tordo renegrido (*Molothrus bonariensis*).



Pirincho (*Guira guira*).



Charata (*Ortalis canicollis*).



Monjita blanca (*Xolmis irupero*).



Orden Passeriformes. N.I.



Tijereta (*Tyrannus savana*).



Golondrina tijerita (*Hirundo rustica*).



Golondrina tijerita (*Hirundo rustica*).



Mochuelo común (*Athene noctua*).



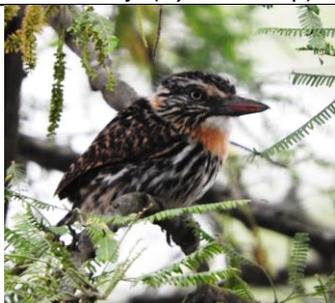
Graza bruja (*Nycticorax* sp).



Tijereta (*Tyrannus savana*).



Cotorra (*Myiopsitta monachus*).



Durmilí (*Nystalus maculatus*).



Carpintero real (*Colaptes melanochloros*).



Cortarramas (*Phytotoma rutila*).



Figura 9.46. Avifauna de bosques y arbustales.

### 9.2.1.3 Reptiles

Durante las tareas de campo se registraron ejemplares de anfibios y reptiles, como la Iguana colorada (*Tupinambis refescens*), Madre de víbora (*Mabuya frenata*), Lagartija verde (*Teius teyou*), Víbora de la cruz (*Borthrops alternatus*) y el Sapo cururú (*Rhinella schneideri*).



Figura 9.47. Anfibios y reptiles observados en el trabajo de campo.

La siguiente tabla contiene la clasificación sistemática de la fauna citada en el texto (Tabla 9.4.).

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre Común
Mammalia	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Tayassu tajucu</i>	Pecarí de collar
	Carnivora	Canidae	<i>Pseudalopex gymnocercus</i>	Zorro pampa
		Felidae	<i>Panthera onca</i>	Yaguareté
		Mephitidae	<i>Conepatus chingarex</i>	Zorrino común
	Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha de la sierra
		Myocastoridae	<i>Myocastor coypus</i>	Coipo o Nutria
	Edentata	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Oso hormiguero

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre Común
Aves	Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Biguá
	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea cocoi</i>	Garza mora
			<i>Ardea alba</i>	Garza blanca
			<i>Nycticorax</i>	Garza bruja
	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Jote cabeza colorado
			<i>Coragyps astratus</i>	Jote cabeza negra
	Anseriformes	Anatidae	<i>Cairina moschata</i>	Pato criollo
			<i>Ana georgica</i>	Pato maicero
			<i>Merganetta armata</i>	Pato de torrente
	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucos</i>	Águila mora
			<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán mixto
			<i>Buteo swainsoni</i>	Aguilucho langostero
			<i>Buteo polysoma</i>	Aguilucho común
	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Carancho
			<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino
			<i>Falco femoralis</i>	Halcón plumizo
			<i>Falco sparverius</i>	Halconcito colorado
	Galliformes	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i>	Gallareta gigante
	Cariamiformes	Cariamidae	<i>Chunga burmeisteri</i>	Chuña patas negras
			<i>Cariama cristata</i>	Chuña patas rojas
	Charadriiformes	Recurvirostridae	<i>Himantopus melanurus</i>	Tero real
		Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Tero común
	Columbiformes	Columbidae	<i>Columba picazuro</i>	Paloma picazuro
			<i>Columba maculosa</i>	Paloma manchada
			<i>Zenaidura macroura</i>	Torcaza común
			<i>Columbina talpacoti</i>	Torcacita común
			<i>Leptotila verreauxi</i>	Yeruti común
	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga acuticaudata</i>	Calacante común
			<i>Cyanoliseus patagonus</i>	Loro barranquero
			<i>Myiopsitta monachus</i>	Cotorra
			<i>Bolborhynchus aymara</i>	Catita grande serrana
	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Coccyzus cinereus</i>	Cuclillo chico
			<i>Guira</i>	Pirincho
			<i>Tapera naevia</i>	Crespín
	Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Ñacurutú
			<i>Otus choliba</i>	Alilicucu común
			<i>Glacidium brasilianum</i>	Cabure chico
			<i>Strix chacoensis</i>	Lechuza bataraz chaqueña
	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Caprimulgus rufus</i>	Atajacaminos colorado
			<i>Caprimulgus longirostris</i>	Atajacaminos ñañarca
			<i>Caprimulgus parvulus</i>	Atajacaminos chico
			<i>Podager nacunda</i>	Ñacunda
			<i>Hydropsalis brasiliensis</i>	Atajacaminos tijera
	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon aureoventris</i>	Picaflor común
	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloceryle americana</i>	Martin pescador chico
	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes melanochloros</i>	Carpintero real
			<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero del Cardón
<i>Picoides mixtus</i>			Carpintero Bataraz chico	
<i>Campephilus leucopogon</i>			Carpintero lomo blanco	
<i>Campephilus melanoleucos</i>			Carpintero garganta negra	
Passeriformes	Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i>	Bandurrita chaqueña	
		<i>Furnarius cristatus</i>	Hornero	
		<i>Furnarius rufus</i>	Hornerito copetón	
		<i>Cranioleuca pyrrhophia</i>	Curutie blanco	
		<i>Asthenes baeri</i>	Canastero chaqueño	
		<i>Synallaxis frontalis</i>	Pijui frente gris	
	Tyrannidae	<i>Xolmis cinerea</i>	Monjita gris	

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre Común
			<i>Xolmis irupero</i>	Monjita blanca
			<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica
			<i>Knipolegus striiceps</i>	Viudita común
			<i>Fluvicola pica</i>	Viudita blanca
			<i>Stigmatura budytoides</i>	Calandrita
			<i>Pitangus sulphuratus</i>	Benteveo común
			<i>Tyrannus savana</i>	Tijereta
			<i>Suiriri</i>	Suiri común
			<i>Serphophaga nigricans</i>	Piiojito gris
			<i>Serphophaga subscripta</i>	Piojito común
		Hirundinidae	<i>Progne elegans</i>	Golondrina negra
			<i>Progne tapera</i>	Golondrina parda
			<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina barranquera
		Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Ratona común
		Mimidae	<i>Mimus triurus</i>	Calandria real
			<i>Mimus patagonicus</i>	Calandria mora
		Parulidae	<i>Parula pitaiayumi</i>	Pitaiayumi
		Thraupidae	<i>Thraupis bonaerensis</i>	Naranjero
		Emberizidae	<i>Lophospingus pusillus</i>	Soldadito común
			<i>Coryphospingus cucullatus</i>	Brasita de Fuego
			<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo
<i>Saltator aurantirostris</i>	Pepitero de collar			
<i>Saltator rufiventris</i>	Pepitero colorado			
	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Rey del Bosque		
Icteridae	<i>Agealaius thilius</i>	Varillero ala amarilla		
Fringillidae	<i>Carduelis magellanica</i>	Cabecitanegra común		
Ploceidae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión		
Reptilia	Cocodrilia	Alligatoridae	<i>Caiman latirostris</i>	Yacaré ñatu
	Squamata	Scincidae	<i>Mabuya dorsivittata</i>	Madre de víboras
		Teiidae	<i>Tupinambis rufescens</i>	Lagarto colorado
		Viperidae	<i>Bothrops alternatus</i>	Víbora de la Cruz
	Anura	Bufonidae	<i>Rhinella schneideri</i>	Sapo Cururú

**Tabla 9.4.** Fauna sistemática.

#### 9.2.1.4 Fauna en peligro de extinción

La UICN (Unión Mundial para la Naturaleza/ International Union for Conservation of Nature) presenta un sistema con nueve categorías de clasificación para las especies que presentan desde el riesgo máximo de extinción hasta alguna categoría de vulnerabilidad. Estas son: Extinto, Extinto en Estado Silvestre, En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable, Casi Amenazado, Preocupación Menor, Datos Insuficientes y No Evaluado. Para la clasificación dentro de las categorías para especies amenazadas de extinción (Vulnerable, En Peligro, En Peligro Crítico) se evalúan cinco criterios cuantitativos basados en factores biológicos relacionados con el riesgo de extinción, que incluyen la tasa de disminución, el tamaño de la población, el área de distribución geográfica, y el grado de fragmentación de la población y su distribución.

De acuerdo a estas categorías, se establece una definición en la lista roja. Las mismas se detallan a continuación:

- **Extinto (EX):** "Un taxón está Extinto cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando prospecciones

*exhaustivas de su hábitat, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no ha podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizados en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón”.*

- *Extinto en Estado Silvestre (EW): “Un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Se presume que un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón”.*
- *En Peligro Crítico (CR): “Un taxón está en Peligro Crítico cuando enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato”.*
- *En Peligro (EN): “Un taxón está en Peligro cuando no está en Peligro Crítico, pero está enfrentando un muy alto riesgo de extinción en estado silvestre en el futuro cercano”.*
- *Vulnerable (VU): “Un taxón es Vulnerable cuando no está en Peligro Crítico o En Peligro, pero enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo”.*
- *Casi Amenazado (NT): “Un taxón está Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable; pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano”.*
- *Preocupación Menor (LC): “Un taxón es de Preocupación Menor cuando, habiendo sido evaluado, no satisfizo a ninguna de las categorías de Peligro Crítico, En Peligro, o Vulnerable; y no corresponde con la categoría Datos Insuficientes”.*
- *Datos Insuficientes (DD): “Un taxón se incluye en la categoría de Datos Insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos Insuficientes no es por lo tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información, y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren que una clasificación de amenazada pudiera ser apropiada”.*
- *No Evaluado (NE): “Un taxón se considera No Evaluado cuando todavía no ha sido clasificado en relación a estos criterios”.*

En la Argentina, el Convenio Cites (Convención sobre el Comercio Internacional de las Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre) establece un sistema de control mundial relativo al comercio internacional de las especies silvestres amenazadas y de los productos de éstas. Las dos categorías principales de protección de las especies son (tomado de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, convenio Cites):

#### Las especies más amenazadas

**Apéndice I:** Incluye todas las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio. El comercio en especímenes de estas especies deberá estar sujeto a una

reglamentación particularmente estricta a fin de no poner en peligro aún mayor su supervivencia y se autorizará solamente bajo circunstancias excepcionales.

#### Otras especies amenazadas

**Apéndice II:** Incluye: a) todas las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, podrían llegar a esa situación a menos que el comercio en especímenes de dichas especies esté sujeto a una reglamentación estricta; y b) aquellas otras especies no afectadas por el comercio, que también deberán sujetarse a reglamentación con el fin de permitir un eficaz control del comercio en las especies a que se refiere el subpárrafo (a) del presente párrafo.

**Apéndice III:** Incluye todas las especies que cualquiera de las partes manifieste que se hallan sometidas a reglamentación dentro de su jurisdicción con el objeto de prevenir o restringir su explotación y que necesitan la cooperación de otras partes en el control de su comercio.

Actualmente en nuestro país 104 especies autóctonas están en riesgo de extinción. Además del tráfico ilegal, la pesca ilegal y la caza furtiva, entre las principales amenazas figuran la deforestación, la contaminación, el avance de la frontera agropecuaria, la introducción de especies exóticas y los impactos ambientales de las actividades antrópicas. La región alberga especies seriamente amenazadas como:

Oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*): comercio restringido de la especie viva. Amenazada en inminente peligro en nuestro país por alteración de su ambiente natural.

Tatú carreta (*Priodontes Maximus*): prohibición total de la comercialización de la especie por inminente amenaza de extinción. Su desaparición se debe a la alteración del hábitat natural, a factores económicos (caza comercial y captura indiscriminada).

Yacaré overo (*Caiman Latirostris*): prohibición total de la comercialización de su especie. Su pronta desaparición se debe a la alteración de su hábitat y a factores económicos (captura indiscriminada para utilización y comercialización de su cuero).

### 9.3 Áreas Protegidas

#### 9.3.1 Reserva Natural "Tara Inti"

La Reserva Natural "Tara Inti" está localizada sobre una barra fluvial a metros de la represa sobre el río Dulce. El circuito en total cubre 600 metros en pasarelas aéreas de madera de Quebracho colorado santiagueño (*Shinosopsis lorentzii*) y toda la reserva preserva un espacio de los humedales del Parque Chaqueño Seco.

Entre las especies de aves se destacan el Pato Maicero (*Anas geórgica*), Garza Mora (*Ardea cocoi*), Garza Blanca (*Ardea alba*), Cigüeña Americana (*Ciconia maquari*), Tero común (*Vanellus chilensis*), Cuervillo de Cañada (*Plegadis chili*), Flamenco Austral (*Phoenicopterus chilensis*), Cotorra (*Myopsitta monachus*), Loro Hablador (*Amazona aestiva*), Lechuzón Orejudo (*Asia clanator*), Martín Pescador Grande (*Megaceryle torquata*), Carpintero Campestre (*Colapses campestris*), Monjita Blanca (*Xolmis cinérea*), Zorzal Colorado (*Turdus rufiventris*) y Brasita de Fuego

(*Coryphospingus cucullactus*). Asimismo, los humedales presentan distintas especies de anfibios y reptiles, donde es posible hallar ranas, sapos, víboras, lagartijas y roedores.

La flora de la reserva cuenta entre sus especies con Tusca (*Acacia aroma*), Algarrobo blanco (*Prosopis alba*), Quebracho blanco (*Angiosperma Quebracho blanco*), Mistol (*Ziziphus mistol*), Chañar (*Geoffroea decorticans*) y Ucle (*Cereus validus*), entre otros.

### **9.3.2 Reserva Natural Privada “Pozo del Arbolito”**

La Reserva Natural “Pozo del Arbolito” se encuentra al centro Oeste de la provincia de Santiago del Estero, en el departamento Río Hondo, localizada fuera del área de estudio, hacia el Sudoeste. Categorizada como “Área protegida con manejo de recursos”, consta de 65 hectáreas que mantienen un ecosistema natural en su estado original, asegurando la conservación de la biodiversidad, permitiendo la elaboración de productos regionales y brindando servicios de recreación, turismo y descanso a la sociedad. El área, representa una pequeña parte de la región fito-geográfica chaqueña y contaba con zonas delimitadas, tales como caminos en desuso, terreno abierto (antiguamente complejo habitacional), perforación desmantelada para la obtención de agua, represa artificial y acequias inhabilitadas.

Las especies muestreadas son: Quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*), Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), Algarrobo blanco (*Prosopis alba*) Algarrobo negro (*Prosopis nigra*), Itín (*Prosopis kuntzei*), Mistol (*Ziziphus mistol*), Guayacán (*Caesalpinia paraguarienses*), Vinal (*Prosopis ruscifolia*), Vinalillo (*Prosopis vinalillo*), Chañar (*Geoffroea decorticans*), Garabato (*Acacia praecox*), Huiñaj (*Tabebuia nodosa*), Brea (*Cercidium australe*), Tusca (*Acacia aroma*), Mistol del zorro (*Costela coccínea*) y Ucle (*Cereus forbesii*).

## 10 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

El procesamiento de la información que aquí se expone se ha logrado mediante el relevamiento de datos en la campaña realizada en abril de 2017. En el viaje de campo se recorrieron las zonas incluidas en este estudio, recopilando datos en dependencias Municipales e Instituciones de la localidad de Las Termas de Río Hondo y parajes cercanos.

Asimismo, se efectuó la compilación y análisis de información proporcionada por organismos públicos y de servicios tanto públicos como privados.

La elaboración del mapa de usos del suelo y detalle de infraestructura urbana de la localidad se realizó teniendo como base cartográfica los mapas topográficos a escala 1:250.000 de la zona de estudio en la provincia de Santiago del Estero.

Este Capítulo incluye una descripción detallada de los datos de la población, tanto de la zona urbana y periurbana de la localidad de Las Termas de Río Hondo como de los numerosos Parajes que se inscriben dentro del área estudiada.

Dichos datos están vinculados tanto al análisis de los diferentes Usos productivos del Territorio que se presentan en la región estudiada como al relevamiento de los datos de población, salud, educación e infraestructura de servicios que sirven como apoyo indispensable para las actividades socioeconómicas de la región.

### 10.1 POBLACIÓN

El departamento de Río Hondo tiene una superficie de 2.124 Km<sup>2</sup>, lo que representa un 1,5 % del total de la superficie provincial. La cabecera departamental es la localidad de Las Termas de Río Hondo, distante a 70 Km de la ciudad Capital. Los siguientes datos corresponden al Censo de Población del INDEC de 2010 (Tabla 10.1.):

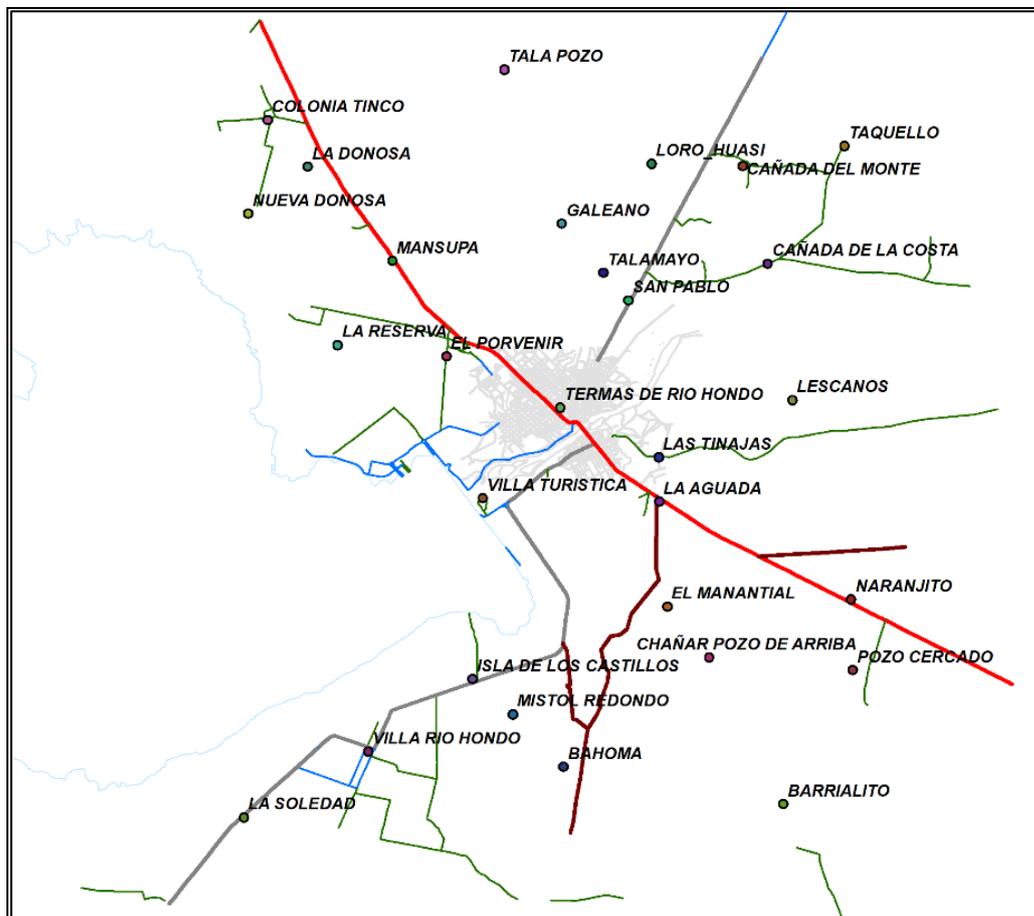
DEPARTAMENTO	POBLACIÓN TOTAL	DENSIDAD POBLACIONAL	CANTIDAD DE HOGARES / VIVIENDAS	EMPLEO PRIVADO	EMPLEO PUBLICO
DEPARTAMENTO DE RÍO HONDO	54. 867 Hab.	25,8 Hab. / Km <sup>2</sup>	13.567 hogares 15.254 viviendas	66%	34%
LAS TERMAS DE RÍO HONDO	32.166 Hab. 70% del total departamental (15.458 varones y 16.708 mujeres)	1203,83Hab./ Km <sup>2</sup>	8.150 hogares 9.791 viviendas	--	--
COLONIA TINCO	838 Hab. (420 varones y 418 mujeres)	--	177 hogares, 156 viviendas	--	--
VILLA RÍO HONDO	705 Hab. (349 varones y 356 mujeres)	--	170 hogares, 211 viviendas	--	--

**Tabla 10.1.** Datos demográficos del Departamento de Río Hondo y localidades.

Respecto al Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), solamente al 10,9% de los hogares de la localidad de Las Termas de Río Hondo les corresponde esta calificación.

en el área de estudio se ubican los siguientes parajes y localidades (Figura 10.1. y 10.2.):

- Bahoma
- Barrialito
- Cañada De la costa
- Cañada del Monte
- Chañar Pozo De Arriba
- El Manantial
- El Porvenir
- Galeano
- La Isla De Los Castillos
- La Aguada
- La Donosa
- La Nueva Donosa
- La Reserva
- La Soledad
- Las Tinajas
- Loro Huasi
- Mansupa
- Mistol Redondo
- Naranjito
- Pozo Cercado
- San Pablo
- Tala Pozo
- Talamayo
- Taquello



**Figura 10.1.** Localidades y Parajes del área de estudio.



Paraje Bahoma.

Paraje Chañar del Pozo.

Localidad de Colonia Tinco.



Paraje Isla de los Castillos.



Paraje Lescano.



Paraje Loro Huasi.



Paraje Nueva Donosa.



Paraje San Pablo.



Paraje Taquello.



Paraje Villa Balnearia.



Paraje Isla Castillos.



Paraje la Aguada.



Paraje Las Tinajas.



Paraje Cañada de la Costa.



Paraje El Churqui.



Paraje La Donosa.



Paraje El Naranjito.



Paraje Barrialito.



**Figura 10.2.** Parajes y localidades del área de estudio.

## 10.2 INFRAESTRUCTURA

Existen servicios fundamentales que influyen en la vida de la población en una localidad. Estos constituyen una de las variables más importantes al analizar la jerarquía urbana, ya que su nivel de complejidad y cobertura inciden en la categorización de las ciudades. Los mismos están vinculados a la infraestructura de transporte, salud, educación y servicios de electricidad, gas, agua potable, cloacas y RSU. Cada uno de estos temas serán analizados en los siguientes apartados.

### 10.2.1 Infraestructura de Transporte

La infraestructura de transporte es un componente básico de los sistemas territoriales ya que se trata de los canales a través de los que se relacionan los asentamientos y las actividades en el intercambio de mercancías y personas.

A escala territorial los niveles de accesibilidad del sistema urbano dependen exclusivamente del transporte automotor y la red de carreteras, en tanto el ferrocarril ha sido prácticamente abandonado en el uso como transporte de pasajeros en el territorio.

La ciudad estudiada se encuentra en una posición estratégica desde el punto de vista de las comunicaciones viales ya que está ubicada en el punto medio entre las ciudades capitales de las Provincias de Santiago del Estero y Tucumán.

