Instituto de Hidrología de Llanuras
Dr. Eduardo Jorge Usunoff

Proyecto de Aguas Subterráneas en la Cuenca Matanza Riachuelo

Informe Final

Modelo conceptual y numérico del flujo de agua subterránea de la cuenca del río Matanza-Riachuelo

Luis Vives
Christian Mancino
Carlos Scioli

Agosto de 2012

Unidad Ejecutora Técnica

Instituto de Hidrología de Llanuras
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA)
Municipalidad de Azul (MA)

Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Usunoff"
Sede Azul
Calle Rep. de Italia 780
Campus Universitario Azul
(B7300) Azul, Prov. de Buenos Aires, Argentina
Tel-Fax +54 2281 432666
http://www.ihlla.org.ar

Sede Tandil
Paraje Arroyo Seco
Campus Universitario Tandil
Tandil, Prov. de Buenos Aires, Argentina
Tel-Fax +54 2293 439520
ihlla@faa.unicen.edu.ar (Secretaría General)

Resumen

El presente documento corresponde al informe final de las actividades de ”Desarrollo de un modelo de flujo de agua subterránea” propuesto en el Convenio Marco de Cooperación entre la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo ACUMAR y la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires CIC. Este trabajo está orientado al conocimiento del movimiento del agua subterránea de la Cuenca Matanza Riachuelo (Provincia de Buenos Aires, Argentina), como primer paso para futuros estudios específicos de explotación, de interacción agua superficial – agua subterránea, de transporte de soluto, etc. La CIC designa como unidad ejecutora al Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Usunoff" (IHLLA), Azul, Argentina.

La modelación se realizó con el código TRANSIN (Medina and Carrera, 1996), que permite simular el flujo del agua subterránea y el transporte de solutos a través de la interfaz gráfica VISUAL TRANSIN. Estas herramientas han sido desarrolladas por el Grupo de Hidrogeología e Hidrogeoquímica del Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartografía y Geofísica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Se definió la geometría del subsuelo mediante la recopilación y análisis de datos básicos de perforaciones.Se propuso un modelo conceptual de funcionamiento del sistema acuífero mediante la identificación de los elementos que condicionan el movimiento del flujo (recargas y descargas). En él se identifica el flujo subterráneo regional con una dirección predominante sudoeste – noreste, y como el acuífero freático esta fuertemente condicionadopor los cuerpos de agua superficial.

En el cálculo de la recarga se tuvo en cuenta la evolución espacio – temporal de la transformación de la zona rural en urbana, adaptando una formulación matemática para evaluar la recarga urbana a través de componentes de origen natural y antrópico. Esta formulación incluye las pérdidas de las redes de agua, saneamiento y conductos pluviales, la recarga por excesos, escurrimiento superficial y acumulación, y las filtraciones de pozos sépticos. La variabilidad espacial de la cobertura sanitaria se implementó en función de la cobertura de servicios de agua y cloacas.

El dominio espacial del modelo numérico es el Río de La Plata al NE, el Río Reconquista al NW, al SE el limite inicia en el Arroyo Conchitay luego continua por una línea imaginaria perpendicular a la costa, y al SW el límite corresponde a una línea de isopieza paralela a la costa. La superficie total modelada es de 4498 km^2. El área se discretizo en un modelo numérico bicapa o multicapa compuesto por 17262 elementos triangulares, 3416 elementos unidimensionales y 7115 nudos. La primera capa o capa superior simula al acuífero freático y la segunda capa simula al acuífero Puelches, los elementos unidimensionales reproducen el acuitardoTemporalmente el flujo se resolvió en forma transitoria para el período enero 1906 - diciembre 2011.

La estructura del modelo numérico quedo compuesta por 8 zonas de conductividad hidráulica, 3 zonas de coeficiente de almacenamiento y 76 zonas de recarga, todas ellas definidas sobre elementos. Asociadas a nudos existen44 zonas de nivel fijo, 60 zonas de caudal fijo y 43 zonas de goteo o mixtas. Se modelaron diferentes escenarios obteniendo resultados aparentemente comparables, lo que podría indicar la necesidad de incorporar mayor información al modelo geológico-estructural ehidrogeológico.

Los resultados obtenidos para los tres escenarios propuestos se consideran satisfactorios, ya que reproducen adecuadamente los niveles observados, los parámetros estimados y el balance de masas. Las simulaciones permitieron validar en términos generales el modelo conceptual propuesto, probar hipótesis alternativas de controles del flujo, identificar zonas del dominio de modelación que presentan deficiencias de información e incertidumbres. En general las simulaciones reproducen las piezometrias observadas, validandola hipótesis de que los tramos de los cursos superficiales son vías de descarga del acuífero. Los flujos descendentes observados durante el período 1980 hasta la actualidad han sido reproducidos. El término dominante del balance de masases la recarga. La descarga hacia los ríos y arroyos se estima entre el 68 y el 87 % recarga, en cambio las descargas al Río de La Plata están en el orden del 18 al 20 %.

Si bien esto representa un avance significativo en el conocimiento del sistema de agua subterránea en el área de la Cuenca Matanza Riachuelo, es necesario profundizaralgunos aspectos del conocimiento de la geología y las estructuras;integrar información hidrogeoquímica al modelo conceptual; ampliar la información de puntos de control a otros sitios de la cuenca;incorporar mayor detalle de la interacción entre flujos superficiales y subterráneos, así como el efecto en los acuíferos del ingreso de agua del Río de La Plata en el Río Matanza-Riachuelo; incorporar mayor información de los bombeos y del efecto de estructuras en el movimiento del agua subterránea. Finalmente se recomienda implementar un modelo de transporte de soluto para integración de la información y validación del comportamiento del sistema acuífero. Es necesario abordar estos aspectos en futuros trabajospara aumentarla confiabilidad del modelo conceptual y del modelo numérico desarrollado, como herramienta de apoyo en la gestión del saneamiento de la cuenca.

Agradecimientos

En primer lugar es destacable agradecer a la Dra. Sandra Martínez, Ing. Andrés Carsen, Ing. Gustavo Villauría, Lic. I. Martín y Lic. A. Funes de ACUMAR por la información facilitada y la continua colaboración durante todo el desarrollo del proyecto.

Además este trabajo pudo ser posible gracias al apoyo y contribución de numerosas instituciones y empresas a los cuales queremos agradecer:

- Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR)
- Instituto Nacional del Agua (INA)
- Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)
- Servicio Meteorológico Nacional
- Autoridad del Agua (ADA)
- Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento Rural (SPAR)
- Aguas Bonaerenses S. A. (ABSA)
- Servicio de Hidrografía Naval (SHN)
- Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo, Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA)
- Dirección de Planificación, Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA)
- Museo, Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA)
- Consultora Hidrogeológica Hidroar S.A.
- Empresas perforistas Baldoni e hijos, Hidroprospec, y Reynard Hnos. S. A.

Es importante agradecer la colaboración y asesoramiento durante la fase de modelación numérica de los Drs. Jesús Carrera Ramirez y Maria Pool perteneciente al Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Barcelona, España.

Finalmente, otras personas han colaborado parcialmente en tareas y actividades durante la realización de este proyecto a los cuales también queremos sumar en los agradecimientos, ellas son: Dra. Silvia Rafaelli, Dr. Pablo Weinzettel, Dr. Mariano Agusto, Téc. Matias Silicani, Téc. Enrique Queupán y la estudiante María Gabriela Burgos.

Índice

Resumen **2**

Agradecimientos **4**

Índice **5**

1. INTRODUCCIÓN **8**

1.1. Área de estudio 8

1.2. Objetivo 8

1.3. Metodología 9

1.4. Modelo de simulación del agua subterránea: VISUALTRANSIN 10

1.4.1. Ecuación de flujo 10

1.4.2. Teoría del Problema Inverso. Función objetivo. 11

1.4.3. Código Numérico TRANSIN 13

1.4.4. Programa VISUALTRANSIN 14

1.5. Estructura del informe 15

2. GEOLOGÍA **16**

2.1. Formación Olivos (Yrigoyen, 1975) 17

2.2. Formación Paraná (Yrigoyen, 1975) 21

2.3. Formación Puelches (Santa Cruz, 1972) 22

2.4. Sedimentos Pampeanos (Fidalgo et al. 1975) 24

2.5. Belgranense (Ameghino, 1889) 26

2.6. Formación Lujan (Fidalgo et al., 1973 a y b) 27

2.7. Querandinense (Frenguelli 1957) 28

2.8. Formación Las Escobas (Fidalgo et al., 1973a y b) 29

2.9. Formación La Postrera (Fidalgo et al. 1973a y b) 29

3. HIDROGEOLOGÍA **31**

3.1. Geometría del subsuelo 31

3.1.1. Recopilación de datos y Antecedentes 31

3.1.2. Criterios de selección 33

3.1.3. Estudio geoeléctricos específicos 36

3.1.4. Geometría de las unidades hidrogeológicas 40

3.2. Propiedades hidráulicas 44

3.3. Análisis de la piezometría 45

4. ESTUDIO DE LA RECARGA 51
4.1. Factores que controlan la recarga 51
4.1.1. Clima 51
4.1.2. Población 53
4.2. Metodología para el calculo de la recarga 54
4.2.1. Recarga en Zona Rural 54
4.2.2. Recarga en Zona Urbana 59
4.2.3. Parámetros de cálculo de la Recarga Urbana 62
Ejido Urbano 62
Estimaciones de la población 64
Áreas impermeables 64
Pérdidas en redes de distribución de agua potable 67
Pérdidas de Red de Cloacas 69
Filtración de pozos negros domiciliarios 70
Pérdidas de la Red Pluvial 71
4.2.4. Cuantificación de la Recarga Urbana 72
4.2.5. Extracciones de agua para uso doméstico 76
4.2.6. Extracciones de industrias 77
4.2.7. Extracciones de bombas depresoras 80
4.3. Análisis de volúmenes 81

5. MODELO CONCEPTUAL 82

6. ESTRUCTURA DEL MODELO NUMÉRICO 84
6.1. Dominio de modelación y malla 84
6.2. Zonas de transmisividad y coeficiente de almacenamiento 86
6.3. Zonas de recarga 87
6.4. Zonas de bombeo 90
6.5. Tratamiento de la interacción río-acuífero 93
6.6. Condiciones de contorno en los bordes 97
6.7. Niveles medidos 97

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 98
7.1. Parametrización y estimación previa 98
7.2. Estrategia de la calibración 103
7.3. Resultados del Escenario A 104
7.4. Resultados del Escenario B 109

7.5. Resultados del Escenario C 117
7.6. Discusión de los resultados 124

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 128
8.1. Conclusiones 128
8.2. Recomendaciones 130

9. BIBLIOGRAFÍA 132

Anexo A: Información de las perforaciones
A.1 Información general
A.2 Datos hidrogeológicos

Anexo B: Geometría del Subsuelo

B.1 Ejecutor y/o propietario de las perforaciones
B.2 Ubicación de las perforaciones
B.3 Capas hidrogeológicas atravesadas
B.4 Mapa isopáquico Capa 1
B.5 Mapa isopáquico Capa 2
B.6 Mapa isopáquico Capa 3
B.7 Mapa de cotas del techo Capa 2
B.8 Mapa de cotas del techo Capa 3
B.9 Mapa de cotas base Capa 3

Anexo C: Sondeos Eléctricos Verticales

Anexo D: Secciones longitudinales y transversales

Anexo E: Análisis hidrometeorológico

Anexo F: Hidrogramas calculados y medidos

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Área de estudio

La cuenca del Río Matanza Riachuelo (CMR) se localiza al Este de Argentina y al NE de la provincia de Buenos Aires (Figura 1.1), abarcando varios partidos de la misma. Ubicada entre los paralelo 34º 32' y 36º 06' latitud sur y los meridianos 58º 12' y 59º 03' longitud oeste presenta una superficie de 2.065 km^2 con un desnivel máximo del relieve del terreno de 30 m y una longitud y ancho máximo de 72 y 42 km, respectivamente. Esto permite observar que el área posee pendientes muy bajas, conformando un paisaje de llanura típico.

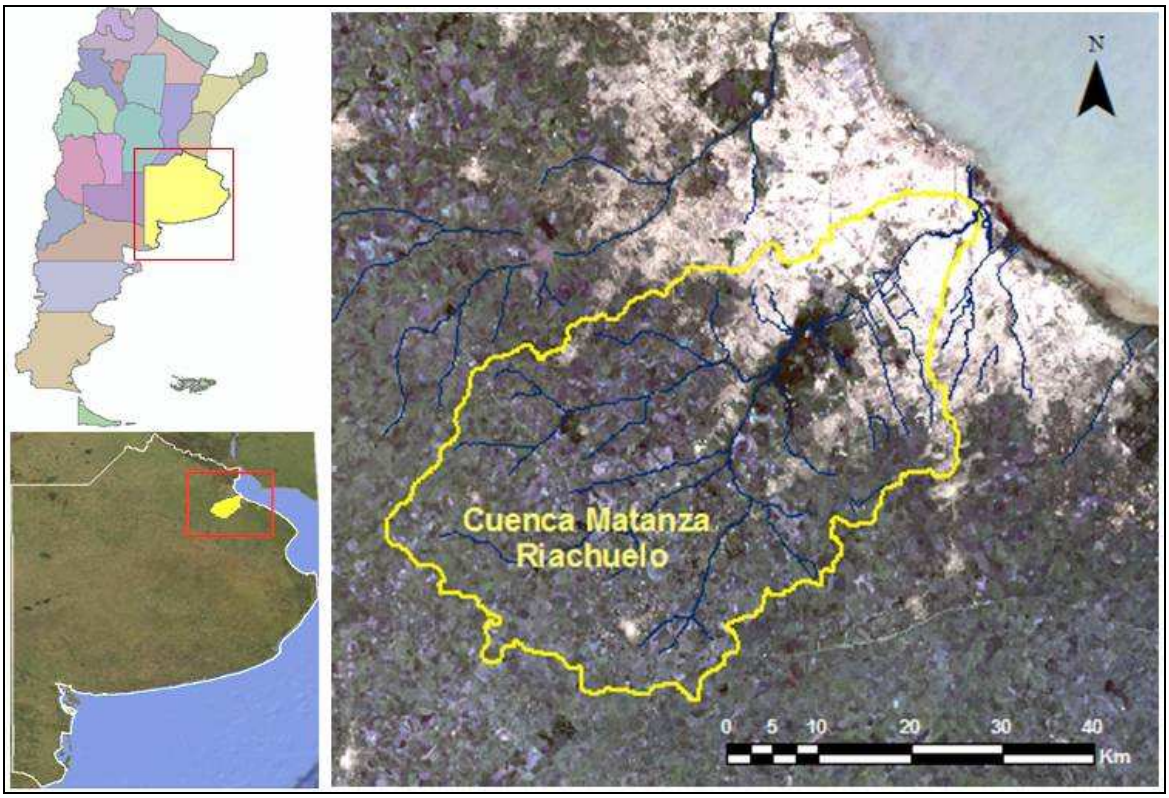


Figura 1.1. Ubicación de la cuenca Matanza Riachuelo (CMR)

1.2. Objetivo

El objetivo específico de este proyecto es desarrollar un modelo numérico de flujo de aguas subterráneas que permita validar el modelo conceptual hidrogeologico y reproducir el funcionamiento del sistema, dentro del objetivo general de disponer de

un conjunto de herramientas de apoyo al plan de saneamiento y a la gestión de los recursos hídricos subterráneos en la Cuenca del Río Matanza Riachuelo.

Este trabajo se desarrolla dentro del Convenio Marco de Cooperación entre la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo y la Comision de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

1.3. Metodología

Para la ejecución de este proyecto se siguieron las clásicas etapas de modelación de flujo de agua subterránea con el objetivo de validar el modelo conceptual de funcionamiento del sistema e identificar aspectos que se deberán investigar con mayor detalle para aumentar la confiabilidad del mismo.

La primera etapa es la construcción del modelo conceptual de funcionamiento del sistema acuífero desarrollado a partir de datos disponibles y estudios antecedentes, y que sirve de base para la posterior modelación numérica. Se continúo con la discretización que es el proceso de transformar el área de estudio en un conjunto de puntos discretos donde posteriormente se calcularán los niveles piezométricos y eventualmente concentraciones si se resuelve el problema de transporte de solutos. Además involucra la definición de la estructura del modelo, esto es las ecuaciones que gobiernan el flujo, las capas a ser simuladas, el régimen de explotación, las condiciones de borde, etc.

Posteriormente se inicia el proceso de calibración, sea ésta manual o automática, donde se calculan los valores de los parámetros de tal manera de encontrar el mejor ajuste entre los valores observados y calculados de niveles piezométricos. A medida que el proceso de calibración avanza, el modelo conceptual inicial puede sufrir modificaciones que surgen del análisis de los resultados que se van obteniendo del modelo numérico, en un proceso de retroalimentación. Como resultado de la calibración se valida el modelo conceptual y se obtiene el modelo numérico que resulta más coherente con los datos disponibles.

De todas formas el modelo está sujeto a incertidumbres debidas a la falta de datos completos de ciertos parámetros. Un análisis de errores, consistente en un análisis de sensibilidad, permite cuantificar estas incertidumbres. En algunos casos puede ser necesario realizar nuevos ensayos o experimentos, así como obtener datos adicionales para mejorar el modelo conceptual.

Una vez construido el modelo conceptual y numérico se está en condiciones de realizar la simulación o predicción de la evolución futura para las distintas hipótesis que se contemplan.

La modelación se realizó con el código TRANSIN (Medina and Carrera, 1996), que permite simular el flujo del agua subterránea y el transporte de solutos, a través de la interfaz gráfica amigable VISUAL TRANSIN.

1.4. Modelo de simulación del agua subterránea: VISUALTRANSIN

Para simulación del flujo de agua subterránea se empleó el Código TRANSIN (Medina and Carrera, 1996; Medina et al., 1996). Este programa fue desarrollado por el Grupo de Hidrogeología e Hidrogeoquímica del Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartografía y Geofísica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, de la Universidad Politécnica de Cataluña. http://www.h2ogeo.upc.es/.

La calibración manual de todos los parámetros de flujo y/o transporte a partir de valores medidos de niveles piezométricos y/o concentraciones suele ser larga, tediosa y, sobre todo, incompleta. Para limitar estas dificultades, TRANSIN permite realizar la calibración de forma automática, minimizando una función objetivo que tiene en cuenta no sólo el ajuste entre valores medidos y calculados de niveles piezométricos y concentraciones, sino también la plausibilidad de los parámetros calculados. La calibración automática, conocida como Problema Inverso, se obtiene por métodos estadísticos basados en maximizar la verosimilitud de los errores de la estimación, cuyos detalles se pueden ver en Carrera y Neuman (1986).

1.4.1. Ecuación de flujo

El flujo en los acuíferos está gobernado por la conocida ecuación:

$$\nabla \cdot (\mathbf{T} \cdot \nabla h) + q + q_L = S \frac{\partial h}{\partial t} \qquad \text{en } \Omega \qquad (1.1)$$

donde h es el nivel piezométrico (L), **T** es el tensor de transmisividad (L^2/t), S es el coeficiente de almacenamiento (adim.), Ω es el dominio bidimensional, ∇ es el operador gradiente (1/L), q es el término fuente y/o sumidero distribuido superficialmente (recarga o extracción) (L^3/L^2t), y q_L representa las entradas/salidas de los acuitardos situados por encima y/o por debajo del acuífero (L^3/L^2t).

La ecuación (1.1) se resuelve con las condiciones iniciales:

$$h(x, y, 0) = h_o(x, y) \qquad (1.2)$$

donde h_o puede ser cualquier función arbitraria o la solución de la Ecuación (1.1) para una simulación anterior, frecuentemente en régimen estacionario. Si se analizan ensayos de bombeo, h_o puede asumirse igual a cero en todo el acuífero, en cuyo caso h representa las variaciones del nivel o descensos.

Las condiciones de contorno son de la forma:

$$(\mathbf{T} \cdot \nabla h) \cdot n = \alpha (H - h) + Q \qquad \text{en } \Gamma \qquad (1.3)$$

donde Γ es el contorno de Ω; **n** es el vector unitario normal a Γ y dirigido hacia el exterior; H es el nivel prescripto; Q es un caudal prescripto (L^3/Lt); y α es un coeficiente que controla el tipo de condición de contorno (α=0 para caudal fijo, α=∞ para nivel fijo, y $\alpha \neq 0$ para condición mixta, en cuyo caso α es un coeficiente de goteo) (L^2/t).

El flujo en los acuitardos queda definido por la ecuación:

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial h'}{\partial z}\right) = S_s \frac{\partial h'}{\partial t} \qquad \text{en } (z_i, z_j) \tag{1.4}$$

donde z es la coordenada perpendicular al plano de los acuíferos, h′ es el nivel piezométrico en los mismos, K_z es la conductividad en la dirección de z, S_s es el almacenamiento específico y, z_i y z_j son las coordenadas correspondientes a los acuíferos *i*-ésimo y *j*-ésimo, respectivamente.

El acoplamiento entre las Ecuaciones (1.1), correspondiente a los acuíferos, y la (1.4), correspondiente a los acuitardos, se realiza igualando los flujos y niveles en la interfaz. Esto es,

$$h'(x, y, z_i, t) = h_i(x, y, t) \tag{1.5}$$

$$q_{Li} = K_z \left.\frac{\partial h'}{\partial z}\right|_{z=z_i^+} - K_z \left.\frac{\partial h'}{\partial z}\right|_{z=z_i^-} \tag{1.6}$$

donde, de nuevo, el subíndice *i* identifica el acuífero. En relación con la Ecuación (1.6), el primer término del segundo miembro representa el flujo desde (o hacia) el acuitardo superior, y el segundo desde (o hacia) el inferior.

1.4.2. Teoría del Problema Inverso. Función objetivo.

El Problema Inverso consiste en estimar los parámetros del modelo (conductividades hidráulicas **K**, coeficientes de goteo α, fuente y/o sumidero q, caudal prescripto Q, nivel prescripto H, etc.) a partir de medidas de la respuesta del sistema y de la información previa de dichos parámetros apropiadamente ponderada.

Existen diversas formulaciones estadísticas del problema inverso pero la que se utiliza aquí es la teoría de Máxima Verosimilitud (MV) (Benjamin y Cornell, 1970), en la que los parámetros se tratan como fijos pero desconocidos. Para definir la verosimilitud es necesario especificar el vector de datos $\boldsymbol{z}^*$ (niveles y/o concentraciones en los puntos de observación y estimación previa de los parámetros), y la estructura de los errores. La teoría de MV considera a las variables de estado (niveles y/o concentraciones) como aleatorias, por ende las observaciones de las mismas tendrán un error también de carácter aleatorio, de distribución normal,

con media cero. Estas hipótesis permiten encontrar una expresión para la función objetivo como la que se presenta más abajo. Entonces, se adopta que **z** sigue una distribución normal multivariada con media nula, por lo que queda completamente

(1.7)

definida con la matriz de covarianza. Con frecuencia es conveniente suponer que las covarianzas pueden expresarse mediante (Carrera y Neuman, 1986):

$$\mathbf{C}_{\mathrm{h}} = \sigma_{\mathrm{h}}^2 \mathbf{V}_{\mathrm{h}}; \quad \mathbf{C}_i = \sigma_i^2 \mathbf{V}_i; \quad \mathbf{C}_c = \sigma_c^2 \mathbf{V}_c$$

donde $\mathbf{C}_{\mathrm{h}}$, $\mathbf{C}_{\mathrm{i}}$ y $\mathbf{C}_{\mathrm{c}}$ son las matrices de covarianza de los errores de niveles, los parámetros del tipo $\mathbf{p}_i$ (*i*= **K,** S_s, q, H, Q y α) y concentraciones, $\mathbf{V}_{\mathrm{h}}$, $\mathbf{V}_{\mathrm{i}}$ y $\mathbf{V}_{\mathrm{c}}$ son matrices conocidas y definidas positivas, y $\sigma_{\mathrm{h}}^2, \sigma_i^2$ y σ_c^2 son escalares desconocidos. Sea ***w*** el vector compuesto por los parámetros del modelo $\mathbf{p}_i$ y los estadísticos de la función de distribución de los parámetros. Con estas hipótesis anteriores, la verosimilitud de ***w***, dado $\boldsymbol{z}^*$ (probabilidad de ocurrencia de $\boldsymbol{z}^*$si los parámetros y el modelo fuesen ciertos), es:

$$\mathrm{L}\left(w/z^*\right) = (2\pi)^{-\frac{N}{2}} \left|\mathbf{C}\right|^{-\frac{N}{2}} \exp\left(\frac{1}{2}\left(z - z^*\right)^{\mathrm{t}} \mathbf{C}^{-1}\left(z - z^*\right)\right) \qquad (1.8)$$

donde $N = n_h + n_c + \sum_i n_i, n_h$ y n_c es el número total de datos de niveles y concentraciones, respectivamente, n_i es el número total de parámetros del tipo *i* con información previa, $\mathbf{C}$ es la matriz de covarianza de ***z****, las n_h primeras componentes de **z** representan los niveles **h**(**p**), las siguientes n_c concentraciones (calculados con los parámetros $\mathbf{p}_{\mathrm{i}}$) en los puntos y tiempos de observación, mientras que las restantes componentes son los propios parámetros $\mathbf{p}_{\mathrm{i}}$ de los que se dispone de información previa. Dado que la estimación previa de $\mathbf{p}_{\mathrm{i}}$ suele ser independiente de los datos incógnita (niveles y concentraciones), puede suponerse, sin pérdida de generalidad, que $\mathbf{C}$ es de la forma:

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} \mathbf{C}_h & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{C}_c & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{C}_p \end{pmatrix} \qquad (1.9)$$

donde $\mathbf{C}_{\mathrm{p}}$ incluye todos los tipos de parámetros y tiene forma de diagonal por bloques si los estimadores previos de los distintos tipos de parámetros no están correlacionados. En la práctica, no se maximiza la ecuación (1.8) directamente, sino que se minimiza:

$$\mathrm{S} = -2\ln\left(\mathrm{L}\left(\mathrm{w}/\mathrm{z}^*\right)\right) \qquad (1.10)$$

Sustituyendo las ecuaciones (1.7) y (1.9) en (1.8) se obtiene:

$$S = \frac{J_h}{\sigma_h^2} + \frac{J_c}{\sigma_c^2} + \sum_i \frac{J_i}{\sigma_i^2} + \ln|\mathbf{V_c}| + \sum_i \ln|\mathbf{V_i}| + n_c \ln \sigma_c^2 + n_h \ln \sigma_h^2 + \sum_i n_i \ln \sigma_i^2 + N \ln 2\pi \qquad (1.11)$$

siendo $|\ |$ el determinante de la matriz respectiva, y donde :

$$J_h = (h - h^*)^t \mathbf{V}_h^{-1} (h - h^*) \qquad (1.12)$$

$$J_c = (\mathbf{c} - \mathbf{c}^*)^t \mathbf{V}_c^{-1} (\mathbf{c} - \mathbf{c}^*) \qquad (1.13)$$

$$J_i = (\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_i^*)^t \mathbf{V}_i^{-1} (\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_i^*) \qquad (1.14)$$

donde $\mathbf{h_m^*}$ y $\mathbf{c_m^*}$ son los vectores de niveles y concentraciones medidos, respectivamente. Por último, $\mathbf{p_i^*}$ es el vector de estimaciones previas de los parámetros del tipo *i*. Si, además, la estructura de errores se supone conocida, minimizar (1.11) es equivalente a minimizar:

$$J = J_h + \lambda_c \cdot J_c + \sum_i \lambda_i \cdot J_i$$

$$\lambda_i = \frac{\sigma_h^2}{\sigma_i^2} \qquad \lambda_c = \frac{\sigma_h^2}{\sigma_c^2} \qquad (1.15)$$

El programa TRANSIN minimiza la función objetivo J definida por la ecuación (1.15) con respecto a los parámetros del modelo (K, S_s, q, α, etc.). Como algoritmo de minimización TRANSIN utiliza el Método de Marquardt, que es un algoritmo iterativo de resolución de problemas no lineales de estimación de parámetros por mínimos cuadrados (Marquardt, 1963).

Las principales dificultades que el Problema Inverso puede presentar se refieren a la no unicidad de la solución (puede resolverse mejorando la información sobre los parámetros), a la inestabilidad (pequeñas variaciones en los datos de partida provocan grandes cambios en los resultados estimados), a las dificultades de convergencia (necesidad de mejorar los datos de medidas y de información de parámetros), etc.

1.4.3. Código Numérico TRANSIN

El Código Numérico TRANSIN posee las siguientes características:

(a) Resuelve las ecuaciones de flujo de aguas subterráneas y de transporte de solutos por medio del Método de los Elementos Finitos.
(b) Permite adaptar la discretización espacial a contornos geométricos complicados (mallas no estructuradas) y trabaja en varias dimensiones. Admite diferentes tipos de elementos 1D, 2D Y 3D (eso facilita la simulación de flujos preferentes).
(c) Tiene implementado un potente y robusto algoritmo para la aplicación del Problema Inverso (Medina y Carrera, 1996).
(d) Es relativamente sencillo incorporar información en detalle por sectores – es decir, pasar de un modelo de escala regional a local y viceversa.
(e) Es un programa con resultados excelentes y comprobados en la simulación de flujos preferentes, esto es fracturas (Carrera et al., 1995) en los típicos problemas de simulación de medios fracturados de baja permeabilidad estudiados en el campo de los repositorios de residuos nucleares.

Este código numérico puede resolver la ecuación de flujo bajo un amplio espectro de situaciones:

- En régimen saturado y/o no saturado (o mezcla de ambos en espacio y tiempo)
- Con hipótesis de sistema confinado o no confinado
- Dependencia no lineal de algunos parámetros respecto del nivel o la presión (succión) del agua a través de algunas funciones genéricas que describen la mayoría de las situaciones reales.
- El régimen puede ser estacionario y/o transitorio.
- Las condiciones de contorno pueden variar en espacio y/o tiempo. Se contemplan las siguientes: caudal prescrito, nivel prescrito y goteo.
- Las condiciones iniciales pueden ser arbitrarias dadas o tomarse como la solución en régimen permanente.

Los parámetros de flujo que se pueden estimar son: transmisividades o conductividades, almacenamiento, recarga, niveles y caudales prescritos en el contorno y coeficientes de goteo.

1.4.4. Programa VISUALTRANSIN

El código numérico TRANSIN dispone de la versión amigable VISUALTRANSIN (VT). En esta herramienta se pueden diferenciar dos partes. La primera, que actúa de interfaz con el usuario, donde se integran todos los elementos necesarios para una buena interpretación, facilitando la organización de la información como el contraste entre diversas hipótesis de trabajo. El programa permite trabajar con material de SIG, pudiendo importar datos en formato Shape. La segunda parte, el bloque de cálculo, es el TRANSIN propiamente dicho, donde se puede hacer un análisis completo de los resultados. Esta interfaz gráfica resultante tiene una dificultad de empleo muy inferior a la complejidad inherente al problema que se desea resolver.

1.5. Estructura del informe

El informe está divido en siete capítulos incluyendo la introducción (Capitulo 1) donde se presenta la zona de estudio, la metodología y el programa numérico empleado para la simulación del flujo de agua subterránea. El Capítulo 2 presenta la recopilación de la geología donde se describen las distintas formaciones. En el Capítulo 3 se aborda la hidrogeología haciendo hincapié fundamentalmente en la geometría y propiedades hidráulicas de los acuíferos freáticos y confinado, y se presenta un análisis de la piezometría a partir de los datos de nivel observados en la red de monitoreo de ACUMAR. El estudio de la recarga al acuífero (Capitulo 4) esta dividido en dos secciones, presentando en la primera la metodología desarrollada para el calculo de la recarga en la zona urbana y rural, para concluir en la segunda parte con el calculo propiamente dicho donde se muestra la información empleada, la zonificación de la recarga y las funciones de recarga en el tiempo. El Capitulo 5 presenta el modelo conceptual de funcionamiento del sistema acuífero y el Capìtulo 6 presenta el modelo numérico propuesto para simular el comportamiento del sistema acuífero. El Capítulo 7 contiene los resultados de la calibración del modelo numérico con los resultados alcanzados cerrando con una discusión de la incertidumbre del modelo. Finaliza el documento, Capitulo 8, con las conclusiones y recomendaciones de este estudio.

2. GEOLOGÍA

La geología del área de la cuenca Matanza-Riachuelo está constituida por depósitos sedimentarios preferentemente continentales intercalados por algunos depósitos marinos, que se asientan sobre el antiguo basamento cristalino. Cada uno de esos depósitos representa un ciclo de sedimentación ocurrido en distintos momentos de la historia geológica de la región. Estos ciclos sedimentarios han sido afectados por reiterados eventos tectónicos que pusieron en contacto lateral unidades más antiguas con otras más modernas. Cada ciclo de sedimentación se produjo en condiciones ambientales distintas, por lo que la composición de sus sedimentos difiere.

Los primeros datos de la geología del subsuelo del área de estudio fueron reconocidos en la ciudad de Buenos Aires en una perforación que llegó hasta el basamento cristalino realizada frente a la iglesia de la Piedad. En esta perforación, revisada entre otros investigadores por A. Sourdeaux en 1863 y reinterpretados por Valentin (1895), se establecieron 4 “pisos” sedimentarios. Los “pisos” identificados corresponden a 4 grandes depósitos sedimentarios que hoy en día son generalmente reconocidos como Formación Olivos, Formación Paraná, Formación Puelches y Formación Pampeano (Yrigoyen, 1975), Figura 2.1.

Los lineamientos básicos de la geología cuaternaria de la región fueron establecidos por Ameghino (1889), Frenguelli (1950), revisados por Fidalgo et al. (1975), y más recientemente por Irigoyen (1993) entre otros. Los sedimentos aflorantes han sido agrupados según el clásico esquema de Pampeano y Postpampeano. La nomenclatura es uno de los principales problemas que existen en el estudio de los depósitos del Cuaternario, hay un gran número de esquemas estratigráficos, variables según la zona estudiada por distintos investigadores. Las unidades cronoestratigráficas se han establecido para otras escalas de tiempo que las del Cuaternario, sin tener en cuenta el diacronismo de los procesos. Además, un mismo término tiene distinto significado para algunos autores, e incluso un mismo autor varía su interpretación de acuerdo a la experiencia adquirida, tal el caso de Frenguelli (Zárate, 2005).

En la Tabla 2.1 puede verse un resumen de la geología de subsuelo y aflorante en el área de estudio y en la Figura 2.2 se muestra el mapa geológico con las unidades aflorantes.

A continuación se describirán brevemente las unidades geológicas teniendo en cuenta la correlación con otras fuentes, litologías, ambiente de depositación, distribución espacial y edad.

2.1. Formación Olivos (Yrigoyen, 1975)

Correlación: "Mioceno rojo" o "Mesopotámico inferior" (Groeber, 1945), niveles superiores de la sección pre-paraneana de Frenguelli (1950).

Litología: Está compuesta por arcillitas pardo rojizas, limonitas y fangos castaños y gris castaños en parte yesíferos con nódulos calcáreos. Hacia la base aparecen niveles de arena con cierto contenido de vidrio volcánico (Yrigoyen, 1993). Esta formación es conocida en la jerga de los perforistas como "el rojo". Intercalan en la misma algunos depósitos marinos que representan pequeños episodios de variaciones del nivel del mar o ingresiones marinas en el período de depositación continental (Nabel y Pereyra, 2000), los que se hacen totalmente dominantes cuando alcanzan el talud continental (Figura 2.3).

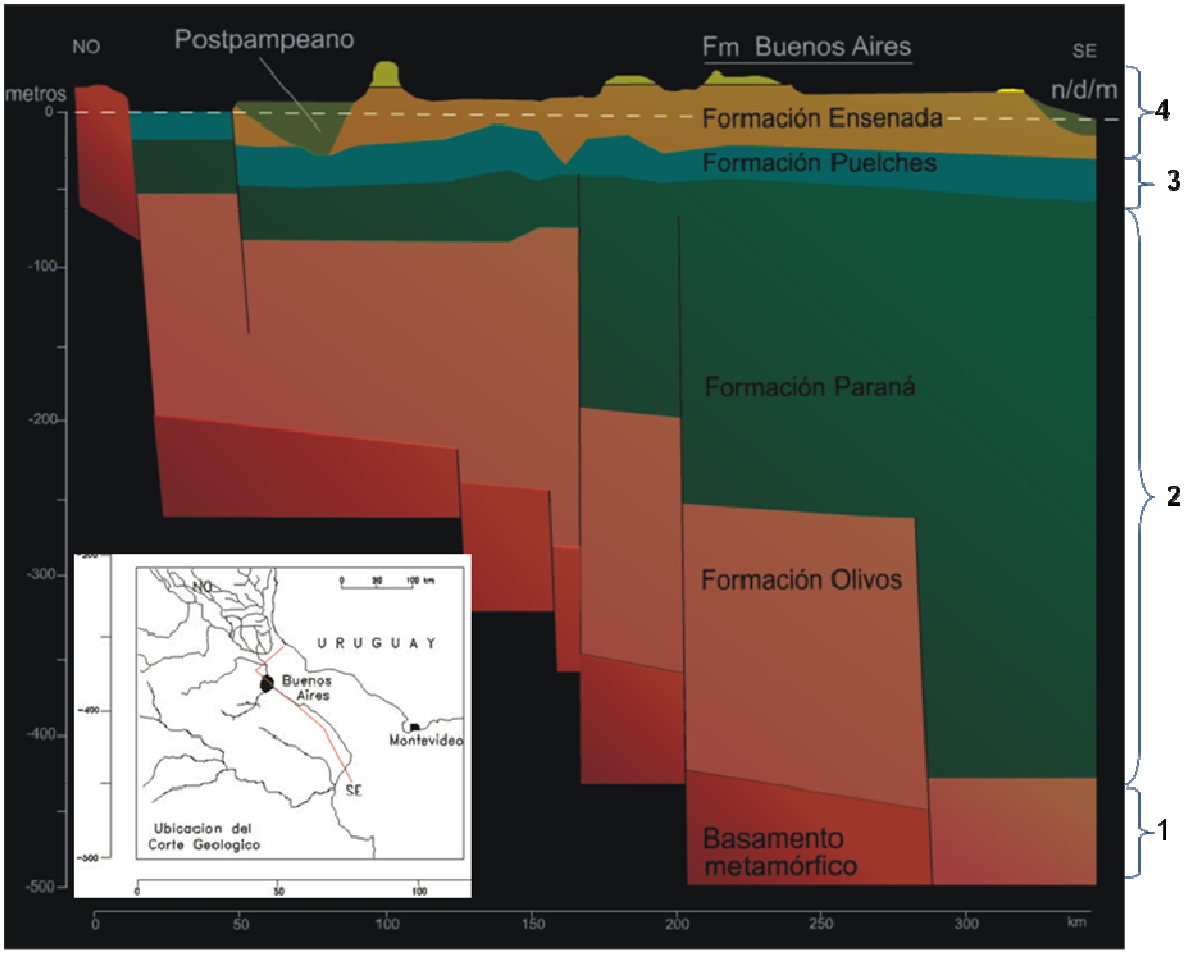


Figura 2.1. Esquena de distribución de las unidades geológicas y los ciclos de sedimentación de Yrigoyen (1993). (Tomado y modificado de Atlas Ambiental de Buenos Aires - http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar))

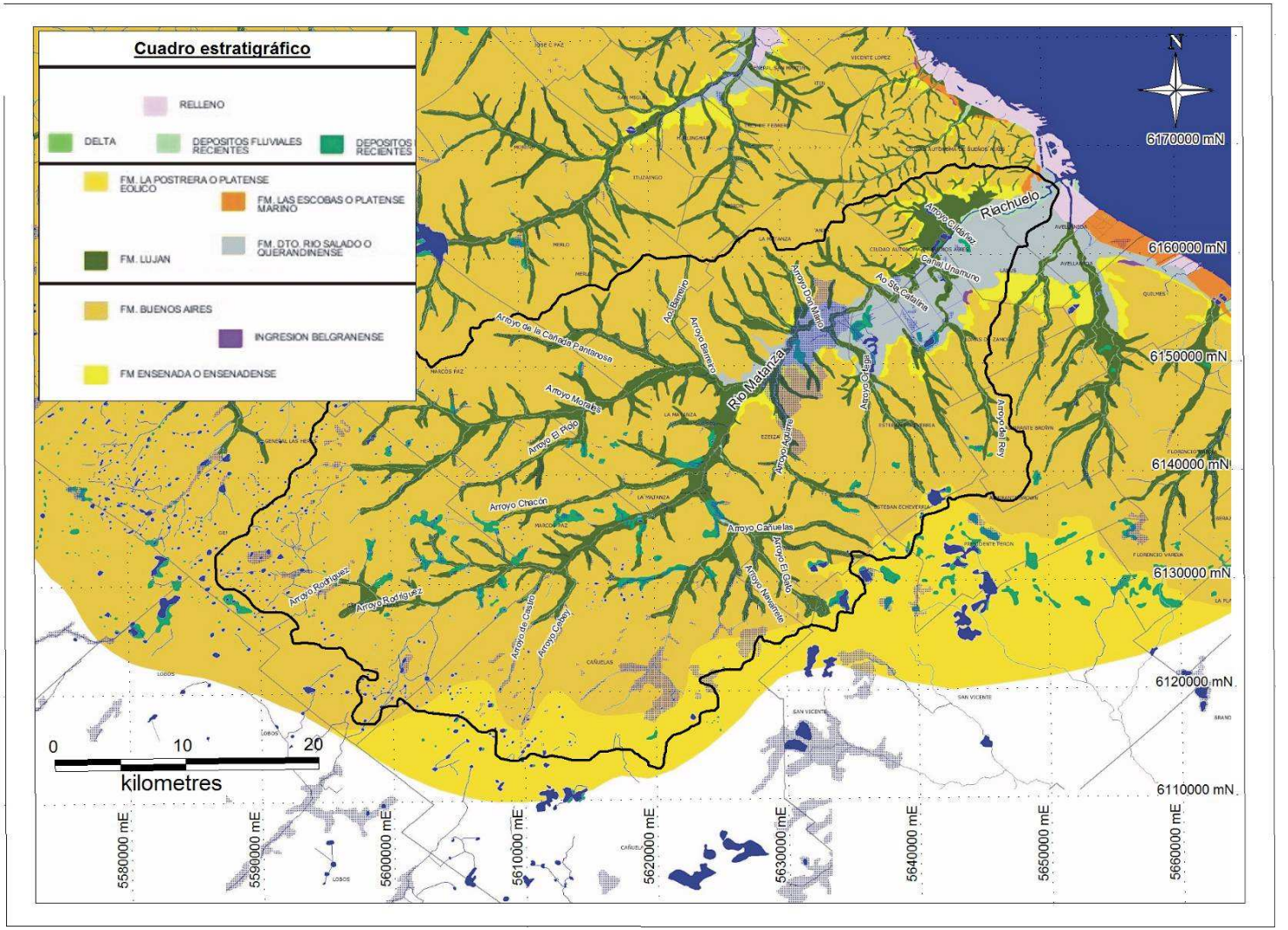


Figura 2.2. Distribución espacial de las unidades aflorantes (Tomado de http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar)

Tabla 2.1. Resumen de la geología en el área de la cuenca Matanza-Riachuelo.

		Ambiente continental	Ambiente marino o transicional
HOLOCENO	Post-pampeano	Fm. La Postrera: Limo-arenosos a arenas limosas de color castaño claro amarillo rojizo, aspecto masivo y friable. **Ambiente: eólico**	Fm. Las Escobas, facies Villa Eliza Arcillas: limosas muy plásticas y adhesivas. **Ambiente: de muy baja energía, aguas salobres, poca profundidad y con aporte de agua dulce**
		Fm. Lujan: Limos y arenas fluviales, con laminación y estratificación entrecruzada. **Ambiente: fluvial con sistemas de canales, planicies aluviales y albardones**	"Ingresión Querandinense": Arcillo-limosos, de coloraciones grisáceas azuladas, con intercalaciones bioclásticas. **Ambiente: estuárico sistemas de planicie de marea y albuferas**
PLEISTOCENO	Pampeano	Fm. Buenos Aires: Loess friable con rasgos pedológicos Limo-arenosos finos con intercalaciones de calcretes. **Ambientes: continentales tanto subáereos como subácueos pertenecientes a llanuras fluviales**	"ingresión Belgranense": Restos de caparazones de bivalvos y gasterópodos, rodeados de tosca con matriz arenosa y secundariamente por arenas y limos arcillosos castaño rojizos. **Ambiente: Depósitos de playa**
		Fm. Ensenada: Loess compacto y rasgos pedológicos Limo-arenosos finos con intercalaciones de calcretes. **Ambientes: continentales tanto subáereos como subácueos pertenecientes a llanuras fluviales**	
PLIOCENO		Fm. Puelches: Arenas finas y medianas cuarzosas, granodecreciente de colores amarillentos a grisáceos y blanquecinos con intercalaciones arcillosas hacia el techo. Culmina con un nivel de arcillas. **Ambiente: fluvial de alta y baja energía, facies de canales y planicie de inundación**	
MIOCENO			Fm. Paraná: Arcillas grises, azuladas y verdosas, compactas y plásticas con intercalaciones arenosas con abundante fosiles marinos. Fracción arcillosa con abundante contenido de cenizas volcánicas alteradas y elevada cantidad de sales. **Ambiente: marino de poca profundidad**
OLIGO-CENO		Fm. Olivos: Arcillitas pardo rojizas, limonitas y fangos castaños y gris castaños en parte yesíferos con nódulos calcáreos. Hacia la base niveles de arena con cierto contenido de vidrio volcánico. **Ambiente: Principalmente eólico con participación fluvial**	
PRECAMBRICO MEDIO		BASAMENTO METAMÓRFICO	

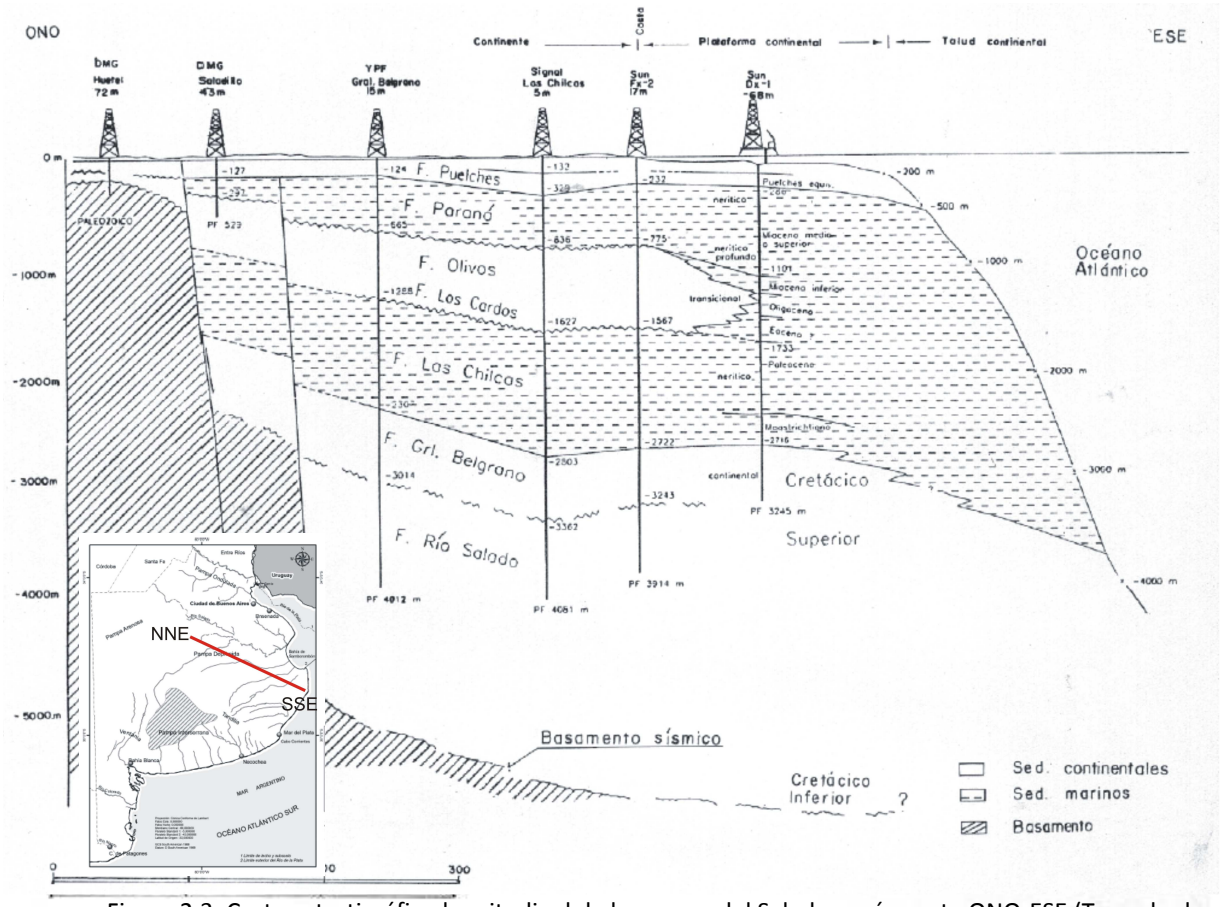


Figura 2.3. Corte estratigráfico longitudinal de la cuenca del Salado según corte ONO-ESE (Tomado de Yrigoyen, 1975).

Ambiente de depositación: Estos sedimentos son de origen continental, preferentemente eólico, de tipo loéssico, aunque no se descarta una proveniencia lagunar (Yrigoyen, 1993). La presencia de arenas medianas y gruesas podría indicar la participación fluvial. Los depósitos continentales pasan transicionalmente a depósitos deltaicos y marinos hacia el talud continental.

Distribución: Las capas rojas continentales son de carácter regresivo y constituyen los depósitos característicos de un estadío de margen pasivo correspondiente a la continua expansión del fondo atlántico (Yrigoyen, 1999). Su distribución abarca al borde norte de la cuenca aulacogénica del Salado llegando al subsuelo de la ciudad de Buenos Aires (Figura 2.4).

De acuerdo a la recopilación de los datos de profundidad en las perforaciones, el espesor en el subsuelo oscila entre 195 y 256 m, registrado el máximo en el eje de la cuenca es de 800 m (Yrigoyen, 1999). La Formación Olivos se apoya sobre el basamento cristalino.

Edad: Los sedimentos de la Formación Olivos se depositaron entre el Oligoceno y Mioceno Temprano.

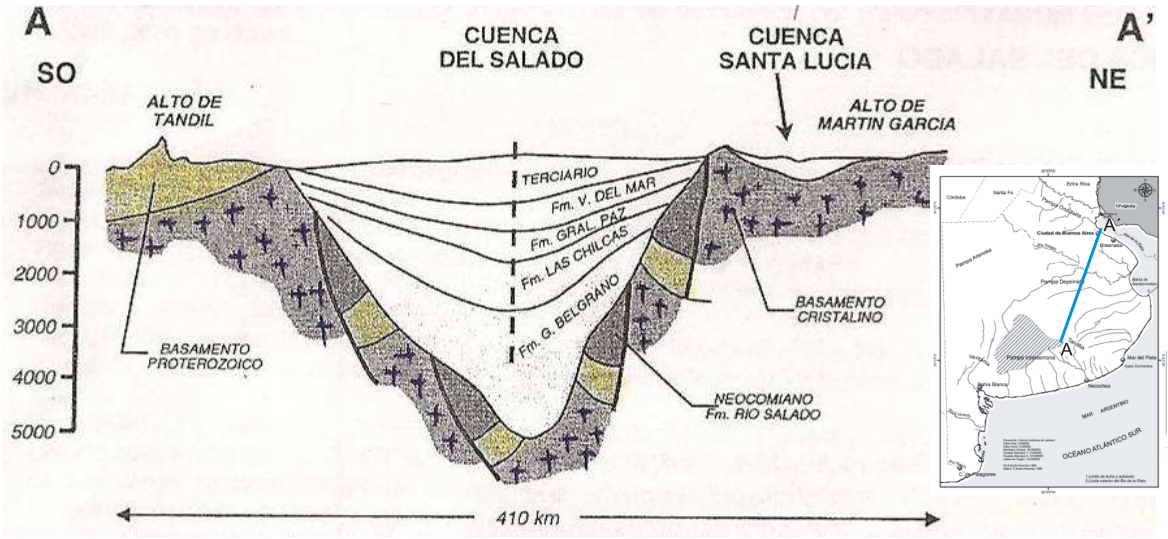


Figura 2.4. Corte esquemático tranversal AA´ (Tomado de Tavella, 2005)

2.2. Formación Paraná (Yrigoyen, 1975)

Correlación: "Mioceno verde" o "El verde mesopotámico superior" (Groeber, 1945). Es equivalente a Serie Paraneana de Frenguelli (1950).

Litología: Corresponde a una sucesión de sedimentos marinos representados por arcillas grises, azuladas y verdosas, compactas y plásticas con intercalaciones arenosas con abundante fósiles marinos. Es conocida como "el verde" por los perforistas. En su fracción arcillosa posee abundante contenido de cenizas volcánicas alteradas con elevada cantidad de sales (Yrigoyen, 1993).

Ambiente de depositación: Los sedimentos de la formación se depositaron en un ambiente marino de poca profundidad, menos de 100 m de agua (Yrigoyen, 1993).

Distribución: Los depósitos se distribuyen de acuerdo al avance de la ingresión marina ocurrida en el Mioceno tardío. Se ubican sobre el continente desde el litoral patagónico, sur de la provincia de Buenos Aires y NE de Córdoba, Santa Fé oeste, sur de Entre Ríos hasta Paraguay y una franja angosta en el SO de Uruguay (Figura 2.5). La Formación Paraná posee un espesor variable, que también va aumentando hacia la cuenca del Salado. De acuerdo a la recopilación de los datos de profundidad en las perforaciones, el espesor en el subsuelo oscila entre 13 y 323 m, con valores máximos en el eje de la cuenca de deposición o MR de 815 m (Yrigoyen, 1999).

Edad: Mioceno medio a superior, ca 10 Ma AP.

2.3. Formación Puelches (Santa Cruz, 1972)

Correlación: Equivale a las "arenas subpampeanas" de Ameghino (1881) y al piso Puelchense de la serie Entrerriana (parte superior) de Frenguelli (1950).
Litología: Está constituida por arenas finas y medianas cuarzosas, granodecreciente de colores amarillentos a grisáceos y blanquecinos con intercalaciones arcillosas. Hacia el techo culmina con un nivel de hasta 13 metros de arcilla registrada en la zona de la cuenca Matanza-Riachuelo.

Figura 2.5. Ingresión marina miocena en territorio argentino (tomado de Aceñolaza, 2000).

Distribución: Se extiende ampliamente en el subsuelo como un manto arenoso continuo reconocido en gran parte de las provincias de Córdoba, Santa Fé, Buenos Aires y la franja oriental de Chaco y Formosa. En un estudio realizado por Santa Cruz et al., (1997) mediante datos de perforaciones de las provincias de Buenos Aires, Cordoba, Santa Fé y Entre Ríos trazaron los límites que se observan en la figura 2.6. Por otro lado Auge et al. (2002) amplian el límite SO entre 30 a 100 Km al SO del río Salado (Figura 2.7). No aflora en el área de la cuenca Matanza-Riachuelo pero se extiende en el subsuelo de la cuenca entre los 13 y 96 m de profundidad con espesores entre 9 y 39 m, obtenidos de la recopilación de los datos de profundidad en las perforaciones, sin tener en cuenta el nivel superior de arcillas.

Ambiente de depositación: Santa Cruz (1972) le asigna a esta formación un origen fluvial. Los sedimentos fueron depositados en un sistema de canales de orientación general NNE-SSO cuya fuente original de materiales provino de sedimentitas

originadas por destrucción del basamento cristalino brasileño. El dominio de los canales principales (mayor tamaño de grano) sería una zona alargada que pasa por el centro geográfico de la ciudad de Buenos Aires. Hay otras zonas que presentan menor tamaño de grano de arena que marcarían sectores de energía más baja que la que imperaba en los canales principales. Mientras que las zonas que presentan intercalaciones pelíticas corresponderían a depósitos de planicie de inundación (ambiente de baja energía) alternado con depósitos arenosos, a veces con grava, que marcarían los antiguos canales principales y secundarios. Los sitios donde predomina el material pelítico estaría representando la planicie de inundación.

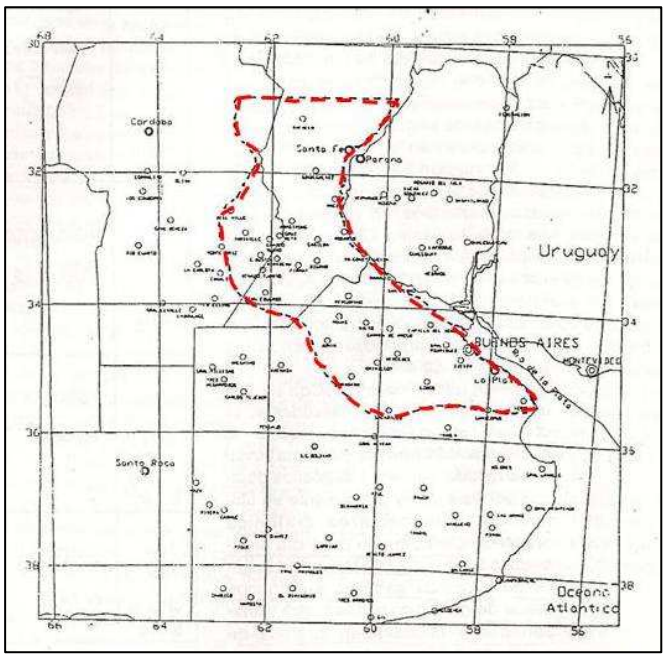


Figura 2.6. Límite de la Formación Puelches (Tomado de Santa Cruz et al., 1997)

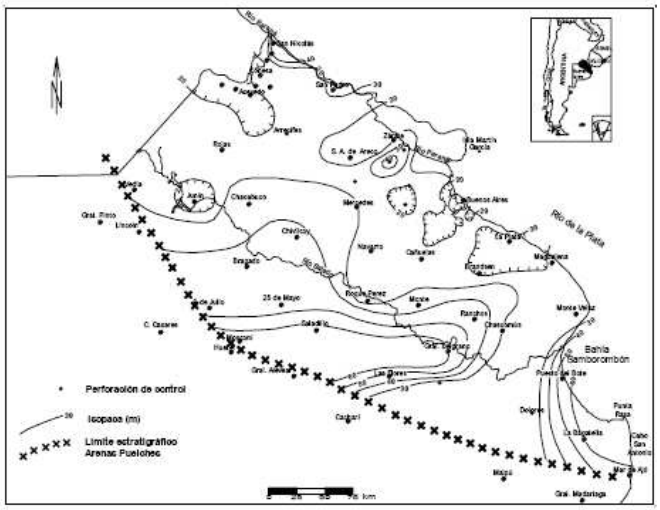


Figura 2.7. Límite SO de la Formación Puelches (Tomado de Auge et al. ,2002)

Los autores Tófalo et al. (2005) reconocen 3 grupos dentro de esta formación, el grupo I (el más antiguo) representa los típicos niveles arenosos de la Formación

Puelches, el III está formado por pelitas consolidadas de depósitos suspensivos en lagunas y pantanos estancos y el II es netamente transicional entre los anteriores (Figura 2.8). Los grupos II y III representan los depósitos finales de la Formación Puelches. El grupo III está constituido por pelitas consolidadas, macizas o con laminación horizontal difusa, de colores que van desde el naranja amarillento oscuro a gris rosados y naranja rosado grisáceos en los niveles más altos. Este grupo se encuentra genéticamente vinculado con los grupos I y II. Los 3 grupos corresponden a subambientes fluviales bien diferenciados textural y mineralógicamente de los sedimentos pampeanos (Tófalo et al. 2005). Por estos motivos estos autores manifiestan que debería descartarse el uso de Preensenadense, Pampeano inferior o Ensenadense basal, que tienden a vincularlos con los sedimentos pampeanos.

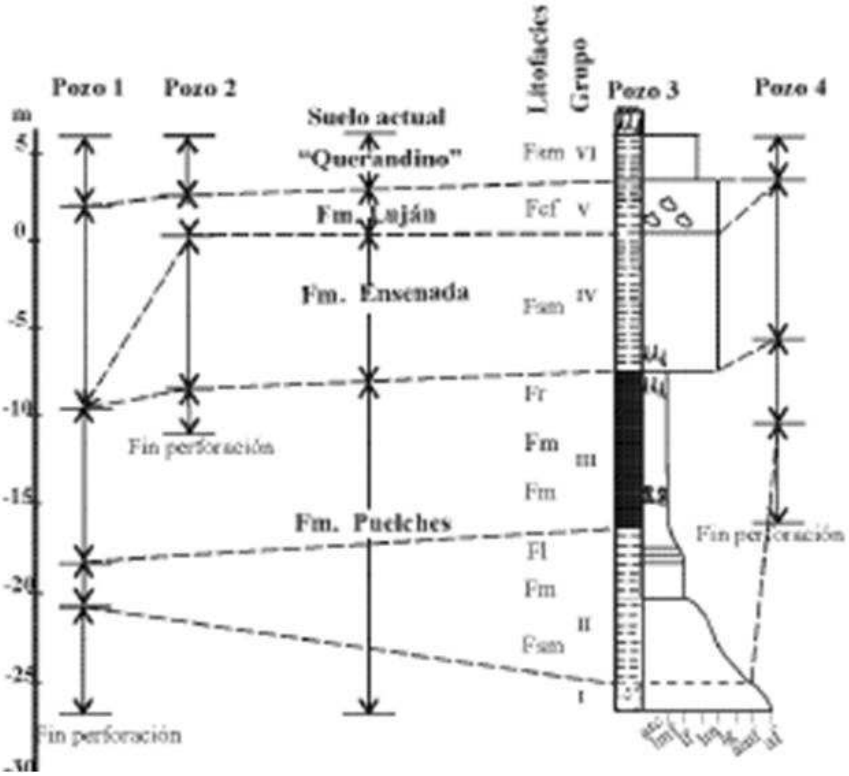


Figura 2.8. Correlación de pozos y perfil geológico (tomado de Tófalo et al., 2005).

Edad: La Formación Puelches está considerada como Plioceno (Tófalo et al., 2005).

2.4. Sedimentos Pampeanos (Fidalgo et al. 1975)

Correlación: Esta unidad agrupa los depósitos conocidos como Ensenadense y Bonaerense (Frenguelli 1957), Formación Pampeana (Gonzalez Bonorino, 1965), Formación Pampiano (Fidalgo et al. 1973a y b), Grupo Pampa (Yrigoyen, 1975), Formación Buenos Aires y Formación Ensenada (Riggi et al., 1986). El reconocimiento, la identificación litológica y la determinación de los límites entre la

Formación Ensenada y la Formación Buenos Aires son aspectos aún debatibles por los distintos especialistas.

Litología y Distribución: Los sedimentos Pampeanos están constituidos por loess, constituidos por limos arcillosos a arcillo arenosos de color castaño a castaño fuerte (7,5YR 5/3 a 7,5YR 4/6). Estos depósitos son homogéneos de aspecto masivo y marcada resistencia. Cuando la granulometría aumenta a arenas muy finas, disminuye rápidamente la proporción de arcillas, siendo los valores de limos entre 40 al 50 % (Riggi et al. 1986). También se observan concentraciones de limo arcilloso en forma de capas continuas más compactadas, estructuradas en bloques con presencia de cutanes arcillosos, de color castaño claro a gris y negro, formando manchas milimétricas y constituyendo en conjunto remanentes de paleosuelos. Estos paleosuelos han sido descriptos por Fidalgo (1983), Nabel et al. (1995), Iriondo y Krohling (1999), Imbelloni y Cumba (2003) y Fucks et al., (2005) entre otros. Una característica de la Formación Pampeano es la presencia de carbonato de calcio (tosca), en forma de cemento como muñecos y venas verticales, subverticales y horizontales y en algunos casos costras. En oportunidades esta disposición de las venas al entrecruzarse ha llevado a la denominación de tosca en enrejado.

La Formación Ensenada está compuesta por limo-arenosos finos, con colores típicos 7.5YR7/4. Muestran un aspecto compacto y presentan numerosos rasgos pedológicos. En algunos sectores de la Formación Ensenada en su techo tiene un potente calcrete que puede superar el metro de espesor, con evidentes estructuras pedogenéticas (Pereyra, 2004). Este calcrete se evidencia morfológicamente ya que en ciertos sectores constituye el piso de los cauces fluviales que atraviesan la planicie loéssica, formando resaltos en el perfil longitudinal de los ríos y arroyos y en el lateral de los valles. Distribución: Los sedimentos de la Formación Ensenada afloran principalmente en los laterales de los valles fluviales y en la parte inferior de la barranca marginal de la planicie loéssica (Figura 2.9). Presenta intercalaciones fluviales y lacustres que le confieren una marcada heterogeneidad. En la ciudad de Buenos Aires se observa en la zona de Belgrano-Nuñez, Recoleta-Retiro y en Parque Lezama y aguas arriba en el valle del río Matanza en la zona de Lugano y Bajo Flores.

En tanto que la Formación Buenos Aires también esta constituida por limos arenosos pero es ligeramente más blanquecina y menos rojiza, típico 7.5YR8/2, así como más friable que la Formación Ensenada. Se distingue de la Formación Ensenada por su posición estratigráfica. Carece de estructuras sedimentarias, salvo para el caso de los paleocauces, pequeños cuerpos lacustres y niveles de arenas eólicas. Distribución: Los sedimentos de la Formación Buenos Aires conforma el tope de la planicie loéssica, salvo en los sectores en los cuales se halla parcialmente cubierta por sedimentos postpampeanos. Esta unidad cubrió como un mando a la Formación Ensenada (Figura 2.9).

Ambiente de depositación: Los sedimentos pampeanos se depositaron en ambientes continentales tanto subáereos como subácueos pertenecientes a llanuras fluviales.

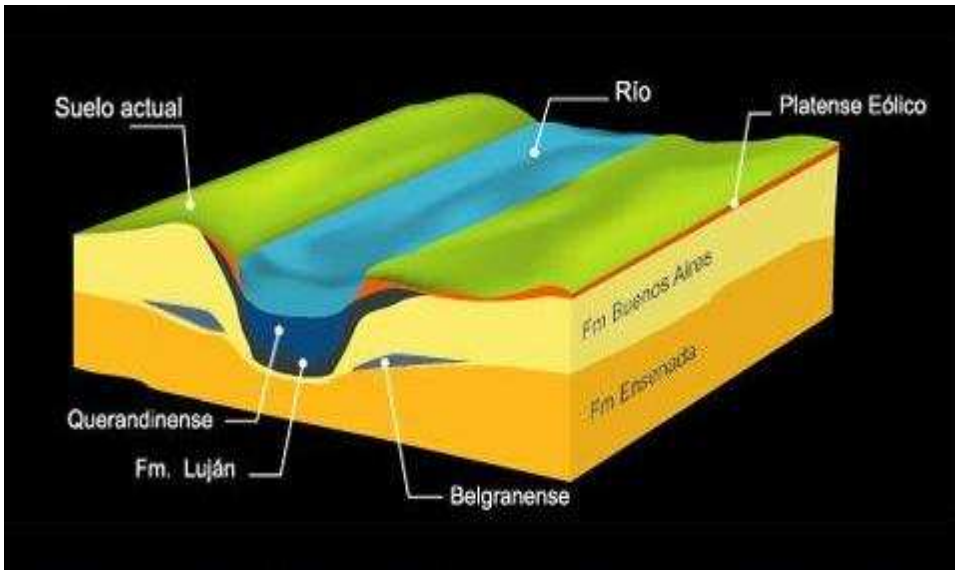


Figura 2.9. Block diagrama de la geología del cuaternario (tomado de http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar)

Edad: La edad de la Formación Pampeano está considerada como Plioceno superior.

2.5. Belgranense (Ameghino, 1889)

Correlación: Se correlaciona con la Formación Pascua de Fidalgo et al. (1973 a y b).

Litología: Está constituida por restos de caparazones de bivalvos y gasterópodos y rodeados de tosca en una matriz arenosa con diferente grado de consolidación y secundariamente por arenas y limos arcillosos castaño rojizos similares a los de la Formación Ensenada. Estos sedimentos se intercalan hacia el techo de la Formación Ensenada o entre ésta y la Formación Buenos Aires. El espesor máximo registrado por Cavallotto (1994) fue de 4,40 m cercano a Río Santiago fuera del límite de la cuenca Matanza-Riachuelo.

Ambiente de depositación: Corresponde a depósitos de playa generados durante el máximo nivel alcanzado por las aguas marinas (Figura 2.10) que entraron por el paleovalle del Río de la Plata durante el último interglacial en el pleistoceno superior.

Distribución: Los depósitos de esta ingresión marina afloran entre las cotas 6 y 8 msnm dispuestos en forma aislada en la cuenca Matanza-Riachuelo. Se hallan intercalados en forma de cuña a lo largo de la costa sur del Río de la Plata con escasa extensión tierra adentro.

Edad: La edad de los depósitos Belgranense es Pleistoceno superior.

2.6. Formación Lujan (Fidalgo et al., 1973 a y b)

Correlación: Se correlaciona con el Platense fluvial de Doering (1882), Ameghino (1889), Frenguelli (1957), el Miembro Superior de la Formación Agua Blanca (De Francesco 1992) y la sección superior de la secuencia Agua Blanca (Zavala y Quattrocchio 2001).

Litología: Está constituida por limos y arenas fluviales, con laminación y estratificación entrecruzada, correspondientes a facies de canales, planicies aluviales y albardones. Se observan intercalaciones más finas de arcillas laminadas con capas de pequeño espesor de materiales orgánicos.

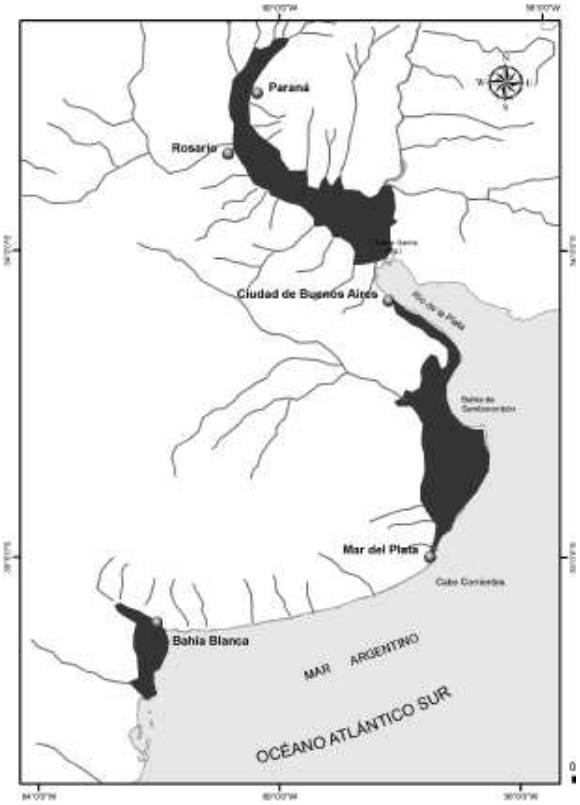


Figura 2.10. Ingresión marina ocurrida en el Pleistoceno y en el Holoceno medio. Zonas negras indican las aéreas alcanzadas por el mar

Fidalgo et al. (1973a y b) reconocen dos miembros: El nivel inferior (Miembro Guerrero) está compuesto por arenas a arenas limosas, castaño amarillento (10YR 5/4) a castaño amarillento verdoso (10YR 6/4), con estratificación entrecruzada y laminación paralela. Este nivel se originó en facies de canal de ambientes fluviales (Dangaus y Blasi 1995, Isla 2002) y es correlacionable con el Lujanense (Ameghino 1889, Frenguelli 1957), y en el ámbito sur bonaerense con la Formación Agua Blanca (De Francesco 1992) y la sección media de la Secuencia Agua Blanca (Zavala y Quattrocchio 2001). El nivel superior (Miembro Río Salado) está compuesto por sedimentos fangosos a fango-arenosos, macizos, de color gris claro (10,5YR 7/2) a gris (10,5YR 5/1). La sedimentación y el contenido paleontológico sugieren un ambiente de escasa energía hasta probablemente lagunar (Fucks y

Deschamps, 2008). Se lo observa tanto en discordancia como transicional sobre el Miembro Guerrero o el suelo desarrollado en éste y sobre la Formación Pampeano.

Ambiente de depositación: corresponde a un ambiente fluvial.

Distribución: Los sedimentos de la Formación Luján se asocian genéticamente a los valles más importantes del sector y están representando el relleno sedimentario de los valles fluviales actuales excavados sobre la formación Pampeano. El contacto con esta formación es una superficie de erosión. Estos sedimentos ocupan los principales valles fluviales como en el caso de los ríos Matanza-Riachuelo, Reconquista y Luján y se hallan cubiertos parcialmente por depósitos fluviales más modernos. En algunos casos los sedimentos aparecen formando un nivel de terraza mientras que aguas abajo se suelen interdigitar con las facies marinas ingresivas del Querandinense. En el río Matanza-Riachuelo aparecen por debajo e interdigitados con depósitos marinos en las cercanías del Puente La Noria, Bajo Flores y Lugano-Mataderos. El espesor de esta unidad varía de un valle a otro, pero generalmente oscila en 3 m (Pereyra 2004).

Edad: La edad de esta formación está comprendida entre el Pleistoceno superior-Holoceno inferior.

2.7. Querandinense (Frenguelli 1957)

Correlación: Formación Atalaya (Parker y Violante, 1990), Formación Querandi (Cortelezzi, 1971) y Formación Destacamento Río Salado (Fidalgo et al., 1973a y b)

Litología: Los depósitos son esencialmente arcillo-limosos, de coloraciones grisáceas azuladas, con intercalaciones bioclásticas. Se apoyan en forma erosiva sobre los “sedimentos pampeanos” e incluso sobre la Formación Puelches (Cavalloto, 1995) y sobre los términos inferiores de la Formación Luján.

Ambiente de depositación: Estos sedimentos se depositaron como consecuencia de la ingresión marina del holoceno medio (Figura 2.10). Tuvo una primera etapa erosiva producida por la ingresión del mar, luego le siguió un evento de depositación de materiales finos arcillosos característico de los estuarios y albuferas. Corresponde a ambientes de planicie de marea y albuferas.

Distribución: El mar ingreso hasta aproximadamente cota 7-8 m, anegando la mayor parte de la zona de los tramos inferiores de los cauces preexistentes como por ejemplo de los ríos Matanza-Riachuelo, Reconquista, Luján, Areco y Arrecifes. En el cauce del río Matanza la ingresión penetro hasta el límite de las localidades de González Catan y Virrey del Pino. En la ciudad de Buenos Aires, aparecen en los valles inferiores de los arroyos Maldonado, Vega y Medrano, y en general en el subsuelo de la parte baja de Belgrano y Nuñez y los bosques de Palermo. Alcanzan espesores del orden de los 20 m en las cercanías de la desembocadura del arroyo Las piedras (Cavalloto, 1995).

Edad: Holoceno medio, 4.060 a 4.240 AP (Di Micco, 1990).

2.8. Formación Las Escobas (Fidalgo et al., 1973a y b)

Correlación: Equivale al piso Platense marino de Frenguelli (1957) y se correlaciona con el miembro Canal 18 de la Formación Las Escobas de Fidalgo et al. (1973a y b).

Litología: Fidalgo et al. (1973a y b) diferencian dos miembros: Uno inferior, esencialmente bioclástico (Mb. Co. de la Gloria) y uno superior, arenoso (Mb. Canal 18). Cavallotto (1995) reconoce en su área de estudio solamente el primero de los miembros y adecua la nomenclatura a su trabajo diferenciando 5 facies: Arroyo Carnaval, Riachuelo, Arroyo Martín, Punta Lara y Villa Elisa. La Fc. Villa Elisa se apoya sobre la Formación Ensenada, Formación Querandi, Fc. Punta Lara y Fc. A. Martín. En la parte inferior de la cuenca Matanza-Riachuelo cercano a la desembocadura aflora la facie Villa Elisa, la cual está integrada por arcillas limosas muy plásticas y adhesivas de colores castaño oscuro con abundantes concreciones de oxido de hierro.

Ambiente de depositación: El ambiente de depositación de estos sedimentos fue generado bajo condiciones de muy baja energía, aguas salobres, poca profundidad y con aporte de agua dulce.

Distribución: Estos sedimentos se depositaron como consecuencia de la regresión marina entre los años 6000 y los 3500 AP. Cavallotto (1995) itentifica 3 rasgos morfológicos por ésta regresión: Llanura de cordones de playa desde Río Santiago hasta Punta Piedras, playas protegidas desde el Riachuelo hasta el límite norte de la zona anterior y estuario interior. Aflora en la desembocadura de la cuenca Matanza-Riachuelo dando origen al rasgo morfológico denominado llanura de fango interior (Cavallotto 1995). El máximo espesor registrado por éste autor fue de 2 m.

Edad: corresponde al Holoceno superior.

2.9. Formación La Postrera (Fidalgo et al. 1973a y b)

Correlación: Se correlaciona con el Médano Invasor (Tapia, 1937), el Platense y Cordobense (Frenguelli 1957), Formación Junín (De Salvo et al. 1969), E1 y E3 (Tricart 1973), parte superior de la Formación Tezanos Pinto y Formación San Guillermo (Iriondo 1980, 1987) y en el sur bonaerense Formación Saavedra (De Francesco 1992), entre las unidades más reconocidas.

Litología: Está compuesta por sedimentos limo-arenosos a arenas limosas de color castaño claro a amarillo rojizo (7,5YR 6/3 a 7,5YR 6/8). Presenta un aspecto masivo y friable, salvo en los sectores edafizados. Cubren parcialmente a los sedimentos de la Formación Buenos Aires. Estos materiales en la zona de estudio no superan el

metro de espesor mientras que en el ambiente de la planicie loéssica, se encuentra totalmente edafizados.

Ambiente de depositación: Corresponde a un ambiente eólico.

Distribución: Esta unidad se presenta en divisorias de aguas y paredes de valles, aunque también ha sido descripta en barrancas de arroyos y ríos (Dangavs y Blasi 1995). Los sedimentos de esta formación se generaron en un ambiente de depositación eólica provenientes de la deflación de los sedimentos pampeanos y los materiales fluviales.

Edad: Estos sedimentos poseen edades comprendidas entre el Pleistoceno superior y el Holoceno superior.

3. HIDROGEOLOGÍA

En este capítulo se presenta la geometría del subsuelo en el ámbito de la cuenca del río Matanza-Riachuelo, las propiedades hidráulicas y un análisis de la información de los pozos de monitoreo de la red de ACUMAR.

Cabe aclarar que la zona de estudio hidrogeológico se extiende a toda la cuenca superficial del río Matanza-Riachuelo y a sectores vecinos que condicionan el flujo subterráneo en las formaciones profundas que no están condicionadas por los escurrimientos superficiales.

3.1. Geometría del subsuelo

Para determinar la geometría del subsuelo se llevo a cabo la recopilación de datos de perforaciones con objetivos geológicos e hidrogeológicos. La información recopilada se procesó y se sintetizó en planillas, las cuales sirvieron de base para la elaboración de mapas isopáquicos y mapas de cotas de techo y base de las unidades hidrogeológicas.

3.1.1. Recopilación de datos y Antecedentes

Para la búsqueda de información de base geológica e hidrogeológica proveniente de perforaciones se recurrió a las siguientes instituciones estatales:

- Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR)
- Instituto Nacional del Agua (INA)
- Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)
- Autoridad del Agua (ADA)
- Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento Rural (SPAR)
- Aguas Bonaerenses S. A. (ABSA)
- Servicio de Hidrografía Naval (SHN)
- Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA) (Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo, Dirección de Planificación, y Archivo de Planos Históricos y Domiciliarios)

Cabe aclara que de las empresas ADA y ABSA no se pudo obtener la información solicitada.

También se recurrió a consultoras privadas encargadas de estudios y perforaciones como Baldoni e hijos, Hidroprospec, Hidroar S.A. y Reynard Hnos. S. A.

Entre la información recolectada se puede destacar:

- Planos de perforaciones realizadas por Obras Sanitarias de la Nación (O.S.N), Dirección General de Minas y Geología (DGMyG)/Dirección Nacional de Geología y Minería (DNGyM), Gas del Estado y Ferrocarriles Argentinos. Los planos datan desde los años 1900 a 1989 y contienen total o parcialmente la siguiente información: ubicación del pozo mediante mapa con intersección de calles, perfil litológico, diseño del pozo, análisis químicos del agua, caudales de explotación, niveles estáticos, nivel piezométricos y calidad de aguas por acuíferos, fechas de comienzo y fin de la perforación, velocidades de avance y características de la máquina perforadora.

- Informes técnicos de perforaciones hecho por contratistas de AySA, ACUMAR y municipalidades. Estos informes contienen total o parcialmente la siguiente información: ubicación de las perforaciones con coordenadas latitud/longitud o Gauss Kruger, mapa de ubicación, descripción litológica metro a metro, perfilaje geoeléctrico, diseño de pozo, ensayos de bombeo, análisis del agua, fechas de comienzo/fin de la perforación y características de la máquina perforadora.

- Recopilación de perforaciones en Tesis doctoral, en ella se encuentran perforaciones citadas del Ministerio de Obras Publicas de la Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables (D.N.C.P.V.N.), del Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (Lemit) y Artaza (1942), entre otros.

- Planillas de cálculo conteniendo datos de pozos provenientes de la Dirección de Planificación y Dirección Medio ambiente y Desarrollo de AySA. Estas planillas contienen pozos de producción, sondeos y pozos de monitoreo en donde figuran nombres, direcciones y ubicaciones en coordenadas Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84.

Además de la información extraída de los planos de perforaciones y de los informes técnicos de contratistas de AySA se consultaron trabajos de investigación, publicaciones del SEGEMAR y trabajos precedentes para ACUMAR. Los principales trabajos y publicaciones consultadas se detallan en la sección de bibliográfica de este informe.

En la Figura 3.1 se muestra la distribución de las perforaciones recopiladas en las instituciones antes mencionadas. En ella se puede observar una distribución espacial heterogénea, con sectores de alta densidad de perforaciones como la cuenca media-baja y el sector de la cuenca alta con carencia de información.

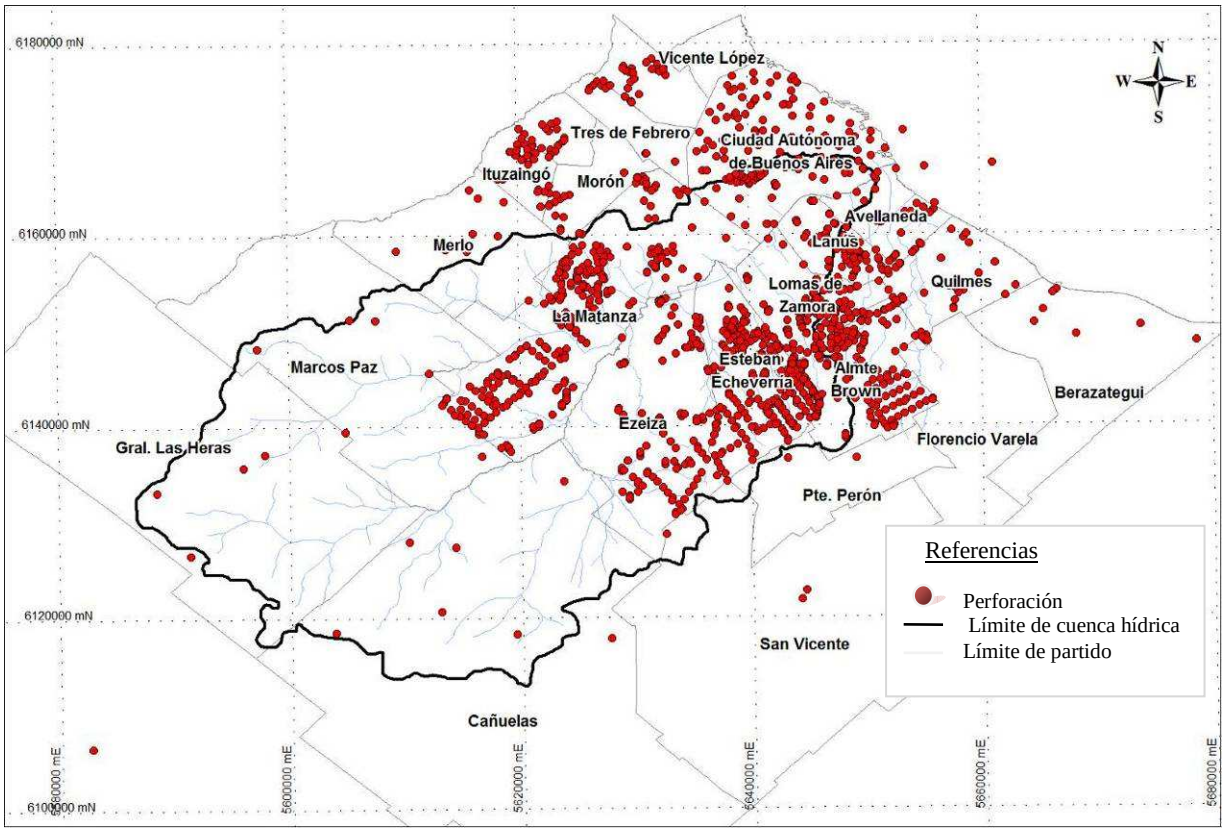


Figura 3.1. Perforaciones recopiladas en el estudio.

3.1.2. Criterios de selección

Para la configuración geométrica se seleccionaron 294 perforaciones de aproximadamente 1900 perforaciones recopiladas y se realizaron además 8 sondeos eléctricos verticales. Las perforaciones incluyen: pozos históricos de exploración, sondeos de reconocimiento, pozos de reconocimiento en el Río de la Plata, pozos de explotación activos, desactivados o cegados y pozos de monitoreo.

La selección de estas perforaciones se realizo asignándole distinto peso valorativo de acuerdo a la calidad de la siguiente información: ubicación del pozo ya sea mediante intersecciones de calles o coordenadas, formaciones geológicas atravesadas, detalle de la descripción litológica, perfilaje geoeléctrico, datos hidráulicos y análisis químicos.

Durante el tratamiento de la información y con el propósito de elaborar un esquema único e integrador de los contenidos mencionados en el punto anterior surgen como inconvenientes las diferentes formas de describir litologías, distintas metodologías de muestreo sedimentológico, desigual clasificación estratigráfica, irregular distribución espacial de las perforaciones, objetivos disparejos y distinta fecha de ejecución de los sondeos. Para salvar estas diferencias se integro la información de las perforaciones usando como criterio único la descripción litológica en lugar de la clasificación formacional.

A partir de este criterio surgieron diferencias en las profundidades de los límites de las capas hidrogeológicas en las perforaciones donde se realizaron perfilaje y en las que no tienen dicha información. Se observa una sobreestimación en la profundidad en las perforaciones donde no se realizo el perfilaje.

En la Tabla 3.1 se muestra el origen de la información y en la Tabla 3.2 se presenta los responsables de ejecución o propietarios de las perforaciones.

Tabla 3.1. Origen de la información de las perforaciones.

Institución	N°Perforaciones
AySA	152
ACUMAR	61
SEGEMAR	15
CONTRATISTAS PRIVADOS	41
SHN-Tesis Cavalloto	18
INA	3
IHLLA	3
SPAR	1
TOTAL	**294**

Tabla 3.2. Responsables de la ejecución o propietarios de las perforaciones.

Institución	N° Perforaciones
AySA	118
O.S.N	61
ACUMAR	55
Particulares	13
DGMyG/DNGyM	12
ABSA	6
Ferrocarriles	3
Municipios	4
Empresas privadas	4
D.N.C.P.V.N.	4
Bco. Hipotecario	3
Lemit	2
Direc. de Hidráulica Bs As	1
Gas del Estado	1
Sin Determinar	7
TOTAL	**294**

Para la ubicación de las perforaciones de AySA, OSN, DGMyG/DNGyM, SPAR, Gas del Estado y Ferrocarriles Argentinos se utilizo el programa Google Earth, que

trabaja con el Datum WGS84. A partir de la información brindada en los planos mediante intersección de calles y distancias referenciadas a un punto, se extrajo las coordenadas en latitud/longitud y en grados decimales.

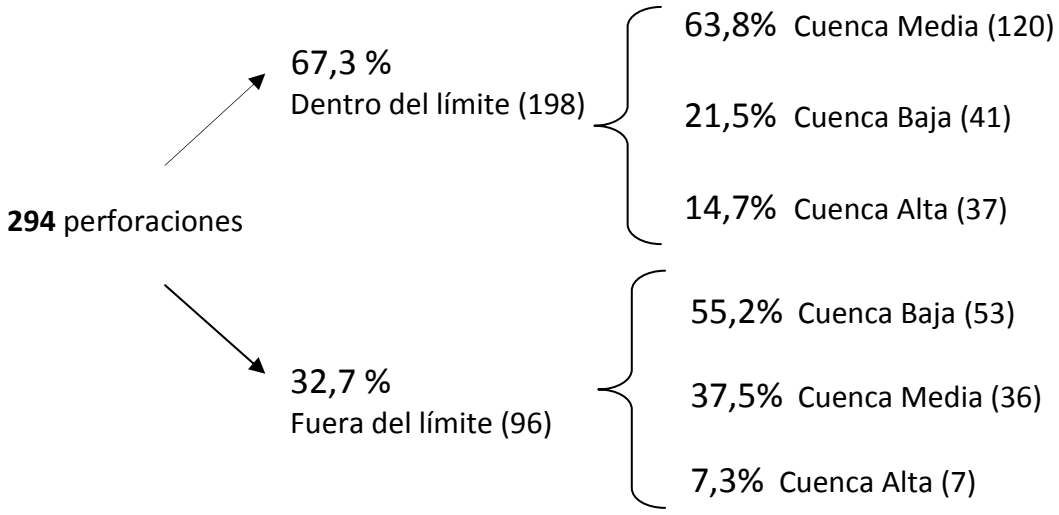
De los informes realizados por contratistas de AySA y ABSA se reubicaron los pozos utilizando también el programa Google Earth. Para los pozos que no pudieron ser ubicados de esta forma se utilizaron las coordenadas provistas por base de datos de AySA.