En la Red Vial de la zona se encuentran:

- **RUTAS NACIONALES**
  - ✓ La **RN N° 9** es la principal infraestructura de transporte que se presenta en el área de diagnóstico. Esta Ruta, que es parte del sistema troncal de vías de transporte de Argentina, se inicia en el límite de la Ciudad de Buenos Aires y atraviesa las provincias de Santa Fe, Córdoba, Santiago del Estero, Tucumán, Salta y Jujuy, hasta el límite con Bolivia. En la zona estudiada, la Ruta Nacional N° 9 conecta la ciudad de San Miguel de Tucumán con Las Termas de Río Hondo y la Ciudad Capital de Santiago del Estero en sentido Noreste Sudoeste.

- **RUTAS PROVINCIALES**

- ✓ **RP N° 93:** En los primeros años de la década 2000 a 2010 se realizó la reconstrucción de la traza de la ruta provincial N° 93 desde Las Termas de Río Hondo hasta el límite interprovincial, donde se inicia la traza de la ruta provincial N° 333.
- ✓ **RP N° 333:** une a la localidad tucumana de Lamadrid con Las Termas de Río Hondo, fue recientemente reparada en varios de sus tramos. Esta ruta recibe el tránsito vehicular procedente de la provincia de Tucumán, así como la proveniente de Catamarca, Córdoba y la región de Cuyo.
- ✓ **RP N° 3:** desciende desde la localidad de Pozo Hondo al Noreste hacia la Localidad de Las Termas de Río Hondo continuando hacia el Sur por la zona de las Sierras de Guasayán hasta el cruce con la RP N° 64.

Con respecto al servicio de transporte urbano se relevó que existe actualmente una línea de colectivos que une los diferentes barrios de la ciudad con dos recorridos, uno de ida saliendo del Centro de la ciudad hacia la Villa Balnearia y el Dique, y otro desde el Vivero Municipal pasando por el Puente de RN N° 9 y terminando su recorrido en el Centro Cultural. Los coches realizan estos recorridos los días hábiles entre las 6 y las 22 hs y tienen una frecuencia de entre 20 y 35 minutos dependiendo de la franja horaria.

Para el transporte interurbano se cuenta con son varios servicios por día de Ómnibus de Pasajeros de y hacia las ciudades de Tucumán y Santiago del Estero. La Terminal de micros de Las Termas de Río Hondo recibe las siguientes empresas: Vosa Balut, Expreso del Oeste, Transfer Line, Buses Lep, Flecha Bus, General Urquiza y Crucero del Norte. Por otra parte, los servicios de turismo son permanentes desde todos los puntos del país y especialmente desde la Ciudad de Buenos Aires.

Finalmente, la localidad de Las Termas de Río Hondo cuenta con un servicio de transporte aéreo y un aeropuerto internacional, inaugurado el 24 de Julio de 2012, siendo el aeropuerto público más nuevo de Argentina. Es administrado por Aeropuertos Argentina 2000 y recibe vuelos dos veces a la semana (domingos y jueves). Las líneas que operan en él son: Aerolíneas Argentinas y Andes Líneas Aéreas. Su pista de asfalto tiene 2.500 m de longitud y el mismo recibió en 2017, 153.651 pasajeros en 1.494 operaciones aéreas (Figura 10.3.).

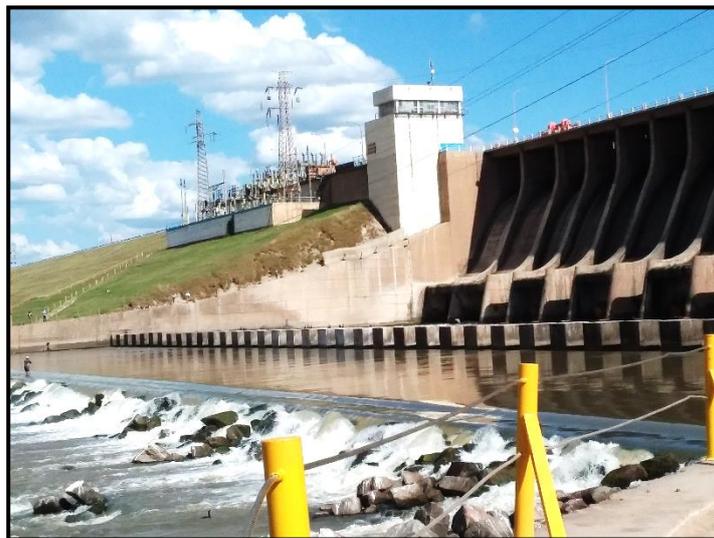


**Figura 10.3.** Transporte.

### **10.2.2 Infraestructura Energética**

El Dique Frontal Río Hondo, que se encuentra en la zona limítrofe entre las provincias de Tucumán y Santiago del Estero, es una obra de gran envergadura para la atenuación de crecidas, el suministro de agua para riego y agua potable y la generación de hidroelectricidad.

La Central Hidroeléctrica, que se ubica al pie de la presa, posee una potencia instalada de 15.200 KW. Comprende una planta transformadora y una línea de alta tensión hasta la capital de la provincia, además de una estación de interconexión con la Central Roca (Santiago del Estero) (Figura 10.4.).

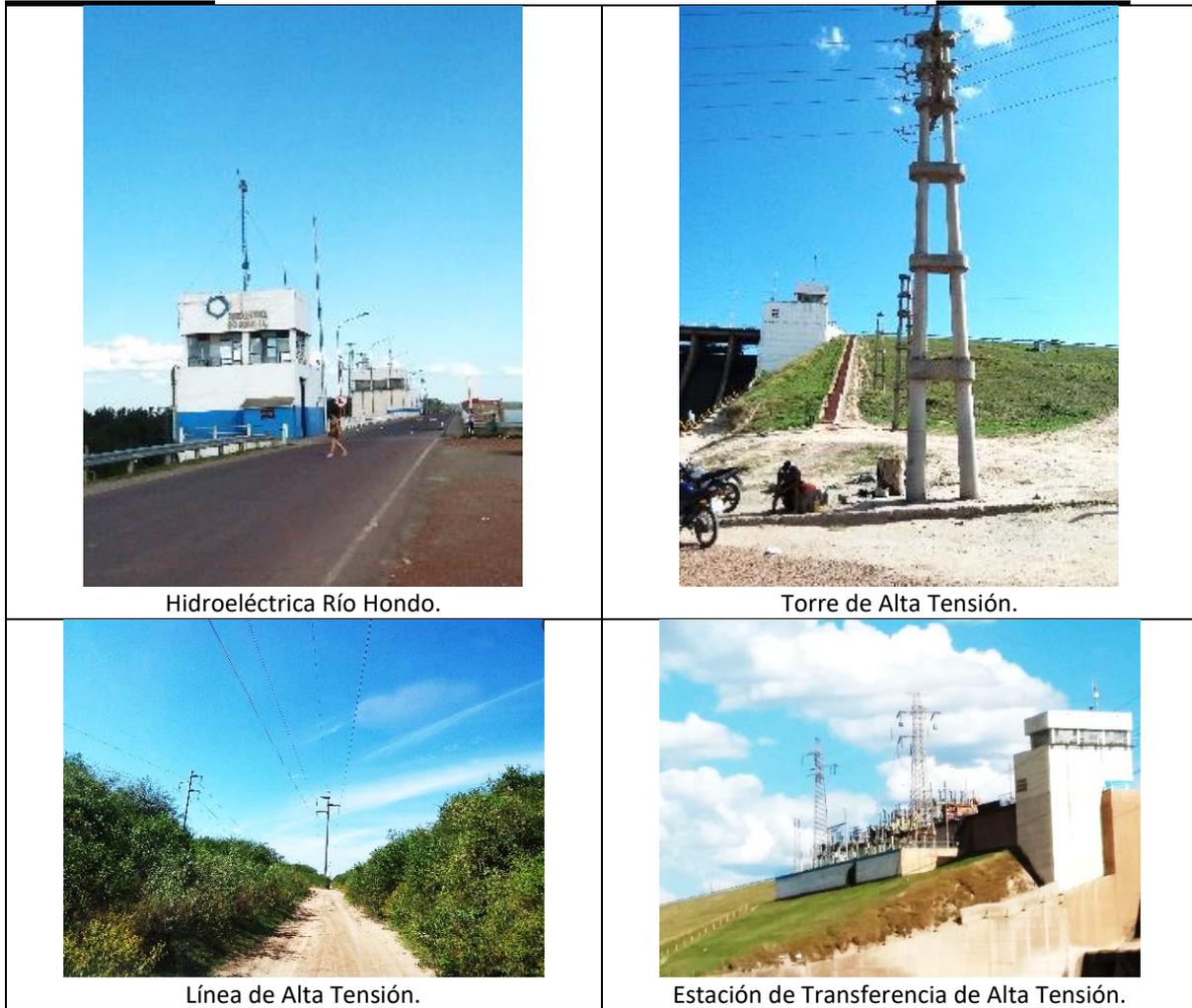


**Figura 10.4.** Dique Frontal de Río Hondo.

Por otra parte, el sector estudiado recibe la energía a través de una línea de alta tensión de 500 kV, proveniente de la provincia de Tucumán desde El Bracho, a la que se incorpora lo producido por la Central Hidroeléctrica del Dique.

El sistema de transmisión se realiza por cables aéreos sostenidos por torres de gran tamaño y se conectan a la red a través de 2 sub-estaciones transformadoras ubicadas en la zona del Dique. Allí se reduce la tensión de 132/13,2 KV a 380/220 kV y se distribuye la energía eléctrica a las localidades cercanas. El servicio de distribución es brindado por la Empresa EDESE.

Según datos suministrados por EDESE en el casco urbano reciben el servicio un total de 14.000 viviendas y todos aquellos hogares de los parajes rurales que se encuentren a una distancia máxima de 500 metros del tendido de la red. Esto suma un total de 20.000 usuarios registrados en el departamento de Río Hondo. Además, se brinda una línea de media tensión a algunos establecimientos hoteleros y estaciones de servicio de la localidad de Las Termas de Río Hondo (Figura 10.5.).



**Figura 10.5.** Central energética y plantas de transferencia.

El suministro de gas natural es brindado por la empresa GasNor S.A., que se abastece del Gasoducto del Norte, procedente de Lamadrid. El mismo se conecta a través de una estación reductora de presión ubicada en la zona del paraje La Aguada sobre la RN N° 9 (Figura 10.6.). Desde allí se distribuye al área central de la localidad.



**Figura 10.6.** Estación reductora La Aguada.

Según datos del INDEC (Censo 2010) solo el 27,3% de los hogares utilizan gas de red para calefaccionarse y cocinar, mientras que el 69,22% lo hacen utilizando garrafas, el 1,2% gas de tubo y el 1,7% leña o carbón.

### **10.2.3 Infraestructura de Agua, Cloacas y Residuos sólidos Urbanos (RSU)**

#### **Distribución de Agua Potable**

El servicio de distribución de agua potable es mantenido y operado por la Empresa Aguas de Santiago. Según datos del INDEC 2010 en la Localidad de Las Termas de Río Hondo el 57,24% de los hogares se encuentran conectados a la red pública de agua, mientras que el 34,20% posee perforación con bomba a motor, el 2,30% tiene perforación con bomba manual y el 5,8% pozo.

En la ciudad de Las Termas de Río Hondo la red de distribución se abastece a través de un acueducto que nace en Colonia Tinco, donde existen dos perforaciones de 250 m de profundidad que lo alimentan (Figura 10.7.), y culmina en dos cisternas ubicadas en Mansupa. Desde las cisternas, el agua pasa al segundo tramo del acueducto, hacia la red de distribución. El abastecimiento de la red se completa con dos perforaciones ubicadas en La Reserva, donde nace otro acueducto que culmina en las cisternas de Mansupa. Las dos perforaciones de Colonia Tinco que brindan un caudal de aproximadamente 400 m<sup>3</sup>/h.



**Figura 10.7.** Toma de agua – Colonia Tinco.

Dadas las características del agua solamente se realiza una cloración preventiva en las cisternas (mediante hipoclorito de sodio). Las dos cisternas de hormigón armado ubicadas en Mansupa tienen una capacidad de 3.000 m<sup>3</sup> cada una.

En la localidad de Las Termas de Río Hondo existen aproximadamente 4.200 conexiones domiciliarias, aunque también en muchas viviendas y en la mayoría de los hoteles se explota el acuífero termal a través de gran cantidad de pozos surgentes.

En los distintos parajes, fuera de los límites de la localidad de Las Termas de Río Hondo, se verifican distintos tipos de servicios; en algunos casos los parajes cuentan con perforaciones y tanques de reserva para la distribución de agua, pero en la mayoría de los casos el abastecimiento se realiza en forma individual a través de pozos. En muchos casos el agua extraída es termal por lo que no resulta apta para el consumo, aunque de cualquier forma es utilizada para la ingesta (Figura 10.8.).



**Figura 10.8.** Ubicación de tanques de reserva y pozos en agua en algunos parajes.

✓ **Acueducto del Oeste**

Dentro de la zona de estudio se verifica también la existencia de un importante acueducto que sirve a varios departamentos ubicados al Sur de Río Hondo y que depende del Ministerio del Agua de la provincia de Santiago del Estero.

Se trata del Acueducto del Oeste, inaugurado en el año 2015, con una extensión de 130 kilómetros, que abastece con agua potable a más de 30.000 habitantes de los departamentos Río Hondo, Guasayán, Choya, Silipica, Capital y Loreto. Las aguas se extraen del embalse (Figura 10.9.) y se envían a la planta de potabilización en El Manantial, donde se clarifican, desinfectan y potabilizan por floculación (Figura 10.10.) y luego se almacenan en cisternas. Finalmente, a través de una estación de bombeo, se las envía a la cisterna de distribución ubicada en la zona del paraje Doña Luisa.



**Figura 10.9.** Acueducto del Oeste, Santiago del Estero. Toma de agua cruda.



**Figura 10.10.** Planta Potabilizadora -Acueducto del Oeste.

### Red Cloacal

En 2010, según datos del INDEC, el 74,3% de los hogares contaba con conexión a desagües de la red pública y un 25,7% carecía de ese servicio, sin embargo, en la última década este servicio se ha incrementado hasta cubrir casi el 90% de las viviendas de la localidad.

La nueva planta de tratamiento instalada en el paraje Upianita, distante a 3 kilómetros al Norte de Las Termas, tiene una capacidad de procesamiento de alrededor de 23 millones de litros de líquidos cloacales pues, dadas las características del uso del agua termal, se ha calculado que al consumo habitual estándar de 300 litros por día y por habitante se le suman 120 litros por habitante y por día (el 40% más) en concepto de uso de agua termal (Figura 10.11.).

Además, la red cuenta con cinco estaciones de bombeo en distintos puntos de la ciudad que conducen los efluentes a la planta de tratamiento. Las dos estaciones principales están ubicadas en Villa Balnearia y a orillas del río Dulce a metros del puente de la RN N° 9.



**Figura 10.11.** Imágenes de la planta de tratamiento cloacal.

### Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Uno de los problemas de saneamiento urbano que requiere mayor consideración es el de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). El impacto ambiental derivado de la recolección y disposición

final de los residuos sólidos se agrava como consecuencia del aumento de la población, debido a que se incrementa la generación de los mismos.

La disposición final resulta la última etapa del sistema de recolección de RSU y está íntimamente relacionada con la preservación del ambiente y la salud de la población.

La existencia de basurales espontáneos y microbasurales no controlados en la ciudad, así como el volcado ilegal de residuos a los canales de desagüe pluvial y cursos de agua superficial, es actualmente uno de los más importantes problemas de saneamiento urbano (Figura 10.12.).



**Figura 10.12.** Basurales espontáneos y a cielo abierto.

El volumen de RSU generados en la localidad de Las Termas de Río Hondo alcanza 60 m<sup>3</sup>/día de fuera de temporada turística, mientras que el volumen recolectado en alta temporada llega a 90 m<sup>3</sup>/día.

A principios de esta década la ciudad de las Termas de Río Hondo fue seleccionada por el Programa GIRSU (Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos) en Municipios Turísticos. A través de un préstamo del BID se realizaron las obras en el predio ubicado en el paraje La Aguada donde se realiza la disposición final de los RSU (Figura 10.13.). La obra fue finalizada en mayo 2012 pero, a pesar de los esfuerzos realizados, no se logró el objetivo de saneamiento buscado.



**Figura 10.13.** Planta de disposición de RSU.

Un informe realizado en 2013 por la Auditoría General de la Nación concluye que "el volcado, la clasificación y la recuperación de los residuos es similar al realizado en un basural a cielo abierto (salvo por una membrana que impermeabiliza el suelo) y no se cubren a diario los residuos vertidos".

En 2017, las instalaciones del predio (galpón de reciclado, puente, vestuarios y sanitarios para los operarios, etc.) fueron parcialmente destruidos por un tornado (ANEXO V con informe de la situación a febrero de 2018).

Actualmente la recolección de los residuos es realizada por la Municipalidad de Las Termas de Río Hondo a través de la Cooperativa Marra, que cuenta con 16 operarios y 4 camiones recolectores que realizan un recorrido diario por los barrios de la ciudad acorde a un cronograma organizado por sectores.

Los camiones recolectores, con caja compactadora, trasladan los residuos para su disposición final al basurero Municipal, ubicado a 8 km por ruta Nacional Nº 9 al Sur de la ciudad, en el paraje La Aguada.

Dentro del predio, que se encuentra cercado, los RSU son parcialmente reciclados por los operarios recuperándose solamente plásticos y papel/cartón. El resto de los RSU son dispuestos en fosas impermeabilizadas para luego ser cubiertas.

### 10.2.4 Infraestructura de Salud y Educación

#### Salud

El municipio de Las Termas de Río Hondo pertenece a la Zona Sanitaria N° 2 del Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la provincia. Los prestadores de servicios sanitarios, tanto públicos como privados, son los siguientes (Figura 10.14.):

- *HOSPITAL ZONAL DR EMILIO MERA: es el más importante de la región con una cobertura de más de 50.000 habitantes que incluyen a algunos departamentos vecinos. Cuenta con 77 camas para internación para los servicios de Clínica Médica, Cirugía, Pediatría y Maternidad. Otros servicios en consultorios externos son los de Cardiología, Clínica Médica, Traumatología, Odontología, Ginecología, Obstetricia y Pediatría.*
- *Puestos sanitarios y centros de atención primaria.*

Estos sitios de asistencia se resumen en la siguiente tabla (Tabla 10.2.):

Establecimiento	Localidad	Tipo
Puesto Sanitario Villa Río Hondo	Las Termas de Río Hondo	Centro de Salud
Puesto Sanitario Acos	Las Termas de Río Hondo	Posta Sanitaria
Puesto Sanitario Villa Giménez	Villa Giménez	Posta Sanitaria
Centro de Atención Primaria Rural-Pocito	Pocito	Posta Sanitaria
Centro de Atención Primaria Rural - Rodeo Soria	Rodeo de Soria	Posta Sanitaria
Centro de Atención Primaria Villa Balnearia	Las Termas de Río Hondo	Centro de Salud
Sala de 1eros. Auxilios N° 2 B° Villa Adela	Las Termas de Río Hondo	Centro de Salud
Sala de Prim. Aux. Ceferino Namuncurá	Las Termas de Río Hondo	Centro de Salud
Puesto Sanitario Colonia Tinco	Colonia Tinco	Posta Sanitaria
Centro de Atención Primaria Rural - Antilo	Antilo	Posta Sanitaria
Sala de 1ros. Auxilios B° España	Las Termas de Río Hondo	Sala 1os Auxilios
Sala de Prim. Aux. Eva Perón	Las Termas de Río Hondo	Sala 1os Auxilios
Centro de Salud Barrio. Adela	Las Termas de Río Hondo	Posta Sanitaria
Centro de Salud Barrio. 25 De Mayo	Las Termas de Río Hondo	Posta Sanitaria
Centro de Salud Barrio. España	Las Termas de Río Hondo	Posta Sanitaria
Centro de Salud Barrio San Martín	Las Termas de Río Hondo	Posta Sanitaria
Centro de Salud Ceferino Namuncurá	Las Termas de Río Hondo	Posta Sanitaria
Centro de Salud El Porvenir	Las Termas de Río Hondo	Posta Sanitaria
Centro de Salud	Centro de Salud	Centro de Salud
Centro de Salud	Paraje La Reserva	Posta Sanitaria

**Tabla 10.2.** Establecimientos de salud del área de estudio.

Los establecimientos Sanitarios privados relevados son: Clínica San Ramón (Ex Sanatorio Del Carmen) y Clínica Termal Río Hondo.



**Figura 10.14.** Infraestructura de salud en el área de estudio.

### Educación

Los siguientes datos de Niveles de Educación de Jefes de Hogares en la Localidad de Las Termas de Río Hondo corresponden al Censo 2010 del INDEC. De acuerdo a los datos relevados, de los jefes de hogar con educación primaria incompleta, el 72,3% no posee educación primaria. Para los que poseen educación primaria, solo el 59,5% completó este nivel. En referencia a la educación de nivel medio, el dato del INDEC indica que para los jefes de hogar que el 72% no finalizó sus estudios.