Posteriormente todas las coordenadas de las perforaciones fueron convertidas al sistema Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84.

Para la determinación de las cotas topográficas de las perforaciones se empleo el programa TOPO (desarrollado por la Universidad Politécnica de Cataluña, España) que interpola el valor a partir de las curvas topográficas digitalizadas del IGM. Los valores interpolados fueron validados con los datos de niveles de las perforaciones cuando existiesen.

Con la información proveniente de las perforaciones seleccionadas se confeccionaron dos tablas (Anexo A). La Tabla A.1 contiene la información general, profundidad perforada, fecha de perforación, por quien fue provista la información y el ejecutor y/o propietario. La Tabla A.2 contiene datos hidrogeológicos, como espesores y profundidad de las distintas litologías. Esta información junto con la información generada por el estudio geoeléctrico sirvió de base para la confección de mapas isopáquicos y de la geometría de los acuíferos en el contexto del sistema hidrogeológico.

La distribución de las perforaciones seleccionadas en el estudio, algunas dentro de la cuenca hídrica superficial y otras no, es la siguiente (Anexo B, Mapa B.2):



Cabe destacar que la división de la cuenca en subcuencas alta, media y baja se baso en el criterio usado por ACUMAR, las cuales las divide según los siguientes partidos:

- Cuenca alta: Cañuelas, Gral. Las Heras, Gral. Perón, San Vicente, Marcos Paz.

- Cuenca Media: La Matanza, Morón, Esteban Echeverría, Alm. Brown, Merlo, Ezeiza y los partidos vecinos no pertenecientes a la cuenca superficial (Ituizangó, Morón, Hurlingan).
- Cuenca Baja: Cuidad Autónoma de Buenos Aires, Avellaneda, Lomas de Zamora, Lanús y los partidos vecinos no pertenecientes a la cuenca superficial (Quilmes, Berazategui, Gral. San Martin, Tres de Febrero)

3.1.3. Estudio geoeléctricos específicos

El estudio se realizó en el sector sudoeste de la cuenca Matanza-Riachuelo, donde hay carencia de información. El objetivo del mismo fue detectar en base a sondeos eléctricos verticales (SEV) la presencia del acuífero en los sedimentos de la Formación Puelches, observando el contacto con los Sedimentos Pampeanos en la parte superior y con la Formación Paraná en el límite inferior.

El estudio consistió en ocho sondeos eléctricos verticales (SEV), dos de los cuales se realizaron en inmediaciones de perforaciones de perfil litológico conocido. Estos dos SEV permitieron ajustar la interpretación respecto a la posición y resistividad de las capas geoeléctricas.

Los SEV se ubicaron de manera de cubrir zonas sin información entre los pozos exploratorios perforados en los partidos de Gral. Las Heras, Cañuelas, Marcos Paz y San Vicente (Tabla 3.3, Figura 3.2). La Figura 3.3 muestra vistas de las trazas de los SEV1, SEV5 y SEV8.

Los SEV se realizaron mediante la metodología de Schlumberger. El instrumental utilizado consta de una fuente de 250 watts de potencia, un milivoltímetro y un miliamperímetro de precisión. La apertura de alas se determinó de acuerdo a los valores de resistividad aparente que se iban obteniendo, con el objeto de lograr una buena definición de las distintas capas resistivas en profundidad; todos los SEV tuvieron una apertura AB de 800 m.

El análisis de los datos obtenidos en campo se realizó por medio de los programas de computación Zohdy y IPI2WIN. Ambos programas utilizan diferente métodos de ajuste y de la aplicación de los mismos se obtuvo el modelo final para cada sondeo eléctrico. Fundamental para la interpretación fueron los dos SEV paramétricos realizados junto a pozos de perfil conocido (SEV: 2 y 4).

Tabla 3.3. Coordenadas y ubicación de los sondeos eléctricos verticales

SEV	Este	Norte	Ubicación	Partido
1	5.633.832	6.123.846	Sobre camino vecinal a 5 km al N de RP6	San Vicente
2	5.629.654	6.118.247	Cercano al pozo 2P	Cañuelas
3	5.594.729	6.124.157	Camino vecinal a Villa Colon	Gral. Las Heras
4	5.603.372	6.118.049	Cercano al pozo 1P	Cañuelas
5	5.607.137	6.134.738	Sobre camino vecinal a 900 mts de RP 6	Gral. Las Heras
6	5.592.706	6.142.549	Sobre camino vecinal a 7.8 km al SO del acceso a Villar	Gral. Las Heras
7	5.606.995	6.147.603	Av. Patricios y Gral. Bosh	Marcos Paz
8	5.624.213	6.127.097	Sobre camino vecinal a 3.5 km de RP205	Cañuelas

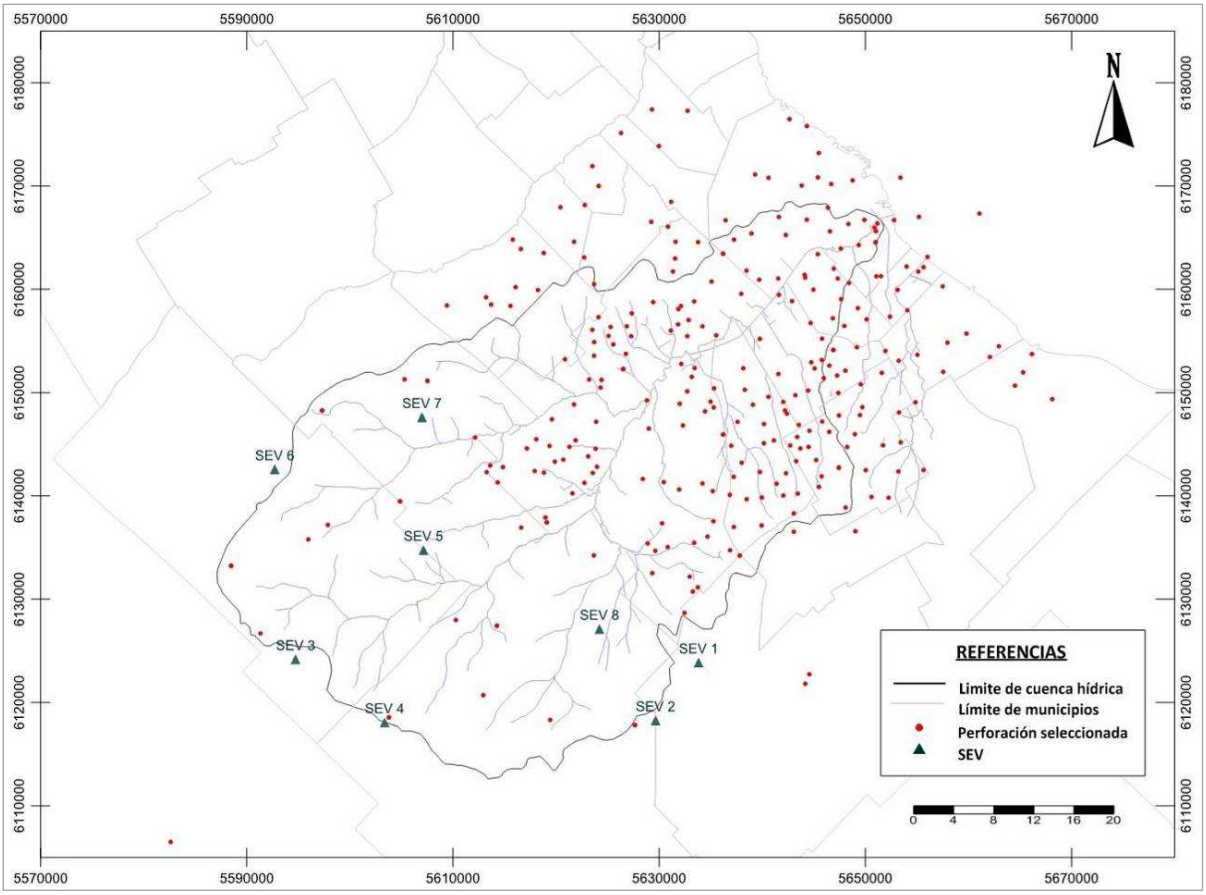


Figura 3.2. Ubicación de sondeos eléctricos verticales y perforaciones seleccionadas

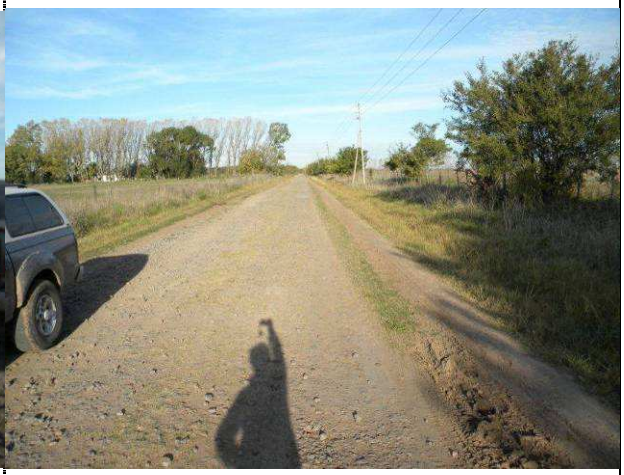
SEV 1. Vista Norte

SEV 1. Vista Sur

SEV 5. Vista SE

SEV 5. Vista NO

SEV8. Vista NO



SEV8. Vista SE

Figura 3.3. Vistas de la operación durante la ejecución de los SEV.

En el Anexo C se presentan las tablas con los resultados obtenidos de la interpretación de los SEV ejecutados, las curvas de resistividad aparente obtenidas

en campo y las curvas interpretadas con la superposición de la curva de campo y la curva modelada de los distintos SEV.

Los sondeos realizados mostraron una muy baja resistividad aparente, las mayores resistividades se observan al comienzo de la curva y en algunos casos se puede ver el ascenso hacia el final del sondeo (Anexo C, Figuras C.1, C.9, C.13 y C.15)

La interpretación en general se ha resuelto con modelos de 5 a 7 capas resistivas. La observación de las arenas Puelches ha sido dificultosa en algunos SEV debido a que sus espesores no son muy importantes en algunos casos. Esta capa es delgada y profunda por lo que a veces la curva no permite su visualización.

En los SEV se observa en general la primera y a veces una segunda capa resistiva compuesta por materiales no saturados. Luego se puede ver los sedimentos saturados compuestos por limos, limos arcillosos y limos con tosca correspondientes a los Sedimentos Pampeanos. La resistividad de estos sedimentos es baja salvo excepciones como el SEV 1 donde predominan valores entre 7 y 11 ohm m. Estos sedimentos a veces presentan dos tipos de resistividades como se ha observado en el SEV 1, donde una primera capa presenta baja resistividad (10 ohm m) y la subyacente alta resistividad (30 ohm m). Por debajo de los sedimentos pampeanos se presentan las arenas Puelches, con resistividades de 11 a 54 ohm m y de hasta 32 m de espesor. Estas arenas se apoyan sobre la Formación Paraná la cual es predominantemente arcillosa por lo que las resistividades son en general bajas, salvo en algunos sondeos donde se ha observado que presentan resistividades más elevadas debido a posiblemente la presencia de niveles arenosos o de gravas en las arcillas.

En base a las interpretaciones realizadas se definió el espesor para las arenas Puelches en cada SEV. En la Tabla 3.4 se muestran las resistividades asignadas a estas arenas y los espesores de las mismas. Las resistividades obtenidas van de 11 ohm m en el caso del SEV 6, a 54 ohm m en el SEV 1. Los espesores varían entre 13 m en el SEV 7 a 32 m en el SEV 5 y la profundidad al techo entre 47.2 m (SEV 5) y 76 m (SEV 3).

Tabla 3.4. Espesores de las Arenas Puelches según interpretación de los SEV.

SEV	Resistividad (ohm m)	Espesor (m)	Prof. al techo (m)	Prof. a la base (m)
1	54.1	24.4	53.8	78.2
2	15	17	58.2	75.2
3	12	24.7	76.3	101
4	17.1	13.9	73.3	87.2
5	36.7	32.8	47.2	80
6	11	20.5	61.2	81.7
7	20	13	67	80
8	23.4	26.9	48.6	75.5

3.1.4. Geometría de las unidades hidrogeológicas

El análisis de la información antecedente y generada permitió verificar y detallar la geometría del sistema hidrogeológico respondiendo al esquema ya planteado por varios investigadores para el sector noreste de la provincia de Buenos Aires tal como Sala J., Santa Cruz, J., Yrigoyen M., Auge, M. y Hernández, M. entre otros. Con base en el análisis se delimitaron tres capas de similar comportamiento hidrogeológico las cuales coinciden parcialmente con las unidades hidrogeológicas (Tabla 3.5).

- Capa 1, sedimentos post-pampeanos y pampeanos.
- Capa 2, Arcillas.
- Capa 3, Arenas y arena con intercalaciones arcillosas y limosas.

La Capa 1 corresponde a los sedimentos post-pampeanos y pampeanos. La primera está formada por Limos arenoso-arcilloso loessoide, color verde grisáceo y la segunda por un manto de loess uniforme de grano fino y homogéneo, color pardo rojizo y limos arenosos, rojos pardos a verdosos con escasos restos fósiles e intercalaciones de tosca.

Los sedimentos post-pampeanos a su vez pueden ser diferenciados en esta capa ya que poseen una permeabilidad equivalente menor (Anexo A, Tabla A.2).

En su base la capa 1 se pone en contacto con las arcillas cuspidales de la Formación Puelches (Tofalo et al., 2005). El espesor de la capa 1 varía de 13 a 70 metros. Los espesores máximos se encuentran al SO de la cuenca en los partidos de Gral. Las Heras y Cañuelas; y van disminuyendo hacia el NE hasta alcanzar los 13 m en el partido de Avellaneda en la localidad de Villa Dominico (Figura 3.4)

La Capa 2 corresponde al techo de la Formación Puelches (Tófalo et al., 2005), está integrada por arcillas limosas de color generalmente gris a verdosa. Los espesores varían de 0 a 13 metros. Esta capa es bastante irregular respecto al espesor, presentando sectores con espesor nulo (Figura 3.5). Las zonas con mayor discontinuidad en esta capa se ubican principalmente en Avellaneda y en la unión de los partidos de Lanús, Lomas de Zamora y Quilmes. Otras zonas con espesores nulos se observan en los partidos de Cañuelas y Gral. Las Heras, pero debido a la poca densidad de perforaciones no pudo determinarse su extensión. La profundidad del techo de esta capa medida desde la superficie varía desde los 13 a 72,86 metros.

La Capa 3 corresponde a las arenas Puelches integrada por arenas cuarzosas, castaña amarillenta a blanquecinas de gran selección granulométrica con intercalaciones arcillosas y limosas hacia el techo. Esta secuencia de intercalaciones de arenas, arcillas y limos puede ser diferenciada ya que confiere a la capa una menor permeabilidad equivalente que las arenas cuarzosas (Anexo A, Tabla A.2).

Tabla 3.5. Litología y unidades hidrogeológicas, modificado de Santa Cruz et al. (1997) y adaptado a Tófalo *et al*. (2005)

Geología	Características	Sección Hidro-geológica	Comportamiento Acuífero	Capa
POST-PAMPEANO	Limo arenoso-arcilloso loessoide, color verde grisáceo.	EPIPUELCHES	**Freático** / **Acuitardo**	**1**
PAMPEANO	Manto de loess uniforme de grano fino y homogéneo, color pardo rojizo. Limos arenosos, rojos pardos, y verdosos con escasos restos fósiles.	EPIPUELCHES	**Semiconfinado**	**1**
FORMACIÓN PUELCHES	Arcilla gris verdosa	EPIPUELCHES	**Acuitardo**	**2**
FORMACIÓN PUELCHES	Arenas Puelches: Arenas finas y medianas con intercalaciones de arcillas y limos.	PUELCHES	**Semiconfinado?**	**3**
FORMACIÓN PUELCHES	Arenas Puelches: Arenas finas y medianas cuarzosas, micáceas granodecrecientes. Pardo Amarillentas.	PUELCHES	**Semiconfinado**	**3**
FORMACIÓN PARANÁ	Arcillas gris azuladas y verdosas confinantes. Niveles inferiores arenosos finos y medianos, con fósiles marinos.	HIPOPUELCHES	**Acuicludo** / **Semiconfinado** / **Acuicludo**	
FORMACIÓN OLIVOS	Arcillas y areniscas rojas con estratos yesiformes y carbonato de calcio. Arenas medianas.	HIPOPUELCHES	**Acuitardo** / **Semiconfinado**	
BASAMENTO	ROCAS IGNEAS METAMÓRFICAS		**Acuifugo**	

La profundidad del techo de la capa 3 varía desde los 15 a los 96 metros y el espesor total entre 8 a 39 metros. La zona con mayor espesor se encuentra al SE de la ciudad Autónoma de Buenos Aires, hallándose la perforación con el máximo espesor en Cañuelas. Localmente no se pudo establecer una tendencia, pero regionalmente Auge et al. (2002) muestran espesores máximos de 60 m hacia el centro de la cuenca del río Salado (Figura 3.6).

La Figura 3.7 muestra una imagen tridimensional de la geometría de la cuenca vista desde la costa del Río de la Plata.

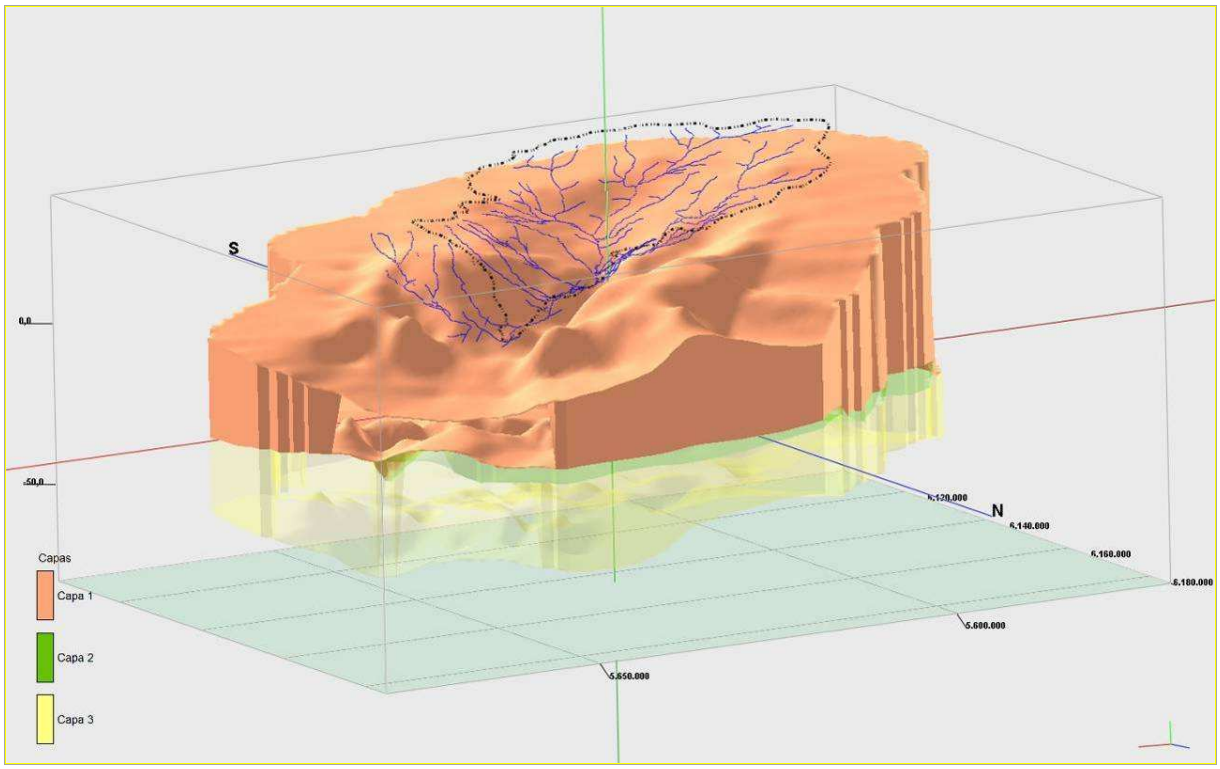


Figura 3.4. Vista de la Capa 1. Exageración vertical 400x.

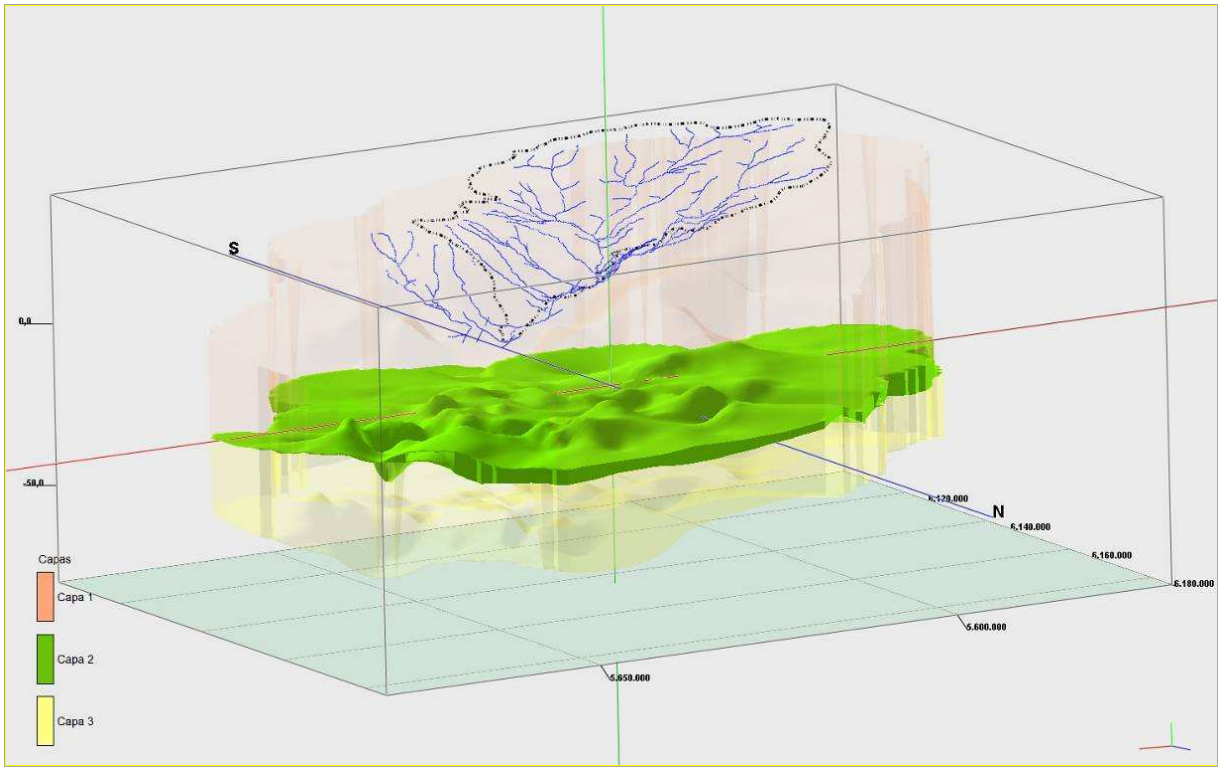


Figura 3.5. Vista de la capa 2. Exageración vertical 400x.

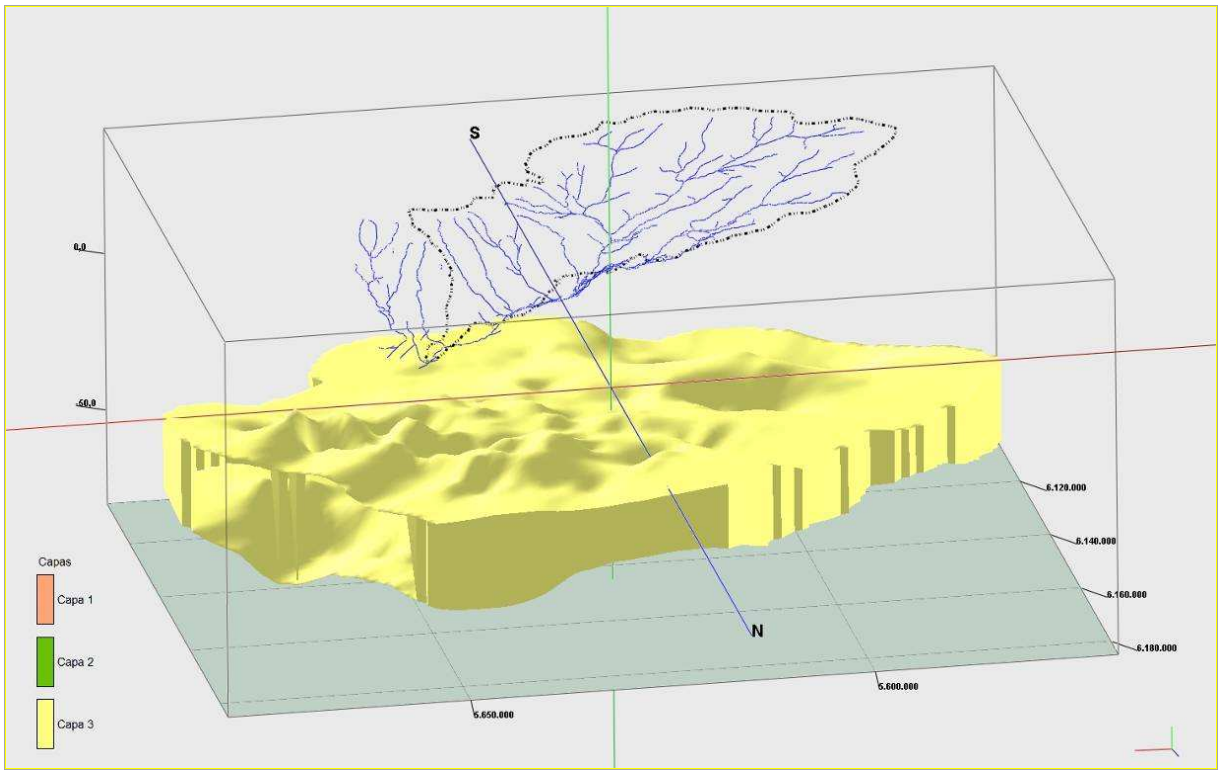


Figura 3.6. Vista de la capa 3. Exageración vertical 400x.

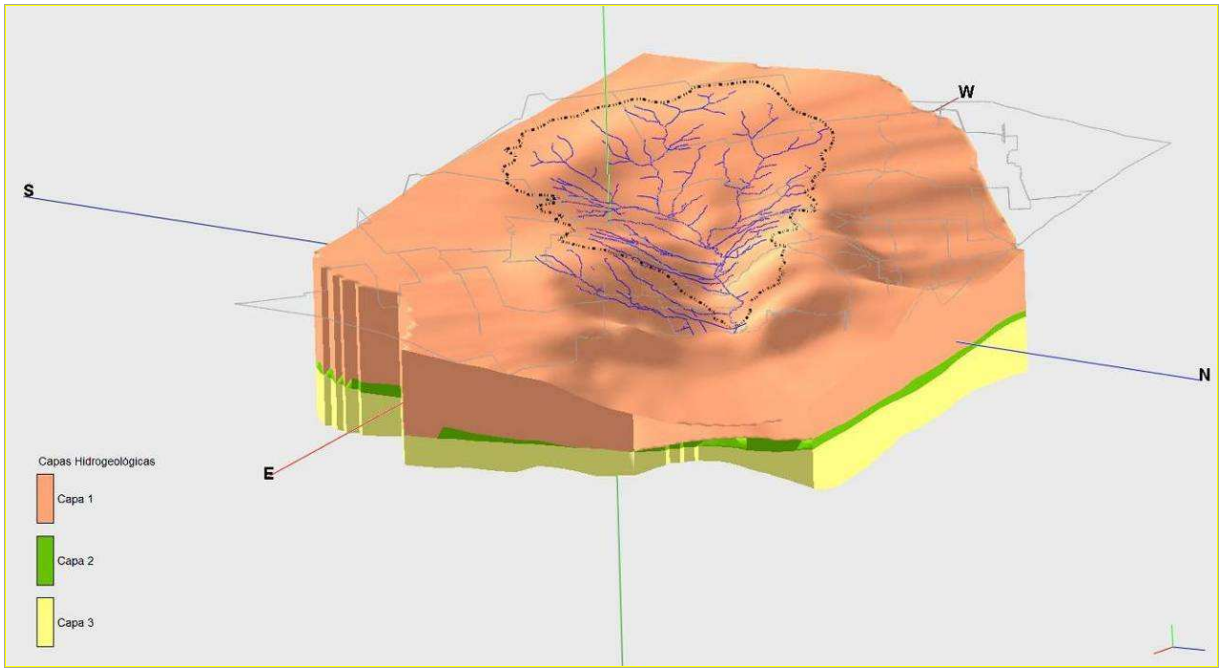


Figura 3.7 Vista general de la cuenca Matanza-Riachuelo desde el Río de la Plata (exageración vertical 400x). Se superpone el límite hídrico de la cuenca (línea de trazo negra), límites de partidos (línea continua gris) y cursos de agua (línea continua azul).

Se elaboraron mapas isopáquicos mostrando los espesores de cada capa descripta (Anexo B, mapas B.4 a B.6) y mapas de cotas del techo de la Capa 2; y techo y base de la Capa 3 (Anexo B, mapas B.7 a B.9). Asimismo, se realizaron cinco secciones geológicas que permiten observar la geometría de las capas en la cuenca Matanza-Riachuelo (Anexo D), dos cortes longitudinales al río Matanza-Riachuelo (secciones AA´ y BB´) y tres cortes transversales que cruzan el eje principal de la cuenca (secciones CC´, DD´ y EE´).

3.2. Propiedades hidráulicas

Se relevó la información antecedente respecto a valores de los parámetros hidráulicos de las diferentes formaciones. En las tablas 3.6 y 3.7 se presentan los valores de conductividad hidráulica y transmisividad por autores, donde se observa la dispersión de los valores de conductividad hidráulica (de 3-10 m/d) y de transmisividad (de 60-200 m^2/d) para el acuífero freático o Pampeano. Para el acuífero confinado Puelches la conductividad hidráulica varía de 20 a 60 m/d y la transmisividad de 200 a 800 m^2/d, con un máximo de 2700 m^2/d (Auge et al, 2002). Respecto al acuitardo, Fili et al. (1999) estimaron en 6 10^{-5} m/d la conductividad hidráulica en una región al sur de la provincia de Santa Fe. De acuerdo con el comportamiento libre del acuífero Pampeano (superior o freático) y confinado del acuífero Puelches se adoptaron los valores del coeficiente de almacenamiento de 0.1 y 10^{-3}, respectivamente.

Tabla 3.6. Propiedades hidráulicas del Acuífero Pampeano, por autores.

Autor	Conductividad hidráulica (m/d)	Transmisividad (m^2/d)	Área de estudio
Auge y Mugni (1987)	3-10	200	Marcos Paz
Bitesnik (1987)	7-16		Centro Atómico Ezeiza
Fili *et al*. (1999)	4		Sur de Santa Fe
Mauro y Sánchez (1999)	5		San Lorenzo, Santa Fe
INA-ETOOS (2003)	5-10	100-200	Conurbano bonaerense
INA (2004)		60	Esteban Echeverría (L.Guillén)
Kruse (2007)		200	Cuenca Matanza Riachuelo
Hidroar (2009)		100-150	Cuenca Matanza Riachuelo
UNLP (2009)		200	Cuenca Matanza Riachuelo
Menéndez (2010)	5		Cuenca Matanza Riachuelo

Tabla 3.7. Propiedades hidráulicas del Acuífero Puelches, por autores.

Autor	Conductividad hidráulica (m/d)	Transmisividad (m^2/d)	Área de estudio
EASNE (1973)		594	Cuenca media y superior Río Matanza
EASNE (1973)		428	Cuenca Inferior Río Matanza
Auge y Hernandez (1983)	20		Provincia de Buenos Aires
Bitesnik (1987)	20-60	500-700	Centro Atómico Ezeiza
Santa Cruz *et al.* (1997)		500	Área Metropolitana Buenos Aires
Fili *et al*. (1999)	17.5		Sur de Prov. de Santa Fe
Mauro y Sánchez (1999)	22		San Lorenzo, Santa Fe
Auge *et al.* (2002)	30	200-2700	Provincia de Buenos Aires
INA-ETOOS (2003)	25	300-500	Conurbano Bonaerense
Auge (2004)	25	500	CABA
Kruse (2007)		500-800	Cuenca Matanza Riachuelo
Hidroar (2009)	20	500	Cuenca Matanza Riachuelo
UNLP (2009)		500	Cuenca Matanza Riachuelo
Menéndez (2010)	20		Cuenca Matanza Riachuelo

3.3. Análisis de la piezometría

El análisis de la piezometría se realizó con base a la información de 15 pares de pozos construídos a los acuíferos Puelche y freático, y 30 pozos al acuífero freático, pertenecientes a la red de monitoreo de ACUMAR instalada desde mayo 2008 (Figura 3.8).

El trabajo de la UNLP (2009) describe que el flujo regional del sistema para ambos acuíferos, freático y Puelche, tiene dirección sudoeste a noreste. Según este estudio, en el sector medio y bajo de la cuenca el acuífero superior esta, en parte controlado por los cursos superficiales, mientras el acuífero inferior esta menos condicionado al escurrimiento superficial y las principales alteraciones responden a la explotación, principalmente en la parte media de la cuenca. Asimismo observan que los mayores gradientes se presentan al norte de la cuenca baja.

En las figuras 3.9 a 3.12 se presentan los hidrogramas de todos los pozos de observación de la red de monitoreo, agrupando en las dos primeras figuras los puntos correspondientes a los pares freatico-puelche y en las restantes dos figuras, los puntos al acuífero freático.

La variabilidad de los hidrogramas se debe fundamentalmente a la recarga natural en la cuenca alta y media, pero en la cuenca baja asi como en otros sectores de la cuenca se debe a factores antrópicos además de la recarga natural. La precipitación, que condiciona la recarga natural, presenta durante el año 2008 (794 mm) un valor

inferior a la media histórica (984 mm), pero para el 2009 (1031 mm) como el 2010 (993 mm) tienen valores levemente superiores.

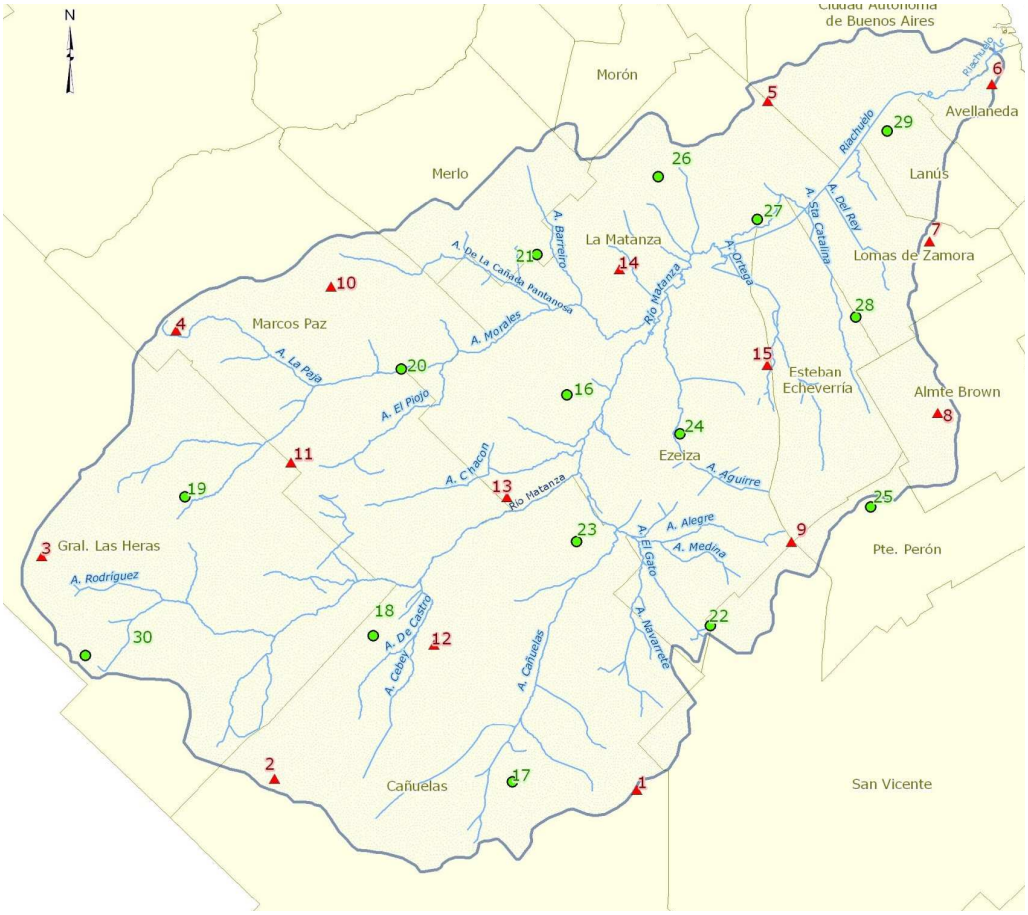


Figura 3.8.Pozos de la red de monitoreo de ACUMAR en la cuenca Matanza-Riachuelo (extraído de UNLP, 2009). En rojo los sitios que monitorean freático y Puelche, en verdes los sitios que monitorean solo el freático.

Todos los hidrogramas responden de forma similar, a excepción de los piezómetros ACUMAR-006, ACUMAR-020 y ACUMAR-029. Estos sitios posiblemente estén influenciados por factores que producen una respuesta diferente. Los restantes hidrogramas muestran la misma variabilidad, con el nivel inferior en junio 2009, el pico en octubre de 2010 y un segundo descenso en mayo 2011. La amplitud de la variabilidad es igual o mayor en el acuífero freático que en el Puelches, a excepción del punto ACUMAR-010. Además se observa que la amplitud es mayor en los piezómetros situados próximos al límite de la cuenca superficial. La profundidad de los niveles es menor en la parte central de la cuenca y en cercanía de los cursos principales.

Los niveles en el acuífero Pampeano (superior o freático) son siempre superiores al del acuífero confinado o Puelches, lo que indica un flujo de agua descendente en el periodo 2008 al 2011. En los piezómetros ACUMAR-001 y ACUMAR-012 los niveles correspondientes a los acuíferos Freático y Puelches son prácticamente iguales, posiblemente debido a que están situados en una zona donde el acuitardo presenta una transición geológica suave.

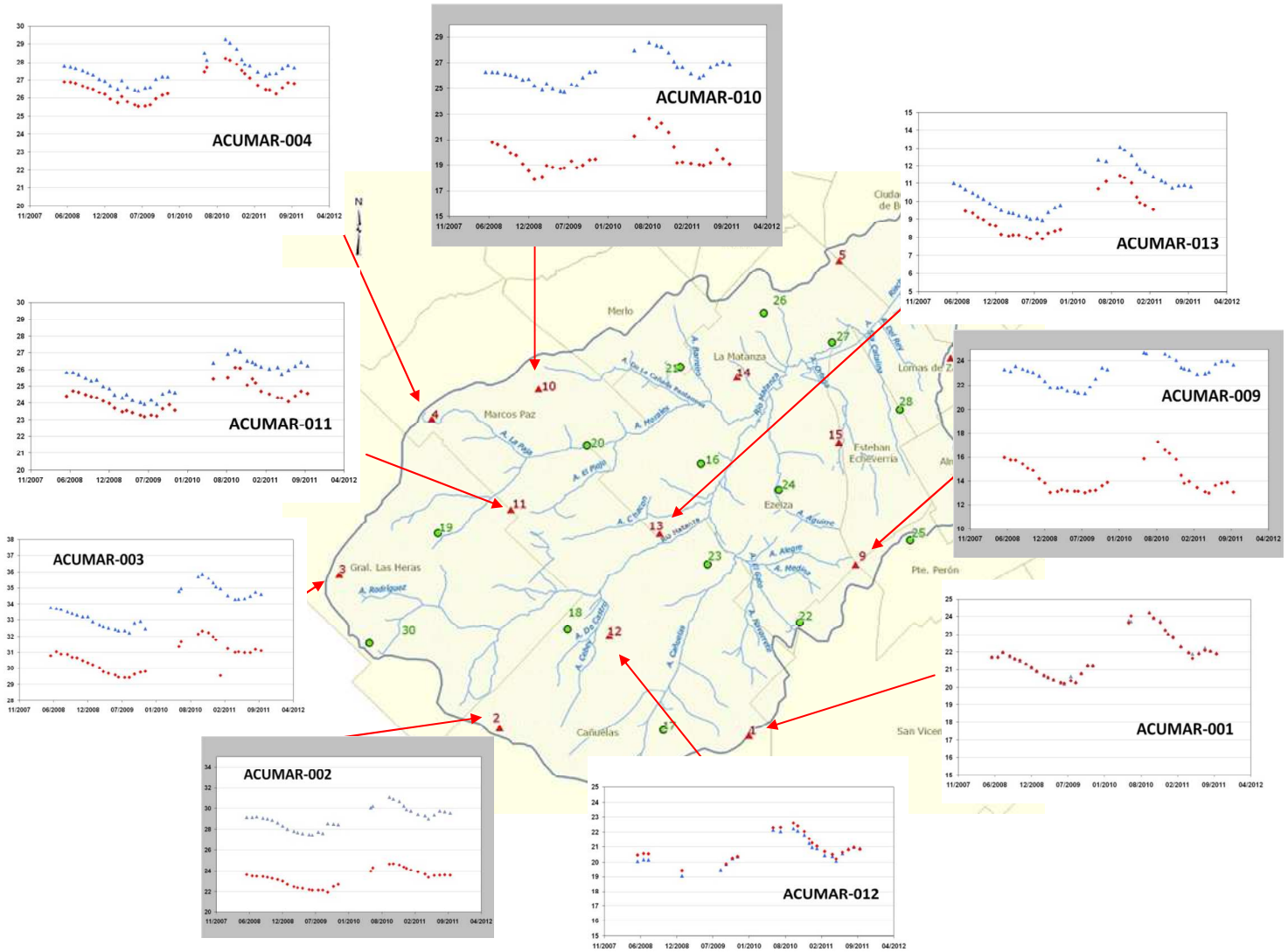


Figura 3.9. Mapa de la cuenca Matanza-Riachuelo con hidrogramas de los pozos de la red de monitoreo de ACUMAR. Las curvas azules corresponden a los niveles del acuífero freático y las rojas al Puelches. La equidistancia en vertical es de 1 m a excepción de los hidrogramas con borde gris que es de 2 m.

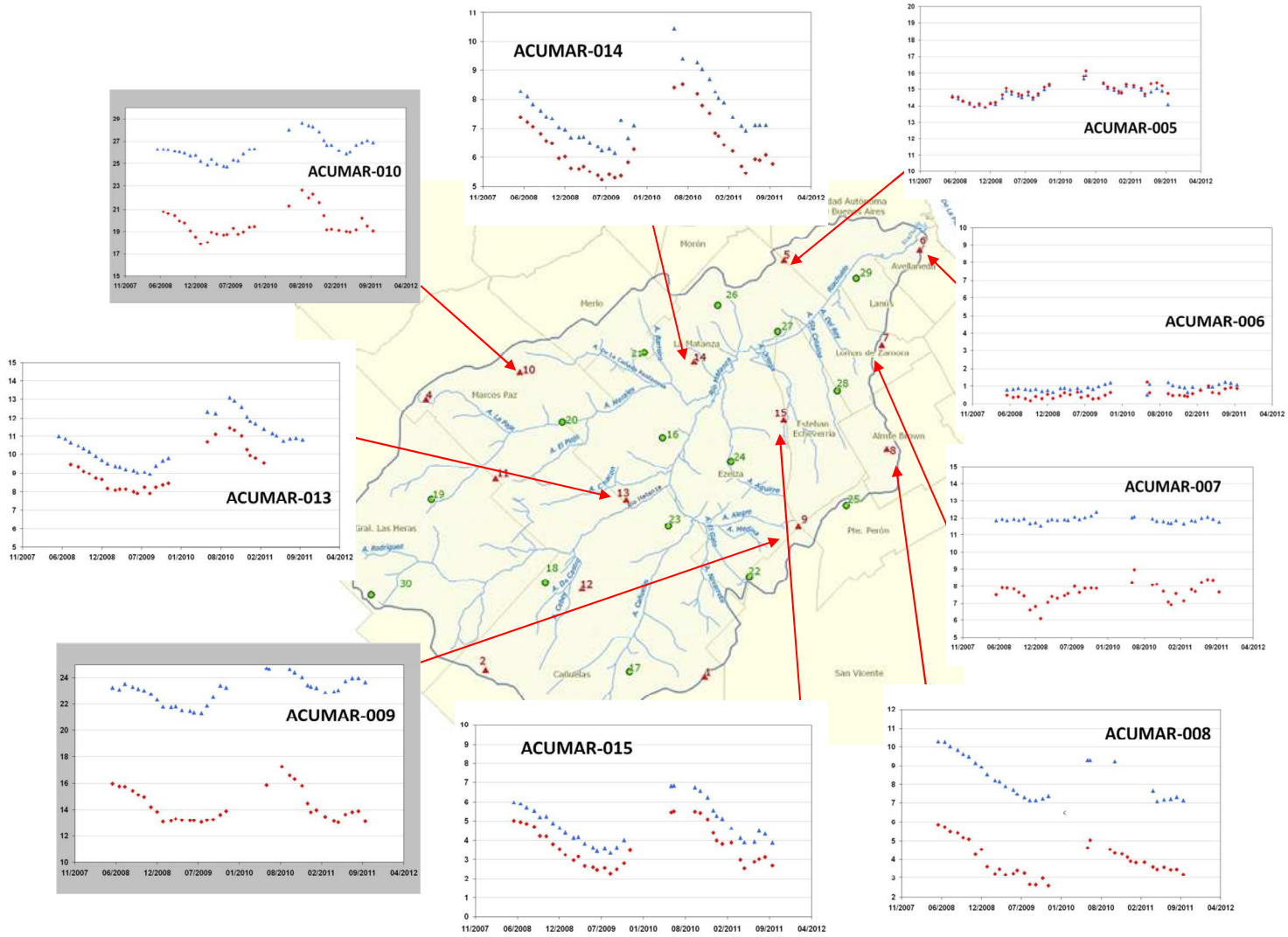


Figura 3.10. Mapa de la cuenca Matanza-Riachuelo con hidrogramas de los pozos de la red de monitoreo de ACUMAR. Las curvas azules corresponden a los niveles del acuífero freático y las rojas al Puelches. La equidistancia en vertical es de 1 m a excepción de los hidrogramas con borde gris que es de 2 m

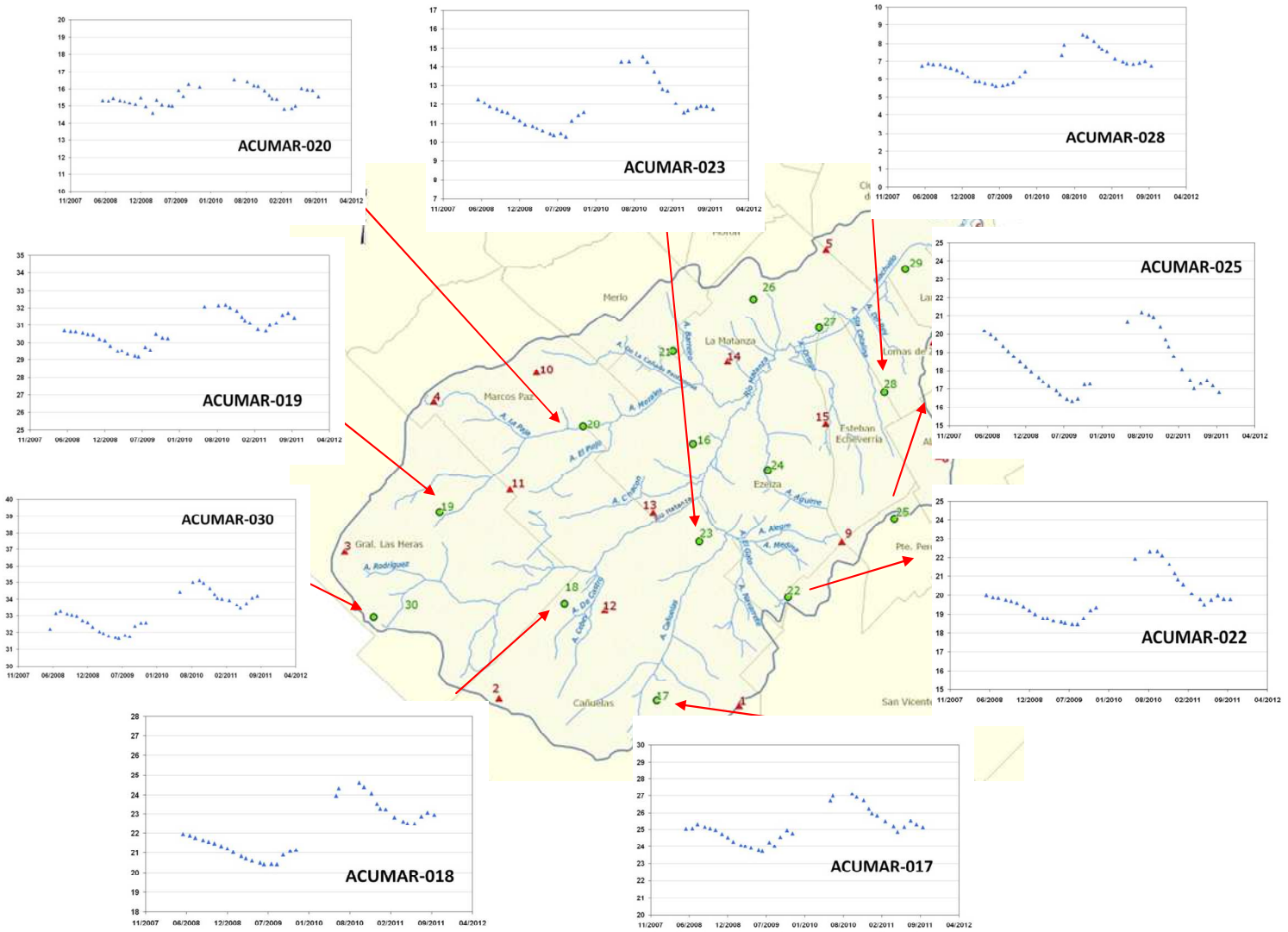


Figura 3.11. Mapa de la cuenca Matanza-Riachuelo con hidrogramas de niveles del acuífero freático correspondientes a los pozos de la red de monitoreo de ACUMAR. La equidistancia en vertical es de 1 m

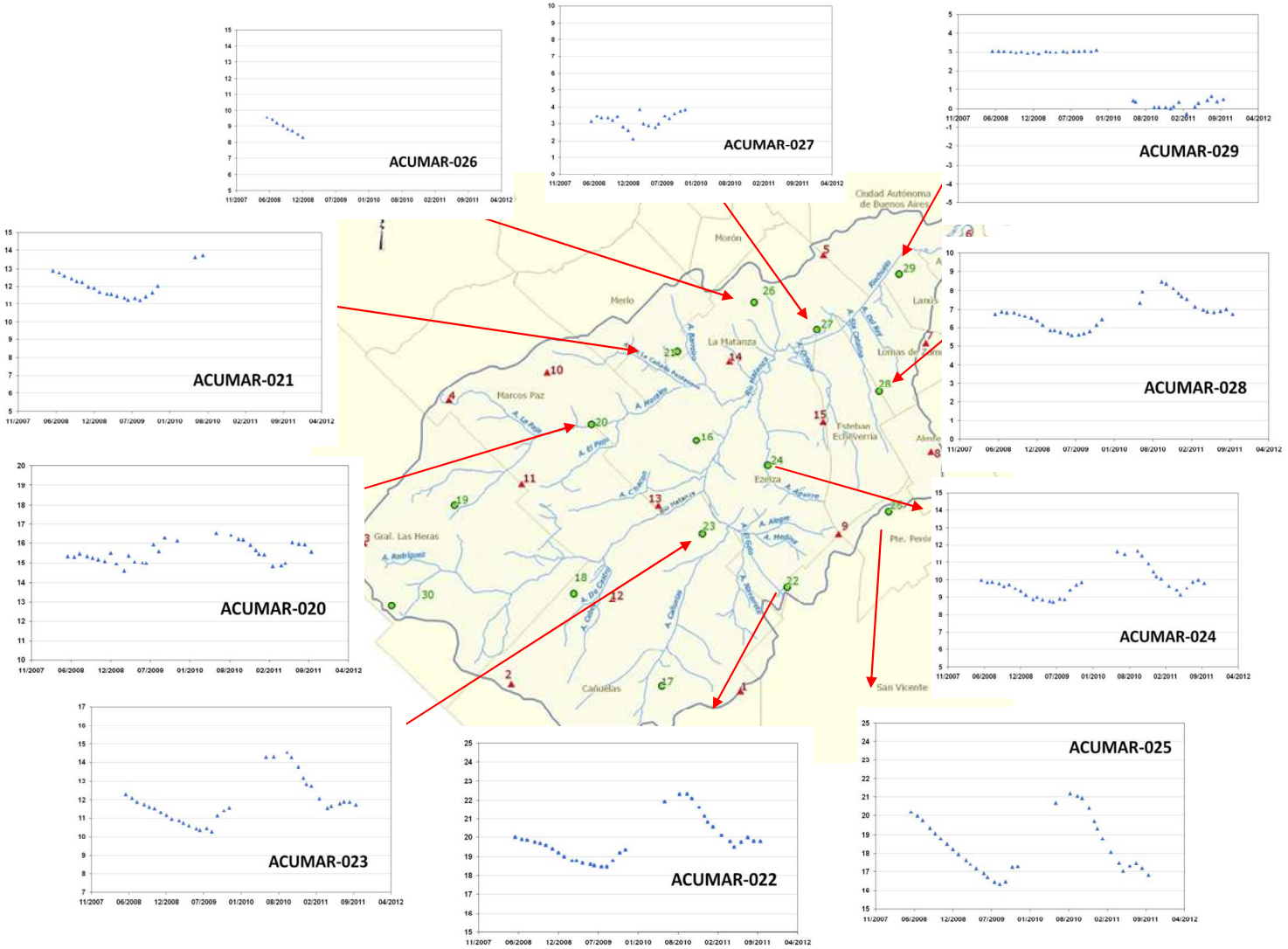


Figura 3.12. Mapa de la cuenca Matanza-Riachuelo con hidrogramas de niveles del acuífero freático correspondientes a los pozos de la red de monitoreo de ACUMAR. La equidistancia en vertical es de 1 m.

4. ESTUDIO DE LA RECARGA

En este capítulo se aborda la recarga, proceso fundamental que condiciona el moviendo del flujo subterráneo y que se integra por elementos naturales y antrópico. Para el tratamiento de este tema se definió una metodología para el cálculo de la recarga de la zona rural y urbana del área de estudio.

4.1. Factores que controlan la recarga

4.1.1. Clima

La provincia de Buenos Aires presenta un clima templado pampeano, con veranos templado-calurosos, inviernos frescos y vientos predominantes del este y del noreste. Las áreas orientales son más húmedas dado que se producen las mayores precipitaciones mientras que hacia el oeste el clima es más árido

En el noreste de la provincia existen estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) estrechamente vinculadas a la cuenca Matanza - Riachuelo (El Palomar Aero, Buenos Aires, Aeroparque, Ezeiza Aero, San Fernando y La Plata). En la Tabla 4.1 se especifica la información de cada una de ellas y en la Figura 4.1 se presenta la ubicación de las mismas.

Tabla 4.1 – Información de las Estaciones Metereológicas del SMN en el área de estudio

Estación	Lat	Long	Cota [msnm]	N^{ro} OMM	Precipitación diaria	ETP diaria
San Fernando	34.27	58.35	3	87553	1995/2011	N/D
El Palomar Aero	34.36	58.36	12	87571	1956/2011	N/D
Ezeiza Aero	34.49	58.32	20	87576	1956/2011	1956/2009
Aeroparque	34.567	58.5	6	87582	1956/2011	1956/2009
Buenos Aires	34.583	58.5	25	87585	1906/2011	1956/2009
La Plata Aero	34.58	57.54	19	87593	1959/2011	N/D

El análisis de las precipitaciones en el período común a todas las estaciones entre 1956 y 2008 muestra que la zona más húmeda se sitúa próxima a la estación Buenos Aires, con una media anual de 1193 mm (ver Anexo E); para dicho análisis se descartó la estación de San Fernando por no contar con una serie de datos extensa. La distribución espacial de la lluvia muestra un gradiente en los valores totales anuales y mensuales en dirección suroeste a noroeste, asociado a la distancia a la línea de costa. Este descenso de precipitación se observa en la estación Ezeiza Aero, la cual se encuentra alejada de la costa (Figura 4.1), donde la media anual es de 1008 mm.

El análisis de las precipitaciones muestra que para la zona de estudio es necesario contar (cuando exista un dato confiable) por lo menos con dos estaciones meteorológicas: una ubicada en la zona costera y otra en el centro o cabecera de la CMR para poder describir la variación de precipitación en el área. Las dos

estaciones adecuadas para este estudio son las estaciones de Buenos Aires (datos confiable y larga serie histórica) y la Ezeiza Aero (por su ubicación). En la Figura 4.2 se muestran las precipitaciones cronológicas anuales y medias anuales de ambas estaciones consideradas en el trabajo.

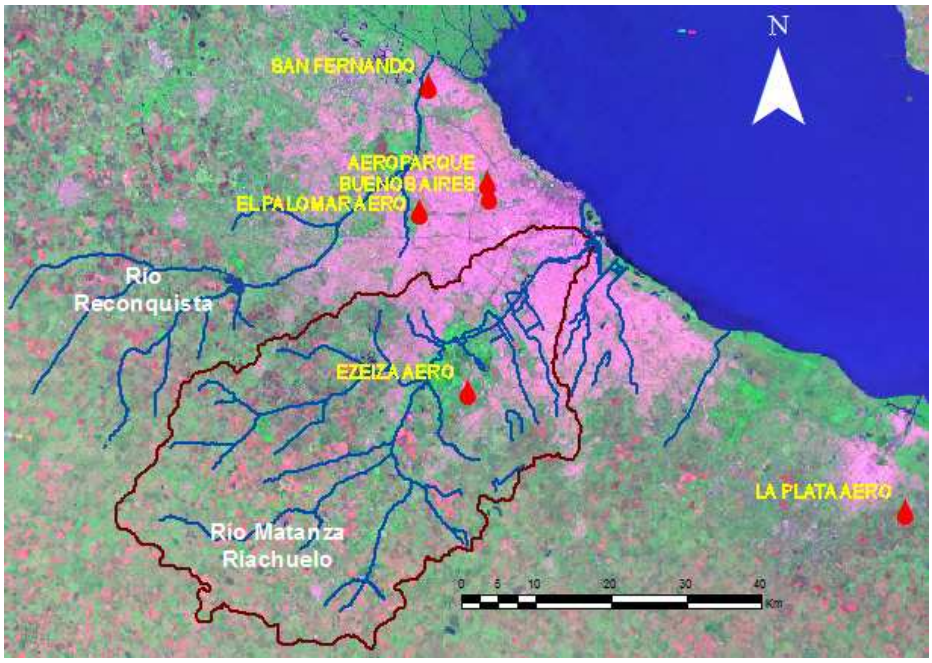


Figura 4.1 –Estaciones del SMN en el área de estudio

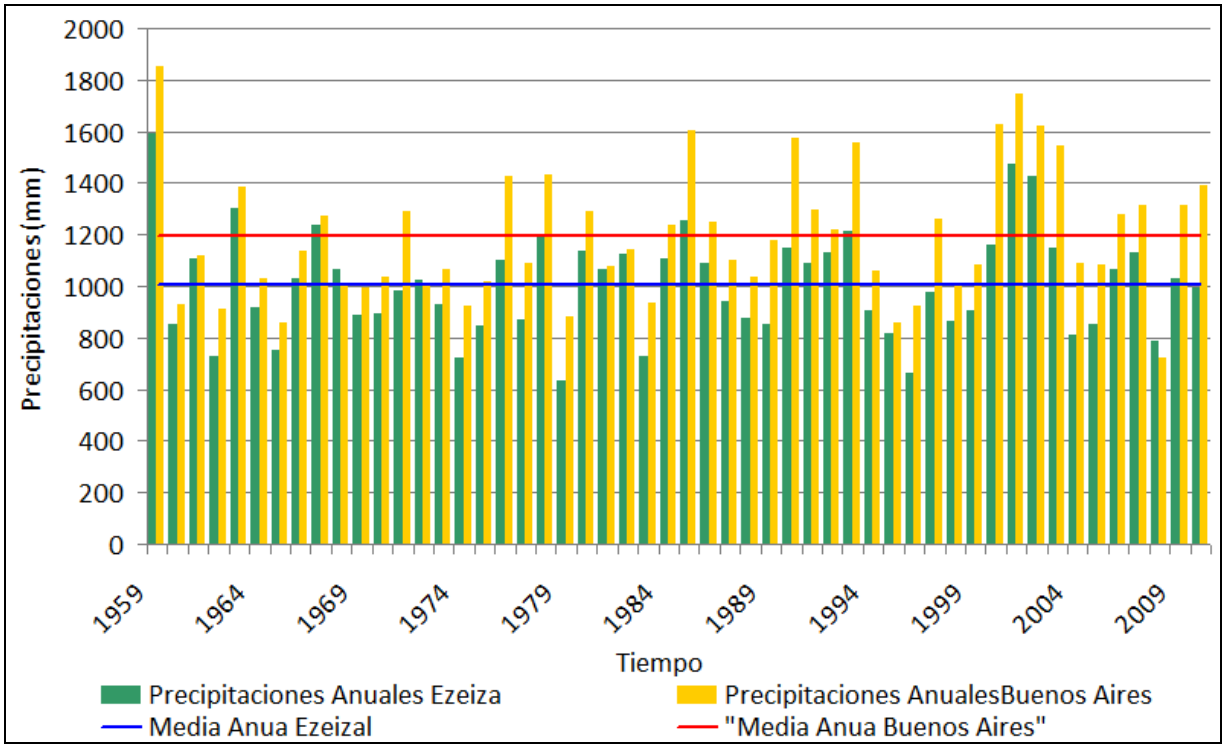


Figura 4.2 – Precipitaciones anuales y medias anuales de las estaciones Ezeiza y Buenos Aires

La tendencia de la precipitación mensual para cada una de las estaciones en el período analizado muestra un régimen claramente estacional para los promedios anuales, con valores más bajos en la estación fría, de mayo a septiembre y mayores valores entre los meses de octubre y abril. En cuanto a la evapotranspiración potencial (calculada con el método Penman-Monteith), es de 1277 mm anuales para la estación de Buenos Aires, obtenido en base a los promedios mensuales (Figura 4.3). El menor valor medio mensual se obtiene para el mes julio (30,12 mm), mientras que el máximo corresponde al mes de enero (183,42 mm).

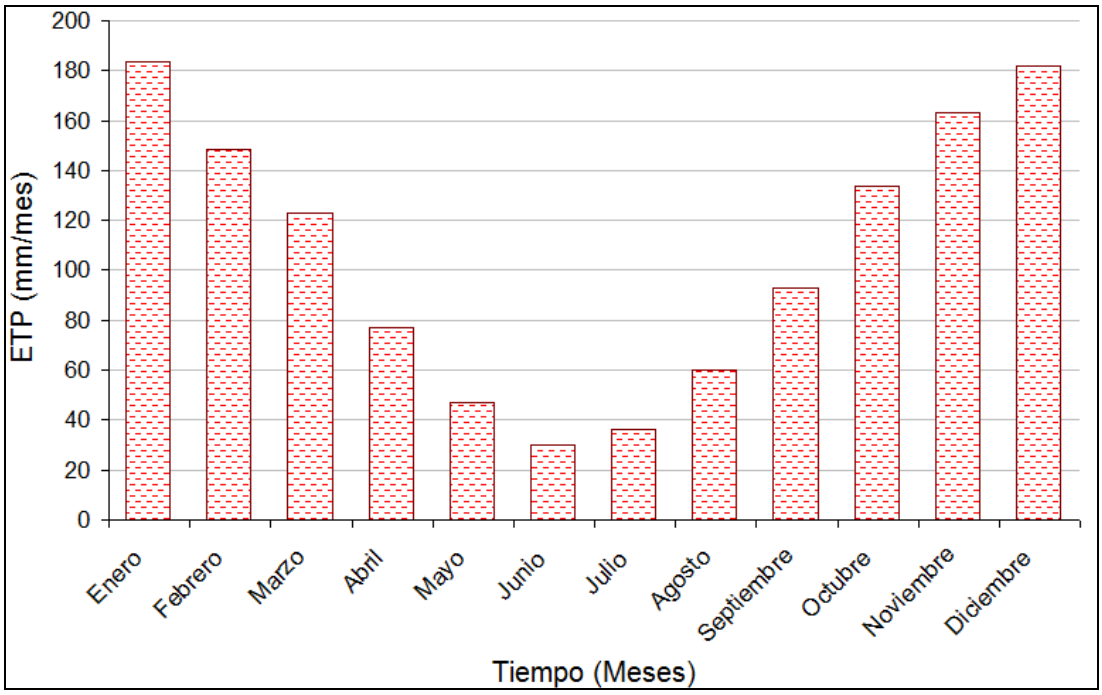


Figura 4.3 – Evapotranspiración media mensual de la estación de Buenos Aires (Método Penman-Monteith)

El balance hídrico medio mensual calculado con el método de Penman-Monteith para la serie 1957-2008 de datos de precipitación y evapotranspiración de la estación meteorológica Buenos Aires da valores de 147mm de déficit y 53.5mm de excesos (Ver Anexo E)

4.1.2. Población

Para la obtención de los datos demográficos de la zona de estudio necesarios para estimar la densidad poblacional a lo largo del tiempo se recurrió a datos censales. Los datos de los censos poblacionales de cada partido de la CMR se obtuvieron de las siguientes fuentes:

- Argentina censo 2010: INEDEC: www.indec.gov.ar
- Provincia de Buenos Aires: censos de 1869, 1881, 1895, 1914, 1947, 1960, 1970, 1980, 1991 y 2001, de la Dirección Provincial de

Estadística (DPE) del Ministerio de Economía de la Provincial de Buenos Aires: http://www.ec.gba.gov.ar/Estadistica/pobvivob.html

- Dirección General de Estadísticas y Censos del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires CABA: http://www.buenosaires.gob.ar

- Dirección Provincial de Ordenamiento Urbano y Territorial, Subsecretaría de Urbanismo y Vivienda, Ministerio de Infraestructura, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC): www.indec.mecon.gov.ar

4.2. Metodología para el calculo de la recarga

La urbanización produce una alteración que generalmente se traduce en el aumento de escurrimiento superficial, reducción de la recarga natural de acuíferos, reducción de la evapotranspiración y un significativo aumento de la recarga artificial por pérdidas de las redes pluviales, de provisión de agua y de saneamiento.

La recarga urbana está afectada por el grado de ocupación del territorio por instalaciones urbanas, tales como casas, edificios, calles, superficies pavimentadas, carreteras y áreas de suelo compactado, la distribución espacial y temporalmente cambiante de fugas de la red de distribución de agua, y la influencia del vertido de agua residual y de la red de alcantarillado (Lerner, 1986).

En este trabajo se propone, teniendo en cuenta la evolución espacio – temporal de la transformación de la zona rural en urbana, una formulación matemática para evaluar la recarga urbana a través de componentes de origen natural y antrópico (Bocanegra, 2010). Se propuso una expresión para estimar la recarga que incluye las pérdidas de las redes de agua, saneamiento y conductos pluviales, la recarga por excesos, por escurrimiento superficial y acumulación y por pozos sépticos.

Las extracciones de agua utilizadas por industrias medianas y chicas se trataron en el modelo como una recarga areal negativa. En cambio las utilizadas por las grandes industrias y para abastecimiento de la red de agua potable se tienen en cuenta como extracciones puntuales y son ingresadas al modelo como pozos individuales.

4.2.1. Recarga en Zona Rural

Se efectúa un balance hídrico en el suelo a paso diario desde el año 1906 hasta 2010. El balance se realiza mediante una hoja de cálculo en la que a la lluvia diaria se le descuenta el escurrimiento superficial evaluado según el método del Número de Curva (CN) del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de

Agricultura de los Estados Unidos (USDA SCS, 1985). La fracción de la precipitación que no escurre, infiltra en el suelo y pasa a integrar su reserva de humedad.

El método CN expresa el volumen de escurrimiento como una función del volumen de lluvia, el almacenamiento y la abstracción inicial, mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \qquad para\ P > I_a \qquad (4.1)$$
$$Q = 0 \qquad para\ P \leq I_a$$

Donde: Q es el escurrimiento [mm], P es la precipitación [mm], S retención potencial [mm], I_a es la abstracción inicial [mm] (generalmente se adopta igual a 0,2 S.)

El parametro S es adimencionalizado mediante la ecuación siguiente, donde el valor de CN caracteriza el comportamiento del escurrimeinto en un sitio y varia entre 0, condicion de no escurrimiento y 100, para todo lo que precipita, escurre.

$$CN = \frac{25400}{254 + S} \qquad (4.2)$$

La asignación de un valor de CN a una cuenca depende del tipo y cobertura de suelo, condición hidrológica y condición de humedad antecedentde.

En este trabajo, el valor de CN adoptado para condiciones de humedad media se ajusta en una planilla de cálculo para condiciones seca o húmeda según la precipitación de los 5 días previos, de acuerdo a la metodología propuesta por USDA SCS (1985).

Teniendo en cuenta las características operativas, la calidad de los datos y los análisis realizados a las estaciones (Anexo E), se escogieron dos estaciones del SMN para caracterizar las precipitaciones en la zona de estudio. Las mismas son Buenos Aires (elegida porque tiene datos históricos confiables) y Ezeiza Aero (es la única estación dentro de la CMR y alejada de la costa). Las demás estaciones tienen una media anual y mensual muy similar a la estación de Buenos Aires, por lo tanto no se tuvieron en cuenta para esta etapa del trabajo.

Dado que el calculo de la recarga se realizó desde 1906 hasta 2010, fue necesario extrapolar los valores de precipitación de la estación Ezeiza para el período 1906-1955 ya que la misma no cuenta con registros anteriores al año 1956. Esto se realizó utilizando la ecuación obtenida con la correlación entre las estaciones de Buenos Aires y Ezeiza (Anexo E).

La evapotranspiración potencial (ETP) diaria para el período 1956-2010 fue calculada por el método de Penman Monteith y fue provista por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para ambas estaciones. Los valores de dichas estaciones son similares para el período mencionado, por ello se adoptó para el

calculo de la recarga los valores de una de ellas (se escogió la estación Buenos Aires por tener datos más confiable).

Para el periodo anterior a 1956 solo se disponen de valores de temperatura de la estación Buenos Aires, por lo tanto la evapotranspiración potencial mensual fue calculada con el método de Thornthwaite. Luego, esto valores fueron divididos por el número de días del mes para obtener la evapotranspiración potencial diaria. Los valores de evapotranspiración calculados por este método son menores a los estimados por Penman Monteith (Anexo E), ocasionando una marcada disminución de la ETP en dicho periodo.

Para el cálculo de la recarga rural se utilizó como datos de evapotranspiración potencial para el período 1906 – 2010 los datos determinados utilizando la relación obtenida entre la ETP calculada por Penman Monteith y Thornthwaite (Anexo E). De esta forma los valores de ETP para el periodo completo se mantienen dentro de un rango medio, sin la marcada disminución para los años anteriores a 1956.

La evapotranspiración real se determina según una relación lineal que crece desde cero para reserva nula en el suelo (asimilable a punto de marchitez permanente) hasta la potencial para reserva completa (asimilable a capacidad de campo). El exceso diario de este balance es asignado a la recarga del acuífero freático. Las fluctuaciones del nivel del acuifero es calculado por el producto de la recarga [mm] con el valor de la porosidad específica. Finalmente, la descarga del acuífero se simula mediante dos ecuaciones de goteo que utilizan dos niveles de base diferentes: uno que simula la descarga de alcance local y otra de orden regional.

Dado que no se dispone de series históricas de niveles freáticos para la calibración del modelo de recarga, se emplearon los niveles simulados con el modelo hidrológico MIKE SHE (DHI, 1998; Abbott et al., 1986a) implementado por el INA (2010). A partir de los niveles freáticos simulados en los diferentes puntos que se muestran en la Figura 4.4, se observó que el método utilizado reproduce adecuadamente la variabilidad temporal de los niveles freáticos.
Los puntos seleccionados para esta tarea fueron escogidos de manera tal que la variación del nivel freático sea solo producto de la recarga por precipitación. De esta manera se calibraron los siguientes parámetros: capacidad de almacenamiento del suelo, número de curva para la condición de humedad intermedia, porosidad específica, y coeficientes de goteo y niveles de descarga local y regional.

En las figuras 4.5, 4.6 y 4.7 se presentan los niveles simulados con el modelo hidrológico MIKE SHE comparados con los calculados con el modelo de recarga empleado. En las figuras se puede observar que los niveles freáticos calculados con el modelo de recarga reproducen adecuadamente las variaciones de niveles simulados por el MIKE SHE. En los tres puntos se utilizaron los mismos valores de los parámetros (Tabla 4.2), los cuales fueron utilizados para el cálculo de la recarga rural.

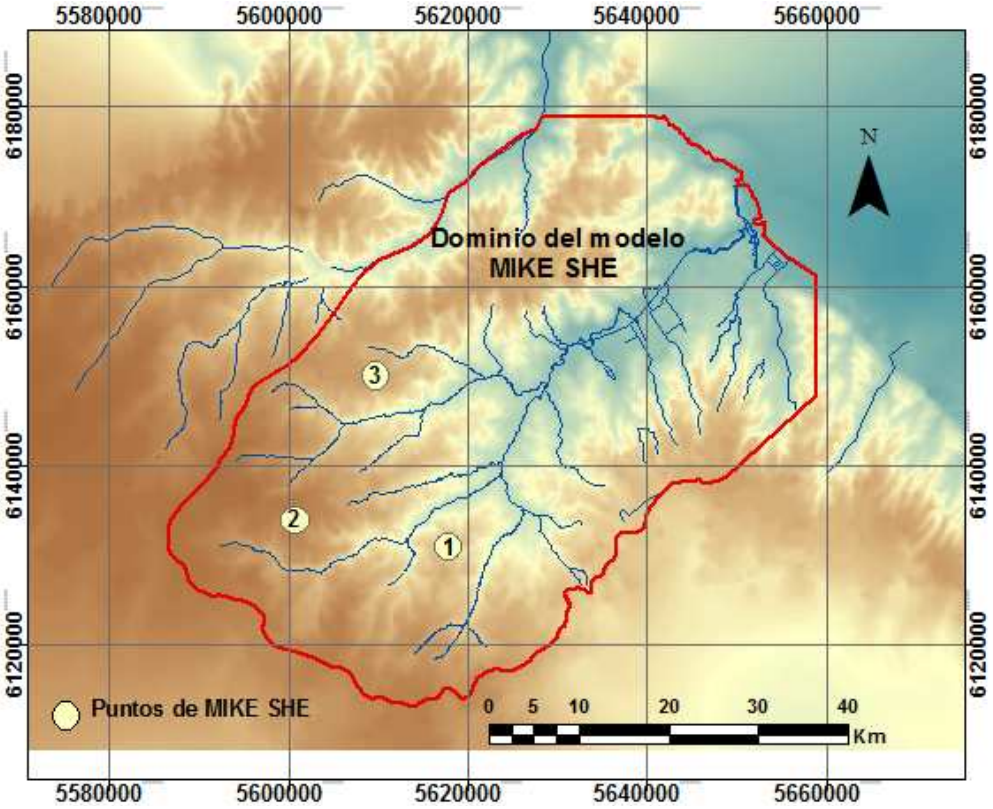


Figura 4.4. Puntos de observación del modelo MIKE SHE seleccionados para calibración de la recarga.

Tabla 4.2: Valores empleados para el calculo de la recarga rural.

CN (Condición II)	**75**
Porosidad específica	**10.8%**
Almacenamiento	**110**

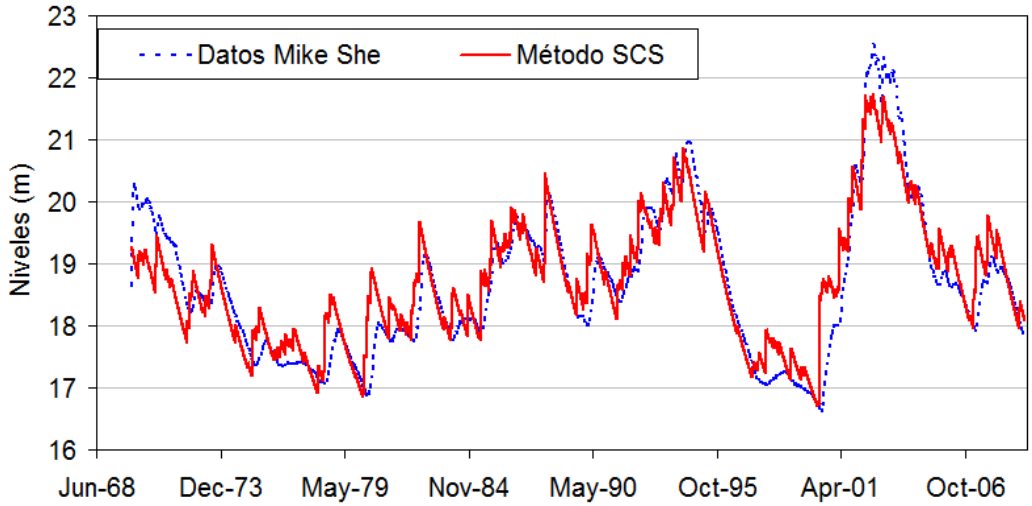


Figura 4.5: Niveles freáticos del Punto 1 calculados con el modelo MIKE SHE y con el método SCS.

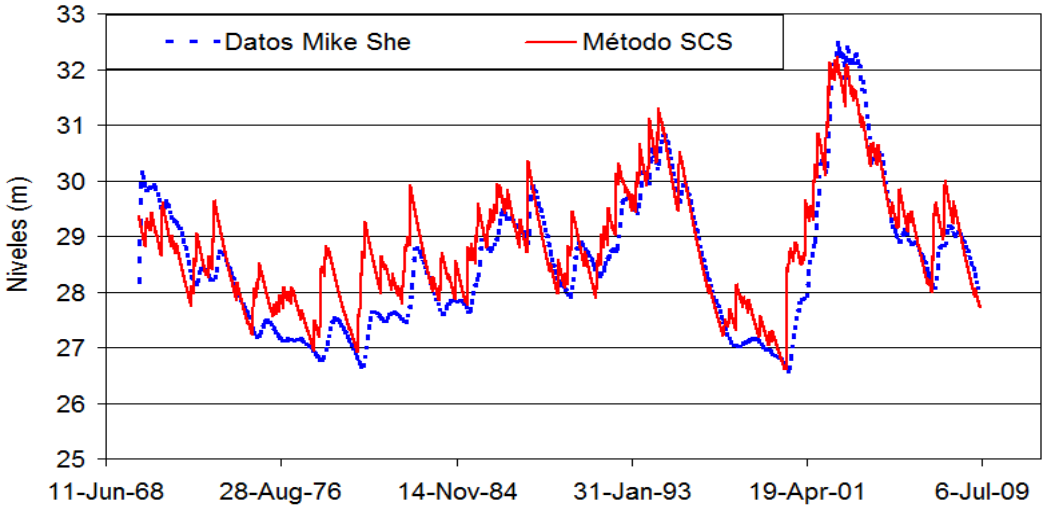


Figura 4.6: Niveles freáticos del Punto 2 calculados con el modelo MIKE SHE y con el método SCS.

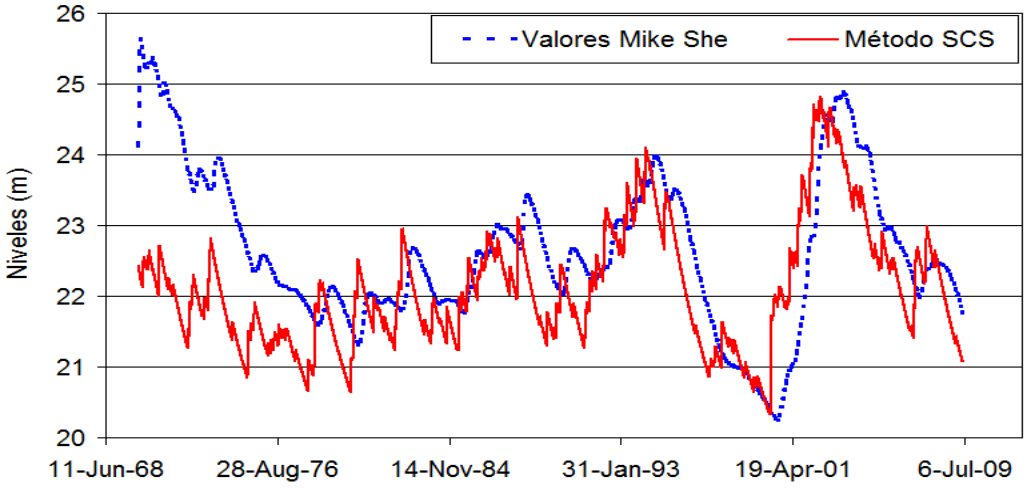


Figura 4.7: Niveles freáticos del Punto 3 calculados con el modelo MIKE SHE y con el método SCS.

Una vez calibrado el modelo de recarga, se lo validó comparando los niveles calculados con los observados y verificando que la fracción de agua que escurre este en el rango de los caudales aforados en las secciones de control.

Los niveles freáticos determinados con el modelo de recarga representaron adecuadamente los valores y variaciones del nivel de agua medido en el pozo 3F para el período 2008-2011. En la Figura 4.8 se muestra la comparación de dichos niveles y la ubicación del punto dentro de la cuenca.

A la derecha de la Figura 4.8 se muestra el área de aporte al punto de aforo que se consideró para comparar los escurrimientos generados con el modelo de recarga. El área tiene una superficie de aproximadamente 820 km^2, la sección de cierre es la Cod. 44 (Rio Matanza intersección con la calle Máxima Herrera) y se adopta como caudal un valor de 1,35 m^3/s, correspondiente al caudal medio de los tres aforos realizados en octubre, noviembre y diciembre del 2011 por EVARSA (2011a,b,c).

Este valor es similar a 1.38 m^3/s correspondiente al caudal medio generado por la fracción de agua que escurre. Cabe destacar que este análisis solo se realizó para verificar que los escurrimientos calculados no fueran reducidos o excesivos.

Luego del analizar el proceso calibración y validación del modelo de recarga se consideró que el método resultó adecuado para la determinación de la recarga rural. Por este motivo se adoptaron los valores de los parámetros de la Tabla 4.2 para realizar los cálculos de la recarga urbana que serán datos de entrada del modelo numérico de flujo de agua subterránea.

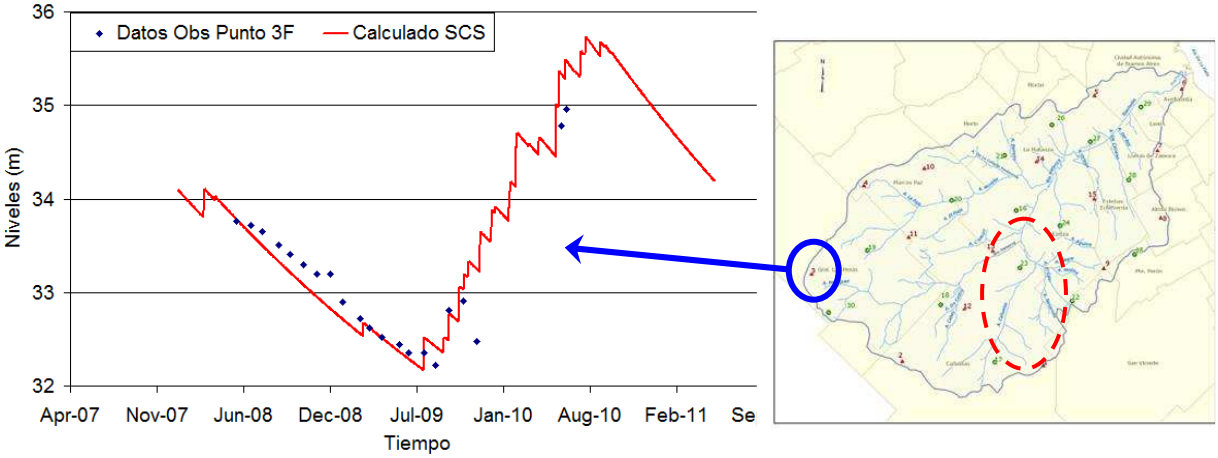


Figura 4.8: Izquierda: Niveles freáticos medidos en el Punto 3F y los calculados con el método de SCS para el período 2008-2011; Derecha: Ubicación dentro de la cuenca del punto 3F y en línea de trazo el área de aporte al punto de aforo

4.2.2. Recarga en Zona Urbana

El cálculo para la zona urbana se realizó teniendo en cuenta las diferentes componentes que actúan en la recarga (Figura 4.9) y la evolución espacial y temporal de la transformación de la zona rural en urbana. La Ecuación 4.3 permite evaluar la recarga integrando las componentes de origen natural y antrópico. Esta expresión es una modificación de la propuesta por Vázquez Suñé (2013) y que aplica Bocanegra (2010) al área de Mar del Plata.

$$Ru = (Ex + \beta \cdot Esc)\frac{SR}{EJ} + (Ex \cdot SINC + \alpha \cdot (1 - SINC) \cdot P)\frac{SU}{EJ} + \\ + \frac{(PRa - Extr + \lambda \cdot Clo + \alpha \cdot Pls + PN)}{EJ} \qquad (4.3)$$

Donde: RU = Recarga urbana (m/día)
Ex = Exceso del balance hídrico (m/día)
EJ = Ejido urbano = SR + SU (m^2)
SR = Superfície rural (permeable) (m^2)
SU = Superficie urbanizada impermeable (m^2)
SINC = Coeficiente de superficie impermeable no conectada a la red pluvial

α = coeficiente de pérdida en las redes pluviales
β = coeficiente de infiltración del escurrimiento y almacenamiento superficial
λ = coeficiente de pérdida en las redes sanitarias
PRa = Pérdidas de la red de agua (m/día)
Extr = Extracciones domiciliarias para autoabastecimiento
Clo = Caudal de líquidos cloacales (m/día)
PN = Recarga por pozos negros (m/día)
Pls = Caudal en la red pluvial proveniente de filtraciones de pozos negros y de las redes de agua potable y cloacas. (m/día)
P = precipitación (m/día)
Esc = escurrimiento superficial (m/día)

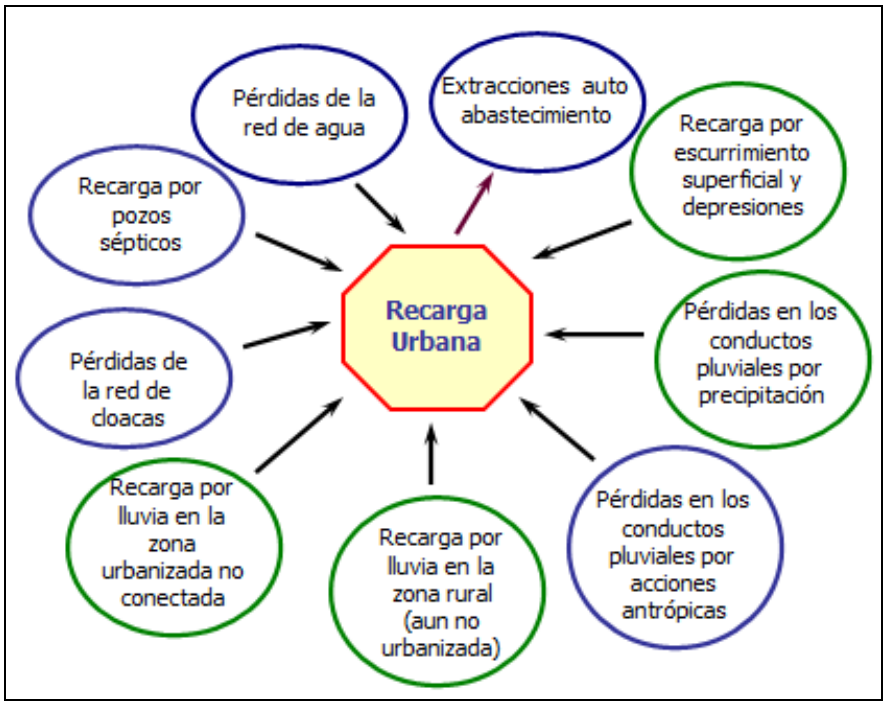


Figura 4.9. Esquema de los componentes de origen natural y antrópico que contribuyen en la recarga urbana

Los términos de la Ecuación 4.3 tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Ejido Urbano, para cada paso temporal, es igual a la suma de la superficie urbanizada impermeable y la superficie rural. La superficie rural contempla todas las áreas permeables dentro de la zona urbana (jardines, plazas, patios, etc.). Al comienzo de la serie temporal la superficie urbanizada impermeable ocupa la menor parte del ejido urbano y con el paso del tiempo y crece su porcentaje de ocupación (en algunos casos llega a anular la superficie rural).