La zona estudiada cuenta con establecimientos de educación básica, media y terciario (Figura 10.15.). De acuerdo con los datos brindados por el Mapa Educativo Nacional del Ministerio de Educación de la Nación, los establecimientos educativos de la localidad de Las Termas de Río Hondo son los siguientes (Tabla 10.3.):

NOMBRE	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO
Escuela Municipal de Artes Plásticas	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela Especial Uasшту (municipal)	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Instituto de Formación Docente N°4	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín de Infantes N° 11 Huauitas	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela N°761 Rafael Obligado	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela Técnica N° 7	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Ed. Básica de Adultos N° 087	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín N° 89 Las Ardillitas	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín de Infantes Mi Esquina	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Colegio Emaus. Jardín Elizier	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín Pececitos de Colores	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo

NOMBRE	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO
Centro Educativo Nivel Secundario N° 3	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín de Infantes Rayito De Sol	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Educación Básica del Adulto N° 079	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Instituto Superior de Formación Docente Continua N° 2	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela de Educación Especial N° 50 Anexo	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela Superior de Educación Artística N° 3	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro Experimental Del Sesquicentenario N° 6 "Elvia Juana Manlla"	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín Municipal Sueñitos	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín Municipal N° 3 Belén	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Colegio del Sesquicentenario N° 6	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Educación Básica del Adulto N° 080	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Educación Básica de Adultos N° 084	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Colegio Mariano Moreno LI 66	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Educación Básica Para Adultos N° 207	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Educación Básica de Adultos N° 081	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela de Educación Básica de Adultos N° 10 Sara D. de Rojas	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Educación Básica del Adulto N° 083	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Educación Básica del Adulto N° 082	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín de Infantes N° 101 Burbujitas	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela N° 673 Fuerzas Armadas	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela de Comercio Ramón Gómez Cornet	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Instituto San Javier	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Instituto San Francisco Solano	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Escuela N° 607 Ramón Edmundo Ordoñez	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín Municipal Mercedita	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Instituto Mariano Moreno	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Alfabetización N° 086	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Centro de Educación Básica De Adultos N° 085	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín Municipal Arco Iris	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Colegio General José De San Martín	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo
Jardín Municipal "Carita de Ángel"	Las Termas de Río Hondo	Río Hondo

**Tabla 10.3.** Establecimientos educativos de la Localidad de Las Termas de Río Hondo.

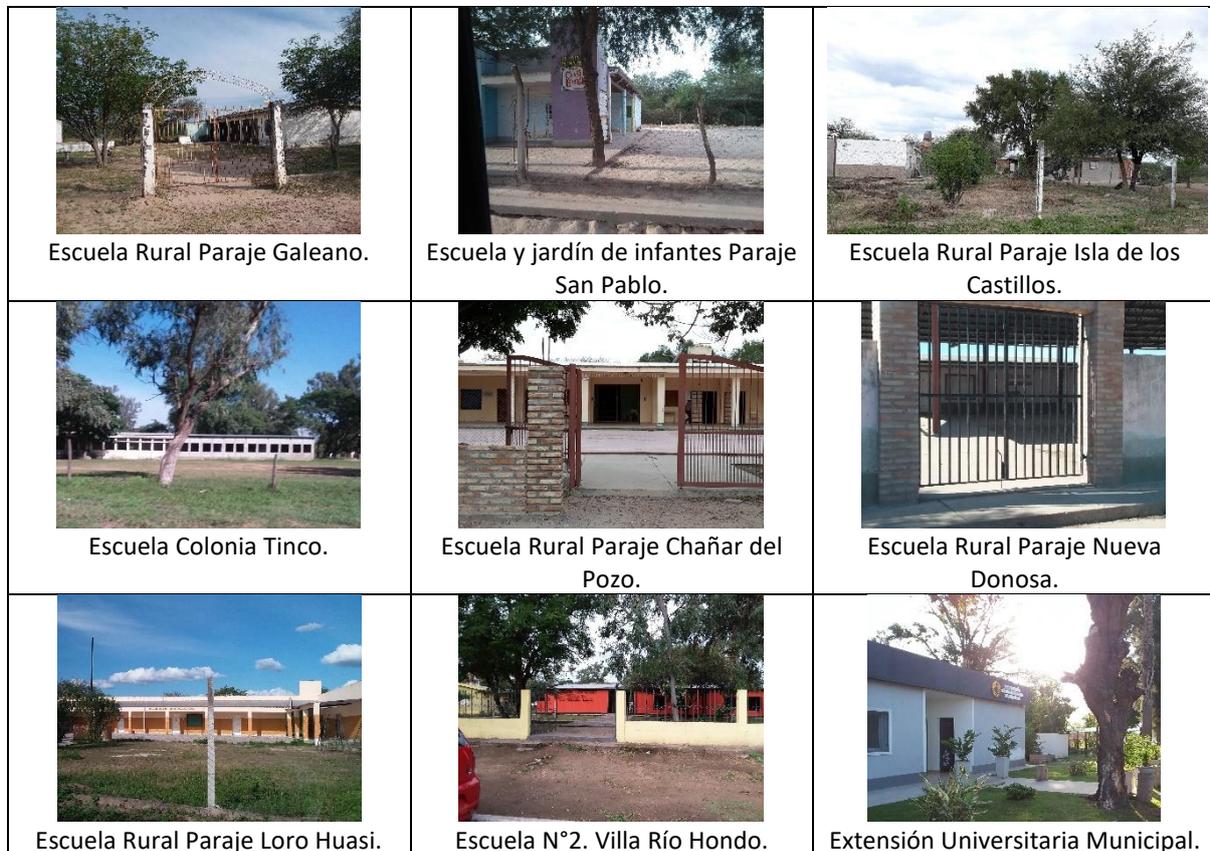
Asimismo, en la siguiente tabla se detallan los establecimientos de las demás localidades y parajes que corresponden al departamento Río Hondo de la provincia de Santiago del Estero (Tabla 10.4.):

NOMBRE	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO
Escuela N° 510	Abrita Grande	Río Hondo
Escuela N° 47 Domingo Carrizo J/416	Amicha	Río Hondo
Escuela N° 134 Lázaro Soria	Aragones	Río Hondo
Escuela N° 950	Bahoma	Río Hondo
Escuela N° 813 Aurelio Singer	Barrialito	Río Hondo
Escuela N° 679 José Alico	Brea Puñuna	Río Hondo
Escuela N° 81 Primera Junta	Cañada De Acosta	Río Hondo
Escuela N° 301 Fray Luis Beltrán	Cañada De Robles	Río Hondo
Escuela N° 455	Cañada De Talapozo	Río Hondo
Escuela N° 1166	Cañada Del Monte	Río Hondo
Escuela N° 452 Juan Isidro Peralta	Casilla Del Medio	Río Hondo

NOMBRE	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO
Escuela N° 968 25 De Julio	Chañar Pocito	Río Hondo
Escuela N° 809 Domingo Faustino Sarmiento	Chañar Pozo De Abajo	Río Hondo
Escuela N° 1002 Pacto De Vinara	Chañar Pozo De Arriba	Río Hondo
Escuela Nivel Secundario	Chañar Pozo De Arriba	Río Hondo
Escuela N° 1081	Chañar Pozo Del Medio	Río Hondo
Escuela N° 90 Coronel Manuel Dorrego	Charco Viejo	Río Hondo
Agrup. 33 Sede Chauchillas	Chauchillas	Río Hondo
Escuela N° 10 Provincia del Tucumán J/n.19	Chauchillas	Río Hondo
Escuela N° 940	Colonia Tinco	Río Hondo
Colegio Secundario 27 de Abril	Colonia Tinco	Río Hondo
Escuela N° 827	Dique Frontal	Río Hondo
Centro de Educ. Para Adultos N° 162	El Porvenir	Río Hondo
Escuela N° 345 Brigadier Juan M. de Rosas	El Porvenir	Río Hondo
Escuela N° 78 Juan Manuel de Pueyrredón	El Sauzal	Río Hondo
Escuela N° 368 Conquista del Desierto	El Sobrante Isla de Los Castillos	Río Hondo
Escuela N° 546	Galeano	Río Hondo
Escuela N° 166 Cristóbal Colón	Gramilla Vieja	Río Hondo
Escuela N° 100 Provincia de Neuquén	Isla de Aragonés	Río Hondo
Escuela N° 497	Isla de Los Sotelos	Río Hondo
Escuela N° 196 Rubén Darío J/420	Kuenti Tacko	Río Hondo
Escuela N° 728	La Aguada	Río Hondo
Escuela N° 664 Juan B. Justo	La Donosa	Río Hondo
Escuela N° 1167	La Nueva Donosa	Río Hondo
Escuela N° 371	La Reserva	Río Hondo
Escuela N° 680 Padre Rolando Marcos Hadeau	La Soledad	Río Hondo
Escuela N° 124 Gobierno de Santa Cruz	Las Abras	Río Hondo
Escuela N° 1114	Las Cejas	Río Hondo
Escuela N° 723 Francisco Jesús Lescano	Lezcanos	Río Hondo
Centro Educativo de Educ. Para Adultos N° 64	Lezcanos	Río Hondo
Escuela N° 486	Loma Del Medio	Río Hondo
Escuela N° 529 María Teresa Ávila	Loro Huasi	Río Hondo
Escuela N° 247 Teniente 1º Juan Gregorio Díaz	Los Miranda	Río Hondo
Inst. Ntra. Sra de la Consolación De Sumampa	Los Núñez	Río Hondo
Escuela N° 843-de Jornada Completa C/a.a.	Los Núñez	Río Hondo
Escuela N° 48 España	Los Ovejeros	Río Hondo
Centro de Educ. Para Adultos N° 161	Los Ovejeros	Río Hondo
Escuela N° 151 San José De Calazán	Los Quebrachos	Río Hondo
Escuela N° 878 Fed Trabajadores Luz y Fuerza	Mansupa	Río Hondo
Centro de Educación Básica Del Adulto N° 078	Mansupa	Río Hondo
Escuela N° 543 (J.C)	Naranjito	Río Hondo
Escuela N° 114 Provincia de Formosa	Palma Redonda	Río Hondo
Escuela N° 955 Emilio Bottini	Pozo del Arbolito	Río Hondo
Escuela N° 140 11 De Setiembre	Pozo Grande	Río Hondo
Instituto San Cayetano LI45	Pozuelos	Río Hondo
Escuela N° 829 Manuela Reyes Agudo	Pozuelos	Río Hondo
Escuela de Capacitación N° 32	Pozuelos	Río Hondo
Puesto del Retiro	Puesto del Retiro	Río Hondo
Agrupamiento de Itinerancia N° 40	Puesto del Retiro	Río Hondo
Escuela N° 833 Escuela Provincial	Puesto del Retiro	Río Hondo
Escuela N° 617 Granadero Saavedra	Puesto del Sauzal	Río Hondo
Escuela N° 244 Nuestra Sra. del Valle	Puesto Nuevo	Río Hondo
Escuela N° 990	San Carlos	Río Hondo
Escuela N° 350 "San Pablo"	San Pablo	Río Hondo

NOMBRE	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO
Escuela N° 158 Gobierno de Tierra Del Fuego	Santa Feliza	Río Hondo
Escuela N° 1046	Sotelillos	Río Hondo
Escuela N° 216 Provincia de Río Negro	Sotelos	Río Hondo
Escuela N° 1072	Tala Pozo	Río Hondo
Escuela N° 524	Taquello	Río Hondo
Escuela N° 5 Pedro León Gallo J/n.16	Villa Giménez	Río Hondo
Escuela N° 2 Juan Bautista Alberdi	Villa Río Hondo	Río Hondo
Colegio Secundario Nuestra Señora Del Pilar	Villa Río Hondo	Río Hondo
Jardín Municipal N° 263 Tortuguitas	Villa Río Hondo	Río Hondo
Centro Educativo de Educ. para Adultos N° 177	Vinara	Río Hondo
Instituto San Isidro El Labrador	Vinara	Río Hondo
Escuela N° 867 Celestina Juárez De Ávila	Vinara	Río Hondo
Escuela N° 844	Yutu Yaco	Río Hondo

**Tabla 10.4.** Establecimientos educativos del departamento de Río Hondo.



**Figura 10.15.** Establecimientos educativos del área de estudio.

### **10.2.5 Cultura, Recreación y Deportes**

#### Cultura

Se relevaron los siguientes centros culturales y museos (Figura 10.16.):

- *CENTRO CULTURAL GENERAL SAN MARTÍN: Remodelado en 2014 y con una superficie de 7.200m<sup>2</sup>, el Centro Cultural Gral. San Martín alberga en la plata baja al auditorio "HOMERO*

MANZI”, que tiene una capacidad de 1.400 espectadores. En la planta alta el Centro Cultural cuenta con dos salas para 240 personas cada una y una sala para 120 personas.

- MUSEO PALEONTOLÓGICO "RINCÓN DE ATACAMA".
- MUSEO HISTORICO DE LA CIUDAD.
- MUSEO DE ARTES Y ARTESANIAS REGIONALES.
- MUSEO DE ARTE SACRO E IGLESIA SAN FRANCISCO SOLANO.



**Figura 9.16.** Centros culturales y templos en la zona de estudio.

### Recreación y Deportes

Los centros de recreación y deportes (Figura 10.17.) de la localidad son:

- **PARQUE MARTÍN MIGUEL DE GÜEMES:** Cuenta con piletas públicas de agua termal, un consultorio médico para orientación, instalaciones sanitarias, bar y confitería, senderos, asientos comunitarios, mesas de ajedrez, fuentes, bebederos y un moderno equipamiento lumínico para su iluminación.
- **RESERVA TARA INTI (Isla del Sol):** Se trata de una Isla de 25 hectáreas en el Río Dulce donde se conserva una gran diversidad de flora y fauna nativa, así como restos paleontológicos. Se accede a través de un puente desde la avenida Costanera.
- **LAGO DEL DIQUE:** Uno de los principales atractivos recreativos de la zona es el Dique Frontal que se encuentra a tan sólo 4 km de la ciudad de Las Termas de Río Hondo. Este espejo de agua de 33.000 has, resulta ideal para la práctica de deportes náuticos y la pesca del Dorado.
- **PARQUE DE AGUAS TERMALES:** Conocido también como Plaza de la Salud o La Olla. Son espacios públicos con piletas de aguas termales e instalaciones para el público en general.
- **AUTODROMO:** El autódromo provincial “Termas de Río Hondo” está ubicado a 6 Km del centro de la ciudad de Las Termas de Río Hondo en un predio de 150 hectáreas. Está preparado para

recibir a más de 60.000 espectadores. Dentro del predio del autódromo se encuentra el Museo del Automóvil inaugurado en 2012.

- **TERMAS GOLF CLUB:** Inaugurado en junio de 2018, Termas de Río Hondo Golf Club es el primer campo de golf público de nivel internacional en nuestro país. El campo se caracteriza por un diseño de vanguardia que contempló preservar el ecosistema nativo, integrando el diseño de la cancha a la flora y fauna de la región.



**Figura 10.17.** Centros de recreación y deportes de la Localidad de Las Termas de Río Hondo.

### 10.3 USOS DEL SUELO

En el departamento de Río Hondo, la economía está centrada en la actividad agrícola ganadera con la cría de caprinos, ovinos, bovinos y yeguarizos, además de la práctica del cultivo de soja, maíz, girasol alfalfa, algodón, cucurbitáceas (zapallo, sandía, melón) y hortalizas. Asimismo, la producción de carbón vegetal, la apicultura y la cestería son otras de las actividades extendidas en la zona.

Sin embargo, el caso específico de la localidad de Las Termas de Río Hondo y como consecuencia de la explotación de las aguas termales, la principal actividad productiva es el turismo tanto nacional como internacional

#### 10.3.1 Actividad Agrícola-Ganadera

La estructura productiva del departamento Río Hondo se asienta sobre la producción primaria, fundamentalmente sobre los sectores agrícola y ganaderos. Actualmente los únicos datos estadísticos del departamento Río Hondo con los que corresponden al CENSO Nacional agropecuario del 2002. Según este relevamiento existían a nivel de departamento, 427 explotaciones agropecuarias (EAPs), 300 con límites definidos y 127 sin límites definidos.

Las 300 EAPs con límites definidos se distribuían de la siguiente manera de acuerdo a una estratificación por superficie (Tablas 10.5. y 10.6.):

Estrato (Has)	hasta 10	10,1 – 50	50,1 – 100 Has	100,1 - 200	200,1 – 500	500,1-1000	mas 1000
<b>Cant EAPS</b>	168	75	29	14	9	1	4
<b>% de EAPS</b>	56%	25%	9,7%	4,7%	3%	0,3%	1,3%

**Tabla 10.5.** Cantidad y porcentaje de EAPs con límites definidos de acuerdo a una estratificación en has.

Estrato (Has)	hasta 10	10,1 – 50	50,1 – 100	100,1 - 200	200,1 – 500	500,1-1000	mas 1000
<b>Sup Ocup</b>	614,6Has	1.956 Has	2.252 Has	2.069,1 Has	2.677 Has	600 Has0	8.496 Has
<b>% Sup. Ocup</b>	3,3%	10,5%	12 %	11,1%	14,3%	3,2%	45,5%

**Tabla 10.6.** Superficie y porcentaje de EAPs con límites definidos de acuerdo a una estratificación en has.

De acuerdo a los datos relevados en 2002 el 81% de las EAPs tenían hasta 50 has, pero concentraban el 13,8% de la tierra. Sin embargo, las EAPs de más de 1.000 has que solamente representaban el 1,3% concentraban el 45,5% de la tierra.

Existen asimismo 127 EAPs **sin límites definidos** las cuales corresponden a sistemas productivos de pequeños productores, la misma categoría a la que pertenecen las 272 EAPS de menos de 100 has con límites definidos. Esto da, en el departamento Río Hondo, un total de 399 sistemas productivos de pequeños productores, es decir, el 93,4%. En el caso de los pequeños productores los sistemas productivos agrícola-ganaderos son diversificados.

Con respecto a la actividad ganadera, los datos corresponden al Censo Nacional Agropecuario de 2002 (Tabla 10.7.):

Ganado	Cantidad
Caprinos	15.502
Bovinos	4.775
Ovinos	2.568
Porcinos	1.801

**Tabla 10.7.** Existencias ganaderas por especie del dpto. Río Hondo (2002).

Debido a que los datos estadísticos más recientes corresponden al año 2002, y con el objetivo de lograr una actualización en la información, entrevistamos en el mes de marzo de 2018 a la Ing. Agr. Silvina Coronel del INTA Río Hondo, quien nos brindó los siguientes datos actualizados en referencia a la Actividad Productiva Agroganadera en el depto. de Río Hondo.

Según los trabajos estadísticos de 2008 y 2009 aportados por técnicos de INTA existen actualmente aproximadamente 200 familias de pequeños productores de ganado caprino que ocupan una superficie de 30 Has. cada una con una cantidad promedio de 40 cabras por majada y que no fueron censadas en 2002, por lo que deberían sumarse a la estadística anterior. La

producción caprina se realiza con sistemas de producción extensivos donde se produce esencialmente cabrito para carne.

La producción ganadera bovina se concentra en el sector Noreste del departamento. Dentro de la producción ganadera, si bien la de mayor importancia es la producción caprina, hay en esta zona productores ganaderos bovinos de diferentes escalas. Existen actualmente un total de 3.000 cabezas repartidas en todo el departamento. En su mayoría son productores mixtos, y esta actividad se suma a otras actividades agropecuarias.

La agricultura ocupa aproximadamente el 10% de la superficie departamental y se utiliza para la producción de cultivos extensivos de soja, maíz, sorgo y trigo, en su mayoría concentrados en el área Noroeste del departamento.

El cultivo de soja se localiza principalmente en el área de secano. En la última década ha experimentado un significativo crecimiento y constituyéndose en el principal cultivo de la provincia. El maíz es el tercer cultivo en importancia provincial. A comienzos de la década, el cultivo se repartía en proporciones similares entre áreas de riego y de secano. Sin embargo, en las últimas campañas se produjo una expansión del cultivo en secano aumentando la producción.

El cultivo de sorgo se desarrolla en forma conjunta con la ganadería, debido a su utilización como alimento para ganado. La producción se destina, en su mayor parte, al mercado interno para su uso como forraje.

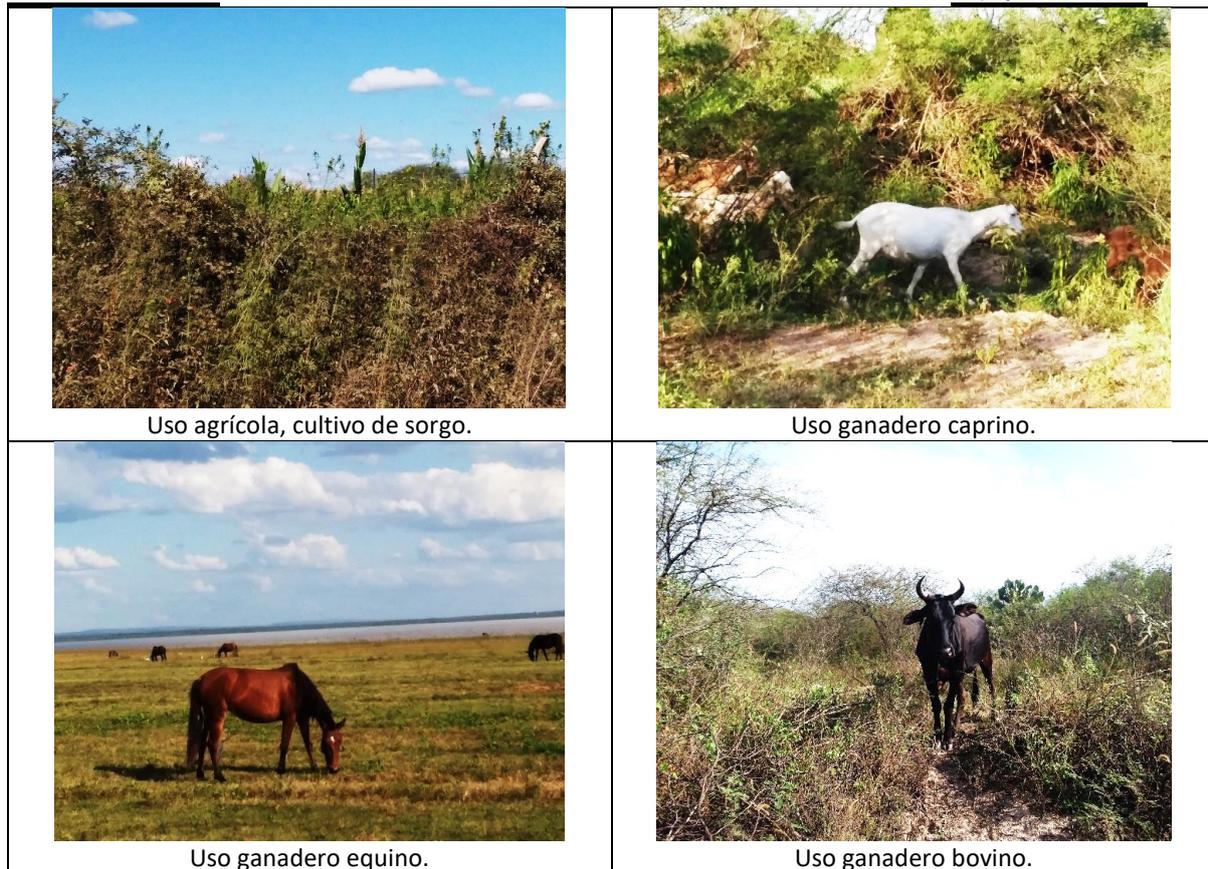
La producción hortícola para comercialización se lleva a cabo en el área de riego del Río Dulce con aprovechamiento de agua de pozos o en la periferia del lago. Actualmente hay un total de 90 familias de horticultores que cubren una superficie aproximada de 80 Has. Los principales cultivos son, entre otros, cucurbitáceas (zapallos, sandía y melón), verduras de hoja (lechuga, acelga, achicoria, rúcula, perejil) y en menor cantidad pimiento, cebolla, batata, tomate y maíz dulce. Normalmente, la producción se destina a los mercados locales. En la Figura 10.19. se pueden observar imágenes de las actividades mencionadas.



Uso Agrícola, cultivo de soja.



Uso agrícola, cultivo de maíz.