Excesos del balance hídrico, son utilizados para la determinación de la recarga natural en la superficie permeable (rural) dentro del ejido urbano. Esta área varía en el tiempo en función del aumento del área impermeable.

Recarga por la superficie impermeable no conectada a la red pluvial (SINC). Es el agua precipitada sobre áreas impermeables que es conducida a zonas permeables como jardines, parques,etc.

Pérdidas de redes de agua potable y cloacas. En parte, el caudal de agua suministrado a la población se pierde en las redes de distribución; de igual manera, la red de saneamiento tiene perdidas debido a diferentes factores como el deterioro o por instalaciones de mala calidad.

Extracciones domiciliarias. En las zonas urbanas sin cobertura de red de agua, la población se abastece mediante pozos de bombeo domiciliarios.

Recarga por pozos negros. La población sin servicios sanitarios produce una recarga al acuífero a través de la disposición in situ de los efluentes domésticos.

Pérdidas de la red pluvial. La densificación de redes, el tipo, antigüedad y diámetro de las cañerías y la permanencia del caudal pico tienen un papel predominante en la recarga al acuífero por pérdidas de la red pluvial. Éstas pueden discriminarse en función de la procedencia de los caudales transportados en ella. Los caudales por efecto de las precipitaciones son proporcionales a la lluvia caída sobre la superficie impermeable directamente conectada del ejido urbano. Caudales por acciones antrópicas son producto de las filtraciones de los pozos negros y pérdidas de las redes de agua y cloacas interceptadas por la red.

Recarga por escurrimiento superficial y acumulación. Este componente considera la recarga por la precipitación sobre la cuenca dentro del área rural, la cual produce escurrimiento superficial y acumulación de agua que posteriormente ingresa a los colectores principales del ejido urbano. El escurrimiento superficial se calcula por el método del número de curva CN del SCS (USDA-SCS, 1964).

Los excesos de escurrimiento superficial se determinaron con el método descrito en apartado 4.2.1. La evolución territorial de las superficies rural y urbanizada impermeable dentro del Ejido Urbano (EJ), la zona de cobertura de la red de agua potable, el porcentaje de población sin servicios sanitarios y el consumo de agua per cápita, fueron obtenidos de censos, del análisis de imágenes satelitales, de informes y publicaciones del área de estudio (por ej. INA, 2010; Quani, 2011, etc.) o consultando en oficinas de planeamiento urbano y empresas suministradoras de servicios.

Las pérdidas en las redes cloacales, pluviales y la infiltración del escurrimiento superficial se obtuvieron a partir de un análisis de sensibilidad simulando distintos escenarios por medio de la modelación numérica del flujo subterráneo.

4.2.3. Parámetros de cálculo de la Recarga Urbana

Para determinar la recarga urbana se definió el área del Ejido Urbano y su evolución en el tiempo, se estimó la población, las áreas impermeables, las pérdidas en las redes de distribución de agua potable, redes cloacales y pluviales y la filtración por pozos negros domiciliarios.

Ejido Urbano

El Ejido Urbano (EJ) de la zona de estudio tiene un gran desarrollo areal con características socioeconómicas y de cobertura de servicios sanitarios muy heterogéneas. Debido a esta característica se dividió el EJ para representar la variación espacial de la recarga, generando areas con propiedades o características homogéneas. Es decir, por cada partición del EJ se asignó una zona de recarga urbana.

Los datos de población (censos INDEC), provisión y excedentes de agua (Obras Sanitarias de la Nación, Aguas Argentinas, Aguas y Saneamientos Argentina), áreas impermeables y permeables (Quani, 2011) están referidos a cada partido. Por lo tanto como primera discretización se utilizan los límites jurisdiccionales de los partidos de la provincia de Buenos Aires.

Para tener en cuenta la variabilidad espacial de la cobertura de servicios de agua y saneamiento se adoptó la zonificación planteada por (Herrero y Fernández, 2008) en función de la cobertura de servicios de agua y cloacas (Figura 4.10):

- *Zona 1:* Abastecida de agua potable por el sistema central de AySA. Mayoritariamente con cobertura de cloacas.

- *Zona 2:* Abastecida de agua potable por el sistema central de AySA. Mayoritariamente sin cobertura de cloacas.

- *Zona 3:* Abastecida de agua potable por extracciones de agua subterránea. Mayoritariamente con cobertura de cloacas.

- *Zona 4*: Abastecida de agua potable por extracciones de agua subterránea. Mayoritariamente sin cobertura de cloacas.

- *Zona 5*: Zona Rural

Combinando el mapa de los partidos de la provincia de Buenos Aires y el de la zonificación por cobertura de servicios de agua y saneamiento se obtiene la nueva partición del área de estudio donde quedan discriminadas zonas con iguales características sanitarias. El mapa resultante de esta actividad se muestra a la derecha de Figura 4.10, donde cada polígono es considerado como un EJ al cual se le asignó una recarga distinta.

Por último se circunscribe la zona de estudio al área delimitada por el dominio para la implementación del modelo numérico de flujo de agua subterránea (Figura 4.11). En el área de modelación quedaron definidos 59 ejidos.

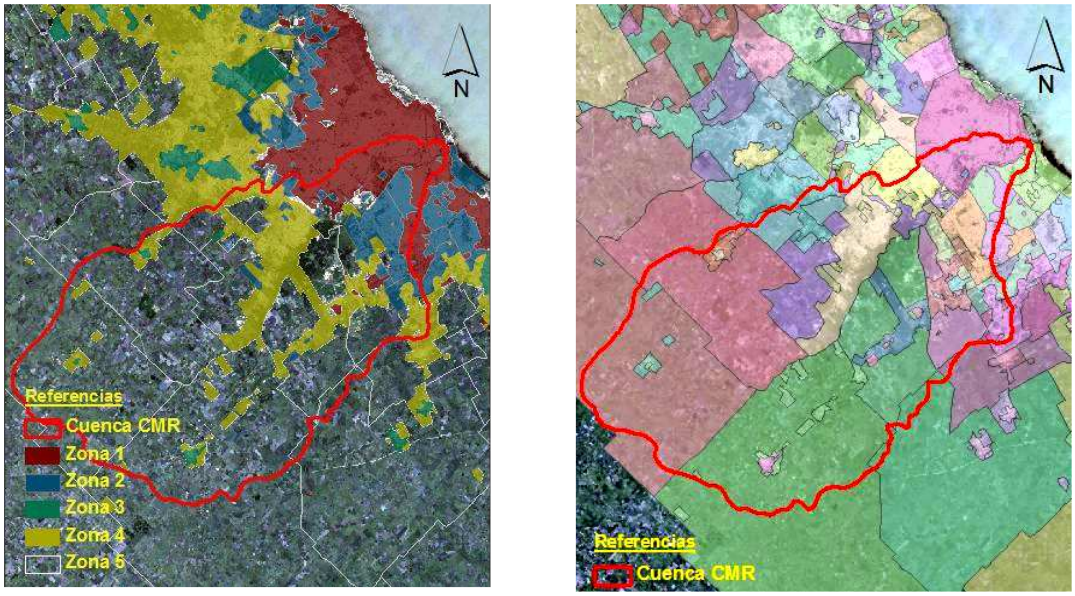


Figura 4.10 – Zonificación por cobertura de agua y cloacas (izq.). Discretización por cobertura de servicios y partidos de la provincia de Buenos Aires (der.).

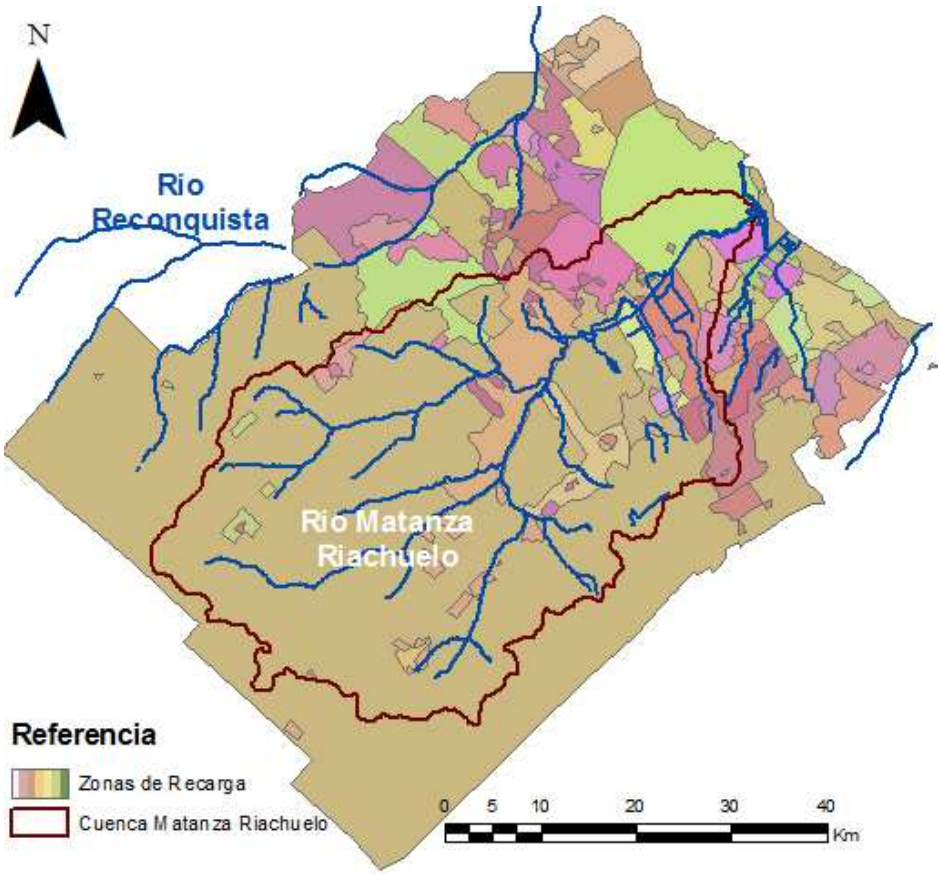


Figura 4.11 – Zonas de recarga en el dominio del modelo numérico de agua subterráneas

Estimaciones de la población

Los censos poblacionales del 2001 y 2010 contienen la información por partido, mientras los anteriores censos refieren la información a una antigua división de partidos bonaerenses. De todas formas la determinación de los EJ se realizó teniendo en cuenta el mapa actual de los partidos de la provincia de Buenos Aires. Algunos partidos se han modificado desde el primer censo hasta la actualidad, cediendo o sumando tierras para crear nuevos. La estimación de la población desde 1869 a 2010 se realizó teniendo en cuenta un área constante que es la que actualmente ocupa cada partido, y en base a la densidad poblacional de los partidos de los que formaba parte en ese momento.

Para citar un ejemplo de cómo se procedió al cálculo de la población se describe el caso de los partidos Avellaneda y Lanús. Ambos conformaban un único partido en 1869 y 1895 que se denominaba Barracas al Sud (creado el 07/04/1852), y en 1914 Avellaneda. Por este motivo, el cálculo de la población de Avellaneda y Lanús en 1869 se obtuvo teniendo en cuenta la densidad poblacional de Barracas del Sud (0,76 hab/ha) y a partir de ese valor se calculó la población en el área actual para ambos partidos (Avellaneda: 5.574 ha, Lanús: 5.020 ha) obteniendo 4.246 habitantes en Avellaneda para el año 1869. El area urbanizada de cada partido se obtuvo a partir de la zonificacion de Herrero y Fernández (2008) y la interpretación de imágenes satelitales.

En la Tabla 4.3 se presentan los datos de población de los partidos actuales para los años 1869, 1895, 1914, 1945, 1960, 1970, 1980, 1991, 2001 y 2010. La población para cada uno de ellos se obtuvo siguiendo la metodología descripta anteriormente.

Posteriormente se calcula la densidad poblacional de cada partido, teniendo en cuenta la población y el área urbanizada (no se considera la zona rural del partido). Con la densidad poblacional se determina la cantidad de población en cada EJ. Cada superficie de EJ es un porcentaje de la superficie total del partido por lo que al multiplicar la densidad poblacional por el tamaño del EJ se obtiene la población. En la Tabla 4.4 se muestran los porcentajes de la superficie urbanizada por partido.

Áreas impermeables

El agua que cae sobre las áreas impermeables puede ser capturada y conducida por los sistemas o bien drenar a sectores permeables tales como patios, jardines, plazas, donde infiltra a través de la zona no saturada. Estos dos procesos se producen dependiendo si la superficie impermeable está conectada o no a la red de drenaje. Para conocer el área que aporta a la red de drenaje (sea este pluvial o combinado) es necesario conocer el área impermeable y el area no conectada a la red de drenaje (SINC).

Tabla 4.3. Población estimada en el periodo 1869-2010 considerando la conformación actual de los partidos de la Prov. de Buenos Aires incluidos en el dominio de la modelación.

Partidos de Bs As	Población estimada para las fechas de Censos Nacionales										
	1869	1881	1895	1914	1947	1960	1970	1980	1991	2001	2010
Almirante Brown		2772	5738	14094	39700	136924	245017	331919	450698	515556	552902
Avellaneda	4246	4374	9856	76800	273839	326531	337538	334145	344991	328980	342677
Berazategui	1845	2284	3265	10509	33364	86108	127740	201862	244929	287913	324244
Cañuelas	4749	6085	6722	8413	13507	20055	21430	25391	30900	42575	51892
CABA	187126	351292	663854	1575814	2981043	2966634	2972453	2922829	2965403	2776138	3058309
Esteban Echeverría	266	665	2664	3341	12623	46161	73581	125067	182575	243974	300959
Ezeiza	90	225	901	1706	6445	23569	37569	63856	93218	118807	163722
Florencio Varela			2302	5174	10480	41707	98446	173452	254997	348970	426005
General Las Heras	2303	3676	3711	5342	6311	7388	7480	9371	10987	12799	14889
General San Martín	1675	1999	4116	29701	157417	278751	360573	385625	406809	403107	414196
Hurlingham	652	1028	1473	4602	20624	63906	90832	111847	164559	172245	181241
Ituzaingó	722	1139	1632	5100	22855	70820	100660	123948	151969	158121	167824
La Matanza	3248	3771	4498	17935	98471	401738	659193	949566	1121298	1255288	1775816
Lanús	3757	3870	8718	67939	244473	375428	449824	466980	468561	453082	459263
Lomas de Zamora	1457	3634	14568	59874	127880	272116	410806	510130	574330	591345	616279
Marcos Paz		3869	3659	4986	7783	12604	15070	20225	29104	43400	54181
Merlo	2469	2827	3595	6990	19865	100146	188868	292587	390858	469985	528494
Moreno	2329	3421	3278	4836	15101	59338	114041	194440	287715	380503	452505
Morón	1904	3001	4301	13439	60220	186603	265226	326589	327025	309380	321109
Presidente Perón				3330	4430	14198	21702	30904	41461	60191	81141
Quilmes	4679	5793	8278	28274	89768	231675	355265	446587	511234	518788	582943
San Isidro	2496	3046	6256	19092	90086	188065	250008	289170	299023	291505	292878
San Miguel			1699	4185	15262	54968	103732	165378	214717	253086	276190
Tres de Febrero	1192	1424	2931	21151	112097	263391	313460	345424	349376	336467	340071
Vicente López	1459	1780	3656	12100	149958	247656	285178	291072	289505	274082	269420

Para determinar el área impermeable en el dominio del modelo se utilizaron los datos generados por Quani (2011). En dicho trabajo, se obtuvo la cobertura del terreno (área impermeable, vegetación natural y artificial, y cuerpos de agua) para la cuenca del Río Matanza Riachuelo (CMR) para el período 1976-2011. El trabajo se realizó aplicando herramientas de teledetección e imágenes satelitales Landsat, utilizando el método de Clasificación Supervisada 'Distancia de Mahalanobis', que es similar a la clasificación de máxima verosimilitud, pero asumiendo que la covarianza de todas las clases son iguales.

Para obtener los valores del área impermeable para el periodo anterior a 1976 se estableció una relación lineal entre el área impermeable de cada EJ con la densidad poblacional, y con esta relación se extrapolan los datos de área impermeable para el período anterior a 1976.

Tabla 4.4. Porcentajes de superficies urbanizada por partido

Nombre del Partido	Área [ha]	Zona	% de la zona en el partido
Almte Brown	12901.81	1	7%
		2	24%
		4	40%
Avellaneda	5701.88	1	54%
		2	46%
Berazategui	22045.24	1	1%
		3	19%
		4	20%
Cañuelas	119471.63	3	0%
		4	3%
Ciudad Autónoma de Bs As	20444.36	1	92%
		2	1%
Esteban Echeverria	12179.94	1	4%
		2	17%
		4	23%
Ezeiza	23802.78	1	1%
		2	1%
		4	19%
Florencio Varela	19053.98	1	1%
		3	7%
		4	31%
General Las Heras	75218.37	3	0%
		4	2%
General San Martín	5652.72	1	47%
		2	44%
		4	5%
Hurlingham	3538.61	2	56%
		4	41%
Ituzaingo	3819.28	2	5%
		4	95%
La Matanza	32741.31	1	18%
		2	6%
		4	39%
Lanus	5021.41	1	33%
		2	67%
Lomas de Zamora	8865.19	1	25%
		2	67%
		4	4%
Marcos Paz	42220.18	3	1%
		4	3%
Merlo	17386.55	3	11%
		4	49%
Moreno	18635.65	3	9%
		4	55%
Morón	5526.71	1	40%
		2	33%
		4	15%
Presidente Perón	12057.04	4	12%
Quilmes	9198.37	1	44%
		2	38%
		4	0%
San Isidro	5184.57	1	68%
		2	26%
San Miguel	8242.30	3	22%
		4	45%
Tres de Febrero	4603.86	1	63%
		2	6%
		4	15%
Vicente Lopez	3394.36	1	98%

El trabajo de Quani (2011) brinda información dentro de la CMR, por lo tanto se debió determinar el área impermeable para el resto de los EJ incluidos en el dominio de modelación. Para esto, el valor del área impermeable de un EJ de la cuenca fue asignado a los EJ fuera de la cuenca con características semejantes de urbanización y densidad poblacional. Para las zonas rurales, dentro y fuera de la cuenca, se fijó un valor nulo de impermeabilidad.

Para estimar la superficie impermeable no conectada a la red (SINC), se diferenciaron tres categorías de ocupación del suelo en el área del dominio de modelación:

- *Residencial-Comercial-Industrial*: es la de mayor densidad. Abarca la totalidad de la CABA, Avellaneda, Lanús y parte de Lomas de Zamora y La Matanza.

- *Residencia*l: de densidad poblacional intermedia.

- *Urbanizada:* incluye zona de menor densidad poblacional, junto con las localidades del interior de la provincia de Buenos Aires (Cañuelas, Marcos Paz, General Las Heras, etc.).

Con base en datos de bibliografía y observaciones en el área, se estimaron coeficientes de SINC que varian de 0 para superficie totalmente conectadas al sistema a1 para áreas no conectadas . En la Tabla 4.5 se presentan los valores adoptados de SINC para cada una de las categorías.

Tabla 4.5. Coeficientes adoptados de superficie impermeable no conectada a la red.

Año	Residencial Comercial	Residencial	Urbano
1906	0.6	1	1
1950	0.3	0.8	0.9
1970	0.1	0.4	0.7
2011	0.1	0.4	0.6

Pérdidas en redes de distribución de agua potable

La información referida a pérdidas en las redes de distribución de agua potable se obtuvo de la revisión de los siguientes informes:

- Informes anuales presentados por Aguas Argentinas durante el periodo de concesión al Ente Regulador de Agua y Saneamiento (ERAS) (expedientes 10995/94, 12668/99, 13616/02).

- “Informe de Niveles de Servicio Año 2010”, AySA.

- “Informe anual 2010”, 5to año de concesión de AySA.

- “Balance de Agua Subterránea en la Cuenca Del Matanza-Riachuelo Mediante Modelación Numérica”, Instituto Nacional del Agua (INA, 2010).

De estos informes también se obtuvo información sobre dotación por habitante y por día para la zona de concesión, discriminada por partido o región para los años 1993 y 2010 (Tabla 4.6 y 4.7).

Para evaluar la variación de la cobertura del servicio de agua potable en los partidos de la cuenca Matanza Riachuelo, se analizaron los informes anuales de Aguas Argentinas y de AySA arriba mencionados. En base a esta información se

confeccionó una planilla de cobertura de servicios para cada ejido urbano con los porcentajes de cobertura para diferentes años (Tabla 4.8).

Tabla 4.6 - Dotación por habitante para el año 1993 - Expediente 10995-94 cuerpo II.

Regiones	Dotación [l/hab/d]
Tres de febrero	200
Lomas de Zamora -Tigre	300 y 400
Lanús, Alte. Brow, Esteban Echeverría, Morón, LA Matanza	400 y 500
San Fernando, San Isidro, Vicente López, San Martín, Avellaneda	500 y 600
Capital Federal	700

Tabla 4.7 - Dotación por habitante para el año 2010 - AySA "Informe Anual año 2010".

Regiones	Población Servida AySA [hab]	Agua Producida [m^3/d]	Dotación [l/hab/d]
Capital Federal	2978873	2091887.87	702.2
Norte (San Isidro, San Fernando, Tigre, Vicente López San Martín)	1243131	730967.42	588.0
Oeste (Matanza, Morón, tres de Febrero, Hurlingan, Ituzaingó)	1471152	752093.22	511.2
Sur (Alte. Brow, Lomas de Zamora, Lanús, Avellaneda, Quilmes, EE)	2046260	1373935.89	671.4

Para los años en que no existía la red de agua potable, se adoptó como criterio que la población se autoabastecia del acuífero Pampeano con una dotación de 250 l/hab/d. Con este criterio fue posible representar la variación de la recarga antes y después de realizadas las obras de agua potable. La extracción de agua por autoabastecimiento debido a este criterio es considerado para toda la superficie del EJ.

Con base a un promedio de fugas de la red del 30%, se estimaron los volumenes de pérdidas en la red de distribución. Para los partidos fuera de la zona de concesión, los datos fueron completados por proximidad y por características semejantes.

Utilizando los datos de población por radio censal, se calcularon los volumenes de pérdida por día para las zonas 1 y 2, que constituyen un aporte al acuífero Pampeano. Del total de agua que se pierde de la red, se consideró que un 20% escurre hacia la superficie o bien es captada por los conductos pluviales o cloacales, de manera que solo el 80% de las fugas llega efectivamente al acuífero freático. Los valores fueron calculados para el período 1906-2011 en base a los censos de población.

Tabla 4.8: Cobertura de agua potable en para cada EJ

Ejido Urbano	Años				
	1976	1993	2001	2006	2011
5_Almte Brown	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_Almte Brown	0%	100%	100%	100%	100%
2_Almte Brown	0%	8%	64%	63%	66%
4_Almte Brown	0%	0%	0%	0%	0%
1_Avellaneda	65%	100%	100%	100%	100%
2_Avellaneda	0%	5%	20%	19%	20%
5_Berazategui	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_Berazategui	88%	88%	100%	100%	100%
3_Berazategui	0%	0%	0%	4%	4%
4_Berazategui	0%	0%	0%	0%	0%
5_CABA	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_CABA	82%	100%	100%	100%	100%
2_CABA	0%	100%	100%	100%	100%
5_Esteban Echeverria	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_Esteban Echeverria	0%	100%	100%	100%	100%
2_Esteban Echeverria	0%	11%	27%	66%	84%
4_Esteban Echeverria	0%	0%	0%	0%	0%
5_Ezeiza	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_Ezeiza	0%	0%	33%	100%	100%
2_Ezeiza	0%	0%	0%	60%	100%
4_Ezeiza	0%	0%	0%	0%	6%

Pérdidas de Red de Cloacas

Las pérdidas en la red cloacal se produce por filtración debido a averías o envejecimiento de las cañerías, y depende del caudal que transportan (que esta en función de la población y del consumo de agua) y del coeficiente de pérdidas α.
Para determinar la cantidad total de población servida por la red cloacal en cada EJ, se estimó cuántos EJ corresponden a servidos por la red de agua potable y cuantas a hogares autoabastecidos. Se trabajó bajo el supuesto que:

- Si la cantidad de población servida por cloacas es menor que la servida por agua potable, las cloacas sirven a la porción de población con servicio de agua y cloacas.
- Si la cantidad de población servida por cloacas es mayor que la servida por agua potable, toda la población con agua potable posee también cloacas, y el resto se adopta como población autoabastecida.
- La fracción de la población no servida por cloacas vierte sus efluentes al acuífero freático a través de pozos negros o similares.

Se adoptó una tasa de vuelco del 90% de la dotación que llega a los hogares en cada zona. La cantidad de agua que llega a los hogares se determinó como la cantidad media producida por habitante, menos las pérdidas en la red.

Para zonas fuera de la concesión de AySA, donde no se tiene datos de bombeo o dotación por habitante se adoptaron tasas de producción por habitante de 450 l/hab/d, para los usuarios conectados a redes de agua potable subterránea, y de 250 l/hab/d, para los habitantes autoabastecidos. En el caso de los habitantes servidos por el sistema central de AySA, se utilizaron los datos de dotación por partido informadas por la empresa (AySA, 2010). Los valores de los vuelcos a la red de cloacas fueron ajustados para el período 1906-2011 en base a los censos de población.

La superficie con cobertura de la red de cloacal esta definida para el año 2001 de acuerdo a Herrero y Fernández (2008). La cobertura de este servicio para años anteriores y posteriores al 2001 se obtuvieron de los expedientes e informes citados en el apartado anterior. Con dicha información se confeccionaron planillas donde se muestra la evolución de la cobertura de la red de cloacas para cada EJ (Tabla 4.9).

La variación temporal del nivel de cobertura de la red cloacal se produce por el aumento o disminución de la población servida dentro de las zonas establecidas por Herrero y Fernández (2008). De esta manera se reproduce la variación del servicio de saneamiento manteniendo la superficie de cobertura del 2001.

Cuando disminuye el nivel de cobertura del servicio se supone que la población afectada comienza a verter sus efluentes a los pozos negros. Con este criterio se representa la variación temporal del área cubierta por la red cloacal, por lo que la recarga urbana reproduce los efectos de la realización de obras cloacales.

El coeficiente de pérdidas α simula las fugas que ocurren en el sistema por deterioro de las cañerías, falta de adecuación de los diámetros al incrementar la población servida, elevada presión en los conductos y menor calidad constructiva. Este parámetro es difícil de estimar y no hay información disponible para el área. Para esta modelación se adopto un valor de 0,015 en coincidencia con Bocanegra (2010) y posteriormente se ajusto en el proceso de calibración.

Filtración de pozos negros domiciliarios

La filtración desde los pozos negros domiciliarios se calculó para la población no servida con cloacas de cada EJ. Se asumió que el 75% del agua consumida va al pozo negro recargando el acuífero freático. Los vuelcos a pozos negros estimados en cada EJ se implementaron en la recarga urbana, y sus valores se ajustaron para el período 1906-2011 en base a los censos de población y la cobertura de la red cloacal.

Tabla 4.9: Porcentaje de cobertura de servicio sanitario para cada EJ

Ejido Urbano	Años				
	1976	1993	2001	2006	2011
5_Almte Brown	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_Almte Brown	0%	66%	77%	77%	78%
2_Almte Brown	0%	0%	0%	0%	0%
4_Almte Brown	0%	0%	0%	0%	0%
1_Avellaneda	52%	51%	79%	80%	80%
2_Avellaneda	0%	0%	0%	0%	0%
5_Berazategui	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_Berazategui	100%	100%	100%	100%	100%
3_Berazategui	40%	97%	100%	100%	100%
4_Berazategui	0%	0%	0%	2%	2%
5_Cañuelas	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
3_Cañuelas	0%	0%	100%	100%	100%
4_Cañuelas	0%	0%	0%	4%	4%
5_CABA	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_CABA	82%	100%	100%	100%	100%
2_CABA	0%	100%	100%	100%	100%
5_Esteban Echeverria	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_Esteban Echeverria	0%	56%	99%	100%	100%
2_Esteban Echeverria	0%	0%	0%	12%	20%
4_Esteban Echeverria	0%	0%	0%	0%	0%
5_Ezeiza	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural	Zona rural
1_Ezeiza	0%	18%	33%	100%	100%
2_Ezeiza	0%	0%	0%	26%	100%
4_Ezeiza	0%	0%	0%	0%	3%

Pérdidas de la Red Pluvial

En gran parte del área de estudio coexisten los sistemas de desague pluvial y cloacal. El agua que ingresa a la red durante los eventos de precipitación corresponde a la lluvia caída sobre el área impermeable directamente conectada. El área impermeable conectada se obtuvo de multiplicar el área impermeable total por (1-SINC). La variación en el tiempo de este coeficiente y del área impermeable permitio representar el efecto de la filtración en el periodo 1906-2010.

El coeficiente de perdidas de red pluvial fue estimado inicialmente en 0,025 (valor similar al utilizado por Bocanegra,2010) y posteriormente ajustado en el proceso de calibración. Este coeficiente se supone mayor a las pérdidas de la red cloacal debido a los materiales y técnicas constructivas de las redes pluviales.

4.2.4. Cuantificación de la Recarga Urbana

La información fue procesada y se obtuvieron los parámetros de recarga para cada EJ y para cada paso de tiempo. En la Figura 4.12 se muestra una planilla de procesamiento de la información.

RECARGA URBANA = EX*SRi/EJi + EX *fv *SUi/EJi + C*Q/EJi + α*P*SUi/EJi + β*ES*Svert/EJi + 0

Año	SU (km2)	SINC	% Red agua	%de cloacas
1906	65.42	0.6	1	1
1950	163.47	0.3	1	1
1976	163.58	0.1	1	1
1995	171.30	0.1	1	1
2011	171.30	0.1	1	1
EJ	189.48	km2	estos valores con respecto	
		8427070	del trabajo realizado por e	
0.08333	tiempo			

Año	Poblacion	Coef al 2001
1895	663854	0.24
1914	1575814	0.57
1947	2981043	1.07
1960	2966634	1.07
1970	2972453	1.07
1980	2922829	1.05
1991	2965403	1.07
2001	2776138	1.00
2010	3058309	1.10

Reside Com	Residenci Urbano		
	SIINC 1	SIINC 2	SIINC 3
1906	0.6	1	1
1950	0.3	0.8	0.9
1970	0.1	0.4	0.7
2011	0.1	0.4	0.6

2001 por Partido

Produccion	21.37	m3/s
Pozos Negros	0.00	m3/s
Perd Red	1.71	m3/s
Cloacas	13.44	m3/s
a Pluviales x PeRed	0.43	m3/s
a Pluviales x Consumo C/Cloacas	5.76	m3/s
a Pluviales x Consumo S/Cloacas	0.00	m3/s

		EX	SUi	SRi	Perd Red	Autoabaste cimiento	Perd Cloacas	Pozos Negros	P	ES (SCS)	Población	SINC	α.* Red Pluvial				
												EX*SRi/Eji	EX *fv *SUi/EJi	α*P*(1-fv)*SUi/EJi	RedPluvial Poblacion	β*ES*Svert /EJi	TOTAL 1CABA
fecha	dd/mm/yyyy	m/dia	km2		m/dia	m/dia	m/dia	m/dia	m/dia	m/dia		m/dia	m/dia	m/dia	m/dia	m/dia	m/dia
2003.83	11/1/2003	0.00100	171.30	18.18	0.000803	0	0.000095	0.0000000	0.00767	0.00056	2864970	0.00010	0.00009	0.00016	0.0001	0.00001	0.001323
2003.92	12/1/2003	0.00143	171.30	18.18	0.000804	0	0.000095	0.0000000	0.00512	0.00043	2867582	0.00014	0.00013	0.00010	0.0001	0.00001	0.001351
2004.00	1/1/2004	0.00147	171.30	18.18	0.000805	0	0.000095	0.0000000	0.00866	0.00230	2870195	0.00014	0.00013	0.00018	0.0001	0.00004	0.001466
2004.08	2/1/2004	0.00163	171.30	18.18	0.000805	0	0.000095	0.0000000	0.00114	0.00254	2872608	0.00016	0.00015	0.00002	0.0001	0.00005	0.001348
2004.17	3/1/2004	0.00000	171.30	18.18	0.000806	0	0.000095	0.0000000	0.00091	0.00000	2875420	0.00000	0.00000	0.00002	0.0001	0.00000	0.000393
2004.25	4/1/2004	0.00284	171.30	18.18	0.000807	0	0.000095	0.0000000	0.00762	0.00013	2878033	0.00027	0.00026	0.00015	0.0001	0.00000	0.001662
2004.33	5/1/2004	0.00179	171.30	18.18	0.000808	0	0.000095	0.0000000	0.00320	0.00029	2880646	0.00017	0.00016	0.00007	0.0001	0.00001	0.001380
2004.42	6/1/2004	0.00000	171.30	18.18	0.000808	0	0.000095	0.0000000	0.00067	0.00000	2883258	0.00000	0.00000	0.00001	0.0001	0.00000	0.000991
2004.50	7/1/2004	0.00016	171.30	18.18	0.000809	0	0.000096	0.0000000	0.00149	0.00000	2885871	0.00001	0.00001	0.00003	0.0001	0.00000	0.001037
2004.58	8/1/2004	0.00081	171.30	18.18	0.000810	0	0.000096	0.0000000	0.00195	0.00000	2888484	0.00008	0.00007	0.00004	0.0001	0.00000	0.001170
2004.67	9/1/2004	0.00000	171.30	18.18	0.000810	0	0.000096	0.0000000	0.00076	0.00000	2891097	0.00000	0.00000	0.00002	0.0001	0.00000	0.000995
2004.75	10/1/2004	0.00000	171.30	18.18	0.000811	0	0.000096	0.0000000	0.00222	0.00000	2893709	0.00000	0.00000	0.00005	0.0001	0.00000	0.001026
2004.83	11/1/2004	0.00000	171.30	18.18	0.000812	0	0.000096	0.0000000	0.00319	0.00000	2896322	0.00000	0.00000	0.00006	0.0001	0.00000	0.001046
2004.92	12/1/2004	0.00000	171.30	18.18	0.000813	0	0.000096	0.0000000	0.00381	0.00000	2898935	0.00000	0.00000	0.00008	0.0001	0.00000	0.001060
2005.00	1/1/2005	0.00000	171.30	18.18	0.000813	0	0.000096	0.0000000	0.00485	0.00062	2901547	0.00000	0.00000	0.00010	0.0001	0.00001	0.001093
2005.08	2/1/2005	0.00054	171.30	18.18	0.000814	0	0.000096	0.0000000	0.00286	0.00001	2904160	0.00005	0.00005	0.00006	0.0001	0.00000	0.001142
2005.17	3/1/2005	0.00062	171.30	18.18	0.000815	0	0.000096	0.0000000	0.00501	0.00018	2906773	0.00006	0.00006	0.00010	0.0001	0.00000	0.001206
2005.25	4/1/2005	0.00278	171.30	18.18	0.000816	0	0.000096	0.0000000	0.00484	0.00041	2909385	0.00027	0.00025	0.00010	0.0001	0.00001	0.001610
2005.33	5/1/2005	0.00000	171.30	18.18	0.000816	0	0.000096	0.0000000	0.00037	0.00000	2911998	0.00000	0.00000	0.00001	0.0001	0.00000	0.000394
2005.42	6/1/2005	0.00112	171.30	18.18	0.000817	0	0.000097	0.0000000	0.00306	0.00000	2914611	0.00011	0.00010	0.00006	0.0001	0.00000	0.001258
2005.50	7/1/2005	0.00073	171.30	18.18	0.000818	0	0.000097	0.0000000	0.00202	0.00000	2917223	0.00007	0.00007	0.00004	0.0001	0.00000	0.001165
2005.58	8/1/2005	0.00286	171.30	18.18	0.000819	0	0.000097	0.0000000	0.00630	0.00185	2919836	0.00027	0.00026	0.00013	0.0001	0.00003	0.001685
2005.67	9/1/2005	0.00000	171.30	18.18	0.000819	0	0.000097	0.0000000	0.00181	0.00000	2922449	0.00000	0.00000	0.00004	0.0001	0.00000	0.001027
2005.75	10/1/2005	0.00000	171.30	18.18	0.000820	0	0.000097	0.0000000	0.00117	0.00000	2925062	0.00000	0.00000	0.00002	0.0001	0.00000	0.001015
2005.83	11/1/2005	0.00000	171.30	18.18	0.000821	0	0.000097	0.0000000	0.00225	0.00000	2927674	0.00000	0.00000	0.00005	0.0001	0.00000	0.001038
2005.92	12/1/2005	0.00000	171.30	18.18	0.000821	0	0.000097	0.0000000	0.00111	0.00000	2930287	0.00000	0.00000	0.00002	0.0001	0.00000	0.001016
2006.00	1/1/2006	0.00113	171.30	18.18	0.000822	0	0.000097	0.0000000	0.00809	0.00132	2932900	0.00011	0.00010	0.00016	0.0001	0.00002	0.001393

Figura 4.12 Planilla para determinar la recarga urbana en cada EJ.

A modo de ejemplo, en las figuras 4.13, 4.14, 4.15 y 4.16 se presentan las gráficas de las recargas de algunos EJ con y sin coberturas de servicios (agua potable y cloacas). La Figura 4.13 muestra la variación en el tiempo de la recarga correspondiente al EJ de la Matanza para la zona 1 (cobertura de red de agua y cloacas), donde se observa un primer periodo donde la recarga esta controlada por la recarga rural y a partir de 1950 el desarrollo urbano comienza a influir en el patrón de recarga.

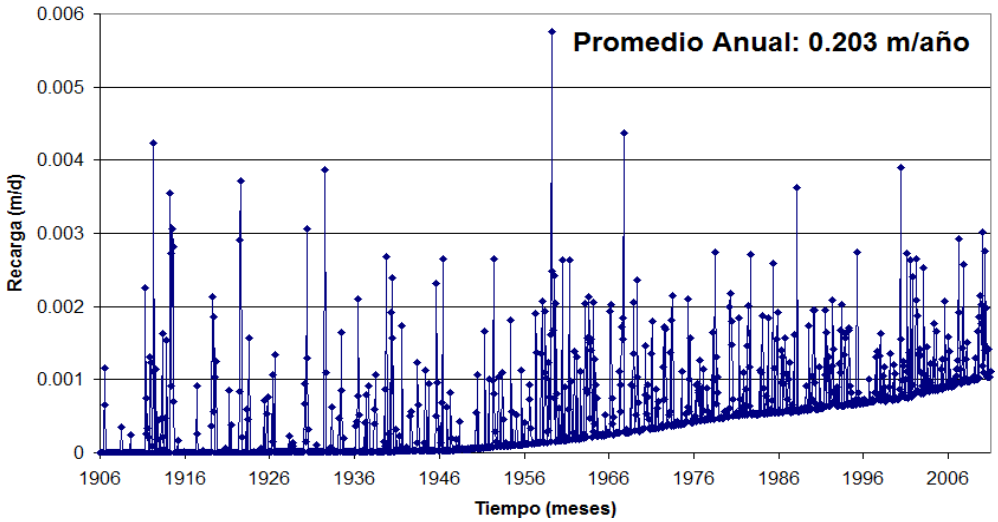


Figura 4.13 Recarga mensual del EJ de La Matanza con cobertura de red de agua y cloacas

En las figuras 4.14 y 4.15 se observan las gráficas correspondientes a los EJ de La Matanza y Esteban Echeverria - zona 2 (cobertura de red de agua, sin cloaca). Los cambios de pendiente desde 1965 en adelante son consecuencia del impacto de las diferentes obras de ampliación de la cobertura de la red de agua potable. En ambas gráficas se observa que los valores de recarga para este último periodo de tiempo estan influenciado por el desarrollo urbano, especialmente por las pérdidas desde la red de agua potable y por la falta de red de saneamiento.

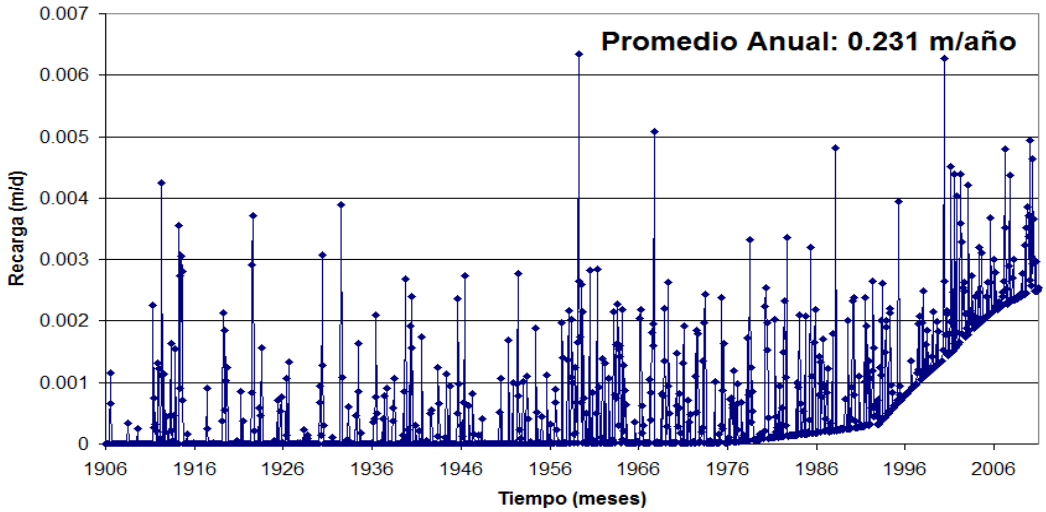


Figura 4.14 Recarga mensual del EJ de La Matanza con cobertura de red de agua y sin cloacas

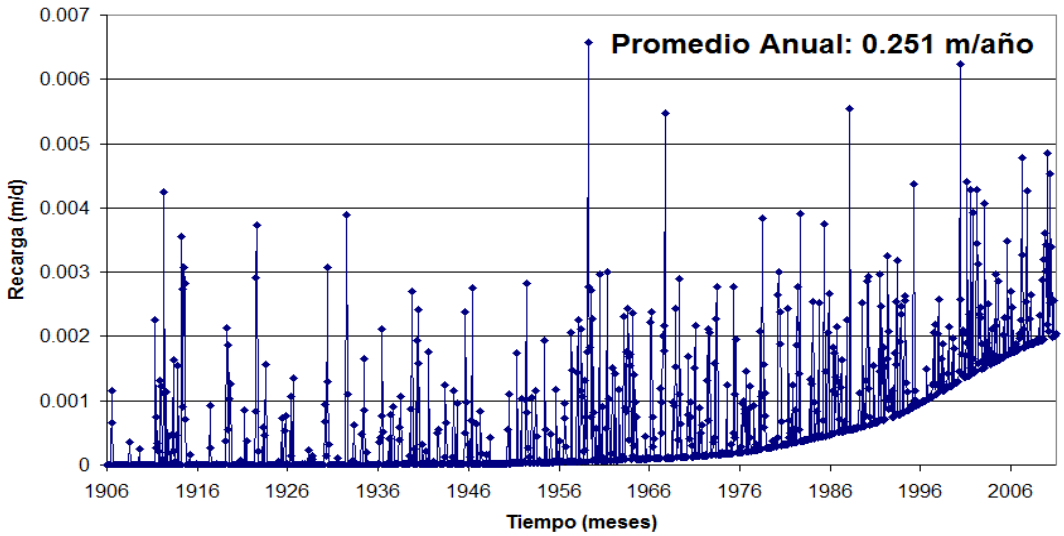


Figura 4.15 Recarga mensual del EJ de Esteban Echeverria con cobertura de red de agua y sin cloacas

En las zonas 3 y 4, sin cobertura de servicios, el incremento del desarrollo urbano y de la población no se traduce en un aumento de la recarga, sino por el contrario se observa una tendencia a la disminución, tornándose negativa. Esto se debe a que la población en estas zonas extrae agua para consumo y descarga el agua residual en los acuíferos (no importa ni exporta agua). La recarga del EJ de Quilmes para la zona 4 (Figura 4.16) es un ejemplo de lo mencionado.

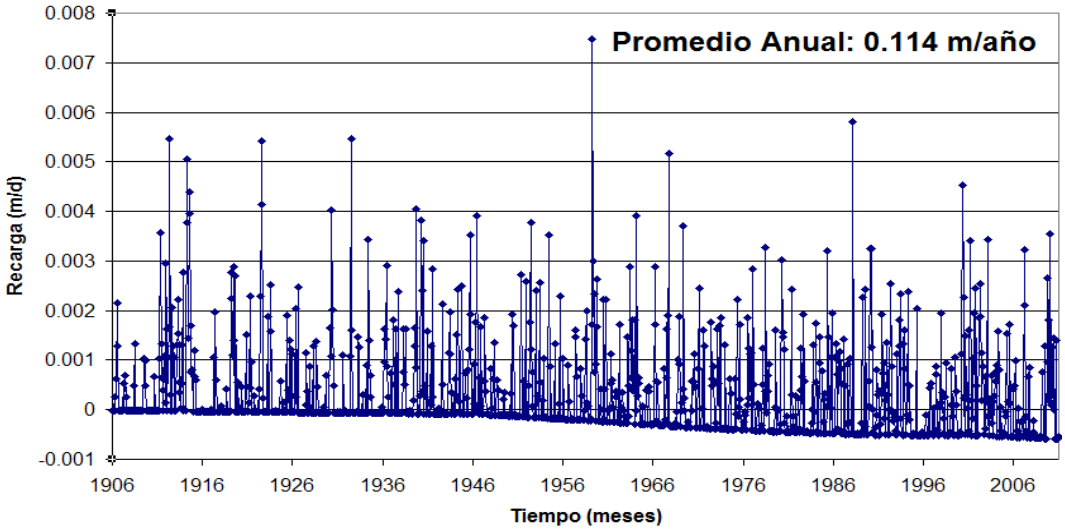


Figura 4.16. Recarga mensual del EJ de Quilmes sin cobertura de red de agua y cloaca

La variación temporal de los componentes de la ecuación de recarga urbana para el EJ de Lanús – Zona 1, se muestran en la Figura 4.17. En la misma se observan cambios de pendientes productos de obras realizadas en la cobertura de los servicios de saneamiento o abastecimiento de agua. Por ejemplo, la recarga por pozos negros decae abruptamente en la década del 90 producto de las obras de cloacas realizadas en el partido.

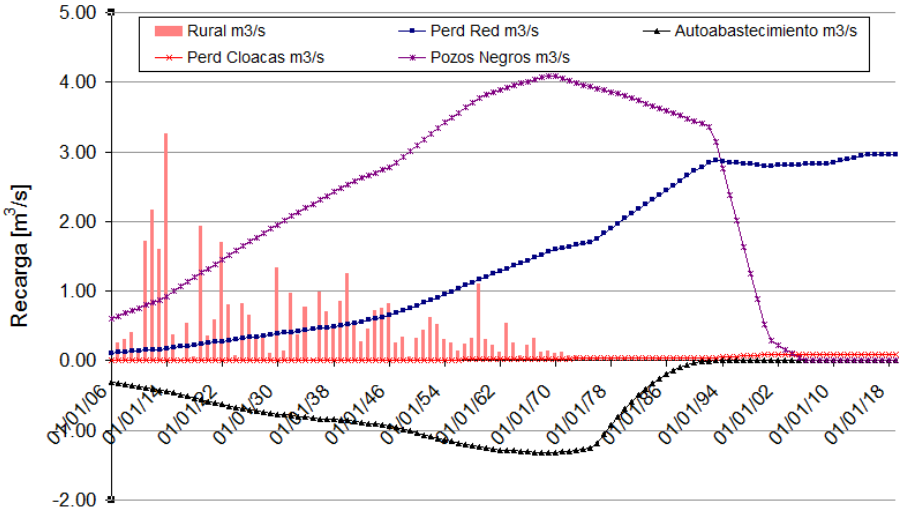


Figura 4.17. Variación temporal de los componentes de la recarga urbana para el EJ de Lanús, zona 1.

En la Figura 4.18 se observa que los valores mas elevados de recarga urbana para el periodo 1906-2011 corresponden a las zonas 1 y 2 con alta densidad de población (CABA, Avellaneda, General San Martín, Lanús, entre otros), lo que origina un mayor consumo de agua potable. Los EJ de las zonas 3 y 4, aunque tienen gran número de habitantes, presentan valores menores de recarga porque al extraer agua subterranea para el consumo, no importan agua que genera una mayor recarga.

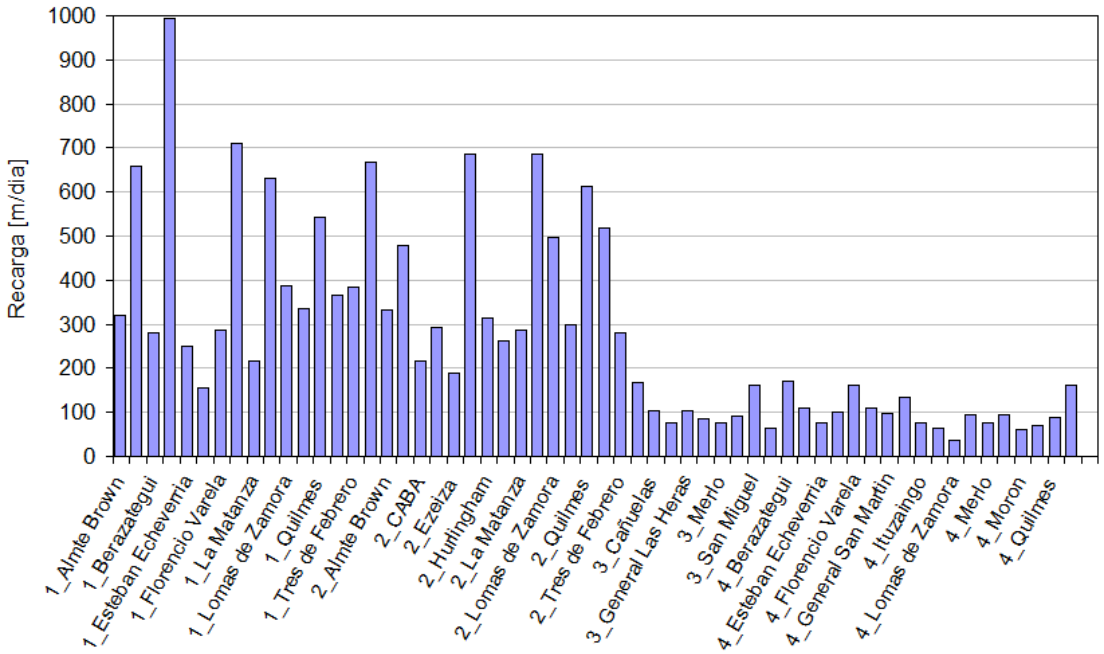


Figura 4.18 Recarga urbana media anual para el período 1906-2011 de cada EJ.

La importancia de la Ciudad de Buenos Aires en la recarga urbana se observa claramente en la Figura 4.19 donde se presentan los volúmenes medios anules de recarga. Esto volúmenes fueron obtenidos del producto de la recarga media anual de cada EJ por su respectiva superficie. La Ciudad de Buenos Aires (zona 1) presenta la mayor recarga producto de los 190 Km^2 de EJ por la recarga media anual de aprox. 1000 m/d.

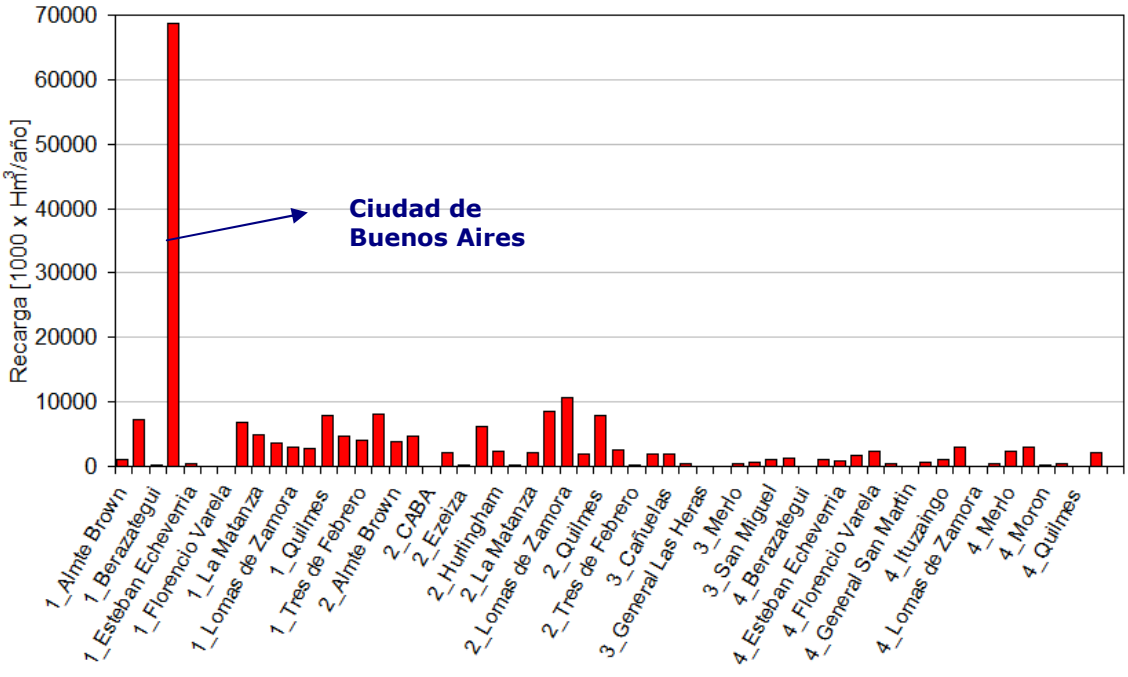


Figura 4.19. Volúmenes medios anuales de recarga urbana para el período 1906-2011

4.2.5. Extracciones de agua para uso doméstico

En las zonas 1 y 2 el abastecimiento de agua potable se da mayormente a través de la red de AySA, que toma agua del Río de la Plata. En el resto del área de estudio, las extracciones de agua subterránea son realizadas principalmente por dicha concesionaria, las cuales pueden ser mezcladas con agua proveniente del Río de la Plata. También existen extracciones realizadas por la población no servida por la red, que se autoabastece a partir de perforaciones propias o comunitarias. La fracción de población no servida es menor al 20% en las zonas 1 y 2, con excepción de los Partidos de Ituzaingó y Ezeiza donde alcanza el 32% y 56%, respectivamente (INA, 2010).

Según el informe del INA (2010) y los datos suministrado por AySA, la consesionaria cuenta con 231 pozos de extracción desde el acuífero Puelche y el caudal mensual total extraído de este acuífero varía entre 2,1 y 2,6 m^3/s.

Dentro de las zonas 1 y 2 existe un porcentaje de habitantes (población autoabastecida) que no cuenta con servicios de agua de red. Para considerar las extracciones de dicha población se estableció una tasa media de explotación de 250 l/hab/d realizada totalmente desde el acuífero Pampeano, ya que al ser pozos propios, se consideran de escasa envergadura.

Los valores estimados para el 2001 fueron ajustados para el período 1906- 2011 a partir de la población total de cada partido suponiendo que se mantienen las zonas con servicio y pero varía el porcentaje de población servida. A medida que disminuye la población con agua de red en un EJ aumenta la autoabastecida.

En las zonas 3 y 4, el abastecimiento de agua potable se da a través de redes de AySA u otras concesionarias, aunque existen en general porcentajes altos a muy altos de población no servida (llegando en algunos casos al 98%) que debe autoabastecerse a partir de pozos propios o comunitarios. Para la población autoabastecida, como se ha mencionado en párrafos anteriores, se estableció una extracción al acuífero Pampeano de 250 l/hab/d. En cambio, para la población dentro de las zonas 3 y 4 que es abastecida con agua subterránea por medio de la red de AySA u otra concesionaria, se adoptó una dotación media de 450 l/hab/día.

Las extracciones fueron distribuidas uniformemente en las zonas correspondientes, y ajustadas para el período 1906-2011 en base a los censos de población.

A partir del 2005 se implementó el Plan Agua + Trabajo. En particular, 300.000 habitantes de la Zona 4 del Partido de La Matanza fueron incorporados a la red de agua potable, dejando por lo tanto de autoabastecerse. Dicha modificación fue tenida en cuenta en las estimaciones a partir de dicho año.

4.2.6. Extracciones de industrias

En la zona de estudio se pueden identificar 11 grandes industrias en la cuenca alta, dentro de las cuencas de los arroyos Cañuelas y Chacón. Los datos de explotación de cada industria se extraen del informe técnico del INA (2010). En las tablas 4.10 y 4.11 se presentan las industrias consideradas, así como los caudales de extracción, que fueron tomados de las estimaciones de vuelcos realizadas para el modelo unidimensional de la cuenca del Matanza-Riachuelo (Menéndez, 2008). La ubicación de estas industrias se muestra en la Figura 4.20.

Tabla 4.10. Estimaciones de caudales extraídos por industrias de la zona del Aº Cañuelas

Industria	Caudal Total (m^3/s)
Coop. Trabajo Obrera Máximo Paz Lda.	0,11
Sinteplast	0,10
Quimica Y Energia Srl	0,10
Inquimec Srl	0,10
Transquim	0,10
Chemotecnica S.A.	0,10

Tabla 4.11. Estimaciones de caudales extraídos por industrias de la zona del Aº Chacón

Indústria	Caudal Total (m^3/s)
Genelba	0,30
Saf Argentina S.A	0,21
Daimler Chrysler	0,03
Coto Cicsa	0,02
Rovafarm Argentina S.A	0,02

En el caso de las pequeñas industrias, los caudales extraídos se obtuvieron del censo de industrias realizado en 2002 – 2003 por la Dirección de Prevención y Gestión de la Contaminación (DPyGC) de la Secretaria de Ambiente de la Nación y de la ex- Obras Sanitarias de la Nación (OSN).

Durante los meses diciembre 2002 a marzo 2003 la DPyGC realizó el censo de establecimientos industriales y/o especiales para el Control de la Contaminación Hídrica Industrial y a continuación, desde marzo a julio 2003, se implementó un programa de inspecciones para completar la información faltante.

En este operativo se procesaron 523 industrias con pozos de captación de agua subterránea en servicio, representando el 11% de los establecimientos bajo jurisdicción actual del Decreto Nacional 776/92 para el Control de la Contaminación Hídrica Industrial. Las restantes industrias del sector emplean agua de la red de abastecimiento.

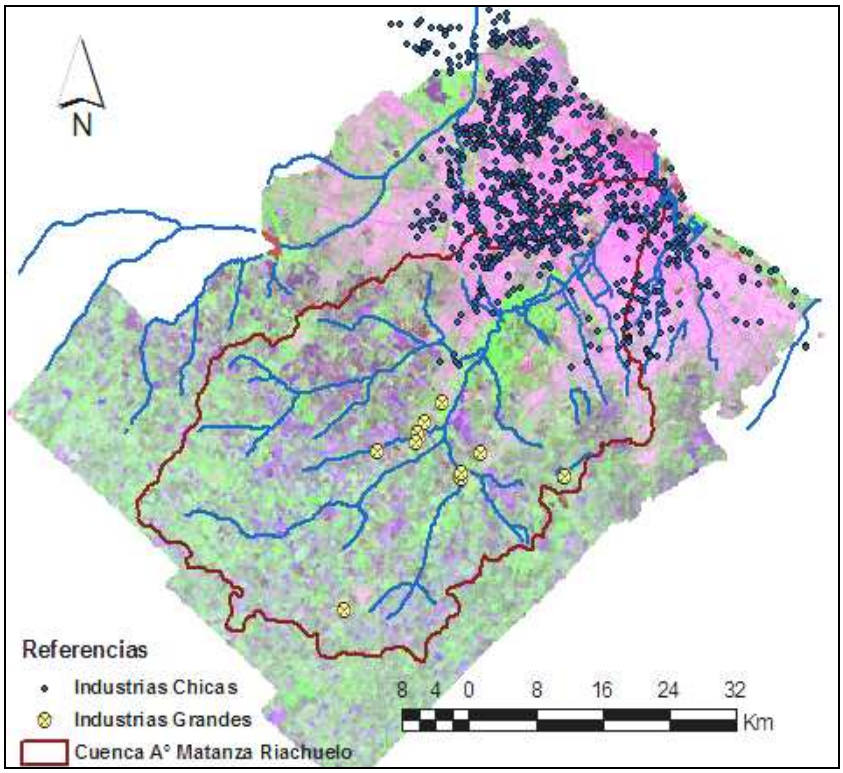


Figura 4.20. Ubicación de extracciones por industrias según su volumen explotado

En la Tabla 4.12 se detalla la cantidad de establecimientos con pozos por partido y el caudal (Q) extraído por semana para los años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2002-2003 obtenidos en el mismo operativo.

Tabla 4.12. Caudal (Q) extraído por semana en cada partido

Partidos	Cantidad	1996	1997	1998	1999	2002-2003
		Q [m^3/sem]	Q [m^3/sem]	Q [m^3/sem]	Q [m^3/sem]	Q [m^3/semana]
Avellaneda-Quilmes-Berazategui-F Varela	37	82848	80087	71251	62681	64280
Lanus	14	53108	54998	56943	58623	65377
Lomas de Zamora	21	14526	13313	8164	8695	103947
Morón-Ituzaingó-Hurlingham	46	101925	97728	96693	91583	77867
San Fernando	9	11845	14343	13793	13800	8556
San Isidro	20	3802	5000	5052	4489	9825
Tigre	36	101946	106425	131569	118985	148786
Vicente Lopez	27	19948	19207	19705	19199	16756
San Martín	77	78286	80660	73455	79925	52283
La Matanza	78	60154	61526	57793	56443	142732
3 de Febrero	48	42995	46991	42800	42779	46851
Ezeiza-E. Echeverría	10	7739	8986	8745	8250	7006
Ciudad Buenos Aires	95	81840	80961	67293	57929	67593
Alt. Brown	5	9964	9934	9901	9871	9797

Otro censo para la determinación de los caudales explotados de los acuíferos por las industrias fue realizado en 1992 a pedido de la ex–Obras Sanitarias de la Nación (OSN). La información muestra que de aproximadamente 5000 establecimientos, 1286 (26%) declaran la existencia de pozos en servicio. En la Tabla 4.13 se muestra su distribución y el caudal de agua semanal extraída por partidos. No fue posible de momento, obtener valores de pequeñas industria para años anteriores a 1992.

La representación de las extracciones en el modelo se realizó considerando para todo el período simulado, la cantidad de industrias censadas en 1992 que utilizaban agua subterránea para su actividad. Los caudales se obtuvieron para cada año donde existían datos de extracciones (1992, 1996, 1997, 1998, 1999 y 2002-2003). A fin de estimar la variación histórica de las extracciones de las pequeñas industrias para todos los años, se relacionaron los caudales de explotación de las declaraciones juradas con el EMI (Estimador Mensual Industrial) confeccionado por el INDEC. Teniendo en cuenta la variabilidad del índice, se completó la serie de datos de caudales explotados para el período 1992 a 2011.

Los caudales extraídos por las medianas y pequeñas industrias fueron consideradas como extracciones areales y no puntuales. Con los datos de los censos y DJs se obtuvo el caudal de explotación de cada partido para los años mencionados y las ubicaciones de algunas industrias. Para ingresar estos valores como un nuevo componente a la ecuación de recarga urbana fue necesario calcular los caudales de explotación asociados a cada EJ.

Tabla 4.13. Caudales explotados por industrias según Declaración Jurada OSN 1992

Partidos	Cantidad	Q	Q	Q por industria
		[m^3/semana]	[m^3/h]	[m^3/h]
Avellaneda-Quilmes-Berazategui-F Varela	77	164442	979	12.7
Lanus	55	37743	225	4.1
Lomas de Zamora	42	69954	416	9.9
Morón-Ituzaingó-Hurlingham	95	175688	1046	11
San Fernando	27	12999	77	2.9
San Isidro	71	40891	243	3.4
Tigre	54	47446	282	5.2
Vicente Lopez	89	27889	166	1.9
San Martín	218	116341	693	3.2
La Matanza	212	179855	1071	5
3 de Febrero	89	32853	196	2.2
Ezeiza-E. Echeverría	17	11816	70	4.1
Ciudad de Buenos Aires	220	161448	961	4.4
Alt. Brown	20	13369	80	4

Para determinar la extracción de agua realizada por las industrias en cada EJ se realizó el siguiente procedimiento. Se identificó la cantidad de industrias por partidos, y se adoptó como caudal extraído por industria al cociente entre el caudal explotado por partido y la cantidad de industrias en el mismo. Posteriormente se determinó la cantidad de industrias en cada EJ y se lo multiplicó por el caudal extraído de cada

industria, obteniéndose el valor de descarga por extracciones industriales de cada EJ.

4.2.7. Extracciones de bombas depresoras

No se ha podido contar con información técnica de la cantidad y tamaño de las bombas utilizadas en los distintos partidos para deprimir los niveles de agua subterránea. Por no contar con esta información, se procedió a una búsqueda bibliográfica en revistas, Internet, diarios de sesiones de municipios, recortes periodísticos e informes técnicos para estimar la cantidad de bombas depresoras en funcionamiento en los distintos partidos.

La información consultadas provino de diversas fuentes: informes de la Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires, del "Foro de desarrollo sostenible de la cuenca la Matanza Riachuelo", de decretos municipales: sesión ordinaria n16 del 24 de noviembre de 2004 Decreto Nº 0167/03 Ordenanza Nº 4874/02, San Isidro; Decreto Nº 479/05 Adjudicase la Licitación Privada Nº 9/05, tramitada por expediente Nº 359/05, San Isidro; Sesión del periodo deliberativo N120 Gral San Martín, recortes periodístico: El servicio Sanitario de la Región", La Gran Ciudad 2005.

De la evaluación de la información recolectada se estimó la cantidad de bombas y el caudal de extracción en cada partido. Las extracciones fueron asociadas a los EJ que presentan problemas de elevación del nivel freático, que en general coinciden con los EJ que importan agua para consumo del Río de la Plata (Tabla 4.14). El caudal para cada bomba depresora se estimó entre 120 - 150 m^3/d.

Tabla 4.14: Cantidad de bombas depresoras en cada Ejido Urbano (EJ)

Ejido Urbano (EJ)	Abastecimiento de agua	Cantidad de Bombas
1_San Isidro	Importada RP*	43
2_San Isidro	Importada RP	82
1_Vicente Lopez	Importada RP	48
1_CABA	Importada RP	sin dato
2_CABA	Importada RP	sin dato
1_Tres de Febrero	Importada RP	67
2_Tres de Febrero	Importada RP	125
2_Hurlingham	Importada RP	34
1_Moron	Importada RP	103
2_Moron	Importada RP	192
2_Ituzaingo	Importada RP	17
1_Avellaneda	Importada RP	15
2_Avellaneda	Importada RP	29
1_Lanus	Importada RP	139
2_Lanus	Importada RP	259

Ejido Urbano (EJ)	Abastecimiento de agua	Cantidad de Bombas
1_Quilmes	Importada RP	153
2_Quilmes	Importada RP	285
1_Lomas de Zamora	Importada RP	222
2_Lomas de Zamora	Importada RP	415
1_Esteban Echeverria	Importada RP	28
2_Esteban Echeverria	Importada RP	52
1_Berazategui	Importada RP	sin dato
1_Almte Brown	Importada RP	61
2_Almte Brown	Importada RP	115
1_Florencio Varela	Importada RP	sin dato
1_General San Martin	Importada RP	64
2_General San Martin	Importada RP	120
1_La Matanza	Importada RP	173
2_La Matanza	Importada RP	323
1_Ezeiza	Importada RP	5
2_Ezeiza	Importada RP	10

RP* = Río de La Plata

4.3. Análisis de volúmenes

En esta sección se realizó un balance por partido de los volúmenes de agua que recargan y descargan el acuífero. El análisis se realizó para el año 2001 para el cual se tuvo en cuenta los componentes de la recarga urbana tratados, las extracciones por industrias, pozos de abastecimiento y bombas depresoras. En las figuras 4.21 y 4.22 se presenta la recarga para cada uno de los partidos expresadas como lamina de agua (m/d) y volumen (Hm^3/d) respectivamente. En la Figura 4.22 se puede observar que el volumen de recarga para Cañuelas es alto debido a la extensa superficie y la baja urbanización (aprox. 1700 km^2) lo que genera una importante recarga por precipitación.

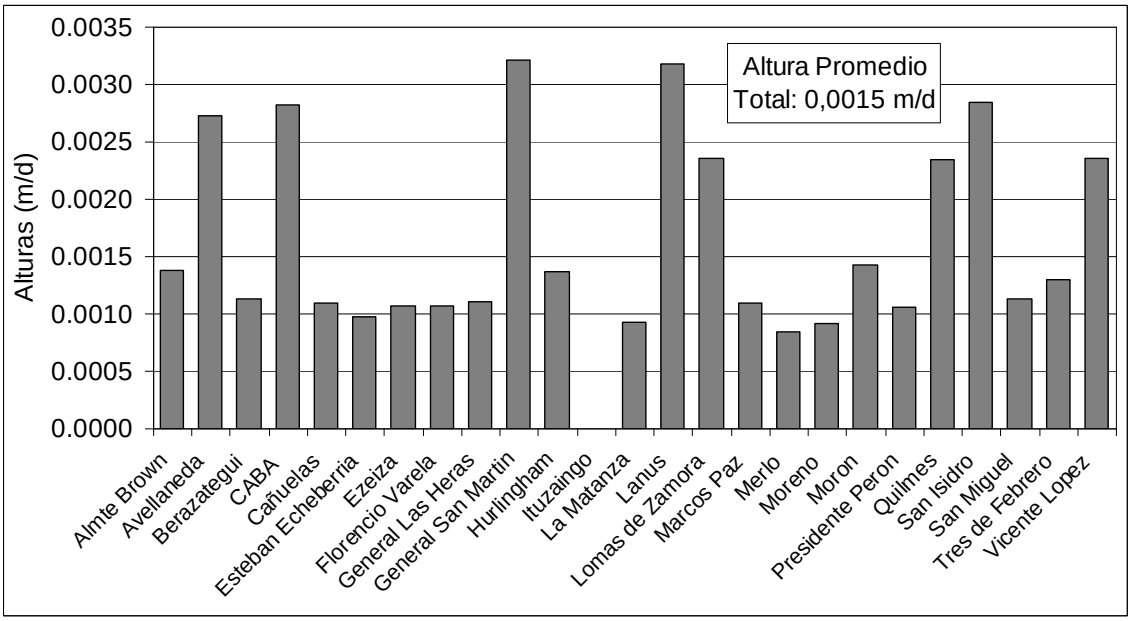


Figura 4.21: Recarga por partido - año 2001 expresada en lámina de agua (m/d).

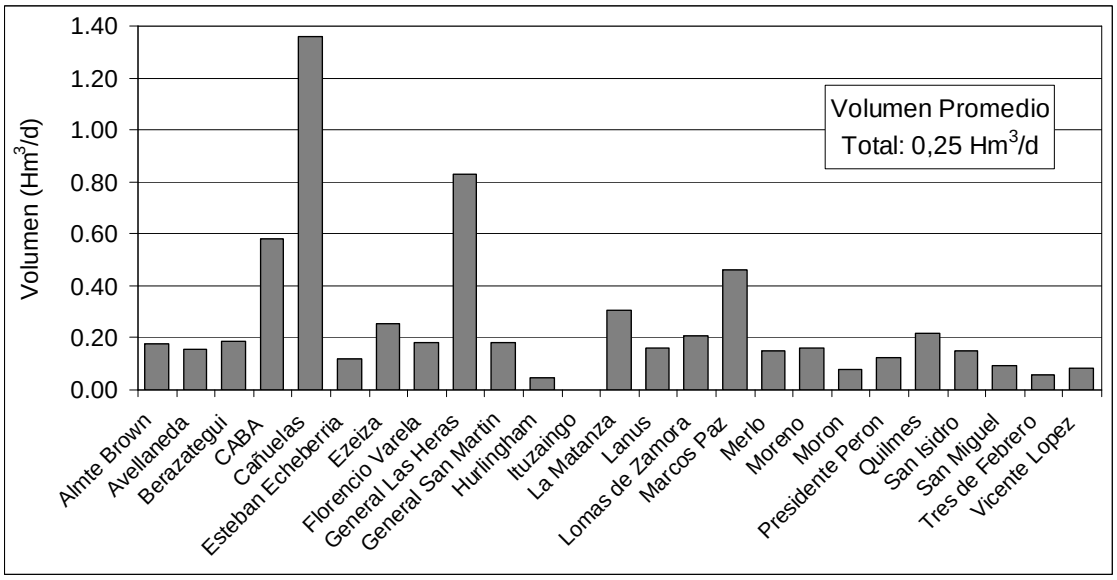


Figura 4.22: Recarga por partido -año 2001, expresada en volúmen (Hm^3/d).

5. MODELO CONCEPTUAL

El modelo conceptual representa la hipótesis de funcionamiento del sistema, y por ende es de carácter cualitativo. En general se construye integrando la información geológica, estructural, geofísica, hidrológica, hidrogeológica, hidroquímica e isotópica. En esta primera etapa, el modelo conceptual se definió en base a la información geológica e hidrogeológica disponible. Se presentan aquí los rasgos más sobresalientes del modelo conceptual sobre el cual se basa la modelación numérica, más algunas interpretaciones del sistema de flujo.

El sistema acuífero esta compuesto por el acuífero freático, mayormente presente en la Formación Pampeano y el acuífero Puelche, ambos presentan continuidad hidráulica. Existen diferencias de nivel entre ambos acuíferos por sectores, producto de un acuitardo de condición hidráulica variada.

El flujo subterráneo regional presenta una dirección predominante sudoeste – noreste, mientras el acuífero freático esta fuertemente condicionado por los cuerpos de agua superficial. Localmente la existencia de fuertes explotaciones provoca conos o áreas de abatimiento importantes.

El acuífero freático es la formación mas activa, recibe la recarga natural por infiltración de la precipitación y la recarga por componentes de origen antrópico tal como las pérdidas de las redes de agua, saneamiento y conductos pluviales, filtración de pozos sépticos, entre otros. Una importante proporción de la recarga antrópica proviene de las fugas en las redes de agua que se importa desde el Río de La Plata. El acuífero Puelche, no presenta afloramiento en la zona de estudio y recibe indirectamente la recarga a través del acuífero freático.

Las descargas del agua subterránea, en condiciones naturales, se localiza en los cuerpos de agua superficial (arroyos y ríos) y en el Río de La Plata. Otras descargas del flujo subterráneo la componen las extracciones al acuífero freático y Puelche.

Las fluctuaciones de niveles en el acuífero freático medidas en la red de monitoreo de ACUMAR, estan relacionadas con las variaciones climáticas en la zona alta y con las actividades antrópicas en la zona baja, con una zona de transición en la cuenca media. Las fluctuaciones en el acuífero Puelche son semejantes a las registradas en el freático, fundamentalmente en lo que se refiere a la variabilidad, la magnitud está controlada por aspecto geológicos locales o antrópicos de fuerte impacto (campo de bombeo de la empresa AySA o de grandes industrias).

Una de las mayores incertidumbres que aún persisten en el modelo conceptual es la interacción entre los acuíferos freático y Puelche. Si bien en la actualidad, en la mayor parte de la zona de estudio los niveles del freático son superiores a los niveles en el acuífero Puelche lo que indicaría un flujo descendente y la recarga del acuífero freático al acuífero Puelche, esta condición no se observa en el pasado

donde el flujo en la cuenca baja era ascendente. Es fundamental conocer este proceso para analizar el transporte de soluto o de contaminación.

Otra fuente importante de incertidumbre son las descargas a los cuerpos de agua superficial. Es necesario abordar estos aspectos en futuras investigaciones para incrementar la confiabilidad del modelo conceptual y por ende la del modelo numérico desarrollado a posteriori para su validación.

6. ESTRUCTURA DEL MODELO NUMÉRICO

Se denomina estructura del modelo al conjunto de parámetros espaciales y temporales que, conjuntamente con el dominio de modelación y las condiciones de contorno, representan numéricamente los procesos físicos y las características del sistema definido en el modelo conceptual de funcionamiento. El período de modelación inicia en el año 1906 y finaliza en diciembre de 2011, modelando un perído de 106 años. Esto se adopta a efectos de contar con un período de modelación lo suficientemente extenso de manera que el periodo inicial este lo suficientemente lejos para que no altere o condicione la simulación en los tiempos mas modernos, que es cuando se dispone de información.

En este capítulo se describe el dominio de modelación, la zonificación de la conductividad hidráulica, la recarga, la extracción, los cursos de agua superficial (ríos y arroyos) y las condiciones de borde. Finalmente se presentan los datos empleados en la calibración.

6.1. Dominio de modelación y malla

La Figura 6.1 muestra el dominio de modelación limitado al NE por el Río de La Plata, al NW por el Río Reconquista, al SE inicialmente por el Arroyo Conchita y luego continua por una línea imaginaria perpendicular a la costa y el límite SW corresponde a una línea de isopiezas paralela a la costa. Los límites SE y SW están condicionado a que se asume que el flujo subterráneo regional tiene sentido perpendicular al Río de la Plata. En el límite NE la zona modelada se interna aproximadamente unos 5 km dentro del Río de la Plata asumiendo la continuidad del acuífero Puelches. La superficie total modelada es de 4.498 km^2, correspondiendo 4.105 km^2 a la zona continental.

La malla de elementos finitos empleada es multicapa, específicamente bicapa, de esta forma cada capa reproduce a los acuíferos Pampeano y Puelches. La capa inferior, correspondiente a la Formación Puelches cubre espacialmente toda el área de modelado, fue discretizada en 7208 elementos triangulares y 3699 nudos (Figura 6.2). Internamente la capa tiene algunos contornos impuestos para reproducir geométricamente la línea de costa, los cursos de agua y las zonas de recarga. La malla bidimensional presenta un mayor refinamiento en los sectores cercanos a los cursos superficiales y en algunas áreas de elevado gradiente hidráulico. La capa superior, correspondiente fundamentalmente al acuífero Pampeano, extiende el límite NE hasta la línea de costa del Río de la Plata. Este sector queda discretizado en 6638 elementos triangulares y 3416 nudos. La unión entre las capas se realiza con 3416 elementos unidimensionales que simulan el acuitardo. En la Figura 6.3 se muestra una vista tridimensional de la malla multicapa o bicapa compuesta por 17262 elementos triangulares, 3416 elementos unidimensionales y 7115 nudos.

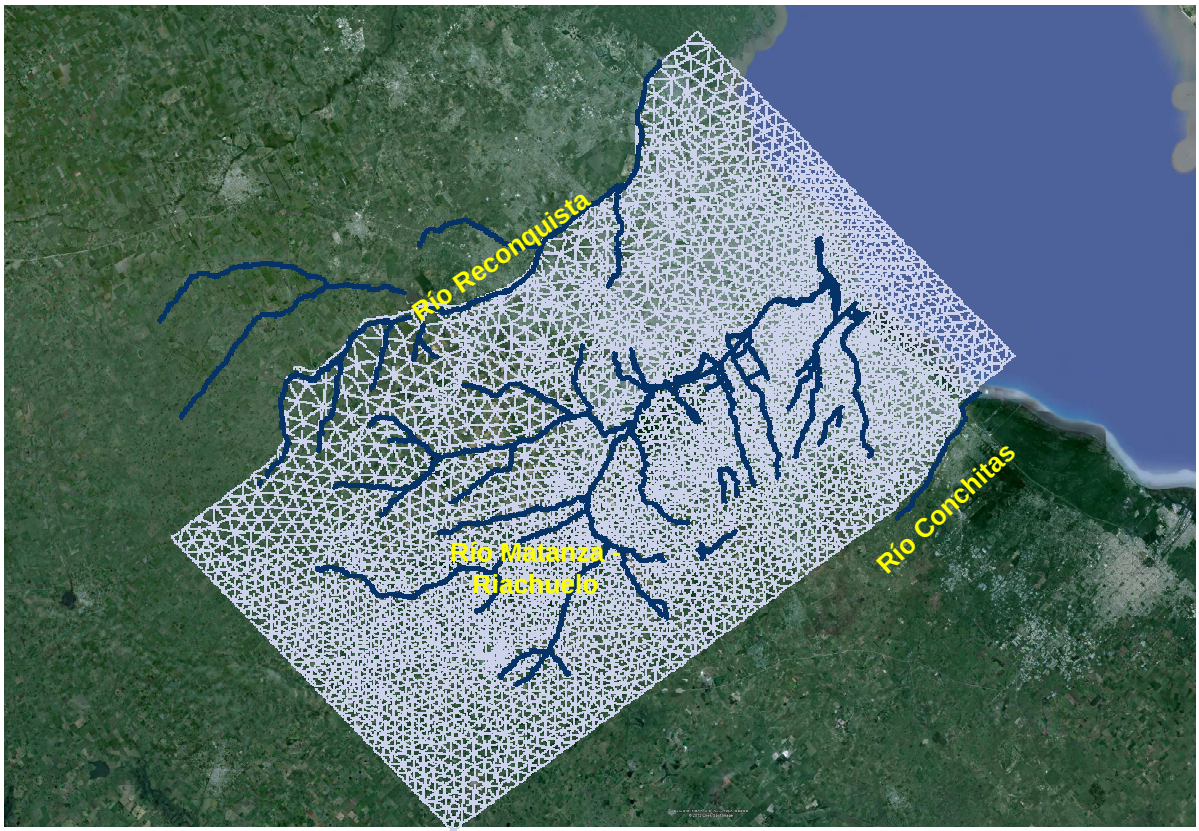


Figura 6.1: Área modelada.

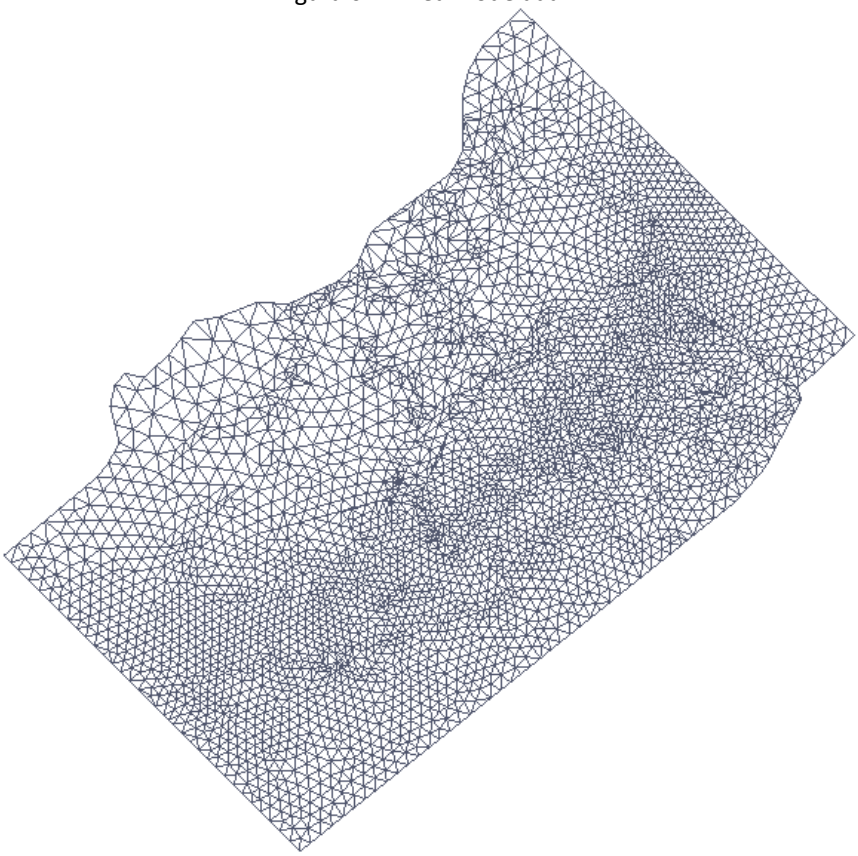


Figura 6.2: Discretización del dominio modelado correspondiente al acuífero Puelches.

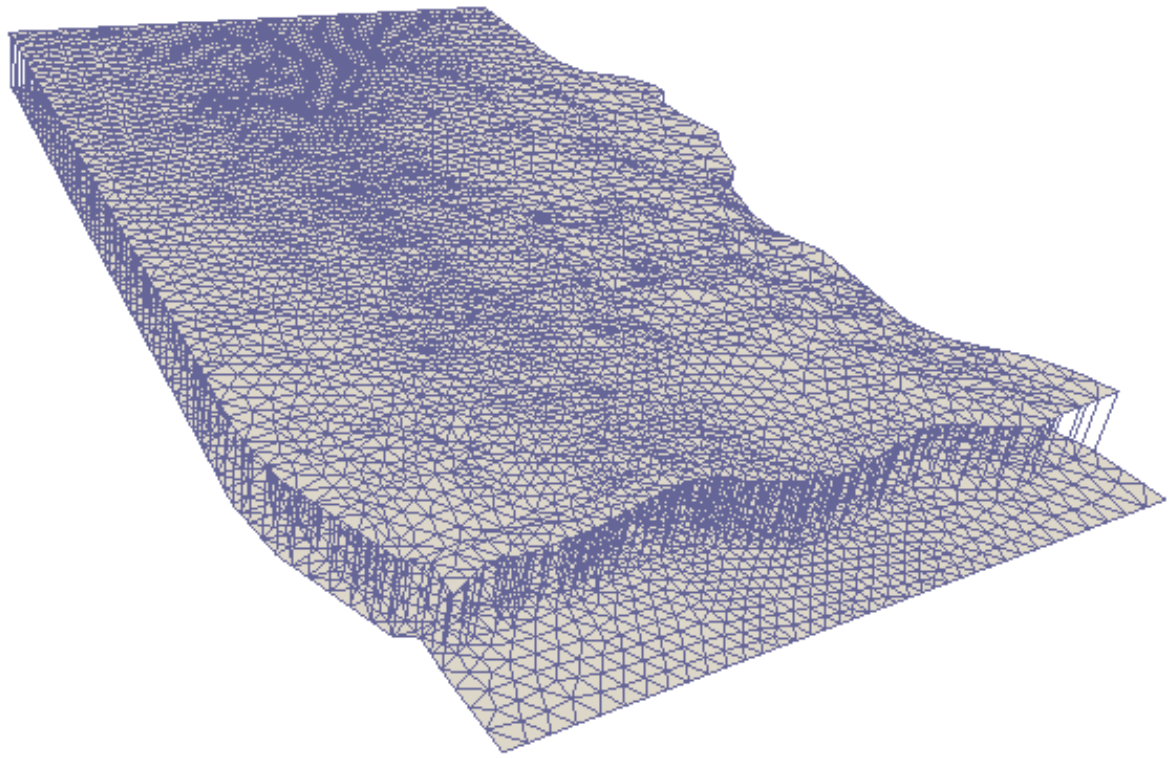


Figura 6.3: Malla multicapa o bicapa. Los elementos triangulares superiores simulan al acuífero Pampeano y los inferiores al acuífero Puelches, los elementos unidimensionales que unen ambas capas simulan al acuitardo.

6.2. Zonas de transmisividad y coeficiente de almacenamiento

Para el tratamiento de la transmisividad se optó por zonificar el parámetro conductividad hidráulica K para que posteriormente el programa calcule la transmisividad combinando la zonificación de K y el mapa de espesores variable para cada elemento.

Basado en la información litológica y en la piezometría se zonifico el modelo en 8 zonas, cuatro corresponden a la capa superior, dos a la capa inferior y dos al acuitardo. En la Tabla 6.1 se describen cada uno de estas zonas con los valores de conductividad hidráulica estimada de acuerdo a la bibliografía consultada (Apartado 3.2) y en la Figura 6.4 se muestran las zonas.

La zonificación del coeficiente de almacenamiento quedo definida en tres sectores: capa superior o acuífero freático (0.1), capa inferior (10^{-4}) y acuitardo (10^{-5}). La estimación previa de los valores de estas zonas se sacaron de la bibliografía.

Tabla 6.1. Zonas de conductividad hidráulica.

Número de zona	Capa	Conductividad hidráulica [m/d]	Descripción
1	superior	7	Pampeano
2	superior	10	Postpampeano
3	superior	30	Postpampeano, depósito de playas
4	superior	20	Pampeano (For. Buenos Aires y Ensenada)
5	inferior	50	Puelche
6	acuitardo	10^{-5}	Conductancia del acuitardo. Tiene en cuenta el área asociada a cada elemento unidimensional.
7	inferior	50	Puelche
8	acuitardo	10^{-4}	Conductancia del acuitardo. Tiene en cuenta el área asociada a cada elemento unidimensional.

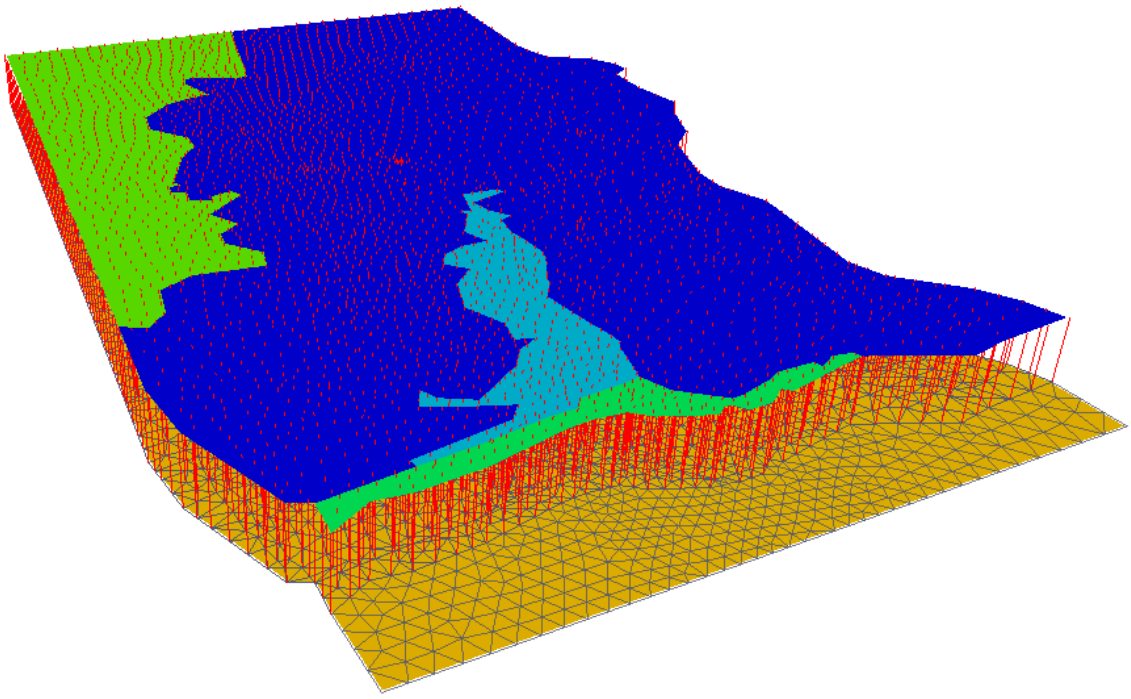


Figura 6.4. Zonas de conductividad hidráulica. Pampeano (azul), Postpampeano (celeste), For. Buenos Aires y Ensenada (verde), depósito de playas (verde claro), Puelche (marrón) y acuitardo (rojo, elementos 1D)

6.3. Zonas de recarga

Las zonas de recarga y las funciones de tiempo (función que reproduce la variabilidad temporal asociada a cada zona de recarga), fueron desarrolladas en el Capítulo 4. En esta sección se presenta la manera en que se imponen las zonas de recarga en la primer capa del modelo, que simula el agua que se incorpora al

acuífero superior o freático por acciones naturales y antrópicas. Los valores de recarga de cada componente están asociados a un área y por ello se imponen en los elementos de la malla.

En la Tabla 6.2 y Figura 6.5 se presentan las 76 zonas de recarga generadas a partir de la zonificación desarrollada en el Apartado 4.2.3. En la Tabla 6.2 se especifica el número de zona de recarga asignada en el modelo, el partido al que corresponde y el tipo de zona de acuerdo a la cobertura de servicios de agua y cloaca. Puede observarse que existen partidos con varias zonas de una misma categoría, esto se origina cuando quedan áreas partidas (por ejemplo un parque que ocupa varias hectáreas dentro de un ejido urbano).

Tabla 6.2. Zonas de recarga en el acuífero superior o freático.

Número de zona	Nombre	Partido	Tipo de zona	Número de zona	Nombre	Partido	Tipo de zona
1	1_San1	San Isidro	1	39	2_Est39	Est. Echeverría	2
2	2_San2	San Isidro	2	40	4_Est40	Est. Echeverría	4
3	2_San3	San Isidro	2	41	3_Ber41	Berazategui	3
4	1_Vic4	Vicente López	1	42	1_Alm42	Almte Brown	1
5	1_Ciu5	CABA	1	43	2_Alm43	Almte Brown	2
6	1_Tre6	Tres de Febrero	1	44	4_Alm44	Almte Brown	4
7	2_Tre7	Tres de Febrero	2	45	3_Flo45	Florencio Varela	3
8	4_Tre8	Tres de Febrero	4	46	4_Flo46	Florencio Varela	4
9	2_Hur9	Hurlingham	2	47	4_Flo47	Florencio Varela	4
10	4_Hur10	Hurlingham	4	48	1_Gen48	Gral. San Martín	1
11	1_Mor11	Morón	1	49	2_Gen49	Gral. San Martín	2
12	2_Mor12	Morón	2	50	4_Gen50	Gral. San Martín	4
13	2_Mor13	Morón	2	51	3_Mar51	Marcos Paz	3
14	4_Mor14	Morón	4	52	4_Mar52	Marcos Paz	4
15	4_Mor15	Morón	4	53	1_La53	La Matanza	1
16	4_Mor16	Morón	4	54	2_La54	La Matanza	2
17	4_Itu17	Ituzaingo	4	55	2_La55	La Matanza	2
18	1_Ave18	Avellaneda	1	56	2_La56	La Matanza	2
19	1_Ave19	Avellaneda	1	57	4_La57	La Matanza	4
20	2_Ave20	Avellaneda	2	58	4_La58	La Matanza	4
21	2_Ave21	Avellaneda	2	59	1_Eze59	Ezeiza	1
22	3_Mer22	Merlo	3	60	2_Eze60	Ezeiza	2
23	3_Mer23	Merlo	3	61	4_Eze61	Ezeiza	4
24	4_Mer24	Merlo	4	62	3_Ca62	Cañuelas	3
25	4_Mer25	Merlo	4	63	4_Ca63	Cañuelas	4
26	1_Lan26	Lanús	1	64	4_Ca64	Cañuelas	4
27	1_Lan27	Lanús	1	65	4_Ca65	Cañuelas	4
28	2_Lan28	Lanús	2	66	4_Ca66	Cañuelas	4
29	1_Qui29	Quilmes	1	67	4_Ca67	Cañuelas	4
30	2_Qui30	Quilmes	2	68	4_Ca68	Cañuelas	4
31	2_Qui31	Quilmes	2	69	4_Ca69	Cañuelas	4
32	1_Lom32	Lomas de Zamora	1	70	4_Ca70	Cañuelas	4
33	2_Lom33	Lomas de Zamora	2	71	4_Gen71	Gral. Las Heras	4

34	2_Lom34	Lomas de Zamora	2	72	4_Gen72	Gral. Las Heras	4
35	4_Lom35	Lomas de Zamora	4	73	4_Gen73	Gral. Las Heras	4
36	1_Est36	Est. Echeverría	1	74	4_Pre74	Presidente Perón	4
37	2_Est37	Est. Echeverría	2	75	1_San0	San Isidro	1
38	2_Est38	Est. Echeverría	2	76	Rural		

Las funciones de tiempo asociada a cada zona de recarga, permiten imponer en el modelo la variabilidad temporal. En la Figura 6.6 se presenta la función de recarga asociada a la zona Rural (número 76). Esta zona es la más extensa con una superficie aproximada de 2668 km^2 y para ella se estimó una recarga media diaria de 3.66 10^{-4} m/d o 11.3 m^3/s.

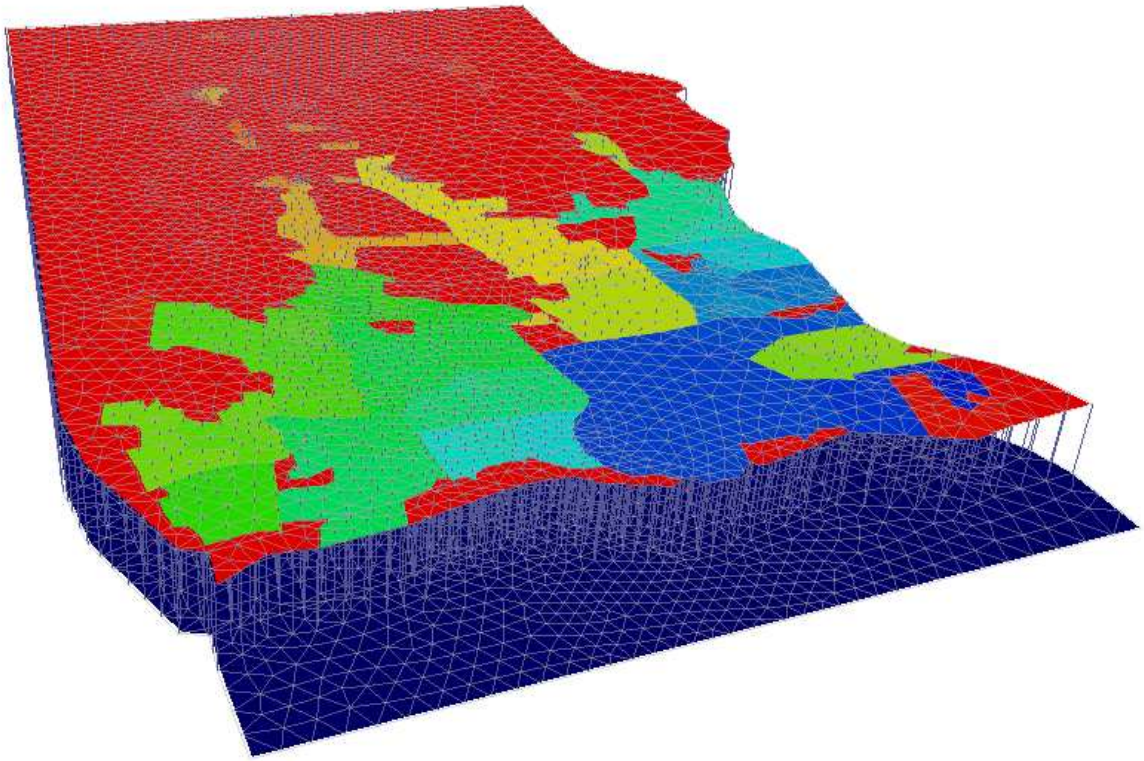


Figura 6.5. Zonas de recarga impuestas en la capa superior. Cada color indica una zona diferente. El color rojo corresponde a la zona rural

La Figura 6.7 muestra los valores de recarga media para todo el período por partido y zona, donde se observa que las zonas 1 y 2 presentan los mayores valores siendo esto un efecto esperado teniendo en cuenta que el abastecimiento se da fundamentalmente con agua importada. En tanto que el efecto de la extracción para abastecimiento en las zonas 3 y 4 se refleja en una menor recarga. El efecto que provocan las bombas depresoras no se tuvieron en cuenta en el calculo.

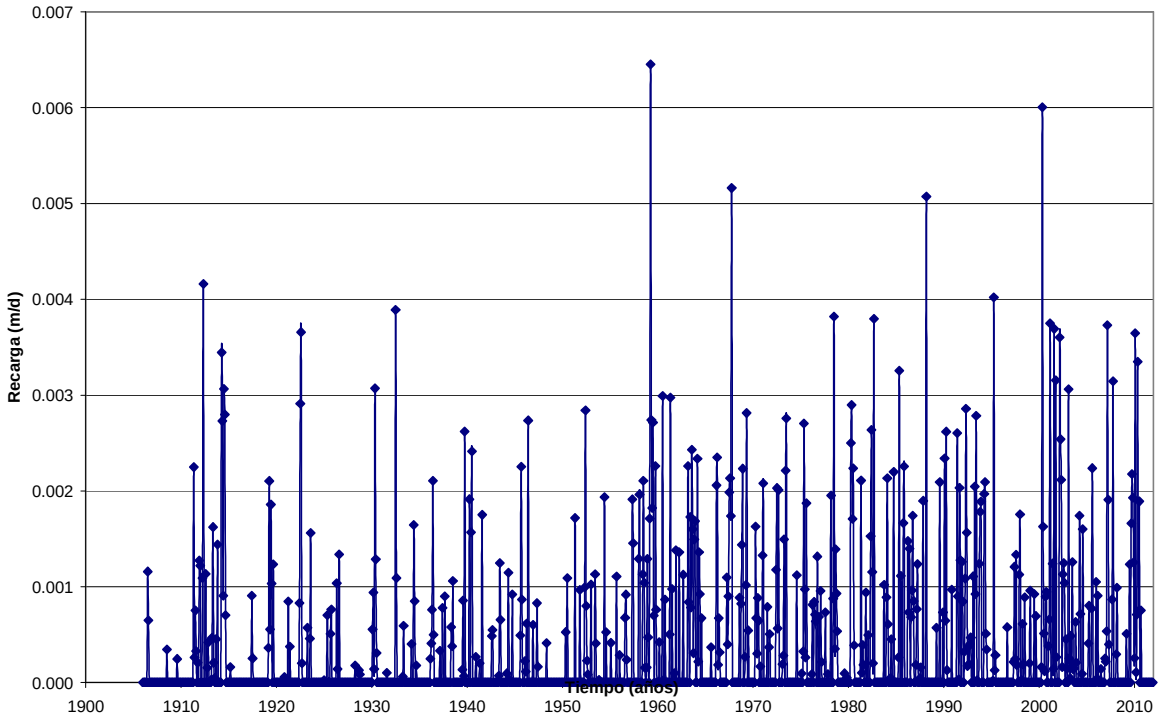


Figura 6.6. Función de tiempo para la recarga de la zona rural - periodo (1906-2011).

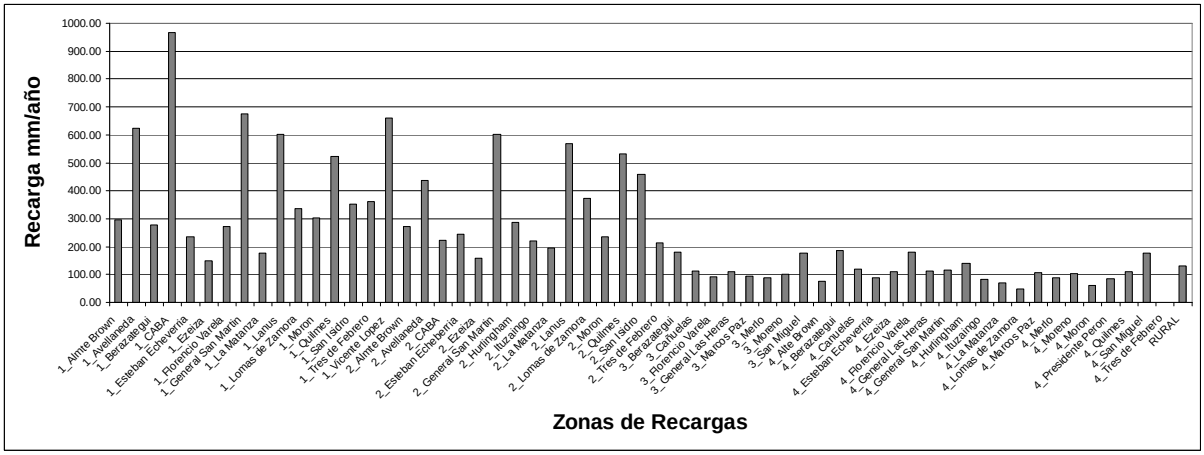


Figura 6.7. Recarga media diaria por zonas, periodo (1906-2011)

6.4. Zonas de bombeo

Las extracciones por bombeo en pozos son simuladas como condición de contorno de caudal fijo e implementadas en los nudos de la malla. Estas extracciones comprenden las realizadas por las grandes industrias y por la empresa AySA, y se adopta que todas ellas se realizan en la Formación Puelches (capa inferior de la malla). Los bombeos en la capa superior se incluyen en las funciones de recarga.

En el modelo se incorporaron 11 puntos de bombeo representando a las extracciones de grandes industrias y 254 puntos de bombeo correspondientes a los

pozos de la empresa AySA (Figura 6.8). Los puntos de extracción se agruparon por cercanías a los nudos, de forma que un nudo de la malla puede simular la explotación de uno o varios pozos. Para el caso de baterías de pozos repartidas espacialmente por varios elementos de la malla los mismos se asignan a los nudos que contienen el área donde se ubican las baterías (siempre asignando proporcionalmente la explotación de forma que la suma de todos los bombeos en los nudos sea igual a la extracción de la batería). De esta forma quedaron 8 nudos que simulan grandes industrias y 49 zonas de bombeo de AySA distribuidas en 96 nudos (Tabla 6.3).

Respecto a las funciones de tiempo (que simulan la variabilidad temporal) asociada a las zonas de bombeo se asigno una por zona quedando de esta forma 8 funciones para grandes industrias y 49 funciones para las extracciones de AySA. Es importante aclarar que se dispuso de información de explotación para las grandes industrias desde 1980 y para AySA a partir de 1999, los períodos anteriores son nulos. Esta falta de información puede provocar un importante excedente de agua en los periodos anteriores.

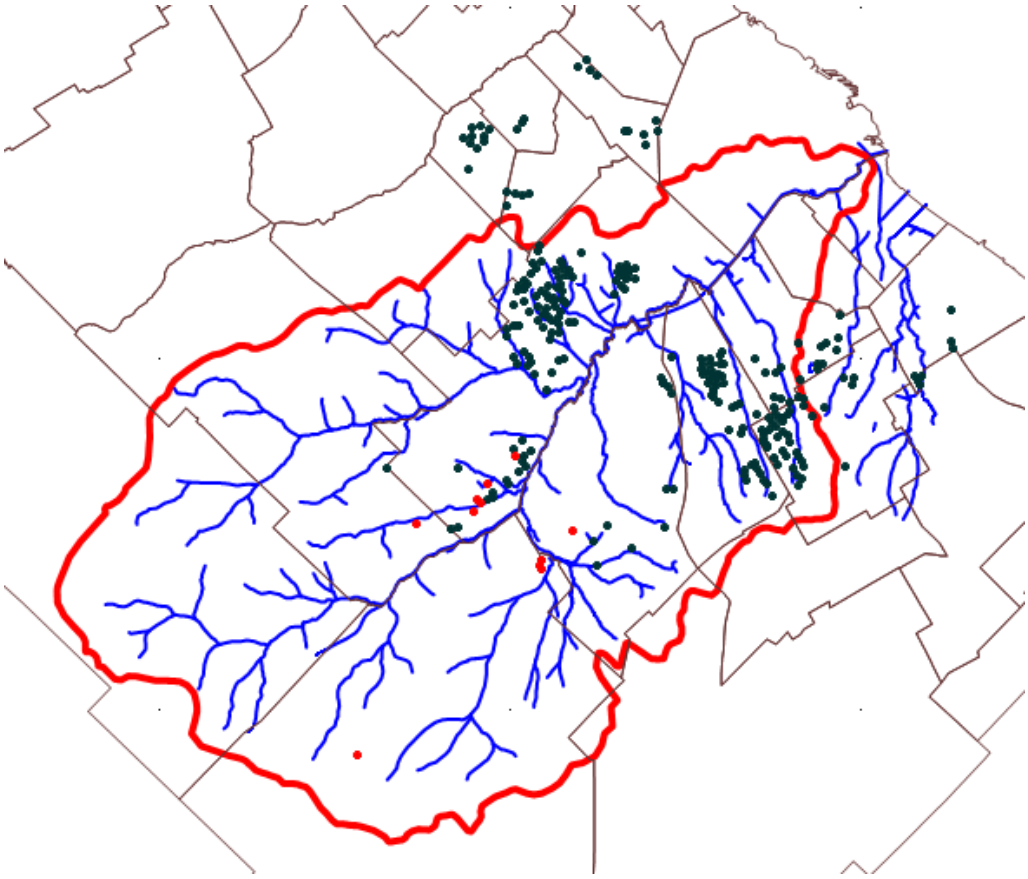


Figura 6.8. Pozos de bombeo de grandes industrias (rojo) y pozos de AySA (verde).

Tabla 6.4. Zonas de bombeo de grandes industrias (GI) y de la empresa AySA.
Las zonas ZA son campos de explotación de AySA que contienen varios pozos, los restantes con pocas perforaciones llevan el nombre de uno de ellos. En Descripción se detallan los pozos de explotación que la componen.

Nombre	Descripción
GI-01	SAF, ROVAFARM ARGENTINA, COTO CICSA
GI-02	GENELBA
GI-03	DAIMLER
GI-04	Coop. Trabajo Obrera Máximo Paz, Químic y Energía SRL, INQUIMEC SRL, TRANSQUIM
GI-05	SINTEPLAST
GI-06	CHEMOTECNICASA
GI-07	FRIGOCARNE
GI-08	Frigorífico Cañuelas
ZA01	MO087, MO088, MO089, MO090, MO092, MO093, MO094, MO095, MO097
ZA02	MN032, MN033, MN034, MN036, MN037, MN039, MN041, MN042, MN043, MN044, MS004, MS005, MS006, MS007, MS008, MS009, MS010, MS011, MS024, MS025, MS026, MS027, MS029, MS030, MS031, MS034, MS042, MS043, MS059, MS062, MS063, MS064, MS065, MS068, MS070, MS072, MS073, MS074, MS077, MS078, MS079, MS080, MS081, MS088, MS106, MS108, MS120, MS123, MS126, MS131, MS147, MS158, MS161, MS163, MS165, MS170, MS172, MS173, LMO063, LMO072
ZA03	MS024, MS025, MS026, MS027, MS029, MS030, MS031, MS034, MS042, MS043, MS090, MS091, MS092, MS105, MS114
ZA04	MS053, MS054, MS101, MS112, MS139, MS146, MS164
ZA05	MS046, MS047, MS049, MS056, MS082, MS094, MS096, MS099, MS125, LMO049, LMO056, LMO125
ZA06	MS001, MS075, MS076, MS083, MS109, LMO076
ZA07	EE006, EE007, EE037, EE038, EE039
ZA08	EE021, EEN001, EEN002, EEN003, EEN004, EEN005, EEN006, EEN007, EEN008, EEN009, EE010, EEN012, EEN013, EEN014, EEN015, EEN016, EEN018, EEN019, EEN020, EEN021, EEN022, EEN023, EEN024, EEN025, EEN026
ZA09	EE027, EE028, EE029, EE030, EE031, EE032, EE033, EE034, EE035, EE036
ZA10	AB019, AB057, AB060, AB116, EE013, LO070, LO072, LO073, LO074, LO075, LO076, LO078, LO079, LO080, LO081, LO083, LO084, LO085, LO086, LO087, LO093, LO095, LO105, LO107, LO117, LO118, LO119, LO120, LO121, LO122, LO125, LO126, LO132, LO133, LO134, LO135, LO137, LO138, LO139, LO140, LO141
SI066	SI066,SI001, SI010
TR041	TR041, TR040, TR050, TR052
MO134	MO134, MO099, MO135
TR036	TR036, TR037
TR007	TR007, TR055
TR024	TR024, TR056
MO100	MO100
MO105	MO105, MO108
MO130	MO130, MO110
MS157	Ms157, MS148
MS110	MS110
MS153	MS153, MS103
MS143	MS143
LMO328	LMO328
LMO354	LMO354
MS095	MS095, MS957
EES001	EES001
EES004	EES004

Tabla 6.4. Zonas de bombeo de grandes industrias (GI) y de la empresa AySA (continuación).

Nombre	Descripción
EET001	EET001
EET004	EET004
EEU003	EEU003
EEU002	EEU002, EEU001
EE911	EE911
EE005	EE005, EE004, EE015
EE002	EE002, EE001, EE003
LO136	LO136
LO025	LO025
LO067	LO067, LO057, LO061
LO063	LO063
LO053	LO023, LO053
LO128	LO127, LO128
LO038	LO055, LO113, LO038
LO042	LO042
AB914	AB601, AB919, AB914
AB028	AB056, AB028
AB058	AB058
QU013	QU013
QU037	QU076, QU037
QU141	QU120, QU138, QU140, QU141

6.5. Tratamiento de la interacción río-acuífero

La simulación de la conexión de los ríos con los acuíferos se realiza con la condición de contorno mixta (Ecuación 1.3) que se impone en los nudos de la malla. Para esta condición se requiere conocer en cada nudo el nivel prescripto o externo (cota del agua superficial) y un coeficiente que controla la movilidad entre los cuerpos de agua que depende de parámetros morfológicos de los cauces: ancho del cauce, espesor del lecho y conductividad hidráulica del lecho.

En la Tabla 6.4 se presentan los tramos de los cursos superficiales que interaccionan con el acuífero superior considerados en el modelo, con una pequeña descripción. En la Figura 6.9 se presenta la red hidrográfica superpuesta con los nudos de la malla que se emplearon para simular la interaccion y en la Figura 6.10 se muestran estos nudos con una vista en planta de la malla de elementos finitos.

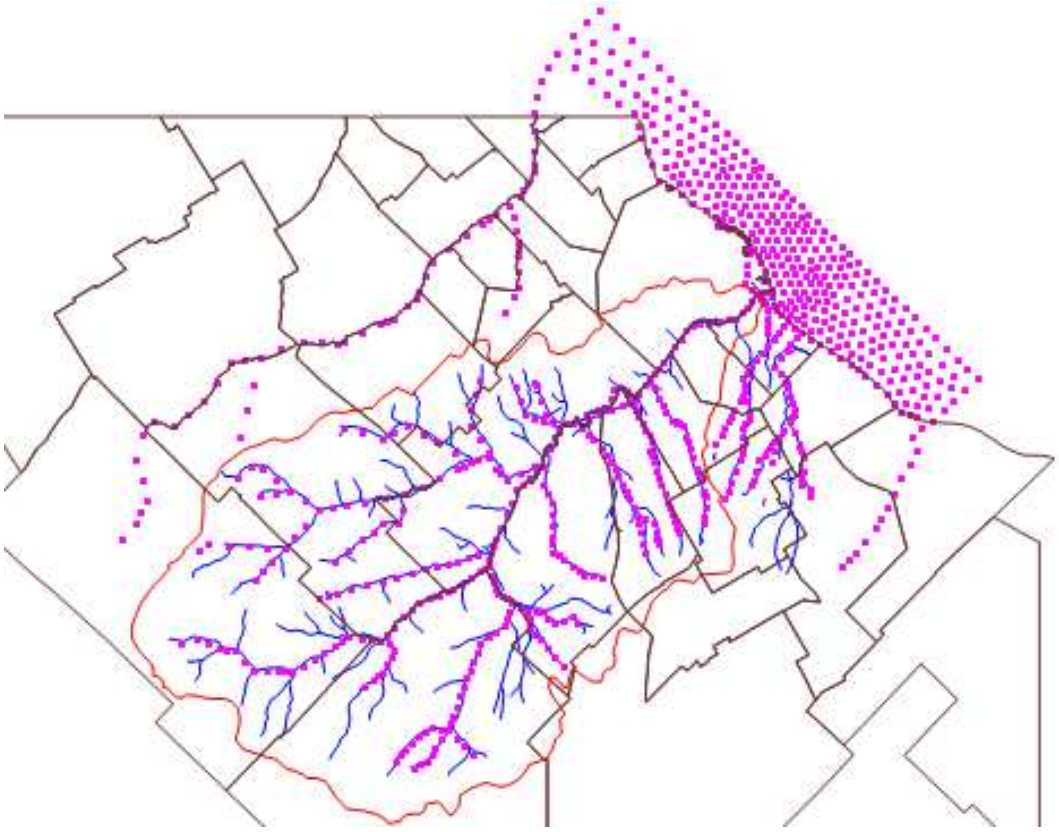


Figura 6.9. Tramos de interacción río - acuífero simulados con los nudos de la malla (puntos color rosa).

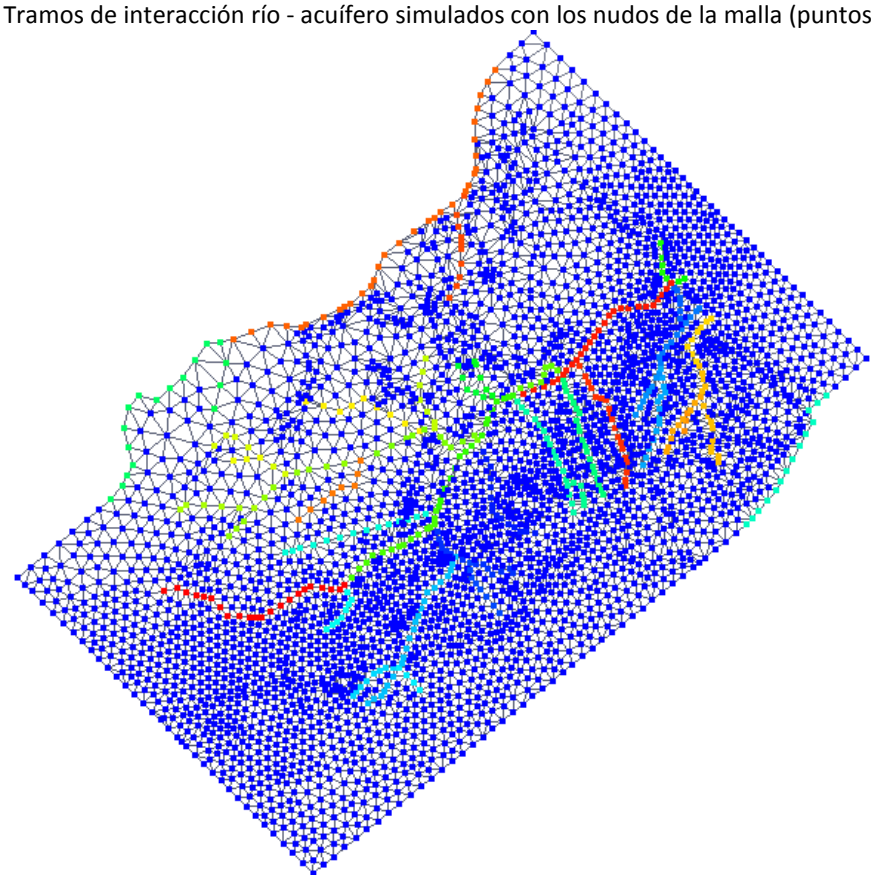


Figura 6.10. Vista de los tramos de interacción río - acuífero simulados con los nudos de la malla.

Tabla 6.4. Zonas de tramos de interacción río con el acuífero.

Número de zona	Nombre	Descripción
1	Arroyo Aguirre	Afluente margen derecha R. Matanza
2	Arroyo Medina	Afluente margen derecha Aº Cañuelas
3	Arroyo del Gato	Afluente margen derecha Aº Cañuelas
4	Avellaneda	Afluente margen derecha Riachuelo
5	Canal	Tramo inferior
6	Canal	Tramo medio
7	Canal	Tramo superior
8	Arroyo Cañuelas	Tramo medio
9	Arroyo La Montañeta	Tramo superior Aº Cañuelas
10	Arroyo Cañuelas	Tramo superior Aº Cañuelas
11	Arroyo Castro	Afluente margen derecha R. Matanza
12	Arroyo Chacon	Afluente margen izquierda R. Matanza
13	Conchita	Descarga en el Río de La Plata
14	Arroyo Ortega	Afluente margen derecha R. Matanza
15	Arroyo Sofía - CNL Medrano	Afluente margen derecha Aº Ortega
16	Arroyo Santa Catalina	Afluente margen derecha R. Matanza
17	Río Durazno	Tramo superior del Río Reconquista
18	Arroyo Eulalia	Afluente margen derecha Río Reconquista
19	Arroyo Dupy	Afluente margen izquierda R. Matanza
20	Arroyo Susana	Afluente margen izquierda R. Matanza
21	Río Riachuelo	Tramo final, desembocadura en el R. de La Plata
22	Puerto Madero	Dársenas de Puerto Madero
23	Río Matanza	Tramo medio
24	Río Matanza	Tramo superior
25	Río Matanza	Tramo inferior
26	Arroyo Morales	Tramo inferior
27	Arroyo Morales	Tramo medio
28	Arroyo Morales	Tramo superior
29	Arroyo de las Víboras	Afluente margen izquierda Arroyo Morales
30	Arroyo La Paja	Afluente margen izquierda Arroyo Morales
31	Arroyo Chávez	Afluente margen derecha Arroyo La Paja
32	Aº de la Cañada Pantanosa	Afluente margen izquierda Arroyo Morales
33	Arroyo Piedras	Tramo inferior
34	Arroyo Piedras	Tramo medio
35	Arroyo Piedras	Tramo superior
36	Arroyo Piedras	Tramo superior
37	Arroyo el Piojo	Afluente margen derecha Arroyo Morales
38	Río Reconquista	Tramo final, desembocadura en el R. de La Plata
39	Río Reconquista	Tramo inferior
40	Arroyo Del Rey	Afluente margen derecha R. Matanza
41	Río Riachuelo	Tramo medio
42	Arroyo Rodríguez	Tramo superior del Río Matanza

Para obtener los datos morfológicos de los cauces de los ríos y arroyos de la zona de estudio se recurrió a información de relevamientos batimétricos, informes de secciones de aforo, Modelos Digitales de Elevación (DEM-IGN) e imágenes satelitales de alta resolución. Se consultaron los informes IATASA (2008) y EVARSA (2011a,b,c). La información topo-batimétrica de estos documentos solo está subscripta a la zona del Riachuelo y no brindaban información de los arroyos o ríos de toda la cuenca. Para determinar las características morfológicas de los restantes cauces se utilizó la información altimétrica del DEM-IGN e imágenes de alta resolución del servidor de GoogleEarth.

Para obtener las cotas del fondo del cauce en los tramos de los curso simulados, se interpolaron los nudos que representan los ríos con los valores del DEM-IGN (Figura 6.11). Por medio de esta operación a cada punto se le asignó un valor de elevación, que posteriormente fue cotejado con la piezometría. Finalmente, se sobrepuso la traza de los ríos sobre la imagen de alta resolución (Figura 6.12) y se obtuvo el ancho del cauce en secciones representativas, tal como se muestra en la Figura 6.13.

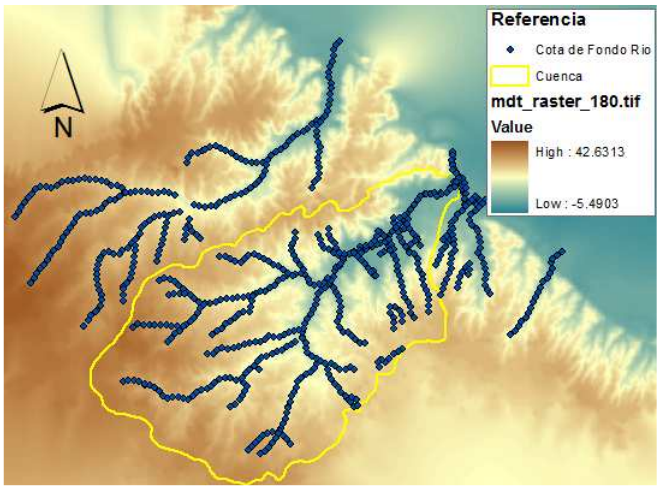


Figura 6.11. Superposición de traza de los ríos (puntos) con el DEM-IGN.

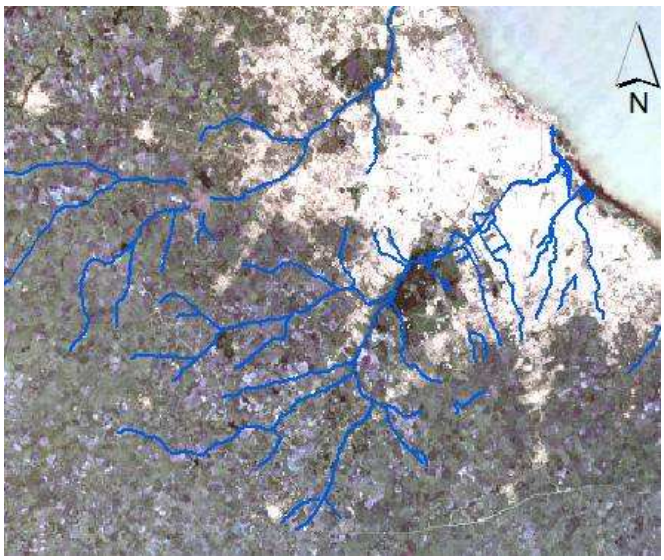


Figura 6.12. Superposición de traza de los ríos en imágenes del Google Earth.

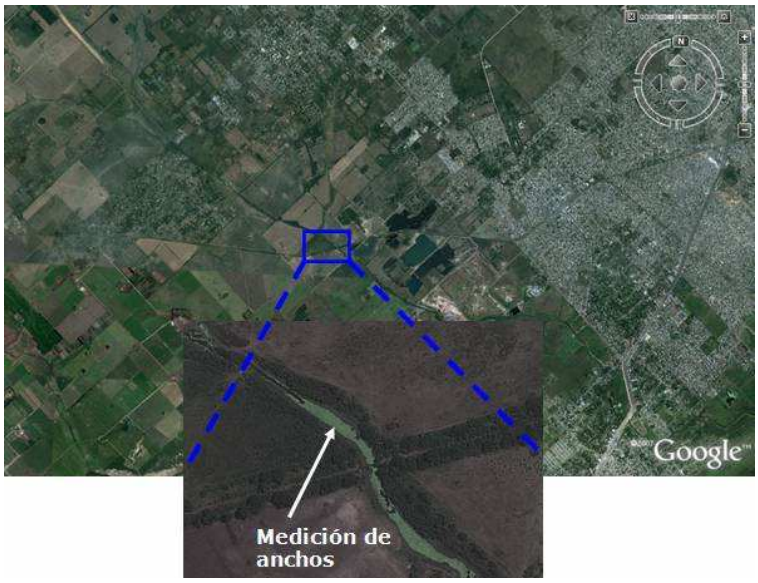


Figura 6.13. Ubicación de las secciones de interés y posteriormente medición del ancho del cauce.

6.6. Condiciones de contorno en los bordes

Para reproducir la descarga de los acuíferos Pampeano y Pueches al Rio de La Plata (límite NE), se simulo mediante nudos de nivel fijo para el primero (capa superior) y condición de contorno mixta para el segundo (capa inferior). En la Figura 6.9 se observan los nudos situados dentro del Río de La Plata que permitieron simular la descarga del acuífero profundo al alejarse de la línea de costa.

En el borde SW se asumio que las líneas piezométricas son paralelas a la línea de costa y se impuso un caudal de ingreso externo para cada una de las capas acuíferas. El valor del caudal se estimó adoptando valores de conductividad hidráulica para cada formación (Apartado 3.2), los espesores medios y los gradientes hidráulicos de ambas acuífero. En este caso los caudales no variaron con el tiempo, es decir se asumieron constantes con valores de 0.65 y 1.25 m^2/d por unidad de longitud para el acuífero Pampeano y Puelches, respectivamente.

6.7. Niveles medidos

Los datos de niveles medidos que fueron empleados en la etapa de calibración corresponden a 30 pozos en el acuífero Pampeano y 16 pozos en el acuífero Puelche, pertenecientes a la red de monitoreo de ACUMAR. Las medidas comienzan en mayo 2008 y se extiende hasta septiembre 2011. El número de medidas empleada en el proceso de calibración del modelo es de 1409. Las particularidades de estas mediciones fueron presentadas en el Apartado 3.3.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se describen los resultados de la calibración y ajuste del modelo numérico. En la primera sección se presenta todos los parámetros empleados en el modelo y se resume como es su implementación de forma que pueda observarse que representa el parámetro a calibrar. Posteriormente se pasa a describir la estrategia de calibración que deriva en tres escenarios plausibles de valor de los parámetros. Se continúa presentando en detalle los resultados de cada uno de los escenarios y se concluye con la discusión del modelo.

7.1. Parametrización y estimación previa

Los parámetros de un modelo de flujo son la conductividad hidráulica (o transmisividad según se trate), el coeficiente de almacenamiento, la recarga, los niveles fijos, los caudales fijos y el coeficiente de goteo o simplemente goteo (también llamado conductancia). Todos estos parámetros han sido empleados en el modelo numérico propuesto y cada uno de ellos simula diferentes procesos que fueron presentados en la estructura del modelo (Capitulo 6). En esta sección se presentan los parámetros de entrada al modelo teniendo en cuenta la zonificación espacial y la evolución temporal. También se presenta la estimación previa del valor de todos los parámetros a ajustar o calcular en el proceso de calibración.

La transmisividad fue tratada en ocho zonas (Tabla 7.1) de conductividad hidráulica y para cada elemento bidimensional el coeficiente asociado es el espesor medio, de esta forma se impone la variación espacial de la transmisividad. Para los coeficientes de los elementos unidimensional que simulan al acuitardo, se asoció el área de influencia del flujo vertical. De esta manera, el parámetro a calibrar es la conductividad hidráulica.

Tabla 7.1. Zonificación y estimación previa de la conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento.

Conductividad hidráulica			**Coeficiente de Almacenamiento**	
Número de Zona	Descripción	Estimación previa [m/d]	Descripción	Estimación previa
1	Pampeano	10	Freático	0.1
2	Postpampeano	7	Puelches	1.00E-04
3	Depósito de playas	30	Acuitardo	1.00E-06
4	For. Buenos Aires y Ensenada	20		
5	Puelches	50		
6	Acuitardo	0.0001		
7	Puelches (sector sur en cuenca media y baja)	50		
8	Acuitardo (sector central)	0.001		

El coeficiente de almacenamiento se discretizó en tres zonas, una por cada acuífero (freático y Puelches) y otra para el acuitardo. Los coeficientes de elementos unidimensionales se asocian al área de influencia del flujo vertical. El parámetro a calibrar es el coeficiente de almacenamiento.

Para simular la recarga en los elementos bidimensionales de la capa superior, se zonificó espacialmente en 76 zonas con una función de tiempo diferente para cada una de ellas y se impuso el coeficiente de elemento unitario en todo el dominio (Tabla 7.2). De esta forma, el parámetro de la recarga tiene el valor unitario y la variabilidad temporal se impone por medio de la función de tiempo.

Los parámetros asociados a los nudos (nivel fijo, caudal fijo y goteo) simulan entradas y salidas subterráneas por condición de borde, bombeos e interacción de río y arroyos con el acuífero. En la Tabla 7.2 se presentan los valores de las estimaciónes previas y las funciones de tiempo.

Para el parámetro de nivel fijo se asignaron 44 zonas. La zona 1 simula la descarga del acuífero freático al Río de la Plata, donde el parámetro es el valor del nivel medio del río y el coeficiente de nudo es la unidad. Las zonas 2 a 43 son los niveles en los ríos y arroyos que se emplean como nivel externo a la condición mixta o goteo. Como estos niveles varían espacialmente se tomó como parámetro a la unidad y en el coeficiente de nudo se impone el nivel externo. La zona 44, corresponde a los nudos de la capa inferior que se emplean para simular la descarga del acuífero Puelches al Río de la Plata, donde el parámetro es el valor del nivel del río y el coeficiente de nudo es la unidad.

Los caudales fijos estan compuestos por 60 zonas, las dos primeras simulan la entrada de agua subterránea por el borde oeste correspondiente a los acuíferos freático y Puelches. El parámetro es el caudal de entrada por unidad de longitud y el coeficiente de nudo es la semisuma de la distancia de cada nudo con los vecinos. Las restantes zonas simulan bombeos en el acuifero Puelches para lo cual se toma la unidad como el valor del parámetro y el coeficiente de nudo, incorporando el caudal del bombeo en cada una de las funciones de tiempo asociada a cada zona.

La condición de contorno mixta o goteo fue impuesta en 43 zonas. Todas las zonas simulan la interacción del acuífero freático con los curso de agua, a excepción de la última zona que simula la descarga del acuífero Puelches al Río de La Plata. El parámetro de calibración en las zonas que simulan la interacción entre los ríos y arroyos y el acuífero es la conductancia por unidad de longitud, y para los coeficientes de nudo se impone la semisuma de la distancia de cada nudo con los vecinos. La conductancia tiene en cuenta las propiedades hidráulicas, el espesor del lecho y el ancho del río. Para la zona 43 los coeficientes de nudo es el área de interacción con el Río de La Plata teniendo en cuenta que el flujo es vertical.

Tabla 7.2. Zonas de Recarga, Nivel Fijo, Caudal Fijo y Goteo. Zonificación, estimación previa (EP) y funciones de tiempo asociadas (FNT).

Número de Zona	Recarga			Nivel Fijo		Caudal Fijo			Goteo	
	Descripción	EP [m/d]	FNT	Descripción	EP [m]	Descripción	EP [m^3/d]	FNT	Descripción	EP [m/d]
1	1_San Isidro	1	58	Descarga al RP por el Freático	0	Borde Oeste Freático	0.65	0	Arroyo Aguirre	1
2	2_San Isidro	1	83	Arroyo Aguirre	1	Borde Oeste Puelches	1.25	0	Arroyo Medina	1
3	2_San Isidro	1	84	Arroyo Medina	1	GI-01	-1	1	Arroyo del Gato	1
4	1_Vicente Lopez	1	61	Arroyo del Gato	1	GI-02	-1	48	Avellaneda	1
5	1_CABA	1	46	Avellaneda	1	GI-03	-1	59	Canal	1
6	1_Tres de Febrero	1	60	Canal	1	GI-04	-1	70	Canal	1
7	2_Tres de Febrero	1	85	Canal	1	GI-05	-1	81	Canal	1
8	4_Tres de Febrero	1	124	Canal	1	GI-06	-1	92	Arroyo Cañuelas	1
9	2_Hurlingham	1	71	Arroyo Cañuelas	1	GI-07	-1	103	Arroyo La Montañeta	1
10	4_Hurlingham	1	111	Arroyo La Montañeta	1	GI-08	-1	114	Arroyo Cañuelas	1
11	1_Moron	1	55	Arroyo Cañuelas	1	BOMBDEP	-1	126	Arroyo Castro	1
12	2_Moron	1	78	Arroyo Castro	1	ZA01	-1	33	Arroyo Chacon	1
13	2_Moron	1	79	Arroyo Chacon	1	ZA02	-1	34	Conchita	1
14	4_Moron	1	120	Conchita	1	ZA03	-1	35	Arroyo Ortega	1
15	4_Moron	1	121	Arroyo Ortega	1	ZA04	-1	36	Arroyo Sofía - CNL Medrano	1
16	4_Moron	1	122	Arroyo Sofía - CNL Medrano	1	ZA05	-1	37	Arroyo Santa Catalina	1
17	4_Ituzaingo	1	112	Arroyo Santa Catalina	1	ZA06	-1	38	Río Durazno	1
18	1_Avellaneda	1	44	Río Durazno	1	ZA07	-1	39	Arroyo Eulalia	1
19	1_Avellaneda	1	45	Arroyo Eulalia	1	ZA08	-1	40	Arroyo Dupy	1
20	2_Avellaneda	1	63	Arroyo Dupy	1	ZA09	-1	41	Arroyo Susana	1
21	2_Avellaneda	1	64	Arroyo Susana	1	ZA10	-1	42	Río Riachuelo	1
22	3_Merlo	1	90	Río Riachuelo	1	SI066	-1	42	Puerto Madero	1
23	3_Merlo	1	91	Puerto Madero	1	TR041	-1	127	Río Matanza	1
24	4_Merlo	1	118	Río Matanza	1	MO134	-1	128	Río Matanza	1
25	4_Merlo	1	119	Río Matanza	1	TR036	-1	129	Río Matanza	10

Tabla 7.2. Zonas de Recarga, Nivel Fijo, Caudal Fijo y Goteo. Zonificación, estimación previa (EP) y funciones de tiempo asociadas (FNT), continuación.

Número de Zona	Recarga			Nivel Fijo		Caudal Fijo			Goteo	
	Descripción	EP [m/d]	FNT	Descripción	EP [m]	Descripción	EP [m^3/d]	FNT	Descripción	EP [m/d]
26	1_Lanus	1	52	Río Matanza	1	TR007	-1	130	Arroyo Morales	1
27	1_Lanus	1	53	Arroyo Morales	1	TR024	-1	131	Arroyo Morales	1
28	2_Lanus	1	75	Arroyo Morales	1	MO100	-1	132	Arroyo Morales	1
29	1_Quilmes	1	56	Arroyo Morales	1	MO105	-1	133	Arroyo de las Víboras	1
30	2_Quilmes	1	80	Arroyo de las Víboras	1	MO130	-1	2	Arroyo La Paja	1
31	2_Quilmes	1	82	Arroyo La Paja	1	MS157	-1	3	Arroyo Chaves	1
32	1_Lomas de Zamora	1	54	Arroyo Chaves	1	MS110	-1	4	Arroyo de la Cañada Pantanosa	1
33	2_Lomas de Zamora	1	76	Arroyo de la Cañada Pantanosa	1	MS153	-1	5	Arroyo Piedras	1
34	2_Lomas de Zamora	1	77	Arroyo Piedras	1	MS143	-1	6	Arroyo Piedras	1
35	4_Lomas de Zamora	1	116	Arroyo Piedras	1	LMO328	-1	7	Arroyo Piedras	1
36	1_Esteban Echeverria	1	47	Arroyo Piedras	1	LMO354	-1	8	Arroyo Piedras	1
37	2_Esteban Echeverria	1	65	Arroyo Piedras	1	MS095	-1	9	Arroyo el Piojo	1
38	2_Esteban Echeverria	1	66	Arroyo el Piojo	1	EES001	-1	10	Río Reconquista	1
39	2_Esteban Echeverria	1	67	Río Reconquista	1	EES004	-1	11	Río Reconquista	1
40	4_Esteban Echeverria	1	102	Río Reconquista	1	EET001	-1	12	Arroyo Del Rey	1
41	3_Berazategui	1	86	Arroyo Del Rey	1	EET004	-1	13	Río Riachuelo	10
42	1_Almte Brown	1	43	Río Riachuelo	1	EEU003	-1	14	Arroyo Rodríguez	1
43	2_Almte Brown	1	62	Arroyo Rodríguez	1	EEU002	-1	15	Descarga al RP por el Puelches	10000
44	4_Almte Brown	1	93	Descarga al RP por el Puelches	0	EE911	-1	16		
45	3_Florencio Varela	1	88			EE005	-1	17		
46	4_Florencio Varela	1	105			EE002	-1	18		
47	4_Florencio Varela	1	106			LO136	-1	19		
48	1_General San Martin	1	50			LO025	-1	20		
49	2_General San Martin	1	69			LO067	-1	21		
50	4_General San Martin	1	110			LO063	-1	22		

Tabla 7.2. Zonas de Recarga, Nivel Fijo, Caudal Fijo y Goteo. Zonificación, estimación previa (EP) y funciones de tiempo asociadas (FNT), continuación.

Número de Zona	Recarga			Nivel Fijo		Caudal Fijo			Goteo	
	Descripción	EP [m/d]	FNT	Descripción	EP [m]	Descripción	EP [m^3/d]	FNT	Descripción	EP [m/d]
51	3_Marcos Paz	1	89			LO053	-1	23		
52	4_Marcos Paz	1	117			LO128	-1	24		
53	1_La Matanza	1	51			LO038	-1	25		
54	2_La Matanza	1	72			LO042	-1	26		
55	2_La Matanza	1	73			AB914	-1	27		
56	2_La Matanza	1	74			AB028	-1	28		
57	4_La Matanza	1	113			AB058	-1	29		
58	4_La Matanza	1	115			QU013	-1	30		
59	1_Ezeiza	1	49			QU037	-1	31		
60	2_Ezeiza	1	68			QU141	-1	32		
61	4_Ezeiza	1	104							
62	3_Cañuelas	1	87							
63	4_Cañuelas	1	94							
64	4_Cañuelas	1	95							
65	4_Cañuelas	1	96							
66	4_Cañuelas	1	97							
67	4_Cañuelas	1	98							
68	4_Cañuelas	1	99							
69	4_Cañuelas	1	100							
70	4_Cañuelas	1	101							
71	4_General Las Heras	1	107							
72	4_General Las Heras	1	108							
73	4_General Las Heras	1	109							
74	4_Presidente Peron	1	123							
75	1_San Isidro	1	57							
76	RURAL	1	125							

7.2. Estrategia de la calibración

El modelo numérico fue calibrado ajustando los valores de parámetros para reproducir los niveles observados en los pozos de monitoreo de ACUMAR mediante un algoritmo numérico que buscar minimizar una función objetivo que mide la diferencia de los niveles observados y los calculados por el programa (Apartado 1.4.2).

El proceso de calibración requiere de seleccionar un conjunto de parámetros para ajustar sus valores y obtener un mejor acercamiento entre los niveles medidos y calculados, con valores coherentes de los parámetros y con caudales de salida/entrada que se ajusten a los medidos (por ejemplo el caudal base del río Matanza-Riachuelo).

Los parámetros utilizados en el proceso de calibración fueron: la conductividad hidráulica, el coeficiente de almacenamiento, la recarga y el goteo. Se asumió un error mínimo en la estimación de los parámetros de las condiciones de contorno de niveles y caudales fijos, es decir con incertidumbre baja.

La calibración se realizó en régimen transitorio desde el 1 de enero de 1906 hasta el 31 de diciembre 2011, con paso de tiempo anual hasta el año 1990 y luego con paso mensual hasta el final del período de modelación. De esta forma el tiempo total de modelación fue de 106 años o 38715 días, discretizado en 85 intervalos de un año y 264 intervalos de un mes, totalizando 349 intervalos de tiempo.

Para el inicio de la simulación se asumió un estado estacionario sin bombeo y con una recarga media de todo el período simulado. A partir del segundo paso de tiempo comienzan a trabajar las funciones de tiempo generadas para la recarga y los bombeos. La justificación de tomar un período de modelación tan extenso es para obtener un período inicial de simulación lo suficientemente lejos de manera que no altere o condicione las simulaciones en los tiempos mas modernos que es cuando se dispone de información.

Es importante tener presente que el grupo de parámetros seleccionados durante la calibración y sus valores pueden modificar el modelo conceptual. En este trabajo, se seleccionaron tres escenarios de funcionamiento del sistema, con tres grupos de parámetros que permiten reproducir el comportamiento del sistema de manera satisfactoria y que instalan la necesidad de nuevos estudios para reducir las incertidumbres existentes.

De acuerdo a los parámetros obtenidos en el proceso de calibración se presentan tres escenarios:

Escenario A: el sistema admite que gran parte del agua recargada, descarga a los ríos, arroyos y hacia el Rio de la Plata a través del acuifero profundo o Puelches, para lo cual simula una baja capacidad de aislamiento del acuitardo.

Escenario B: el acuitardo es menos conductivo que el escenario anterior, la descarga se realiza fundamentalmente por los ríos y arroyos, y en menor proporción hacia el Rio de la Plata a través del acuífero freático.

Escenario C: Simula una situación intermedia de los dos escenarios anteriores, donde el acuífero freático y el Puelches descargan un volumen similar al Río de La Plata. El volumen descargado hacia los ríos y arroyos es muy importante.

A continuación se presentan los resultados de los tres escenarios

7.3. Resultados del Escenario A

Esta simulación además de calibrar todos los parámetros correspondientes a las zonas de conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento y de goteo (a excepción de la zona de descarga al Río de La Plata por el acuifero profundo), también incluye a un conjunto de 30 zonas de recarga de las 76 definidas originalmente. La zona de recarga 76 que simula la recarga Rural es la mas significativa junto con la zona 5 que abarca Capital Federal, la primera por su amplia extensión y la segunda por su alto efecto antrópico (tiene la mayor recarga estimada).

La función objetivo de niveles, suma del cuadrado de los errores de los niveles ponderado por la desviación de cada medida, que nos indica el grado de ajustes es de 4748 m^2 y que corresponde a un error medio de 1.83 m. En la Tabla 7.3 se pueden observar los errores medios por pozo, donde se destacan los errores en el piezómetro 16P y 2P. Sin tener en cuenta estos dos piezómetros el error medio se reduce a 1.63 m. Los piezómetros 2F, 7F, 9F, 10F, 11F, 17F, 20F, 29F y 15P presentan un error medio de 2.6 con atribuibles fundamentalmente a condiciones locales de una geología mas compleja o a factores antrópicos que modifican los niveles. Esto es especialmente esperable en el acuifero superficial, capa a la que corresponden la mayoría de estas medidas, por ejemplo por bombeo de depresoras tal como el pozo 7F. De forma similar, si se descartan todos estos piezómetros en la función objetivo de niveles, el error medio se reduce a 1.23 m. En la Figura 7.1 se contrastan todas los niveles medidos versus los calculados por el modelo donde se puede observar como los piezómetros con altos errores se apartan de la curva ideal, pero se debe tener en cuenta que estos piezómetros están situados en diferentes lugares de la cuenca. El contraste entre niveles medidos y calculados indica que los errores en los puntos de observación seleccionados están homogéneamente distribuidos, no existiendo una tendencia a la subestimación o sobreestimación. En el Anexo F se muestran los hidrogramas construídos a partir de los niveles medidos en campo y los calculados por el modelo para todos los piezómetros a partir del año 1980 (figuras F.1 a F.30). En éstos se observa que los niveles calculados reproducen correctamente la tendencia de los niveles medidos, por lo que el ajuste en general resulta satisfactorio.

Tabla 7.3. Análisis de errores de los niveles calculados en los piezómetros, Escenario A.

Nombre	Número de datos	Error Medio [m]	Mínimo h_c-h_m [m]	Máximo h_c-h_m [m]	Desvío Estándar [m^2]	Contribución a la Función Objetivo (CFO)	CFO (%)
1F	34	0.48	-0.63	1.21	0.48	15.90	0.33%
2F	34	2.83	1.95	3.41	0.40	277.00	5.83%
3F	34	0.22	-0.71	1.47	0.48	9.58	0.20%
4F	34	0.69	0.11	1.37	0.31	19.60	0.41%
5F	34	-0.71	-0.80	-0.64	0.04	17.00	0.36%
6F	34	0.42	-0.02	1.08	0.20	7.22	0.15%
7F	34	-2.44	-2.99	-1.82	0.35	206.00	4.34%
8F	28	0.80	0.62	1.00	0.12	18.40	0.39%
9F	34	-2.70	-3.68	-1.93	0.51	257.00	5.41%
10F	34	-3.02	-3.88	-2.16	0.45	317.00	6.67%
11F	34	-2.57	-3.56	-1.66	0.44	231.00	4.86%
12F	22	-0.52	-1.19	0.27	0.44	10.30	0.22%
13F	34	0.19	-1.40	1.52	0.84	25.10	0.53%
14F	34	-0.09	-1.50	1.05	0.50	8.63	0.18%
15F	33	1.48	0.35	2.71	0.72	90.00	1.90%
17F	34	-2.70	-3.61	-2.02	0.42	254.00	5.35%
18F	34	-0.50	-1.86	0.63	0.73	26.50	0.56%
19F	34	-0.99	-1.96	-0.41	0.36	37.40	0.79%
20F	33	2.69	1.33	3.95	0.63	253.00	5.33%
21F	21	0.76	0.37	1.40	0.30	14.10	0.30%
22F	34	0.13	-1.19	0.81	0.54	10.40	0.22%
23F	34	-1.04	-2.68	0.23	0.71	54.20	1.14%
24F	34	-0.96	-1.58	-0.14	0.33	35.00	0.74%
26F	8	-0.14	-0.40	0.17	0.19	0.43	0.01%
27F	19	-1.50	-2.25	-0.53	0.36	45.40	0.96%
25F	34	1.23	-0.35	2.82	1.01	86.60	1.82%
28F	34	1.81	0.65	2.91	0.63	124.00	2.61%
29F	34	2.08	0.67	4.21	1.46	219.00	4.61%
30F	34	0.81	-0.10	1.91	0.45	29.00	0.61%
1P	34	0.47	-0.66	1.23	0.50	15.80	0.33%
2P	34	4.22	3.84	5.12	0.33	609.00	12.82%
3P	34	-0.58	-1.15	1.28	0.49	19.50	0.41%
4P	34	-1.65	-2.06	-1.04	0.29	95.30	2.01%
5P	34	-0.74	-0.83	-0.66	0.05	18.60	0.39%
6P	34	0.62	0.13	1.08	0.24	14.90	0.31%
7P	34	1.78	0.62	3.03	0.54	118.00	2.48%
8P	34	0.95	0.74	1.14	0.11	30.90	0.65%
9P	34	1.74	0.02	3.18	0.90	130.00	2.74%
10P	33	0.04	-1.57	1.37	0.78	20.30	0.43%
11P	34	-1.48	-2.10	-0.66	0.34	78.40	1.65%
12P	22	-0.76	-1.61	-0.11	0.45	16.90	0.36%
13P	26	1.65	0.20	2.75	0.74	85.20	1.79%
14P	34	1.01	0.09	2.00	0.52	43.50	0.92%
15P	34	2.60	1.30	3.82	0.77	250.00	5.26%
16P	7	-8.46	-9.19	-7.62	0.59	504.00	10.61%
30P	1	0.39	0.39	0.39	0.00	0.15	0.00%

Error= h_c-h_m , h_c: nivel calculado, h_m: nivel medido.

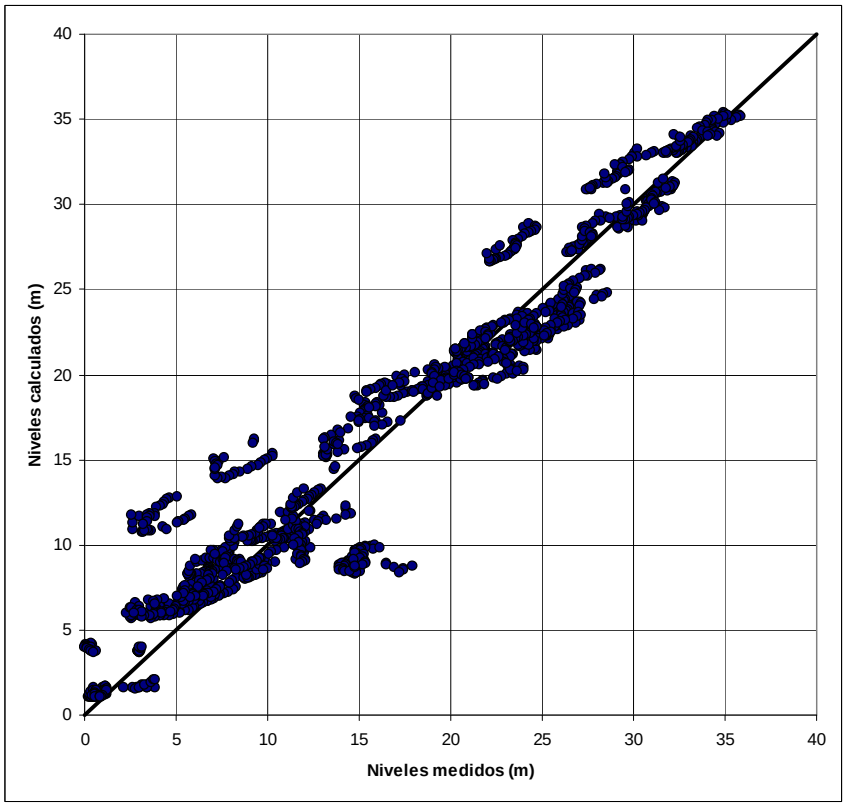


Figura 7.1. Niveles medidos versus calculados en los puntos de calibración, Escenario A.

En la Figura 7.2 se presenta el mapa de isopiezas calculadas para los acuíferos freático y Puelches para el último mes de simulación (diciembre 2011). En estas piezometrías se puede observar que para el período final los niveles del acuifero freático son mas elevados que los correspondientes al acuífero Puelches, definiendo un flujo vertical descendente fundamentalmente cuando nos alejamos de los principales cursos de agua. Se observa el fuerte control que ejercen los cursos superficiales sobre el movimiento del acuifero superior o freático y los efectos de la actividad antrópica en el sector de la CABA provocando un domo en la piezometría.

En la Tabla 7.4 se presentan los parámetros calculados por el modelo donde destaca que los valores de conductividad en la capa superior se mantienen en el orden de magnitud de las estimaciones previas, en cambio para la capa inferior los valores resultan elevados. Esto se debe a que el acuitardo (simulado por los elementos unidimensionales) por tener una mayor conductividad hidráulica permite que la recarga se transfiera rápidamente al acuífero inferior , lo que provoca a su vez que el acuífero Puelches eleve su capacidad de transmitirlo hacia el Río de Plata. Los coeficientes de almacenamiento se mantienen en el rango de las estimaciones previas. Los valores de la recarga variaron entre un 0.87 y 1.02 respecto a la estimación previa, a excepción de las recargas de las zonas 5 (CABA) y 76 (Rural) que fueron reducidas al 0.50 y 0.63, respectivamente. Los valores de los coeficientes de goteo variaron en el orden de magnitud previsto, reforzando el caudal en los cursos de la cuenca baja y fundamentalmente los cursos al sureste de la desembocadura del Riachuelo (Aryo. Avellaneda, Aryo. Ortega, Aryo. Santa Catalina), y el Arroyo Conchita en el borde sureste de la zona de estudio.

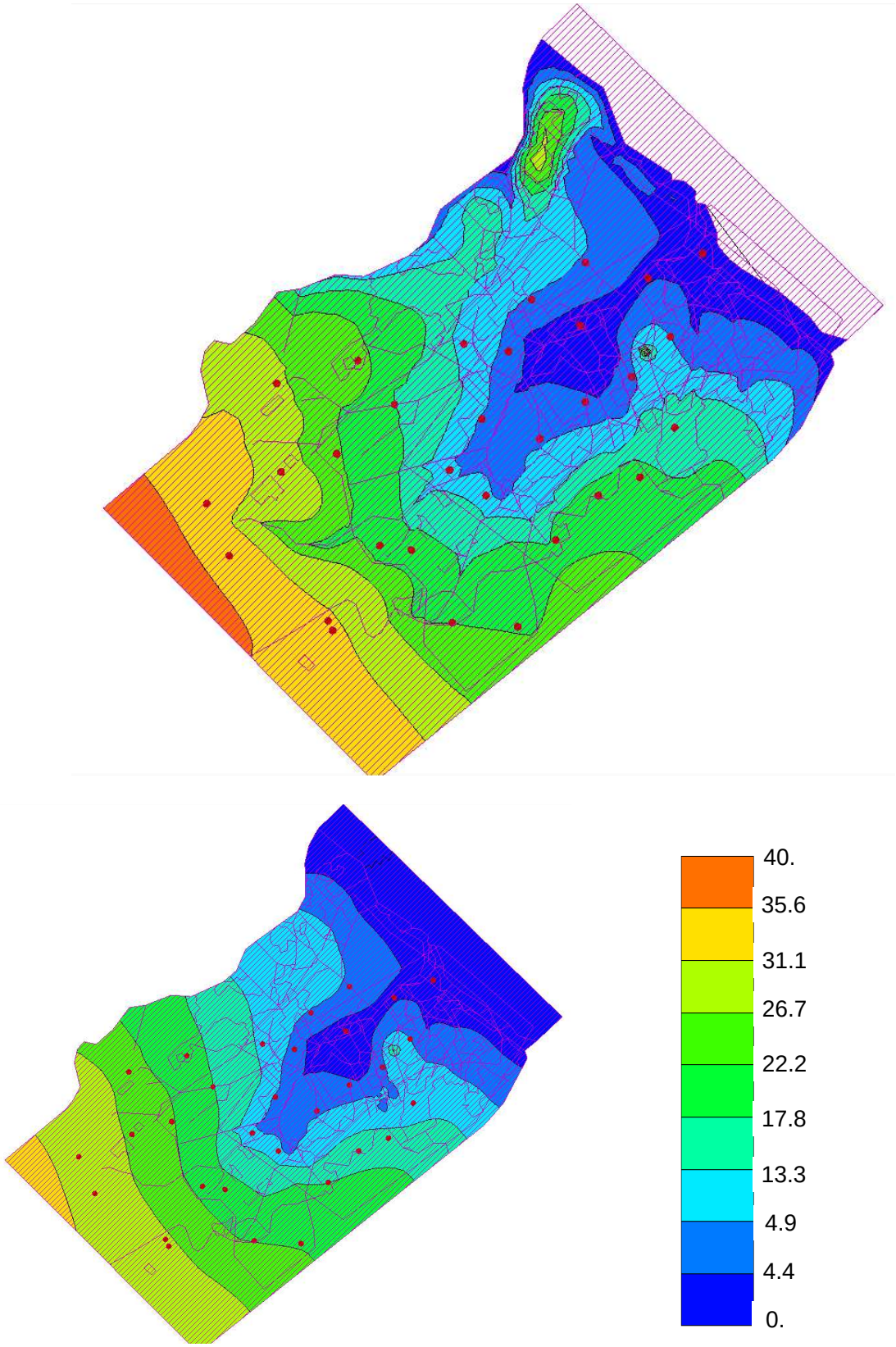


Figura 7.2. Mapa de isopiezas calculadas (en metros) para el acuifero freático (sup.) y el Puelches (inf.), ambos para diciembre 2011, Escenario A. Equidistancia 4.44 m.

Tabla 7.4. Parámetros calculados, Escenario A.

Conductividad		Recarga		Goteo	
Descripción	**[m/d]**	**Nro. Zona**	**[m/d]**	**Nro. Zona**	**[m/d]**
Pampeano	8.2	1	1.0001	1	0.451
Postpampeano	8.1	4	1.0032	2	0.975
Depósito de playas	31.7	5	0.4965	3	2.850
For. Buenos Aires y Ensenada	39.5	6	1.0088	4	14.321
Puelche	529.2	11	1.0068	5	7.455
Acuitardo	$7.65\ 10^{-5}$	18	0.9567	6	1.675
Puelche (1)	123.4	19	0.9988	7	2.611
Acuitardo (2)	$7.41\ 10^{-3}$	20	0.9997	8	2.073
		21	0.9978	9	4.837
		24	1.0003	10	1.368
		25	1.0262	11	0.803
Coeficiente de Almacenamiento		26	0.9997	12	0.208
Descripción		27	0.9948	13	10.406
Freático	0.098	28	0.8700	14	22.156
Puelches	$1.00\ 10^{-4}$	29	0.9964	15	0.851
Acuitardo	$1.00\ 10^{-5}$	30	0.9997	16	15.021
		31	0.9928	17	0.036
		32	0.9988	18	0.117
		33	0.9431	19	1.451
		34	0.9994	20	0.945
		43	0.9509	21	10.013
		46	0.9986	22	10.684
		47	0.9949	23	4.890
		48	1.0062	24	5.312
		49	1.0096	25	3.003
		53	1.0168	26	0.201
		57	1.0015	27	0.124
		58	0.9999	28	0.079
		75	1.0019	29	0.467
		76	0.6329	30	0.094
				31	0.187
				32	0.006
				33	9.253
				34	0.904
				35	0.815
				36	0.903
				37	0.149
				38	5.405
				39	9.189
				40	0.147
				41	42.548
				42	0.483

En la Tabla 7.5 se presenta el balance de masa global durante todo el período de simulación. El sistema acuífero aumenta su almacenamiento en todo el período en 2006 hm^3, con un valor medio de 4.6 mm por año. Analizando los valores medios diarios de las componentes del balance, la recarga es de 20.16 m^3/s de la cual se descarga por flujo base al sistema hídrico superficial 13.91 m^3/s y por descarga subterranea al Río de La Plata 6.05 m^3/s. La descarga subterránea es de 0.96 m^3/s desde el acuífero freático y 5.09 m^3/s del acuífero Puelches. La zona de recarga 8 situada en el partido de Tres de Febrero, corresponde a un sector abastecido de agua potable con extracciones de agua subterránea y con una pobre cobertura de cloacas, presenta una fuerte explotación del acuifero freático, lo que induce una recarga negativa. Todos los cursos superficiales reciben agua del acuífero freático a excepción del Aryo. Del Rey situado en una región con un amplio sector con bombas depresoras (partidos de Lomas de Zamora y Almirante Brown). Por el borde oeste ingresa a los acuíferos 1.06 m^3/s y la salida por los bombeos es de 0.66 m^3/s.

7.4. Resultados del Escenario B

En esta simulación se calibraron todos los parámetros correspondientes a las zonas de conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento y de goteo (a excepción de la descarga al Río de La Plata por el acuifero profundo), conjuntamente con la zona de recarga rural que abarca el 65 % de la zona de estudio. Los valores previos son similares al escenario anterior pero las conductividades hidráulicas de los elementos unidimensionales que simulan al acuitardo se redujeron en una unidad, de esta forma se adopta el criterio que existe una menor interacción entre los acuíferos freático y Puelches. Además, para condicionar durante el proceso de calibración automática los valores de las zonas de conductividad del Puelches se disminuyó su varianza en la estimación.

La función objetivo de niveles es de 5899 m^2, que corresponde a un error medio de 2.05 m. En la Tabla 7.6 se observan los errores medios por piezómetro, donde se destacan los errores en los piezómetros 2P, 3P, 9F,10F, 16P y 29F, con contribuciones a la función objetivo mayores a 300 m^2 (errores medios entre 2.94 y 5.29 m). Los errores en estos piezómetros es muy probable que tengan su origen fundamentalmente en condiciones locales de una geología más compleja que requerirá definir con mayor certidumbre las propiedades y geometría del acuitardo. Sin tener en cuenta estos piezómetros el error medio se reduce a 1.58 m. Los piezómetros 18F, 19F y 20F tienen un error medio de 2.6 m, y pueden estar condicionados por la relación del acuifero freático y los curso de agua en las cercanías de estos puntos. De forma similar, si se descartan estos piezómetros en la función objetivo de niveles, el error medio se reduce a 1.45 m. En la Figura 7.3 se presentan los niveles medidos versus los calculados por el modelo permitiendo visualizar que los puntos de observación con altos errores se apartan de la curva ideal y que los mismos están situados en diferentes lugares de la cuenca. Existe una leve tendencia a la subestimación de los valores calculados con los observados en el acuifero freático.

Tabla 7.5. Balance de masa en volumen durante todo el período de simulación en hm^3, Escenario A. Los flujos entrantes son positivos y los flujos salientes son negativos.

Nro. Zona	VA	Recarga	Nivel Fijo	Caudal Fijo	IRA	Nro. Zona	Recarga	Caudal Fijo	IRA
1	2004.26	84.31	-3217.99	1216.57	-509.67	39	141.42	-3.79	-1206.20
2	1.61	393.67		2339.56	-702.56	40	292.77	-4.55	2308.00
3	0.18	319.69		-258.89	-766.54	41	617.96	-4.55	-7898.64
4		2458.01		-311.62	-418.85	42	266.37	-0.55	-1773.49
5		9962.00		-32.46	-1669.86	43	907.57	-2.66	-17035.10
6		1223.09		-422.27	-745.73	44	436.76	-4.47	
7		43.81		-104.83	-2060.04	45	143.45	-22.08	
8		-6.78		-103.87	-3375.51	46	209.32	-18.73	
9		642.45		-19.24	-901.18	47	534.21	-0.51	
10		202.55		-14.43	-196.68	48	1869.72	-1.25	
11		755.79		-0.70	-645.38	49	1784.32	-5.05	
12		371.45		-82.65	-319.59	50	31.10	-0.57	
13		67.20		-72.19	-669.77	51	17.32	-6.05	
14		23.59		-45.05	-2478.69	52	156.33	-5.03	
15		19.14		-7.99	-57.33	53	1289.14	-17.96	
16		15.33		-15.00	-2449.99	54	112.32	-3.29	
17		324.23		-5.59	-158.98	55	36.72	-5.82	
18		1274.82		-11.65	-94.82	56	108.08	-4.03	
19		840.74		-66.38	-901.44	57	941.83	-0.62	
20		109.84		-77.64	-465.42	58	19.77	-8.14	
21		188.54		-256.69	-29.48	59	21.93	-25.11	
22		157.55		0.00	-609.35	60	31.75	-54.86	
23		14.09		-2.05	-3040.50	61	562.27		
24		45.82		-16.10	-5783.04	62	61.12		
25		792.90		-2.33	-1008.82	63	18.31		
26		176.63		-2.79	-608.31	64	46.08		
27		456.10		-2.29	-358.19	65	59.49		
28		1872.53		-4.70	-61.00	66	41.89		
29		2299.37		-18.58	-586.01	67	46.01		
30		502.43		-21.24	-116.79	68	39.37		
31		1508.05		-2.00	-58.47	69	27.50		
32		831.75		-1.03	-14.34	70	27.01		
33		1871.41		-2.70	-1390.79	71	35.23		
34		412.12		-1.76	-1351.95	72	19.24		
35		18.37		-1.15	-512.31	73	89.10		
36		117.61		-1.08	-4.04	74	108.48		
37		429.16		-2.94	-347.23	75	1197.17		
38		45.66		-3.87	-2499.73	76	24223.70		

VA: variación del almacenamiento, IRA: interacción río acuífero

Tabla 7.6. Análisis de errores de los niveles calculados en los piezómetros, Escenario B.

Nombre	Número de datos	Error Medio [m]	Mínimo h_c-h_m [m]	Máximo h_c-h_m [m]	Desvío Estándar [m^2]	Contribución a la Función Objetivo (CFO)	CFO (%)
1F	34	1.43	0.40	2.04	0.43	75.60	1.28%
2F	34	-0.13	-0.87	0.42	0.38	5.57	0.09%
3F	34	1.11	0.22	2.40	0.47	49.00	0.83%
4F	34	0.10	-0.33	0.83	0.34	4.31	0.07%
5F	34	-0.09	-0.17	-0.01	0.05	0.33	0.01%
6F	34	1.04	0.56	1.85	0.23	38.90	0.66%
7F	34	-1.33	-1.87	-0.73	0.35	64.10	1.09%
8F	28	0.78	0.57	0.97	0.13	17.50	0.30%
9F	34	-4.28	-5.26	-3.54	0.49	632.00	10.71%
10F	34	-3.43	-4.25	-2.52	0.45	406.00	6.88%
11F	34	-2.08	-3.04	-1.22	0.40	153.00	2.59%
12F	22	-1.77	-2.52	-1.13	0.40	72.80	1.23%
13F	34	0.63	-0.62	1.76	0.64	27.50	0.47%
14F	34	-0.11	-1.47	0.82	0.46	7.64	0.13%
15F	33	1.47	0.34	2.72	0.74	89.10	1.51%
17F	34	-1.43	-2.27	-0.83	0.38	74.30	1.26%
18F	34	-2.65	-3.90	-1.41	0.72	256.00	4.34%
19F	34	-2.64	-3.69	-2.08	0.37	241.00	4.09%
20F	33	2.52	1.12	3.80	0.65	224.00	3.80%
21F	21	0.32	0.00	0.89	0.26	3.55	0.06%
22F	34	0.09	-1.07	0.81	0.46	7.29	0.12%
23F	34	0.17	-1.18	1.16	0.55	11.40	0.19%
24F	34	0.25	-0.24	1.15	0.33	5.84	0.10%
26F	8	-0.30	-1.92	1.33	1.02	38.80	0.66%
27F	19	0.74	0.50	1.03	0.18	4.64	0.08%
25F	34	-1.27	-2.02	-0.29	0.36	33.10	0.56%
28F	34	2.09	0.83	3.23	0.67	164.00	2.78%
29F	34	2.94	1.55	5.07	1.44	366.00	6.20%
30F	34	0.63	-0.35	1.74	0.44	20.30	0.34%
1P	34	0.97	-0.09	1.64	0.46	39.20	0.66%
2P	34	5.29	4.90	6.11	0.32	956.00	16.20%
3P	34	3.61	3.08	5.54	0.48	451.00	7.64%
4P	34	-0.57	-0.91	0.07	0.29	14.10	0.24%
5P	34	-0.30	-0.39	-0.21	0.05	3.15	0.05%
6P	34	1.51	1.06	1.85	0.22	79.30	1.34%
7P	34	1.09	0.01	2.01	0.47	47.90	0.81%
8P	34	0.07	-0.17	0.25	0.13	0.71	0.01%
9P	34	-1.15	-2.68	0.38	0.87	70.60	1.20%
10P	33	0.80	-0.72	2.16	0.77	40.60	0.69%
11P	34	-1.58	-2.10	-0.77	0.34	89.00	1.51%
12P	22	-1.83	-2.59	-1.23	0.41	77.10	1.31%
13P	26	-0.56	-1.67	0.38	0.53	15.50	0.26%
14P	34	-0.25	-1.07	0.96	0.53	11.80	0.20%
15P	34	2.15	0.99	3.40	0.74	176.00	2.98%
16P	7	-10.10	-10.60	-9.33	0.51	712.00	12.07%
30P	1	4.70	4.70	4.70	0.00	22.10	0.37%

Error= h_c-h_m , h_c: nivel calculado, h_m: nivel medido

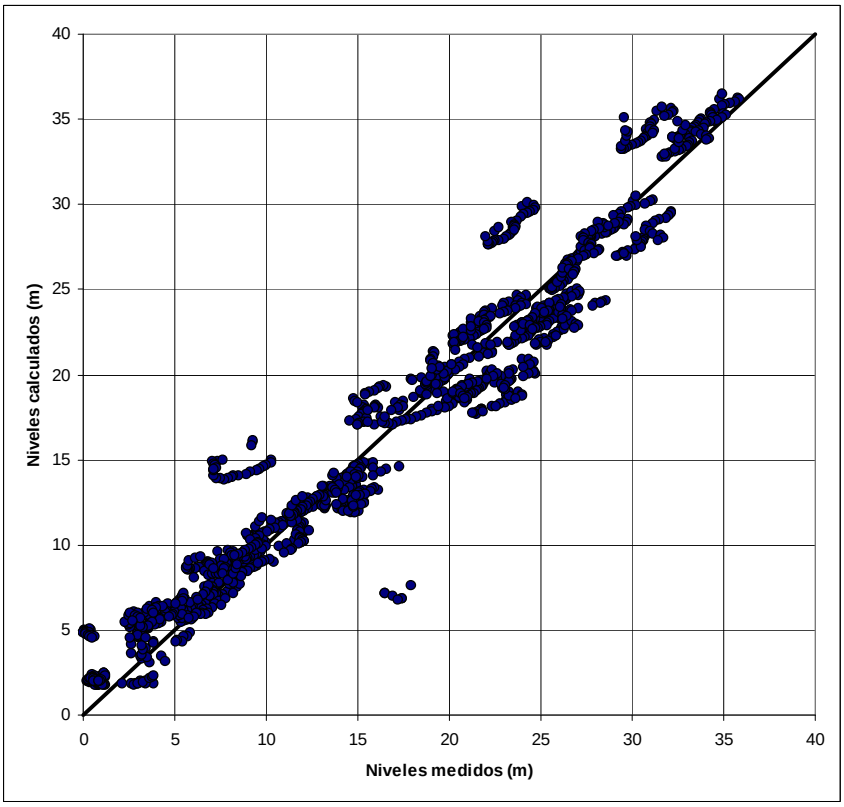


Figura 7.3. Niveles medidos versus calculados en los puntos de calibración, Escenario B.

En el Anexo F se muestran los hidrogramas construidos para los niveles observados en campo y los calculados por el modelo para todos los piezómetros a partir del año 1980 (figuras F.31 a F.60). Se observa que los niveles calculados reproducen correctamente la tendencia de los niveles medidos pero subestiman los niveles del acuifero freático en la cuenca media y sobreestiman los niveles del acuífero Puelches en la cuenca alta (2P, 3P y 30P). A pesar de tener una función objetivo de niveles mayor que el Escenario A, en general el ajuste se puede calificar de satisfactorio.

En la Figura 7.4 se presenta el mapa de isopiezas calculadas para los acuíferos freático y Puelches para el último mes de simulación (diciembre 2011). En la cuenca media y baja se observa que los niveles del acuifero freático estan condicionados por la red hidrológica superficial presentando valores bajos. Mientras en el sector de la CABA se forma un domo, tal como el escenario A, aunque de mayor extensión areal, que se estima como efecto de una excesiva recarga. Los niveles calculados para el acuífero Puelches en la cuenca alta son superiores o similares a los del freático indicando un flujo vertical ascendente. En cambio en la cuenca media se producen importantes descensos en los niveles del acuífero Puelches debido a las extracciones y la baja conexión entre este acuífero y el freático (el acuitardo tiene menor conductividad hidráulica), especialmente en los partidos de Almirante Brown, Lomas de Zamora y Esteban Echeverría. En la cuenca baja los niveles entre el freático y el Puelches muestran un flujo vertical descendente, posiblemente provocado por las extracciones.

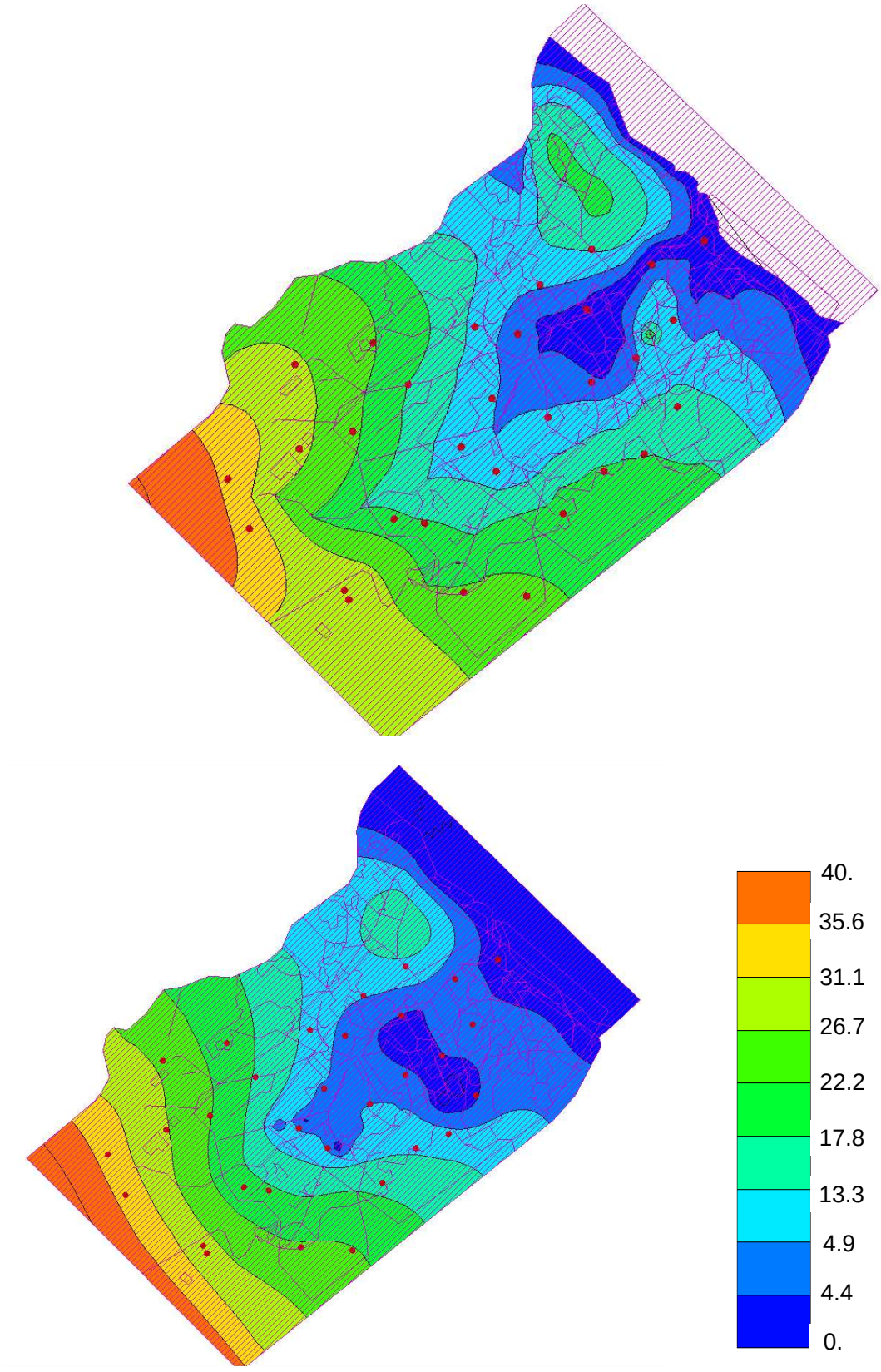


Figura 7.4. Mapa de isopiezas calculadas (en metros) para el acuifero freático (sup.) y el Puelches (inf.), ambos para diciembre 2011, Escenario B. Equidistancia 4.44 m.

En la Tabla 7.7 se presentan los parámetros calculados, donde se destaca que los valores de conductividad de la capa superior o freática aumentan en relación a las estimaciones previas. De esta manera, el acuífero superior incrementa la capacidad de transmitir la recarga a los cursos de agua y al Río de La Plata, propiciado por la baja conductividad del acuitardo que reduce el flujo vertical descendente. Los valores de conductividad del acuífero Puelches están en el orden de magnitud de la estimación previa (aprox. 50 m/d), de igual manera que los valores de coeficiente de almacenamiento. El valor de la recarga en la zona Rural se reduce en un 71.5 %. Los valores del coeficiente de goteo variaron en el orden de magnitud previsto, reforzando la descarga en los cursos de aguas en la cuenca baja y fundamentalmente los cursos al sureste de la desembocadura del Riachuelo (Aryo. Avellaneda, Aryo. Ortega, Aryo. Santa Catalina), y el Arroyo Conchita en el borde sureste de la zona de estudio. El Arroyo La Montañeta, en el Partido de Cañuela, aumenta el valor del coeficiente de goteo y de esa forma permitir evacuar el excedente de agua del sector suroeste donde predominan las Formaciones Buenos Aires y Ensenada con elevada conductividad hidráulica.