**Figura 10.19.** Uso agrícola ganadero del área de estudio.

### **10.3.2 Actividad Turística**

En la Localidad de Las Termas de Río Hondo el Turismo es la principal actividad económica teniendo en cuenta la explotación del recurso de aguas termales que allí se desarrolla. Actualmente la ciudad cuenta con una estructura hotelera y de servicios altamente desarrollada.

La ciudad de Las Termas de Río Hondo es el principal destino turístico de la provincia de Santiago del Estero, dado que es uno de los más grandes centros termales de Argentina por lo que el departamento de Río Hondo, donde se ubican las termas, concentra la mayor cantidad de plazas hoteleras de la provincia. Actualmente existen aproximadamente 140 establecimientos hoteleros y para-hoteleros en la ciudad y sus alrededores. La oferta y demanda hotelera se sintetiza según datos del INDEC (2017) (Tablas 10.8. y 10.9.) (Figura 10.20.).



**Figura 10.20.** Hoteles del área de estudio.

Indicadores seleccionados por tipo de establecimiento	En	Feb	Mar	Abr	Ma	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pernoctaciones	18,8	18,5	14,7	61,1	52,1	74,8	122,6	103,4	76,584	36,64	18,294	9,725
Residentes	18,7	18,2	14,72	55,0	52,0	74,7	121,8	100,8	76,46	36,07	18,215	9,578
No residentes	///	236	///	6,03	///	///	821	2,536	///	568	///	///
Viajeros	7,88	8,48	7,298	21,1	16,3	23,8	36,85	29,56	20,596	12,57	7,872	5,155
Residentes	7,82	8,38	7,271	19,3	16,2	23,8	36,56	29,41	20,545	12,28	7,824	5,078
No residentes	///	100	///	1,83	///	///	289	158	///	283	///	///
Duración de estadía promedio de los turistas (en días)	2,4	2,2	2,0	2,9	3,2	3,1	3,3	3,5	3,7	2,9	2,3	1,9
Residentes	2,4	2,2	2,0	2,8	3,2	3,1	3,3	3,4	3,7	2,9	2,3	1,9
No residentes	///	2,4	///	3,3	///	///	2,8	16,1	///	2,0	///	///

Tabla 10.8. Indicadores de ocupación hotelera por tipo de establecimiento y mes. Datos según INDEC 2017.

Oferta y Demanda Hotelera. Indicadores seleccionados por mes y tipo de establecimiento	En	Feb	Mar	Abr	Ma	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hoteleros	///	///	43	101	87	106	106	97	90	59	43	40
Para-hoteleros	///	///	6	31	27	27	35	35	29	9	6	6
Total		46	49	132	114	133	141	132	119	68	49	46
<b>Habitaciones o unidades disponibles</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Hoteleros	///	///	58.556	95.354	100.006	119.790	124.961	115.311	104.850	76.772	56.852	52.100
Para-hoteleros	///	///	4.991	8.915	13.206	12.480	14.663	14.663	12.142	8.326	4.892	5.066
Total	52.146	56.112	63.547	104.269	113.212	132.270	139.624	129.974	116.992	85.098	61.744	57.166
<b>Habitaciones o unidades ocupadas</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Hoteleros	///	///	7.991	26.987	22.910	35.217	53.099	46.462	34.080	16.794	9.218	6.096
Para-hoteleros	///	///	304	2.703	2.406	1.663	5.146	4.241	3.095	1.895	296	219
Total	9.731	9.960	8.295	29.690	25.316	36.880	58.245	50.703	37.175	18.689	9.514	6.315
<b>Plazas disponibles</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Hoteleros	///	///	131.260	216.442	228.469	273.810	285.479	262.319	239.160	174.498	128.296	116.857
Para-hoteleros	///	///	18.042	28.398	37.851	38.100	43.896	43.896	34.906	28.331	17.566	18.198
Total	124.607	130.788	149.302	244.840	266.320	311.910	329.375	306.215	274.066	202.829	145.862	135.055

<b>Plazas ocupadas</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Hoteleros	///	///	13.895	54.306	46.608	70.993	110.347	93.391	69.456	32.723	17.581	9.236
Para-hoteleros	///	///	878	6.800	5.513	3.837	12.283	10.039	7.128	3.921	713	489
<b>Total</b>	<b>18.804</b>	<b>18.521</b>	<b>14.773</b>	<b>61.106</b>	<b>52.121</b>	<b>74.830</b>	<b>122.630</b>	<b>103.430</b>	<b>76.584</b>	<b>36.644</b>	<b>18.294</b>	<b>9.725</b>
<b>Porcentaje de ocupación de las habitaciones o unidades</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Hoteleros	///	///	13,7	28,3	22,9	29,4	42,5	40,3	32,5	21,9	16,2	11,7
Para-hoteleros	///	///	6,1	30,3	18,2	13,3	35,1	28,9	25,5	22,8	6,1	4,3
<b>Total</b>	<b>18,7</b>	<b>17,8</b>	<b>13,1</b>	<b>28,5</b>	<b>22,4</b>	<b>27,9</b>	<b>41,7</b>	<b>39,0</b>	<b>31,8</b>	<b>22,0</b>	<b>15,4</b>	<b>11,1</b>
<b>Porcentaje de ocupación de plazas</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Hoteleros	///	///	10,6	25,1	20,4	25,9	38,7	35,6	29,0	18,8	13,7	7,9
Para-hoteleros	///	///	4,9	24,0	14,6	10,1	28,0	22,9	20,4	13,8	4,1	2,7
<b>Total</b>	<b>15,1</b>	<b>14,2</b>	<b>9,9</b>	<b>25,0</b>	<b>19,6</b>	<b>24,0</b>	<b>37,2</b>	<b>33,8</b>	<b>27,9</b>	<b>18,1</b>	<b>12,5</b>	<b>7,2</b>
<b>Viajeros</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Hoteleros	///	///	6.929	18.919	14.796	22.792	33.023	26.593	18.902	11.444	7.532	4.873
Para-hoteleros	///	///	369	2.256	1.542	1.098	3.832	2.975	1.694	1.126	340	282
<b>Total</b>	<b>7.883</b>	<b>8.489</b>	<b>7.298</b>	<b>21.175</b>	<b>16.338</b>	<b>23.890</b>	<b>36.855</b>	<b>29.568</b>	<b>20.596</b>	<b>12.570</b>	<b>7.872</b>	<b>5.155</b>
<b>Duración de estadía promedio de los turistas (en días)</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Hoteleros	///	///	2,0	2,9	3,2	3,1	3,3	3,5	3,7	2,9	2,3	1,9
Para-hoteleros	///	///	2,4	3,0	3,6	3,5	3,2	3,4	4,2	3,5	2,1	1,7
<b>Total</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>	<b>2,9</b>	<b>3,2</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>2,9</b>	<b>2,3</b>	<b>1,9</b>

**Tabla 10.9.** Oferta y Demanda Hotelera, Indicadores seleccionados por mes y tipo de establecimiento, Datos según INDEC 2017,

### **10.3.3 Otras Actividades Productivas**

#### **Producción de Carbón Vegetal**

Santiago del Estero es la segunda provincia productora de carbón después de Chaco, concentrando aproximadamente el 30% del total nacional. La producción provincial proviene del bosque nativo y se destina principalmente al consumo, situación que ha generado una gran deforestación en la zona. Actualmente la producción de carbón sólo puede realizarse a partir de procesos de desmonte con fines agrícolas o ganaderos. Esta disposición ha motivado la contracción de la actividad (Figura 10.21.).



**Figura 10.21.** Horno de carbón en el Paraje Chañar del Pozo de Arriba.

#### **Cestería Artesanal**

De gran trascendencia en la localidad de Las Termas de Río Hondo, la cestería genera un importante recurso económico para las familias. Las piezas confeccionadas son cestos, posa fuentes, costureros y canastas decoradas, que se fabrican a mano utilizando fibra vegetal de chala, paja brava, unquillo y cogollo de palma.

#### **Apicultura**

Aunque no se cuenta con salas de extracción registradas, existen en el depto. de Río Hondo más de 42 establecimientos inscriptos en el RENAPE. Cada establecimiento posee de 2 a 4 colmenas y tiene una producción artesanal de extracción casera de aproximadamente 3.500 kg.

## **11 SUSCEPTIBILIDAD Y PELIGROSIDAD POR INUNDACIONES**

En este capítulo se analizan las posibles amenazas naturales a la que está expuesta la población de Las Termas de Río Hondo y zonas aledañas. La amenaza o peligrosidad es el factor externo representado por la posibilidad de que ocurra un fenómeno o un evento adverso, en un momento, lugar específico, con una magnitud determinada y que podría ocasionar daños a las personas, a la propiedad; la pérdida de medios de vida; trastornos sociales, económicos y ambientales. En el caso de la zona de estudio, debido a que se encuentra en una zona de llanura de baja pendiente, las únicas amenazas identificadas fueron las inundaciones y los sismos. Los sismos son tratados en el capítulo de neotectónica específicamente. En este capítulo se evalúan la susceptibilidad por inundaciones, por un lado, es decir se definen cuáles son los sectores más propensos a sufrir inundaciones y, por otro lado, la peligrosidad por inundaciones, es decir la probabilidad de que ocurra este proceso en un determinado sector para un determinado tiempo por desbordes del río Dulce.

Para el cálculo de la susceptibilidad se trabajó con la metodología propuesta por Fernández y Lutz (2010) que se basa en la determinación de aquellas zonas que serían potencialmente inundables en caso de que se produzcan intensas precipitaciones que generen desbordes en los ríos, arroyos y/o canales o por anegamiento en zonas bajas como consecuencia del ascenso del nivel freático. Esta metodología trabaja con 5 parámetros para la determinación de las áreas más propensas a sufrir inundaciones que son: altura, pendiente, profundidad de la freática, distancia a los cursos de agua y tipos de uso de los suelos. Estas capas de información son luego superpuestas y ponderadas para obtener un mapa de susceptibilidad de inundación final con cinco clases: no susceptible, baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad, alta susceptibilidad y muy alta susceptibilidad.

Para el cálculo de la peligrosidad por desbordes del río Dulce se trabajó con los datos de caudales máximos diarios erogados por el embalse Río Hondo para el período 2002-2017. Estos datos fueron brindados por la empresa Hidroeléctrica Río Hondo S.A. quien tiene a cargo el manejo del embalse. A partir de esta información se calcularon los caudales máximos que se podrían erogar para períodos de recurrencia de 50, 100 y 500 años. Con estos datos se confeccionó un modelo 2-D de peligro de inundación para esos períodos de recurrencia con el software HEC-RAS del cuerpo de ingenieros del ejército de Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, 2016).

### **11.1 Antecedentes Históricos de Inundaciones**

De acuerdo al plan de emergencia por inundaciones de la Municipalidad de Las Termas de Río Hondo, los barrios que se encuentran bajo amenaza por desborde del río Dulce, otros afluentes, o por colapso parcial y/o total de las obras del dique frontal del embalse Río Hondo son los

barrios: Galeano, Toro Yacu, Villa Nueva, Agua Santa, 25 de Mayo, España, Los Fierros, Villa Balnearia y zonas aledañas al río Dulce (Figura 11.1).



**Figura 11.1.** Imagen tomada del catastro digital de Las Termas de Río Hondo en donde se muestran los barrios inundables.

De los barrios previamente citados, algunos se encuentran en peligro de inundación como consecuencia del desborde de cursos de agua intermitentes durante eventos de precipitaciones muy intensos (barrios Galeano, España, Toro Yacu, La Palúdica, Agua Santa y Los Fierros), mientras que otros se encuentran en peligro de inundación como consecuencia del desborde del río Dulce por caudales excepcionales. En este último caso, como las cuencas de aporte del embalse se hallan en la provincia de Tucumán el aumento del caudal del río Dulce no se relaciona con las precipitaciones locales sino con el aporte de ríos tucumanos como el Salí, Gastona, Chico y Marapa.

De acuerdo a informes periódicos, el 3 de marzo de 2017 se produjeron precipitaciones intensas en Las Termas de Río Hondo que originaron el desborde del arroyo Chujchala afectando 20 viviendas del barrio Galeano y 15 del barrio Villa Nueva. Durante la visita al barrio Galeano en noviembre de 2017 se pudo observar algunas consecuencias que dejó la inundación en las casas que se encuentran a metros del arroyo (Figura 11.2.), esta inundación sólo generó daños

económicos a la población ya que el agua no habría superado los 60 cm de profundidad dentro de las casas afectadas. El 29 de enero de 2018, se volvieron a producir anegamientos en las zonas de los barrios bajos como Agua Santa como consecuencia de una lluvia con una intensidad de 30 mm/24 hs.



**Figura 11.2.** a. Ubicación de las casas del barrio Galeano con respecto al cauce del arroyo Chujchala. b. Foto en donde se observa la altura a la que llegó el agua de desborde indicada por las flechas.

En cuanto a inundaciones provocadas por el desborde del río Dulce, el último gran evento que se produjo fue el día 4 de abril de 2017 como consecuencia de las intensas precipitaciones que se dieron en las cuencas de aporte de las provincias de Tucumán y Catamarca. En esa fecha el dique Frontal erogó 1586,81 m<sup>3</sup>/seg (caudal erogado por vertedero: 843,19 m<sup>3</sup>/seg, por descargadores de fondo: 537,24 m<sup>3</sup>/seg, caudal turbinado: 86,38 m<sup>3</sup>/seg y caudal derivado para riego: 120 m<sup>3</sup>/seg). Este caudal erogado ocasionó que el río Dulce desborde en su margen izquierda a la altura del puente de la ruta nacional N° 9, inundando el camping, calles internas y parte del predio ferial (Figura 11.3.). También debieron ser evacuadas por seguridad familias que vivían del lado de Villa Balnearia. De acuerdo a los datos de Hidroeléctrica Río Hondo S.A., en los últimos 35 años se han registrado situaciones similares, aunque con caudales erogados algo más bajos, en los años 1981 (caudal total erogado: 1410 m<sup>3</sup>/seg), 1984 (caudal total erogado: 1446 m<sup>3</sup>/seg), 2000 (caudal total erogado: 1396 m<sup>3</sup>/seg) y 2007 (caudal total erogado: 1186 m<sup>3</sup>/seg), donde el Embalse de Río Hondo actuó como regulador, tal como estuvo previsto en el diseño y en las normas de operación.



**Figura 11.3.** Fotografías tomadas de publicaciones periódicas durante los días del evento de inundación del año 2017. **a.** Vista aguas abajo del dique Frontal en donde se muestra el estado del río. **b.** Pasarela de acceso a la reserva natural "Tara Inti" afectada por la inundación. **c.** Sector del predio ferial inundado por el desborde del río Dulce. **d.** Sector de los campings con calles anegadas por el desborde del río Dulce.

## 11.2 Mapa de Susceptibilidad por Inundaciones

El proceso de urbanización de los territorios y sus efectos hidrológicos son ampliamente conocidos. Durante este proceso la cobertura vegetal natural es reemplazada por las edificaciones y vías de comunicación que generan la impermeabilización de los suelos. Este cambio físico genera una disminución en la tasa de infiltración y una baja en la capacidad de retención del agua por parte de los suelos, así como también el re-direccionamiento del rumbo de los flujos de escurrimiento principales. Para evaluar la extensión espacial de las áreas potencialmente inundables el modelo que se adoptó trabaja con las cinco variables citadas previamente. Estas variables fueron seleccionadas en base a su relevancia con respecto a la susceptibilidad por inundaciones y adaptadas a las características del área e información primaria de base que había de la zona. La relevancia de las variables y su clasificación se describen a continuación:

### **11.2.1 Distancia a los Cursos de Agua o Canales de Drenaje**

La distancia a las redes de drenaje tiene una gran importancia en el mapeo de inundación de zonas urbanas. De acuerdo a los registros de eventos de inundación de la Municipalidad de Las Termas de Río Hondo, los mismos tuvieron lugar en barrios ubicados cerca de la traza de los cursos de agua o de canales. La capa fue creada utilizando una herramienta multibuffer identificando áreas a distintas distancias de los cuerpos de agua. Los intervalos de distancias utilizados fueron: < 50 metros, 50-100 metros, 100-200 metros y > 200 metros.

### **11.2.2 Modelo de Elevación**

Para la capa de altura se elaboró un modelo de elevación del terreno en base a datos de altura provenientes del sensor Alos Palsar con un tamaño de celda de 12,5 metros. Esta variable tiene gran importancia en el control de la dirección del flujo de escurrimiento del agua y en la profundidad del agua freática. Para esta capa se computó como las zonas más seguras en relación a las inundaciones, aquellas que se encuentran por arriba de los 310 m s.n.m. Los otros intervalos de alturas utilizados fueron entre 310 y 300 m s.n.m., 300-290 m s.n.m., 290-280 m s.n.m. y < 280 m s.n.m.

### **11.2.3 Pendientes**

La pendiente del terreno es otro factor importante al evaluar las zonas inundables ya que tiene gran influencia en la dirección y velocidad del escurrimiento. Las zonas de pendientes más bajas tienden a acumular agua y permanecer anegadas durante períodos prolongados. En general el área presenta bajos gradientes de pendiente y los mismos fueron clasificados de la siguiente manera: > 1,5 %, 1-1,5 %, 1-0,5 % y < 0,5 %.

### **11.2.4 Profundidad del Nivel Freático**

La capacidad de infiltración de agua en los suelos puede verse afectada por la presencia de un nivel freático poco profundo. En áreas con niveles freáticos casi superficiales los suelos se saturan rápidamente con las primeras lluvias y no permiten que continúen infiltrando por lo que generan problemas de anegamiento. Para la determinación de esta variable se trabajó con información del nivel freático en diferentes puntos de la ciudad de Las Termas de Río Hondo brindados por el municipio (40 puntos en total) y con la elaboración de un modelo de distancia vertical a los niveles de base de la freática que son los cursos de agua y que se obtuvo a partir del modelo digital de elevaciones. Los intervalos de profundidad tenidos en cuenta fueron: > 3 m, 2-3 m, 1-2 m y < 0,5 m.

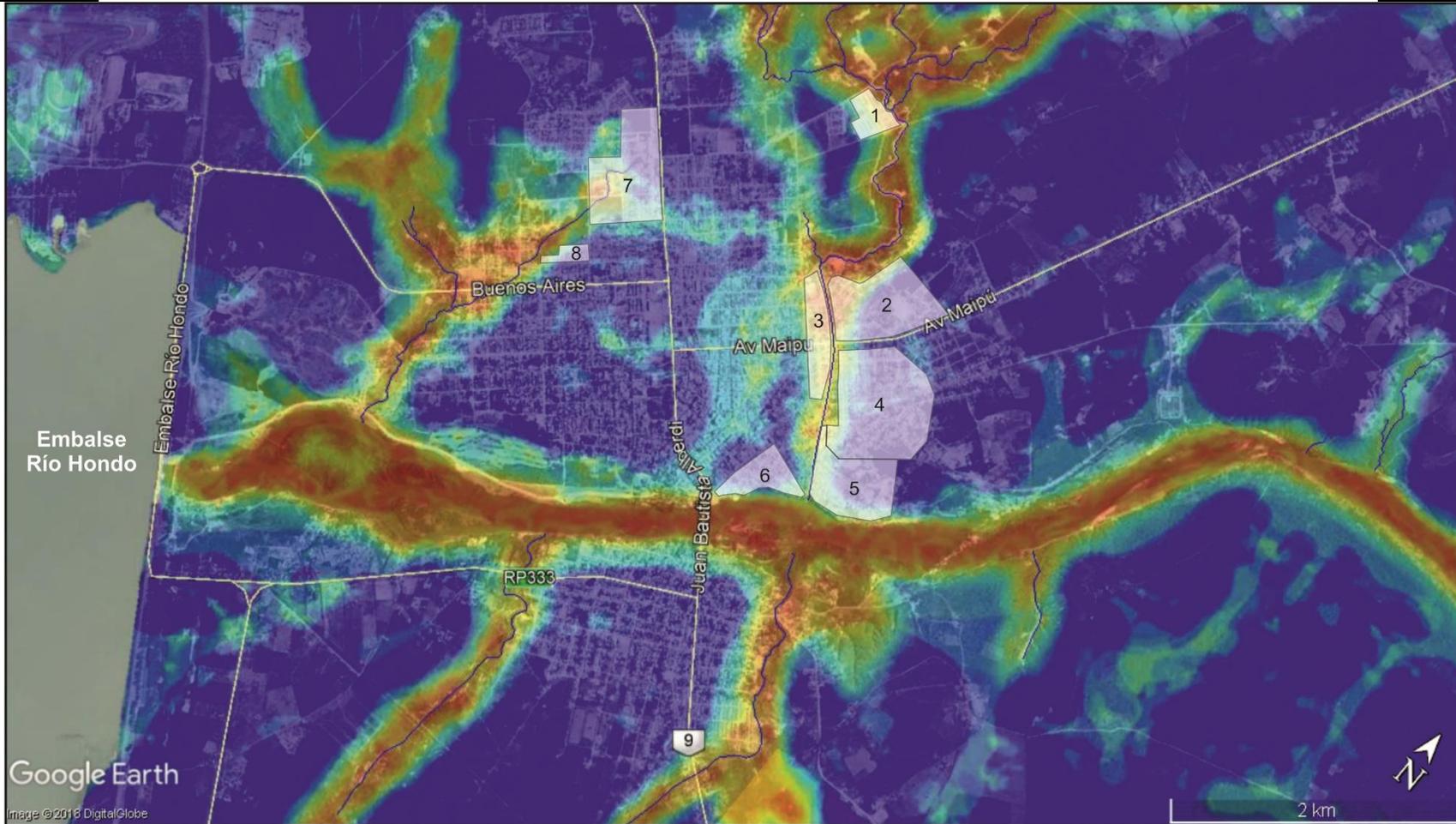
### **11.2.5 Usos del Suelo**

La capa de usos del suelo fue obtenida a partir de interpretación de imágenes satelitales Spot 6 del 01/05/2016 con una combinación de bandas 3-4-2 y tamaño de pixel de 1,5 metros. El área fue dividida de acuerdo a los siguientes usos teniendo en cuenta su influencia en la impermeabilización de los suelos: Uso comercial e industrial, uso residencial con lotes hasta 400 m<sup>2</sup>, uso residencial con lotes mayores a 400 m<sup>2</sup>, usos varios (aeropuerto, autódromo, campo de golf, parques, etc.) y uso agrícola-ganadero.

La metodología seguida obtiene el mapa final de susceptibilidad por inundaciones mediante una suma ponderada de las distintas variables (Figura 11.4.). Para ello se deben asignar valores a cada una de las clases de cada variable y luego pesos a cada variable. En la Tabla 11.1 se muestran los valores y pesos asignados para el análisis.