La Tabla 7.8 presenta el balance de masa global durante todo el período de simulación. El sistema acuífero aumenta su almacenamiento en todo el período en 1610 hm^3, con un valor medio anual de 3.7 mm. Analizando los valores medios diarios de las componentes del balance, la recarga es de 21.25 m^3/s de la cual descarga por flujo base al sistema hídrico superficial 17.05 m^3/s y se descarga subterráneamente al Río de La Plata 4.12 m^3/s. De la descarga subterránea 2.94 m^3/s se producen desde el acuífero freático y 1.18 m^3/s del acuífero Puelches. Todos los cursos superficiales reciben agua del acuífero freático, a excepción del Aryo. del Rey situado en una región con un amplio sector con bombas depresoras (partidos de Lomas de Zamora y de Almirante Brown). La zona de recarga 8 situada en el partido de Tres de Febrero, al igual que en el Escenario A, tiene una recarga negativa debido a la fuerte explotación de acuifero freático. Por el borde oeste ingresa a los acuíferos 1.06 m^3/s y la salida por bombeo es de 0.66 m^3/s.

Tabla 7.7. Parámetros calculados, Escenario B.

Conductividad		Recarga		Goteo	
Descripción	**[m/d]**	**Nro. Zona**	**[m/d]**	**Nro. Zona**	**[m/d]**
Pampeano	79.1	76	0.7149	1	0.344
Postpampeano	53.5			2	0.443
Depósito de playas	41.9			3	0.483
For. Buenos Aires y Ensenada	381.6			4	16.090
Puelche	52.4			5	9.670
Acuitardo	$1.8\ 10^{-5}$			6	1.280
Puelche (1)	50.1			7	1.692
Acuitardo (2)	$1.5\ 10^{-4}$			8	0.920
				9	14.427
				10	1.604
				11	0.632
Coeficiente de Almacenamiento				12	0.208
Descripción				13	8.756
Freático	0.1007			14	13.350
Puelches	$9.99\ 10^{-5}$			15	0.798
Acuitardo	$1.00\ 10^{-5}$			16	20.600
				17	0.282
				18	0.135
				19	0.996
				20	0.949
				21	10.010
				22	11.176
				23	1.184
				24	1.230
				25	3.496
				26	0.228
				27	0.227
				28	0.118
				29	0.459
				30	0.043
				31	0.191
				32	0.007
				33	9.680
				34	0.586
				35	0.667
				36	0.889
				37	0.261
				38	0.210
				39	9.193
				40	0.134
				41	37.835
				42	2.442

Tabla 7.8. Balance de masa en volumen durante todo el período de simulación en hm^3, Escenario B.
Los flujos entrantes son positivos y los flujos salientes son negativos.

Nro. Zona	VA	Recarga	Nivel Fijo	Caudal Fijo	IRA	Nro. Zona	Recarga	Caudal Fijo	IRA
1	1608.72	84.29	-9827.19	1216.57	-664.30	39	141.42	-3.79	-4401.63
2	1.11	393.67		2339.56	-744.84	40	292.77	-4.55	2075.4
3	0.14	319.69		-258.89	-487.44	41	617.96	-4.55	-8238.7
4		2450.09		-311.62	-451.84	42	266.37	-0.55	-6482.5
5		10031.50		-32.46	-1908.15	43	954.39	-2.66	-3970.48
6		1212.36		-422.27	-864.32	44	436.76	-4.47	
7		43.81		-104.83	-2208.18	45	143.45	-22.08	
8		-6.78		-103.87	-2245.11	46	209.61	-18.73	
9		642.45		-19.24	-2889.20	47	536.93	-0.51	
10		202.55		-14.43	-412.36	48	1858.29	-1.25	
11		750.71		-0.70	-374.70	49	1767.31	-5.05	
12		371.45		-82.65	-320.62	50	31.10	-0.57	
13		67.20		-72.19	-2051.68	51	17.32	-6.05	
14		23.59		-45.05	-3424.39	52	156.33	-5.03	
15		19.14		-7.99	-95.41	53	1267.80	-17.96	
16		15.33		-15.00	-2616.84	54	112.32	-3.29	
17		324.23		-5.59	-1312.71	55	36.72	-5.82	
18		1332.48		-11.65	-160.77	56	108.08	-4.03	
19		841.75		-66.38	-744.13	57	940.39	-0.62	
20		109.87		-77.64	-576.20	58	19.77	-8.14	
21		188.95		-256.69	-24.29	59	21.93	-25.11	
22		157.55		0.00	-1087.74	60	31.75	-54.86	
23		14.09		-2.05	-2165.67	61	562.27		
24		45.80		-16.10	-2313.70	62	61.12		
25		772.63		-2.33	-1324.65	63	18.31		
26		176.68		-2.79	-746.43	64	46.08		
27		458.47		-2.29	-743.96	65	59.49		
28		2152.40		-4.70	-129.68	66	41.89		
29		2307.73		-18.58	-589.12	67	46.01		
30		502.60		-21.24	-72.86	68	39.37		
31		1518.97		-2.00	-90.21	69	27.50		
32		832.78		-1.03	-15.90	70	27.01		
33		1984.42		-2.70	-1490.01	71	35.23		
34		412.38		-1.76	-1209.86	72	19.24		
35		18.37		-1.15	-583.79	73	89.10		
36		117.61		-1.08	-70.13	74	108.48		
37		429.16		-2.94	-578.59	75	1194.90		
38		45.66		-3.87	-2186.44	76	27360.20		

VA: variación del almacenamiento, IRA: interacción río acuífero

7.5. Resultados del Escenario C

En este escenario se calibran todos los parámetros de las zonas de conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento y de goteo (a excepción de la zona de descarga al Río de La Plata por el acuifero profundo), también se incluye el mismo conjunto de 30 zonas de recarga calibradas en el Escenario A. La información previa es similar al escenario B con los elementos unidimensionales que simulan el acuitardo con valores de conductividad hidráulica más bajos, asumiendo que existe una menor interacción entre los acuíferos freáticos y Puelches. También en este escenario, para condicionar el proceso de calibración automática se disminuyó la varianza en la estimación de los valores de las zonas de conductividad hidráulica del acuífero Puelches y de la zona de recarga rural (zona 76).

La función objetivo de niveles es de 3950 m^2, correspondiendo a un error medio de 1.67 m. En la Tabla 7.9 se presenta un resumen de los errores medios por piezómetros, donde se destacan contribuciones a la función objetivo mayores a 300 m^2 en los piezómetros 2P y 16P (errores medios de 4.03 y -9.06 m, respectivamente). El elevado error en el 2P se estima que puede deberse a situaciones locales de una geología más compleja. Sin tener en cuenta estos dos piezómetros el error medio se reduce a 1.44 m. Los piezómetros 9F y 18F tienen respectivamente errores medios de 2.74 y 2.6 m, que pueden ser atribuibles a que la relación del acuifero freático y los cursos de agua superficial requiran mayor detalle en los sectores cercanos a estos pozos. De forma similar, si no tenemos en cuenta estos cuatro piezómetros en la función objetivo de niveles, el error medio se reduce a 1.32 m. Si se tienen en cuentas los piezómetros con contribuciones a la función objetivo mayores a 100 m^2, el error medio es de 0.94 m. En la Figura 7.5 se presentan los niveles medidos versus los calculados por el modelo permitiendo observar un ajuste satisfactorio y como los piezómetros con errores altos se apartan de la curva ideal.

En el Anexo F se presentan los hidrogramas construídos con los niveles observados en campo y los calculados por el modelo para todos los piezómetros a partir del año 1980 (figuras F.61 a F.90). En éstos se observa que los niveles calculados reproducen correctamente la tendencia de los niveles medidos y con buenos ajustes, teniendo en cuenta los bajos errores medios. Se observa que en los piezómetros donde se dispone de mediciones en los dos acuíferos (del 1 a 15 y el 30) los niveles calculados reproducen el flujo descendente desde el freático a excepción del par 6, 12, 14 y 15. Si se analiza el período de simulación anterior (desde 1906 hasta 1980) se observa que en los piezómetros cercanos a los cursos principales (14 y 15) el flujo deja de ser ascendente después de la década de los 70. Esto indica que en los piezómetros de la zona alta topográfica y con la Formación Pampeano aflorando, la recarga provoca el flujo descendente hacia el Puelches y descarga en las zonas bajas o cerca de los principales cuerpos de agua (Figura 7.6). Esta situación seria conveniente poder comprobarla con más medidas observadas en otras perforaciones.

Tabla 7.9. Análisis de errores de los niveles calculados en los piezómetros, Escenario C.

Nombre	Número de datos	Error Medio [m]	Mínimo h_c-h_m [m]	Máximo h_c-h_m [m]	Desvío Estandar [m^2]	Contribución a la Función Objetivo (CFO)	CFO (%)
1F	34	1.77	0.97	2.50	0.36	111.00	2.81%
2F	34	1.47	0.84	2.13	0.36	77.90	1.97%
3F	34	2.06	1.14	3.37	0.43	150.00	3.80%
4F	34	1.00	0.39	1.97	0.44	40.70	1.03%
5F	34	-0.19	-0.27	-0.10	0.05	1.34	0.03%
6F	34	-0.02	-0.37	0.49	0.16	0.91	0.02%
7F	34	-1.25	-2.03	-0.46	0.40	59.10	1.50%
8F	28	0.96	0.77	1.16	0.12	26.50	0.67%
9F	34	-2.74	-3.74	-1.89	0.50	263.00	6.66%
10F	34	-0.99	-1.78	-0.01	0.44	40.30	1.02%
11F	34	-1.73	-2.70	-0.83	0.41	108.00	2.73%
12F	22	-0.98	-1.88	-0.46	0.38	24.50	0.62%
13F	34	0.62	-0.60	1.84	0.65	27.70	0.70%
14F	34	-0.33	-1.61	0.63	0.50	12.00	0.30%
15F	33	1.62	0.48	2.82	0.71	104.00	2.63%
17F	34	-2.02	-2.87	-1.30	0.41	144.00	3.65%
18F	34	-2.60	-3.77	-1.30	0.62	242.00	6.13%
19F	34	-2.29	-3.34	-1.62	0.40	184.00	4.66%
20F	33	2.08	0.69	3.32	0.64	157.00	3.97%
21F	21	0.38	-0.09	1.15	0.36	5.79	0.15%
22F	34	0.52	-0.51	1.22	0.42	15.00	0.38%
23F	34	0.22	-0.91	1.15	0.48	9.48	0.24%
24F	34	-0.27	-0.89	0.59	0.33	6.23	0.16%
26F	8	1.39	-0.18	3.04	0.98	97.90	2.48%
27F	19	0.84	0.53	1.19	0.21	5.95	0.15%
25F	34	-0.36	-1.17	0.54	0.34	4.61	0.12%
28F	34	1.34	-0.01	2.46	0.69	76.90	1.95%
29F	34	0.05	-1.37	1.98	1.25	53.10	1.34%
30F	34	1.80	0.76	2.92	0.41	116.00	2.94%
1P	34	0.37	-0.56	1.13	0.43	11.00	0.28%
2P	34	4.03	3.57	4.83	0.36	557.00	14.10%
3P	34	0.16	-0.43	2.15	0.52	9.91	0.25%
4P	34	-1.99	-2.40	-1.39	0.32	138.00	3.49%
5P	34	-0.62	-0.70	-0.51	0.05	13.00	0.33%
6P	34	1.24	0.71	1.57	0.22	53.60	1.36%
7P	34	0.32	-0.87	1.28	0.53	12.70	0.32%
8P	34	0.06	-0.19	0.22	0.13	0.67	0.02%
9P	34	-0.55	-2.01	0.99	0.85	35.10	0.89%
10P	33	0.34	-1.01	1.65	0.73	21.50	0.54%
11P	34	-1.91	-2.40	-1.02	0.36	129.00	3.27%
12P	22	-0.61	-1.24	-0.01	0.36	11.20	0.28%
13P	26	0.82	-0.18	1.79	0.49	23.90	0.61%
14P	34	0.91	0.10	2.12	0.54	37.60	0.95%
15P	34	2.00	0.89	3.33	0.71	154.00	3.90%
16P	7	-9.06	-9.60	-8.31	0.51	576.00	14.58%
30P	1	1.10	1.10	1.10	0.00	1.20	0.03%

Error= h_c-h_m , h_c: nivel calculado, h_m: nivel medido

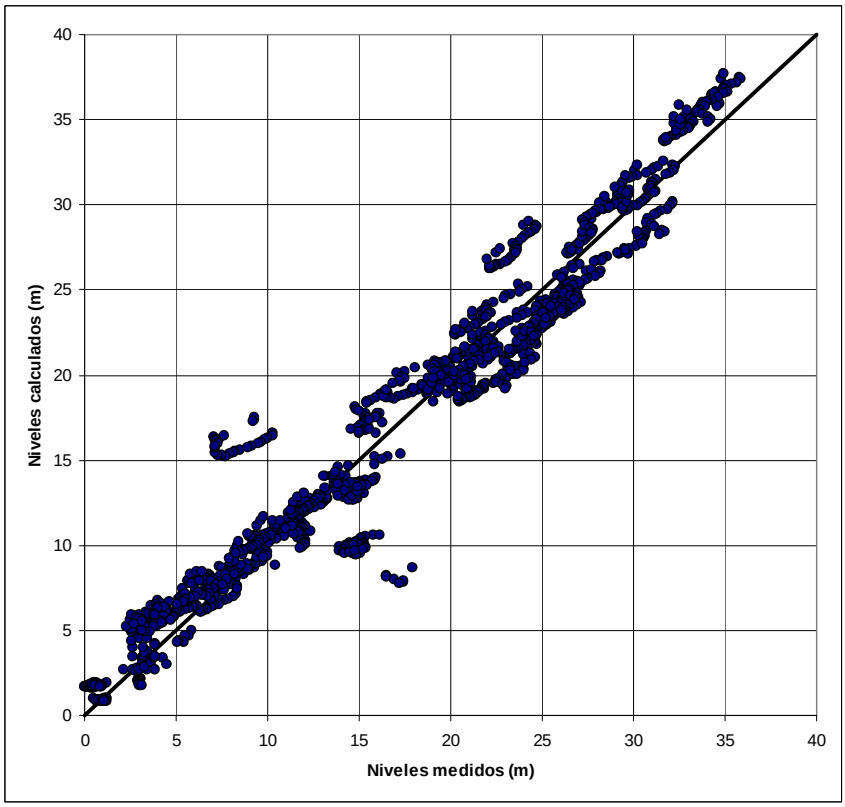


Figura 7.5. Niveles medidos versus calculados en los puntos de calibración, Escenario C.

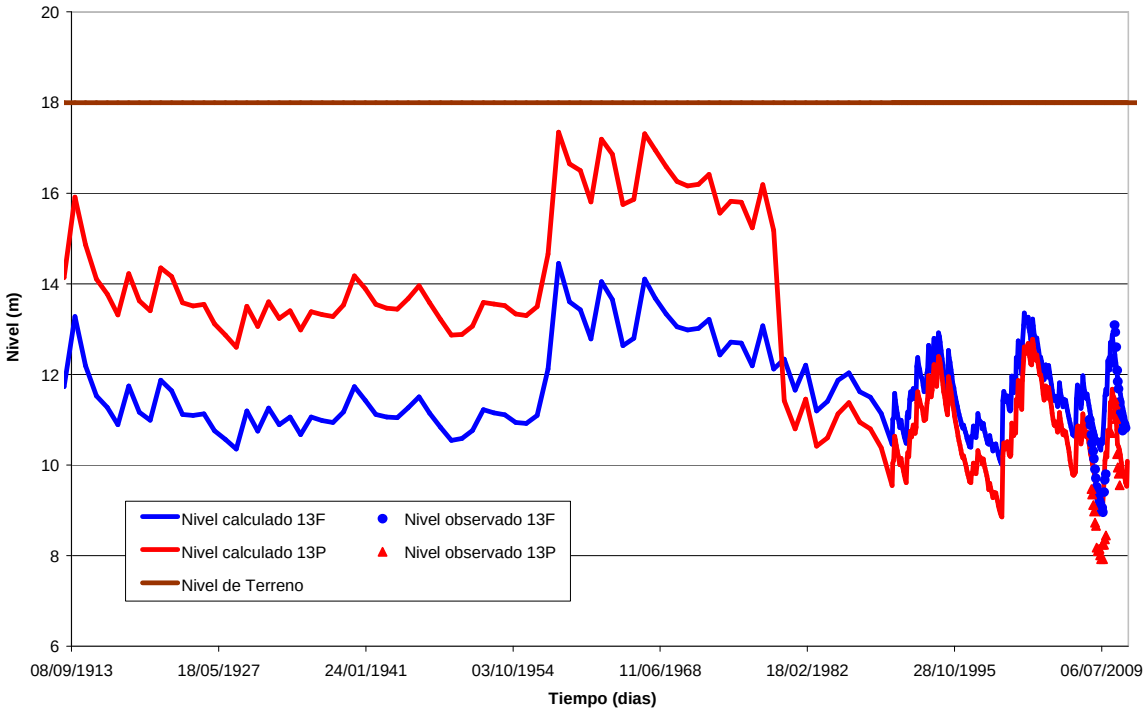


Figura 7.6. Hidrograma de los piezómetros 13F y 13P. Escenario C.

En la Figura 7.7 se presenta el mapa de isopiezas calculadas para los acuiferos freático y Puelches para el último mes de simulación (diciembre 2011). Se observa que los niveles del acuifero freático se encuentran por encima del nivel del acuífero Puelches, lo que indica un flujo descendente en todo el dominio de simulación para este tiempo final. El acuífero freático esta fuertemente condicionado por la red hidrográfica en la cuenca media y baja. En el sector de la CABA se forma un importante domo recostado hacia el norte y proximo al Río Reconquista debido posiblemente a la excesiva recarga. Los niveles calculados del acuífero Puelches no parecen controlados por los cursos superficiales y en la cuenca media se producen importantes descensos producto de las extracciones y la baja conexión con el acuífero freático (el acuitardo tiene menor conductividad hidráulica), especialmente en los partidos de Almirante Brown, Lomas de Zamora y Esteban Echeverría. En la cuenca media y baja los niveles entre el freático y el Puelche muestran un flujo vertical descendente, posiblemente provocado por las explotaciones de AySA para el abastecimiento de la población, y una mayor conductividad hidráulica de este sector del Puelches.

Los parámetros calculados se presentan en la Tabla 7.10. Los valores obtenidos de conductividad hidráulica de las Formaciones Pampeano, Buenos Aires y Ensenada, y Puelches son mayores que la estimación previa; ésto y la baja conductividad del acuitardo que reduce el flujo vertical, propician la transmitición de la recarga a los cursos de agua y al Río de La Plata. Los coeficientes de almacenamiento, como en los anteriores escenarios, se mantienen en el rango de las estimaciones previas. Las recargas calculadas tiene valores similares a la estimación previa, a excepción de algunas zonas donde se reduce sustancialmente el ingreso de agua hasta llegar a sustituirlo por una extracción. Este es el caso de la zona 28 (2_Lanus) que junto a la reducción en las zona 18 (1_Avellaneda) y 33 (2_Lomas de Zamora) corresponden con una región donde los efectos antrópicos por extracción de bombas depresoras y canalizaciones no está correctamente implementado. La zona Rural (76) presenta una reducción de la recarga a 0.88, y en la zona 5 de CABA la reducción es a 0.31. Los valores de los coeficientes de goteo variaron en el orden de magnitud previsto, fortaleciendo los cursos de aguas en la cuenca baja y fundamentalmente los cursos al sureste de la desembocadura del Riachuelo (Aryo. Avellaneda, Aryo. Ortega, Aryo. Santa Catalina), y el Arroyo Conchita en el borde sureste de la zona de estudio. Existen arroyos como La Montañeta (Partido de Cañuela) y Cañuelas, Ortega y Santa Catalina que han aumentado el valor del coeficiente de goteo de tal forma que permiten evacuar el excedente de agua del sector sur oeste y centro, favorecidos por las elevadas conductividad hidráulica de las Formaciones Pampeano, Buenos Aires y Ensenada.

El balance de masa global durante todo el período de simulación se presenta en la Tabla 7.11. El sistema acuífero aumenta su almacenamiento en todo el período en 1810 hm^3, con un valor medio anual de 3.3 mm. Los valores medios diarios de las componentes del balance muestran una recarga de 20.57 m^3/s de la cual descarga por flujo base al sistema hídrico superficial 16.08 m^3/s y se descarga subterráneamente al Río de La Plata 4.35 m^3/s. De la descarga subterránea 2.39 m^3/s corresponden al acuífero freático y 1.96 m^3/s al Puelches. Todos los cursos superficiales reciben agua del acuífero freático a excepción del Aryo. del Rey situado en una región con un amplio sector con bombas depresoras (partidos de Lomas de

Zamora y de Almirante Brown). La zona de recarga 8 situada en el partido de Tres de Febrero, al igual que en el Escenario A presenta una recarga negativa debido a la fuerte explotación del acuifero freático. A esta zona de recarga se le suma la zona 28 (1_Avellaneda) donde la recarga se anula y se revierte a una explotación menor (0.11 m^3/s). Al igual que los escenarios anteriores, por el borde oeste ingresa a los acuíferos 1.06 m^3/s y la salida por extracciones es de 0.66 m^3/s.

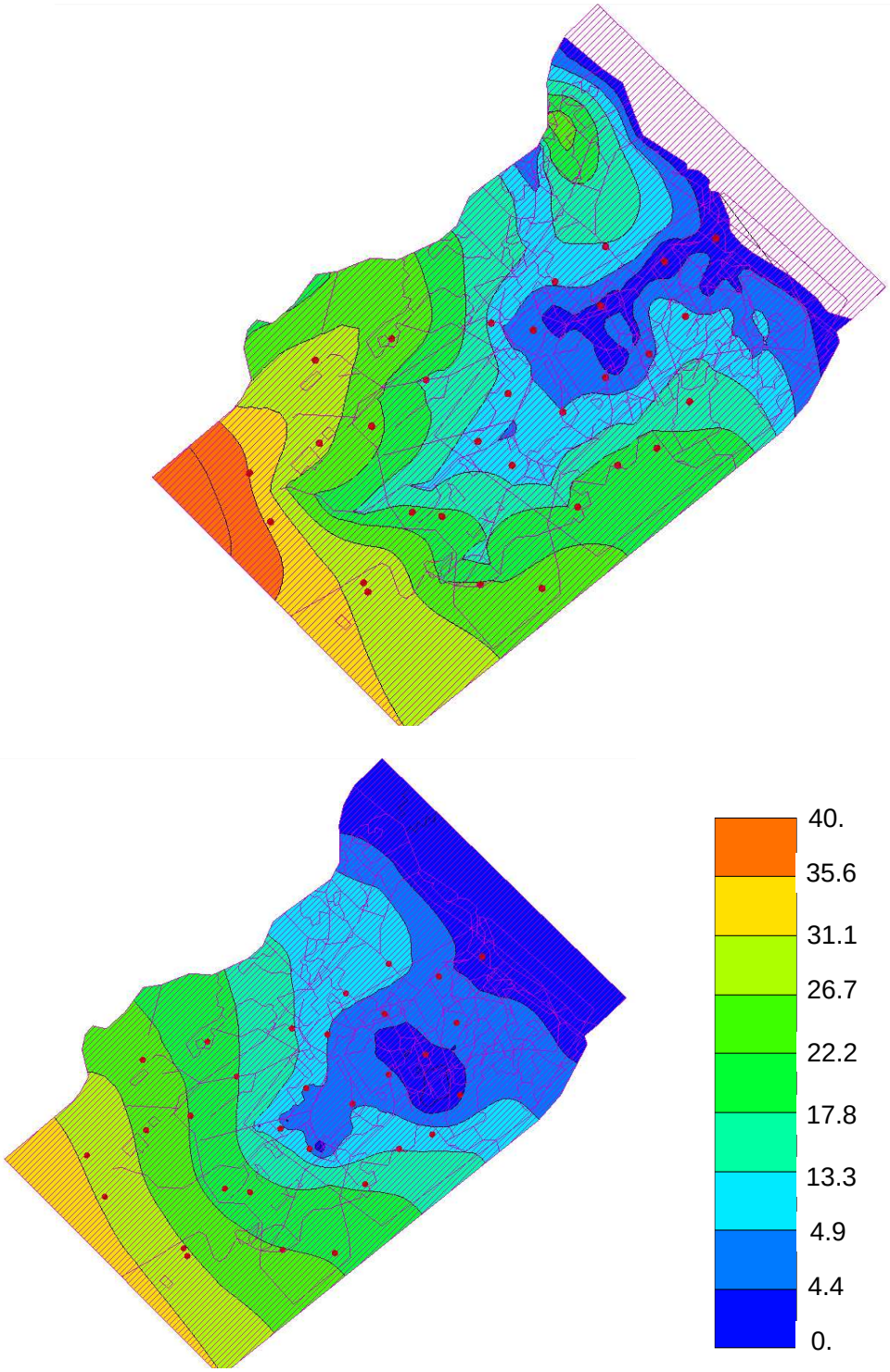


Figura 7.6. Mapa de isopiezas calculadas (en metros) para el acuifero freático (sup.) y el Puelches (inf.), ambos para diciembre 2011, Escenario C. Equidistancia 4.44 m.

Tabla 7.10. Parámetros calculados, Escenario C.

Conductividad		Recarga		Goteo	
Descripción	**[m/d]**	**Nro. Zona**	**[m/d]**	**Nro. Zona**	**[m/d]**
Pampeano	55.2	1	1.000	1	0.92
Postpampeano	8.3	4	0.996	2	0.13
Depósito de playas	31.7	5	0.310	3	2.87
For. Buenos Aires y Ensenada	244.4	6	1.002	4	15.97
Puelche	174.4	11	1.011	5	4.94
Acuitardo	$1.8\ 10^{-5}$	18	0.198	6	0.14
Puelche (1)	46.3	19	0.974	7	0.11
Acuitardo (2)	$1.0\ 10^{-4}$	20	0.992	8	0.97
		21	0.964	9	171.57
		24	1.006	10	35.98
		25	1.196	11	0.07
Coeficiente de Almacenamiento		26	1.037	12	0.208
Descripción		27	0.929	13	9.80
Freático	0.104	28	-0.176	14	83.08
Puelches	$1.00\ 10^{-4}$	29	0.994	15	0.93
Acuitardo	$1.00\ 10^{-5}$	30	0.999	16	62.48
		31	1.021	17	0.78
		32	1.080	18	0.04
		33	0.366	19	3.48
		34	1.063	20	6.42
		43	0.816	21	10.04
		46	1.008	22	12.97
		47	1.026	23	0.25
		48	0.999	24	2.61
		49	0.997	25	1.82
		53	0.994	26	0.06
		57	1.068	27	0.61
		58	1.000	28	0.01
		75	0.999	29	2.20
		76	0.879	30	0.02
				31	0.05
				32	0.01
				33	10.22
				34	1.16
				35	1.00
				36	0.85
				37	0.21
				38	0.01
				39	10.04
				40	0.02
				41	35.96
				42	6.22

Tabla 7.11. Balance de masa en volumen durante todo el período de simulación en hm^3, Escenario C. Los flujos entrantes son positivos y los flujos salientes son negativos.

Nro. Zona	VA	Recarga	Nivel Fijo	Caudal Fijo	IRA	Nro. Zona	Recarga	Caudal Fijo	IRA
1	1809.21	84.29	-7983.76	1216.57	-1600.71	39	141.42	-2.94	-4181.78
2	0.96	393.67			-210.31	40	292.77	-3.87	330.36
3	0.13	319.69		2339.56	-1701.31	41	617.96	-3.79	-3592.39
4		2439.43			-165.33	42	266.37	-4.55	-7684.05
5		6225.98		-258.89	-1038.29	43	778.79	-4.55	-6563.22
6		1214.74		-311.62	-182.08	44	436.76	-0.55	
7		43.81		-32.46	-300.01	45	143.45	-2.66	
8		-6.78		-422.27	-2103.28	46	211.30	-4.47	
9		642.45		-104.83	-3434.89	47	550.71	-22.08	
10		202.55		-103.87	-1670.08	48	1856.28	-18.73	
11		758.63		-19.24	-44.02	49	1761.72	-0.51	
12		371.45		-14.43	-98.94	50	31.10	-1.25	
13		67.20		-0.70	-2012.99	51	17.32	-5.05	
14		23.59		-82.65	-2961.27	52	156.33	-0.57	
15		19.14		-72.19	-112.06	53	1260.80	-6.05	
16		15.33		-45.05	-1838.63	54	112.32	-5.03	
17		324.23		-7.99	-2439.82	55	36.72	-17.96	
18		264.25		-15.00	-59.97	56	108.08	-3.29	
19		820.13		-5.59	-1032.32	57	1003.90	-5.82	
20		109.02		-11.65	-1195.82	58	19.76	-4.03	
21		182.18		-66.38	-19.53	59	21.93	-0.62	
22		157.55		-77.64	-715.23	60	31.75	-8.14	
23		14.09		-256.69	-687.10	61	562.27	-25.11	
24		46.08		0.00	-3404.82	62	61.12	-54.86	
25		923.85		-2.05	-808.74	63	18.31		
26		183.25		-16.10	-249.64	64	46.08		
27		426.03		-2.33	-1886.70	65	59.49		
28		-378.14		-2.79	-13.35	66	41.89		
29		2294.01		-2.29	-1774.38	67	46.01		
30		502.17		-4.70	-48.17	68	39.37		
31		1551.32		-18.58	-29.21	69	27.50		
32		899.70		-21.24	-17.45	70	27.01		
33		725.87		-2.00	-888.55	71	35.23		
34		438.17		-1.03	-2123.99	72	19.24		
35		18.37		-2.70	-991.73	73	89.10		
36		117.61		-1.76	-89.28	74	108.48		
37		429.16		-1.15	-515.36	75	1194.14		
38		45.66		-1.08	-201.65	76	33648.90		

VA: variación del almacenamiento, IRA: interacción río acuífero

7.6. Discusión de los resultados

Es este apartado se discuten los resultados obtenidos en los tres escenarios de modelación y las limitaciones del modelo numérico.

Escenario A:
En este escenario se simula un acuitardo conductivo lo que condiciona que gran parte el agua de la recarga se infiltra al acuífero Puelches, y en éste a su vez se simulan conductividades hidráulicas elevadas para inducir la descarga al Río de La Plata. De este modo, la descarga al Río de La Plata se realiza fundamentalmente por el acuífero profundo o Puelches, con un valor de descarga media diaria de 5.09 m^3/s.

En este escenario se analizó además el impacto de reducir el ingreso de agua subterránea por los acuíferos freático y Puelches en el borde oeste, imponiendo además una relajación en la estimación de los parámetros de goteo. El valor del parámetro de ingreso por el borde se redujo a la mitad respecto al escenario A. Los resultados indican que la reducción del ingreso de agua por el oeste provoca una disminución de la conductividad hidráulica en la zona 5 de conductividad (256 m/d) y del valor de la recarga de la zona Rural que se reduce a 0.39, quedando la recarga total al sistema en 17,2 m^3/s. La reducción más notable se observa en la descarga del acuífero freático al Río de La Plata que disminuye al 22 %. Sin embargo, se redujo un 20% la función objetivo de niveles quedando en 3807 m^2 (error medio de 1.63 m).

Escenario B:
Este escenario, en contraste con el anterior, asume que el acuitardo es menos conductivo, provocando que la infiltración de la recarga al acuífero profundo este más limitada. Esto condiciona que el agua de recarga se mueva fundamentalmente a través del acuífero freático y descargue en los cuerpos de agua superficial y en el Río de La Plata, siendo el valor de 2.94m^3/s.

Con el objetivo de disminuir las conductividades hidráulicas elevadas en la capa superior se procedió a condicionar los valores de manera tal que no puedan modificarse significativamente, para lo cual se disminuyo la varianza de los parámetros de conductividad de la capa superior. Tal como era de esperar los valores de conductividad hidráulica no se apartaron significativamente de la información previa, sin embargo, la función objetivo de niveles se duplico alcanzando un valor de 8357 m^2 y el valor de recarga rural se redujo a 0.2 (en el escenario B era de 0.76). Un efecto indirecto fue el aumento de los goteos para evacuar el agua del acuífero freático a los cursos superficiales.

Asimismo, en este escenario se examino la respuesta al permitir mayor variación de los coeficientes de goteo, para lo cual se obtuvo una función objetivo de niveles de 5610 m^2 (error medio 1.99 m). Los valores de conductividad de la capa superior aumentaron respecto a la información previa y la recarga en la zona rural se redujo a 0.57. De esta forma se obtuvo una recarga global con un valor medio diario de 16.5 m^3/s, de los cuales 15.4 m^3/s son descargados a los arroyos y ríos.

Para este escenario se calibro el mismo conjunto de zonas de recarga que el Escenario A, obteniendo una función objetivo de niveles de 5280 m^2 (error medio 1.93 m), sin embargo los valores de conductividad hidráulica de la capa superior son mayores que los estimados. Respecto a los valores de recarga, se reducen a un caudal medio diario de 17.46 m^3/s, destacando la reducción a 0.5 de la recarga en la zona rural.

Escenario C:
Este escenario representa una situación intermedia en relación a los dos escenarios anteriores, donde los acuíferos freático y Puelches descargan un volumen similar al Río de La Plata. La conductividad hidráulica calculada para las zonas que simulan las Formaciones Pampeano, Buenos Aires y Ensenada, y Puelches tienen valores superiores a la estimación previa. Esto permite transmitir la recarga a los cursos de agua y al Río de La Plata, dado que el acuitardo tiene baja conductividad y reduce el flujo vertical descendente. La función objetivo de niveles es de 3950 m^2, que corresponde a un error medio de 1.67 m, pero si no se incluyen los piezómetros con contribuciones a la función objetivo mayores a 100 m^2, el error medio se reduce a 0.94 m.

Si en el Escenario C se relaja el conjunto de parámetros de recarga en el proceso de calibración automática (aumento de la varianza) se obtiene una menor función objetivo de niveles de 3925 m^2 error medio 1.66 m), pero a expensa que se reduzca el volumen de recarga a 10.64 m^3/s, casi el 50 %.

Los tres escenarios simulados presentan un ajuste satisfactorio, sin embargo es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones asi como las limitaciones en esta etapa de modelación, las cuales se definen a continuación:

- El origen sedimentario de las formaciones que componen los acuiferos freático y Puelches, sea fluvial, eólico, de estuario o lagunar, indica la existencia de una heterogeneidad en sentido horizontal y vertical muy importante. Esta variabilidad condiciona las respuestas de los niveles piezométricos en los diferentes puntos de observación y por consiguiente, el ajuste del modelo, requiriendo un mayor detalle de la geología, a pesar de la escala regional de trabajo. Esta situación se observa en los tres escenarios, por lo que se asume que la discretización de las zonas de conductividad requiere mayor detalle para lograr mejores ajustes.

- La variacion de los valores de conductividad hidráulica de los elementos unidimensionales que simulan el acuitardo, conducen a dos diferentes modelos conceptuales de funcionamiento del sistema acuifero. Cuando menor es la conductividad vertical y por consiguiente, la capacidad de impedir el flujo vertical es alta, mas importancia tienen las formaciones freáticas como conductor de agua. Por el contrario, cuando mayor es la conductividad hidráulica del acuitardo, la formación Puelches pasa a tener mayor control de los flujos. Sin embargo, teniendo en cuenta la variabilidad de los depósitos sedimientarios, tampoco se puede asumir un comportamiento constante del acuitardo en toda la zona de estudio y esto se observa claramente en los dos comportamientos del acuitardo simulados.

- Los valores de coeficientes de almacenamiento estimados resultan adecuados y en función de los resultados no aparecen como elementos críticos. No obstante en la cuenca baja pueden existir áreas con confinamiento local de la capa freática (acuíferos colgados).

- La recarga considero los procesos naturales y antrópicos tales como pérdidas en red de agua potable, cloacas y desagües pluviales, filtraciones de pozos negros, extracción por bombas depresoras, extracciones de industrias y de uso domestico. La estimación de la recarga para el modelo contiene un importe análisis previo que se resume en: la zonificación y el calculo de la función de tiempo asociada a cada componente. A pesar del análisis minucioso no se puede asegurar que se hayan tenido en cuenta todo los elementos que controlan, condicionan o modifican la recarga, menos aún que el inicio de los procesos antrópicos se respeten adecuadamente.

- En relación a las extracciones desde el acuífero Puelches, se obtuvo información para los bombeos de grandes industrias desde 1980 y de la empresa AySA a partir de 1999. No se tuvo acceso a información de los períodos anteriores, por lo que se asumió una extracción nula. Es necesario obtener mayor informacion de las explotaciones para abastecimiento urbano en las áreas fuera de los limites de la concesión de AySA y de las industrias que explotan el Puelches.

- En los tres escenarios modelados la relación entre los cursos superficiales (río y arroyos) y el acuífero freático ha sido tratada de la misma forma. Sin embargo, los errores en varios de los piezómetros ubicados en las cercanías de los cursos han advertido como condicionan los flujos de agua y las propiedades de las formaciones (conductividad hidráulica). Es fundamental tener en cuenta que para mejorar la reproducción de la interaccion se requiere disponer de mayor información de los cursos superficiales, tal como las cotas de los ríos. Asimismo, para poder validar las descargas de flujo base calculados por los modelos es necesario disponer de datos de caudales en diferentes tramos.

- En los escenarios modelados el flujo que ingresa por el borde oeste del área modelada influye escasamente en los resultados, a pesar de esto seria interesante reducir la incertidumbre de su comportamiento.

- La descarga al Río de La Plata, tanto desde el acuífero freático como del acuífero Puelches, se debe trabajar con mayor detalle por lo que seria conveniente disponer de estimaciones de las descargas.

- Las medidas observadas en los piezómetros de la red de monitoreo de ACUMAR permiten validar el modelo numerico durante el período del que se dispone de datos (2008 a la actualidad). Aun asi, seria interesante disponer de un mayor número de medidas. La distribución de los piezómetros en la zona de estudio es importante, pero seria necesario disponer de doble

piezómetros en sectores próximos a los ríos Matanza-Riachuelo, zona costera del Río de La Plata y en zonas externas a la cuenca hidrológica superficial del río Matanza-Riachuelo.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que surgen de la modelación conceptual y numérica del flujo de agua subterránea de la Cuenca del Río Matanza-Riachuelo.

8.1. Conclusiones

- La geología del área de estudio está constituida por depósitos sedimentarios, preferentemente continentales, intercalados con depósitos marinos que se asientan sobre el antiguo basamento cristalino. Con base en el tratamiento de la información geológica se definió regionalmente la geometría y la zonificación del sistema.

- Mediante el tratamiento e identificación de los elementos que condicionan el movimiento del flujo (recargas, descargas),se definió el modelo conceptual de funcionamiento del sistema acuífero. En él se identifica que el flujo subterráneo regional presenta una dirección predominante sudoeste – noreste, mientras el acuífero freáticoestá fuertemente condicionado por los cuerpos de agua superficial.

- El dominio del modelo numérico es el Río de La Plata al NE, el Río Reconquista al NW, al SE el limite inicia en el Arroyo Conchitay luego continua por una línea imaginaria perpendicular a la costa, y al SW el límite corresponde a una línea de isopieza paralela a la costa. La superficie total modelada es de 4498 km^2.

- El modelo numérico desarrollado es bicapa o multicapa, compuesto por 17262 elementos triangulares, 3416 elementos unidimensionales y 7115 nudos. La primera capa o capa superior simula al acuífero freático y la segunda capa simula al acuífero Puelches, los elementos unidimensionales reproducen el acuitardo. Temporalmente el flujo está resuelto en forma transitoria para el período enero 1906 a diciembre 2011, con paso de tiempo anual desde el inicio hasta el año 1990 y luego continua hasta el final de la modelación con paso mensual. De esta forma se totalizan 349 intervalos de tiempo.

- La estructura del modelo numérico está compuesta por 8 zonas de conductividad hidráulica, 3 zonas de coeficiente de almacenamiento y 76 zonas de recarga, todas ellas definidas sobre elementos. Asociadas a los nudos existen 44 zonas de nivel fijo, 60 zonas de caudal fijo y 43 zonas de goteo o mixtas.

- El cálculo de la recarga se desarrolló teniendo en cuenta la evolución espacio – temporal de la transformación de la zona rural en urbana, adaptando una formulación matemática para evaluar la recarga urbana a través de componentes de origen natural y antrópico. Esta formulación incluye las pérdidas de las redes de agua, saneamiento y conductos pluviales, la recarga por excesos,

escurrimiento superficial y acumulación, y las filtraciones de pozos sépticos. La variabilidad espacial de la cobertura sanitaria se implementó en función de la cobertura de servicios de agua y cloacas.

- Se proponen tres conjuntos de parámetros que reproducen diferentes escenarios y que surgen de tratar el acuitardo con diferente aptitud hidráulica o transmisiva. La modelación de diferentes escenarios con resultados aparentemente comparables, podría estar indicando la necesidad de incorporar mayor detalle al modelo geológico-estructural e hidrogeológico.

- Los resultados obtenidos para los tres escenarios se consideran satisfactorios, ya que reproducen adecuadamente los niveles observados, los parámetros estimados y el balance de masas.

- La piezometría y los gradientes hidráulicos simulados resultan en general similares a los observados.

- Los valores de conductividad hidráulica calculados por el modelo tienden a estar en el orden de magnitud de los medidos, salvo algunas zonas donde son mayores que los esperados debido a una definición poco detallada de la geología local del subsuelo.

- Las simulaciones indican que los tramos de los cursos superficiales son vías de descarga del acuífero, por ello es preciso mejorar el conocimiento de la interacción agua superficial-subterránea para reproducirla con mayor certidumbre.

- La hipótesis de flujos descendentes en el período 1980 hasta la actualidad ha sido reproducida. La hipótesis de flujos ascendente anterior a los años 70 se ha podido reproducir al bajar la conductividad vertical del acuitardo, sin embargo no fue posible validarla debido a que no se dispuso de información piezométrica para ese periodo.

- El término dominante del balance de masa es la recarga. La descarga hacia los ríos y arroyos se estima entre el 68 y 87 % de la recarga. En cambio las descargas al Río de La Plata están en el orden del 18 al 20 % de la recarga.

- Los efectos del incremento de la explotación del sistema acuífero son evidentes e inmediatos en sitios cercanos al bombeo. Es importante conocer los bombeos de las grandes industrias y para abastecimiento a la población en los partidos no suministrados por AySA, así como disponer de la información de los bombeos anteriores a 1980.

8.2. Recomendaciones

Los resultados obtenidos en la modelación del flujo subterráneo en el área de la Cuenca Matanza Riachuelo, son satisfactorios; sin embargo se presentan algunas observaciones generales acerca de los aspectos que se requiere abordar para aumentar la certidumbre del modelo:

- ✓ Incorporar información geológicarelacionada con el desarrollo de los depósitos continentales y marinos ocurridos en distintos momentos de la historia geológica de la región, de tal manera de representar con mayor fidelidad la heterogeneidad de las formaciones. Incorporar los efectos de los eventos tectónicos en losdepósitossedimentarios y obtener información de las condiciones ambientales durante los procesos de sedimentación que condicionan la composición de los sedimentos.

- ✓ Realizar perforaciones de estudio con testigo continuo para análisis de la granulometría y mineralogía de las formaciones. Se recomienda realizar al menos una perforación a la Formación Paraná a efectos de conocer sus características y los posibles efectos en el acuífero Puelches, y a la vez obtener un punto de monitoreo permanente.

- ✓ Estudiar la interacción agua superficial – agua subterránea para lo cual se requerirá la construcción de pozos en las márgenes de los cursos de mayor relevancia, a fin de obtener información clave para aplicar diferentes métodos de estudio (hidráulicos, químicos e isotópicos).

- ✓ Evaluar las condiciones del sistema subterráneo fuera de los límites de la cuenca superficial, en especial en la parte alta de la cuenca, para lo cual se requerirá la construcción de perforaciones para la obtención de información.

- ✓ Estudiar el efecto que tiene en ambos acuíferos el ingreso de agua del Río de La Plata en el Río Matanza-Riachuelo empleando metodologías disponibles, tal como el análisis de variación de baja frecuencia de los niveles observados enpequeños intervalos de tiempo.

- ✓ Obtener mayor información de bombeos en los acuíferos freático y Puelches; en especial los correspondientes a las extracciones de industrias, abastecimiento a la población en sectores no suministrados por AySA, extracción por bombas depresoras, así como información de bombeos previos a 1980.

- ✓ Evaluarel efecto de las obras y estructuras en el movimiento del flujo subterráneo, fundamentalmente en el acuífero freático.

- ✓ Incorporar la información de hidroquimica y volúmenes locales de agua al modelo conceptual de funcionamiento.

- ✓ Implementar el modelo de transporte de soluto para integrar la información de calidad y como herramienta de validación del comportamiento del sistema acuífero en el área de la Cuenca Matanza-Riachuelo.

9. BIBLIOGRAFÍA

Abbott MB, Bathurst JC, Cunge JA, O'Connell, Rasmussen, 1986a. An introduction to the European hydrological system - Système Hydrologique Européen, SHE, 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system". Journal of Hydrology, 87: 45-59.

Abbott MB, Bathurst JC, Cunge JA, O'Connell, Rasmussen, 1986b. An introduction to the European hydrological system - Système Hydrologique Europeen, SHE, 2: Structure of a physically-based, distributed modelling system. Journal of Hydrology, 87: 61-77.

Aceñolaza, F.G. 2000. La Formación Paraná (Mioceno medio): estratigrafia, distribución regional y unidades equivalentes. En: Aceñolaza, F.G. y Herbst. R (Eds) El Neógeno de la Argentina. Serie Correlación Geológica, 14: 9-27. ISSN 1514-4186.

Ameghino, F., 1881. La Formación Pampeana o estudio sobre los terrenos de transporte de la cuenca del Plata., G. Masson. Paris, pp.376.

Ameghino F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, T. 6.

Ameghino F., 1908. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 3: 343-428.

Artaza, E., 1942. Cuaderno Nº6. Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Sanitarias. En: Cavallotto, J. L., 1995. Evolución geomorfológica de la llanura costera ubicada en el margen sur del río de la Plata. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. (inédita) .

Atlas Ambiental de Buenos Aires - http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar.

Auge, M. y Hernández, M., 1983. Características geohidrológicas del acuífero semiconfinado (puelche) en la llanura bonaerense. Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras (CNPHI). Actas 2. *Olavarría.*

Auge M., Hernámdez M. y Hernández L., 2002. Actualización del conocimiento del Acuífero semiconfinado Puelche en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. XXXII IAH & VI ALHSUD Congress. Actas: 629-633. Mar del Plata. Argentina.

Auge M., 2004. Hidrogeología de la ciudad de Buenos Aires. Facultad de ciencias exactas y naturales. UBA.

AySA, 2010. Informe anual 2010. 5to año de concesión 3191 pp

Benjamin J. Y Cornella A, 1970. Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers. McGraw Hill, Inc. USA.

Bitesnik H., 1987. Hidrología del área de deposición de residuos radiactivos del centro atómico Ezeiza. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas. INCYTH.

Bocanegra E, 2010. Desarrollo de herramientas hidrogeoquímicas y numéricas aplicadas a la evaluación de la explotación del Acuífero de Mar del Plata. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Mar del Plata. 119 p.

Cavallotto, J. L., 1995. Evolución geomorfológica de la llanura costera ubicada en el margen sur del río de la Plata. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. (inédita)

Carrera J. and Neuman S.P., 1986. Estimation of aquifer parameters under transient and steady-state conditions, Maximum likelihood method incorporating prior information. Water Resour. Res., 22(2), 199-210.

Cortelezzi, C. y J. Lerman, 1971. Estudios de las formaciones marinas de la costa de la prov. de Buenos Aires. LEMIT, serie II, 178: 133-164.

Dangavs, N. y Blasi, A. 1995. El Lujanense y Platense (sensu Ameghino) en el Río Luján, Luján, provincia de Buenos Aires. 4° Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Actas 1: 109-117, Junín.

Danish Hydraulic Institute DHI, 1998. MIKE SHE Water Movement – User Guide and Technical Reference Manual. Edition 1.1.

De Francesco, F.O. 1992 Estratigrafía del Cenozoico en el flanco occidental de las Sierras de Curamalal. Sierras Australes Bonaerenses. 3° Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas: 3-12, La Plata.

De Salvo, O., Ceci, J. y Dillon, A. 1969. Características geológicas de los depósitos eólicos del Pleistoceno Superior de Junín (Provincia de Buenos Aires). 4º Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 1: 269-292, Buenos Aires.

Di Micco, M., 1990. Estudio de los depósitos pertenecientes AL Pleistoceno tardío y Holoceno, presentes en La zona de Ezeiza. Partido de Esteban Echeverría. Provincia de Buenos Aires. Tesis de licenciatura. UBA. (Inédita)

Doering, A., 1882. Informe oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia). Geología 3: 300-530. Buenos Aires.

EASNE, 1973. Contribución al estudio geohidrológico del noreste de la provincia de Buenos Aires. C.F.I. Serie técnica 24, Buenos Aires.

EVARSA, 2011a. Proyecto desarrollo sustentable – cuenca matanza riachuelo –préstamo BIRF7706-AR. Item I V. Aforos en la Rectificación – Octubre.

EVARSA, 2011b. Proyecto desarrollo sustentable – cuenca matanza riachuelo – préstamo birf 7706-AR. Ítem II: Aforos Líquidos Periódicos-Noviembre 2011.

EVARSA, 2011c. Proyecto desarrollo sustentable – cuenca matanza riachuelo – préstamo birf 7706-AR" Ítem II: Aforos Líquidos Periódicos-Diciembre 2011.

Fidalgo F., Colado, U.R. y De Francesco F.O., 1973a. Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los Partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena (Pcia. de Buenos Aires). Actas del 5 Congreso Geológico Argentino, (4): 227-239.

Fidalgo, F., De Francesco, F. y Colado, V., 1973b. Geología superficial de las hojas Castelli, J. M. Cobo y Monasterio (Argentina). 5º Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 27-39.

Fidalgo, F., De Francesco, F.O. y Pascual, R. 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense (Argentina). Geología de la Provincia de Bue- nos Aires. 6° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 103-138, Bahía Blanca.

Fili M.F., Diaz E. L. y Dalla Costa O. A., 1999. Modelo hidrogeológico conceptual de la relación entre los acuíferos Pampeano y Puelche en un sector del sur de la provincia de Santa Fé. República Argentina. II Congreso Argentino de Hidrología. Serie de correlación geológica Nº 13:99-106.

Frenguelli, J. 1950. Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires 2: 33. LEMIT, La Plata.

Frenguelli, J. 1957 Neozoico. En Geografía de la República Argentina. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, 2(3): 1-115, Buenos Aires.

Fucks E. y Deschamps C. M., 2008. Depósitos continentales cuaternarios en el noreste de la provincia de buenos aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 63 (3): 326 – 343.

Fucks, E., Aguirre, M. y Deschamps, C.M. 2005. Late Quaternary continental and marine sedi- ments at northeastern bonaerensian area (Argentina): fossil content and palaeoenvironmental interpretation. Journal of South American Earth Sciences 20(1-2): 45-56.

González Bonorino, F. 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del pampeano en el área de la Ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 20 (1): 67-148.

Groeber, P., 1945. Las aguas surgentes y semisurgentes del norte de la provincia de Buenos aires. Revista del centro argentino de ingenieros "La ingeniería Nº848. Buenos Aires, 371-383.

Herrero, A.C., Fernández, L., 2008. De los ríos no me río: diagnóstico y reflexión sobre las Cuencas Metropolitanas. – 1ª ed. – Buenos Aires. Temas Grupo Editorial.

Hidroar S.A., 2009. Estudio hidrogeológico para suplementar caudal en el curso matanza-riachuelo. AySA.

IATASA, 2008. Contratación de obras de conocimiento Topo-Batimétrico de la cuenca hídrica Matanza Riachuelo. Licitación Pública Nacional N| 01/2008

Iriondo, M., 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral, N°11 pág.: 125- 141.

Iriondo, M. 1987. Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fé. D´Orbignyana 4: 1-54, Corrientes.

INA, 2010. Balance de Agua Subterránea en la Cuenca Del Matanza-Riachuelo Mediante Modelación Numérica. Instituto Nacional Del Agua Proyecto INA 1.207 Informe LHA 01-1.207-10 Ezeiza. 119 pp.

INA-ETOOS, 2003. Estudio para el diagnostico del ascenso de las aguas subterráneas en el conurbano bonaerense y la ciudad autónoma de Buenos Aires - Etapa I – Informe Final.

Isla, F. 2002. Significado de las inundaciones lujanenses (Pleistoceno final) en la Pampa, Argentina. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 27-48. El Calafate.

Kruse, E., 2007. Estudio para el diagnostico del ascenso de las aguas subterráneas en el conurbano bonaerense y la ciudad autónoma de buenos aires, ACUMAR.

Lerner DN, 1986. Leaking pipes recharge groundwater. Ground Water Journal. 24: 654-662.

Marquardt W., 1963. An algorithm for least squares estimation of non linear parameters. Journal Society Industrial Applied Mathematics, 11 (2): 431-441.

Mauro E.R. y Sánchez J.C., 1999. Acuífero Puelche: Intrusión salina de fondo en San Lorenzo. Modelización y reversión por efecto de barrera. II Congreso Argentino de Hidrología. Serie de correlación geológica Nº 13: 107-116.

Medina A. and Carrera J., 1996. Coupled estimation of flow and solute transport parameters. Water Resour. Res., 32(10), 3063-3076.

Medina A., Galarza G. Y Carrera J., 1996. TRANSIN II. Fortran code for solving the coupled flow and transport inverse problem in saturated conditions. El Berrocal Project. Characterization and validation of natural radionuclide migration processes under real conditions on the fissured granitic environment. European Commission Contract nº FI2W/CT91/0080. Topical Report 16. ENRESA. España.

Menéndez AN, 2008. Modelación matemática de la Cuenca del Matanza-Riachuelo para el estudio de alternativas de saneamiento. Informe Integrador, Comitente: ACuMaR (Autoridad de Cuenca del Matanza Riachuelo). 91 pp.

Menéndez A. N., 2010. Balance de agua subterránea en la cuenca del Matanza-Riachuelo mediante modelación numérica. Instituta Nacional del Agua. Proyecto INA 1.207. Informe LHA 01-1.207-10. 119 pp.

Nabel, P., Pereyra, F. X., 2000. El Paisaje Natural: Bajo las Calles de Buenos Aires. Museo Argentino de Ciencias Naturales, Buenos Aires.

Parker, G. y Violante, R. A., 1990. Geología y geomorfología, regiones I y II: Punta Rasa-Faro Querandí. En: Estudio para la evaluación del recurso hídrico subterráneo de la región costera atlántica. Inf. Final Convenio e cooperación CFI-SHN, II.

Pereyra, F., 2004. Geología urbana del área metropolitana bonaerense y su influencia en la problemática ambiental. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59 (3): 394-410.

Quaíni K, 2011. Análisis Espacio-Temporal De La Cuenca Matanza Riachuelo, Provincia De Buenos Aires. Tesis de maestría AEARTE Universidad Nacional de Córdoba, 28 de julio de 2011. 123 pp.

Rimoldi, H., 2001. Geología y geotecnia de la Ciudad de Buenos Aires. Convenio SEGEMAR-UBA, Serie Contribuciones Técnicas, Ordenamiento Territorial N° 3 - SEGEMAR.

Santa Cruz, J.N., 1972. Estudio sedimetológico de la Formación Puelches en la provincia de Buenos aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, T27, 1:5-62.

Santa Cruz J. N., Silva Busso, A., Amato, S., Guarino, M., Villegas, D., Cernadas, M., 1997. Explotación y Deterioro del Acuífero Puelches en la región metropolitana de la República Argentina, Ingeniería sanitaria y Ambiental N° 31, 34-42.

Schnack, E., Isla, F., De Francesco, F. y Fucks, E. 2005. Estratigrafía del Cuaternario Marino Tardío en la Provincia de Buenos Aires. En De Barrio, R., Etcheverry, R., Caballé, M. y Llambías E. (eds.) Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires, 16° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 159-182, La Plata.

Tapia, A. 1937. Datos Geológicos de Aguas Minerales de la República Argentina. 2 Provincia de Buenos Aires. Ministerio del Interior, Comisión Nacional Climatología y Aguas Minerales, 23-90 p., Buenos Aires.

Tófalo O. R., Etchichury M. C. y Fresina M., 2005. Características texturales y petrofacies de depósitos neógenos, bancalari, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 60 (2): 316-326.

Tricart, J. L. F., 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Colección Científica 12: 1- 202, Buenos Aires.

UNLP, 2009. Estudio de las condiciones hidrogeológicas, capacidad de recarga y de la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca Matanza – Riachuelo. ACUMAR

USDA SCS, 1985. National Engineering Handbook, Section 4. U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC.

Valentin J., 1895. Datos estratigráficos sobre las llanuras argentinas. Apéndice segundo censo nacional, Territorio, 2da parte, Geología, pp. 89-93. Buenos Aires.

Vázquez Suñé E., 2013. Urban Groundwater. Barcelona City Case Study. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. 137 pp. España.

Yrigoyen M. R., 1999. Depósitos Cretácicos y Terciarios de las cuencas del Salado y del Colorado. En: Caminos, R. (ed) Geología Argentina. Anales 29 (21):645-649, Buenos Aires, 1999.

Yrigoyen, M. R., 1993. Morfología y geología de la ciudad de Buenos Aires. Evaluación e incidencia geotécnica. Actas de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Buenos Aires, VII, 7-38.

Yrigoyen, M.R., 1975. Geología del subsuelo y Plataforma Continental. En: Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca 139-168.

Zárate, M. 2005. El Cenozoico tardío continental de la provincia de Buenos Aires. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires (editores R. de Barrio, R. Etcheverry, M. Caballé y E. Llambías) 139-149.

Zavala, C.A. y Quattrocchio, M.E. 2001. Estratigrafía y evolución geológica del río Sauce Grande (Cuaternario), provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56(1): 25-37.

Anexo A

Información de las perforaciones

Nombre de pozo	Nombre Histórico	Longitud	Latitud	X_Este GK WGS84	Y_Norte GK WGS84	Ubicación	Localidad	Partido	Prof. perforado (mbns)	Fecha perforación	Inform. obtenida de	Ejecutor/ Propietario
104	Riachuelo Nº11	-58,454335	-34,700902	5.641.619	6.159.466	Puente de la Noria	Fiorito	Lomas de Zamora	36,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	DGGyM
116	Perforación 2	-58,413887	-34,664874	5.645.388	6.163.406	Puente Alsina	Valentin Alsina	Lanús	357,50	?	Tesis doctoral Cavallotto	DGGyM
117		-58,370657	-34,656354	5.649.366	6.164.288	Cerca del puente Pueyrredon	Avellaneda Centro	Avellaneda	84,00	05/02/1905	Tesis doctoral Cavallotto	s/d
124		-58,194419	-34,765019	5.665.308	6.151.956	Calle 47 Nº1000		Berazategui	59,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	s/d
125	Pozo 10	-58,202780	-34,776654	5.664.519	6.150.678	Av Lavalle y 483 (Brio San José)		Berazategui	69,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	Muni Berazategui
127	Ducilo	-58,306701	-34,751247	5.655.052	6.153.663	?		Berazategui	60,85	?	Tesis doctoral Cavallotto	PARTICULAR
130	Pozo VIII	-58,255084	-34,731960	5.659.817	6.155.722	Cervecería Quilmes		Quilmes	79,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	PARTICULAR
131		-58,163065	-34,787856	5.668.132	6.149.370	?	Hudson	Berazategui	408,60	?	Tesis doctoral Cavallotto	Direc. Hidraulica Bs As
140	Pozo 9	-58,319678	-34,674493	5.654.006	6.162.199	Cinturon ecologico. Zona 2	Villa Dominico	Avellaneda	6,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	TECHINT S.A
141	Perf Nº 4	-58,297721	-34,665715	5.656.035	6.163.139	Estudio 224. Perforacion en el Rio de la plata. Autopista		Rio de la Plata	10,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	Lemit
142	Perf Nº 9	-58,281203	-34,691128	5.657.502	6.160.294	Estudio 224. Perforacion en el Rio de la plata. Autopista		Quilmes	11,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	Lemit
160	P.A.A.1	-58,301679	-34,674686	5.655.656	6.162.150	?	Villa Dominico	Avellaneda	15,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	SYUSA S.A.
162	P.U.A.5	-58,307197	-34,678683	5.655.143	6.161.715	?	Villa Dominico	Avellaneda	20,00	?	Tesis doctoral Cavallotto	SYUSA S.A.
165	MOP15	-58,243688	-34,627069	5.661.064	6.167.342	Canales de entrada Norte y Sur		Rio de la Plata	17,69	1894	Tesis doctoral Cavallotto	D.N.C.P.V.N.
167	MOP5	-58,307538	-34,630908	5.655.200	6.167.016	Canales de entrada Norte y Sur		Rio de la Plata	5,40	1894	Tesis doctoral Cavallotto	D.N.C.P.V.N.
168	MOP1	-58,333759	-34,634049	5.652.790	6.166.707	Canales de entrada Norte y Sur		Rio de la Plata	7,35	1895	Tesis doctoral Cavallotto	D.N.C.P.V.N.
173	MOP61	-58,327714	-34,596890	5.653.413	6.170.821	Canal Norte Km 315		Rio de la Plata	23,50	?	Tesis doctoral Cavallotto	D.N.C.P.V.N.
189	Pozo 5	-58,185451	-34,748882	5.666.161	6.153.731	?		Berazategui	20,00	1962	Tesis doctoral Cavallotto	O.S.N
001F		-58,600333	-35,078139	5.627.661	6.117.810	Ruta 6 – Ex Obrador Decavial		Cañuelas	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
001P		-58,600250	-35,078150	5.627.661	6.117.810	Ruta 6 – Ex Obrador Decavial		Cañuelas	77,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
002F		-58,862000	-35,074139	5.603.797	6.118.560	Ruta 205 km 75,5 - Paraje El Taladro		Cañuelas	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
002P		-58,862050	-35,074100	5.603.784	6.118.560	Ruta 205 km 75,5 - Paraje El Taladro		Cañuelas	88,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
003F		-59,031389	-34,943333	5.588.485	6.133.234	Ruta 40 km 73		Gral. Las Heras	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
003P		-59,031320	-34,943300	5.588.498	6.133.234	Ruta 40 km 73		Gral. Las Heras	90,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
004F		-58,936528	-34,807028	5.597.306	6.148.271	Ruta 6 – Estancia Los Sauces		Marcos Paz	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
004P		-58,936550	-34,807000	5.597.306	6.148.271	Ruta 6 – Estancia Los Sauces		Marcos Paz	68,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
005F		-58,514056	-34,665722	5.636.200	6.163.458	Pagola y General Paz	La Tablada	La Matanza	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
005P		-58,514000	-34,665700	5.636.213	6.163.458	Pagola y General Paz	La Tablada	La Matanza	68,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
006F		-58,352944	-34,653778	5.651.000	6.164.544	Bajada Autopista - Dock Sud	Dock Sud	Avellaneda	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
006P		-58,352904	-34,653750	5.651.000	6.164.557	Bajada Autopista - Dock Sud	Dock Sud	Avellaneda	45,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
007F		-58,395778	-34,748250	5.646.903	6.154.128	Vergara y Medrano - Estación Banfield	Banfield	Lomas de Zamora	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
007P		-58,395758	-34,748220	5.646.903	6.154.128	Vergara y Medrano - Estación Banfield	Banfield	Lomas de Zamora	59,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
008F		-58,387917	-34,850778	5.647.441	6.142.738	Horacio Ascasubi y Gob. Ávila	Longchamps	Almirante Brown	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
008P		-58,387900	-34,850750	5.647.441	6.142.751	Horacio Ascasubi y Gob. Ávila	Longchamps	Almirante Brown	80,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
009F		-58,491539	-34,928720	5.637.826	6.134.246	Ruta 58 - Canning - Barrio La Magdalena	Canning	San Vicente	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
009P		-58,491510	-34,928700	5.637.826	6.134.246	Ruta 58 - Canning - Barrio La Magdalena	Canning	San Vicente	77,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
010F		-58,825250	-34,780111	5.607.535	6.151.144	La Rioja y Viena		Marcos Paz	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
010P		-58,825200	-34,780100	5.607.535	6.151.144	La Rioja y Viena		Marcos Paz	78,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
011F		-58,852861	-34,885500	5.604.872	6.139.479	Ruta 6 – Estancia Santa Ana		Gral. Las Heras	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
011P		-58,852801	-34,885500	5.604.872	6.139.479	Ruta 6 – Estancia Santa Ana		Gral. Las Heras	81,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
012F		-58,748500	-34,993056	5.614.256	6.127.427	Ruta 3 - Est. M'isijos		Cañuelas	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
012P		-58,748500	-34,993006	5.614.256	6.127.427	Ruta 3 - Est. M'isijos		Cañuelas	78,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
013F		-58,696917	-34,902333	5.619.096	6.137.431	Ruta 3 y Calle San Carlos	Virrey del Pino	La Matanza	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
013P		-58,696907	-34,902303	5.619.096	6.137.431	Ruta 3 y Calle San Carlos	Virrey del Pino	La Matanza	74,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
014F		-58,618028	-34,767611	5.626.521	6.152.280	Ruta 3, km 30	Gonzalez Catán	La Matanza	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
014P		-58,618000	-34,767600	5.626.521	6.152.280	Ruta 3, km 30	Gonzalez Catán	La Matanza	63,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
015F		-58,511139	-34,823417	5.636.213	6.145.948	Av. V. Fair y Au. Ezeiza - Cañuelas (rotonda - Escuela Penitenciaría)		Ezeiza	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
015P		-58,511100	-34,823400	5.636.213	6.145.948	Av. V. Fair y Au. Ezeiza - Cañuelas (rotonda - Escuela Penitenciaría)		Ezeiza	58,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
016F		-58,653882	-34,844273	5.623.116	6.143.825	Ruta 3 - Barrio Cerrado		La Matanza	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
016P	Pozo Nº1	-58,419956	-35,039892	5.644.176	6.121.806	Libertad y Colombres (pueblo de la Paz)		San Vicente	77,00	mar-98	ACUMAR	Muni de San Vicente
017F		-58,690528	-35,074639	5.619.429	6.118.310	Ruta 6 a 7km de Cañuelas	Cañuelas	Cañuelas	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
017P		-58,690500	-35,074600	5.619.441	6.118.310	Ruta 6, Km55	Cañuelas	Cañuelas	86,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
018F		-58,792139	-34,988472	5.610.288	6.127.989	Ruta 6 - Estancia El Tero	Cañuelas	Cañuelas	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
018P		-58,792100	-34,988500	5.610.288	6.127.977	Ruta 6, Km70	Cañuelas	Cañuelas	89,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
019F		-58,929139	-34,906778	5.597.869	6.137.193	Ruta 40	Las Heras	Gral. Las Heras	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
019P		-58,929150	-34,906650	5.597.869	6.137.206	Ruta 200, sector rural	Las Heras	Las Heras	90,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
020F		-58,774083	-34,829000	5.612.144	6.145.661	calle Dagnillo a 200 mts Aº Morales		Marcos Paz	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
021F		-58,679833	-34,759750	5.620.875	6.153.229	Alsina y Zabala	Pontevedra	Merlo	15,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
021P		-58,679840	-34,759790	5.620.875	6.153.229	Alsina y Zabala	Pontevedra	Merlo	70,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
022F		-58,549361	-34,979667	5.632.462	6.128.663	Estancia La Luz María. Antigua R52		San Vicente	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
023F		-58,646528	-34,930556	5.623.666	6.134.246	Autopista Ezeiza-Cañuelas km 49,5		Cañuelas	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
024F		-58,573278	-34,865750	5.630.464	6.141.340	Autopista Ezeiza-Cañuelas km 39,5		Ezeiza	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR

Tabla A.1. Información general

Nombre de pozo	Nombre Histórico	Longitud	Latitud	X_Este GK WGS84	Y_Norte GK WGS84	Ubicación	Localidad	Partido	Prof. perforado (mbns)	Fecha perforación	Inform. obtenida de	Ejecutor/ Propietario
025F		-58,434667	-34,907361	5.643.062	6.136.531	Ex Ruta 16. La Lata		Pte. Perón	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
026F		-58,587263	-34,708900	5.629.427	6.158.762	Ruta 3 - San Martín de Rosas 7979	Isidro Casanova	La Matanza	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
027F		-58,520083	-34,737056	5.635.534	6.155.540	Autopista Richieri y Gendarmería		La Matanza	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
028F		-58,447972	-34,794250	5.642.038	6.149.095	Ruta Tradición y Calle Rettes	Luis Guillón.	Esteban Echeverria	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
029F		-58,427417	-34,683056	5.644.112	6.161.410	Itapirú y Emilio Castro	Villa Diamante	Lanús	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
030F		-58,999528	-35,002139	5.591.327	6.126.678	Estación Speratti - Escuela Nº 5 B. Rivadavia.	Estacion Esperatti	Gral. Las Heras	20,00	dic07-abr08	ACUMAR	ACUMAR
030P		-58,999500	-35,002100	5.591.327	6.126.678	Ruta 48, sector rural	Estacion Esperatti	Las Heras	85,00	nov-11	ACUMAR	ACUMAR
031F		-58,653882	-34,844273	5.652.229	6.162.846	Morse y colectora autopista BsAs-La Plata. Arenera Dock Sud		Avellaneda	4,00	19/11/2010	ACUMAR	ACUMAR
032F		-58,677450	-34,854450	5.620.952	6.142.726	Ciudadela e/Querandíes y Fragueiro	Virrey del Pino	La Matanza	16,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
032P		-58,677500	-34,854500	5.620.939	6.142.714	Ciudadela e/Querandíes y Fragueiro	Virrey del Pino	La Matanza	76,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
033F		-58,380775	-34,658511	5.648.439	6.164.070	Club de regatas de avellaneda	Avellaneda Centro	Avellaneda	14,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
033P		-58,380750	-34,658400	5.648.439	6.164.082	Club de regatas de avellaneda	Avellaneda Centro	Avellaneda	49,00	dic-11	ACUMAR	ACUMAR
072-58		-58,733167	-34,697349	5.616.074	6.160.218	Predio Parque San Martin. Calle 12 de Febrereoe/ A. del Valle y Flemming	Merlo	Merlo	73,00	22/11/2007	Baldoni e hijos	ABSA
072-59		-58,709435	-34,699711	5.618.246	6.159.928	Gabriela Mistral e/ Alpatacal y Paso de los Patos	Parque San Martin	Merlo	72,00	21/12/2007	Baldoni e hijos	ABSA
072-61		-58,703883	-34,667283	5.618.801	6.163.519	Roque Saenz Peña e/ Italia y Av. JD Peron	San Antonio de Padua	Merlo	64,00	abr-08	Baldoni e hijos	ABSA
AB056		-58,398723	-34,819682	5.646.504	6.146.208	Arenales 336 e/Soler y Tiglio	Adrogue	Almirante Brown	76,00	?	HIDROAR	AySA
AB060		-58,406359	-34,810838	5.645.821	6.147.200	Tiglio 298 e/ Policastro y Boga	Adrogue sur	Almirante Brown	72,00	?	HIDROAR	O.S.N
AB714		-58,366410	-34,804654	5.649.488	6.147.828	Azopardo y Saenz Peña	Rafael Calzada	Almirante Brown	69,00	feb-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
AB715		-58,380056	-34,885518	5.648.094	6.138.876	33 Orientales, Lavalleja y Mazzini	Glew	Almirante Brown	78,00	feb-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
AB716		-58,379503	-34,832773	5.648.239	6.144.727	Oncativo y Canimo de Quiroga	Burzaco	Almirante Brown	78,00	ene-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
AV701		-58,351541	-34,683382	5.651.070	6.161.261	Almte. Solier 2800 y Suspiche	Sarandi	Avellaneda	47,00	ene-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
AVELLANEDA02	POZO 2	-58,336371	-34,718361	5.652.396	6.157.357	Gral Cadorna á 436,4 m de Gral Belgrano	Wilde	Avellaneda	47,00	12/05/1954	Biblioteca AySA	O.S.N
AVELLANEDA05	POZO 5	-58,318098	-34,712665	5.654.080	6.157.961	Lynch y calle S/N	Wilde	Avellaneda	51,90	18/11/1960	Biblioteca AySA	O.S.N
AVELLANEDA22	Avellaneda N2	-58,354315	-34,640925	5.650.892	6.165.976	Al sur del puente Avellaneba	Dock Sud	Avellaneda	35,90	18/07/1941	SEGEMAR	DGGyM
BROWN12	POZO 12	-58,388691	-34,805321	5.647.448	6.147.787	Avda Espora y Jorge	Adrogue	Almirante Brown	69,70	18/05/1955	Biblioteca AySA	O.S.N
BROWN12b	pozo 12	-58,344049	-34,767501	5.651.603	6.151.916	Amenedo y Santa Ana	San Jose	Almirante Brown	61,00	17/12/1954	Biblioteca AySA	O.S.N
BROWN19	POZO 19	-58,364053	-34,797718	5.649.716	6.148.594	Rep Argentina y Luna á 8,50 m al NE Pozo 8	Rafael Calzada	Almirante Brown	65,00	10/01/1973	Biblioteca AySA	O.S.N
BROWN53	POZO 53	-58,371496	-34,821376	5.648.993	6.145.980	Montiel y Alcorta	Burzaco	Almirante Brown	70,27	08/05/1989	Biblioteca AySA	O.S.N
BROWN75	pozo 75	-58,325128	-34,801790	5.653.271	6.148.083	Agrelo y Monteverde	Claypole	Almirante Brown	71,50	11/04/1973	Biblioteca AySA	O.S.N
BROWN96	POZO 96	-58,366121	-34,777843	5.649.563	6.150.802	C Bernardi y M Arín	Marnol	Almirante Brown	62,50	11/05/1985	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA1009	POZO 1	-58,381969	-34,638100	5.648.361	6.166.330	Hospicio de las Mercedes	Barracas	CABA	86,90	23/09/1947	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA107	POZO D	-58,512015	-34,636517	5.636.439	6.166.690	Talleres de Liniers	Liniers	CABA	62,00	26/06/1947	SEGEMAR	F.N.D.F. Sarmiento
CABA120	SONDEO 246	-58,432076	-34,605191	5.643.823	6.170.054	Flankin y Ramos Mejía	Caballito	CABA	29,70	13/04/1938	SEGEMAR	PARTICULAR
CABA128	POZO 1	-58,378212	-34,600061	5.648.774	6.170.545	Esmeralda N 617 y viamonte	San Nicolas	CABA	52,80	1960	SEGEMAR	PARTICULAR
CABA130	POZO 1	-58,415035	-34,597868	5.645.399	6.170.842	Córdoba 3431	Recoleta	CABA	47,00	ago-58	SEGEMAR	PARTICULAR
CABA135	POZO 1	-58,502700	-34,653358	5.637.265	6.164.808	Calle Bragado N 5928	Mataderos	CABA	43,70	abr-60	SEGEMAR	PARTICULAR
CABA139	POZO1 1	-58,467188	-34,598949	5.640.613	6.170.796	Maturin y Alvarez Jonte	Paternal	CABA	46,06	dic-60	SEGEMAR	PARTICULAR
CABA141	POZO 2	-58,365118	-34,634290	5.649.914	6.166.728	Aristobulo del Valle e Iberlucea (CABJ)	La Boca	CABA	47,73	1961	SEGEMAR	F.N.G.Roca
CABA142		-58,403993	-34,624028	5.646.367	6.167.924	Av. San Juan 2842 y Catamarca	San Cristobal	CABA	57,12	14/05/1905	SEGEMAR	PARTICULAR
CABA146	V-L-3	-58,400867	-34,603452	5.646.690	6.170.202	Azcuénaga y Lavalle	Balvanera	CABA	130,00	?	SEGEMAR	Gas del Estado
CABA2273	POZO 1	-58,389563	-34,659678	5.647.627	6.163.947	Lafayette y Ascasubi (Talleres Tarditi)	Barracas	CABA	49,60	13/06/1952	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA2362	POZO 1 bis	-58,427593	-34,553268	5.644.324	6.175.808	Balneario Núñez	Palermo	CABA	269,08	13/12/1949	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA3199	POZO 3	-58,401336	-34,644797	5.646.574	6.165.615	Usina Gas del Estado (Corrales)	Parque Patricios	CABA	89,60	28/11/1958	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA4394	POZO 1	-58,455303	-34,686686	5.641.554	6.161.045	Parque Almirante Brown (Larrazabal y calle interna)	Villa Riachuelo	CABA	106,60	26/01/1968	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA4425	POZO 1	-58,489019	-34,680172	5.638.475	6.161.815	Barrio Cte Piedrabuena-Av Castañares e/ Gral Paz y Av Piedrabuena	Lugano	CABA	65,10	04/03/1968	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA4724	POZO 24	-58,475433	-34,687955	5.639.707	6.160.932	Av. Gral Fernandez de la Cruz e/ Guaminí y Piedrabuena (Plaza Sudamérica)	Villa Riachuelo	CABA	55,40	15/04/1970	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA4958	POZO 9	-58,455656	-34,632983	5.641.613	6.167.004	Parque Avellaneda-Plaza de la Misericordia, F Bilbao y	Flores	CABA	63,00	04/01/1971	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA5089	POZO19	-58,484392	-34,647625	5.638.953	6.165.419	Parque Avellaneda-Plazoleta, Av Olivera, Mozart y Tandil	Parque Avellaneda	CABA	63,50	13/09/1971	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA5822	POZO 1	-58,446010	-34,547440	5.642.644	6.176.481	Club OSN-Av Alcorta y L Basavilbaso	Retiro	CABA	41,00	15/01/1987	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA597	POZO 1	-58,448017	-34,648564	5.642.287	6.165.264	Taller de Flores (OSN) Varela y Av. Castanares	Flores	CABA	61,25	25/07/1944	Biblioteca AySA	O.S.N
CABA6289	POZO 2	-58,426119	-34,635005	5.644.318	6.166.738	A Díaz e/ Av La Plata y Senillosa	Parque Chacabuco	CABA	67,50	01/11/1975	Biblioteca AySA	Bco. HIPOTECARIO
Chacarita01	Chacarita N1	-58,481485	-34,596191	5.639.306	6.171.122	Chacarita - Facultad Agronomia	Agronomia	CABA	49,40	20/03/1905	SEGEMAR	DGMyG
DocSud05	Dock Sud Nº5	-58,351258	-34,637192	5.651.179	6.166.385	Sobre nuevo camino a La Plata	Dock Sud	Avellaneda	35,25	04/06/1941	SEGEMAR	DGGyM
EE001	Pozo N1	-58,468065	-34,813813	5.640.169	6.146.958	Luis Guillón á 19,50 m de Gral Las Heras	Monte Grande	Esteban Echeverria	65,80	09/07/1965	Dir. Planificacion AySA	O.S.N
EE004		-58,457292	-34,827992	5.641.131	6.145.370	Chacabuco 105 e/Las Heras y Rodriguez	Monte Grande	Esteban Echeverria	71,60	?	HIDROAR	AySA
EE005		-58,467832	-34,830591	5.640.162	6.145.096	Terrosa y Colon	Monte Grande	Esteban Echeverria	67,40	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
EE029		-58,443856	-34,856523	5.642.311	6.142.185	Lavalle	Monte Grande	Esteban Echeverria	76,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
EE033		-58,431097	-34,874039	5.643.448	6.140.224	Lavalle 6751 e/ Guido y Torquins	Monte Grande	Esteban Echeverria	72,00	?	HIDROAR	AySA
EE036		-58,453697	-34,865696	5.641.395	6.141.182	Ventura Avila 4900 y Maipu	Monte Grande	Esteban Echeverria	68,50	?	HIDROAR	AySA
EE038		-58,521579	-34,799935	5.635.295	6.148.571	Morillas s/n	Barrio 1	Ezeiza	56,00	?	HIDROAR	AySA

Tabla A.1. Información general (continuación)

Nombre de pozo	Nombre Histórico	Longitud	Latitud	X_Este GK WGS84	Y_Norte GK WGS84	Ubicación	Localidad	Partido	Prof. perforado (mbns)	Fecha perforación	Inform. obtenida de	Ejecutor/ Propietario
EE039	NP1	-58,524968	-34,795033	5.634.993	6.149.120	Tte. Grl Morillas s/n Y Andrade		Ezeiza	58,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
EE041		-58,446385	-34,875881	5.642.047	6.140.041	Avila y Juana de Arco	Monte Grande	Esteban Echeverria	75,00	14/08/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
EE047	SL010	-58,469047	-34,877981	5.639.971	6.139.840	Martin Fierro 1400	Canning	Esteban Echeverria	74,00	2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
EE705		-58,490842	-34,765432	5.638.166	6.152.358	Magallanes y Salta	9 de Abril	Esteban Echeverria	58,00	feb-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
EE710		-58,589437	-34,919383	5.628.898	6.135.408	Montes de Oca y Sarmiento	Spegazzini	Ezeiza	71,00	feb-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
EE711		-58,574534	-34,901768	5.630.288	6.137.343	Gaboto (Guemes) y Caracas	Spegazzini	Ezeiza	80,00	ene-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
EE713		-58,532265	-34,866479	5.634.209	6.141.203	Lavalle y Santa Ursula	La unión	Ezeiza	78,00	feb-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
EEN022		-58,488932	-34,784124	5.638.310	6.150.281	Sansinena y Vernet	9 de Abril	Esteban Echeverria	65,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
EEN026		-58,480083	-34,797063	5.639.098	6.148.833	M. Alegre y Urquiza	9 de Abril	Esteban Echeverria	58,00	feb-07	Baldoni e hijos	AySA
EEN032		-58,496005	-34,812232	5.637.615	6.147.172	Isla Trinidad a 7 m de calle Fair	Monte Grande	Esteban Echeverria	51,00	dic-09	Dir. Planificacion AySA	AySA
EEN034	SA21	-58,446053	-34,801642	5.642.205	6.148.278	Tte A. Grande a 24 mts de vias del Roca	Luis Guillón.	Esteban Echeverria	67,00	06/04/2009	Baldoni e hijos	AySA
EES001		-58,581339	-34,925782	5.629.628	6.134.688	25 de Mayo 2371	Spegazzini	Ezeiza	72,20	?	HIDROAR	AySA
EEU002		-58,521297	-34,873017	5.635.202	6.140.463	San Bernardo 980 e/ Balcarse y P. Moreno	La unión	Ezeiza	76,00	?	HIDROAR	AySA
EEU003	SU02	-58,520137	-34,899270	5.635.265	6.137.548	Los Robles a 700 mts de calle El Grillo	Canning	Ezeiza	67,00	nov-07	Dir. Planificacion AySA	AySA
EEU005	SU011	-58,499316	-34,860267	5.637.233	6.141.847	Sto Cabral a 200 mts de Av Lacarra	Canning	Esteban Echeverria	81,50	26/11/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
EEU008	SU014	-58,485201	-34,879677	5.638.491	6.139.674	Sargento Cabral a 2300 mts de Av Lacara	Canning	Esteban Echeverria	78,00	nov-07	Baldoni e hijos	AySA
EEZ001	POZO 1	-58,589980	-34,819297	5.629.005	6.146.513	Rio Bermejo Y Rio Gualeguay		Ezeiza	59,00	mar-08	Dir. Planificacion AySA	AySA
EEZ004	SE024	-58,556923	-34,872004	5.631.946	6.140.622	Los Campeones a 2.30 mts de Raul Riganti	Canning	Ezeiza	68,00	20/04/2009	Dir. Planificacion AySA	AySA
Est. Fiorito		-58,440306	-34,706266	5.642.895	6.158.851	Estación de tren Fiorito	Fiorito	Lomas de Zamora	99,00	11/01/1916	HIDROAR	s/d
EZEIZA01	Perforacion 1	-58,530702	-34,803510	5.634.455	6.148.187	Campo Los Hangares		Ezeiza	62,37	08/04/1949	Biblioteca AySA	O.S.N
EZEIZA02	POZO 1	-58,549913	-34,786238	5.632.724	6.150.129	Lago Artificial		Ezeiza	57,05	05/06/1962	Biblioteca AySA	O.S.N
EZEIZA03	POZO 1	-58,545287	-34,773589	5.633.168	6.151.526	Campamento La Paloma		Ezeiza	51,00	ago-63	Biblioteca AySA	PARTICULAR
EZEIZA04	PERFORACION 8	-58,556549	-34,762515	5.632.155	6.152.770	Balneario N1 á 75 m de Pileta 3		Ezeiza	195,40	06/09/1948	Biblioteca AySA	O.S.N
EZEIZA05	POZO 1	-58,542293	-34,765781	5.633.455	6.152.389	Sargento Ayudante Torletti		Ezeiza	43,00	13/12/1949	Biblioteca AySA	O.S.N
FEBRERO44		-58,569711	-34,621200	5.631.172	6.168.465	Gral. Villegas y Fernandez de Oliveiras	Caseros	Tres de Febrero	73,60	30/09/1993	Biblioteca AySA	O.S.N
HERAS01		-58,949833	-34,919639	5.595.963	6.135.785	a 340 m de Ruta provincial 200	Las Heras	Gral. Las Heras	99,00	2006	ACUMAR	Muni de Las Heras
IslaMaciel03	Isla Maciel N3	-58,352779	-34,644076	5.651.027	6.165.624	Isla Maciel	Dock Sud	Avellaneda	40,10	21/05/1941	INA	DGGyM
LA702		-58,392321	-34,685870	5.647.328	6.161.045	Jujuy y J. D. Perón	Gerli	Lanús	55,00	ene-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
LANUS18	POZO 18	-58,396682	-34,677263	5.646.943	6.162.007	Humberto Primo á 25,50 m de Rep Argentina	Gerli	Lanús	69,50	10/11/1970	Biblioteca AySA	O.S.N
LANUS27	POZO 27	-58,380261	-34,689548	5.648.426	6.160.619	Lacarra y Bustamante	Gerli	Lanús	45,50	07/03/1950	Biblioteca AySA	O.S.N
LANUS28		-58,370531	-34,711394	5.649.279	6.158.181	Villa Lujan y Juncal	Lanus Este	Lanús	44,85	22/05/1950	Biblioteca AySA	O.S.N
LANUS32	POZO 32	-58,417911	-34,695875	5.644.965	6.159.972	Humberto I y JM Moreno	Lanus Oeste	Lanús	47,60	09/06/1954	Biblioteca AySA	O.S.N
LANUS40	POZO 40	-58,426822	-34,685580	5.644.166	6.161.127	J. M. Moreno y Aumaita	Lanus Oeste	Lanús	50,00	10/10/1957	Biblioteca AySA	O.S.N
LANUS44	POZO 44	-58,388481	-34,703797	5.647.648	6.159.051	San Juan e/ Gral Mitre y Tucumán	Lanus Oeste	Lanús	51,50	04/11/1958	Biblioteca AySA	O.S.N
LANUS45		-58,384521	-34,727137	5.647.969	6.156.455	Gral Albariños y Gral Deheza	Remedios de Escalada de San Martin	Lanús	58,74	12/04/1958	Biblioteca AySA	O.S.N
LANUS50	POZO 50	-58,396850	-34,720575	5.646.851	6.157.201	De la Cruz y Dr Melo	Remedios de Escalada de San Martin	Lanús	54,70	28/05/1959	Biblioteca AySA	O.S.N
LANUS53	POZO 53	-58,361039	-34,721069	5.650.131	6.157.094	Gral Guido y Centenario Uruguayo	Monte Chingolo	Lanús	52,10	30/11/1961	Biblioteca AySA	O.S.N
LMO042	MN022	-58,614828	-34,730300	5.626.868	6.156.419	L. Beethoven 3090 e/ Lavallol y La Bastilla	La Ferrere	La Matanza	66,00	?	HIDROAR	AySA
LMO049	MS049	-58,657518	-34,867383	5.622.754	6.141.263	B. Escribano 6450 (e) Cullen y Cuenca, Bio. El Pino	Virrey del Pino	La Matanza	63,00	nov-04	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO053	San Enrique M1	-58,641810	-34,784039	5.624.316	6.150.491	Haití y Gallego - Haiti y Torren	Gonzalez Catán	La Matanza	61,00	10/12/2004	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO054	MS054	-58,640867	-34,777340	5.624.412	6.151.233	L. Torrent 600 y Jachal	Gonzalez Catán	La Matanza	66,00	?	HIDROAR	AySA
LMO056	56Ms	-58,670031	-34,876696	5.621.596	6.140.245	Guanacache 9290, (e) Pillado y Pinto, Bio Recoleta	Virrey del Pino	La Matanza	62,50	14/02/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO062	MS062	-58,633972	-34,738867	5.625.101	6.155.493	P. F. Russo 2532 e/ Larsen y Larraya	Rafael Castillo	La Matanza	69,00	?	HIDROAR	AySA
LMO063		-58,610021	-34,738910	5.627.295	6.155.458	Huemul 3700, y Rodney. Bio. Santa Elena II	La Ferrere	La Matanza	65,00	abr-05	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO070	MS070	-58,632039	-34,731081	5.625.290	6.156.354	M. Gamboa e/ Soldado Fajardo y Rocamora	Rafael Castillo	La Matanza	67,00	?	HIDROAR	AySA
LMO076		-58,649149	-34,756385	5.623.685	6.153.568	Nuñez de Balboa y Lujan	Gonzalez Catán	La Matanza	62,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO080	MS080	-58,615370	-34,754328	5.626.781	6.153.754	Fournier e/ Donizetii y P. F. Russo	Rafael Castillo	La Matanza	62,00	?	HIDROAR	AySA
LMO081	MS081	-58,628872	-34,746187	5.625.557	6.154.674	R. Ortega y Echaurri	Gonzalez Catán	La Matanza	73,10	?	HIDROAR	AySA
LMO095	95MS	-58,698523	-34,898042	5.618.960	6.137.911	Mantegazza 6100, y Numancia. Bio. Parque Sarmiento.	Virrey del Pino	La Matanza	61,00	oct-05	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO096	MS096	-58,648763	-34,858605	5.623.568	6.142.226	Herrera e/Cullen y Guanacache	Virrey del Pino	La Matanza	68,00	?	HIDROAR	AySA
LMO099	99MS	-58,646167	-34,837531	5.623.837	6.144.561	Wast Hugo 371. B Mi Esperanza M3 ubicado en Hugo Wast y Madreselva.	Virrey del Pino	La Matanza	59,50	18/04/2006	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO125		-58,644402	-34,853220	5.623.975	6.142.818	Corrales 1100. B El Tizón	Virrey del Pino	La Matanza	62,00	sep-05	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO164	MS164	-58,654009	-34,777130	5.623.209	6.151.272	Croacia y Saenz	Gonzalez Catán	La Matanza	58,00	?	HIDROAR	AySA
LMO302	VP 2	-58,692876	-34,812217	5.619.601	6.147.426	Saenz, entre Del Carril y Aroma	Virrey del Pino	La Matanza	70,00	14/06/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO308	VP 8	-58,645948	-34,813951	5.623.892	6.147.177	Bella Vista y Puentecito. Bo Oro Verde.	Virrey del Pino	La Matanza	65,00	18/01/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO314	Pozo 14	-58,667456	-34,830376	5.621.900	6.145.381	Areco y Juan Garcia del Río	Virrey del Pino	La Matanza	77,50	03/05/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO315	VP 15	-58,673922	-34,836082	5.621.300	6.144.756	Areco y Anastasio Girardot	Virrey del Pino	La Matanza	69,00	04/05/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO319	VP 19	-58,695060	-34,835557	5.619.367	6.144.839	Esperanza entre Villaroel y Nahuel Huapi	Virrey del Pino	La Matanza	71,00	23/05/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO321	S21	-58,709268	-34,829896	5.618.075	6.145.484	Querandies y Caldas	Virrey del Pino	La Matanza	68,00	03/06/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO325	VP 25	-58,719117	-34,837988	5.617.163	6.144.598	Caldas y Planes	Virrey del Pino	La Matanza	66,00	19/05/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO326	S26	-58,689166	-34,849276	5.619.886	6.143.310	Areco e/ Querandies y Mazzotti	Virrey del Pino	La Matanza	70,00	?	Reynard Hnos	AySA
LMO328	VP 28	-58,700631	-34,858923	5.618.824	6.142.254	Areco entre Portela y Hilario Plaza	Virrey del Pino	La Matanza	68,50	19/05/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA

Tabla A.1. Información general (continuación)

Nombre de pozo	Nombre Histórico	Longitud	Latitud	X_Este GK WGS84	Y_Norte GK WGS84	Ubicación	Localidad	Partido	Prof. perforado (mbns)	Fecha perforación	Inform. obtenida de	Ejecutor/ Propietario
LMO330	S30	-58,710416	-34,857620	5.617.931	6.142.410	Loefler e/ Villarroel y Fernandez	Virrey del Pino	La Matanza	66,00	06/06/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO345	VP 45	-58,744083	-34,854500	5.614.856	6.142.795	en campo a 266 mts al NW de calle Areco	Virrey del Pino	La Matanza	71,80	sep-05	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO352	VP 52	-58,749583	-34,868028	5.614.334	6.141.300	San Calletano a 17 mts de Parana	Virrey del Pino	La Matanza	73,50	21/09/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO354	VP 54	-58,761444	-34,859194	5.613.262	6.142.294	Parana s/n	Virrey del Pino	La Matanza	67,50	06/10/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
LMO361		-58,669706	-34,799098	5.621.740	6.148.854	?	Virrey del Pino	La Matanza	61,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
LO055		-58,389772	-34,785624	5.647.384	6.149.974	Sobre Roque E. Corea esquina Santa Ana	Temperley	Lomas de Zamora	67,40	12/09/1960	Biblioteca AySA	O.S.N
LO057		-58,435247	-34,788235	5.643.217	6.149.750	Sobre calle San Agustin esquina Lusuriaga	Lavallol	Lomas de Zamora	66,90	07/08/1963	Biblioteca AySA	O.S.N
LO063	POZO 63	-58,370906	-34,745537	5.649.183	6.154.394	Miguel Cané y La Plata	Banfield	Lomas de Zamora	59,00	19/12/1966	Biblioteca AySA	O.S.N
LO070	POZO 70	-58,431056	-34,814069	5.643.556	6.146.877	Dávila y Bahía Blanca	Lavallol	Lomas de Zamora	78,00	05/09/1968	Biblioteca AySA	O.S.N
LO078		-58,429103	-34,834572	5.643.699	6.144.600	Arenales e/ Jose Ingenieros y Drago	Burzaco	Almirante Brown	73,20	?	HIDROAR	AySA
LO080		-58,420459	-34,833121	5.644.492	6.144.748	Drago y Garcia	Burzaco	Almirante Brown	75,00	?	Dir. Planificacion AySA	O.S.N
LO083		-58,412106	-34,844499	5.645.236	6.143.474	Drago 2300 e/Cuyo y Ortiz	Burzaco	Almirante Brown	77,80	?	HIDROAR	AySA
LO086		-58,406101	-34,858699	5.645.760	6.141.890	Cno de las Flores a 500 mts de Drago	Longchamps	Almirante Brown	80,80	?	Dir. Planificacion AySA	O.S.N
LO093		-58,408752	-34,867940	5.645.502	6.140.868	Ruta prov 16 e/ Manuela Pedraza y Boedo	Burzaco	Almirante Brown	78,50	?	HIDROAR	AySA
LO118		-58,432606	-34,824622	5.643.395	6.145.709	Timbo 365 e/Rodriguez y Serrano	Burzaco	Almirante Brown	66,00	?	HIDROAR	AySA
LO120		-58,439804	-34,832171	5.642.724	6.144.882	Pino y Cairo	Malvinas Argentinas?	Almirante Brown	75,00	?	Dir. Planificacion AySA	s/d
LO125		-58,433309	-34,845774	5.643.294	6.143.363	Av Argentina e/ Founrouge y Cañuelas	Burzaco	Almirante Brown	81,00	?	HIDROAR	AySA
LOBOS10	Pozo 10	-59,092951	-35,184806	5.582.617	6.106.493	?	Lobos	Lobos	55,00	1983	SPAR	s/d
LOMAS23	Pozo 23	-58,382690	-34,766009	5.648.067	6.152.140	Esmeralda y Velez Sarsfield	Temperley	Lomas de Zamora	55,95	04/03/1945	Biblioteca AySA	O.S.N
LOMAS24	POZO 24	-58,340617	-34,748342	5.651.952	6.154.037	Av Donato Álvarez á 250 m de Av Pasco	Temperley	Lomas de Zamora	59,50	19/07/1956	Biblioteca AySA	O.S.N
LOMAS47	POZO 47	-58,405331	-34,772960	5.645.982	6.151.401	Brandsen e/ Irigoyen y Pringles	Temperley	Lomas de Zamora	72,00	mar-60	Biblioteca AySA	O.S.N
LOMAS48	POZO 48	-58,407919	-34,738567	5.645.806	6.155.221	Almafuerte y Vieytes	Banfield	Lomas de Zamora	58,00	dic-59	Biblioteca AySA	s/d
LOMAS50	POZO 50	-58,399740	-34,761986	5.646.513	6.152.611	España y Gorriti	Lomas centro	Lomas de Zamora	67,80	sep-59	Biblioteca AySA	O.S.N
LOMAS51	POZO 51	-58,407853	-34,757135	5.645.779	6.153.161	Gral Alvear á 20,50 m de Sáenz	Lomas centro	Lomas de Zamora	64,45	10/04/1959	Biblioteca AySA	O.S.N
LOMAS53	POZO 53	-58,391292	-34,770381	5.647.272	6.151.667	Colón y Esmeralda	Temperley	Lomas de Zamora	59,00	16/11/1960	Biblioteca AySA	O.S.N
LOMAS61	POZO 61	-58,421742	-34,783992	5.644.460	6.150.201	Gral Frías y Lavalle	Temperley	Lomas de Zamora	75,00	04/08/1966	Biblioteca AySA	O.S.N
MARCOS01	Explotacion 4	-58,849584	-34,779013	5.605.303	6.151.286	Agüero y Suipacha	Marcos Paz	Marcos Paz	78,00	?	INA	s/d
MATANZA01	POZO 1	-58,525772	-34,690166	5.635.090	6.160.756	Llao Llao & Av Inte E Crovara	La Tablada	La Matanza	64,30	23/12/1974	ACUMAR	Bco. HIPOTECARIO
MATANZA02	POZO 2	-58,572713	-34,642820	5.630.863	6.166.071	Urquiza & Belgrano	Ramos Mejia	La Matanza	75,75	15/07/1958	Biblioteca AySA	O.S.N
MATANZA03	POZO 3	-58,543912	-34,707777	5.633.400	6.158.826	Catulo Castillo y El Macuco	Ciudad Evita	La Matanza	63,70	19/10/1948	ACUMAR	O.S.N
MATANZA05	POZO 5	-58,534718	-34,729440	5.634.207	6.156.410	Enfermera Reinalda Valancini viuda de Rodriguez y Ruiseñor	Ciudad Evita	La Matanza	64,55	21/02/1955	ACUMAR	O.S.N
MATANZA08	POZO 8	-58,564728	-34,670472	5.631.551	6.162.992	Pres. Juan Domingo Peron (ex calle Gral Uriburu) entre Malavia y Colombia	San Justo	La Matanza	65,85	14/10/1957	Biblioteca AySA	O.S.N
MATANZA11	POZO 11	-58,494199	-34,700516	5.637.966	6.159.565	Agüero & Unanue	Villa Madero	La Matanza	56,70	26/03/1971	ACUMAR	Bco. HIPOTECARIO
MATANZA12	POZO 12	-58,564500	-34,655900	5.631.595	6.164.609	Berutti e/ Catriel y 25 de Mayo	Ramos Mejia	La Matanza	75,95	28/07/1971	Biblioteca AySA	O.S.N
MATANZA18	POZO 18	-58,566783	-34,681956	5.631.345	6.161.721	Villegas e/ Rivera Indarte y Pasteur	San Justo	La Matanza	70,80	04/05/1972	Biblioteca AySA	O.S.N
MATANZA36	POZO 36	-58,540719	-34,655906	5.633.776	6.164.577	Posadas y Alte Brown	Ramos Mejia	La Matanza	67,20	11/10/1982	Biblioteca AySA	O.S.N
MATANZA37	POZO 37	-58,550608	-34,738117	5.632.738	6.155.469	Ruta 21 y Cristianía	Isidro Casanova	La Matanza	51,41	02/01/1986	Biblioteca AySA	O.S.N
MERLO01		-58,805555	-34,714087	5.609.419	6.158.442	Boero y Garcia del Rio	Mariano Acosta	Merlo	67,00	?	Reynard Hnos	PARTICULAR
MERLO03	Pozo explotacion 3	-58,758811	-34,712927	5.613.703	6.158.519	Los Amarantos y Aguaribay	Mariano Acosta	Merlo	73,00	1995	Reynard Hnos	PARTICULAR
MERLO04		-58,728038	-34,664063	5.616.591	6.163.905	Estación de Merlo - Merlo		Merlo	55,54	jun-47	SEGEMAR	F.N.D.F. Sarmiento
MERLO05		-58,736742	-34,655947	5.615.804	6.164.815	San Antonio y Paraguay	Merlo	Merlo	57,00	dic-08	Baldoni e hijos	ABSA
MERLO07	Pozo explotacion 7	-58,764205	-34,706545	5.613.218	6.159.233	J. Newbwery entre Los pensamientos y Los Irupes	Mariano Acosta	Merlo	81,00	1995	Reynard Hnos	PARTICULAR
MN002	MS002	-58,649202	-34,744514	5.623.698	6.154.885	Armonia a 150 mts de E. de La Fuente	Gonzalez Catán	La Matanza	65,00	sep-09	Dir. Planificacion AySA	AySA
MN005	MS005	-58,651368	-34,733762	5.623.516	6.156.080	Billinghurst y Cespedes	Gonzalez Catán	La Matanza	65,00	jun-07	Dir. Planificacion AySA	AySA
MN008	MS008	-58,644921	-34,722690	5.624.123	6.157.301	Billinghurst y Las Flores	Rafael Castillo	La Matanza	68,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
MN033	MS033	-58,609835	-34,718889	5.627.343	6.157.679	Acassuso e Ipiranga	Rafael Castillo	La Matanza	62,00	26/12/2006	Dir. Planificacion AySA	AySA
MO089		-58,686766	-34,627145	5.620.428	6.167.952	De la Chacarera 1890	Parque Leloir	Ituizangó	71,00	?	Dir. Planificacion AySA	O.S.N
MO130		-58,660976	-34,670754	5.622.729	6.163.083	Lacarra 2370 e/ Sta. Catalina y Cucha Cucha	VII Bridada Area	Moron	75,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
MO135		-58,646612	-34,608243	5.624.138	6.170.000	Valencia y Desaguadero		Hurlingham	68,00	ene-07	Dir. Planificacion AySA	AySA
MO142	SL11	-58,671878	-34,657117	5.621.749	6.164.609	Gral Piran e/Gral Lavalle y Gral. Alvera		Ituizangó	68,00	oct-09	Dir. Planificacion AySA	AySA
MO718		-58,653549	-34,590917	5.623.528	6.171.931	Albania 2540 Y Bustamente y Guevara		Hurlingham	56,00	feb-01	Dir. Medio Amb AySA	AySA
MORON03	POZO 6	-58,590457	-34,638778	5.629.242	6.166.542	Fraternidad y Andes	Haedo	Moron	70,00	26/06/1941	Biblioteca AySA	O.S.N
MS025		-58,557785	-34,711960	5.632.122	6.158.380	Crovara e/El Pindo y Cristiania	Ciudad Evita	La Matanza	68,25	?	HIDROAR	AySA
MS027	POZO 4	-58,560556	-34,714625	5.631.864	6.158.088	Calle 500 y Av Central	Ciudad Evita	La Matanza	73,70	30/10/1970	Biblioteca AySA	O.S.N
MS090		-58,549586	-34,724015	5.632.854	6.157.032	Las Gardenias y Las Camelias	Ciudad Evita	La Matanza	70,00	28/06/2006	Dir. Planificacion AySA	AySA
MS092		-58,560543	-34,727899	5.631.844	6.156.616	Las Dalias 1700 e/ Las Lilas y Av. Cristiania	Ciudad Evita	La Matanza	64,00	?	HIDROAR	AySA
MS105	Pozo 9	-58,568097	-34,733514	5.631.143	6.156.002	Guaviravi y E. Torquist	Isidro Casanova	La Matanza	57,00	16/05/2005	Dir. Planificacion AySA	AySA
P18bis	Pozo explot 18 bis	-58,680212	-34,847358	5.620.708	6.143.512	Esperanza a 465 mts de Areco	Virrey del Pino	La Matanza	71,00	?	Reynard Hnos	AySA
PERON01		-58,369358	-34,906075	5.649.035	6.136.579	J. Capuano (125) y N. Bracco (108)	Guernica	Pte. Perón	83,00	feb-08	Baldoni e hijos	ABSA
PP4		-58,724016	-34,907145	5.616.617	6.136.931	Planta GENELBA Pje. Santa Marta - Ruta 3 km 49,5		Marcos Paz	70,00	1996	HIDROAR	PETROBRAS

Tabla A.1. Información general (continuación)

Nombre de pozo	Nombre Histórico	Longitud	Latitud	X_Este GK WGS84	Y_Norte GK WGS84	Ubicación	Localidad	Partido	Prof. perforado (mbns)	Fecha perforación	Inform. obtenida de	Ejecutor/ Propietario
QU037	Pozo 4B	-58,279044	-34,765749	5.657.558	6.152.011	Bartana 3400 (Calle 345)	Quilmes Oeste	Quilmes	59,00	may-53	Dir. Planificacion AySA	Muni de Quilmes
QU141		-58,307826	-34,792693	5.654.872	6.149.066	?		Quilmes	59,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
QU704		-58,326363	-34,756739	5.653.242	6.153.084	calle 894 y 812	Quilmes Oeste	Quilmes	54,00	?	Dir. Medio Amb AySA	AySA
QUILMES01	Pozo1	-58,220622	-34,742573	5.662.953	6.154.489	Usina Ezpeleta	Ezpeleta	Quilmes	65,00	?	Biblioteca AySA	PARTICULAR
QUILMES13	POZO 13	-58,275107	-34,740178	5.657.967	6.154.842	F Amoedo y Av La Plata	Quilmes Oeste	Quilmes	66,35	04/04/1965	Biblioteca AySA	O.S.N
Riachuelo05	Perf Nº5 Riachuelo	-58,592300	-34,794600	5.628.831	6.149.256	Conf. A Morales y Rio Matanza	Gonzalez Catán	La Matanza	301,20	30/06/1936	Biblioteca IHLLA	DGMyG
Riachuelo06	Perf Nº6 Riachuelo	-58,762008	-35,053797	5.612.943	6.120.704	Plaza San Martin	Cañuelas	Cañuelas	716,90	03/08/1938	INA	DGMyG
Riachuelo10	Perf Nº10 Riachuelo	-58,420293	-34,725034	5.644.696	6.156.741	Cementerio de L. de Zamora	Villa Centenario	Lomas de Zamora	55,09	14/08/1937	Biblioteca IHLLA	DGGyM
S1		-58,650083	-34,693972	5.623.693	6.160.493	Cnel Ferre y Sanches de la Loria	Villa Sarmiento	Moron	74,00	15/01/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
S18MERLO		-58,738282	-34,713834	5.615.583	6.158.395	Alte. Brown y Garmendia	Parque San Martin	Merlo	72,00	may-08	Baldoni e hijos	ABSA
S1EZE	S1	-58,557611	-34,797194	5.632.002	6.148.924	Frente a Club Aeromodelistas J. Newbery		Ezeiza	56,50	19/01/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
S1LOMAS	S1	-58,473824	-34,739557	5.639.768	6.155.205	Laprida y Tacuari (ex calles M. Pedraza y Ppal. Correa)	Ing. Budge	Lomas de Zamora	48,00	oct-04	Dir. Planificacion AySA	AySA
S2	SHE002	-58,521443	-34,783372	5.635.335	6.150.409	Hogar Escuela	9 de Abril	Esteban Echeverria	60,00	19/12/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
S2LOMAS	S2	-58,453657	-34,769955	5.641.563	6.151.804	Campo Experimental de la UNLP	Lomas centro	Lomas de Zamora	51,00	oct-04	Dir. Planificacion AySA	AySA
S2MARTIN	S2	-58,583554	-34,572684	5.629.978	6.173.866	Maipu y Belgrano		Gral. San Martin	59,00	feb-08	Dir. Planificacion AySA	AySA
S3EZE	S3	-58,595611	-34,863333	5.628.421	6.141.635	Blas Parera y Juan G. Gonzales y Aragon	Tristan Suarez	Ezeiza	72,00	04/01/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
SA012		-58,463667	-34,790056	5.640.612	6.149.588	Cepeda a 8,30m de Lagos Garcia	Luis Guillón	Esteban Echeverria	66,00	01/03/2009	Dir. Planificacion AySA	AySA
SA023		-58,443981	-34,804519	5.642.389	6.147.955	Tte. F. H. Bourquet a 22m de la calle F. Ameguino	Luis Guillón	Esteban Echeverria	67,00	01/04/2009	Dir. Planificacion AySA	AySA
SA028		-58,502481	-34,833167	5.636.988	6.144.858	Guiraldes interseccion Almafuerte	El Jaguel	Esteban Echeverria	69,00	05/11/2009	Dir. Planificacion AySA	AySA
Sarandi01	Sarandi Nº1	-58,346549	-34,683212	5.651.527	6.161.272	Estacion de ferrocarril mas proxima Sarandí	Sarandi	Avellaneda	34,20	26/06/1938	SEGEMAR	DGGyM
SCa3	SCa3	-58,553730	-34,541474	5.632.765	6.177.290	Combet e/Lamadrid y San Lorenzo	J. León Suarez	Gral. San Martin	71,00	feb-08	Dir. Planificacion AySA	AySA
SE003	S3	-58,584147	-34,945367	5.629.341	6.132.518	Calle Caminito (setor de chacras)	Spegazzini	Ezeiza	73,00	abr-07	Dir. Planificacion AySA	AySA
SE006	S6	-58,544399	-34,947927	5.632.968	6.132.182	Paso de los Libres (sector de Chacras)	Spegazzini	Ezeiza	78,00	jun-07	Dir. Planificacion AySA	AySA
SE008	S8	-58,568263	-34,922364	5.630.829	6.135.050	Paso de los Libres (sector de Chacras)	Spegazzini	Ezeiza	84,00	may-07	Dir. Planificacion AySA	AySA
SE014	SR014	-58,540139	-34,918333	5.633.405	6.135.460	Moreno a 1200 mts de Falucho	Tristan Suarez	Ezeiza	71,80	18/07/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
SE015		-58,535546	-34,957147	5.633.762	6.131.147	Paso de los Libres a 350 mts de Castex		Ezeiza	71,00	02/08/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
SE016	Sondeo 16	-58,540911	-34,960932	5.633.266	6.130.735	Av. M. Castex (R prov 52) a 725 mts de calle paso de los Libres	Spegazzini	Ezeiza	75,00	?	Dir. Planificacion AySA	AySA
SE023		-58,526111	-34,912778	5.634.696	6.136.058	Farina a 1.2 km de Los Robles	Tristan Suarez	Ezeiza	73,00	10/10/2009	Baldoni e hijos	AySA
SEz1		-58,553889	-34,816111	5.632.312	6.146.820	Aeropuerto Internacional de Ezeiza		Ezeiza	73,00	?	Reynard Hnos	AySA
SF4	P4	-58,623722	-34,561750	5.626.308	6.175.130	Tucuman y Rio Negro		Tres de Febrero	44,00	21/04/2010	Dir. Planificacion AySA	AySA
SG006	POZO 6	-58,322852	-34,827916	5.653.431	6.145.181	Francisco Narciso de Laprida entre batalla de Cancha Rallada y ?	Ministro Rivadavia	Almirante Brown	62,00	30/06/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
SG007		-58,359357	-34,852652	5.650.046	6.142.492	Av Rep Argentina entre Pedro de Irigoyen y Gabino Ezeiza	Ministro Rivadavia	Almirante Brown	77,00	06/06/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
SG021		-58,324664	-34,853275	5.653.218	6.142.370	Rivera a 3500m de la interseccion Riera y Av. Espora	Ministro Rivadavia	Almirante Brown	76,50	23/01/2009	Dir. Planificacion AySA	AySA
SG024		-58,352822	-34,875928	5.650.602	6.139.899	Espora y Leyes	Ministro Rivadavia	Almirante Brown	79,00	31/03/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
SG033		-58,298089	-34,851714	5.655.652	6.142.502	Calderon a 4900 m de Romero	Ministro Rivadavia	Almirante Brown	78,00	26/11/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
SG035		-58,334675	-34,876370	5.652.260	6.139.823	Escobar y Lemos	Ministro Rivadavia	Almirante Brown	77,00	10/04/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
SG039		-58,341577	-34,830684	5.651.713	6.144.902	David Peña a 230m de 25 de Mayo	Ministro Rivadavia	Almirante Brown	72,00	23/12/2009	Dir. Planificacion AySA	AySA
SH15	-	-58,661078	-34,624870	5.622.787	6.168.173	Los Cardales a 44 mts de Av Dr. Repeto	Villa Udaondo	Ituizangó	72,00	10/09/2010	Dir. Planificacion AySA	AySA
SL009	S9	-58,434971	-34,891368	5.643.063	6.138.307	V. Avila s/n a 110 mts de RP 16	Monte Grande	Esteban Echeverria	76,00	06/07/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
SL018	S18	-58,491000	-34,847833	5.638.014	6.143.215	Martin Fierro y Pedro Dreyer	El Jaguel?	Esteban Echeverria	71,00	16/04/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
SL019	S19	-58,471611	-34,855694	5.639.774	6.142.316	Dolores a 700m al SW de Chiriguano	Monte Grande?	Esteban Echeverria	71,00	01/03/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
SM002	P1	-58,591434	-34,540820	5.629.304	6.177.411	9 de Julio y Calle 190	Villa Lanzone	Gral. San Martin	54,00	15/01/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
ST1	SL0002	-58,418877	-34,759320	5.644.766	6.152.934	24 de Mayo y Gorriti	Lomas centro	Lomas de Zamora	59,00	13/07/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
ST3		-58,415337	-34,764606	5.645.081	6.152.343	Sobre calle Pozadas y Sixto Fernandez	Temperley	Lomas de Zamora	60,00	16/07/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
SU007		-58,503146	-34,876025	5.636.856	6.140.104	RP 58 a 35 mts de calle Ramos Mejía	Canning	Esteban Echeverria	84,00	18/08/2007	Dir. Planificacion AySA	AySA
SU018		-58,468917	-34,902361	5.639.941	6.137.135	Sargento Cabral	Canning	Esteban Echeverria	82,00	08/09/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
SU021		-58,498417	-34,904000	5.637.242	6.136.994	Calle s/nombre a 781 mts de ruta N 58	Canning	Esteban Echeverria	83,00	ene-08	Dir. Planificacion AySA	AySA
SU026		-58,501944	-34,924333	5.636.886	6.134.743	Los Robles a 1800m de la calle Union	Canning	Esteban Echeverria	76,00	17/10/2008	Dir. Planificacion AySA	AySA
VillaDominico01	Villa Dominico N1	-58,328693	-34,694863	5.653.142	6.159.952	Av Bme. Mitre, Villa Dominico	Sarandi	Avellaneda	31,80	14/11/1941	Biblioteca IHLLA	DGGyM
Zoologico01	Jard Zoologico N1	-58,418931	-34,580649	5.645.072	6.172.758	Jardin zoologico, Ciudad de Bs As	Palermo	CABA	310,83	29/10/1917	SEGEMAR	DGMyG

Tabla A.1. Información general (continuación)

Nombre del pozo	cota IGM interpolada (m)	Prof. perforada (mbns)	CAPA 1					CAPA 2		CAPA 3				Fm Paraná		Fm. Olivos		BASAMENTO	celda vacia: sin información. " - " : No esta presente.		
			RELLENO artificial	Sed. Post-Pampeano		Sed. Pampeanos		Arcillas acuitardas		Arenas interc. c/lim. y arcillas		Arenas cuarzosas									
			Espesor (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Espesor CAPA 1	Espesor CAPA 2	Espesor CAPA 3
104	3,78	36,00		0,00	20,25	20,25	22,00	22,00	34,00	-	-	34,00	-	-	-	-	-	-	22,00	12,00	
116	3,09	357,50		0,00	23,00	-	-	23,00	26,60	-	-	26,60	49,00	49,00	98,00	98,00	354,50	354,50	23,00	3,60	22,40
117	5,03	84,00		0,00	18,60							18,60	47,20	47,20	-	-	-	-	18,60		28,60
124	13,35	59,00		-	-	0,00	20,00			20,00	26,00	26,00	-	-	-	-	-	-	20,00		
125	17,81	69,00		-	-	0,00	28,00	-	-	28,00	35,00	35,00	65,00	65,00	-	-	-	-	28,00	0,00	37,00
127	4,62	60,85		-	-	0,00	28,90	28,90	33,20	-	-	33,20	-	-	-	-	-	-	28,90	4,30	
130	19,77	79,00		-	-	0,00	50,95	50,95	52,15	52,15	53,95	53,95	78,84	78,84	-	-	-	-	50,95	1,20	26,69
131	12,64	408,60		-	-	0,00	39,00	-	-	-	-	39,00	47,00	47,00	370,00	-	-	370,00	39,00	0,00	8,00
140	3,07	6,00		0,00	6,00	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
141	-0,30	10,00		0,00	5,50	5,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
142	1,78	11,00		0,00	3,00	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
160	1,44	15,00		0,00	6,00	6,00	13,00	13,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,00		
162	2,47	20,00		0,00	3,00	3,00	15,00	-	-	-	-	15,00	-	-	-	-	-	-	15,00		
165	-2,65	17,69		0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
167	-0,75	5,40		0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
168	-0,70	7,35		0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
173	-3,95	23,50		0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
189	2,14	20,00		0,00	2,00	2,00	15,00	15,00	16,00	16,00	-	-	-	-	-	-	-	-	15,00	1,00	
001F	27,77	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
001P	27,77	77,00		-	-	0,00	58,00	-	-	58,00	61,00	61,00	75,00	75,00	-	-	-	-	58,00	0,00	17,00
002F	34,24	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
002P	34,24	88,00		-	-	0,00	70,00	-	-	70,00	73,00	73,00	87,00	87,00	-	-	-	-	70,00	0,00	17,00
003F	36,73	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
003P	36,73	90,00		-	-	0,00	60,00	60,00	64,00	64,00	69,00	69,00	89,00	89,00	-	-	-	-	60,00	4,00	25,00
004F	31,43	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
004P	31,43	68,00		-	-	0,00	49,00	49,00	57,00	-	-	57,00	66,00	66,00	-	-	-	-	49,00	8,00	9,00
005F	25,14	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
005P	25,14	68,00		-	-	0,00	33,00	33,00	36,00	36,00	38,00	38,00	66,00	66,00	-	-	-	-	33,00	3,00	30,00
006F	4,49	20,00		0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
006P	4,49	45,00		0,00	21,00	-	-	21,00	24,00	24,00	27,00	27,00	43,00	43,00	-	-	-	-	21,00	3,00	19,00
007F	14,72	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
007P	14,72	59,00		-	-	0,00	35,00	35,00	42,00	-	-	42,00	57,00	57,00	-	-	-	-	35,00	7,00	15,00
008F	27,31	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
008P	27,31	80,00		-	-	0,00	48,00	-	-	48,00	54,00	54,00	78,00	78,00	-	-	-	-	48,00	0,00	30,00
009F	24,10	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
009P	24,10	77,00		-	-	0,00	51,00	51,00	53,00	-	-	53,00	76,00	76,00	-	-	-	-	51,00	2,00	23,00
010F	29,92	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
010P	29,92	78,00		-	-	0,00	46,00	46,00	52,00	52,00	65,00	65,00	76,00	76,00	-	-	-	-	46,00	6,00	24,00
011F	29,90	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
011P	29,90	81,00		-	-	0,00	43,00	43,00	49,00	49,00	57,00	57,00	80,00	80,00	-	-	-	-	43,00	6,00	31,00
012F	22,69	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
012P	22,69	78,00		-	-	0,00	48,00	48,00	50,00	50,00	55,00	55,00	76,00	76,00	-	-	-	-	48,00	2,00	26,00
013F	19,34	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
013P	19,34	74,00		-	-	0,00	40,00	-	-	40,00	45,00	45,00	72,00	72,00	-	-	-	-	40,00	0,00	32,00
014F	14,60	20,00		0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
014P	14,60	63,00		0,00	3,00	3,00	31,00	31,00	34,00	-	-	34,00	61,00	61,00	-	-	-	-	31,00	3,00	27,00
015F	12,73	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
015P	12,73	58,00		-	-	0,00	26,00	26,00	30,00	30,00	35,00	35,00	56,00	56,00	-	-	-	-	26,00	4,00	26,00
016F	16,81	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
016P	21,50	77,00		-	-	0,00	45,00	45,00	48,00	-	-	48,00	76,00	76,00	-	-	-	-	45,00	3,00	28,00
017F	29,46	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
017P	29,45	86,00		-	-	0,00	55,00	55,00	61,00	61,00	64,00	64,00	84,00	84,00	-	-	-	-	55,00	6,00	23,00
018F	26,76	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
018P	26,78	89,00		-	-	0,00	42,00	42,00	48,00	48,00	53,00	53,00	87,00	87,00	-	-	-	-	42,00	6,00	39,00
019F	33,30	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
019P	33,31	90,00				0,00	54,00	54,00	61,00	61,00	65,00	65,00	88,00	88,00	-	-	-	-	54,00	7,00	27,00
020F	19,20	20,00		0,00	3,00	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
021F	17,97	15,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
021P	17,97	70,00		-	-	0,00	35,00	35,00	38,00	38,00	50,00	50,00	66,00	66,00	-	-	-	-	35,00	3,00	28,00
022F	23,43	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Tabla A.2. Datos hidrogeológicos

celda vacia: sin información.

" - " : No esta presente.

Nombre del pozo	cota IGM interpolada (m)	Prof. perforada (mbns)	CAPA 1					CAPA 2		CAPA 3				Fm Paraná		Fm. Olivos		BASAMENTO			
			RELLENO artificial	Sed. Post-Pampeano		Sed. Pampeanos		Arcillas acuitardas		Arenas interc. c/lim. y arcillas		Arenas cuarzosas									
			Espesor (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Espesor CAPA 1	Espesor CAPA 2	Espesor CAPA 3
023F	17,93	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
024F	15,41	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
025F	24,94	20,00		0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
026F	18,28	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
027F	3,67	20,00		0,00	7?	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
028F	15,93	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
029F	3,78	20,00		0,00	11,00	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
030F	35,47	20,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
030P	35,47	85,00		-	-	0,00	43,00	43,00	56,00	56,00	64,00	64,00	84,00	84,00	-	-	-	-	43,00	13,00	28,00
031F	4,32	4,00	1,40	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
032F	18,79	16,00		-	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
032P	18,79	76,00		-	-	0,00	48,00	48,00	52,00	-	-	52,00	72,00	72,00	-	-	-	-	48,00	4,00	20,00
033F	4,43	14,00	8,00	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
033P	4,43	49,00	8,00	8,00	22,00	-	-	22,00	29,00	-	-	29,00	47,50	47,50	-	-	-	-	22,00	7,00	18,50
072-58	22,38	73,00		-	-	0,00	39,00	39,00	41,50	-	-	41,50	68,50	68,50	-	-	-	-	39,00	2,50	27,00
072-59	28,54	72,00		-	-	0,00	53,00	53,00	55,00	55,00	60,00	60,00	70,00	70,00	-	-	-	-	53,00	2,00	15,00
072-61	22,00	64,00		-	-	0,00	40,00	40,00	42,00	-	-	42,00	62,50	62,50	-	-	-	-	40,00	2,00	20,50
AB056	22,48	76,00		-	-	0,00	42,00			-	-	42,00	74,00	74,00	-	-	-	-	42,00		32,00
AB060	20,31	72,00		-	-	0,00	34,00	34,00	39,00	39,00	43,00	43,00	71,00	71,00	-	-	-	-	34,00	5,00	32,00
AB714	23,39	69,00		-	-	0,00	44,50	44,50	49,50	-	-	49,50	67,00	67,00	-	-	-	-	44,50	5,00	17,50
AB715	27,78	78,00		-	-	0,00	49,00	49,00	51,00	-	-	51,00	76,00	76,00	-	-	-	-	49,00	2,00	25,00
AB716	26,46	78,00		-	-	0,00	46,00	46,00	50,00	-	-	50,00	76,00	76,00	-	-	-	-	46,00	4,00	26,00
AV701	3,56	47,00		0,00	20,00	20,00	28,00	28,00	32,00	-	-	32,00	45,00	45,00	-	-	-	-	28,00	4,00	13,00
AVELLANEDA02	7,61	47,00		0,00	0,30	0,30	18,20	-	-	18,20	21,95	21,95	45,50	45,50	-	-	-	-	18,20	0,00	27,30
AVELLANEDA05	4,69	51,90	0,40	-	-	0,40	23,00	-	-	23,00	35,90	35,90	51,00	51,00	-	-	-	-	23,00	0,00	28,00
AVELLANEDA22	2,16	35,90		0,00	26,50	-	-	-	-	26,50	32,10	32,10	-	-	-	-	-	-	26,50	0,00	
BROWN12	24,81	69,70		-	-	0,00	41,00	41,00	49,10	49,10	59,65	59,65	69,00	69,00	-	-	-	-	41,00	8,10	19,90
BROWN12b	16,35	61,00		-	-	0,00	26,80	26,80	33,00	33,00	48,70	48,70	60,49	60,49	-	-	-	-	26,80	6,20	27,49
BROWN19	20,96	65,00		-	-	0,00	43,20	43,20	53,50	-	-	53,50	63,70	63,70	-	-	-	-	43,20	10,30	10,20
BROWN53	26,16	70,27		-	-	0,00	31,50	31,50	37,00	37,00	43,00	43,00	68,00	68,00	-	-	-	-	31,50	5,50	31,00
BROWN75	13,66	71,50		-	-	0,00	32,50	32,50	45,00	45,00	51,30	51,30	71,30	71,30	-	-	-	-	32,50	12,50	26,30
BROWN96	17,01	62,50		-	-	0,00	38,00	38,00	42,50	-	-	42,50	62,00	62,00	-	-	-	-	38,00	4,50	19,50
CABA1009	8,58	86,90		-	-	0,00	25,00	25,00	27,80	27,80	29,30	29,30	60,00	60,00	-	-	-	-	25,00	2,80	32,20
CABA107	18,85	62,00		-	-	0,00	28,00	-	-	28,00	49,00	49,00	62,00	62,00	-	-	-	-	28,00	0,00	34,00
CABA120	15,62	29,70		0,00	2,00	2,00	23,30	23,30	25,50	25,50	26,50	26,50	-	-	-	-	-	-	23,30	2,20	
CABA128	15,27	52,80		-	-	0,00	36,30	36,30	39,80	-	-	39,80	-	-	-	-	-	-	36,30	3,50	
CABA130	19,44	47,00		-	-	0,00	39,00	39,00	43,80	43,80	45,20	45,20	-	-	-	-	-	-	39,00	4,80	
CABA135	20,11	43,70		-	-	0,00	31,80	31,80	34,00	-	-	34,00	-	-	-	-	-	-	31,80	2,20	
CABA139	15,68	46,06	1,00	-	-	1,00	26,50	26,50	29,60	29,60	32,50	32,50	-	-	-	-	-	-	26,50	3,10	
CABA141	3,63	47,73		0,00	19.4?	19,40	23,00	23,00	25,50	25,50	27,50	27,50	-	-	-	-	-	-	23,00	2,50	
CABA142	20,79	57,12		-	-	0,00	37,00	37,00	39,50	39,50	41,40	41,40	-	-	-	-	-	-	37,00	2,50	
CABA146	16,64	130,00	6,00	-	-	6,00	18,00	-	-	18,00	32,00	32,00	52,00	52,00	70,00	70,00	-	-	18,00	0,00	34,00
CABA2273	2,42	49,60		0,00	15,20	15,20	24,50	-	-	24,50	28,40	28,40	49,10	49,10	-	-	-	-	24,50	0,00	24,60
CABA2362	4,11	269,08		-	-	0,00	21,00	21,00	24,70	24,70	27,00	27,00	55,60	55,60	69,00	69,00	264,90	264,90	21,00	3,70	30,90
CABA3199	5,59	89,60	1,60	-	-	1,60	13,60	13,60	18,15	18,15	37,25	37,25	49,75	49,75	-	-	-	-	13,60	4,55	31,60
CABA4394	4,63	106,60		0,00	8,55	8,55	16,50	16,50	20,50	-	-	20,50	45,30	45,30	-	-	-	-	16,50	4,00	24,80
CABA4425	21,14	65,10		-	-	0,00	34,70	-	-	34,70	46,60	46,60	65,10	65,10	-	-	-	-	34,70	0,00	30,40
CABA4724	11,37	55,40		-	-	0,00	31,50	31,50	33,40	33,40	47,00	47,00	54,10	54,10	-	-	-	-	31,50	1,90	20,70
CABA4958	18,82	63,00		-	-	0,00	38,00	38,00	41,00	41,00	55,00	55,00	62,00	62,00	-	-	-	-	38,00	3,00	21,00
CABA5089	14,79	63,50		-	-	0,00	29,30	29,30	31,50	-	-	31,50	62,50	62,50	-	-	-	-	29,30	2,20	31,00
CABA5822	3,93	41,00	13,00	-	-	13,00	24,90	24,90	26,50	26,50	36,50	36,50	-	-	-	-	-	-	24,90	1,60	
CABA597	6,69	61,25		-	-	0,00	18,50	-	-	18,50	29,70	29,70	52,90	52,90	-	-	-	-	18,50	0,00	34,40
CABA6289	12,96	67,50		-	-	0,00	35,00	-	-	35,00	46,00	46,00	66,30	66,30	-	-	-	-	35,00	0,00	31,30
Chacarita01	21,93	49,40		-	-	0,00	34,00	34,00	36,00	36,00	46,00	46,00	-	-	-	-	-	-	34,00	2,00	
DocSud05	1,13	35,25		0,00	29,45	-	-			-	-	29,45	-	-	-	-	-	-	29,45		
EE001	20,96	65,80		-	-	0,00	38,90	38,90	40,60	40,60	51,30	51,30	64,30	64,30	-	-	-	-	38,90	1,70	23,70
EE004	21,85	71,60		-	-	0,00	39,40	39,40	46,00	-	-	46,00	70,60	70,60	-	-	-	-	39,40	6,60	24,60
EE005	19,32	67,40		-	-	0,00	41,30	41,30	44,00	-	-	44,00	66,50	66,50	-	-	-	-	41,30	2,70	22,50
EE029	25,78	76,00		-	-	0,00	41,00	41,00	52,00	-	-	52,00	75,00	75,00	-	-	-	-	41,00	11,00	23,00
EE033	26,29	72,00		-	-	0,00	42,00	42,00	49,80	49,80	54,00	54,00	70,10	70,10	-	-	-	-	42,00	7,80	20,30

Tabla A.2. Datos hidrogeológicos (continuación)

Nombre del pozo	cota IGM interpolada (m)	Prof. perforada (mbns)	CAPA 1					CAPA 2		CAPA 3				Fm Paraná		Fm. Olivos		BASAMENTO	celda vacia: sin información. " - " : No esta presente.		
			RELLENO artificial	Sed. Post-Pampeano		Sed. Pampeanos		Arcillas acuitardas		Arenas interc. c/lim. y arcillas		Arenas cuarzosas									
			Espesor (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Espesor CAPA 1	Espesor CAPA 2	Espesor CAPA 3
EE036	23,78	68,50		-	-	0,00	42,00	42,00	51,00	51,00	68,50	-	-	68,50	-	-	-	-	42,00	9,00	17,50
EE038	11,53	56,00		-	-	0,00	24,00	24,00	31,00	31,00	33,00	33,00	54,00	54,00	-	-	-	-	24,00	7,00	23,00
EE039	10,98	58,00		-	-	0,00	27,00	27,00	33,00	-	-	33,00	58,00	58,00	-	-	-	-	27,00	6,00	25,00
EE041	25,55	75,00		-	-	0,00	44,00	44,00	49,00	-	-	49,00	73,00	73,00	-	-	-	-	44,00	5,00	24,00
EE047	23,78	74,00		-	-	0,00	43,00	43,00	47,00	-	-	47,00	72,00	72,00	-	-	-	-	43,00	4,00	25,00
EE705	7,34	58,00		-	-	0,00	28,00	28,00	31,00	-	-	31,00	56,00	56,00	-	-	-	-	28,00	3,00	25,00
EE710	17,85	71,00		-	-	0,00	40,00	40,00	43,00	-	-	43,00	69,00	69,00	-	-	-	-	40,00	3,00	26,00
EE711	20,88	80,00		-	-	0,00	40,00	40,00	47,00	-	-	47,00	78,00	78,00	-	-	-	-	40,00	7,00	31,00
EE713	22,58	78,00		-	-	0,00	40,00	40,00	50,00	-	-	50,00	76,00	76,00	-	-	-	-	40,00	10,00	26,00
EEN022	12,07	65,00		-	-	0,00	30,00	30,00	35,00	-	-	35,00	61,00	61,00	-	-	-	-	30,00	5,00	26,00
EEN026	14,72	58,00		-	-	0,00	34,00	34,00	37,00	-	-	37,00	56,50	56,50	-	-	-	-	34,00	3,00	19,50
EEN032	12,69	51,00		-	-	0,00	31,00	31,00	35,00	-	-	35,00	50,00	50,00	-	-	-	-	31,00	4,00	15,00
EEN034	16,58	67,00		-	-	0,00	31,00	31,00	33,50	33,50	34,50	34,50	66,00	66,00	-	-	-	-	31,00	2,50	32,50
EES001	17,75	72,20		-	-	0,00	44,00			44,00	48,00	48,00	69,00	69,00	-	-	-	-	44,00		25,00
EEU002	23,57	76,00		-	-	0,00	44,00	44,00	50,00	-	-	50,00	74,00	74,00	-	-	-	-	44,00	6,00	24,00
EEU003	21,59	67,00		-	-	0,00	40,00	40,00	45,00	45,00	50,00	50,00	66,00	66,00	-	-	-	-	40,00	5,00	21,00
EEU005	19,63	81,50		-	-	0,00	39,00	39,00	44,00	44,00	47,00	47,00	80,50	80,50	-	-	-	-	39,00	5,00	36,50
EEU008	25,09	78,00		-	-	0,00	56,00	56,00	60,00	-	-	60,00	76,00	76,00	-	-	-	-	56,00	4,00	16,00
EEZ001	9,32	59,00		-	-	0,00	35,00	35,00	37,00	-	-	37,00	57,00	57,00	-	-	-	-	35,00	2,00	20,00
EEZ004	17,33	68,00		-	-	0,00	40,00	40,00	43,00	43,00	51,00	51,00	65,00	65,00	-	-	-	-	40,00	3,00	22,00
Est. Fiorito	4,19	99,00		-	-	0,00	25,00					25,00	48,00	48,00					25,00		23,00
EZEIZA01	15,35	62,37		-	-	0,00	32,58	-	-	-	-	32,58	61,97	61,97	-	-	-	-	32,58	0,00	29,39
EZEIZA02	10,09	57,05		0,00	1,10	1,10	31,20	-	-	31,20	34,15	34,15	56,70	56,70	-	-	-	-	31,20	0,00	25,50
EZEIZA03	8,84	51,00		-	-	0,00	18,00	18,00	21,00	21,00	35,00	35,00	50,70	50,70	-	-	-	-	18,00	3,00	29,70
EZEIZA04	3,99	195,40		0,00	17,60	-	-	17,60	29,80	29,80	41,00	41,00	48,00	48,00	-	-	-	-	17,60	12,20	18,20
EZEIZA05	4,95	43,00		0,00	12,00	12,00	25,00	25,00	29,00	-	-	29,00	42,00	42,00	-	-	-	-	25,00	4,00	13,00
FEBRERO44	26,33	73,60		-	-	0,00	44,00	44,00	47,00	47,00	62,00	62,00	72,60	72,60	-	-	-	-	44,00	3,00	25,60
HERAS01	37,02	99,00		-	-	0,00	60,00	60,00	63,00	63,00	66,00	66,00	96,00	96,00	-	-	-	-	60,00	3,00	33,00
IslaMaciel03	3,11	40,10		0,00	18,75	-	-	18,75	21,15	21,15	29,55	29,55	-	-	-	-	-	-	18,75	2,40	
LA702	4,98	55,00		0,00	20,00	-	-	20,00	30,00	-	-	30,00	53,00	53,00	-	-	-	-	20,00	10,00	23,00
LANUS18	4,96	69,50		-	-	0,00	32,00	32,00	41,40	41,40	61,40	61,40	68,00	68,00	-	-	-	-	32,00	9,40	26,60
LANUS27	4,93	45,50	1,00	-	-	1,00	18,00	18,00	29,70	29,70	38,40	38,40	44,75	44,75	-	-	-	-	18,00	11,70	15,05
LANUS28	6,74	44,85		-	-	0,00	22,30	22,30	25,00	25,00	26,10	26,10	44,50	44,50	-	-	-	-	22,30	2,70	19,50
LANUS32	5,67	47,60		0,00	13,00	13,00	30,00	-	-	-	-	30,00	47,10	47,10	-	-	-	-	30,00	0,00	17,10
LANUS40	3,81	50,00		0,00	13,50	13,50	25,50	25,50	27,56	-	-	27,56	49,00	49,00	-	-	-	-	25,50	2,06	21,44
LANUS44	7,16	51,50		0,00	0,80	0,80	21,90	21,90	24,40	24,40	30,10	30,10	51,00	51,00	-	-	-	-	21,90	2,50	26,60
LANUS45	9,14	58,74		-	-	0,00	25,30	25,30	31,45	31,45	35,65	35,65	58,25	58,25	-	-	-	-	25,30	6,15	26,80
LANUS50	8,41	54,70		-	-	0,00	23,00	-	-	23,00	36,00	36,00	53,80	53,80	-	-	-	-	23,00	0,00	30,80
LANUS53	7,24	52,10		-	-	0,00	18,40	-	-	18,40	32,00	32,00	51,00	51,00	-	-	-	-	18,40	0,00	32,60
LMO042	19,66	66,00		-	-	0,00	43,00	43,00	46,00	-	-	46,00	64,00	64,00	-	-	-	-	43,00	3,00	18,00
LMO049	11,87	63,00		-	-	0,00	29,00	29,00	37,00	-	-	37,00	59,50	59,50	-	-	-	-	29,00	8,00	22,50
LMO053	11,42	61,00		-	-	0,00	32,00	32,00	34,00	-	-	34,00	58,00	58,00	-	-	-	-	32,00	2,00	24,00
LMO054	14,59	66,00		-	-	0,00	29,00	29,00	35,00	-	-	35,00	64,00	64,00	-	-	-	-	29,00	6,00	29,00
LMO056	13,08	62,50		-	-	0,00	36,00	36,00	44,50	-	-	44,50	60,00	60,00	-	-	-	-	36,00	8,50	15,50
LMO062	21,37	69,00		-	-	0,00	38,00	38,00	45,00	45,00	48,00	48,00	66,00	66,00	-	-	-	-	38,00	7,00	21,00
LMO063	18,12	65,00		-	-	0,00	35,00	35,00	42,50	42,50	49,50	49,50	63,00	63,00	-	-	-	-	35,00	7,50	20,50
LMO070	24,29	67,00		-	-	0,00	43,00	43,00	51,00	-	-	51,00	65,00	65,00	-	-	-	-	43,00	8,00	14,00
LMO076	16,50	62,00		-	-	0,00	35,00	35,00	37,00	-	-	37,00	61,00	61,00	-	-	-	-	35,00	2,00	24,00
LMO080	14,68	62,00		-	-	0,00	27,00	27,00	35,00	35,00	38,00	38,00	59,00	59,00	-	-	-	-	27,00	8,00	24,00
LMO081	21,30	73,10		-	-	0,00	37,60	37,60	45,20	45,20	50,80	50,80	65,30	65,30	-	-	-	-	37,60	7,60	20,10
LMO095	18,65	61,00		-	-	0,00	40,00	-	-	40,00	45,00	45,00	68,00	68,00	-	-	-	-	40,00	0,00	28,00
LMO096	13,77	68,00		-	-	0,00	40,00	40,00	45,00	-	-	45,00	67,00	67,00	-	-	-	-	40,00	5,00	22,00
LMO099	11,57	59,50		0,00	11,00	11,00	30,00	30,00	37,00	37,00	40,00	40,00	56,50	56,50	-	-	-	-	30,00	7,00	19,50
LMO125	12,82	62,00		-	-	0,00	33,50	33,50	36,50	36,50	41,00	41,00	58,00	58,00	-	-	-	-	33,50	3,00	21,50
LMO164	12,39	58,00		-	-	0,00	27,00	27,00	31,00	31,00	34,00	34,00	56,00	56,00	-	-	-	-	27,00	4,00	25,00
LMO302	17,36	70,00		-	-	0,00	37,00	37,00	39,50	-	-	39,50	66,00	66,00	-	-	-	-	37,00	2,50	26,50
LMO308	14,50	65,00		-	-	0,00	37,00	37,00	44,10	-	-	44,10	60,50	60,50	-	-	-	-	37,00	7,10	16,40
LMO314	20,19	77,50		-	-	0,00	33,50	33,50	41,00	41,00	44,00	44,00	76,00	76,00	-	-	-	-	33,50	7,50	35,00
LMO315	20,84	69,00		-	-	0,00	39,00	39,00	49,00	49,00	50,50	50,50	67,50	67,50	-	-	-	-	39,00	10,00	18,50
LMO319	21,62	71,00		-	-	0,00	40,00	40,00	44,00	44,00	49,00	49,00	69,00	69,00	-	-	-	-	40,00	4,00	25,00
LMO321	20,30	68,00		-	-	0,00	36,00	36,00	45,00	-	-	45,00	63,50	63,50	-	-	-	-	36,00	9,00	18,50

Tabla A.2. Datos hidrogeológicos (continuación)

celda vacia: sin información.

" - " : No esta presente.

Nombre del pozo	cota IGM interpolada (m)	Prof. perforada (mbns)	CAPA 1					CAPA 2		CAPA 3				Fm Paraná		Fm. Olivos		BASAMENTO			
			RELLENO artificial	Sed. Post-Pampeano		Sed. Pampeanos		Arcillas acuitardas		Arenas interc. c/lim. y arcillas		Arenas cuarzosas							Espesor CAPA 1	Espesor CAPA 2	Espesor CAPA 3
			Espesor (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)			
LMO325	21,84	66,00		-	-	0,00	44,00	44,00	46,00	46,00	56,00	56,00	65,50	65,50	-	-	-	-	44,00	2,00	19,50
LMO326	19,88	70,00		-	-	0,00	46,00	46,00	48,50	-	-	48,50	68,00	68,00	-	-	-	-	46,00	2,50	19,50
LMO328	19,58	68,50		-	-	0,00	33,00	33,00	39,00	39,00	43,00	43,00	66,50	66,50	-	-	-	-	33,00	6,00	27,50
LMO330	21,32	66,00		-	-	0,00	38,00	38,00	41,00	41,00	45,50	45,50	65,00	65,00	-	-	-	-	38,00	3,00	24,00
LMO345	21,51	71,80		-	-	0,00	37,00	37,00	48,00	48,00	50,00	50,00	63,00	63,00	-	-	-	-	37,00	11,00	15,00
LMO352	24,35	73,50		-	-	0,00	36,50	36,50	46,50	46,50	50,00	50,00	71,50	71,50	-	-	-	-	36,50	10,00	25,00
LMO354	22,38	67,50		-	-	0,00	41,00	41,00	49,50	49,50	51,00	51,00	67,50	67,50	-	-	-	-	41,00	8,50	18,00
LMO361	13,58	61,00												60,50							22,50
LO055	20,27	67,40		-	-	0,00	38,15	38,15	41,40	41,40	48,00	48,00	66,30	66,30	-	-	-	-	38,15	3,25	24,90
LO057	18,77	66,90		-	-	0,00	36,80	36,80	41,20	41,20	49,50	49,50	65,90	65,90	-	-	-	-	36,80	4,40	24,70
LO063	13,03	59,00		-	-	0,00	39,90	-	-	39,90	51,50	51,50	58,10	58,10	-	-	-	-	39,90	0,00	18,20
LO070	22,23	78,00		-	-	0,00	43,50	-	-	43,50	54,00	54,00	75,85	75,85	-	-	-	-	43,50	0,00	32,35
LO078	25,06	73,20		-	-	0,00	47,00			-	-	47,00	72,20	72,20	-	-	-	-	47,00		25,20
LO080	23,50	75,00		-	-	0,00	39,50	39,50	44,60	-	-	44,60	74,50	74,50	-	-	-	-	39,50	5,10	29,90
LO083	25,30	77,80		-	-	0,00	45,50			-	-	45,50	76,80	76,80	-	-	-	-	45,50		31,30
LO086	27,57	80,80		-	-	0,00	43,00	43,00	48,00	-	-	48,00	79,80	79,80	-	-	-	-	43,00	5,00	31,80
LO093	26,26	78,50		-	-	0,00	39,50	39,50	42,80	-	-	42,80	78,00	78,00	-	-	-	-	39,50	3,30	35,20
LO118	23,72	66,00		-	-	0,00	40,00	40,00	45,00	45,00	48,00	48,00	65,00	65,00	-	-	-	-	40,00	5,00	20,00
LO120	23,13	75,00		-	-	0,00	39,00	39,00	46,00	-	-	46,00	73,00	73,00	-	-	-	-	39,00	7,00	27,00
LO125	24,53	81,00		-	-	0,00	35,00	35,00	44,00	44,00	52,00	52,00	79,00	79,00	-	-	-	-	35,00	9,00	35,00
LOBOS10	27,74	55,00		-	-	0,00	39,60	39,60	47,00	47,00	-	-	-	-	-	-	-	-	39,60	7,40	
LOMAS23	16,59	55,95		-	-	0,00	28,20	28,20	33,10	33,10	41,50	41,50	54,00	54,00	-	-	-	-	28,20	4,90	20,90
LOMAS24	13,39	59,50		-	-	0,00	24,00	-	-	24,00	41,50	41,50	59,00	59,00	-	-	-	-	24,00	0,00	35,00
LOMAS47	21,00	72,00		-	-	0,00	43,00	43,00	48,00	48,00	63,00	63,00	70,00	70,00	-	-	-	-	43,00	5,00	22,00
LOMAS48	10,10	58,00		-	-	0,00	28,00	-	-	28,00	34,00	34,00	56,00	56,00	-	-	-	-	28,00	0,00	28,00
LOMAS50	18,26	67,80		-	-	0,00	36,00	36,00	43,00	43,00	56,00	56,00	66,00	66,00	-	-	-	-	36,00	7,00	23,00
LOMAS51	16,92	64,45		-	-	0,00	42,00	-	-	42,00	51,00	51,00	63,00	63,00	-	-	-	-	42,00	0,00	21,00
LOMAS53	14,42	59,00		-	-	0,00	40,00	40,00	44,00	44,00	48,00	48,00	58,50	58,50	-	-	-	-	40,00	4,00	14,50
LOMAS61	12,54	75,00	0,60	0,60	1,00	1,00	29,00	29,00	32,80	32,80	45,50	45,50	57,90	57,90	-	-	-	-	29,00	3,80	25,10
MARCOS01	30,02	78,00		-	-	0,00	47,50	47,50	53,80	-	-	53,80	77,50	77,50	-	-	-	-	47,50	6,30	23,70
MATANZA01	24,54	64,30		-	-	0,00	47,50	-	-	47,50	51,00	51,00	63,80	63,80	-	-	-	-	47,50	0,00	16,30
MATANZA02	24,09	75,75		-	-	0,00	38,10	38,10	42,20	42,20	51,60	51,60	74,75	74,75	-	-	-	-	38,10	4,10	32,55
MATANZA03	18,61	63,70		-	-	0,00	44,10	44,10	46,50	46,50	56,10	56,10	60,10	60,10	-	-	-	-	44,10	2,40	13,60
MATANZA05	10,73	64,55		0,00	0,70	0,70	29,15	29,15	32,00	32,00	40,10	40,10	64,45	64,45	-	-	-	-	29,15	2,85	32,45
MATANZA08	23,87	65,85		-	-	0,00	43,50	-	-	43,50	55,00	55,00	64,85	64,85	-	-	-	-	43,50	0,00	21,35
MATANZA11	9,59	56,70		-	-	0,00	29,00	29,00	35,00	35,00	41,00	41,00	54,35	54,35	-	-	-	-	29,00	6,00	19,35
MATANZA12	25,03	75,95		-	-	0,00	51,20	51,20	52,50	52,50	63,50	63,50	74,60	74,60	-	-	-	-	51,20	1,30	22,10
MATANZA18	27,67	70,80		-	-	0,00	43,50	43,50	45,50	45,50	58,80	58,80	70,45	70,45	-	-	-	-	43,50	2,00	24,95
MATANZA36	26,89	67,20		0,00	0,60	0,60	38,90	38,90	40,50	-	-	40,50	66,20	66,20	-	-	-	-	38,90	1,60	25,70
MATANZA37	3,93	51,41		-	-	0,00	28,00	-	-	28,00	29,00	29,00	51,00	51,00	-	-	-	-	28,00	0,00	23,00
MERLO01	24,38	67,00		-	-	0,00	43,00	43,00	46,00	46,00	48,00	48,00	67,00	67,00	-	-	-	-	43,00	3,00	21,00
MERLO03	28,46	73,00		-	-	0,00	42,00	42,00	51,00	51,00	58,00	58,00	72,00	72,00	-	-	-	-	42,00	9,00	21,00
MERLO04	15,95	55,54		-	-	0,00	42,50	42,50	45,00	-	-	45,00	-	-	-	-	-	-	42,50	2,50	
MERLO05	14,40	57,00		-	-	0,00	35,00	35,00	37,50	37,50	45,00	45,00	54,00	54,00	-	-	-	-	35,00	2,50	16,50
MERLO07	25,64	81,00		-	-	0,00	39,00	39,00	51,00	-	-	51,00	78,00	78,00	-	-	-	-	39,00	12,00	27,00
MN002	20,78	65,00		-	-	0,00	36,00	36,00	40,00	40,00	46,00	46,00	64,00	64,00	-	-	-	-	36,00	4,00	24,00
MN005	21,79	65,00		-	-	0,00	42,00	42,00	45,00	45,00	54,00	54,00	63,00	63,00	-	-	-	-	42,00	3,00	18,00
MN008	25,17	68,00		-	-	0,00	37,00	37,00	48,50	-	-	48,50	64,00	64,00	-	-	-	-	37,00	11,50	15,50
MN033	23,76	62,00		-	-	0,00	45,00	-	-	-	-	45,00	62,00	62,00	-	-	-	-	45,00	0,00	17,00
MO089	24,07	71,00		-	-	0,00	38,00	38,00	42,00	42,00	44,30	44,30	70,50	70,50	-	-	-	-	38,00	4,00	28,50
MO130	26,58	75,00		-	-	0,00	34,00	34,00	45,00	45,00	49,00	49,00	74,00	74,00	-	-	-	-	34,00	11,00	29,00
MO135	21,91	68,00		-	-	0,00	45,00	45,00	48,00	48,00	50,50	50,50	63,50	63,50	-	-	-	-	45,00	3,00	15,50
MO142	27,68	68,00		-	-	0,00	37,00	37,00	45,00	45,00	50,00	50,00	65,00	65,00	-	-	-	-	37,00	8,00	20,00
MO718	12,14	56,00		-	-	0,00	21,00	21,00	24,00	-	-	24,00	54,00	54,00	-	-	-	-	21,00	3,00	30,00
MORON03	26,44	70,00		-	-	0,00	42,00	42,00	46,80	46,80	68,70	68,70	69,70	69,70	-	-	-	-	42,00	4,80	22,90
MS025	19,76	68,25		-	-	0,00	45,20	45,20	49,20	49,20	50,90	50,90	67,05	67,05	-	-	-	-	45,20	4,00	17,85
MS027	20,32	73,70		-	-	0,00	48,20	48,20	50,80	-	-	50,80	73,20	73,20	-	-	-	-	48,20	2,60	22,40
MS090	18,44	70,00		0,00	3,00	3,00	35,00	35,00	40,00	-	-	40,00	70,00	70,00	-	-	-	-	35,00	5,00	30,00
MS092	12,31	64,00		-	-	0,00	33,00	33,00	37,00	-	-	37,00	62,00	62,00	-	-	-	-	33,00	4,00	25,00
MS105	6,58	57,00		0,00	6?	6?	26,00	26,00	28,00	28,00	39,00	39,00	55,00	55,00	-	-	-	-	26,00	2,00	27,00
P18bis	20,54	71,00		-	-	0,00	42,00	42,00	44,00	44,00	46,00	46,00	70,50	70,50	-	-	-	-	42,00	2,00	26,50

Tabla A.2. Datos hidrogeológicos (continuación)

celda vacia: sin información.

" - " : No esta presente.

Nombre del pozo	cota IGM interpolada (m)	Prof. perforada (mbns)	CAPA 1					CAPA 2		CAPA 3				Fm Paraná		Fm. Olivos		BASAMENTO			
			RELLENO artificial	Sed. Post-Pampeano		Sed. Pampeanos		Arcillas acuitardas		Arenas interc. c/lim. y arcillas		Arenas cuarzosas							Espesor CAPA 1	Espesor CAPA 2	Espesor CAPA 3
			Espesor (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)	Base (m)	Techo (m)			
PERON01	28,12	83,00		-	-	0,00	53,00	53,00	55,00	-	-	55,00	81,00	81,00	-	-	-	-	53,00	2,00	26,00
PP4	21,06	70,00		-	-	0,00	38,00	38,00	42,00	42,00	49,00	49,00	69,00	69,00	-	-	-	-	38,00	4,00	27,00
QU037	15,81	59,00		-	-	0,00	26,00	26,00	27,00	27,00	36,00	36,00	58,00	58,00	-	-	-	-	26,00	1,00	31,00
QU141	9,82	59,00						33,00	38,00					58,50					33,00	5,00	20,50
QU704	6,83	54,00		-	-	0,00	22,00	22,00	24,00	24,00	42,00	42,00	52,00	52,00	-	-	-	-	22,00	2,00	28,00
QUILMES01	6,13	65,00								36,00	48,50	48,50	65,00	65,00	-	-	-	-	36,00		29,00
QUILMES13	21,45	66,35		-	-	0,00	43,50	-	-	43,50	45,60	45,60	65,35	65,35	-	-	-	-	43,50	0,00	21,85
Riachuelo05	5,90	301,20		0,00	30,00	-	-			-	-	30,00	58,00	58,00	243,00	243,00	-	-	30,00		28,00
Riachuelo06	31,26	716,90		-	-	0,00	62,66	62,66	72,86	-	-	72,86	95,65	95,65	368,00	368,00	-		62,66	10,20	22,79
Riachuelo10	10,36	55,09		-	-	0,00	31,70			-	-	31,70	54,24	54,24	-	-	-	-	31,70		22,54
S1	29,69	74,00		-	-	0,00	45,00	45,00	49,00	49,00	51,00	51,00	73,50	73,50	-	-	-	-	45,00	4,00	24,50
S18MERLO	26,53	72,00		-	-	0,00	42,00	42,00	48,00	-	-	48,00	70,00	70,00	-	-	-	-	42,00	6,00	22,00
S1EZE	10,72	56,50		-	-	0,00	38,50	38,50	43,00	-	-	43,00	55,00	55,00	-	-	-	-	38,50	4,50	12,00
S1LOMAS	5,02	48,00		0,00	16,00	16,00	22,00	22,00	26,00	-	-	26,00	46,00	46,00	-	-	-	-	22,00	4,00	20,00
S2	10,67	60,00		-	-	0,00	28,00	28,00	33,00	-	-	33,00	57,00	57,00	-	-	-	-	28,00	5,00	24,00
S2LOMAS	5,98	51,00		0,00	2,00	2,00	23,00	23,00	25,00	25,00	31,00	31,00	48,00	48,00	-	-	-	-	23,00	2,00	23,00
S2MARTIN	19,17	59,00		-	-	0,00	36,00	36,00	38,00	-	-	38,00	52,00	52,00	-	-	-	-	36,00	2,00	14,00
S3EZE	18,68	72,00		-	-	0,00	39,00	39,00	45,50	45,50	48,00	48,00	67,50	67,50	-	-	-	-	39,00	6,50	22,00
SA012	9,05	66,00		-	-	0,00	32,00	-	-	32,00	42,00	42,00	61,00	61,00	-	-	-	-	32,00	0,00	29,00
SA023	17,64	67,00		-	-	0,00	33,00	-	-	33,00	36,00	36,00	64,00	64,00	-	-	-	-	33,00	0,00	31,00
SA028	18,15	69,00		-	-	0,00	34,00	34,00	38,00	-	-	38,00	67,00	67,00	-	-	-	-	34,00	4,00	29,00
Sarandi01	3,74	34,20		0,00	25,90	-	-	25,90	26,80	26,80	31,60	31,60	-	-	-	-	-	-	25,90	0,90	
SCa3	24,98	71,00		-	-	0,00	40,00	40,00	49,00	-	-	49,00	68,00	68,00	-	-	-	-	40,00	9,00	19,00
SE003	20,02	73,00		-	-	0,00	45,00	45,00	48,00	-	-	48,00	67,00	67,00	-	-	-	-	45,00	3,00	19,00
SE006	22,66	78,00		-	-	0,00	42,00	42,00	47,00	47,00	55,00	55,00	73,00	73,00	-	-	-	-	42,00	5,00	26,00
SE008	19,13	84,00		-	-	0,00	38,00	38,00	49,00	49,00	57,00	57,00	78,00	78,00	-	-	-	-	38,00	11,00	29,00
SE014	21,23	71,80		-	-	0,00	43,70	43,70	48,70	48,70	52,00	52,00	71,80	71,80	-	-	-	-	43,70	5,00	23,10
SE015	24,48	71,00		-	-	0,00	44,80	44,80	49,20	49,20	59,30	59,30	70,30	70,30	-	-	-	-	44,80	4,40	21,10
SE016	24,45	75,00		-	-	0,00	47,00	47,00	51,00	51,00	56,00	56,00	72,00	72,00	-	-	-	-	47,00	4,00	21,00
SE023	23,68	73,00		-	-	0,00	41,00	41,00	47,00	47,00	50,00	50,00	72,00	72,00	-	-	-	-	41,00	6,00	25,00
SEz1	17,68	73,00		-	-	0,00	41,00			41,00	49,00	49,00	72,00	72,00	-	-	-	-	41,00		31,00
SF4	5,14	44,00		-	-	0,00	17,00	17,00	20,00	-	-	20,00	40,00	40,00	-	-	-	-	17,00	3,00	20,00
SG006	16,87	62,00		-	-	0,00	37,00	37,00	40,00	-	-	40,00	61,50	61,50	-	-	-	-	37,00	3,00	21,50
SG007	27,05	77,00		-	-	0,00	47,00	47,00	49,00	49,00	51,00	51,00	76,00	76,00	-	-	-	-	47,00	2,00	27,00
SG021	19,44	76,50		-	-	0,00	40,00	40,00	44,00	-	-	44,00	74,00	74,00	-	-	-	-	40,00	4,00	30,00
SG024	27,01	79,00		-	-	0,00	49,00	49,00	52,00	-	-	52,00	76,00	76,00	-	-	-	-	49,00	3,00	24,00
SG033	22,02	78,00		-	-	0,00	43,00	43,00	46,00	46,00	50,00	50,00	75,00	75,00	-	-	-	-	43,00	3,00	29,00
SG035	26,38	77,00		-	-	0,00	45,00	45,00	49,00	-	-	49,00	70,00	70,00	-	-	-	-	45,00	4,00	21,00
SG039	22,41	72,00		-	-	0,00	41,00	-	-	-	-	41,00	67,00	67,00	-	-	-	-	41,00	0,00	26,00
SH15	25,29	72,00		-	-	0,00	50,00	50,00	53,00	53,00	56,00	56,00	70,00	70,00	-	-	-	-	50,00	3,00	17,00
SL009	26,31	76,00		-	-	0,00	45,00	45,00	53,50	53,50	60,00	60,00	73,50	73,50	-	-	-	-	45,00	8,50	20,00
SL018	20,10	71,00		-	-	0,00	35,00	35,00	42,00	42,00	46,50	46,50	69,50	69,50	-	-	-	-	35,00	7,00	27,50
SL019	20,68	71,00		-	-	0,00	34,50	34,50	39,00	39,00	40,50	40,50	70,00	70,00	-	-	-	-	34,50	4,50	31,00
SM002	7,36	54,00		-	-	0,00	26,00	26,00	27,00	27,00	33,00	33,00	45,00	45,00	-	-	-	-	26,00	1,00	18,00
ST1	12,19	59,00		-	-	0,00	30,00	30,00	36,00	36,00	39,00	39,00	55,00	55,00	-	-	-	-	30,00	6,00	19,00
ST3	15,23	60,00		-	-	0,00	24,00	24,00	29,00	29,00	40,00	40,00	59,00	59,00	-	-	-	-	24,00	5,00	30,00
SU007	25,25	84,00		-	-	0,00	43,00	43,00	49,50	49,50	56,00	56,00	79,50	79,50	-	-	-	-	43,00	6,50	30,00
SU018	25,26	82,00		0,00	1,00	1,00	45,00	45,00	51,00	-	-	51,00	81,00	81,00	-	-	-	-	45,00	6,00	30,00
SU021	22,81	83,00		-	-	0,00	45,00	45,00	51,00	51,00	70,00	70,00	80,00	80,00	-	-	-	-	45,00	6,00	29,00
SU026	23,99	76,00		-	-	0,00	42,00	42,00	48,00	48,00	50,50	50,50	74,00	74,00	-	-	-	-	42,00	6,00	26,00
VillaDominico01	3,97	31,80		0,00	25,05	-	-	-	-	25,05	26,50	26,50	-	-	-	-	-	-	25,05	0,00	
Zoologico01	5,20	310,83		0,00	16,00	16,00	36,00	-	-	-	-	36,00	61,40	61,40	78,90	78,90	291,50	291,50	36,00	0,00	25,40

Tabla A.2. Datos hidrogeológicos (continuación)

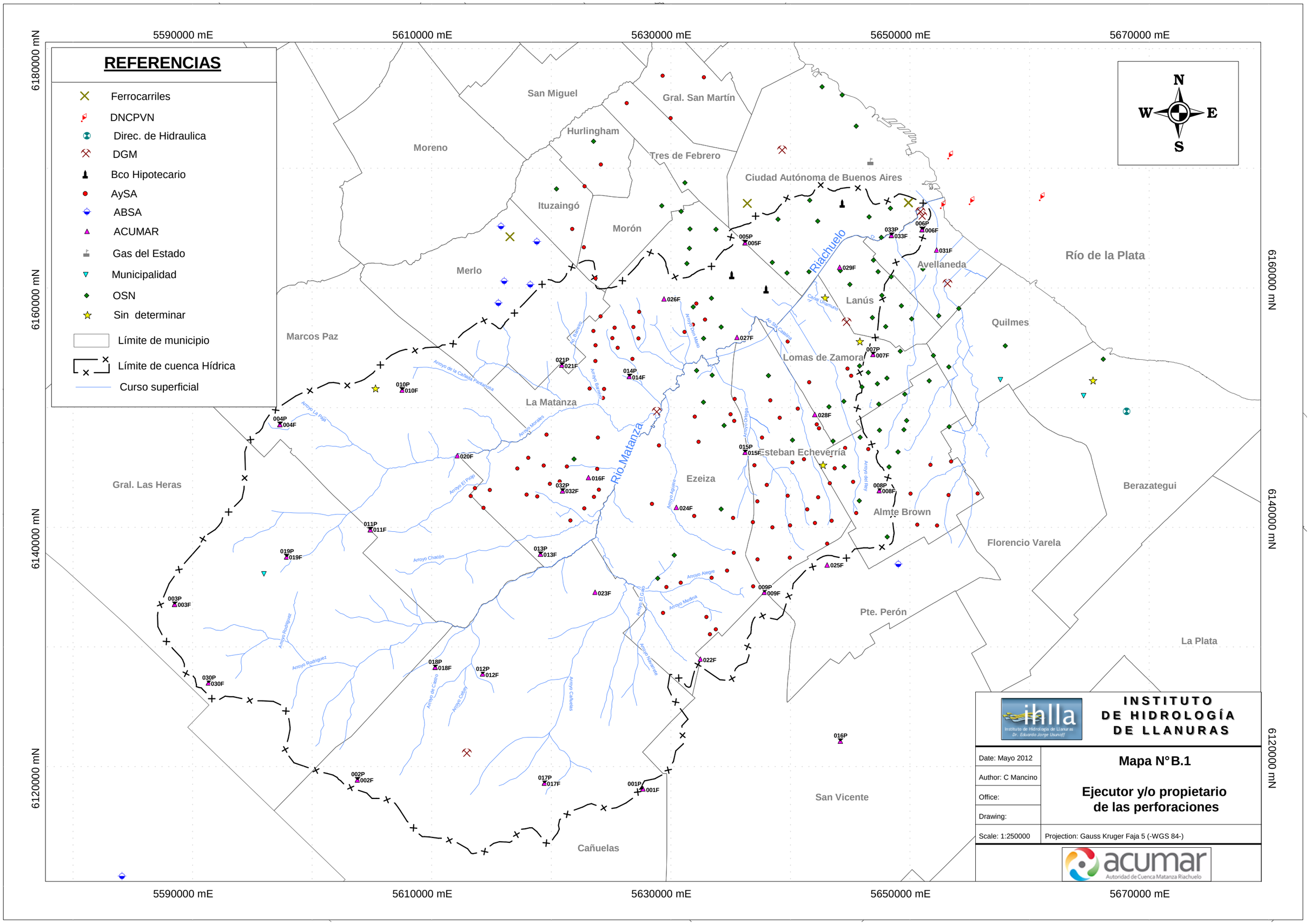
Anexo B

Geometría del subsuelo

Confección de mapas

Se realizaron mapas isopáquicos, mapas de cotas de techo y base de las capas empleando el método de interpolación Kriging y el programa Surfer. La coordenada utilizada fue Gauss Kruger Faja 5, elipsoide de referencia WGS84.

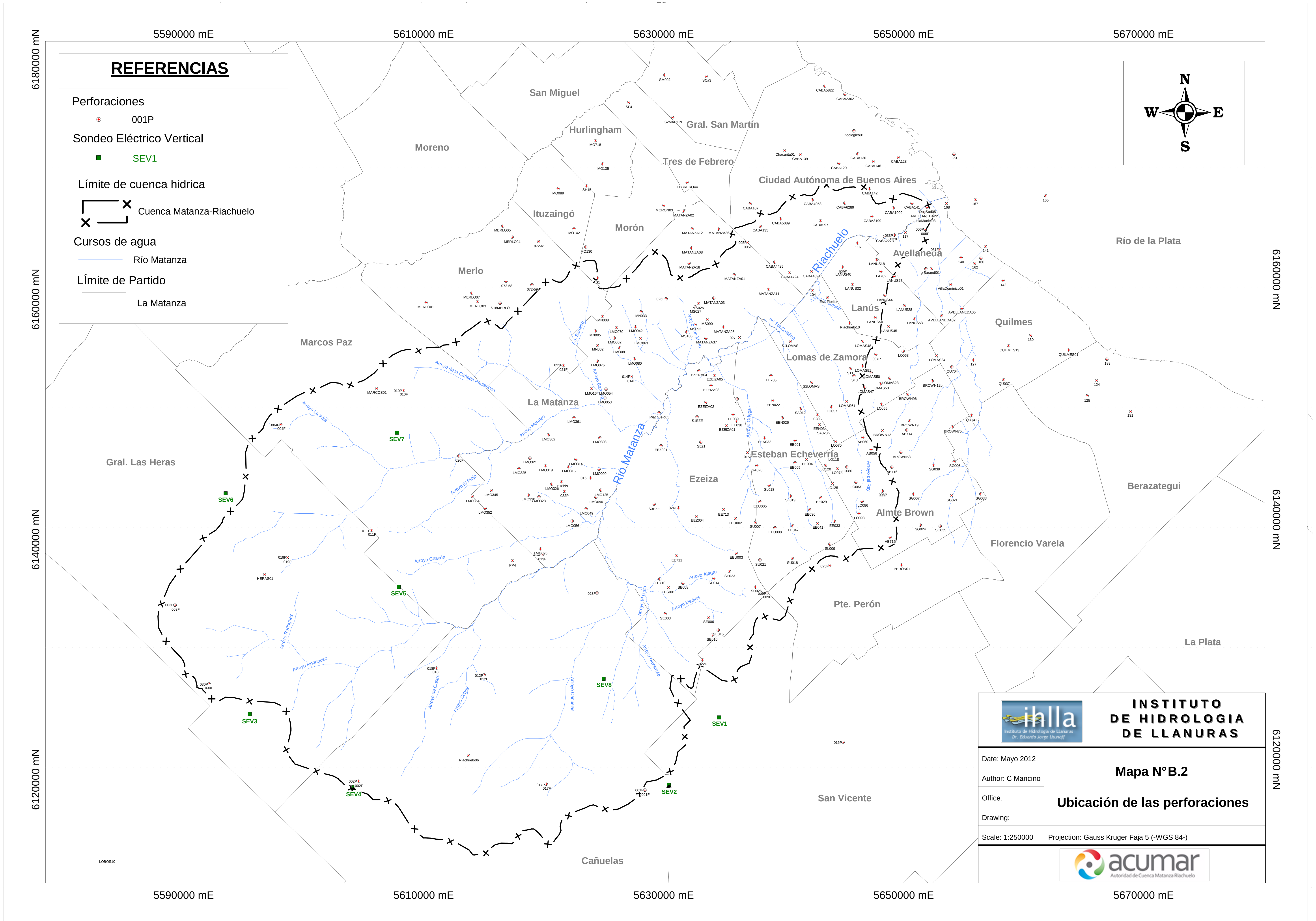
Mediante el programa MapInfo se elaboró una base SIG conteniendo información general, geológica e hidrogeológica de las perforaciones. Se realizaron mapas donde se muestran los ejecutores y/o propietarios de las perforaciones (Mapa B.1), ubicación de las perforaciones (Mapa B.2) y capas atravesadas por cada perforación.