Capas o variables	Pesos	Clases	Valores
Distancia a los cursos de agua o canales de drenaje	0,413	> 200 m	0,050
		100 - 200 m	0,154
		50 - 100 m	0,283
		< 50 m	0,513
Modelo de elevación del área de estudio	0,109	> 310 m	0,017
		310 - 300 m	0,030
		300 - 290 m	0,164
		290 - 280 m	0,279
		< 280 m	0,508
Pendientes del área	0,206	> 1,5 %	0,049
		1 - 1,5 %	0,156
		0,5 - 1 %	0,295
		< 0,5 %	0,499
Profundidad del nivel freático	0,206	> 3 m	0,050
		2 - 3 m	0,154
		1 - 2 m	0,283
		< 1 m	0,513
Uso del Suelo	0,065	Agrícola-ganadero	
		Usos varios	0,035
		Uso residencial con lotes < 400 m <sup>2</sup>	0,051
		Uso residencial con lotes > 400 m <sup>2</sup>	0,154
		Comercial e industrial	0,244
		0,517	

**Tabla 11.1.** Valores y pesos tenidos en cuenta para cada variable en el modelo.



**Figura 11.4.** Zonación de susceptibilidad por inundación en la ciudad de Las Termas de Río Hondo y zonas aledañas. Se observan superpuestos los barrios (polígonos en blanco) que tienen registro de inundaciones para poder apreciar su vinculación con las áreas de distinta susceptibilidad obtenidas por el modelo.

### 11.3 Modelo de Peligrosidad por Inundaciones del Río Dulce

Para la ejecución del modelo de peligrosidad por inundación del río Dulce dentro del área de estudio se trabajó con la topografía brindada por el modelo digital de elevaciones generado a partir del sensor Alos Palsar y con los datos hidrológicos históricos brindados por Hidroeléctrica Río Hondo S.A. Para el cálculo de las crecidas se realizó un análisis estadístico de los caudales máximos diarios erogados por el dique Frontal entre el 2002 y el 2017. Para esto se seleccionaron los 10 caudales máximos diarios registrados en cada año para esa serie temporal y luego se procedió a calcular la media y la desviación estándar de esos valores. En la Tabla 11.2 se muestran los parámetros estadísticos descriptivos de dicho análisis.

Variable	N	Media	Desv. Estandar	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Caudales máximos diarios (m <sup>3</sup> /seg)	160	527,8	371,8	98,8	146,3	483,0	819,5	1720,3

**Tabla 11.2.** Parámetros estadísticos calculados a partir de los caudales máximos diarios erogados por el dique Frontal para el período 2002-2017.

Una vez obtenida la media y desviación estándar se calcularon los caudales máximos para los períodos de recurrencia de 50, 100 y 500 años, mediante la fórmula de la ley de Gumbel. Los caudales extremos calculados para esos períodos de retorno fueron 1538 m<sup>3</sup>/seg, 1750 m<sup>3</sup>/seg y 2238 m<sup>3</sup>/seg respectivamente. Luego se procedió a trabajar en la geometría de cauce elaborada mediante 19 perfiles transversales que se trazaron sobre el modelo digital de altura. Para las condiciones iniciales o de borde se planteó un modelo mixto donde se considera que el flujo está en condiciones normales con una pendiente media de cauce para la sección aguas abajo, en el caso del perfil de flujo subcrítico, y para la sección aguas arriba, en el caso del perfil supercrítico, se trabajó con la altura crítica de cauce.

El modelo permite obtener tanto información numérica como gráfica. Algunos de los datos que se obtienen para cada perfil transversal trazado son: altura máxima que alcanzaría el agua de acuerdo a distintos caudales erogados por el dique, velocidad media que alcanzaría la corriente en esos sectores, área que ocuparía el agua y ancho máximo. En la Tabla 11.3 se observan los resultados obtenidos para algunos de los perfiles transversales analizados.

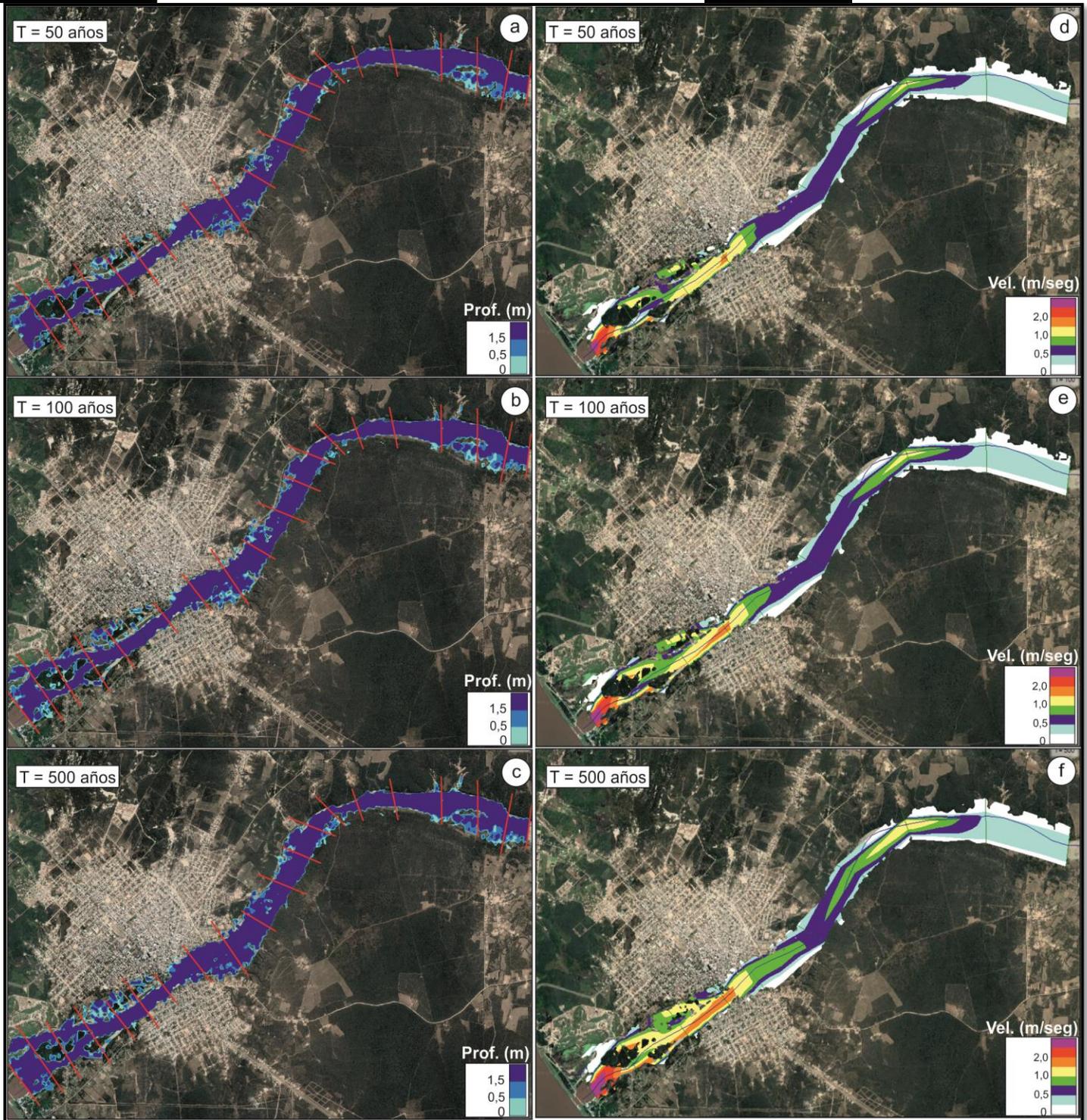
Perfil	Recurrencia	Q total (m <sup>3</sup> /seg)	Elev. mín. del canal (m)	Elev. superf. del agua (m)	Vel. corriente (m/seg)	Área de flujo (m <sup>2</sup> )	Ancho Máximo
1	50	1538	274	277,79	2,74	562,28	226,12
	100	1750	274	278,01	2,86	612,26	300,94
	500	2238	274	278,45	3,10	749,58	324,24
3	50	1538	275	279,47	1,27	1213,14	409,34
	100	1750	275	279,82	1,29	1361,38	426,27
	500	2238	275	280,39	1,39	1613,23	456,98
5	50	1538	274	279,94	0,73	2109,60	475,12

Perfil	Recurrencia	Q total (m <sup>3</sup> /seg)	Elev. mín. del canal (m)	Elev. superf. del agua (m)	Vel. corriente (m/seg)	Área de flujo (m <sup>2</sup> )	Ancho Máximo
	100	1750	274	280,31	0,76	2313,89	564,68
	500	2238	274	280,93	0,84	2669,35	597,13
7	50	1538	272	280,06	0,59	2589,31	561,13
	100	1750	272	280,44	0,62	2805,41	570,14
	500	2238	272	281,07	0,71	3171,16	602,28
9	50	1538	270	280,20	0,33	5106,62	821,66
	100	1750	270	280,59	0,36	5428,04	828,64
	500	2238	270	281,25	0,42	5979,63	840,23
10	50	1538	270	280,20	0,30	5737,17	779,67
	100	1750	270	280,60	0,32	6041,59	779,67
	500	2238	270	281,26	0,38	6558,94	779,67

**Tabla 11.3.** Ejemplos de datos obtenidos para algunos de los perfiles transversales realizados a lo largo del río.

A partir de las salidas gráficas en 2D del modelo utilizado se pudo establecer los sectores del área de estudio que podrían verse afectados por el desborde del río Dulce para los tres períodos de recurrencia calculados (Figuras 11.5 a, b, c). En esta figura se puede apreciar también las diferencias en las velocidades medias en los distintos tramos del río de acuerdo al caudal de diseño (Figuras 11.5 d, e, f). Tanto la profundidad del agua como la velocidad de la corriente son parámetros que a medida que aumentan generan mayor peligro para la población y la infraestructura. En general hay consenso que para inundaciones con profundidades > 1 m y velocidades superiores a 1 m/seg son consideradas como de alta intensidad y que los daños causados por las mismas van a presentar altos costos en vidas humanas y para la economía.

Las zonas de peligrosidad alta son aquellas que pueden ser alcanzadas por inundaciones con un período de recurrencia de 50 años, es decir, que tienen una probabilidad del 2% de que puedan ocurrir en cualquier año. Abarca principalmente el lecho de inundación extraordinario del río y los sectores de terrazas bajas. En esta zona las inundaciones pueden tener una velocidad elevada de concentración de caudales. Las zonas de peligrosidad moderada son aquellas que pueden ser alcanzadas por inundaciones con un período de recurrencia entre 50 a 100 años, es decir, que tienen una probabilidad entre el 1 al 2% de que puedan ocurrir en cualquier año. Esta zona se extiende principalmente sobre las terrazas bajas del río, aunque los calados (profundidad del agua) y velocidades suelen ser inferiores. Las zonas de peligrosidad baja son aquellas que pueden ser alcanzadas por inundaciones con un período de recurrencia entre 100 a 500 años, es decir, que tienen una probabilidad entre el 0,5 al 1% de que puedan ocurrir en cualquier año. Esta zona puede extenderse geomorfológicamente hasta parte del segundo nivel de terraza. Los calados y velocidades suelen ser bajos, pero pueden ocasionar importantes pérdidas económicas.



**Figura 11.5.** Salidas del modelo para el cálculo de profundidades, a la izquierda, para los períodos de recurrencia de 50 (a), 100 (b) y 500 años (c). A la derecha se observan los resultados para el cálculo de velocidades medias para los períodos de recurrencia de 50 (d), 100 (e) y 500 años (f).

Durante las salidas de campo se pudo observar la presencia de numerosas viviendas, sobre la margen derecha del río Dulce, y de construcciones turísticas que se encuentran dentro de las zonas de alta y moderada peligrosidad por inundación. En las Figuras 11.6a y b. se observan dos sectores que se encuentran dentro de la zona de alta peligrosidad, campings y predio ferial respectivamente, que fueron inundados el 4 de abril de 2017. Ese día el dique El Frontal erogó  $1.466 \text{ m}^3/\text{seg}$ , caudal erogado total menos el desviado para riego, al río Dulce de acuerdo a los registros de la empresa. Este valor se sitúa muy cerca del caudal calculado para una recurrencia de 100 años que fue de  $1538 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Otros sectores que tuvieron que ser evacuados durante ese evento son las casas ubicadas sobre la terraza baja del río tanto en el sector de Villa Balnearia, margen derecha del río, aguas arriba del puente sobre la ruta nacional N° 9 (Figura 11.6c.), como sobre la margen izquierda, aguas abajo del puente de la ruta nacional N° 9, a la altura de la ciudad de Las Termas de Río Hondo (Figura 11.6d.).



**Figura 11.6.a.** Ubicación del camping con respecto al río Dulce. **b.** Ubicación del predio ferial con respecto al río. **c.** Casas construidas sobre el primer nivel de terraza fluvial en la zona de Villa Balnearia. **d.** Casas precarias que ocupan sectores de la terraza fluvial sobre la margen izquierda del río Dulce.

Las zonas definidas como de peligrosidad alta deberían funcionar a los fines del ordenamiento territorial como zonas de prohibición, no apta para la instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. En el caso que ya existan áreas edificadas, deberían ser reubicadas a

largo plazo, o protegidas con obras de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal.

En las zonas definidas como de peligrosidad moderada, se puede permitir la expansión y densificación de asentamientos humanos, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo y normas de construcción apropiados. Construcciones existentes que no cumplan con las reglas y normas deben ser reforzadas, protegidas o desalojadas y reubicadas.

Las zonas de peligrosidad baja son aptas para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la existencia de amenazas moderadas y poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante éstas.

En la Figura 11.7. se puede observar la zonificación de peligrosidad realizada para un sector del área de estudio, zona de la ciudad de Termas de Río Hondo y Villa Balnearia, que permite tener un panorama de las áreas bajo peligro de inundación a la cual se agregó los límites de hasta donde llegaría una inundación en caso de rotura de la presa. Estos límites fueron determinados por la empresa Hidroeléctrica Río Hondo S.A.

Como la zonificación es el resultado de un modelo hidrológico, presenta un grado de incertidumbre en sus resultados y debe ser tomado sólo como indicativo. Es por ello, que resultaría útil fijar una cota mínima del terreno que brinde un margen de seguridad en cuanto a la definición de áreas inundables. A partir del análisis del modelo y de datos históricos, la cota considerada como segura podría ubicarse entre 256 y 258 m s.n.m., aunque para una definición de mayor exactitud se debería contar con relevamiento topográfico de alta precisión.



REFERENCIAS

-  Peligrosidad Alta (recurrencia 50 años)
-  Peligrosidad Moderada (recurrencia 50-100 años)
-  Peligrosidad Baja (recurrencia 100-500 años)

 Límite del área de inundación en caso de rotura de la presa (Hidroeléctrica Río Hondo S.A.)

Figura 11.7. Zonificación de la peligrosidad por inundación en el sector altamente urbanizado del área de estudio.



## **12 EVALUACIÓN DE APTITUD PARA LA URBANIZACIÓN**

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 1985) la vocación de la tierra puede definirse como “la aptitud de un tipo dado de tierra para un tipo de uso específico de la tierra”. Así, la aptitud, o vocación, de un terreno se refiere al nivel de adecuación de un determinado territorio para alguna actividad considerando las características naturales del terreno. El análisis de aptitud es parte del proceso de planificación del desarrollo regional y local, porque el resultado de este análisis generará el destino del uso de tierras. La utilización efectiva y sustentable del territorio involucra combinar las condiciones naturales de un sitio con los requerimientos específicos e impactos potenciales de los diferentes usos de la tierra.

El análisis territorial (también conocido como diagnóstico territorial), que es donde se focaliza la primera parte del presente informe, se orienta a comprender el funcionamiento de los sistemas naturales, su incidencia en los procesos económico-sociales, culturales y ambientales y las repercusiones territoriales de los mismos. En tal sentido incluye la caracterización del medio físico, las características de los ecosistemas, el análisis de los usos del suelo y la ocupación del territorio.

El objetivo del presente estudio es realizar una evaluación de la aptitud del territorio municipal para el crecimiento urbano. A partir de la información generada previamente y como insumo básico para la elaboración de planes y políticas de desarrollo urbano, se ha realizado un Mapa de Aptitud para la Urbanización para el área de Las Termas de Río Hondo sobre la base de la consideración cuali-cuantitativa de una serie de aspectos relevantes. Los factores tomados en cuenta son:

1. Profundidad del acuífero freático
2. Peligro de inundación fluvial/pluvial
3. Salinidad de los suelos
4. Clasificación geotécnica de los suelos
5. Geoformas
6. Unidades fisonómicas de vegetación actual
7. Infraestructura de servicios

Se elaboraron mapas temáticos para cada uno de los siete (7) factores. En el caso del mapa correspondiente al factor "profundidad del acuífero freático", se trabajó con el modelo digital de terreno para obtener la distancia vertical en metros hasta el nivel de base de la napa que son los cursos de agua. Luego esos valores fueron ajustados con datos obtenidos en el campo de la profundidad de la freática.

En el caso de los factores 2 a 5 los mapas utilizados fueron los de los capítulos del presente informe correspondientes a geomorfología, suelos y aspectos geotécnicos.

Para la obtención del mapa de unidades fisonómicas de vegetación actual (factor 6), se utilizaron las propiedades que caracterizan el paisaje desde el marco teórico de la Ecología del Paisaje, por ser ésta una disciplina integradora de las condiciones biofísicas y de uso en un territorio y que además permite cuantificar patrones y procesos en un ecosistema. Estas variables, identificadas desde las unidades fisonómicas de vegetación actual, aportan información sobre las distintas características y variabilidad dentro de cada polígono identificado en la cartografía. Éstas son:

- **Naturalidad:** es un concepto que se opone a la artificialidad del lugar y por tanto tiene que ver con el estado de conservación del ecosistema. La artificialidad evalúa el grado de transformación de un espacio natural. Es un indicador del estado prístino. Se considera que cuanto más artificializado esté el espacio natural, mayor va a ser la fragilidad de las áreas naturales remanentes, ya que deberán soportar presiones cada vez mayores. Esta idea va muy ligada también al concepto de integridad ecológica que se define como la habilidad de mantener equilibrado el conjunto de todos los elementos abióticos (agua, rocas, etc.) y bióticos (especies y comunidades biológicas) que constituyen el ecosistema y los procesos que allí tienen lugar (Karr, 1996). La integridad de un ecosistema hace que esté presente cierto nivel de resiliencia (dependiendo del tipo de ecosistema que se trate) ante los disturbios ambientales (Munro *et. al.*, 2010). Esta variable se analizó en cinco rangos que son: alta, sub-natural, semi-natural, baja, muy baja/nula, estableciendo para cada una las características dominantes.
- **Singularidad:** Se refiere a la presencia de ambientes no habituales o poco presentes en el área total de estudio. Se identifican como sitios de gran valor ecológico, generalmente asociados con servicios ecosistémicos específicos o de alto valor para la fauna (sitios de nidificación, alimentación o cría, etc.). Esta variable se analizó en cinco rangos que son: muy alta, alta, media, baja y nula, estableciendo para cada una las características dominantes (Muñoz Criado *et. al.*, 2010).
- **Conectividad:** Se define como la posibilidad de conexión tanto física como funcional de ambientes o unidades fisonómicas. A mayor conectividad espacial mayores posibilidades de conservación de especies, hábitats y paisajes. Cuando mayor es el grado de antropización de los ambientes, mayores son los signos de fragmentación y la pérdida o retracción de ecosistemas. En paisajes fragmentados son importantes los sectores que conectan los parches con algún grado de naturalidad, pues permiten la dispersión de individuos y de esta forma su conservación. Conceptualmente, los parches aislados muestran una tendencia hacia la pérdida de coberturas naturales, pues existen procesos de erosión ecológica que los debilitan hasta eliminarlos. En la conectividad tienen preferencia los parches de vegetación nativa con mayor ocupación

territorial y mayor conectividad con corredores ecológicos. Esta variable se analizó en cinco rangos que son: muy alta, alta, media, baja y nula, estableciendo para cada una las características dominantes (Mikel Gurrutxaga San Vicente, 2003; Feria Toribio y Ramos, 2009).

Desde la perspectiva de la infraestructura de servicios (factor 7) se tuvieron en cuenta cuatro variables consideradas esenciales para el desarrollo de áreas urbanas. Para determinar las zonas con mayor, media, menor y nula aptitud para el crecimiento, los cuatro factores considerados fueron:

- Agua
- Accesos viales
- Energía (electricidad/ gas)
- Servicios Básicos (salud/educación)

A su vez, para cada una de los factores analizados se ha realizado una clasificación en base a sus características (Tablas 12.1., 12.2. y 12.3.). Las combinaciones de estos 7 factores determinaron las limitantes que puede presentar un territorio para usos Urbanos de “Alta densidad”, “Moderada densidad” y “Baja densidad” siguiendo la metodología propuesta por el Departamento de Ambiente, Cambio Climático y Agua del estado de Nueva Gales del Sur, Australia (DECCW, 2010) y que fue adaptada para las características biofísicas del área de estudio.

El uso urbano de alta densidad se refiere a desarrollos comerciales de alta densidad de uso del suelo (edificios comerciales, edificios de departamentos, estacionamientos) y su infraestructura asociada. El uso urbano de moderada densidad se refiere a desarrollos residenciales (barrios), hoteles medianos y su infraestructura asociada. El uso urbano de baja densidad se refiere a desarrollos comerciales de baja densidad de uso del suelo con áreas verdes significativas como eco-hoteles, cabañas, instalaciones comunitarias (campings, clubes, áreas recreativas, etc.) y su infraestructura asociada. De esta forma, cuanto más limitantes presente una región para un uso urbano de determinada densidad menor será la aptitud del terreno para ese uso.

La superposición de los tres mapas de limitantes para los usos urbanos de diferentes densidades (Figuras 12.1. a 12.3.) permitió la obtención de un mapa de aptitud para la urbanización preliminar. El cálculo de la mayor o menor aptitud se realiza a partir de la suma de los valores obtenidos en los tres mapas de limitantes. Los valores de estos mapas varían de 1 a 5, correspondiendo a 1 al que no tiene restricciones para su uso y 5 para aquellos sectores que tienen restricciones muy altas. En función de los puntajes asignados y la suma de los mismos, se obtuvieron cinco clases de aptitud a la urbanización (Tabla 12.4.):

- **Clase I:** Terreno no apto para la urbanización,
- **Clase II:** Terrenos de aptitud baja con severas restricciones,
- **Clase III:** Terrenos de aptitud media con moderadas restricciones,
- **Clase IV:** Terrenos con aptitud alta con ligeras restricciones y
- **Clase V:** Terrenos de aptitud alta sin restricciones.

Por último, el mapa de aptitud para la urbanización preliminar obtenido a partir de las limitantes del terreno, fue ajustado en base a los datos tomados en el campo y teniendo en cuenta aquellos sectores que presentan un valor ecológico elevado debido a los servicios ecosistémicos que brindan con el criterio de preservarlos (Figura 12.4.). De esta manera, se obtuvo un mapa de aptitud final en el cual se realiza una zonificación del territorio en función de su mayor o menor aptitud frente a una futura expansión de la urbanización, teniendo en cuenta la necesidad de controlar el desarrollo urbano y la localización espacial del mismo ante las demandas sociales, las restricciones naturales, el uso sustentable de los recursos naturales y la conservación de la naturaleza.

Los sectores clasificados como **Clase I**, que figuran en color rojo dentro del mapa, constituyen terrenos no aptos para urbanizar y deberían ser respetados. Esto no implica que no se puedan realizar estudios más detallados a escalas locales como para poder discernir si dentro de estas áreas es posible realizar algún tipo de uso de bajo impacto y que no implique un riesgo para la ciudadanía.

En los sectores clasificados como **Clase II**, aptitud baja con severas restricciones (color naranja), no se deberían planificar usos urbanos de alta o moderada densidad. Estos sectores presentan severas restricciones y sólo permitirían un uso urbano de baja densidad con un estudio de detalle previo.

Los terrenos de **Clase III**, aptitud media (color amarillo), no se encuentran imposibilitados para su loteo o su ocupación, pero implica que la utilización de los mismos estará supeditada a estudios específicos de acuerdo a la limitante que sea más importante. Estos estudios dependerán de las intenciones y objetivos de los propietarios particulares y de la política que al respecto se trace desde la Municipalidad de Las Termas de Río Hondo.

Los terrenos **Clase IV y V** (colores azul y verde) son aquellos que no tienen prácticamente limitantes y por lo tanto son aptos para usos urbanos de cualquier densidad. Dentro de la gestión territorial del municipio, ésta clase de terrenos deberían tener prioridad a la hora de planificar la expansión urbana.

Atributo	Clase 1 (sin restricciones)	Clase 2 (restricciones bajas)	Clase 3 (restricciones moderadas)	Clase 4 (restricciones altas)	Clase 5 (restricciones muy altas)
Nivel Freático (cm)	> 400	200 - 400	150-200	100-150	< 100
Peligro de inundación fluvial/pluvial	Sin Peligro	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Salinidad de los suelos (C.E: dS/m)	< 1	1-2	2-4	> 4	> 20
Clasificación geotécnica del suelo	Todas las otras	CL	ML-MH-CH	OL-OH	Pt
Geoformas	Relieve ondulado y planicie eólica	Relieve ondulado y planicie eólica	Planicie deprimida	Perilago	Barras y Terrazas fluviales, Vías de escurrimiento, Bajos salinos
Unidades fisonómicas de vegetación actual	Urbano Rural	Arbolado urbano Cultivos	Bosque alterado con conectividad baja y nula. Peladales	Relictos de bosques Bosque alterado con conectividad alta y media	Bosques Humedales Corredores biológicos Bosques y humedales
Infraestructura de servicios	Disponibilidad de provisión de agua, gas y electricidad. Accesos, servicios básicos (educación y salud).	Disponibilidad de provisión de agua, gas y electricidad. Accesos.	Disponibilidad de provisión de agua. Accesos.	Disponibilidad de provisión de agua.	-

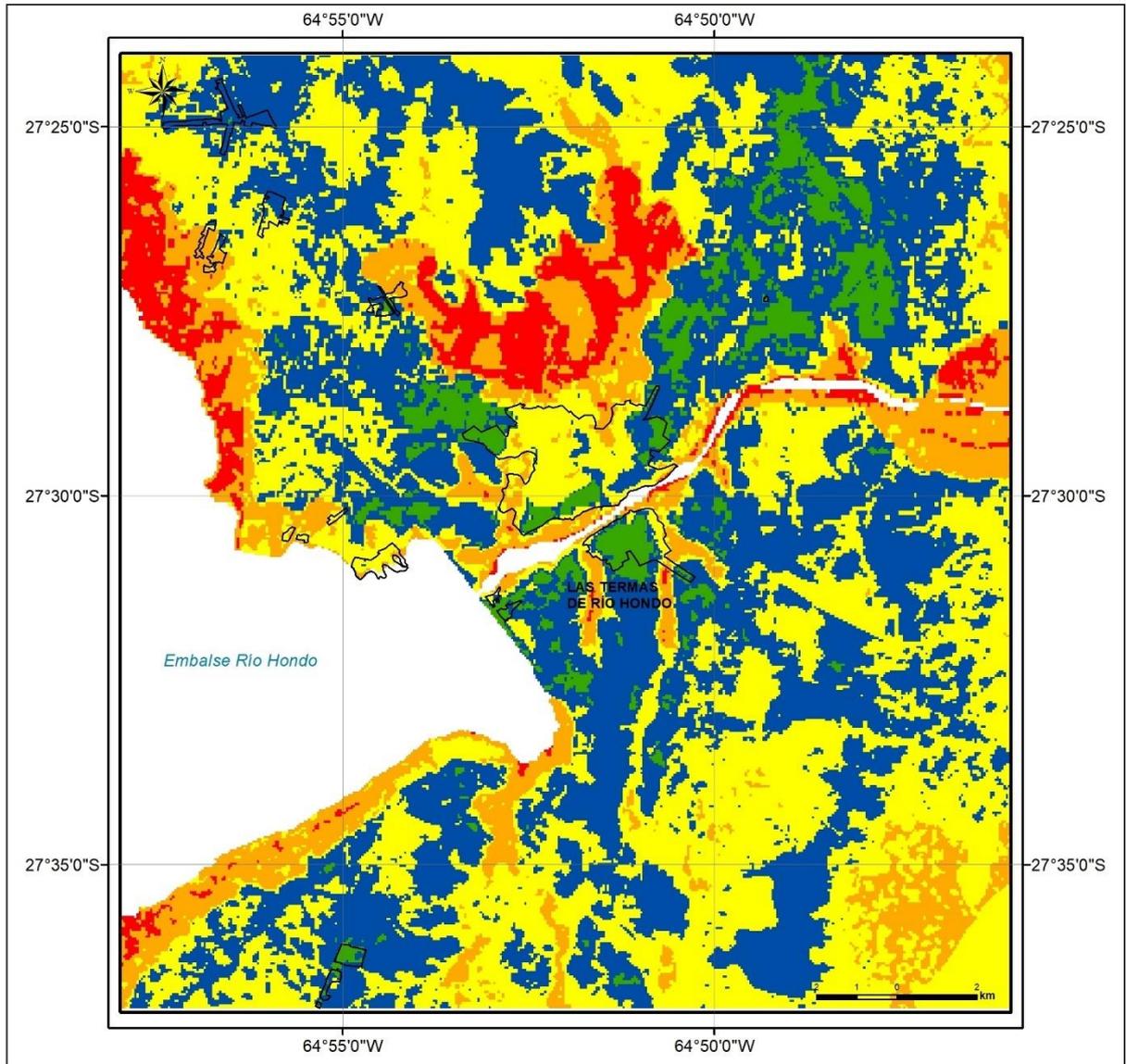
**Tabla 12.1.** Características de los diferentes factores tenidas en cuenta para el estudio de las limitantes para uso urbano de alta densidad. Este uso se refiere a desarrollos comerciales de alta densidad (edificios comerciales, departamentos, estacionamientos) y su infraestructura asociada (calles, rutas de acceso, tendido eléctrico, etc.).

Atributo	Clase 1 (sin limitantes)	Clase 2 (restricciones bajas)	Clase 3 (restricciones moderadas)	Clase 4 (restricciones altas)	Clase 5 (restricciones muy altas)
Nivel Freático (cm)	> 200	150-200	120-150	90-120	< 90
Peligro de inundación fluvial/pluvial	Sin Peligro	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Salinidad de los suelos (C.E: dS/m)	< 2	2-4	4-10	10-20	> 20
Clasificación geotécnica del suelo	Todas las otras	CL	ML-MH-CH	OL-OH	Pt
Geoformas	Relieve ondulado y planicie eólica	Relieve ondulado y planicie eólica	Planicie deprimida	Perilago	Barras y Terrazas fluviales, Vías de escurrimiento, Bajos salinos
Unidades fisonómicas de vegetación actual	Urbano Rural	Arbolado urbano Cultivos	Bosque alterado Peladales	Bosques naturalidad baja Relictos de bosques naturalidad baja y muy baja o nula Bosques y humedales con naturalidad baja	Bosques naturalidad semi-natural Humedales Relictos de bosques naturalidad sub-natural y semi natural Corredores biológicos Bosques y humedales naturalidad sub-natural y semi-natural
Infraestructura de servicios	Disponibilidad de provisión de agua, gas y electricidad. Accesos, servicios básicos (educación y salud).	Disponibilidad de provisión de agua, gas y electricidad. Accesos.	Disponibilidad de provisión de agua. Accesos.	Disponibilidad de provisión de agua.	-

**Tabla 12.2.** Características de los diferentes factores tenidas en cuenta para el estudio de las limitantes para uso urbano de moderada densidad. Este uso se refiere a desarrollos residenciales, hoteles medianos y su infraestructura asociada (calles, rutas de acceso, tendido eléctrico, etc.).

Atributo	Clase 1 (sin limitantes)	Clase 2 (restricciones bajas)	Clase 3 (restricciones moderadas)	Clase 4 (restricciones altas)	Clase 5 (restricciones muy altas)
Nivel Freático (cm)	> 200	150-200	120-150	90-120	< 90
Peligro de inundación fluvial/pluvial	Sin Peligro	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Salinidad de los suelos (C.E: dS/m)	< 0,1	0,1-2	2-4	2-4	> 4
Clasificación geotécnica del suelo	Todas las otras	CL	ML-MH-CH	OL-OH	Pt
Geoformas	Relieve ondulado y planicie eólica	Relieve ondulado y planicie eólica	Planicie deprimida Perilago	Terraza alta	Barras y Terraza baja, Vías de escurrimiento, Bajos salinos
Unidades fisonómicas de vegetación actual	Urbano Rural	Arbolado urbano Cultivos	Bosque alterado Peladales	Bosques naturalidad baja Relictos de bosques Bosques y humedales Corredores biológicos	Bosques naturalidad semi-natural Humedales
Infraestructura de servicios	Disponibilidad de provisión de agua, gas y electricidad. Accesos.	Disponibilidad de provisión de agua. Accesos.	Disponibilidad de provisión de agua. Accesos.	Disponibilidad de provisión de agua.	-

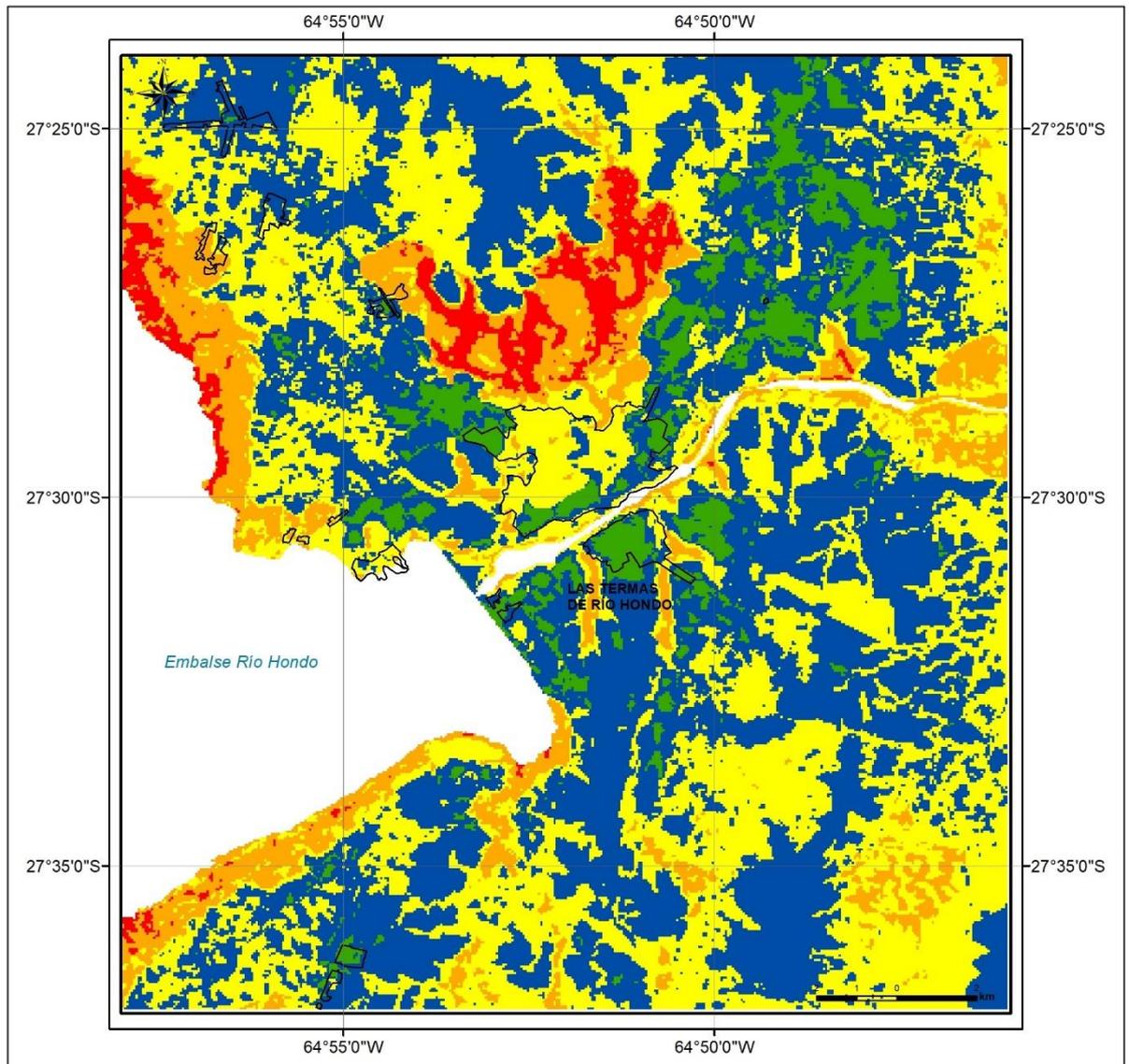
**Tabla 12.3.** Características de los diferentes factores tenidas en cuenta para el estudio de las limitantes para uso urbano de baja densidad. Este uso se refiere a desarrollos comerciales como eco-hoteles, cabañas, instalaciones comunitarias (campings, clubes, áreas recreativas), estacionamientos y su infraestructura asociada (calles, rutas de acceso, tendido eléctrico, etc.).



**LIMITANTES PARA USO URBANO PARA ALTA DENSIDAD**

 Restricción Muy Alta  Restricción Alta  Restricción Moderada  Restricción Baja  Sin Restricción

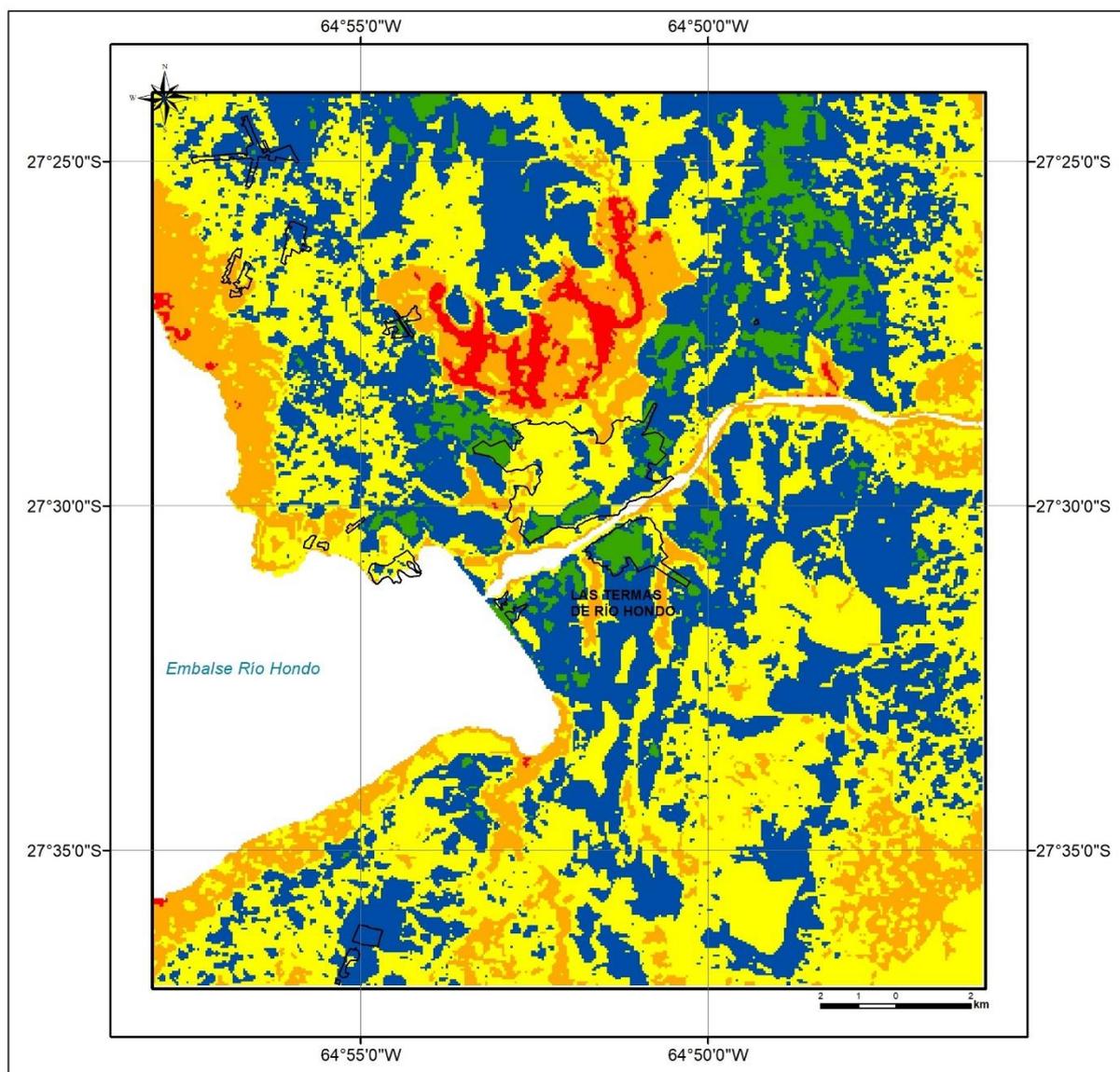
**Figura 12.1.** Mapa con zonas limitantes para uso urbano de alta densidad.



**LIMITANTES PARA USO URBANO PARA MODERADA DENSIDAD**

■ Restricción Muy Alta  
 ■ Restricción Alta  
 ■ Restricción Moderada  
 ■ Restricción Baja  
 ■ Sin Restricción

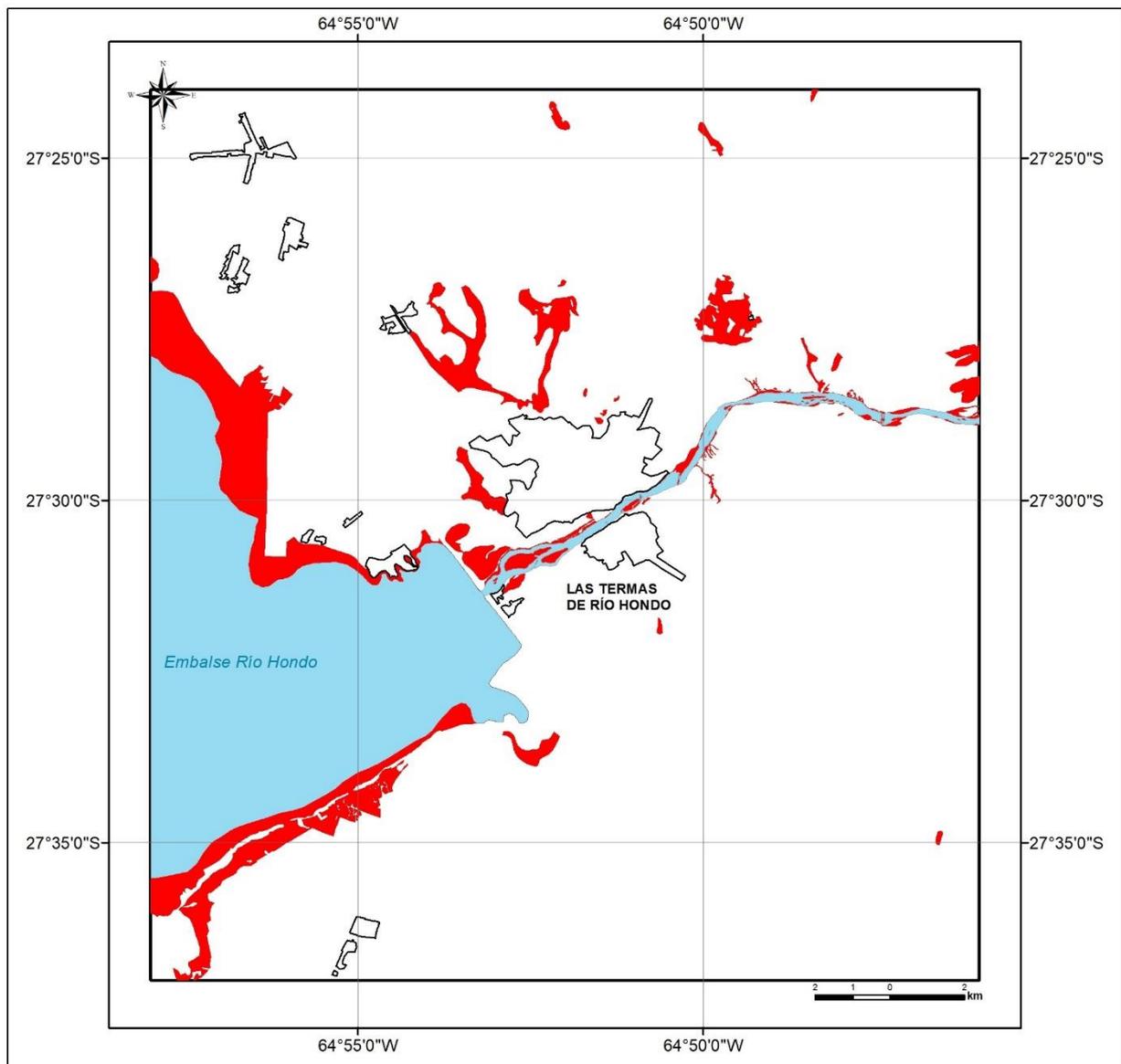
**Figura 12.2.** Mapa con zonas limitantes para uso urbano de moderada densidad.