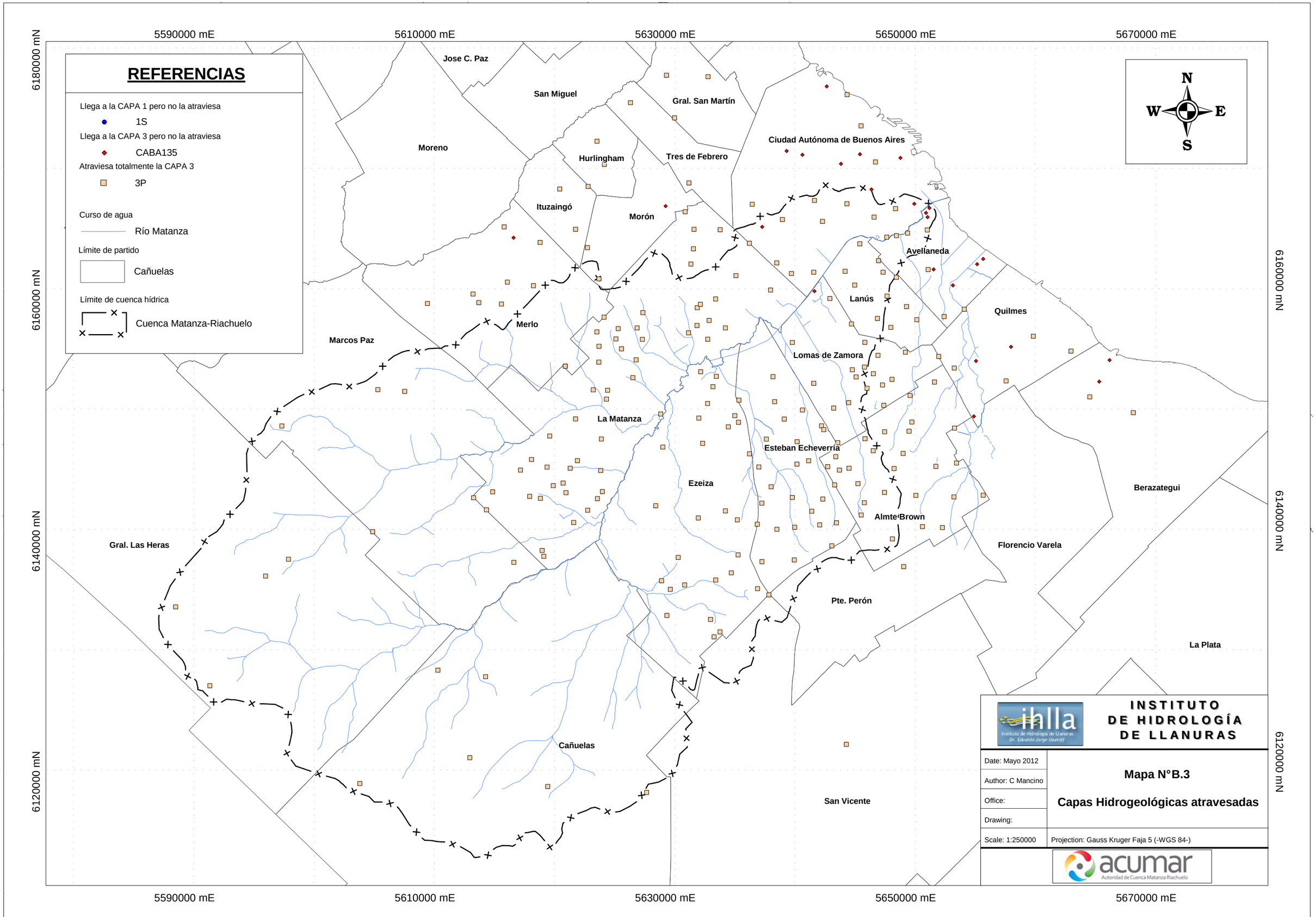
	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA DE LLANURAS
Date: Mayo 2012	**Mapa N°B.1**
Author: C Mancino	
Office:	**Ejecutor y/o propietario de las perforaciones**
Drawing:	
Scale: 1:250000	Projection: Gauss Kruger Faja 5 (-WGS 84-)

ihlla — Instituto de Hidrología de Llanuras Dr. Eduardo Jorge Usunoff

acumar — Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo



REFERENCIAS
Perforaciones
001P
Sondeo Eléctrico Vertical
SEV1
Límite de cuenca hidrica
Cuenca Matanza-Riachuelo
Cursos de agua
Río Matanza
Límite de Partido
La Matanza
5590000 mE
5610000 mE
5630000 mE
5650000 mE
5670000 mE
6180000 mN
6160000 mN
6140000 mN
6120000 mN
N
W
E
S
San Miguel
Gral. San Martín
Hurlingham
Moreno
Tres de Febrero
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Ituzaingó
Morón
Merlo
Avellaneda
Río de la Plata
Riachuelo
Lanús
Quilmes
Marcos Paz
Lomas de Zamora
La Matanza
Gral. Las Heras
Esteban Echeverría
Ezeiza
Río Matanza
Almte Brown
Berazategui
Florencio Varela
Pte. Perón
La Plata
San Vicente
Cañuelas
SEV1
SEV2
SEV3
SEV4
SEV5
SEV6
SEV7
SEV8
INSTITUTO DE HIDROLOGIA DE LLANURAS
ihlla
Date: Mayo 2012
Author: C Mancino
Office:
Drawing:
Scale: 1:250000
Mapa N°B.2
Ubicación de las perforaciones
Projection: Gauss Kruger Faja 5 (-WGS 84-)
acumar
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo


5590000 mE
5610000 mE
5630000 mE
5650000 mE
5670000 mE
6180000 mN
6160000 mN
6140000 mN
6120000 mN
REFERENCIAS
Llega a la CAPA 1 pero no la atraviesa
1S
Llega a la CAPA 3 pero no la atraviesa
CABA135
Atraviesa totalmente la CAPA 3
3P
Curso de agua
Río Matanza
Límite de partido
Cañuelas
Límite de cuenca hídrica
Cuenca Matanza-Riachuelo
N
W
E
S
Jose C. Paz
San Miguel
Gral. San Martín
Moreno
Hurlingham
Tres de Febrero
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Ituzaingó
Morón
Avellaneda
Lanús
Quilmes
Merlo
Marcos Paz
Lomas de Zamora
La Matanza
Esteban Echeverría
Ezeiza
Almte Brown
Berazategui
Florencio Varela
Gral. Las Heras
Pte. Perón
La Plata
Cañuelas
San Vicente
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA DE LLANURAS
Date: Mayo 2012
Author: C Mancino
Office:
Drawing:
Mapa N°B.3
Capas Hidrogeológicas atravesadas
Scale: 1:250000
Projection: Gauss Kruger Faja 5 (-WGS 84-)

5570000 5590000 5610000 5630000 5650000 5670000

6180000 6170000 6160000 6150000 6140000 6130000 6120000 6110000

70 65 60 55 50 45 40 35 30 25 20 15 10

N

Río de la Plata

REFERENCIAS

- Curso de agua
- 20 Curva de isovalor
- Límite de municipios
- Límite de cuenca hídrica

ihlla Instituto de Hidrología de Llanuras Dr. Eduardo Jorge Usunoff

acumar Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo

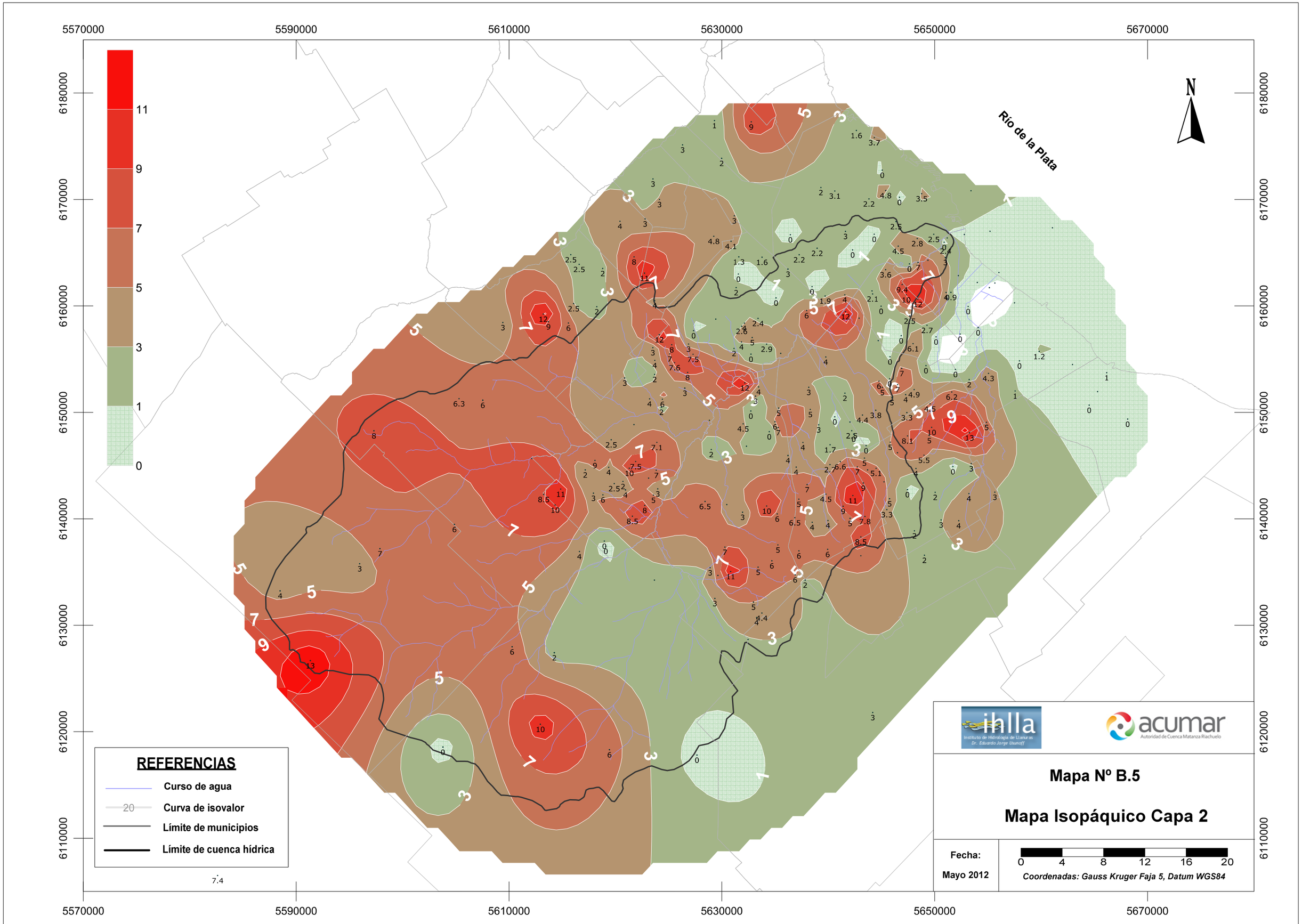
Mapa Nº B.4

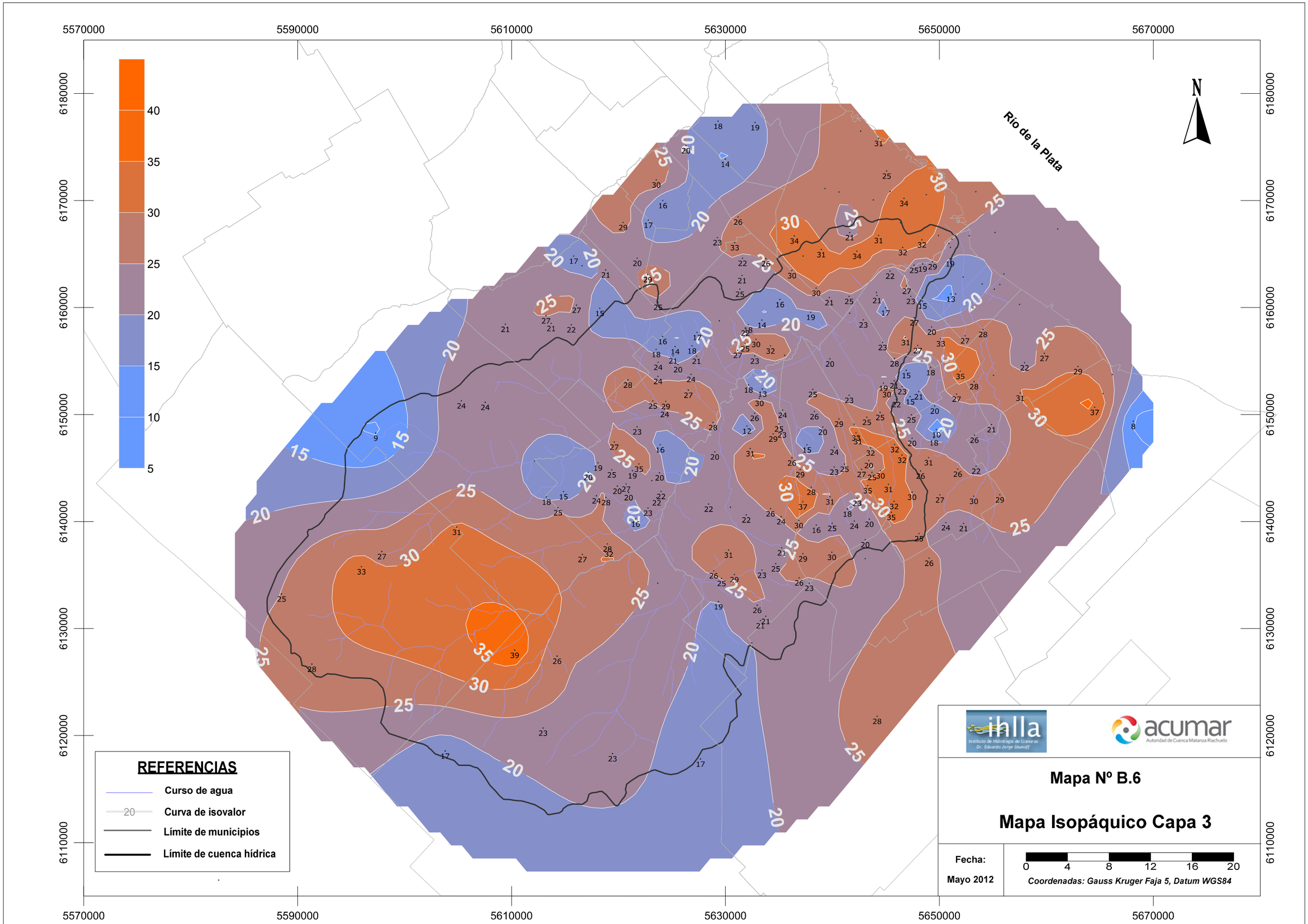
Mapa Isopáquico Capa 1

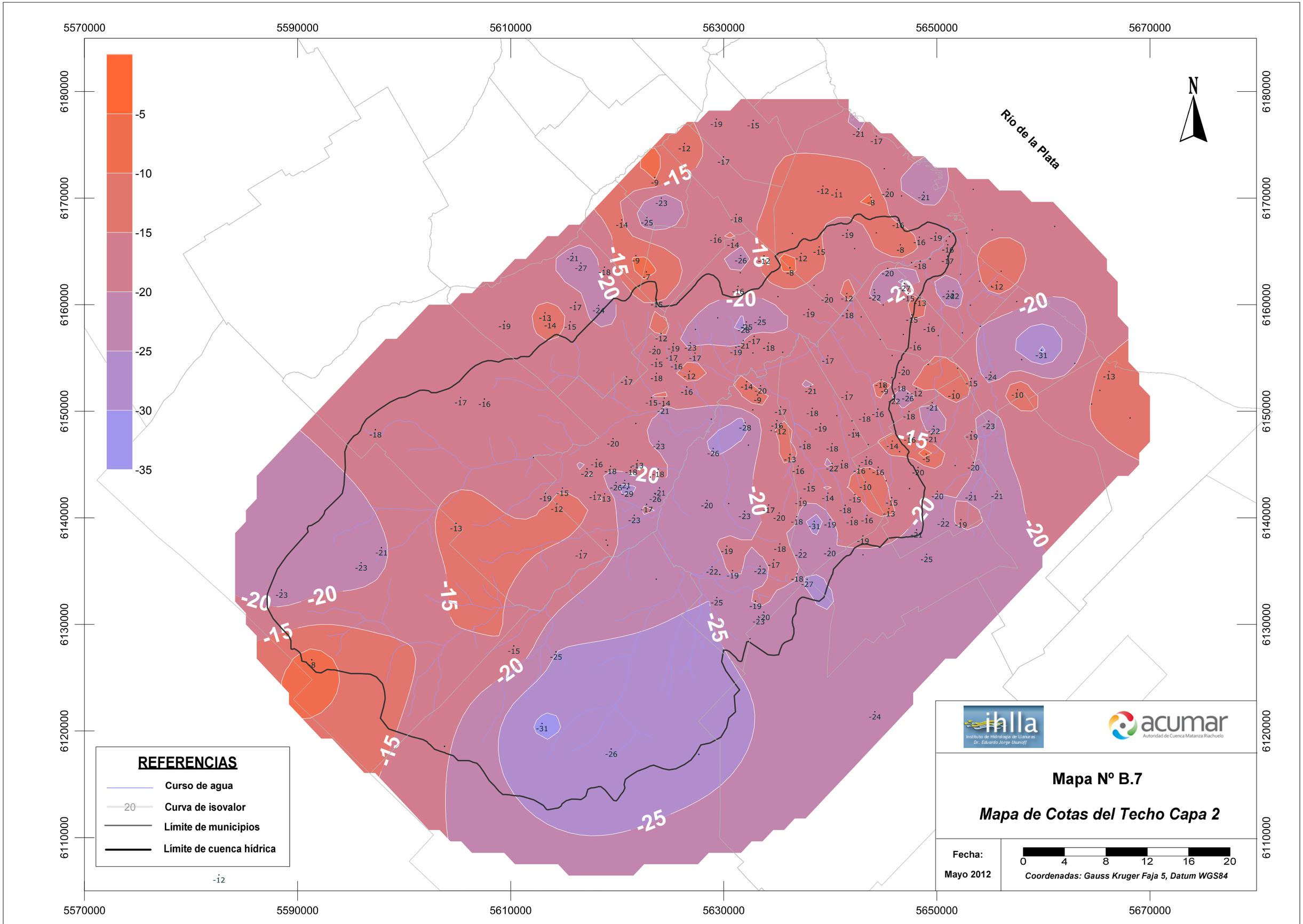
Fecha: Mayo 2012

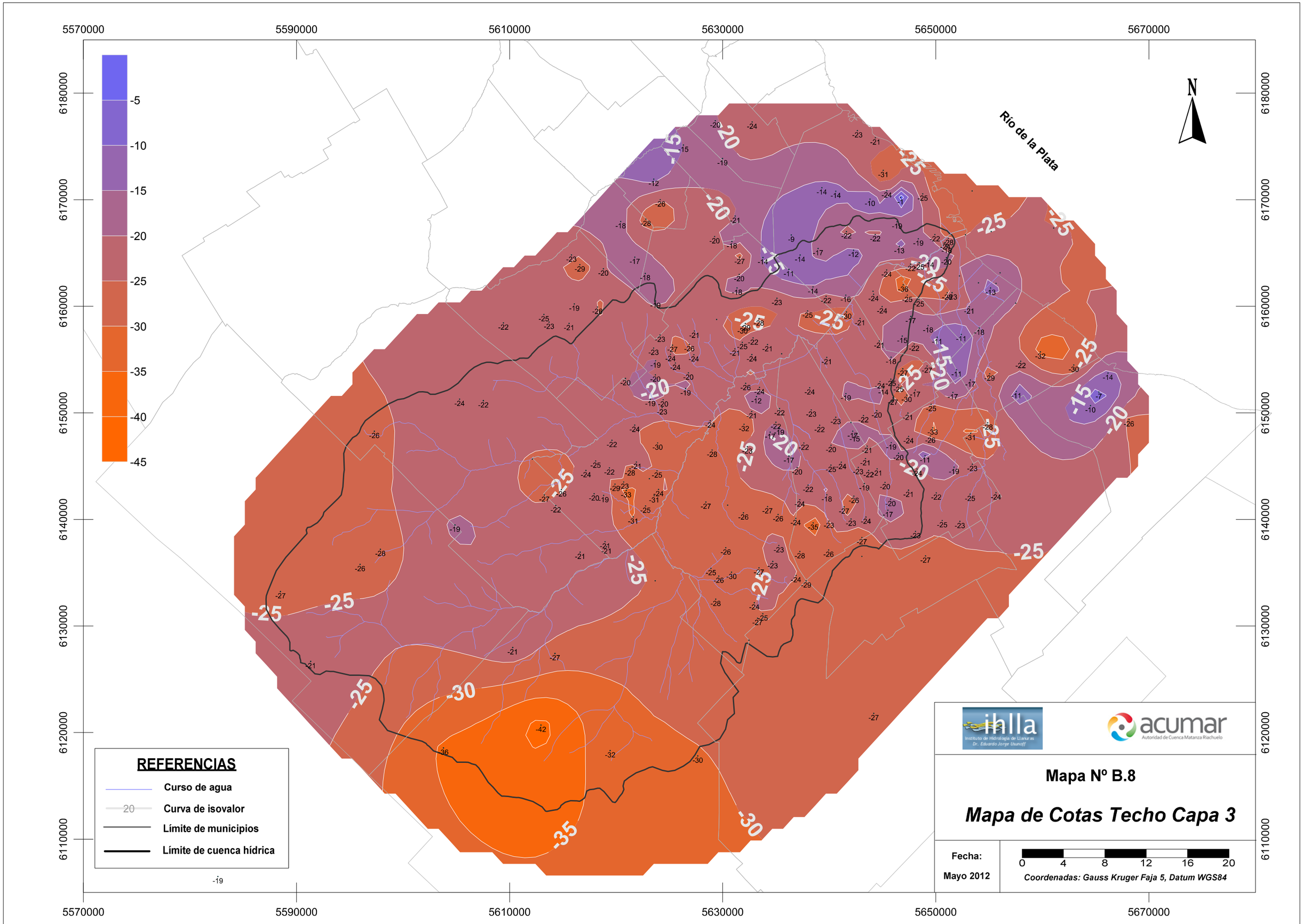
0 4 8 12 16 20

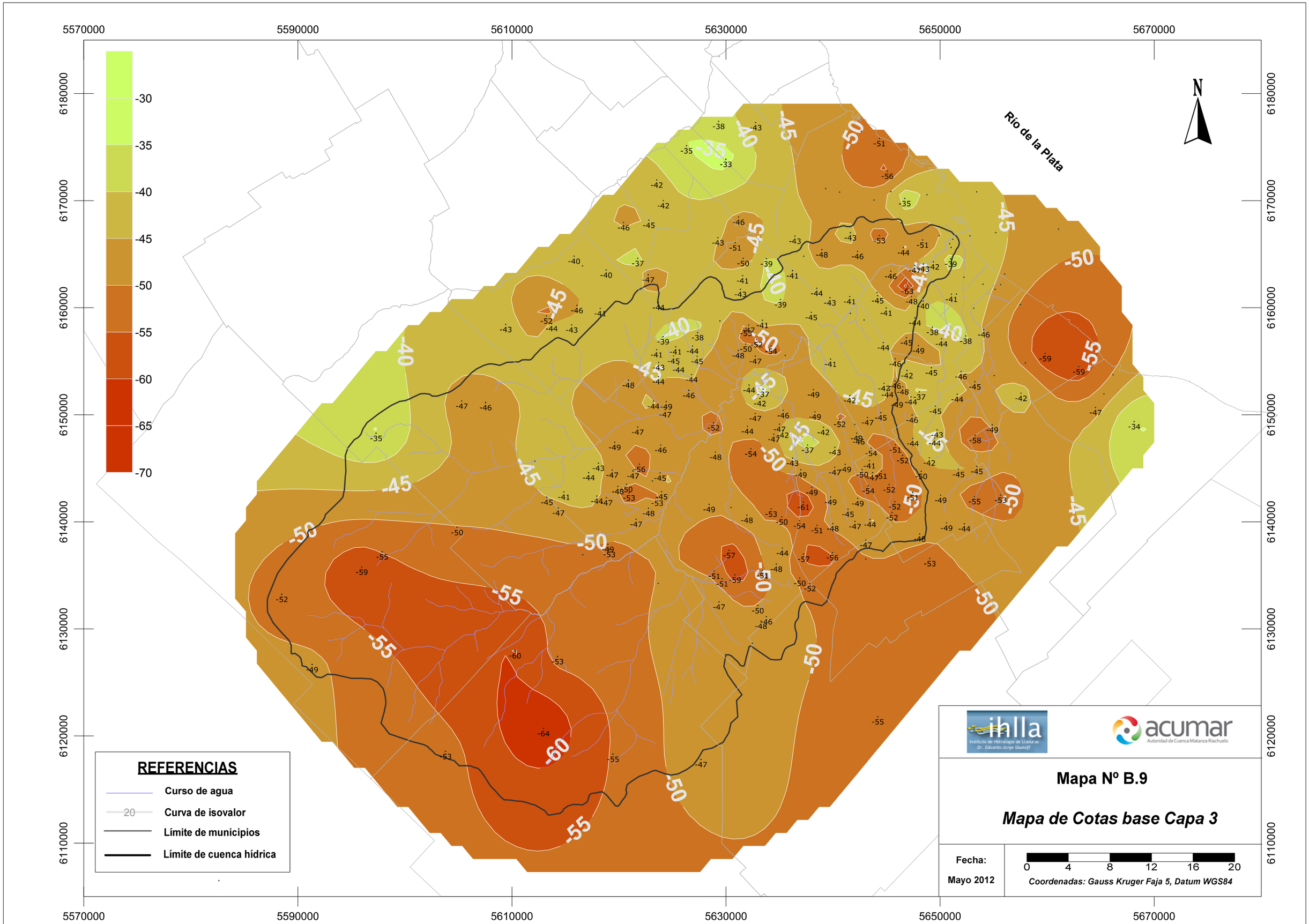
Coordenadas: Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84


5570000
5590000
5610000
5630000
5650000
5670000
6180000
6170000
6160000
6150000
6140000
6130000
6120000
6110000
11
9
7
5
3
1
0
N
Río de la Plata
REFERENCIAS
Curso de agua
20
Curva de isovalor
Límite de municipios
Límite de cuenca hídrica
ihlla
Instituto de Hidrología de Llanuras
Dr. Eduardo Jorge Usunoff
acumar
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo
Mapa Nº B.5
Mapa Isopáquico Capa 2
Fecha:
Mayo 2012
0 4 8 12 16 20
Coordenadas: Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84


5570000
5590000
5610000
5630000
5650000
5670000
6180000
6170000
6160000
6150000
6140000
6130000
6120000
6110000
40
35
30
25
20
15
10
5
N
Río de la Plata
REFERENCIAS
Curso de agua
20
Curva de isovalor
Límite de municipios
Límite de cuenca hídrica
ihlla
Instituto de Hidrología de Llanuras
Dr. Eduardo Jorge Usunoff
acumar
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo
Mapa Nº B.6
Mapa Isopáquico Capa 3
Fecha:
Mayo 2012
0 4 8 12 16 20
Coordenadas: Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84


5570000
5590000
5610000
5630000
5650000
5670000
6180000
6170000
6160000
6150000
6140000
6130000
6120000
6110000
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
N
Río de la Plata
REFERENCIAS
Curso de agua
20 Curva de isovalor
Límite de municipios
Límite de cuenca hídrica
ihlla
Instituto de Hidrología de Llanuras Dr. Eduardo Jorge Usunoff
acumar
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo
Mapa Nº B.7
Mapa de Cotas del Techo Capa 2
Fecha:
Mayo 2012
0 4 8 12 16 20
Coordenadas: Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84


5570000
5590000
5610000
5630000
5650000
5670000
6180000
6170000
6160000
6150000
6140000
6130000
6120000
6110000
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
N
Río de la Plata
REFERENCIAS
Curso de agua
Curva de isovalor
Límite de municipios
Límite de cuenca hídrica
ihlla
Instituto de Hidrología de Llanuras
Dr. Eduardo Jorge Usunoff
acumar
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo
Mapa Nº B.8
Mapa de Cotas Techo Capa 3
Fecha:
Mayo 2012
0 4 8 12 16 20
Coordenadas: Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84


5570000
5590000
5610000
5630000
5650000
5670000
6180000
6170000
6160000
6150000
6140000
6130000
6120000
6110000
-30
-35
-40
-45
-50
-55
-60
-65
-70
N
Río de la Plata
REFERENCIAS
Curso de agua
20
Curva de isovalor
Límite de municipios
Límite de cuenca hídrica
ihlla
Instituto de Hidrología de Llanuras
Dr. Eduardo Jorge Usunoff
acumar
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo
Mapa Nº B.9
Mapa de Cotas base Capa 3
Fecha:
Mayo 2012
0 4 8 12 16 20
Coordenadas: Gauss Kruger Faja 5, Datum WGS84

Anexo C

Sondeos Eléctricos Verticales

Tabla C.1. Datos interpretados del SEV 1.

Resistividad (Ω - m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
12.8	2.5	2.57
10.4	38.2	40.8
30	13	53.8
54.1	24.5	78.2
6.1		

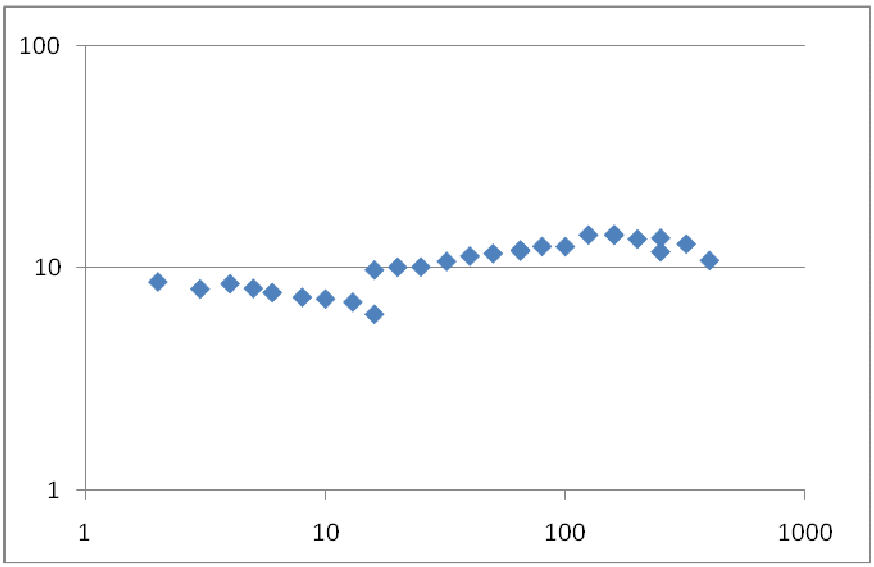


Figura C.1. Curva de campo SEV 1. En eje Y Resistividad aparente (ohm-m); en eje X AB/2 (m).

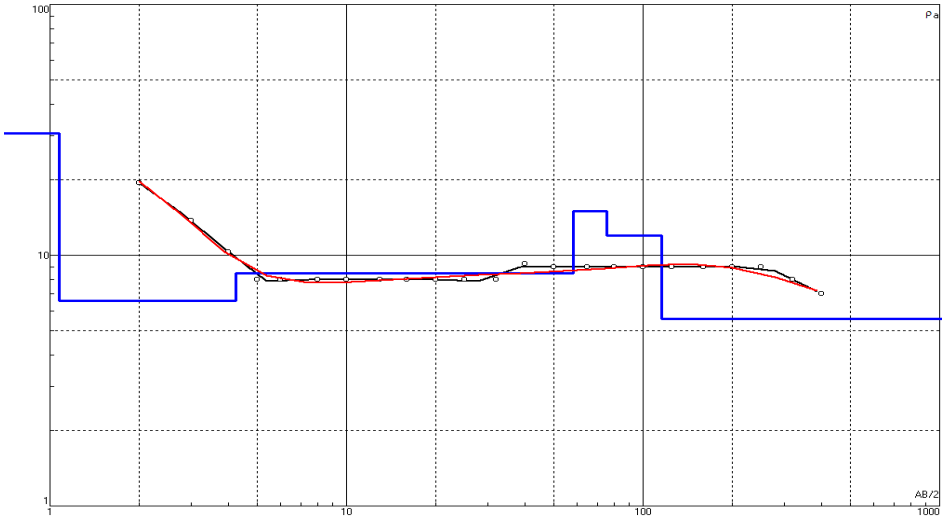


Figura C.2. Curva interpretada del SEV 1. Negro: curva de campo, Rojo: curva modelada, Azul: interpretación. En eje Y Resistividad verdadera (ohm); en eje X espesor (m).

Tabla C.2. Datos interpretados del SEV 2 (Paramétrico con pozo 1P)

Resistividad (Ω - m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
30.6	1	1
6.5	3.1	4.2
8.4	54	58.2
15	17	75.2
12	48	115
5.5		

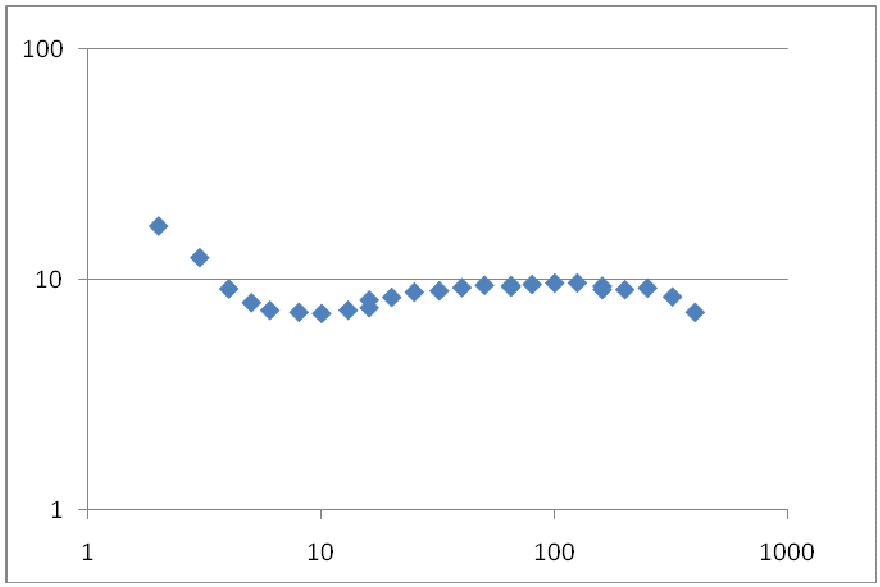


Figura C.3. Curva de campo SEV 2. En eje Y Resistividad aparente (ohm-m); en eje X AB/2 (m).

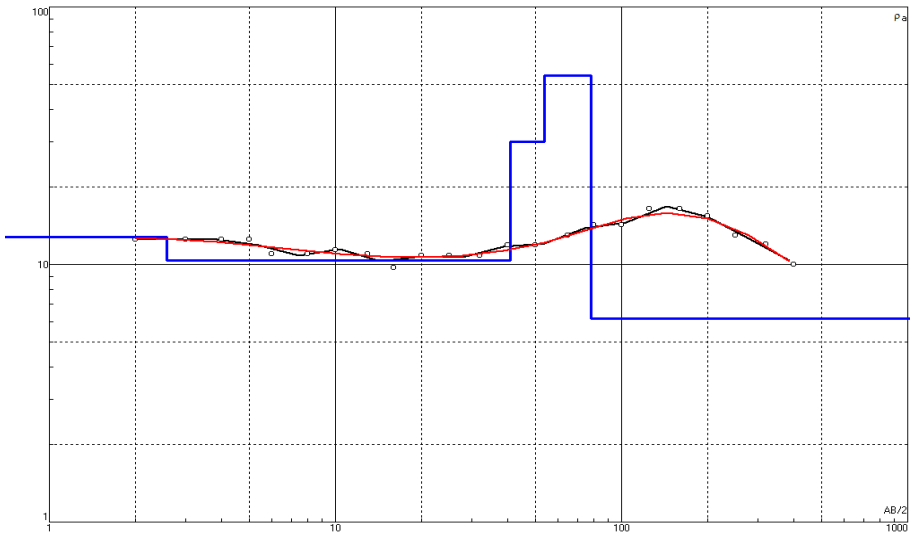


Figura C.4. Curva interpretada del SEV 2. Negro: curva de campo, Rojo: curva modelada, Azul: interpretación. En eje Y Resistividad verdadera (ohm); en eje X espesor (m).

Tabla C.3. Datos interpretados del SEV 3.

Resistividad (Ω - m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
16.9	1.2	1.2
7.8	50.1	51.3
10.7	25	76.3
12	25	101
3.3		

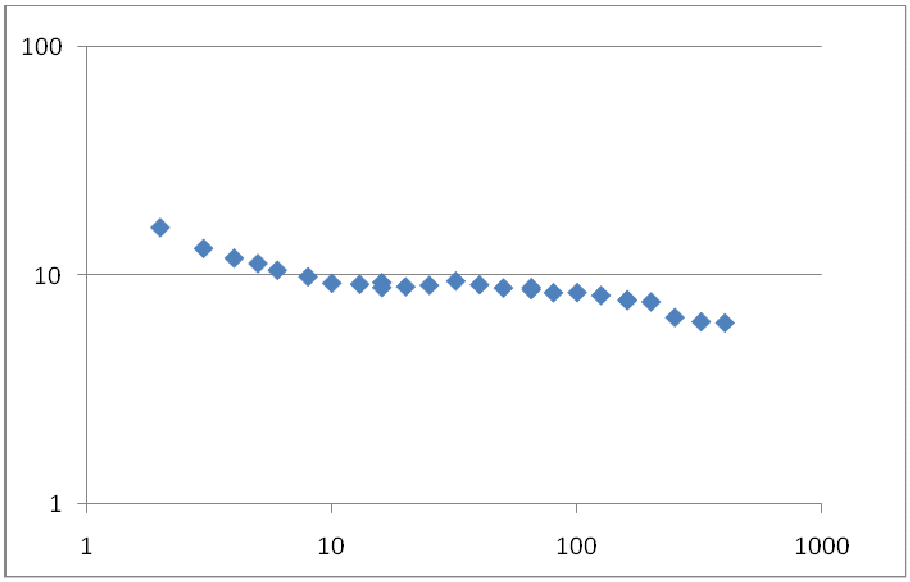


Figura C.5. Curva de campo SEV 3. En eje Y Resistividad aparente (ohm-m); en eje X distancia (m).

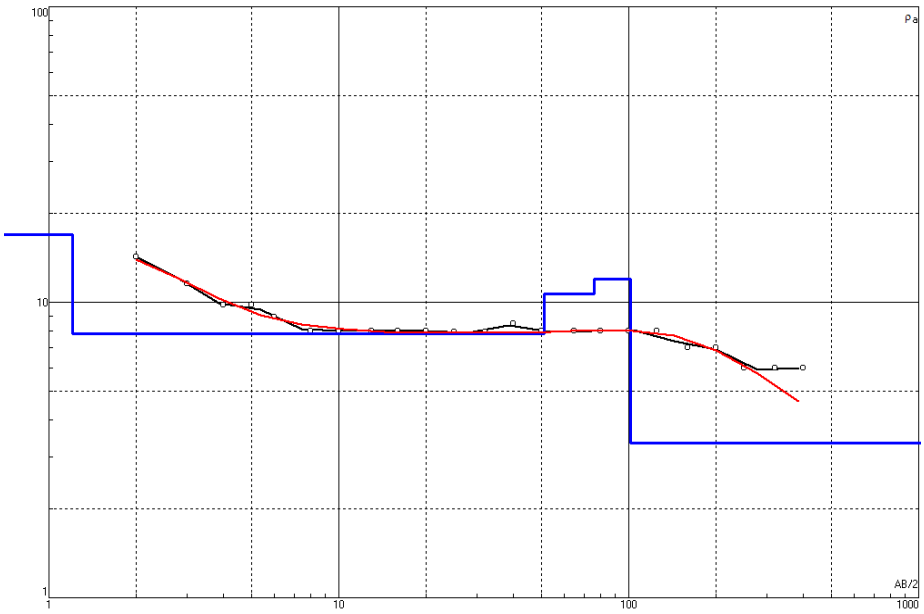


Figura C.6. Curva interpretada del SEV 3. Negro: curva de campo, Rojo: curva modelada, Azul: interpretación. En eje Y Resistividad verdadera (ohm); en eje X espesor (m).

Tabla C.4. Datos interpretados del SEV 4 (Paramétrico con pozo 2P).

Resistividad (Ω - m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
14.5	1	1
22	1.5	2.5
8	6.2	8.7
11.2	21.6	30.4
6.9	42.9	73.3
17.1	13.9	87.2
7.7		

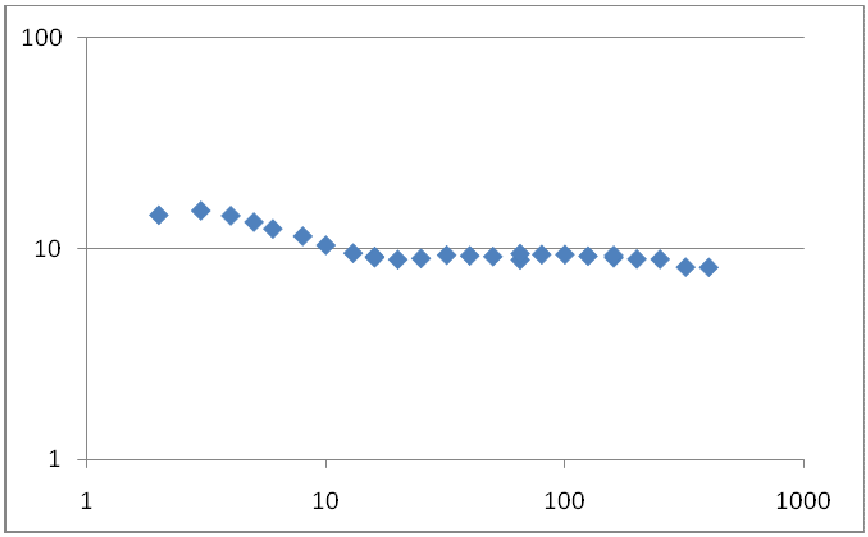


Figura C.7. Curva de campo SEV 4. En eje Y Resistividad aparente (ohm-m); en eje X distancia (m).

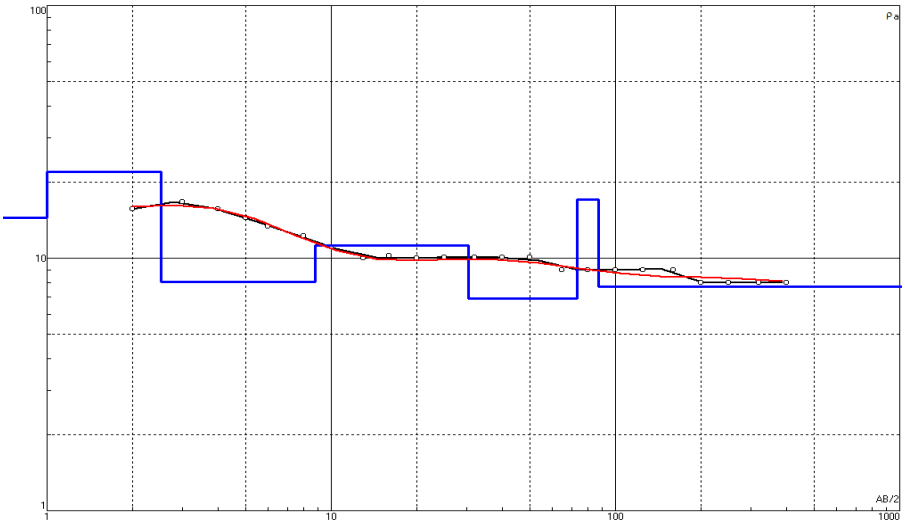


Figura C.8. Curva interpretada del SEV 4. Negro: curva de campo, Rojo: curva modelada, Azul: interpretación. En eje Y Resistividad verdadera (ohm); en eje X espesor (m).

Tabla C.5. Datos interpretados del SEV 5.

Resistividad (Ω - m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
10.3	4.9	4.9
5.8	5.0	10
28.5	6.3	16.3
6.8	30.9	47.2
36.7	32.7	80
9.0		

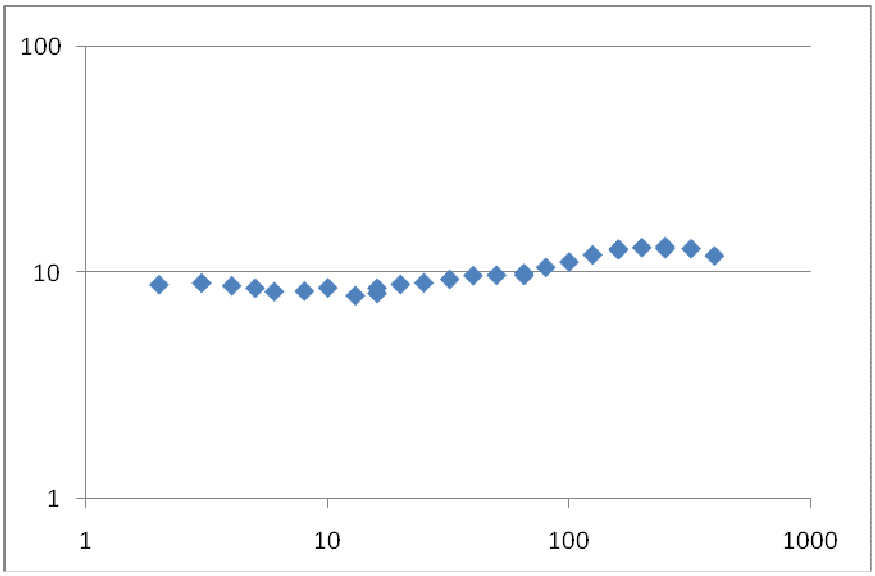


Figura C.9. Curva de campo SEV 5. En eje Y Resistividad aparente (ohm-m); en eje X distancia (m).

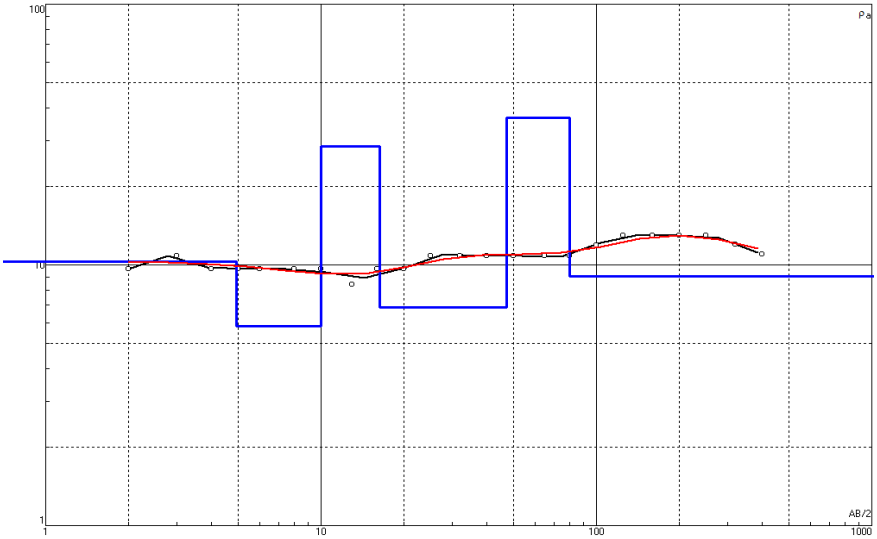


Figura C.10. Curva interpretada del SEV 5. Negro: curva de campo, Rojo: curva modelada, Azul: interpretación. En eje Y Resistividad verdadera (ohm); en eje X espesor (m).

Tabla 6. Datos interpretados del SEV 6.

Resistividad (Ω - m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
11.3	2.3	2.3
4.8	2.2	4.5
7.0	56.6	61.2
11	20.5	81.7
5.5		

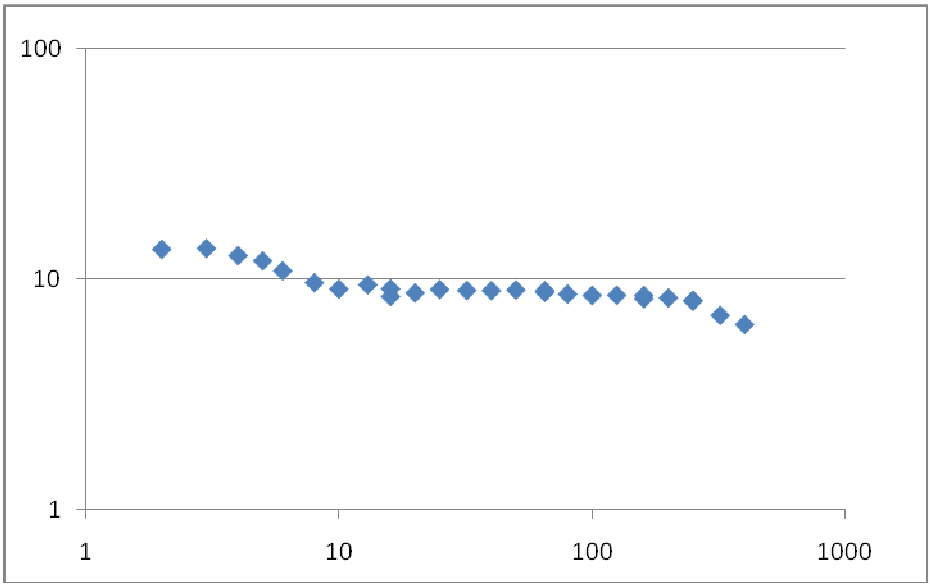


Figura C.11. Curva de campo SEV 5. En eje Y Resistividad aparente (ohm-m); en eje X distancia (m).

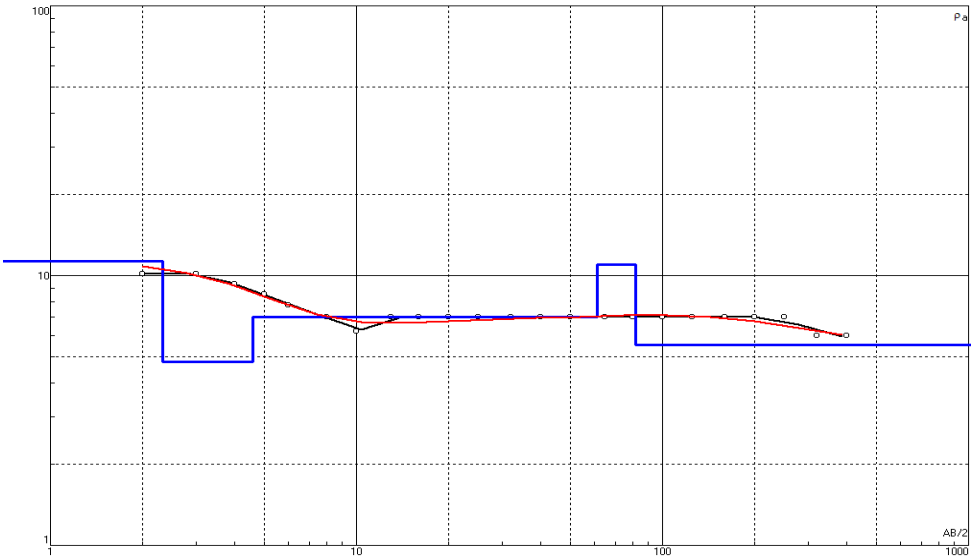


Figura C.12. Curva interpretada del SEV 6. Negro: curva de campo, Rojo: curva modelada, Azul: interpretación. En eje Y Resistividad verdadera (ohm); en eje X espesor (m).

Tabla C.7. Datos interpretados del SEV 7.

Resistividad (Ω - m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
7.0	8.7	8.7
11.4	38.2	47
12.9	20	67
20	13	80
7.6		

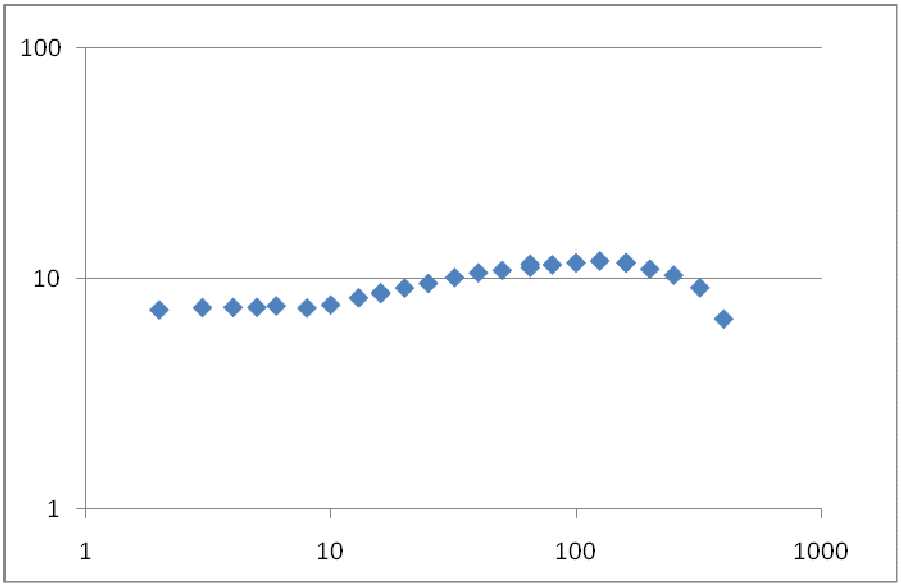


Figura C.13. Curva de campo SEV 7. En eje Y Resistividad aparente (ohm-m); en eje X distancia (m).

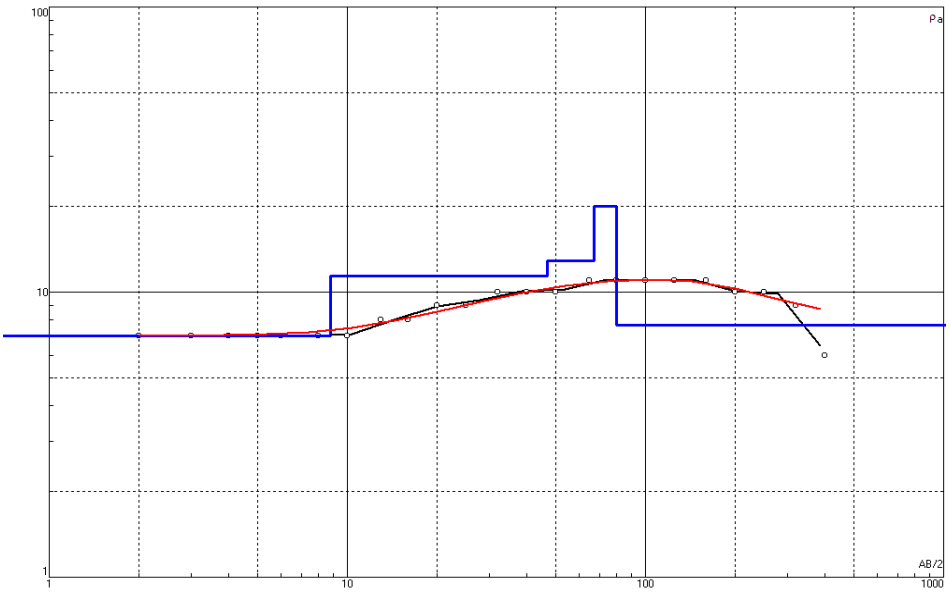


Figura C.14. Curva interpretada del SEV 7. Negro: curva de campo, Rojo: curva modelada, Azul: interpretación. En eje Y Resistividad verdadera (ohm); en eje X espesor (m).

Tabla C.8. Datos interpretados del SEV 8.

Resistividad (Ω - m)	Espesor (m)	Profundidad (m)
14.1	0.8	0.8
22.8	0.2	1.1
7.8	16.2	17.3
9.0	31.3	48.6
23.4	26.9	75.5
8.4		

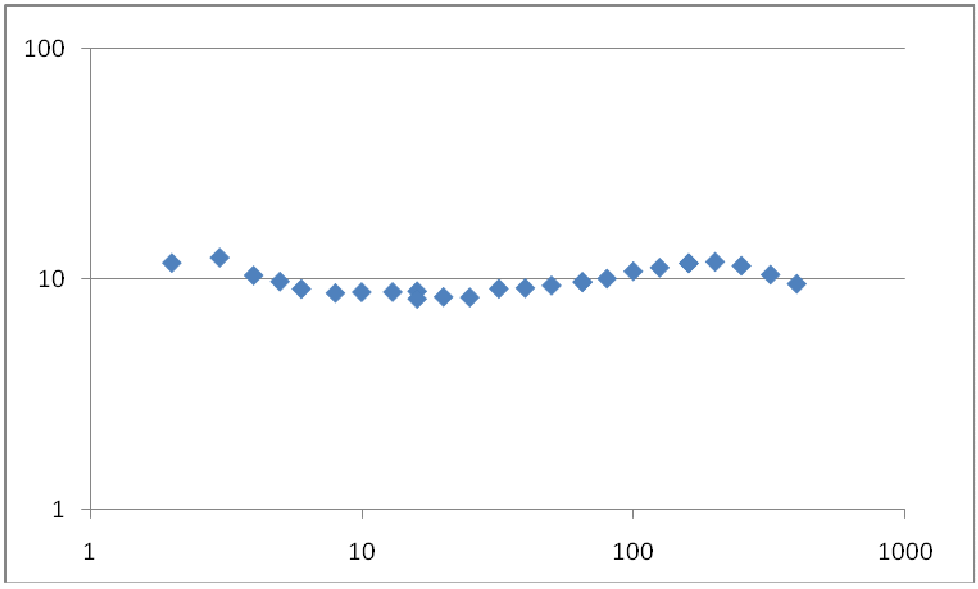


Figura C.15. Curva de campo SEV 8. En eje Y Resistividad aparente (ohm-m); en eje X distancia (m).

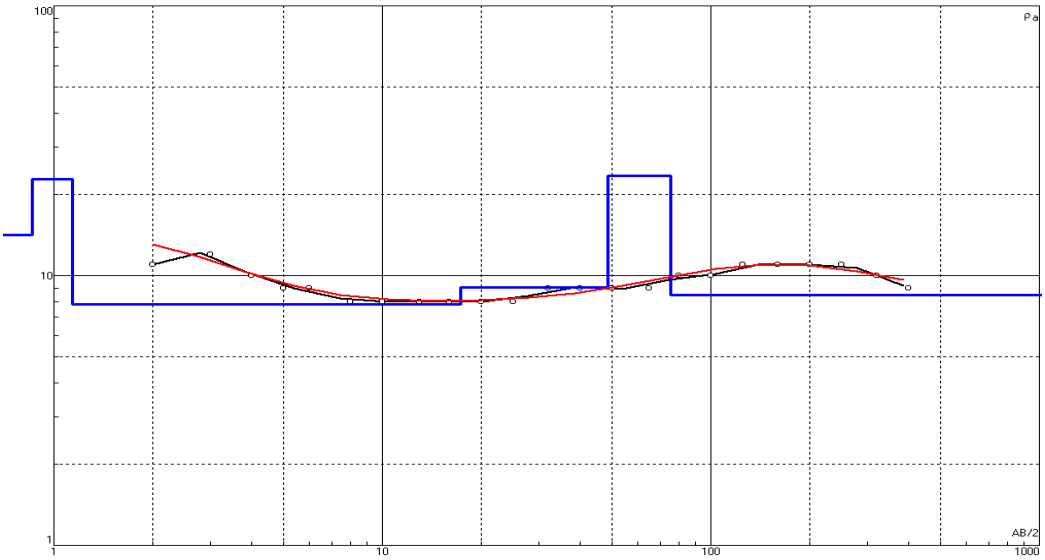
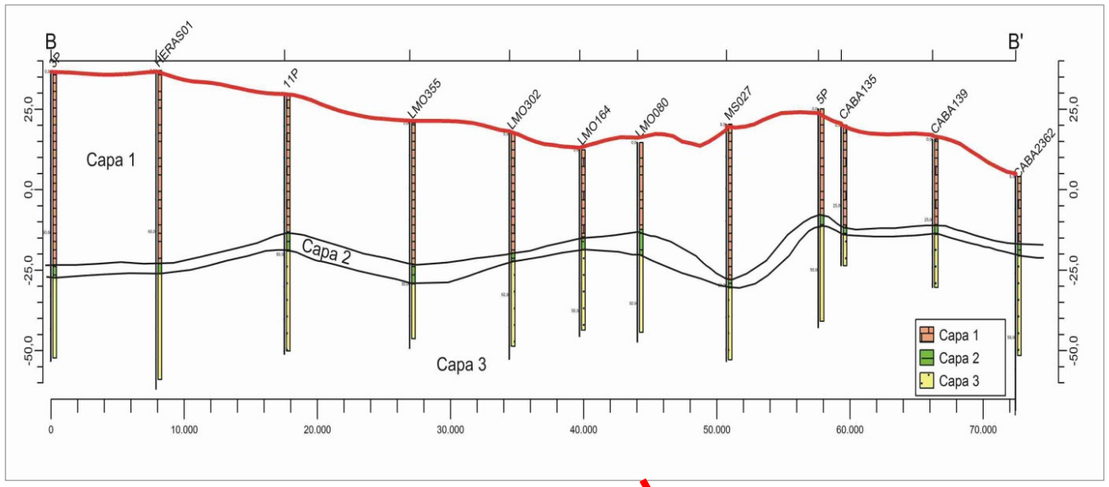
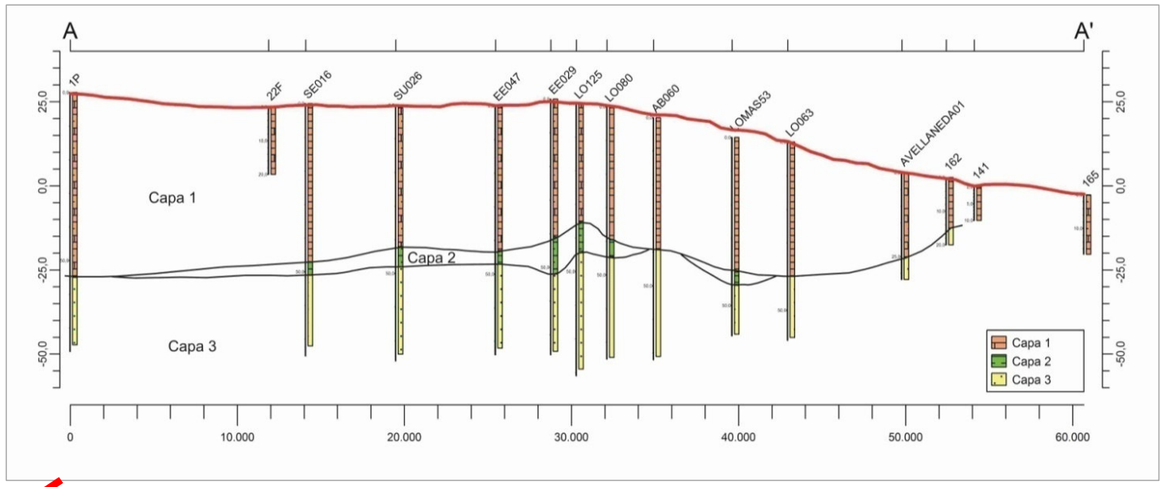


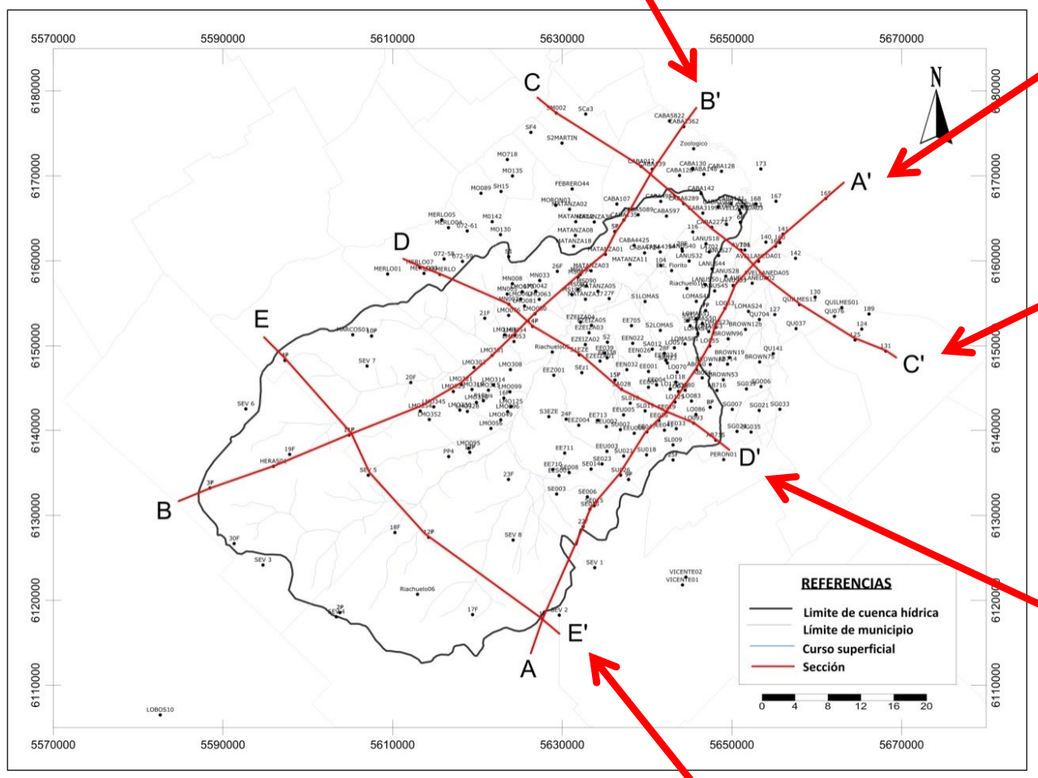
Figura C.16. Curva interpretada del SEV 8. Negro: curva de campo, Rojo: curva modelada, Azul: interpretación. En eje Y Resistividad verdadera (ohm); en eje X espesor (m).

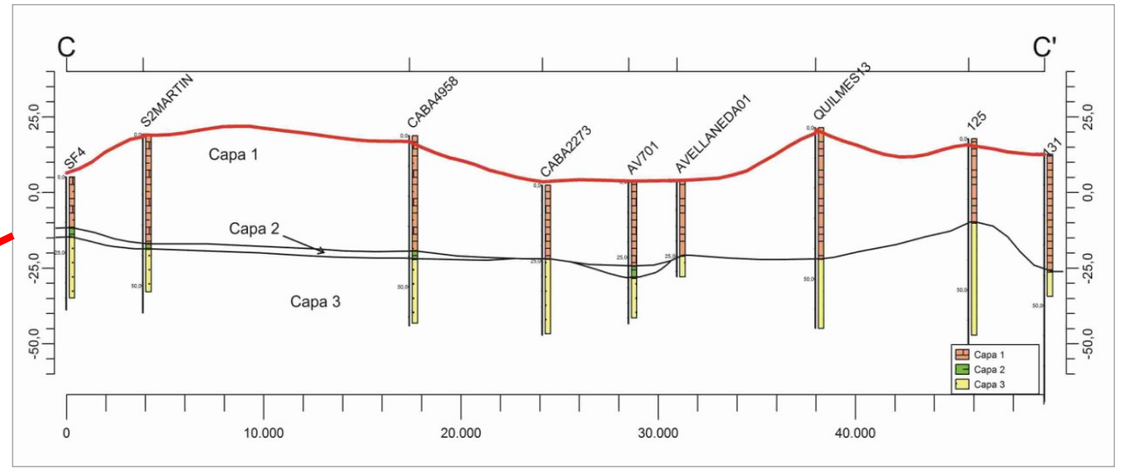
Anexo D

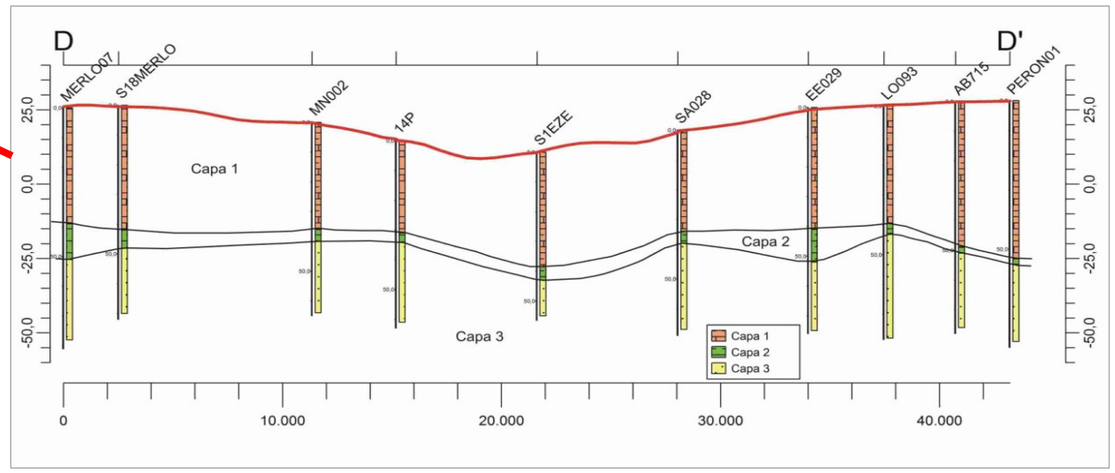
Secciones Longitudinales y Transversales

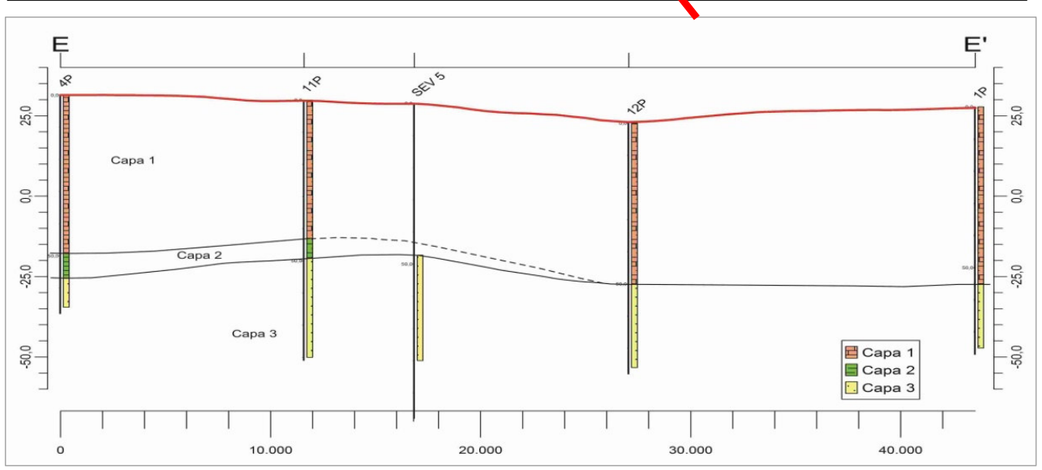












Instituto de Hidrología de Llanuras
Dr. Eduardo Jorge Usunoff

acumar
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo

Anexo D

Diagrama de secciones

Anexo E

Análisis Hidrometeorológico

En esta sección se presenta un análisis de las precipitaciones en la cuenca del Matanza - Riachuelo, Provincia de Buenos Aires, utilizando una serie de parámetros representativos del régimen. Los datos analizados pertenecen a registros diarios de precipitaciones de las estaciones: El Palomar, San Fernando, Ezeiza, Buenos Aires, La Plata y Aeroparque

Cuando se caracteriza hidrológicamente una región, lo que se está haciendo es en realidad una valoración cuali-cuantitativa del recurso hídrico disponible. Así, el régimen de precipitaciones de una región dada constituye una característica propia que depende del clima y de los cambios del tiempo, que se producen en dicha extensión territorial.

En consecuencia, a la hora de caracterizar un régimen de precipitaciones se trabaja con valores agregados mensuales o anuales, o sea, valores acumulados en una unidad de tiempo. Para dichos valores, se analiza su distribución a lo largo de una serie de años y dentro del año, como también la probabilidad de ocurrencia de valores característicos. Las precipitaciones anuales, por su carácter modular, presentan en general una función de densidad lo suficientemente geométrica como para que se realice un ajuste mediante la distribución normal de Gauss, en la mayoría de los casos. De allí que este tipo de análisis de variación de valores de precipitación requiera de series históricas de al menos unos quince años.

Finalmente, este tipo de análisis basado en un conjunto de estaciónes se utiliza para detectar anomalías u errores en algunas de las estaciones, como así también para la obtención de parámetros de comparación con otras cuencas con regímenes hidrológicos distintos.

En la Tabla E.1 se especifican las características e información con la que se cuenta de cada una de ellas. La estación San Fernando no se tuvo en cuenta en el análisis de los datos dado que la serie es de muy corta extensión en comparación con las restantes estaciones.

Tabla E.1*:* Cuadro de datos de Estaciones analizadas

Estaciones	Lat	Long	Cota [msnm]	Nro OMM	P diarias	ETP diarios
San Fernando	34.27	58.35	3	87553	1995/2011	N/D
El Palomar Aero	34.36	58.36	12	87571	1956/2011	N/D
Ezeiza Aero	34.49	58.32	20	87576	1956/2011	1956/2009
Aeroparque	34.567	58.5	6	87582	1956/2011	1956/2009
Buenos Aires	34.583	58.5	25	87585	1906/2011	1956/2009
La Plata Aero	34.58	57.54	19	87593	1959/2011	N/D

Precipitaciones Medias Mensuales

En las figuras E.1, E.2, E.3, E.4 y E.5 se muestran las precipitaciones medias mensuales de las estaciones considerando para el cálculo el período de registro que tienen en común entre ellas (1957-2008). Puede observarse que la diferencia entre máximos y mínimos se mantiene aproximadamente en 60 mm para todas las estaciones. También se observa que para los meses de primavera y verano la tendencia de la precipitación es creciente.

Las mayores precipitaciones registradas por las estaciones se producen en los meses de octubre y marzo. Los meses menos lluviosos son los meses de invierno, registrándose para todas las estaciones el mes de junio como el menos lluvioso con valores muy por encima de los 50 mm.

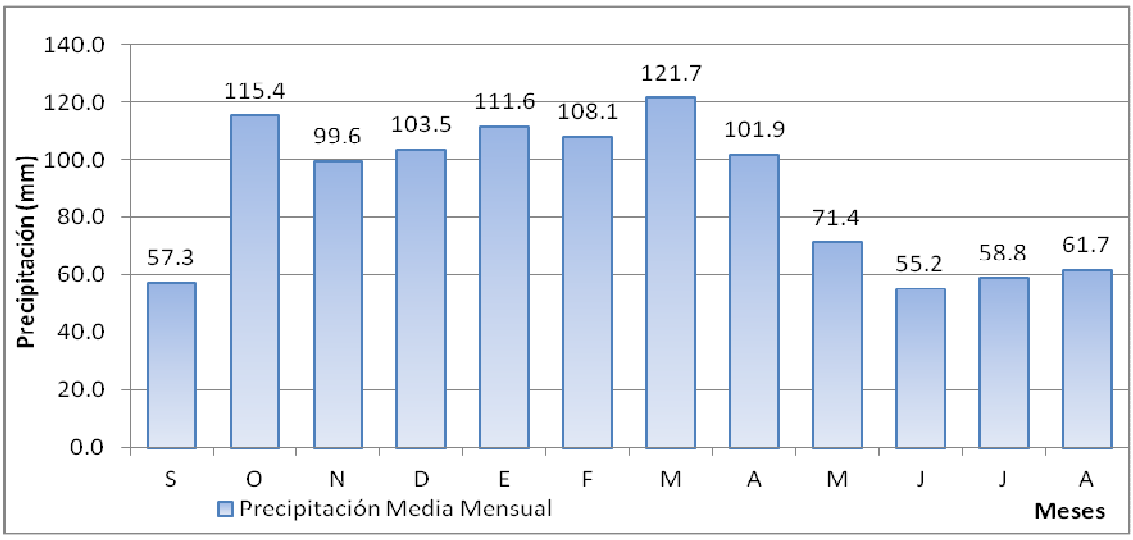


Figura E.1: Precipitación Media Mensual. Estación El Palomar. Serie 1959/2011

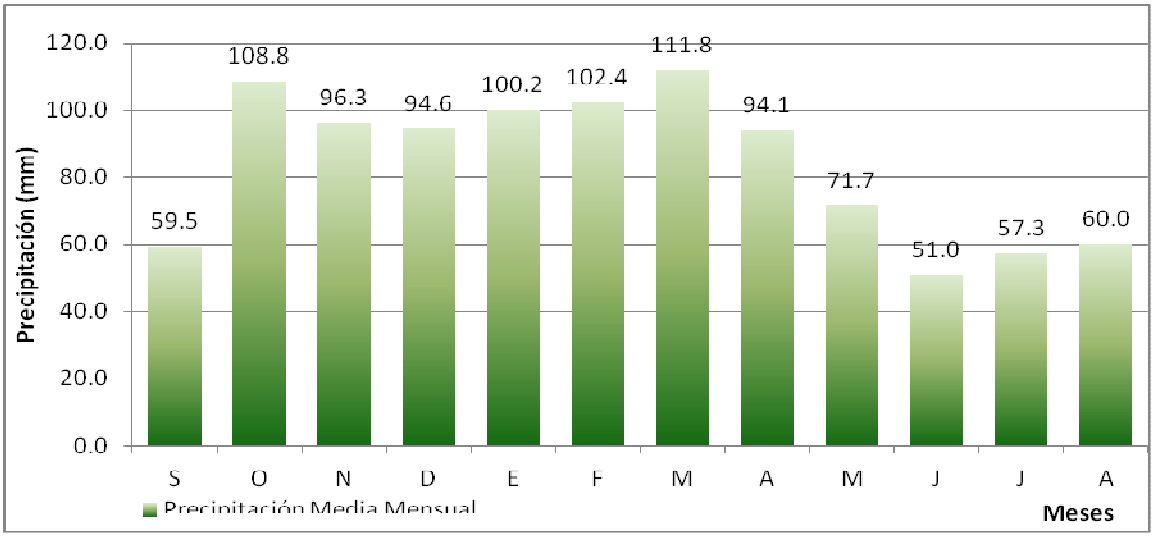


Figura E.2: Precipitación Media Mensual. Estación Ezeiza. Serie 1959/2011

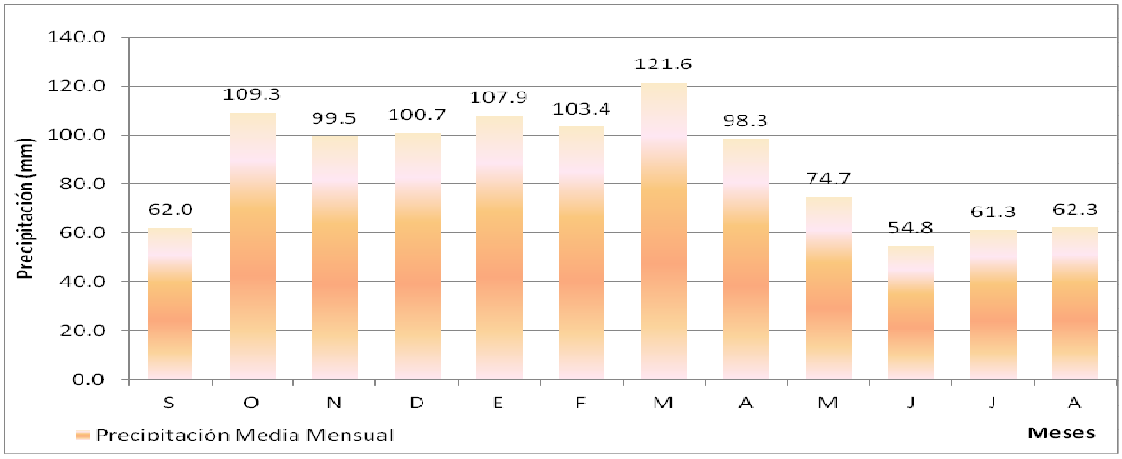


Figura E.3: Precipitación Media Mensual. Estación Aeroparque. Serie 1959/2011

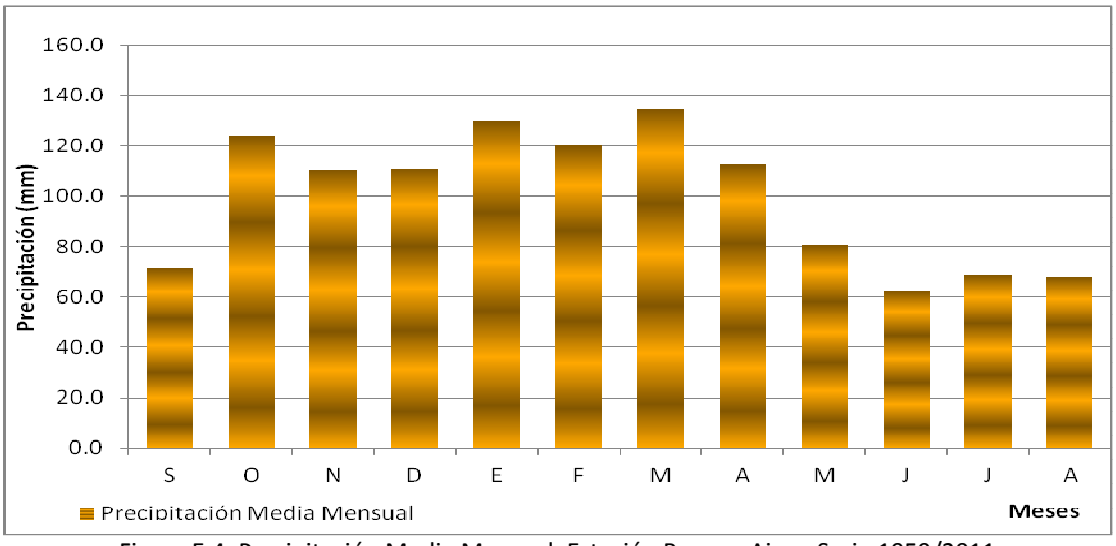


Figura E.4: Precipitación Media Mensual. Estación Buenos Aires. Serie 1959/2011

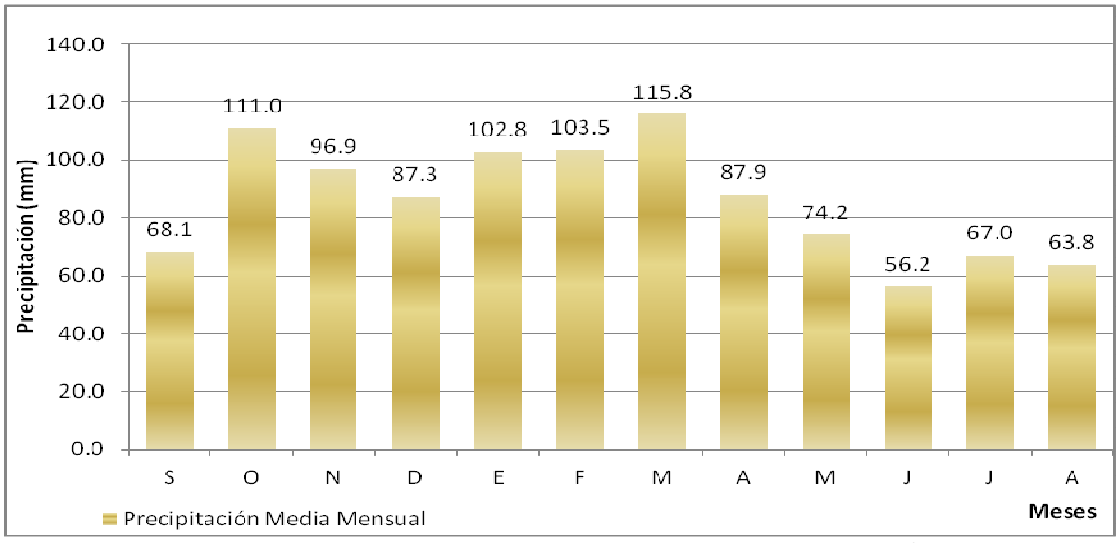


Figura E.5: Precipitación Media Mensual. Estación La Plata. Serie 1959/2011

Precipitaciones anuales

En las figuras E.6, E.7, E.8, E.9 y E.10 se presentan las gráficas de las precipitaciones anuales de las estaciones consideradas para el periodo 1959-2011. Por lo general, los años de precipitaciones extremas no se encuentran en forma aislada, sino cumpliendo ciclos de períodos secos y húmedos.

Los valores de precipitaciones medias anuales para las cinco estaciones se mantienen dentro del mismo rango de medición. La media anual de las estaciones que se encuentran dentro de la cuenca, presentan valores muy cercanos entre sí, destacándose la estación Buenos Aires con el valor máximo (1193 mm) y la estación de Ezeiza con el valor mínimo (1008 mm).

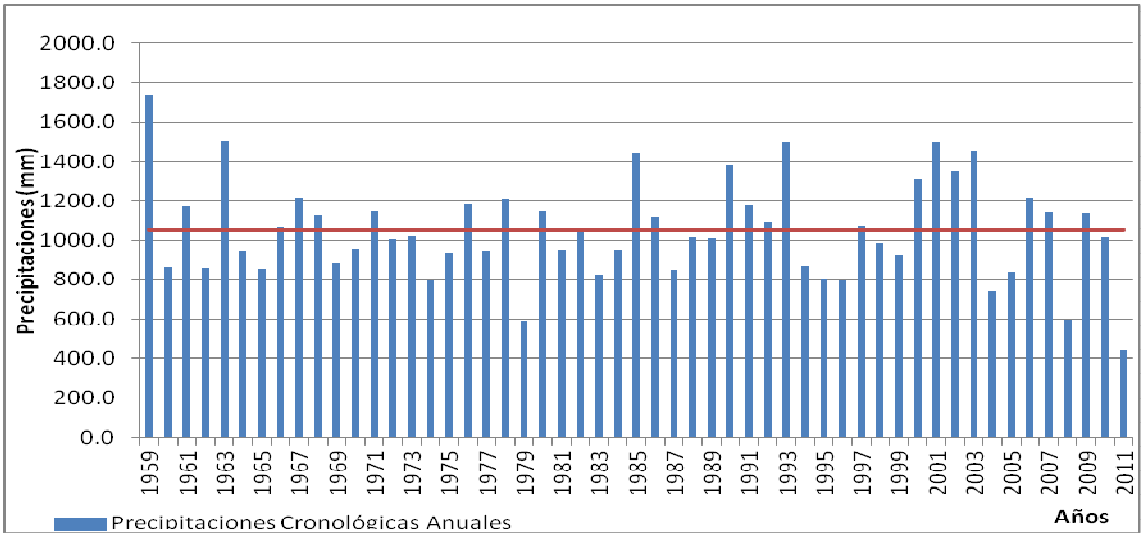


Figura E.6: Precipitaciones Anuales. Estación El Palomar. Serie 1959/2011

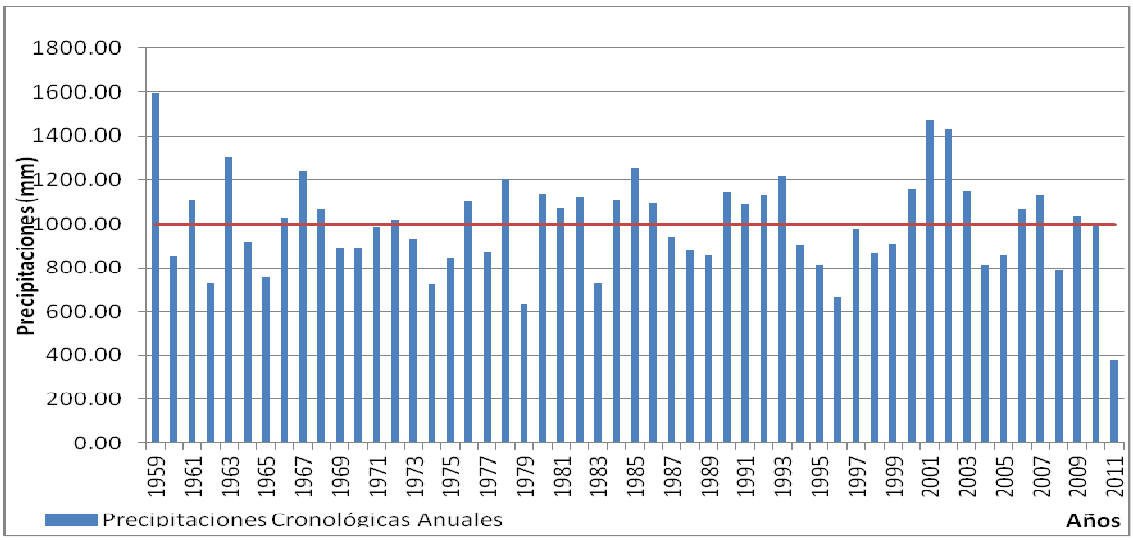


Figura E.7: Precipitaciones Anuales. Estación Ezeiza. Serie 1959/2011

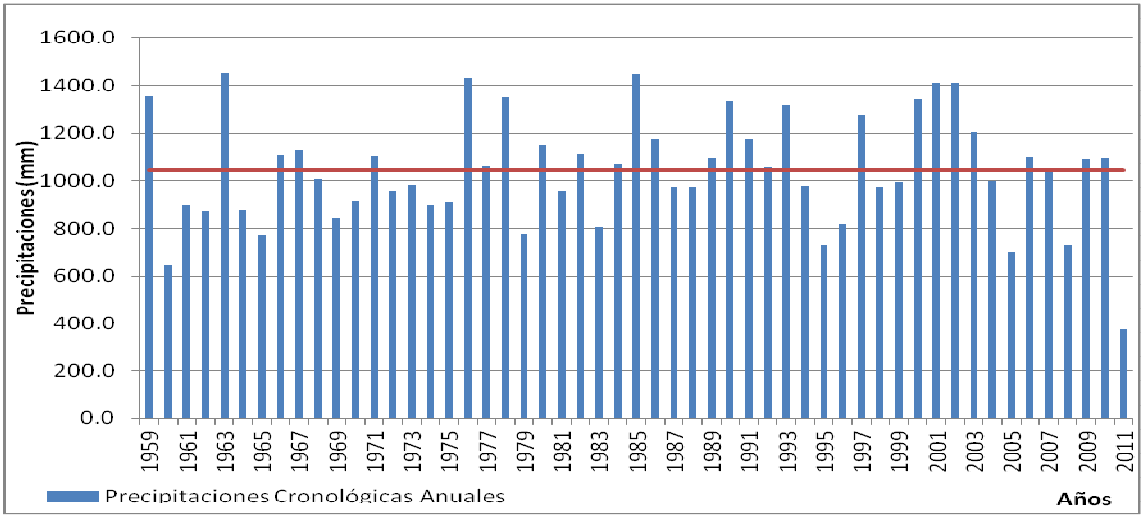


Figura E.8: Precipitaciones Anuales. Estación Aeroparque. Serie 1959/2011

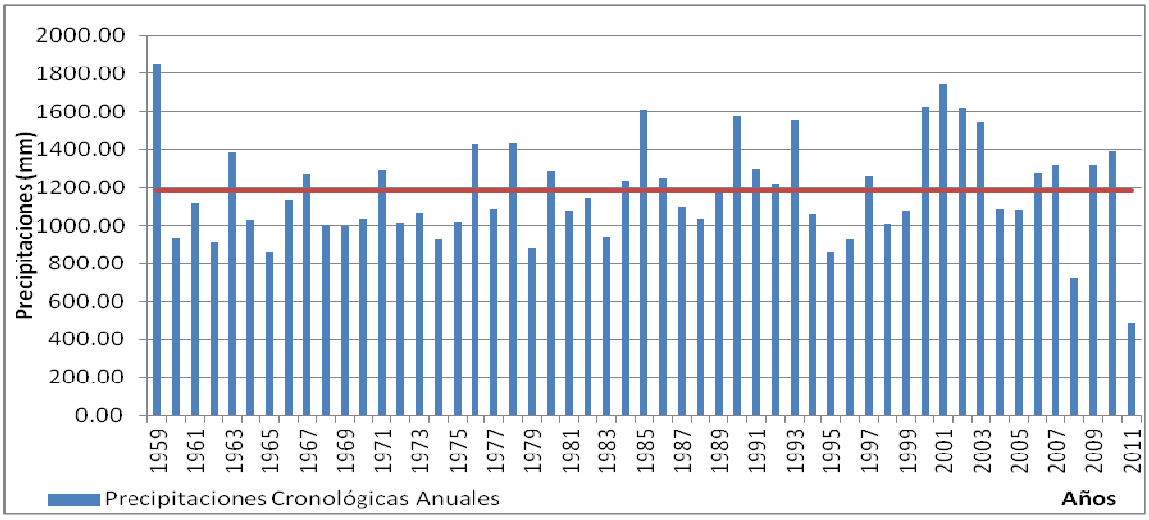


Figura E.9: Precipitaciones Anuales. Estación Buenos Aires. Serie 1959/2011

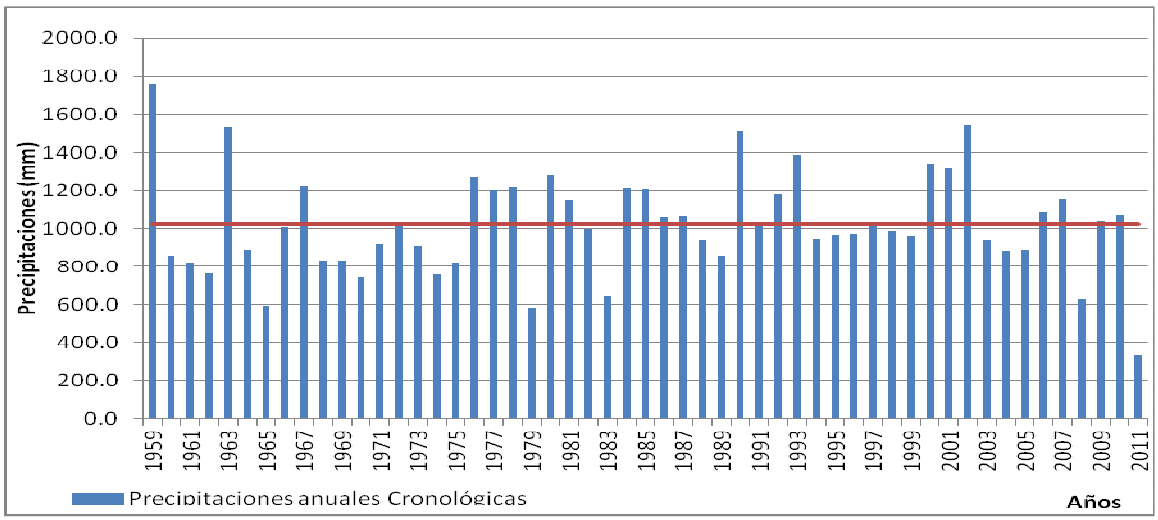


Figura E.10: Precipitaciones Anuales. Estación La Plata. Serie 1959/2011

Índices

En la Tabla E.2 se presenta un cuadro comparativo de los diferentes índices obtenidos para las estaciones analizadas.

Tabla E.2: Cuadro comparativo de Índices

Estaciones	El Palomar	Ezeiza	Aeroparque	Buenos Aires	La Plata
Media Anual	1051.45	1008.54	1042.84	1193.50	1021.91
Rango	1291.60	1216.20	1075.20	1256.80	1429.30
Índice de máx	1.65	1.60	1.39	1.48	1.73
Índice de mín	0.42	0.38	0.36	0.41	0.33
Índice máx - mín	3.92	4.22	3.86	3.58	5.27
Índice min - máx	0.26	0.24	0.26	0.28	0.19
Índice de concentración	1.41	1.36	1.38	1.43	1.36
Índice Primavera	0.26	0.27	0.26	0.26	0.27
Índice Verano	0.31	0.30	0.30	0.31	0.29
Índice Otoño	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27
Índice Invierno	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18

Los valores índices de máxima, mínima, máxima mínima, y mínima máxima que presentan las estaciones muestran una correlación hidrológica entre las estaciones El Palomar, Aeroparque y Buenos Aires, lo cual es lógico por tratarse de estaciones cercanas. En cambio los índices de las estaciones Ezeiza y La Plata difieren sus valores de estas tres por encontrarse alejadas de las mismas.

Las cinco estaciones tienen un índice de concentración en el rango de 1.35, lo cual demuestra que la distribución anual de precipitación no es uniforme y se encuentra concentrada parcialmente en un período. Los índices estacionales muestran que las precipitaciones se concentran en el período de verano, siendo el invierno el periodo menos lluvioso.

La diferencia encontrada entre las estaciones Buenos Aires y Ezeiza muestran que la condición hidrometeorológica de la CMR presenta una variación entre la zona de cabecera y de salida. Por lo tanto es necesario contar con datos de estaciones a lo largo de la cuenca para poder realizar un adecuado análisis hidrológico en la misma.