**LIMITANTES PARA USO URBANO PARA BAJA DENSIDAD**

- Restricción Muy Alta
- Restricción Alta
- Restricción Moderada
- Restricción Baja
- Sin Restricción

**Figura 12.3.** Mapa con zonas limitantes para uso urbano de baja densidad.



**APTITUD PARA URBANIZAR SEGÚN CRITERIOS ECOLÓGICOS**

 No Aptos

**Figura 12.4.** Mapa con zonas no aptas para urbanizar según criterios ecológicos.

	Uso Urbano Alta Densidad	Uso Urbano Moderada Densidad	Uso Urbano Baja Densidad	Valor Total	Clases de Terreno	Aptitud
Grado de Limitación	Muy Alta (5)	Muy Alta (5)	Muy Alta (5)	15	<b>I</b>	<b>No Apto</b>
	Muy Alta (5)	Muy Alta (5)	Alta (4)	14		
	Muy Alta (5)	Alta (4)	Alta (4)	13		
	Alta (4)	Alta (4)	Alta (4)	12	<b>II</b>	<b>Aptitud baja con severas restricciones</b>
	Alta (4)	Alta (4)	Moderada (3)	11		
	Alta (4)	Moderada (3)	Moderada (3)	10		
	Moderada (3)	Moderada (3)	Moderada (3)	9	<b>III</b>	<b>Aptitud media con moderadas restricciones</b>
	Moderada (3)	Moderada (3)	Baja (2)	8		
	Moderada (3)	Baja (2)	Baja (2)	7		
	Baja (2)	Baja (2)	Baja (2)	6	<b>IV</b>	<b>Aptitud alta con ligeras restricciones</b>
	Baja (2)	Baja (2)	Sin Limitaciones (1)	5		
	Baja (2)	Sin Limitaciones (1)	Sin Limitaciones (1)	4		
	Sin Limitaciones (1)	Sin Limitaciones (1)	Sin Limitaciones (1)	3	<b>V</b>	<b>Aptitud alta sin restricciones</b>

**Tabla 12.4.** Criterios seguidos para la determinación de las clases de aptitud para la urbanización en base a la superposición de los mapas de limitantes para usos urbanos de distinta densidad.

## **13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **13.1 Conclusiones Generales**

La región estudiada en este informe presenta un relieve llano a suavemente ondulado, tanto al Norte como al Sur, y un sector central topográficamente deprimido caracterizado por la presencia de zonas con suelos salinos y a donde confluyen los arroyos de régimen hídrico intermitente que son afluentes del principal curso de agua de la región que es el río Dulce.

Las unidades geomorfológicas que presentan las mejores posibilidades para ser utilizadas en un futuro como sectores de expansión urbana, son la planicie eólica con control estructural y la superficie estructural ondulada. En estas unidades tienen lugar las clases de aptitud IV y V que corresponden a terrenos de alta aptitud para la urbanización sin restricciones o con ligeras restricciones. Aproximadamente 20.000 hectáreas (50 % del área relevada) corresponden a este tipo de terrenos. Esto implica que el municipio de Las Termas de Río Hondo pueda expandir sus áreas urbanas hacia sectores aptos desde el punto de vista biofísico sin generar mayores alteraciones naturales, ni aumentar la vulnerabilidad de los pobladores ante amenazas naturales. En contraposición, la unidad geomorfológica de planicie aluvial es la que presenta las peores posibilidades para ser utilizadas para la expansión urbana. Particularmente los bajos salinos, las vías de avenamiento menores y las terrazas fluviales del río Dulce mostraron clases de aptitud I y II, es decir que se trata de terrenos no aptos para la urbanización o que presentan severas restricciones y que su uso debería ser muy limitado y con estudios de detalle previos. En las geoformas denominadas como planicie deprimida y perilago los terrenos presentan clases de aptitud para la urbanización que varía de I (no apto) a III (aptitud media con moderadas restricciones). Estas geoformas se ubican rodeando el embalse Río Hondo y constituyen áreas de gran fragilidad ambiental. En el área del perilago del embalse se debe tener especial cuidado en el tipo de uso que se planea realizar; en esta área confluyen una serie de factores ambientales que generan restricciones importantes para la urbanización como ser: nivel freático superficial, suelos de comportamiento geomecánico malo a moderado y presencia de vegetación de alto valor ecológico.

Los depósitos limosos de edad Holocena y origen eólico que recubren casi por completo la mayor parte del área de estudio, incluyendo gran parte del ejido urbano, conforman la unidad geotécnica con mayor representación. Esta unidad incluye suelos limosos poco densos y de baja plasticidad. El nivel freático presenta gran variabilidad vertical y zonal. El comportamiento geomecánico de esta unidad es de malo a regular, con capacidades de carga bajas, y pudiendo aparecer asientos significativos derivados de sus limitaciones por colapsabilidad. En este sentido, para caracterizar la peligrosidad por colapsabilidad de estos suelos, se recomienda la realización de ensayos de colapso como parte integrante de los estudios geotécnicos a realizar previamente a cualquier proyecto de edificación. En caso de confirmación, se recomiendan emplear criterios para anular el ingreso de agua al suelo y eliminar la colapsabilidad mediante el mejoramiento de su estructura inestable, o en comportamientos extremos, evitar emplearlo como terreno de fundación directa, pudiendo buscar niveles inferiores con comportamientos geomecánicos superiores.

Los depósitos limosos de edad Holocena y origen eólico que han sufrido alteración in-situ marcada por la presencia de niveles freáticos superficiales conforman una segunda unidad geotécnica. Se

extiende de forma circundante al embalse Río Hondo y en el centro-septentrional del área de estudio, englobando parte del cuadrante noroccidental del ejido urbano. Esta unidad incluye suelos limo-arcillosos subsaturados moderadamente compactos y plásticos. El nivel freático se encuentra a escasa profundidad y hasta de forma superficial, llegando a ser frecuente la saturación estacional del suelo en superficie. El comportamiento geomecánico de esta unidad es malo, con capacidades de carga en general bajas, y pudiendo aparecer asientos significativos. Se tratan de suelos pre-consolidados por desecación. Los principales problemas geotécnicos estarán ligados a sus características hidrológicas (existencia de agua a nivel de la cimentación, fenómenos de arrastre, etc.) y a sus características plásticas.

Los depósitos arenosos de edad Holocena y origen fluvial asociados al río Dulce conforman una tercera Unidad Geotécnica. Esta unidad incluye suelos arenosos flojos y no plásticos. El nivel freático se localiza a escasas profundidades y hasta muy próximo a la superficie. El comportamiento geomecánico de esta unidad es bueno, con capacidades de carga medias y asientos no significativos, produciéndose normalmente durante la fase de construcción.

La última unidad geotécnica incluye los únicos materiales consolidados, de diferentes competencias mecánicas y edad Pliocena, que afloran en el área de estudio. Se extiende de forma lineal a lo largo de ambos márgenes del río Dulce y de forma puntual en las barrancas de algunos cursos tributarios. Hacia los límites Norte y Sur de la zona de estudio, estos materiales se encuentran cubiertos por depósitos eólicos con potencias de poca magnitud. Dentro de esta unidad no se reconocen niveles acuíferos a escasa profundidad. El comportamiento geomecánico es de regular a bueno, con capacidades de carga medias y asientos en general despreciables, siempre y cuando se refiera a roca sana. En este sentido, se deben evitar las rocas tobáceas, de consistencias blandas y deleznales, como terrenos de fundación directa o próxima. Los problemas geotécnicos asociados son los asientos de pequeña magnitud puntuales a causa de las variaciones de competencias mecánicas de los materiales y los desprendimientos de bloques rocosos en ubicaciones de borde.

La localidad de las Termas de Río Hondo presenta un uso exhaustivo del recurso hídrico subterráneo, se estima que en su ejido contiene alrededor de 10.000 perforaciones que explotan el acuífero termal Plioceno a profundidades de entre 50 y 250 m. El nivel freático se analizó a partir de datos antiguos. Se reconoció un sector de niveles freáticos someros entre las calles España y Maipú en su intersección con J. B. Alberdi y José Martí. Los niveles se encuentran entre los 0,35 y 4 m de profundidad con pendiente que acompaña en general a la topografía desde las zonas más elevadas en dirección al río Dulce.

Las aguas de todas las perforaciones resulto ser químicamente no apta para consumo humano, debido contenidos de Arsénico, Flúor y Boro y salinidades (cloruros y/o sulfatos) que sobrepasan la norma del Código Alimentario Argentino. Según los análisis efectuados, se registró un sector en el casco céntrico que presenta salinización en perforaciones profundas de uso termal recreativo, con registros de conductividad eléctrica que llegan a los 21.000 $\mu$ S/cm. Se delimitó un sector de salinización y otro con alto riesgo de salinización; no se registra salinización de magnitud para perforaciones profundas por fuera de este sector.

Según los datos de distribución de conductividad, la salinización de las perforaciones céntricas no estaría espacialmente relacionada con la “perforación N° 12” de la escuela N° 761 Rafael Obligado.

La sismicidad instrumental e histórica ( $M < 7$ ) reportada en el área no ha sido asociada a ninguna ruptura superficial. Se ha vinculado el terremoto de Santiago del Estero de 1817 con deformaciones secundarias, procesos de licuefacción ocurridos, en la zona Norte de la ciudad homónima. La zona presenta un riesgo sísmico reducido a moderado sin embargo las deformaciones cuaternarias y neógenas descriptas nos llevan a sospechar un potencial sismogénico mayor que el considerado actualmente.

Las unidades fisonómicas de vegetación actual relevadas, presentan un predominio de ambientes boscosos con distintos niveles de conservación. Las coberturas nativas constituyen el 74% de las unidades de paisaje, distribuidas en unidades de bosques, relictos y bosques alterados, humedales y el mosaico bosques y humedales. El 26% del área restante está ocupada por unidades de uso, donde se desarrollan usos urbanos, rurales y, en forma predominante, cultivos. Los datos sobre análisis del paisaje indican que las unidades más conservadas de bosque xerófilo junto con los humedales, integrados por la unidad homónima y el mosaico bosques y humedales, conforman los sitios con menor nivel de fragmentación, por lo que deben tener una consideración especial en los planes de ordenamiento a implementar en el área. Esta condición, junto con los importantes servicios ambientales que sostienen, establecen la necesidad de preservación y mantenimiento de sus funciones como filtros naturales, reguladores hídricos, hábitat de fauna y sitios de reproducción y alimentación de fauna, como así también por su contribución a la mejora de la calidad de vida y recreación en la población.

Consecuentemente sería necesario establecer un plan consensuado con los diferentes actores sociales para dirigir y controlar la futura expansión urbana sobre la base de los resultados y recomendaciones que se desprenden del presente estudio, así como de otros preexistentes.

Desde el punto de vista de las amenazas naturales, el proceso más importante es el de inundación. La expansión de las zonas residenciales hacia sectores aledaños a los cursos de agua menores (arroyos) que descienden hacia el río Dulce, hacen que el riesgo derivado de este proceso aumente debido a que una mayor cantidad de personas y edificaciones estarán más expuestas. Por otro lado, se debe tener muy en cuenta las crecidas del río Dulce como consecuencia de grandes erogaciones de caudal del dique que, en los últimos años, debido a una mayor incidencia de lluvias extraordinarias en las cuencas de aporte, pueden generar inundaciones en las áreas ubicadas sobre las terrazas del río. El modelo de inundación que se presenta en el Capítulo 11 debe ser tomado como indicativo y el municipio debería determinar una cota de terreno segura a partir de un estudio topográfico de detalle.

### **13.2 Recomendaciones Específicas**

- Realizar un censo y registro de perforaciones sistemático, para contar de parte del estado con una primera aproximación a la realidad del uso del recurso. Clasificar a los usuarios, entre usuarios domiciliarios y grandes usuarios, de acuerdo a los volúmenes aproximados utilizados.

- Establecer medidas de registro y control de caudales utilizados por grandes usuarios (a través de la instalación de caudalímetros totalizadores en las perforaciones), a fin de contar con datos de volúmenes y registros de uso. Limitar de manera coherente y paulatina el uso del recurso.
- Implementar el reúso de las aguas de vaciado piletas, por tratarse de aguas en buenas condiciones (a excepción de la proveniente de perforaciones muy salinizadas) puede ser utilizada para riego o para aguas de servicios, como baños, limpieza, etc.
- Limitar la construcción de nuevas perforaciones en las áreas de riesgo de salinización. Esta medida, al igual que las dos anteriores, se recomienda sea aplicada con rigurosidad en la zona con salinización efectiva y de ser posible también en el área con alto riesgo de salinización. Las instalaciones de grandes complejos hoteleros deben restringirse en este sector.
- Acondicionar las perforaciones de grandes usuarios para que sea posible la medición de niveles piezométricos. Exigir la realización de monitoreos en las perforaciones: medición periódica de niveles, temperaturas, análisis químicos y caudales.
- Lograr el abastecimiento eficiente y completo por parte de la red de agua a toda localidad. A fin de minimizar la utilización de perforaciones para uso doméstico.
- Realizar tareas de capacitación a perforistas. Exigir a los mismos que las nuevas perforaciones las realicen de acuerdo a normas estándar en perforaciones.
- Exigir la presentación de perfiles de perforación con datos sobre litología, capas acuíferas, temperatura y análisis químicos.
- Una vez obtenidos datos, en densidad suficiente, y por un lapso temporal adecuado, se deben realizar nuevos estudios que permitirán conocer de manera acabada el medio acuífero explotado.
- Capacitar a la población sobre la problemática del uso del agua en la localidad y la importancia del cuidado y respeto hacia el recurso en el que se basa la economía local.
- Se recomienda la implementación del MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE GESTION DEL AGUA surgido del Estudio 1.EE.725. "APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL RECURSO TERMAL Y DE LAS AGUAS DEL RÍO DULCE PARA LAS TERMAS DE RÍO HONDO Y SU REGIÓN DE INFLUENCIA EN LA CUENCA SALÍ DULCE" (Merlo, 2017). Principalmente su sección II- Manual de Buenas Prácticas Ambientales.
- El sector de la costanera del río Dulce, en su margen izquierda, posee un grado de peligrosidad elevado lo que desaconseja totalmente su ocupación residencial u hotelera. Las actividades que se están llevando a cabo hasta el momento en ese sector son del tipo de esparcimiento (campings, bares y parques acuáticos) y deberían tener un sistema de alerta temprana ante erogaciones de caudales extraordinarios durante el período estival.
- En el caso del predio ferial, cuyos galpones se ubican inmediatamente aguas abajo del puente de la ruta nacional N° 9, se encuentra en una posición que puede ser afectado por inundaciones cuyas recurrencias van de 50 a 100 años de acuerdo al modelo realizado en este trabajo. En este caso se debería plantear la posibilidad de su re-ubicación hacia sectores más elevados y de menor susceptibilidad ante las inundaciones.
- Las casas localizadas sobre el primer nivel de terraza del río Dulce deberían ser relocalizadas debido a que se encuentran en zonas de muy alta peligrosidad por inundaciones. Debe contemplarse no ocasionar perjuicios adicionales sociales y económicos a la población afectada, atendiendo, desde la comunidad en su conjunto, a la compensación de los pobladores reubicados.

- Una vez reubicada la población deben encararse acciones tendientes a la estabilización de las barrancas mediante la revegetación con especies autóctonas típicas de la ribera fluvial.
- Se deberían realizar obras de protección contra inundaciones en el barrio Galeano ubicado a la vera del arroyo Chujchala. El barrio fue construido en sectores que ocupan parte de la planicie de inundación del arroyo y que fueron mapeadas como de muy alta susceptibilidad por inundación en este trabajo. Durante la visita realizada al lugar se pudo constatar que el cauce principal del arroyo se encuentra colmatado de sedimento y con gran cantidad de residuos. Esto ocasiona que la distancia vertical entre el fondo del cauce y la barranca sea menor a 1 metro por lo cual cuando se producen lluvias intensas en la región, este arroyo puede desbordar con relativa facilidad afectando a las casas más cercanas.
- Ralizar un periódico mantenimiento en la zona del entubamiento del A° Chujchala en inmediaciones de la Av. San Martín, a fin de evitar el taponamiento con residuos del inicio del canal entubado.
- Otro caso similar al anterior se pudo observar en la planicie aluvial del arroyo Los Fierros en donde existe una ocupación incipiente de casas precarias. En este sector se debería prohibir la construcción de barrios y casas debido a su alta peligrosidad por inundaciones. Además, en los sectores más deprimidos se pudo observar la presencia del nivel freático casi en superficie lo que impide el drenaje natural de los suelos generando condiciones de anegabilidad.
- Realización de estudios geotécnicos específicos a cada proyecto de edificación que concluyan con los valores acotados de capacidades de carga y asientos del terreno, los niveles y los tipos de fundación recomendados y la evaluación de la necesidad de técnicas sismo-resistentes en sus estructuras, así como el resto de recomendaciones en cada caso en particular. En este sentido, en proyectos edificatorios sobre suelos no consolidados fundamentalmente limosos, geotécnicamente meta-estables, se recomienda además la evaluación de la susceptibilidad a la colapsabilidad de estos suelos mediante ensayos de colapso. En proyectos edificatorios sobre suelos no consolidados fundamentalmente arenosos saturados, con presencia de niveles freáticos sub-superficiales y condiciones de drenaje malas, se recomienda además la evaluación de la susceptibilidad a la licuefacción de estos suelos mediante técnicas específicas a partir de ensayos de penetración ante la probabilidad de ocurrencia de sismos con magnitud igual o superior a 5,5, aceleraciones superiores o iguales a 0,2 g y epicentros cercanos a la localidad.
- Realizar estudios paleosismológicos que permitan alargar el corto registro cronológico proporcionado por la sismicidad histórica e instrumental. A partir de estos estudios, en caso de ser exitosos, se pueden definir las fuentes sismogénicas, y todo lo que ello implica, conocer la tasa de desplazamiento, la edad de último movimiento, la magnitud y el intervalo de recurrencia de cada una de las estructuras estudiadas.
- Garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes con respecto a las construcciones sismo-resistentes. Particularidad que debe ser incorporada también a los planes de Defensa Civil. En el mismo sentido, realizar un relevamiento de las edificaciones existentes como información de base para cuantificar la vulnerabilidad de las mismas ante la ocurrencia de eventos sísmicos con epicentro cercano a la ciudad de Las Termas de Río Hondo.
- Es importante implementar estrategias de comunicación con la población que promuevan la protección de sitios con alto valor ecológico evitando las posibles intervenciones antrópicas que tiendan a degradar los ecosistemas en mejor estado de conservación. Se valoran especialmente

las intervenciones educativas con la comunidad docente local, como posibles multiplicadoras del conocimiento ambiental y la promoción de los principios de la sustentabilidad.

## **14 FUENTES CONSULTADAS**

- AGRONOMÍA INFORMA, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. [https://www.agro.uba.ar/noticias/files/ot\\_de\\_bosques\\_nativos\\_-\\_agustina\\_collazo.pdf](https://www.agro.uba.ar/noticias/files/ot_de_bosques_nativos_-_agustina_collazo.pdf)
- AGUAS DE SANTIAGO S.A., Coords.: PAZ ZABALIA, S. y SODERO, A. (inédito). Estudio de Impacto Ambiental. Obra: Red Cloacal y la Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales, Termas de Río Hondo, Provincia de Santiago del Estero.
- AUDITORIA GENERAL DE LA NACION - Informe sobre el Programa de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Municipios Turísticos, Subprograma 2, Período Auditado 01/01/10 A 01/07/13.
- AVES ARGENTINAS. <https://www.avesargentinas.org.ar/>
- BATTAGLIA, A., 1982. Descripción Geológica de las Hojas 13f, Río Hondo, 13g, Santiago del Estero, 14g, El Alto, 14h, Villa San Martín, 15g, Frías. Servicio Geológico Nacional, Boletín 186: 1-80, Buenos Aires.
- BEDER, R.; 1928. Las Sierras de Guasayán y sus Alrededores Una contribución a la Geología e Hidrogeología de la Provincia de Santiago del Estero – Dirección de Minas, Geología e Hidrogeología. Publicación 39 1 – 171, Buenos Aires.
- BIANCHI, A. y CRAVERO, S., 2010. Atlas Climático Digital de la República Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- BRANDAN, C. y CAVILLA, C., 2016. Análisis y Propuesta de Gestión del Arbolado Urbano en la ciudad de Las Termas de Río Hondo. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Municipalidad de Las Termas de Río Hondo (PDF facilitado por la Dirección de Extensión Universitaria Municipal, UNSE, Vivero Municipal).
- CABRERA, A. L y WILLINK, A.; 1973 Biogeografía de América Latina. Organización de Estados Americanos, Serie Biológica, Monografía N° 13, .117 p.
- CABRERA, A. L., 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Segunda edición. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería 2 (2): 85. Editorial Acme. Buenos Aires.
- CABRERA, A.L.; 1971 Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 12.14.
- CABRERA, A.L.; 1975. Regiones fitogeográficas argentinas. Reeditado sin cambios en: Cabrera, A.L. 1994. Regiones fitogeográficas argentinas. En: Kugler WF (Ed) Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Tomo 2. 2ª edición. Acme. Buenos Aires, Argentina. Fascículo 1: 1-85.
- CASA, A., YAMIN, M., WRIGHT, E., COSTA, C., COPPOLECCHIA, M., CEGARRA, M., HONGN, F. (eds.), 2014. Deformaciones Cuaternarias de la República Argentina, Sistema de Información Geográfica. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, v2.0 en formato DVD.
- CERIANO, V., 2010. Tesis. Plan de Manejo de la Reserva Natural Privada ‘Pozo del Arbolito’. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales.
- CHATELLENAZ, M.; 2006. Diversidad de mamíferos del Distrito Oriental Chaqueño, Universidad Nacional del Nordeste. Resumen: B-051.
- CITES, 1973. (Convención Internacional sobre el tráfico de las especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre).
- CLIMATE-DATA.ORG. <https://es.climate-data.org/>
- CONDE SERRA, A.; 2018. Exploración geotérmica del Sector Sud Este de la Cuenca Hídrica de Tucumán y su extensión en la frontera de la Provincia de Santiago del Estero. Interpretación

- geotérmica de los resultados de la prospección geofísica magnetotelúrica”. Serie Contribuciones Técnicas, Depto. de Geotermia, Dir. de Recursos Geológicos Mineros. Prov. de Buenos Aires.
- CONRAD, J.; 2011. *Fur Ornithologie* 83(2.3) pág. 137-215 y pág. 289.
  - CORAZZA, S. y BONTEMPI, M.E., 2016. La expansión agrícola en Santiago del Estero. Revista Meteoros, Servicio Meteorológico Nacional, Año 09, N° 4. Octubre 2017.
  - COSTA, C. 2005. *The seismogenic potential for large earthquakes at the southernmost Pampean flat-slab (Argentina) from a geologic perspective*. Sixth International Symposium on Andean Geodynamics, Proceedings: 190-193, Barcelona.
  - CRÍNCOLI, A. 2001. Análisis de las características geotérmicas de la cuenca Taco Ralo – Río Hondo y su implicancia económica”. Primera Parte: Síntesis de tareas realizadas año 2001, Diciembre, Segunda Parte: Síntesis de tareas realizadas primer trimestre año 2002. Sistema de formación de jóvenes técnicos y profesionales – Beca de iniciación-Director Abel Pesce.
  - CRISTALLINI, E. O., COMÍNGUEZ, A. H. y RAMOS, V. A. 1997. La estructura profunda del Aconquija y regiones adyacentes, Tucumán y Santiago del Estero, Argentina. Actas del Octavo Congreso Geológico Chileno, 3: 1617-1621.
  - CRISTALLINI, E. O., COMÍNGUEZ, A. H., RAMOS, V. A. y MERCERAT, E. D. 2004. *Basement double-wedge thrusting in the northern Sierras Pampeanas of Argentina (27°S)—Constraints from deep seismic reflection*. In: K. R. McClay (ed.), Thrust tectonics and hydrocarbon systems: AAPG Memoir 82: 65-90.
  - CUENCA DEL RÍO SALÍ-DULCE. Cuenca N°86. <https://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/pdf/86.pdf>.
  - DAL MOLIN, C.; FERNANDEZ, D. S.; ESCOSTEGUY, L. y VILLEGAS, D., 2003. Hoja Geológica N° 2766-IV “Concepción”, provincias de Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca. Boletín N° 342, 41 p. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino (edt.). Buenos Aires.
  - DE LUCA, M., GIORGI, N. y LUNGO, M.A., 2015. Estudio de Estrategia y Factibilidad de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos para la República Argentina. Facultad de Ingeniería UBA. Instituto de Ingeniería Sanitaria. [www.camarco.org.ar/File/GetPublicFile?id=3557](http://www.camarco.org.ar/File/GetPublicFile?id=3557)
  - DECCW, 2010. Soil and land constraint assessment for urban and regional planning, Department of Environment, Climate Change and Water NSW, Sydney.
  - DIARIO PANORAMA. [http://www.diariopanorama.com/seccion/locales\\_13/las-obras-habilitadas-por-la-presidenta\\_a\\_151374](http://www.diariopanorama.com/seccion/locales_13/las-obras-habilitadas-por-la-presidenta_a_151374)
  - DIAZ, G.B. y OJEDA R.A., 2000. Libro Rojo Mamíferos Amenazados de la Argentina. Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos.
  - DIRECCIÓN DE CATASTRO Y EDIFICACIÓN PRIVADA, MUNICIPALIDAD DE LAS TERMAS DE RÍO HONDO (inédito). Estudio de Suelos. Obra: Viviendas Unifamiliares en Planta Baja. Ubicación: Avda. Urquiza, Las Termas de Río Hondo, Santiago del Estero.
  - DIRECCIÓN DE CATASTRO Y EDIFICACIÓN PRIVADA, MUNICIPALIDAD DE LAS TERMAS DE RÍO HONDO (inédito). Informe Preliminar de los Suelos hasta los Cinco Metros de Profundidad. Obra: Sistemas de Desagües Cloacales en la Ciudad de Termas de Río Hondo, Departamento Río Hondo, Provincia de Santiago del Estero.
  - Dirección General de Bosques de la Provincia de Santiago del Estero, 2015. Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos 2015. <http://www.mproduccion.gob.ar/direcci%C3%B3n-general-de-bosques-y-fauna>.

- DROZDZEWSKI, G. y MON, R., 1999. *Oppositely-verging thrusting structures in the north Argentine Andes compared with the German Variscides*. Acta Geológica Hispánica 34 (2e3), 185e196.
- EL LIBERAL, Santiago del Estero 27/12/2013. Santiago del Estero tuvo la temperatura más alta de todo el planeta” y “El agua en el Embalse del Río Hondo aumentó 5 grados.
- EL LIBERAL. <http://www.elliberal.com.ar/ampliada.php?ID=29145>
- ESPINOZA, M., 2002. Estudio de la precipitación en el departamento de Puno, período de septiembre del 2000 a marzo del 2001. Instituto Geofísico del Perú v.3: 71-82. En: Bianchi, A., Cravero, S., 2010. Atlas Climático Digital de la República Argentina. Edición Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- FAO, 1985. *Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture*. Soils bulletin N° 55.
- FERIA TORIBIO, J. y RAMOS, J.S., 2009. Funciones ecológicas del espacio libre y planificación territorial en ámbitos metropolitanos: perspectivas teóricas y experiencias recientes en el contexto español. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. v. XIII, Número 299.
- FERNANDEZ, D.S. y LUTZ, M.A., 2006. Carta de Peligrosidad Geológica N° 2766-IV “Concepción”, provincias de Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca. Boletín N° 365. 148 p. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino (ed.). Buenos Aires.
- FERNÁNDEZ, D.S. y LUTZ, M.A., 2010. *Urban flood hazard zoning using GIS and multicriteria analysis*. *Engineering Geology* 111: 90-98.
- FERNÁNDEZ, D.S., LUTZ, M.A., VILLEGAS, D., GARCÍA, M.G., HIDALGO, M., SIROMBRA M., NEDER, L. y GARCÍA AZCÁRETE J., 2004. Carta de Línea Base Ambiental 2766-IV “Concepción”. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.
- FRANGI, J.L., 1999. Ángel Lulio Cabrera. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria LIII 20.22.
- FRENGUELLI, J., 1941. Rasgos principales de fitogeografía argentina. Revista Museo de la Plata. Bol.3: 65-181. La Plata.
- FRERE, M., RIJKS, J. y REA, J., 1975. Estudio agroclimatológico de la zona andina. Proyecto institucional *Food and Agriculture Organization - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - Organización Meteorológica Mundial. 375 p. Roma. En: Bianchi, A., Cravero, S., 2010. Atlas Climático Digital de la República Argentina. Edición Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- GARCÍA ABAD, S. J., 2014. Los corredores ecológicos y su importancia ambiental. Propuestas de actuación para fomentar la permeabilidad y conectividad aplicados al entorno del Río Cardeña (Ávila y Segovia).
- GIMENEZ, M.G. y HERNANDEZ, P., 2008. Biodiversidad de ambientes naturales del Chaco Argentino, Vegetación del Chaco Semiárido, Provincia de Santiago Del Estero. Fascículo 1. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.
- GOBIERNO DE LA PROVINCIA SANTIAGO DEL ESTERO. Secretaria del Agua Estudio de Impacto Ambiental - Capítulo 4, Red Cloacal y La Planta De Tratamiento De Efluentes Cloacales - Termas De Río Hondo - Provincia de Santiago del Estero. <https://ucpypfe.mininterior.gob.ar/PIHNG-1843/Cap04-SEstr.pdf>.
- GONZALEZ DE VALLEJO, L. (Coord.), 2004. Ingeniería Geológica. Pearson-Prentice Hall, Madrid, 835 p.

- GONZÁLEZ, O. y MON, R., 1996. Tectónica del extremo norte de las Sierras Pampeanas y su transición a la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas. Décimotercero Congreso Geológico Argentino y Tercer Congreso de exploración de hidrocarburos, Actas II: 149-160. Buenos Aires.
- GUTIÉRREZ, A.A., MON, R., SÁBAT, F. y IAFFA, D.N. 2017. *Origin and Evolution of the Salinas Grandes and Salina De Ambargasta, Argentina*. Institute of Physics, Conference Series: Earth and Environmental Science 95. 15p.
- HAUMAN, M.L., 1922. Bibliografía botánica argentina: especialmente para los años 1914-1922 (primer suplemento a la obra de F. Kurtz). Buenos Aires: Coni, 1922.
- HIKERSBAY. <http://hikersbay.com/climate/argentina/santiagodelester>
- IAFFA, D.N., SÁBAT, F., BELLO, D., FERRER, O., MON, R. y GUTIÉRREZ, A.A., 2011. *Tectonic inversion in a segmented foreland basin from extensional to piggy back settings: The Tucumán basin in NW Argentina*. *Journal of South American Earth Sciences*, 31, pp. 457-474.
- INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. [https://www.indec.gob.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=3&id\\_tema\\_2=13&id\\_tema\\_3=56](https://www.indec.gob.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=13&id_tema_3=56)
- INDEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. [https://www.indec.gob.ar/nivel2\\_default.asp?id\\_tema=2&seccion=P](https://www.indec.gob.ar/nivel2_default.asp?id_tema=2&seccion=P)
- INFOBAE, 13/06/2018. El calor agobió a Santiago del Estero con 51 grados de térmica y no da tregua.
- INPRES - Instituto Nacional de Prevención Sísmica. <https://www.inpres.gob.ar>
- JORDAN, T. y ALLMENDINGER, R. 1986. *The Sierras Pampeanas of Argentina: A modern analogue of Rocky Mountain foreland deformation*. *American Journal of Science*, Vol.286: 737-764.
- JORDAN, T., ALLMENDINGER, R. y RAMOS, V.; 1983. La segmentación tectónica de los Andes Centrales y su relación con la geometría de la Placa de Nazca. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Actas III: 587-606. Buenos Aires.
- JURIO, R.; MENDEZ, I. y MIRÓ, R., 1975. Zonación Hidrotermal de Acuíferos del Terciario Superior en las Provincias de Santiago del Estero y Tucumán – Argentina. Actas del Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Tomo IV, Pág. 495-522.
- KARR, J.; 1996. *Ecological integrity and ecological health are not the same. Engineering within ecological constraints. Engineering within Ecological Constraints. National Academy of Engineering*. <https://www.nap.edu/read/4919/chapter/8>.
- LAZZARO, H.M, MARTÍNEZ, J.G., PÉREZ, J., BRAVO, C., LEÓN, J., CONTRERAS, A. y S. EPSTEIN, 2016. Plan Estratégico de Desarrollo Productivo de la Municipalidad de las Termas de Río Hondo, 2016. Secretaria de Asuntos Municipales. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Programa Multisectorial de preinversión IV. Préstamo Banco Interamericano de Desarrollo 2851 OC-AR 1.EG.253.
- MARKGRAF, V. y BRADBURY, J., 1982. *Holocene Climatic History of South America*. *Striae*, 16: 40-45. Up-sala.
- MARTIN, A. y PALAZZO, R., 1999. Procesos Tectónicos y su relación con los acuíferos hidrotermales del centro oeste de la provincia de Santiago del Estero (parte I). Hidrogeología de la provincia de Santiago del Estero. Ediciones del Rectorado. Universidad Nacional de Tucumán, págs. 100-110.
- MARTIN, A. y PALAZZO, R., 2007. Procesos hidrotermales y sismo-tectónicos generados en la zona de elevada surgencia del centro oeste de la provincia de Santiago del Estero (parte II). Quinto Congreso Argentino de Hidrogeología, La Pampa, págs. 29-40.
- MARTIN, A., CASTELLANO, J., STORNILO, A., BEJARANO, R. y SCHEJTMAN, W., 1997. Carta Hidrogeológica de la Provincia de Santiago del Estero (R.A). Primer congreso Nacional de

- Hidrogeología y Tercer Seminario Hispano-argentino sobre temas actuales de Hidrología subterránea. Universidad Nacional del Sur. Septiembre 1997, Bahía Blanca Argentina.
- MARTÍN, A., STORNILOLO, A. y BEJARANO, R., 1997. Aguas Subterráneas con Elevados contenidos de Flúor en la Ciudad de Termas de río Hondo y sus alrededores (S.E). Primer simposio Internacional de Hidrología Aplicada, Saneamiento e Impacto Ambiental. Boletín Geoindustrial. Año 4, N°6-7, pág. 10 a 16 U.N.S.T.A Tucumán, Argentina.
  - MEEUS, J., 1995. *Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets. Reviews Editorial.*
  - MERLO, D., 2017. Estudio de preinversión 1.ee.725: Aprovechamiento sustentable del recurso termal y de las aguas del Río Dulce para Las Termas de Río Hondo y su región de influencia en la Cuenca Salí-Dulce. Programa Multisectorial de Preinversión IV - Préstamo Banco Interamericano de Desarrollo 2851 OC-AR. Solicitado por el Ministerio del Interior y Transporte de la República Argentina. "Manual de Buenas Practicas de Gestión del Agua".
  - METEORED. <https://www.meteored.com.ar/>
  - MIKEL GURRUTXAGA SAN VICENTE, 2003. Índices de fragmentación y conectividad para el indicador de biodiversidad y paisaje de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Biodiversidad y paisaje. Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Ingurumena.net.
  - MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y DEPORTES, Presidencia de la Nación. <http://www.mapaeducativo.edu.ar>
  - MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, Presidencia de la Nación. [https://apps.se.gov.ar/\\_des/mediawiki/index.php/SANTIAGO\\_DEL\\_ESTERO\\_RÍO\\_HONDO\\_TERMAS\\_DE\\_RÍO\\_HONDO](https://apps.se.gov.ar/_des/mediawiki/index.php/SANTIAGO_DEL_ESTERO_RÍO_HONDO_TERMAS_DE_RÍO_HONDO)Poblacion.
  - MINISTERIO DE HACIENDA Y FINANZAS PÚBLICAS, Presidencia de la Nación. [http://ww2\\_mecon.gov.ar\\_hacienda\\_dinrep/Informes\\_archivos\\_santiago\\_del\\_estero.pdf](http://ww2.mecon.gov.ar/hacienda_dinrep/Informes_archivos_santiago_del_estero.pdf)
  - MINISTERIO DEL INTERIOR, Presidencia de la Nación. <https://www.mininterior.gov.ar/municipios/masinfo.php?municipio=SGO078>
  - MINISTERIO DE SALUD, Presidencia de la Nación. [www.msal.gov.ar/saludsexual/downloads/santiago.xls](http://www.msal.gov.ar/saludsexual/downloads/santiago.xls)
  - MON, R., POMPOSIELLO, M. y DÍAZ, M., 1990. Estructura de la Cuenca de Tucumán de acuerdo a investigaciones gravimétricas. Decimoprimer Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 251-254. San Juan.
  - MON, R.; 1993. Influencia de la orogénesis Oclóyica (Ordovícico-Silúrico) en la segmentación Andina del Noroeste Argentino. Décimosegundo Congreso Geológico Argentino y Segundo Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas III: 65-71.
  - MORELLO, J. y ADOMOLI, J., 1973. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino. Segunda Parte: Vegetación y ambiente de la provincia del Chaco. Serie fitogeográfica N° 13 122 pp.
  - MORRONE, J.J., 2001. Biogeografía de América Latina y Caribe, Vol. 3 M&T Mamalis y Tais. SEA Zaragoza.
  - MUNRO, J., HELEN, A. y S. MOORE, 2010. *Using resilience concepts to investigate the impacts of protected area tourism on communities. Annals of Tourism Research.* Vol. 37: 499-519.
  - MUÑOZ CRIADO, A., HUSS, A., JIMÉNEZ, A., MIREIA ESCRIVA, P., SÁNCHEZ, P., MARTÍN, G., RUIZ, M., SURINYACH, G., CERVERÓ, L., PARDO, R., MIGUEL, A., SANMARTÍN, C., DOMÉNECH, V., PUERTAS, A. y G. MONFORT, 2010. Guía Metodológica. Estudios de Paisaje. Generalitat Valenciana. Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

- NAROSKY, T. y IZURIETA, D., 2003. Aves de Argentina y Uruguay: guía para la identificación. Asociación Ornitológica del Plata. *Birdlife International*. Décimoquinta Edición. Buenos Aires. Vázquez Mazzini Editores.
- NICOLLI, H.B., GARCÍA, J., FALCÓN, C. y SMEDLEY, P., 2011. *Mobilization of arsenic and other trace elements of health concern in groundwater from the Salí River Basin, Tucuman Province, Argentina. Environ Geochem Health, v.34:251-262.*
- NUEVA TIERRA. <http://nuevatierra.com>
- OYARZABAL, M., CLAVIJO, J., OAKLEY, L., BIGANDOLI, F., TOGNETTI, P., BARBERIS, I., MATURO, H.M., ARAGON, R., CAMPANELLO, P.L., PRADO, D., OESTERHELD, M. y LEON, R. J. C., 2018. Unidades de Vegetación de la Argentina, *Ecología Austral* 28:04-064, Abril 2018. Asociación Argentina de Ecología.
- PACHECO, M.M., MANSILLA, N.Y., MON, R., SOSA, J., PICCIONI, J.Y.L. 2000. *The Tucumán Basin as a part of the Cretaceous Continental Rift of South America*. Seventeenth Lateinamerikan-Kollokium.
- PÁGINA 12, 13/02/2016. La ola de calor alcanzó un pico máximo en Santa Fe y Santiago del Estero.
- PERUCCA, L., 2018. Marco sismotectónico actual y terremotos históricos en la República Argentina. Su análisis en la evaluación del peligro Sísmico. Décimo segundo Simposio Nacional de Geomorfología.
- PETRAGLIA DE BOLZON, M. y BOLZON, N.D., 2011. Guía de Flora y Fauna, Noroeste Argentino, Puna y Yungas, Vida y Color. Primera Edición. Grafica Printer.
- POMPOSIELO, M.C., FAVETTO, A., SAINATO, C., BOOKER, J. y SHENGHUI, L., 2002. *Imaging the sedimentary basin of the Tucumán Plain in the northern Pampean Ranges, Argentina. Journal of Applied Geophysics* 49: 47–58.
- PRADO, O.E., 1993a. *What is the Gran Chaco Vegetation in South America? I.A review. Contribution to the study of Flora and vegetation of the Chaco*. V. Cardollera 48:145.172.
- PRODAGRO, 2018. Sistema de información agrometeorológica del Instituto de Tecnología Agropecuaria de Santiago del Estero. INTA Santiago del Estero.
- RAPELA, C., COIRA, B., TOSELLI, A. y SAAVEDRA, J., 1992. El magmatismo del Paleozoico Inferior en el Suroeste de Gondwana. En: *El Paleozoico Inferior de Ibero-América. Parte I. Contribuciones generales ibero-americanas*. Actas: 21-68. Mérida.
- RAY LANKASTER, E., 2010. *A Treatise on Zoology*. Part V. Ray Lankaster Ltd London, p 355.
- RICHARDS, L.A., 1954. *Saline and alkali soils. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture handbook N°60*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 160 p.
- RINGUELET, R.A., 1961. Rasgos fundamentales de la Zoogeografía de la Argentina. *Physis* 22(63):151-170.
- RÍO HONDO NEWS. [http://www.ríohondonews.com.ar/vernota.php?not\\_id=100001085](http://www.ríohondonews.com.ar/vernota.php?not_id=100001085)
- ROCCA, R.J., REDOLFI, E.R. y TERZARÍOL, R.E., 2006. Características Geotécnicas de los Loess de Argentina. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Vol. 6(2).
- SALFITY, J., 1982. Evolución paleogeográfica del Grupo Salta (Cretácico-Eógeno) Argentina. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología. Actas 1: 11-26. Buenos Aires.
- SAYAGO, J., RATTO, L. y COLLANTES, M., 1984. Geomorfología. En: Aceñolaza, Toselli y Bossi eds. *Geología de Tucumán*, 143-155. Tucumán.
- SAYAGO, J.M., 1985. Aspectos Metodológicos del Inventario de la Erosión Hídrica Mediante Técnicas de Percepción Remota en la Región Subtropical del Noroeste Argentino. Tesis Master of Science in Geomorphology. ITC The Netherlands.

- SAYAGO, J.M., COLLANTES, M.M. y M.A. TOLEDO, 1998. Geomorfología, 241-258. Publicación Especial del Colegio de Graduados de Ciencias Geológicas de la Universidad Nacional de Tucumán. Gianfrancisco, M., Puchulu, M. Durango de Cabrera, J. & Aceñolaza, G. (Eds).
- SCATIZZA C., LAMARCA M.L., y GALAR A., 2018. "ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS EN TERMAS DE RÍO HONDO. Departamento de Río Hondo – Provincia de Santiago del Estero. INFORME FINAL". Dirección de Geología Ambiental y Aplicada, Servicio Geológico Minero Argentino.
- SCHIAVA-LUCIO-GUIMARD Estudios Geotécnicos, 2011 (inédito). Estudio de Suelos. Obra: Edificio. Ubicación: Calle San Martín Nº 255, Termas de Río Hondo, Santiago del Estero.
- SEED, H.B. e IDRIS, I.M., 1982. Ground motions and soils liquefaction during Earthquakes.
- SEED, H.B., e IDRIS, I.M.; 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 97, 1249-1273.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Datos estadísticos climatológicos (período 1981-1990)-Hinzl.
- SIROMBRA, M. y NEDER, L., 2004. Mapa de vegetación. En: Carta de líneas de base ambiental 2766-IV "Concepción", provincias de Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca. Boletín Nº 341. 139 pp. Servicio Geológico Minero Argentino (Edt.). Buenos Aires. ISSN 0328-2333.
- SISTEMA DE INFORMACION DE BIODIVERSIDAD, Administración de Parques Nacionales. <https://sib.gob.ar>
- SKYSCRAPERCITY. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=89638560>
- SOIL SURVEY STAFF, 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Conservación de Recursos Naturales Décima segunda Edición. EEUU.
- STRAHLER, A. y STRAHLER, A., 1994. Clasificación de los climas. Geografía Física. Ediciones Omega, S. A. pp. 147-169.
- TINEO, A., 1993; Las cuencas sedimentarias de edad cuaternaria en Tucumán.
- UICN, 2009. *Categories and Criteria*, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. <https://www.iucn.org/es>
- UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2016. *HEC RAS river analysis system*. User's manual version 5.0. 960 págs. USA.
- UNIVERSIDAD DE MURCIA. <http://www.um.es/geograf/clima/tema07>
- VERDE CHACO. <http://arbolesdelchaco.blogspot.com/>
- WEATHER SPARK. <https://es.weatherspark.com/y/28161>
- YEGIAN, M.K. y WHITMAN, R.V., 1978. *Risk analysis for ground failure by liquefaction*. Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, vol. 107, nº GT7, pp. 921-938.
- YOUNG, T.L. e IDRIS, I.M., 2001. *Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*. American Society of Civil Engineers. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, nº 4, pp. 297-313.
- ZEBALLOS, M., REDOLFI, E. y BLUNDO, M., 1999. *Settlement Generated by Fluctuation in the Freatic Level*. XI Pan American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Iguazú, Vol. II, pp. 999-1005.
- ZEMAN, C., 2013. El ordenamiento territorial en Santiago del Estero: implicancias jurídicas y ambientales. II Congreso Nacional de Derecho Agrario Provincial, 4 y 5 de Octubre de 2013, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales- Universidad Nacional de La Plata. ISBN: 978-950-34-1020-2.

- ZUCCARDI, R., y FADDA, G., 1972. Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Provincia de Tucumán. Publicación Especial Nº 3. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán.

# ANEXOS