Precipitaciones para el periodo 1906-1995

Para extender la serie de precipitaciones de la estación de Ezeiza para el periodo 1906–1955 se realizó una correlación entre los valores de la estación Buenos Aires y la de Ezeiza para el periodo 1956-2010. En la Figura E.11 se muestra el análisis de correlación con su respectiva ecuación y error de ajuste. Finalmente, la ecuación determinada se utilizó para extrapolar los valores de la estación Ezeiza para el periodo 1906-1956)

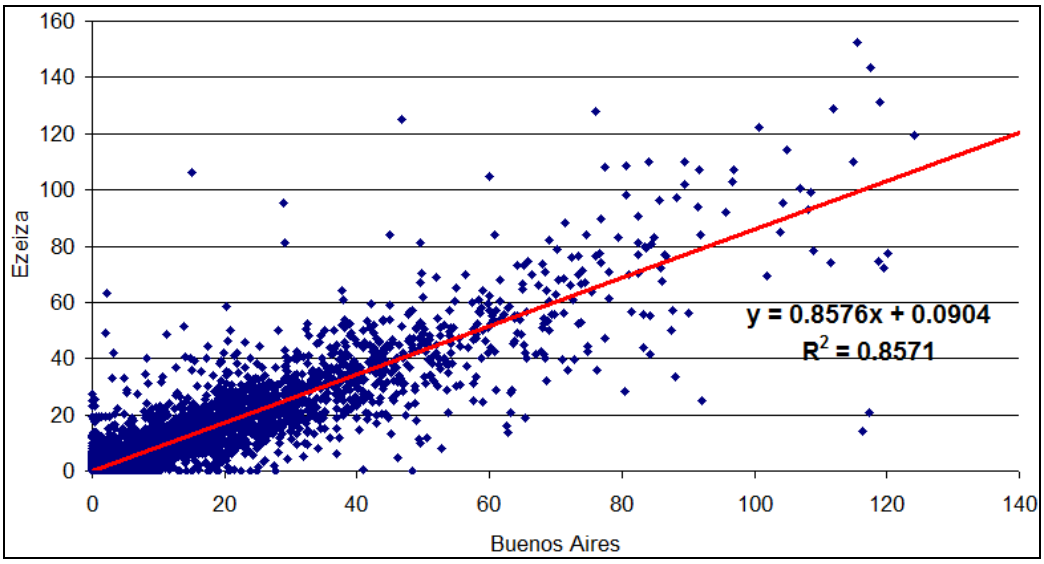


Figura E.11: Correlación entre las precipitaciones de las estaciones Buenos Aires y Ezeiza para el período 1956/2010

Evapotranspiración potencial para el periodo 1906-1955

La evapotranspiración potencial (ETP) diaria desde el año 1956 a 2010 fueron provistas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y calculadas por el método de Penman Monteith. Para el periodo anterior a 1956 solo se tienen valores de temperatura de la estación de Buenos Aires por tal motivo se calcula ETP con el método de Thornthwaite. En la Figura E.12 se muestra la ETP calculadas con ambos métodos para un período común. En dicha figura se observa que los valores de ETP calculados por Thornthwaite son menores a los determinados por el otro método.

Para que no haya una diferencia de ETP entre ambos periodos se procedió a calcular la ETP para los años anteriores a 1956 en función de la relación determinada entre los valores de ETP calculados por Thornthwaite y Penman Monteith. En la Figura E.13 se presentan las curvas determinadas con dicha relación contrastados con los valores de ETP calculados para los dos periodos con los distintos métodos.

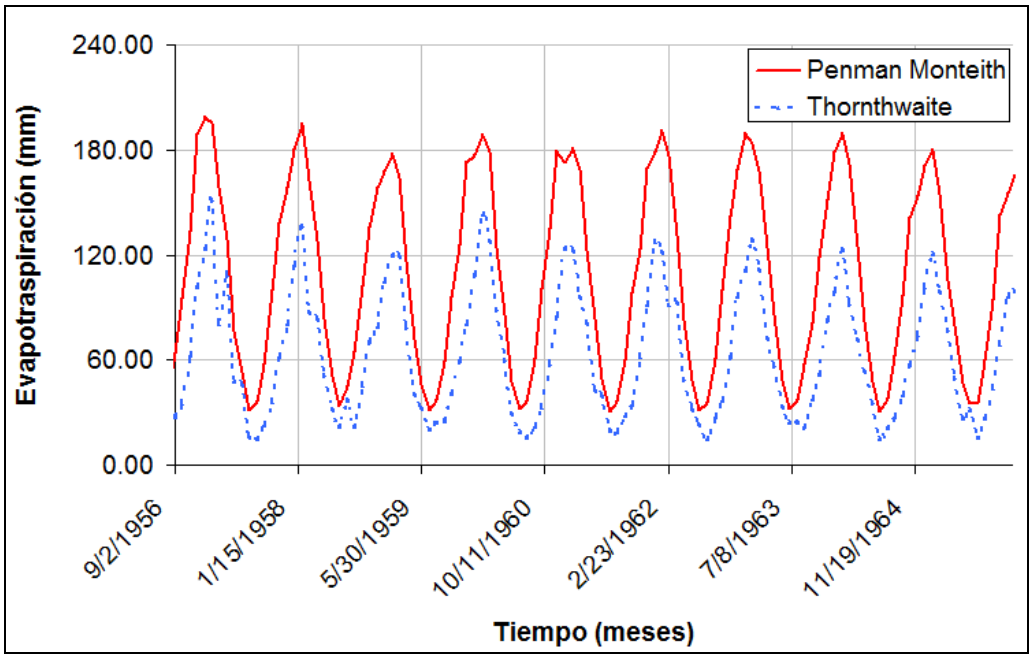


Figura E.12: Evapotranspiración potencial calculadas con los métodos de Penman Monteith y Thornthwaite a partir de datos de la estación de Buenos Aires

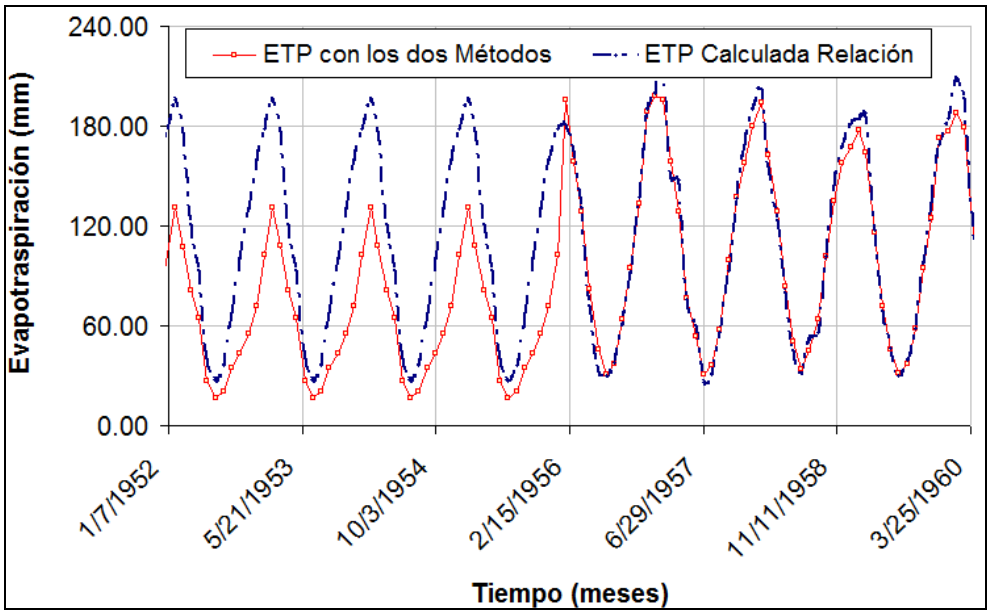


Figura E.13: Comparación de la evapotranspiración potencial determinadas con los métodos de Penman Monteith - Thornthwaite y con la relación obtenida por comparación de ambos métodos para el periodo1952-1960

Identificación de años secos y húmedos

Como criterios en la determinación de los años secos, húmedos y típicos, se establece que:

- **Año seco:** es aquél año para el cual la precipitación media anual Pa cumple con la condición Pa < P(0,1)

- **Año húmedo:** es aquél año para el cual la precipitación media anual Pa cumple con la condición Pa > P(0,9)

- **Año típico:** es aquél año para el cual la precipitación media anual cumple con la condición P(0,4)< Pa< P(0,55)

En la Tabla E.3 se presentan los valores de precipitaciones para las probabilidades de P(0,1), P(0,4), P(0,55) y P(0,9) de cada estación. Luego, en la Tabla E.4 se muestran los resultados de la determinación de años húmedos, secos y típicos para cada una de las estaciones.

Tabla E.3 Valores obtenidos del ajuste de los datos a la distribución normal

Estaciones	P (0,1)	P (0,4)	P (0,55)	P (0,9)
El Palomar	825	1162.5	1237.5	1595
Buenos Aires	952	1295	1365.5	1715
La Plata	825	1170	1250	1610
Aeroparque	820	1052	1112	1352
Ezeiza	826	1120	1175	1465

Tabla E.4: Determinación de los años húmedos, secos y típicos

Año	ESTACIONES				
	El Palomar	Buenos Aires	La Plata	Aeroparque	Ezeiza
1959	H	H	H	H	H
1960		S		S	
1961	T		S		
1962		S	S		S
1963				H	
1964					
1965		S	S	S	S
1966				T	
1967	T		T		
1968					
1969					
1970			S		
1971				T	
1972					
1973					
1974	S	S	S		S
1975			S		
1976	T			H	
1977			T	T	
1978	T		T		
1979	S	S	S	S	S
1980					T
1981					

1982					T
1983		S	S	S	S
1984			T	T	
1985			T	H	
1986					
1987					
1988					
1989				T	
1990					T
1991	T	T			
1992			T	T	T
1993					
1994					
1995	S	S		S	S
1996	S	S		S	S
1997					
1998					
1999					
2000					T
2001		H		H	H
2002				H	
2003					T
2004	S				S
2005				S	
2006	T			T	
2007		T			T
2008	S	S	S	S	S
2009		T		T	
2010				T	

Referencias: T=típico H=húmedo S=seco

Balance Hídrico por Penman-Monteith:

Un análisis rápido para determinar los meses de exceso y déficit hídrico se obtiene al realizar el balance hídrico (Tabla E.5). Con las precipitaciones medias mensuales y los datos de evapotranspiración (serie 1957-2008) de la Estación Buenos Aires. El balance hídrico se realiza aplicando el método de Penman- Monteith y adoptando para el tipo de suelo presente en la zona una capacidad de campo máxima de 100 mm.

Los resultados del balance muestran que la época de verano presenta déficit hídricos, mientras que los excesos hídricos se producen en los meses de invierno, meses en los cuales la tendencia de la precipitación no varía (Figura E.14). Con el balance hídrico se determinaron los valores de déficit y excesos, siendo estos de 137.6 y 53.5 mm respectivamente

Tabla E.5 Balance Hídrico por el método de Penman-Monteith

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P (mm)	129.9	120.0	134.5	112.7	80.5	62.4	69.0	68.2	71.1	124.1	110.2	111.0
ETP (mm)	183.4	148.6	123.0	77.0	47.1	30.1	36.4	60.1	92.8	133.5	163.4	182.1
P - ETP	-53.6	-28.6	11.4	35.7	33.4	32.3	32.6	8.1	-21.7	-9.4	-53.2	-71.1
h	0	0	11.4	47.1	80.6	100.0	100.0	100	78.3	68.9	15.7	0.0
Dh	0	0	-11.4	-35.7	-33.4	-19.4	0		21.7	9.4	53.2	15.7
Def	-53.6	-28.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-55.4
Excesos	0	0	0	0	0	12.8	32.6	8.1	0	0	0	
ETR	183.4	120.0	123.0	77.0	43.9	30.1	36.4	60.1	149.4	193.0	163.4	182.1

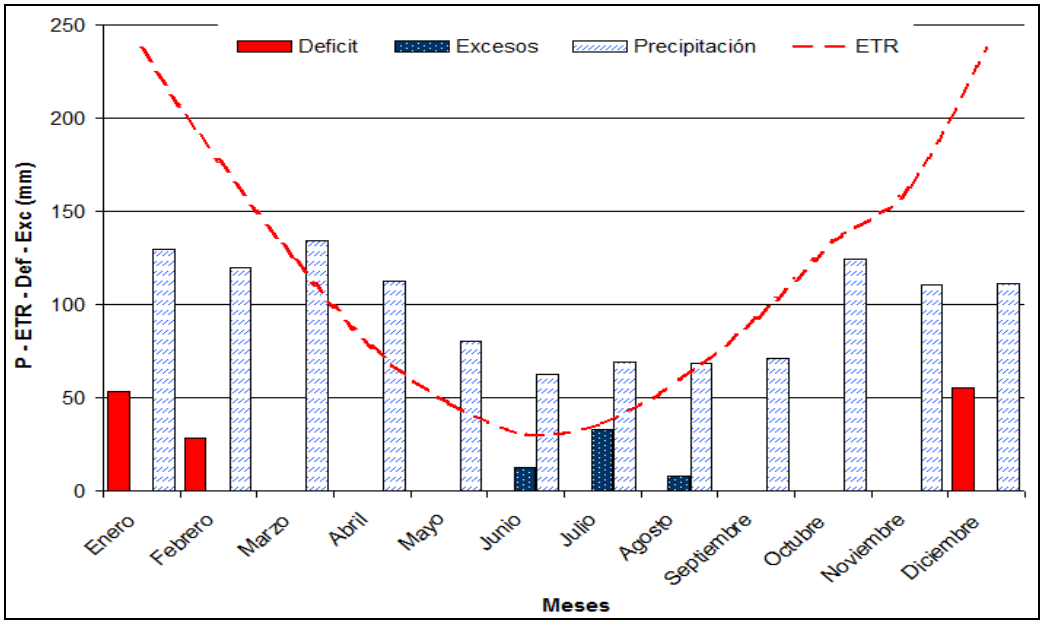


Figura E.14: Balance Hídrico. Estación Buenos Aires. Serie 1957/2008

Anexo F

Hidrogramas calculados y medidos

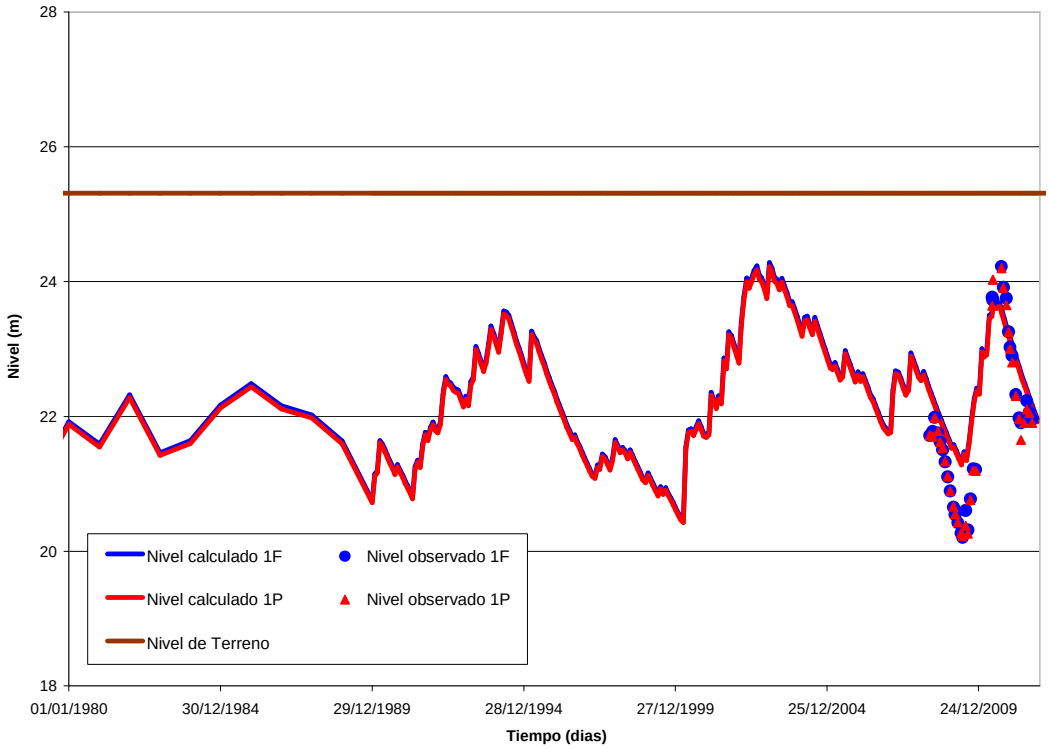


Figura F.1. Hidrogramas de los piezómetros 1F y 1P.Escenario A.

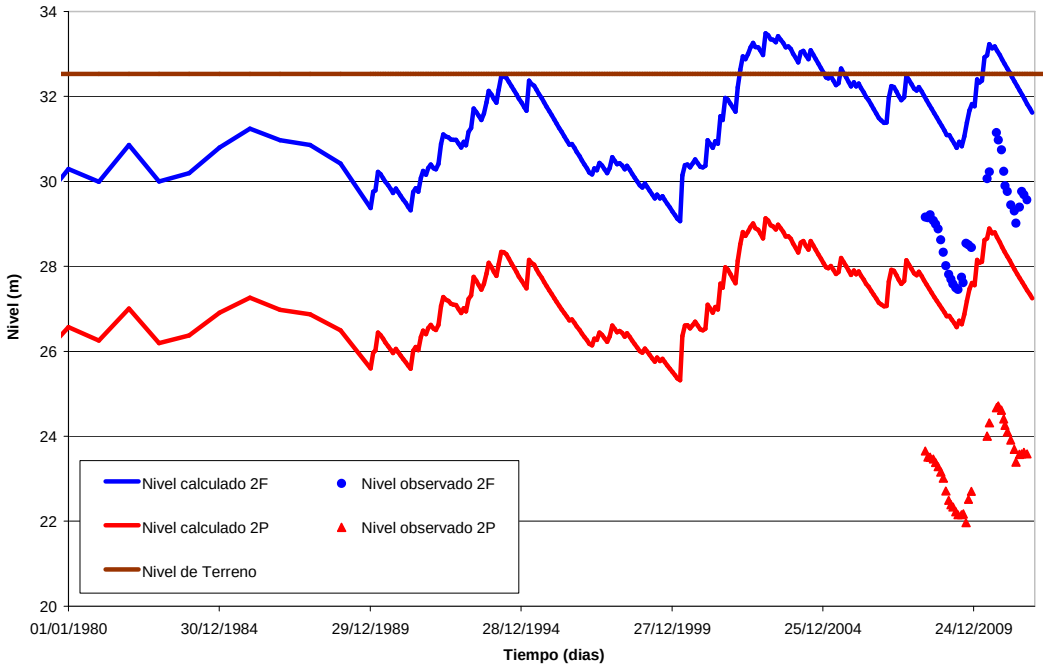


Figura F.2. Hidrogramas de los piezómetros 2F y 2P. Escenario A.

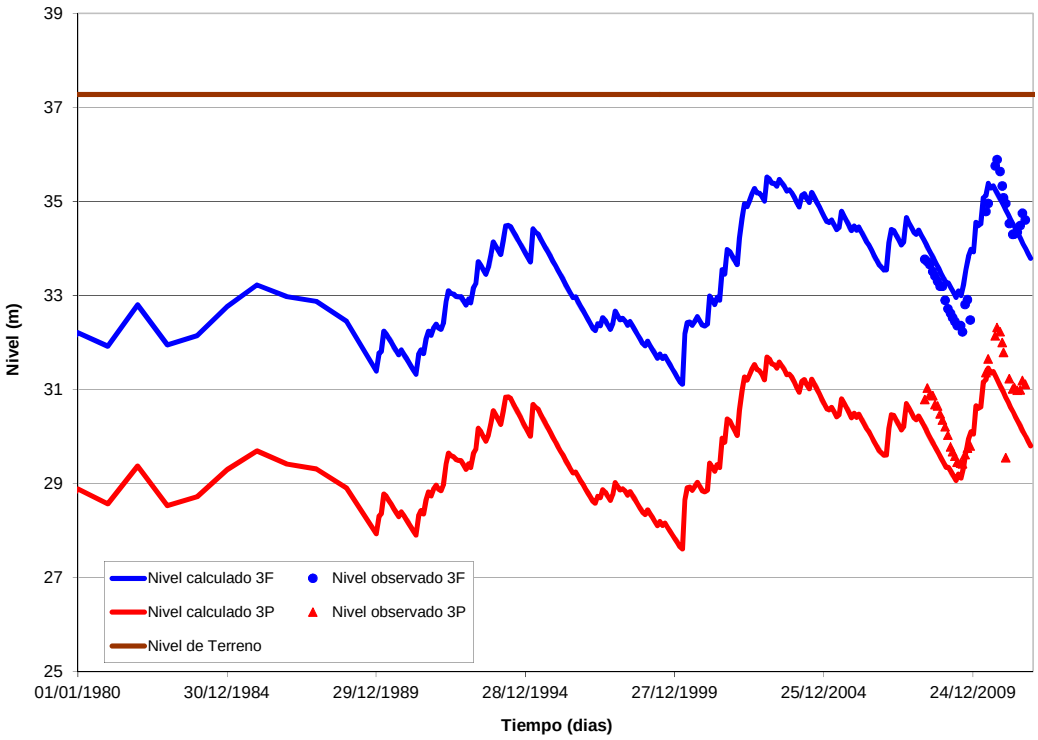


Figura F.3. Hidrogramas de los piezómetros 3F y 3P. Escenario A.

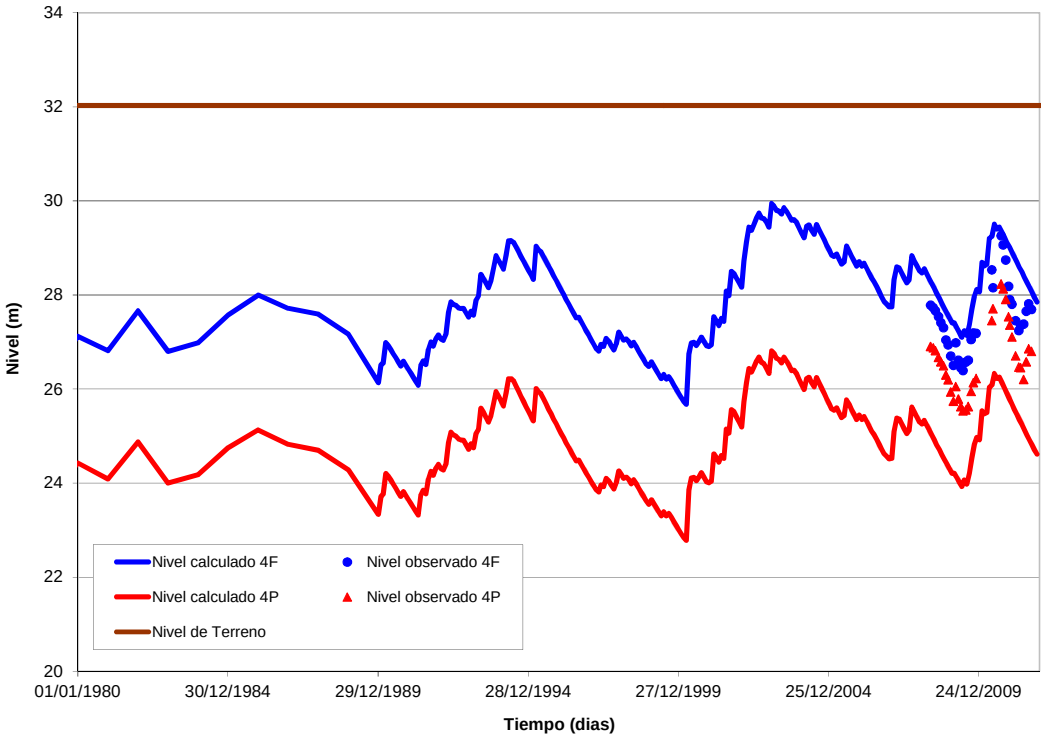


Figura F.4. Hidrogramas de los piezómetros 4F y 4P Escenario A.

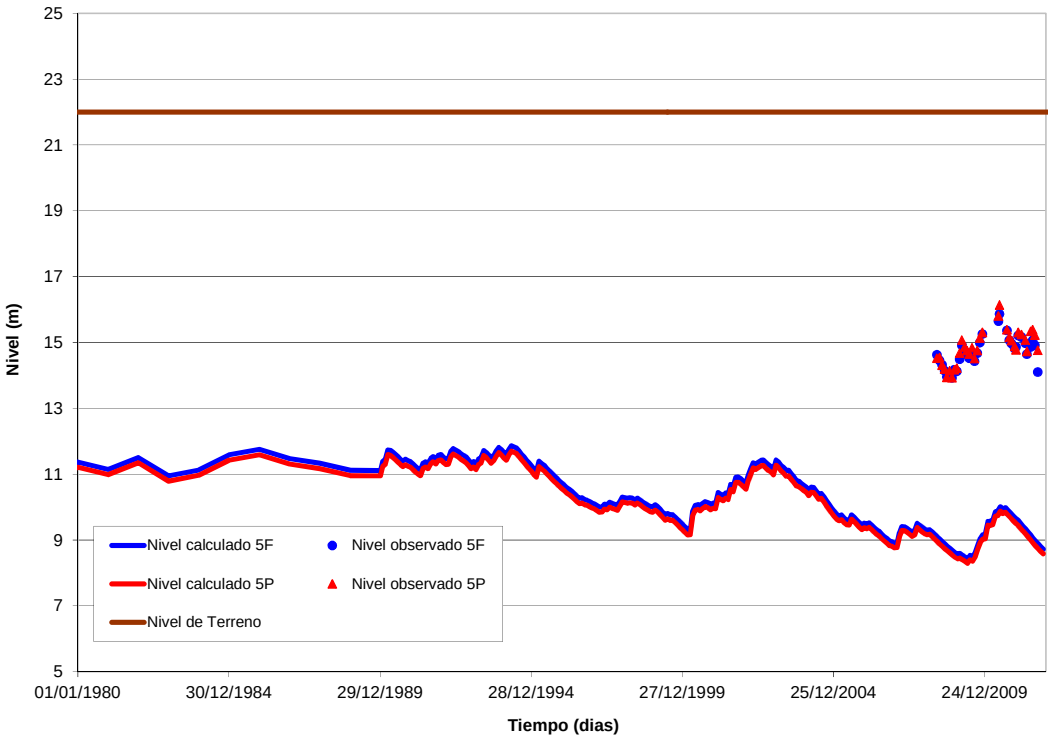


Figura F.5. Hidrogramas de los piezómetros 5F y 5P. Escenario A.

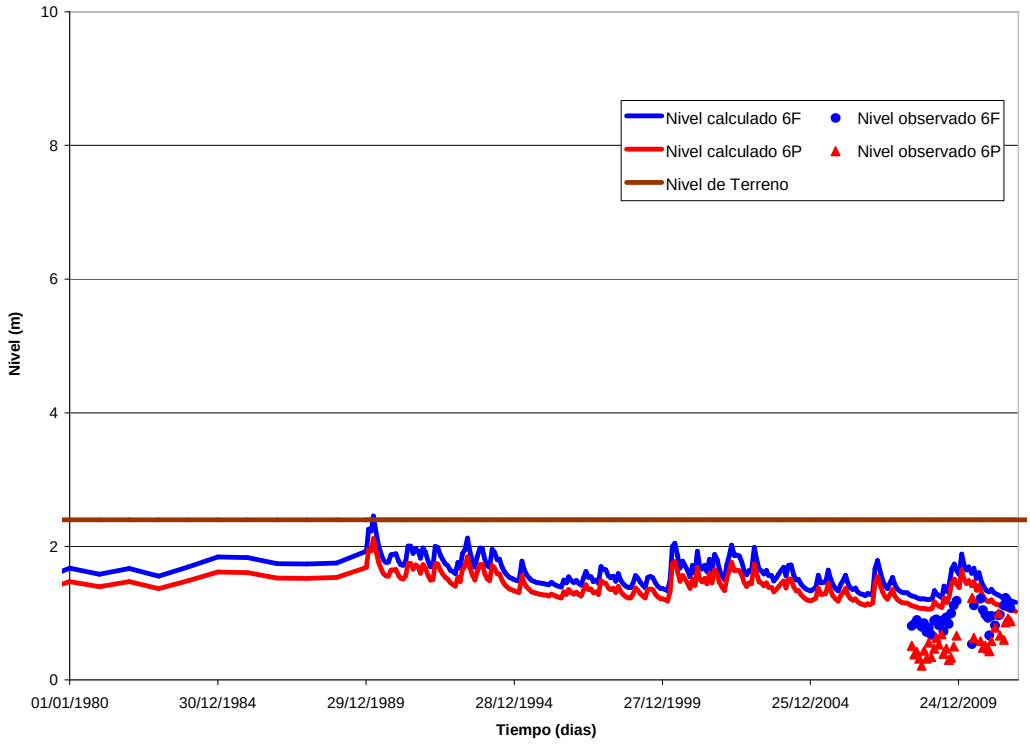


Figura F.6 Hidrogramas de los piezómetros 6F y 6P. Escenario A.

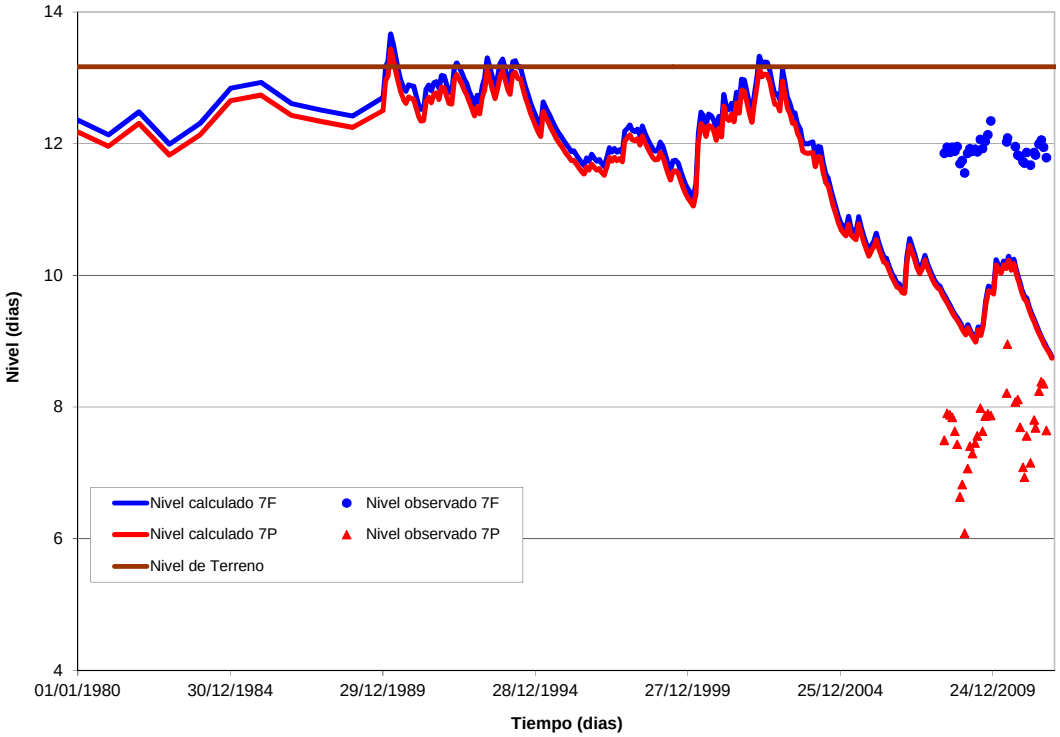


Figura F.7 Hidrogramas de los piezómetros 7F y 7P. Escenario A.

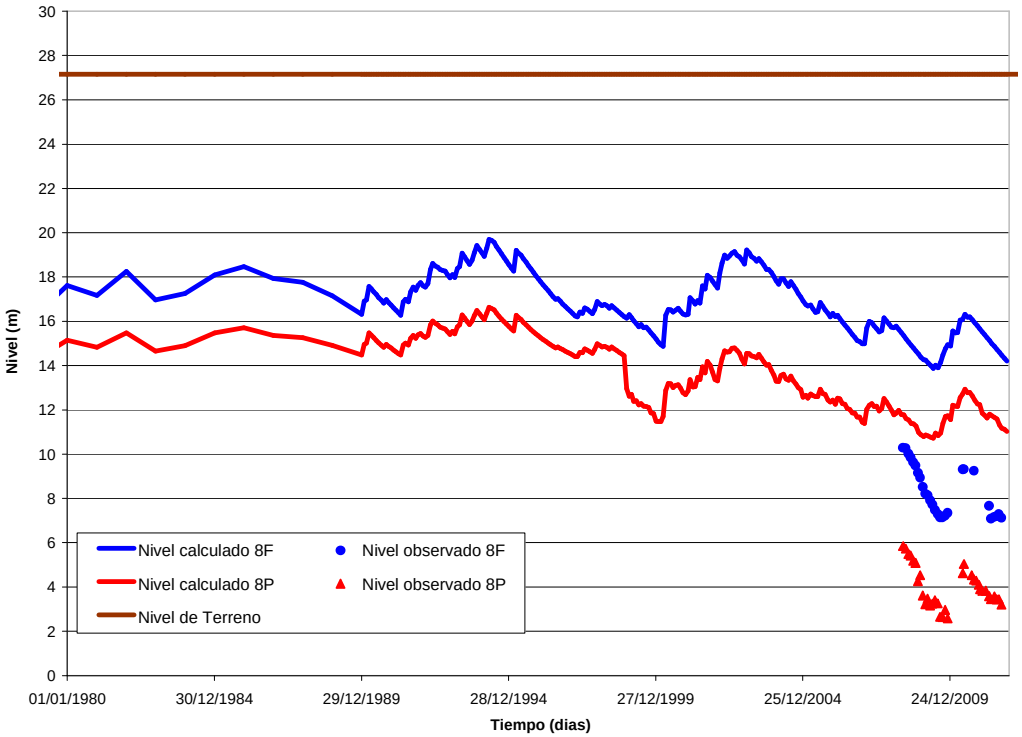


Figura F.8 Hidrogramas de los piezómetros 8F y 8P. Escenario A.

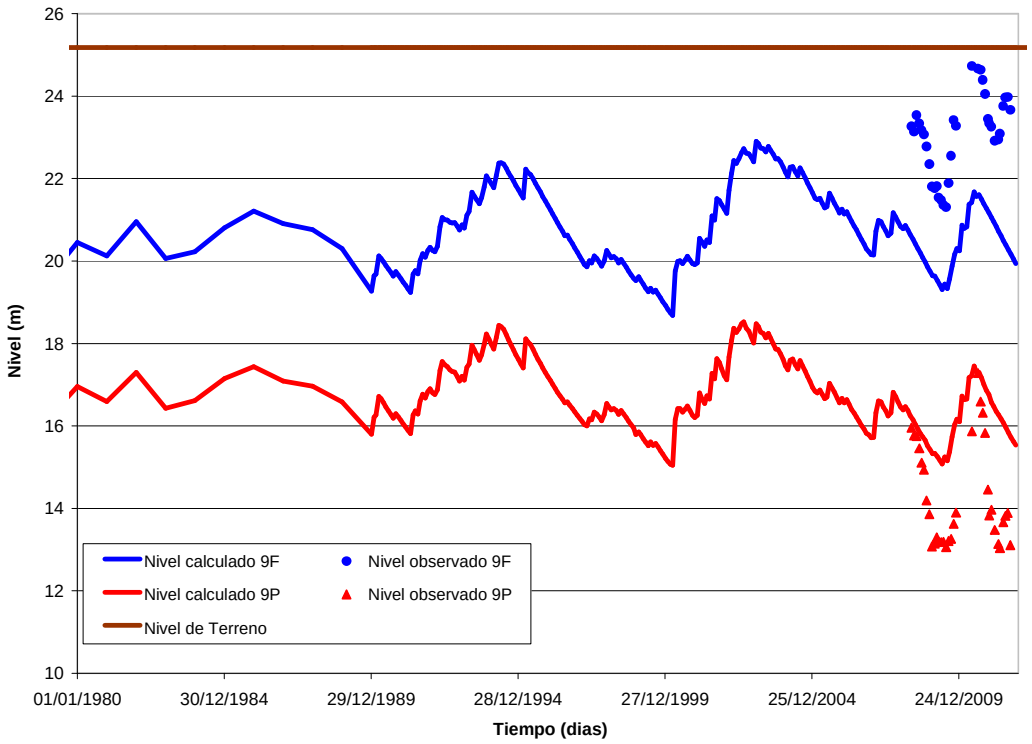


Figura F.9. Hidrogramas de los piezómetros 9F y 9P. Escenario A.

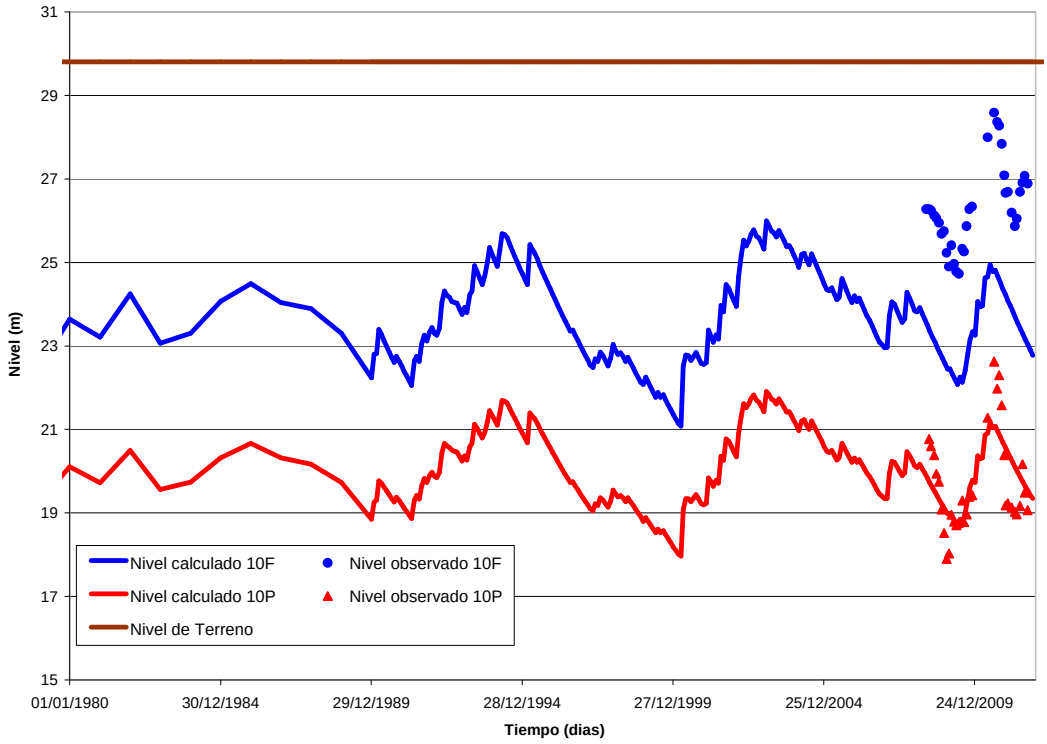


Figura F.10. Hidrogramas de los piezómetros 10F y 10P. Escenario A.

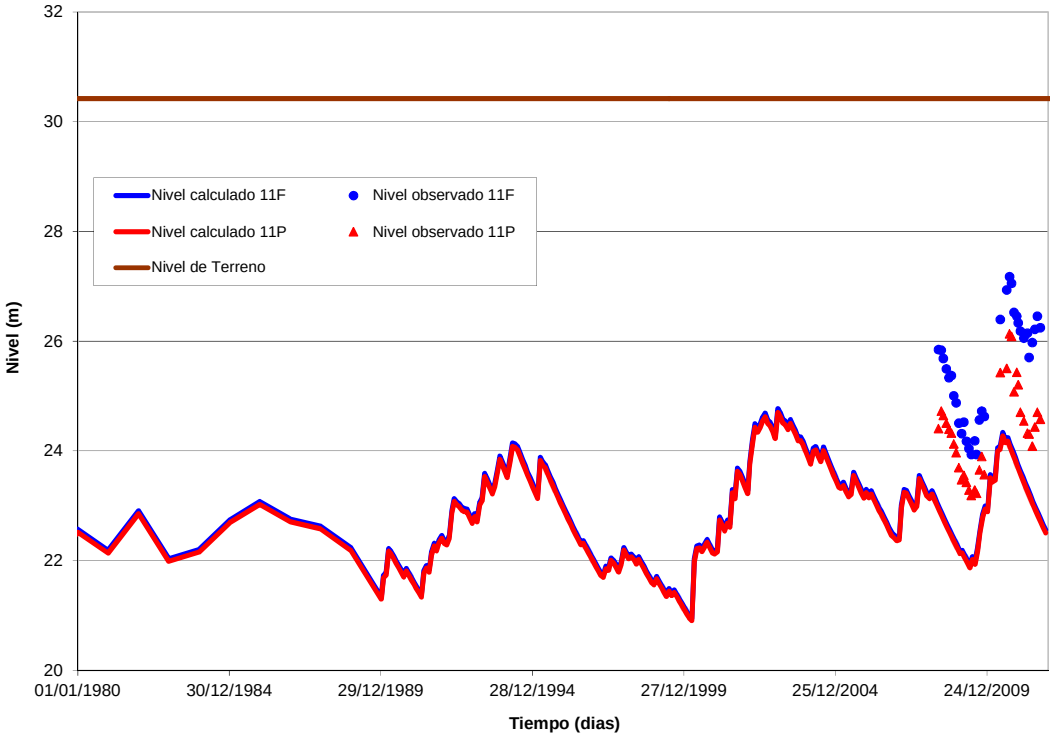


Figura F.11. Hidrogramas de los piezómetros 11F y 11P. Escenario A.

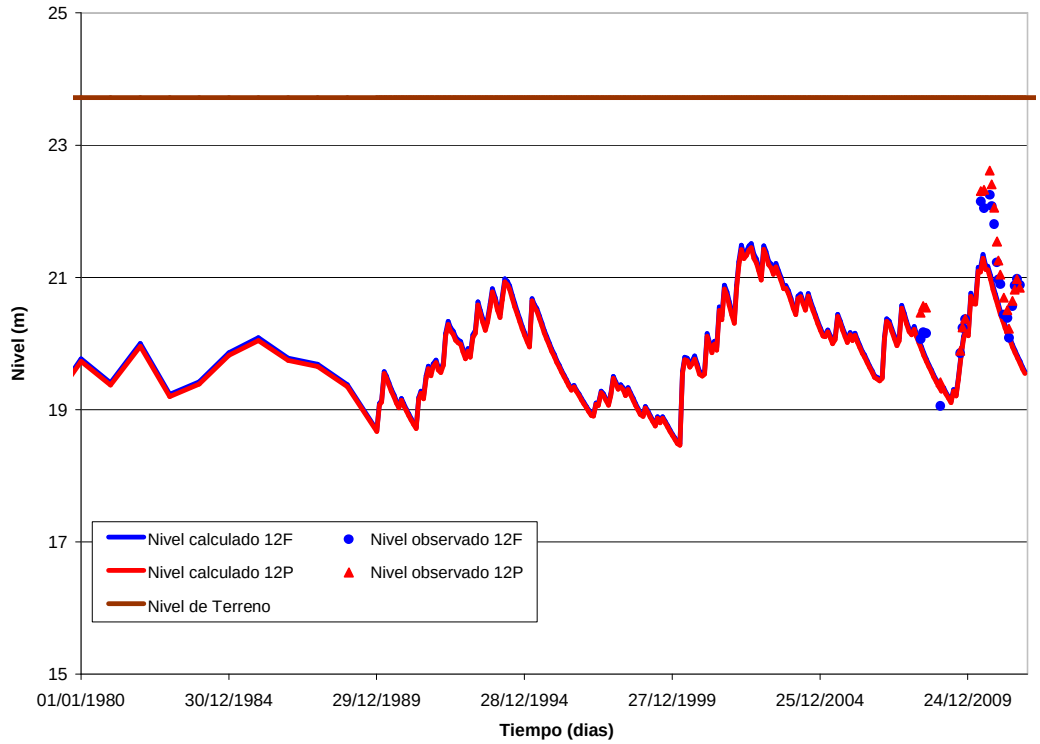


Figura F.12. Hidrogramas de los piezómetros 12F y 12P. Escenario A.

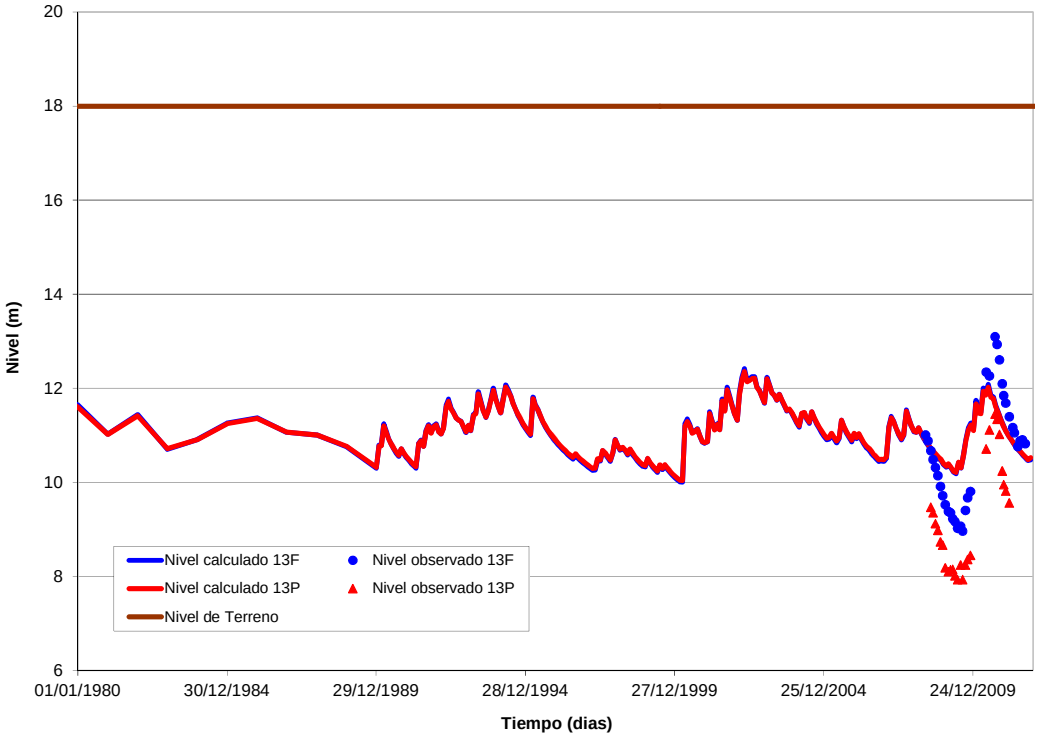


Figura F.13. Hidrogramas de los piezómetros 13F y 13P. Escenario A.

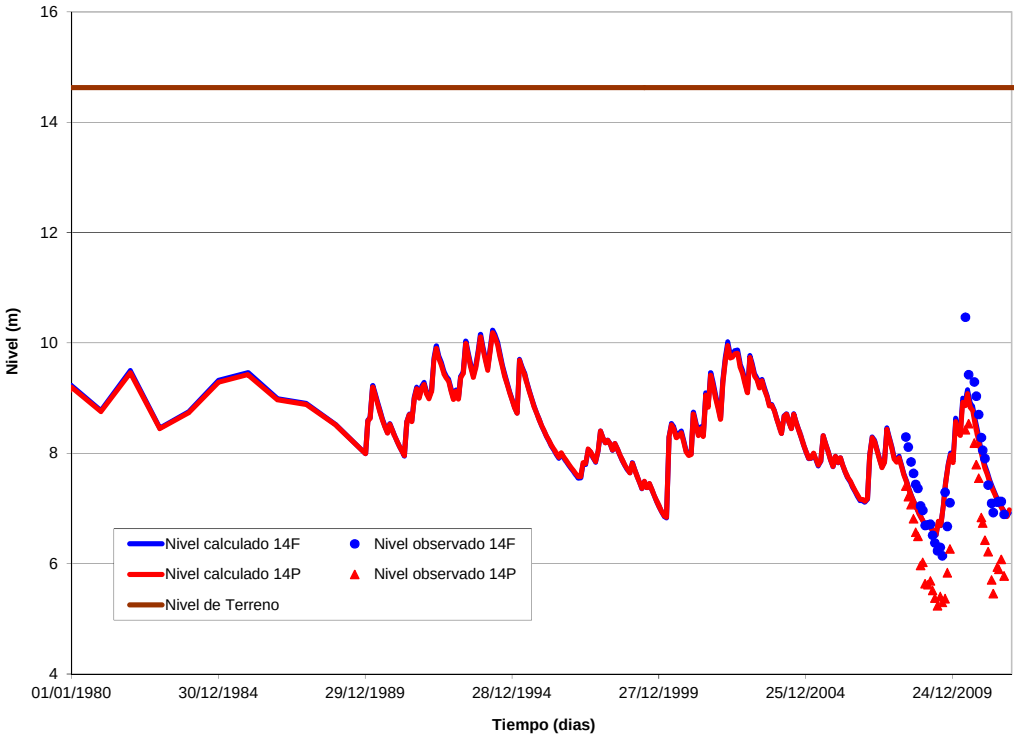


Figura F.14. Hidrogramas de los piezómetros 14F y 14P. Escenario A.

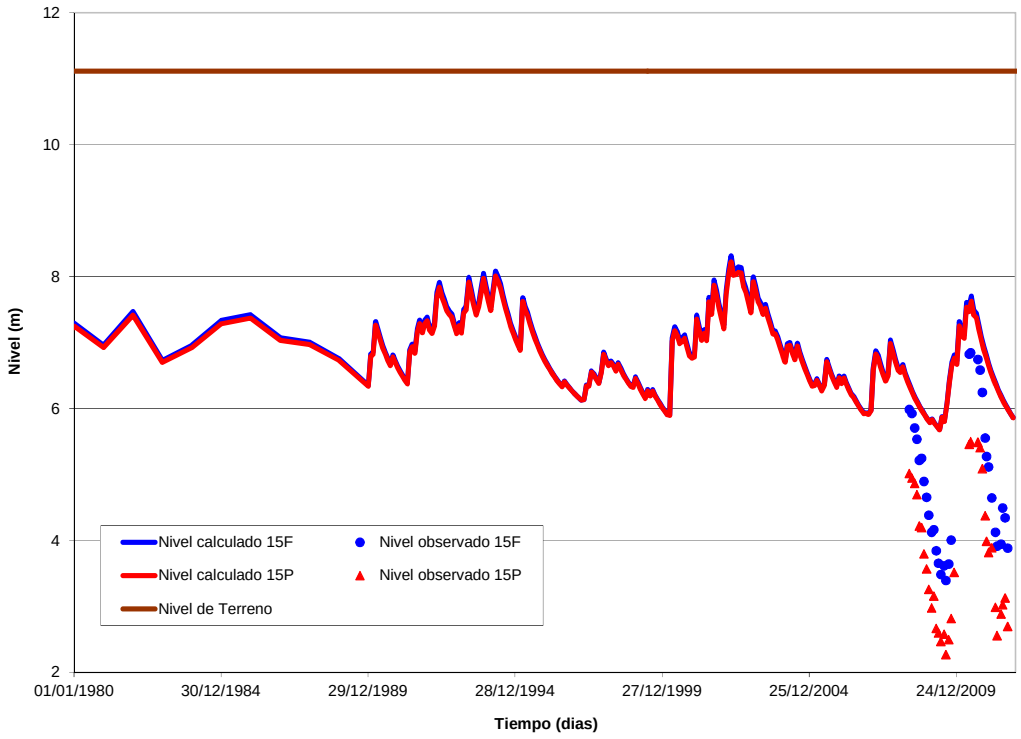


Figura F.15. Hidrogramas de los piezómetros 15F y 15P. Escenario A.

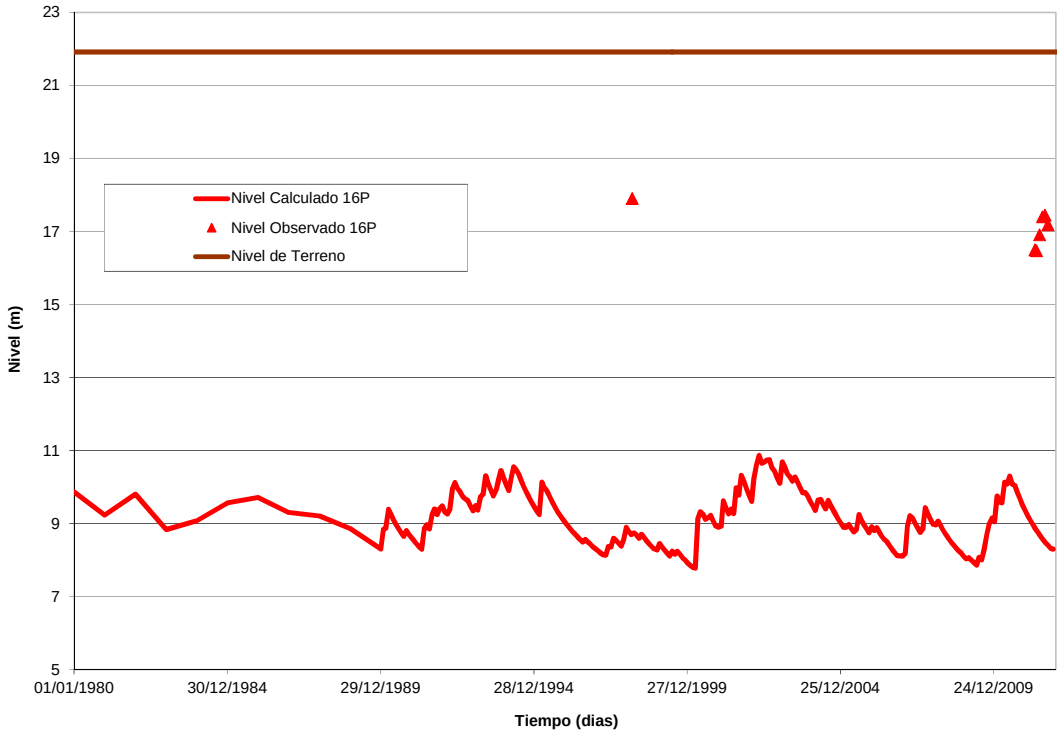


Figura F.16. Hidrograma del piezómetro 16P. Escenario A.

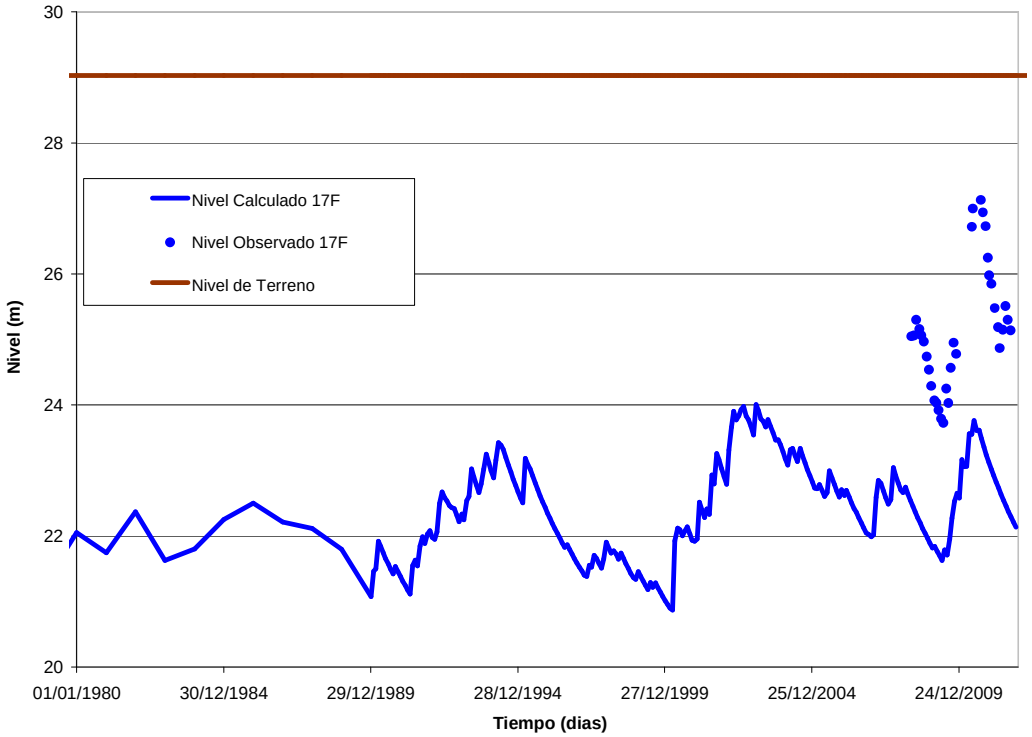


Figura F.17. Hidrograma del piezómetro 17F. Escenario A.

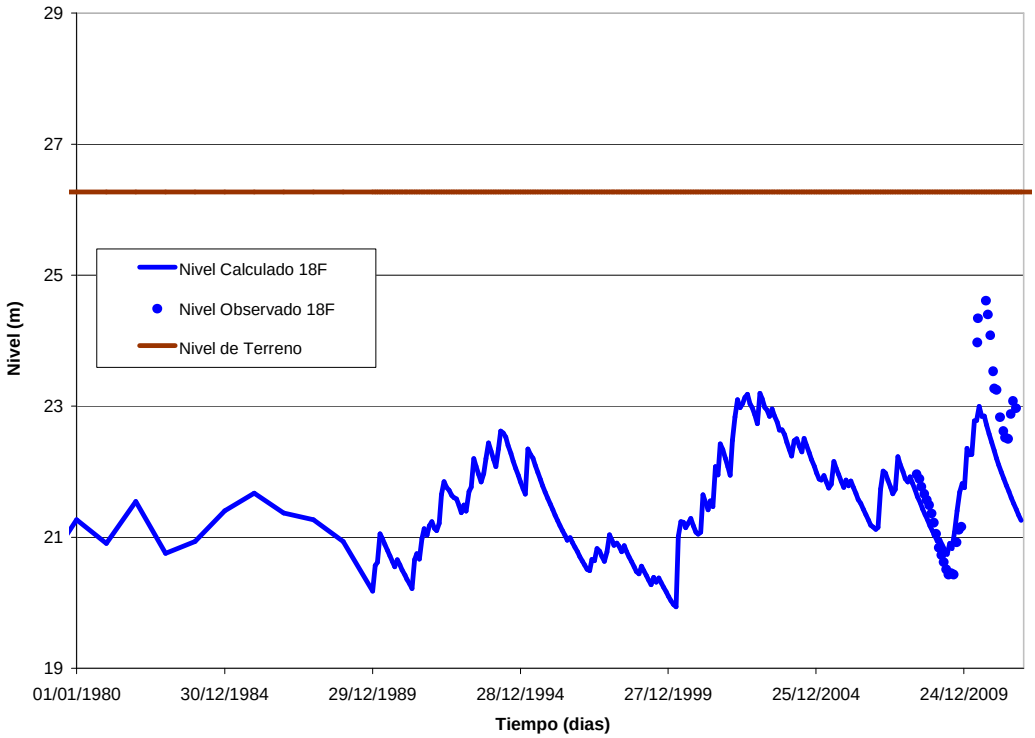


Figura F.18. Hidrograma del piezómetro 18F. Escenario A.

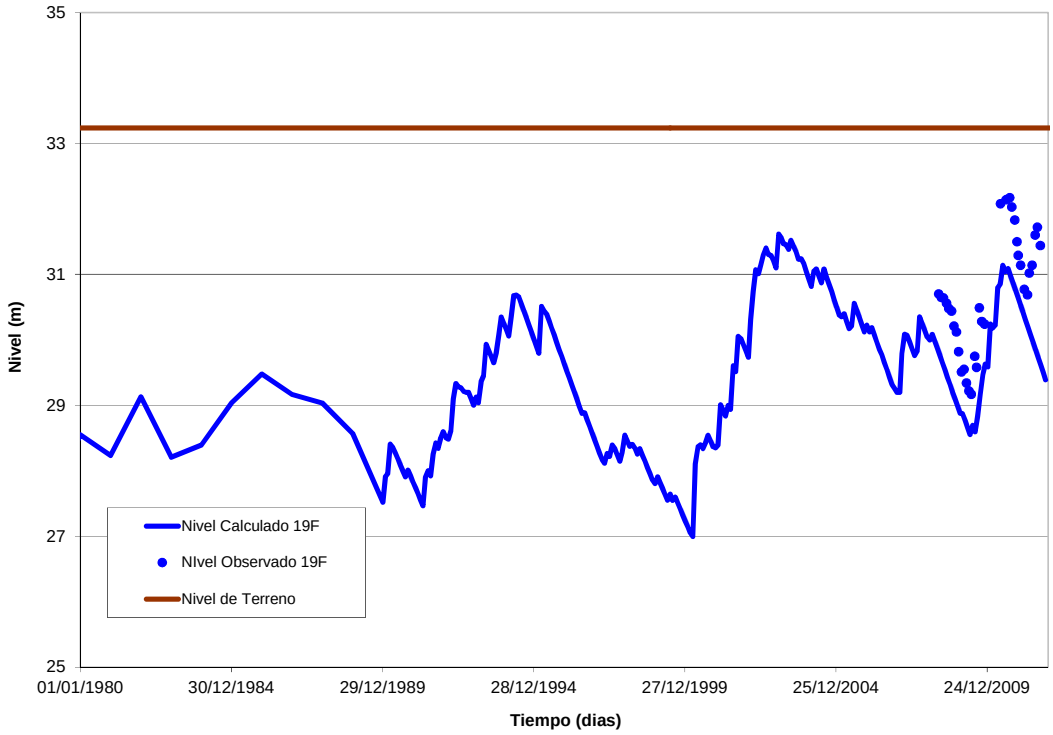


Figura F.19. Hidrograma del piezómetro 19F. Escenario A.

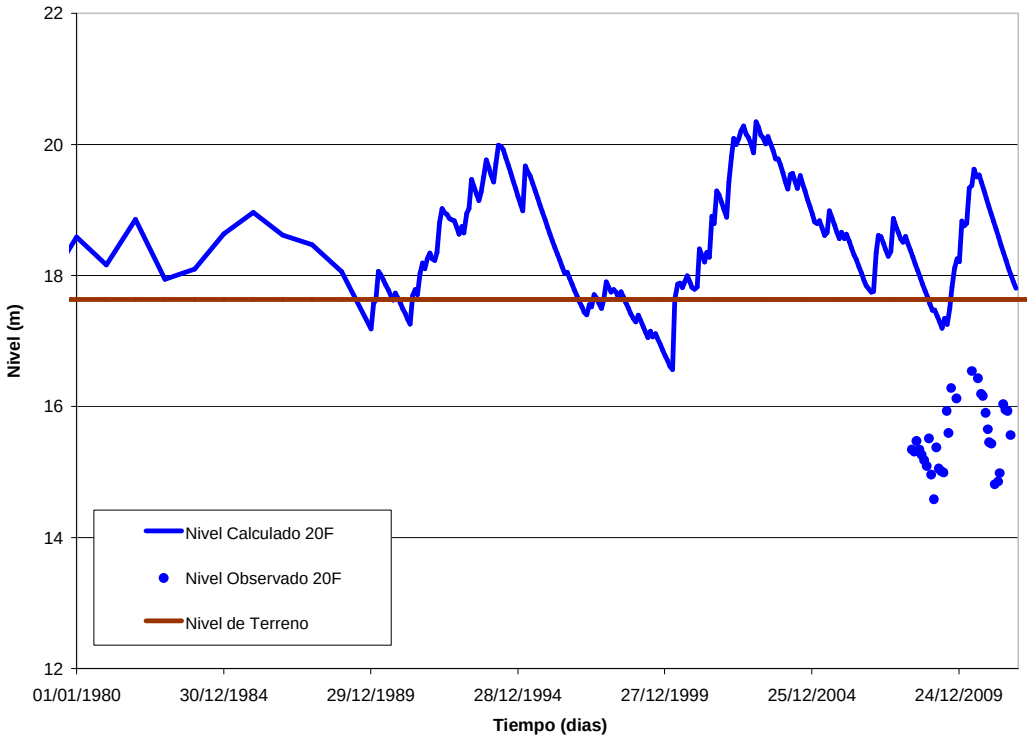


Figura F.20. Hidrograma del piezómetro 20F. Escenario A.

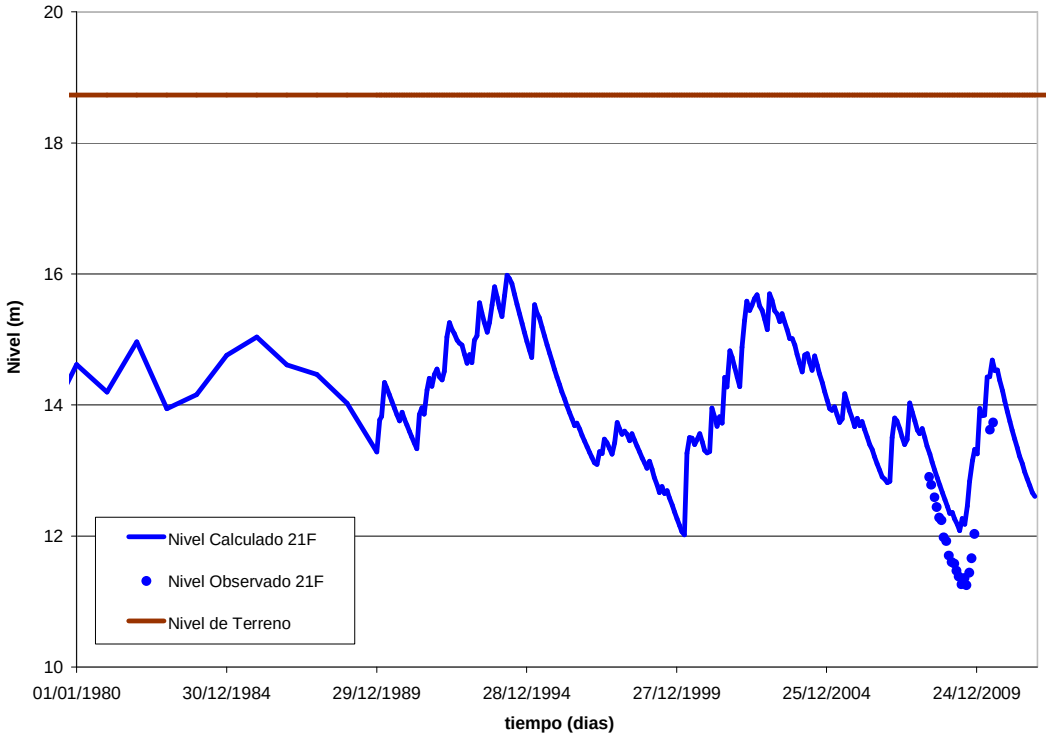


Figura F.21. Hidrograma del piezómetro 21F. Escenario A.

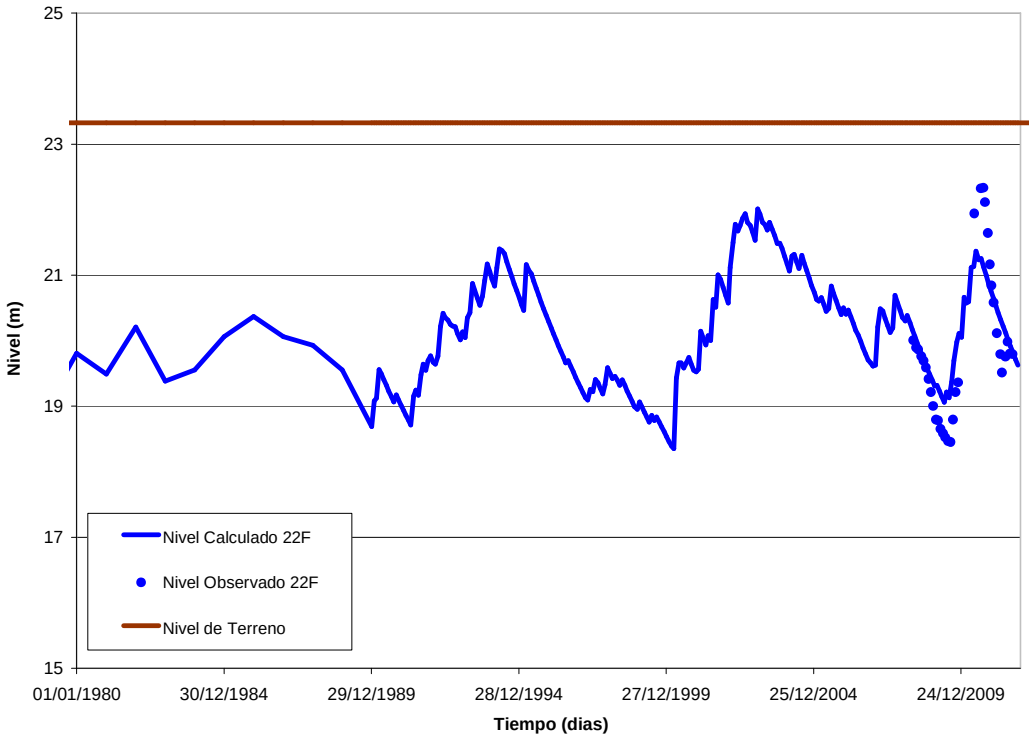


Figura F.22. Hidrograma del piezómetro 22F. Escenario A.

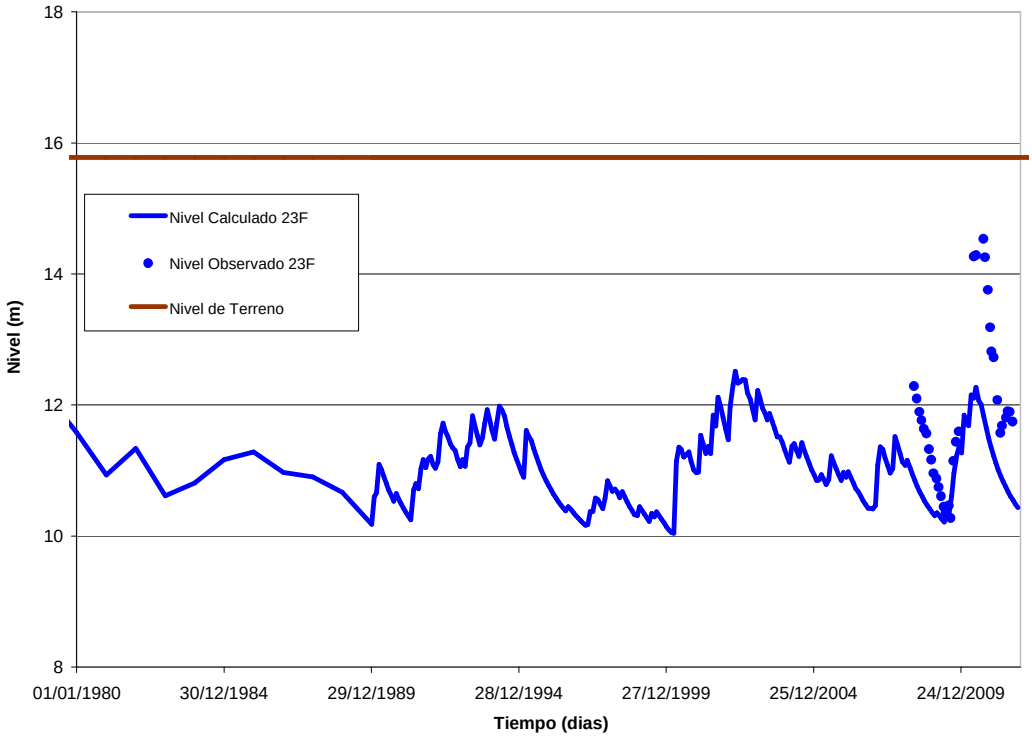


Figura F.23. Hidrograma del piezómetro 23F. Escenario A.

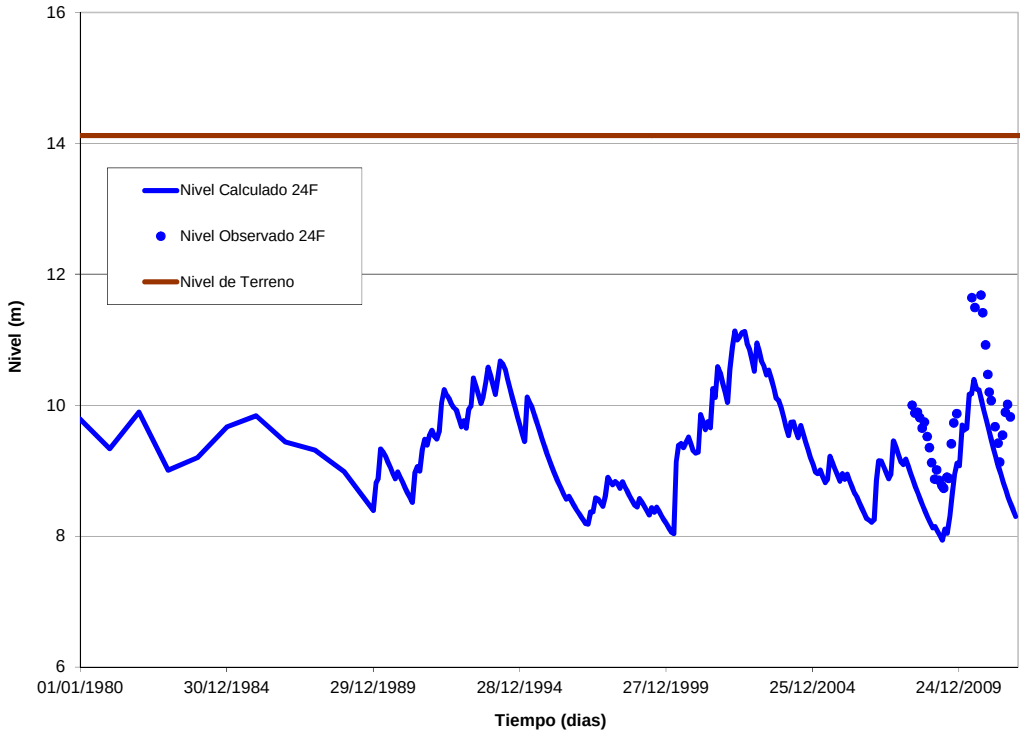


Figura F.24. Hidrograma del piezómetro 24F. Escenario A.

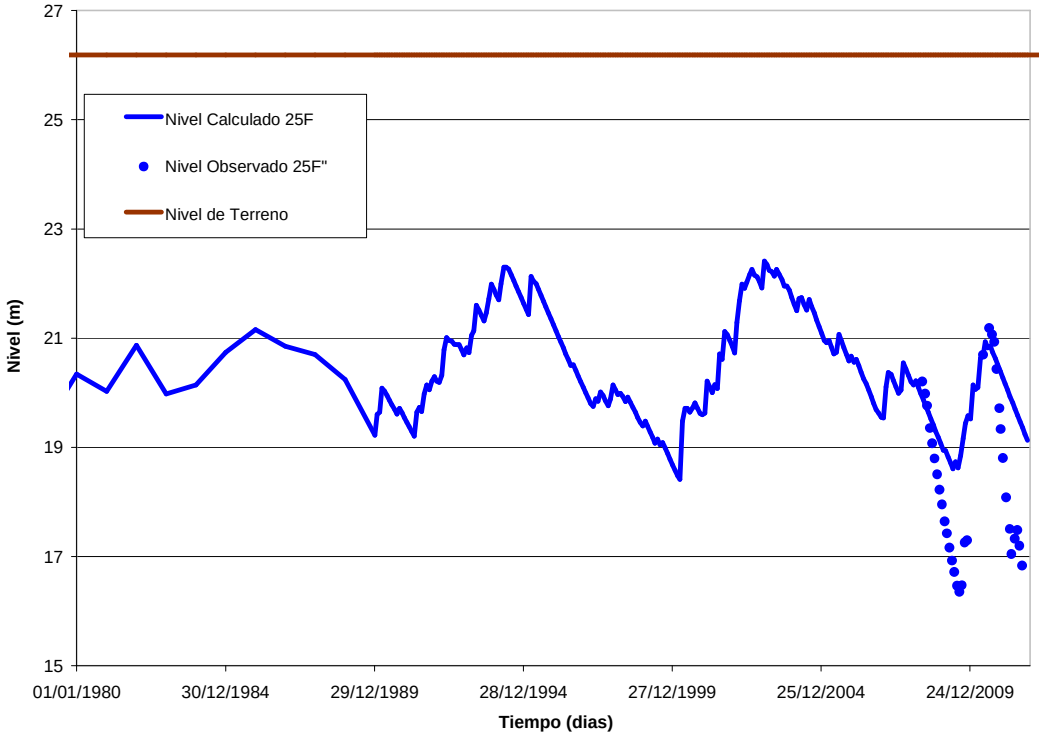


Figura F.25. Hidrograma del piezómetro 25F. Escenario A.

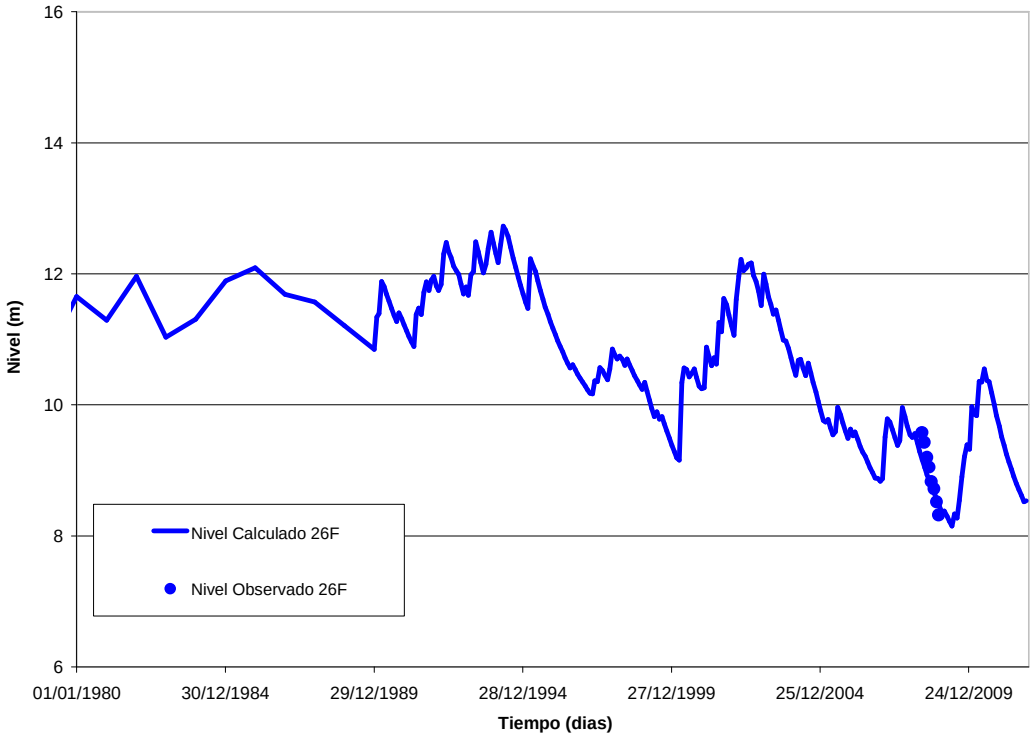


Figura F.26. Hidrograma del piezómetro 26F. Escenario A.

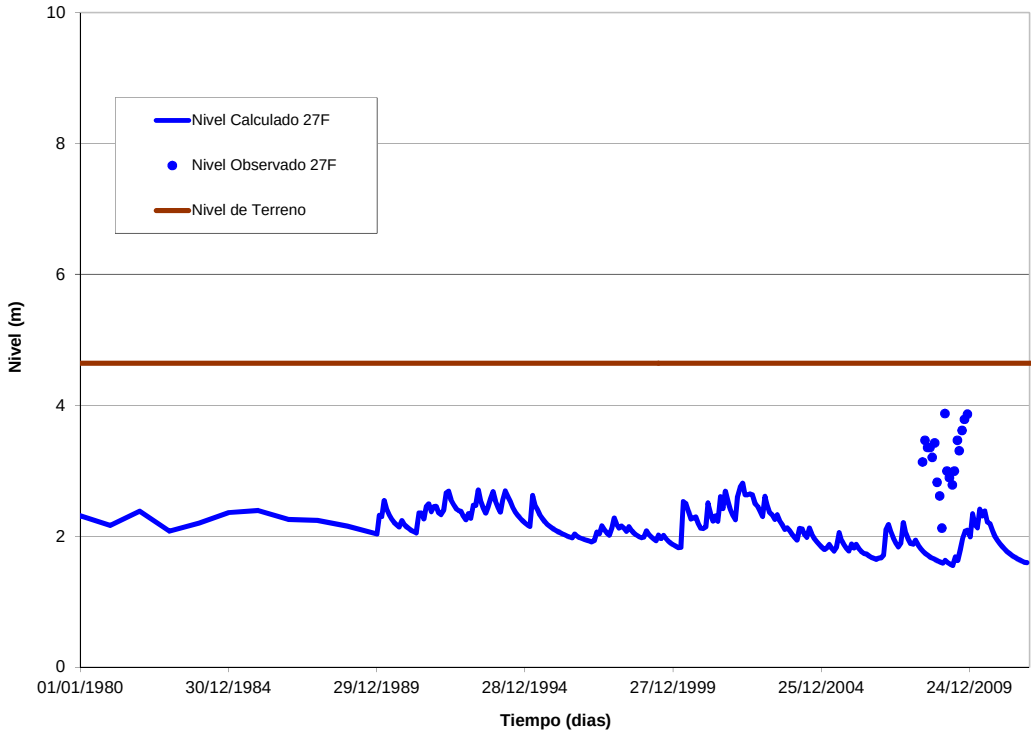


Figura F.27. Hidrograma del piezómetro 27F. Escenario A.

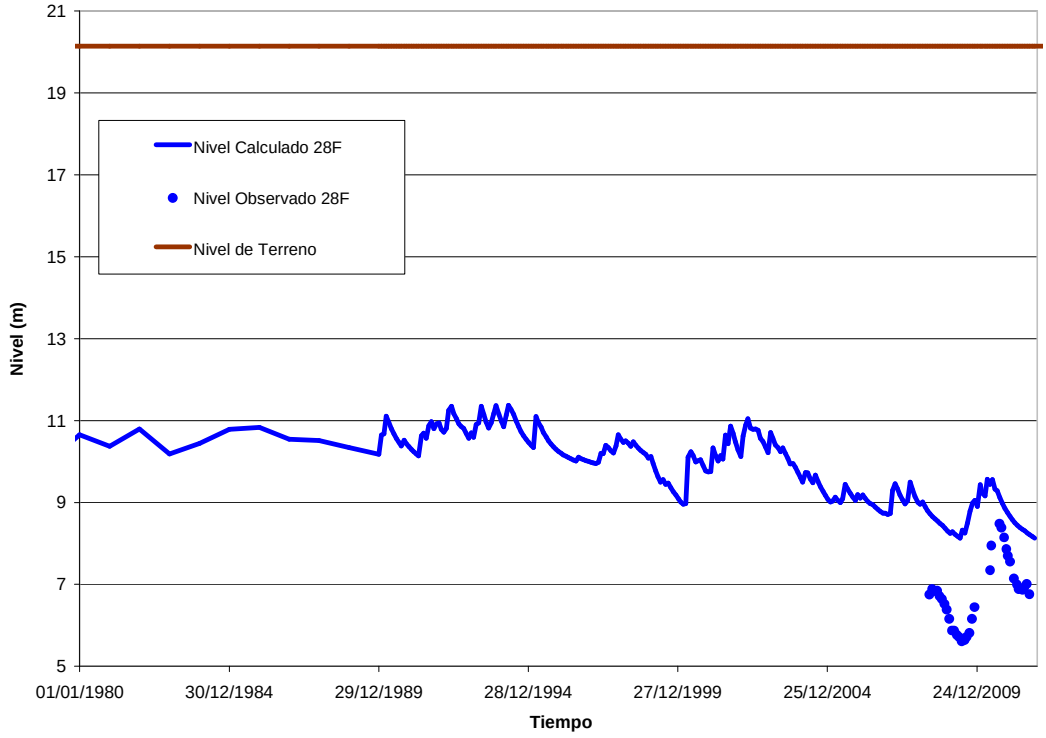


Figura F.28. Hidrograma del piezómetro 28F. Escenario A.

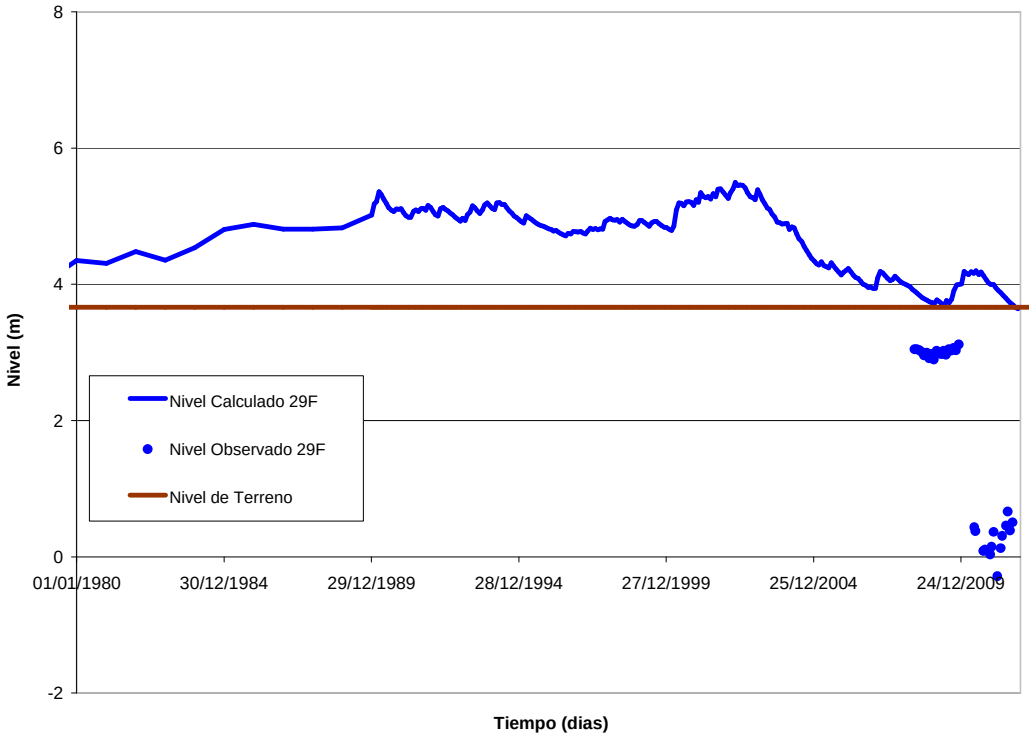


Figura F.29. Hidrograma del piezómetro 29F. Escenario A.

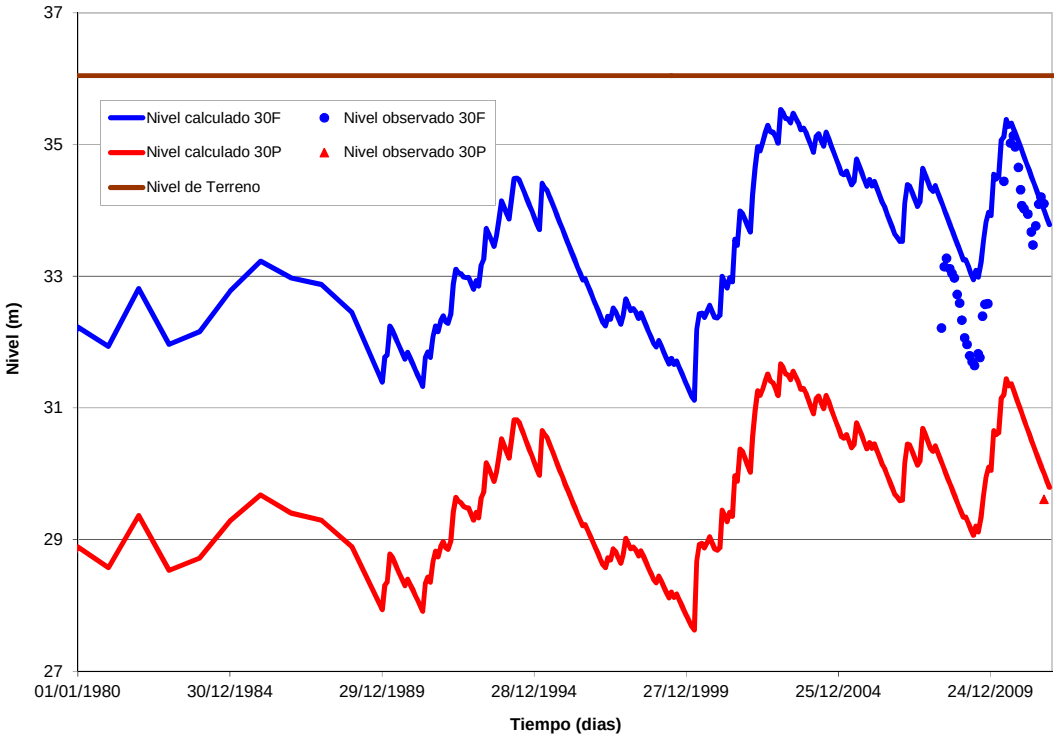


Figura F.30. Hidrogramas de los piezómetros 30F y 30P. Escenario A.

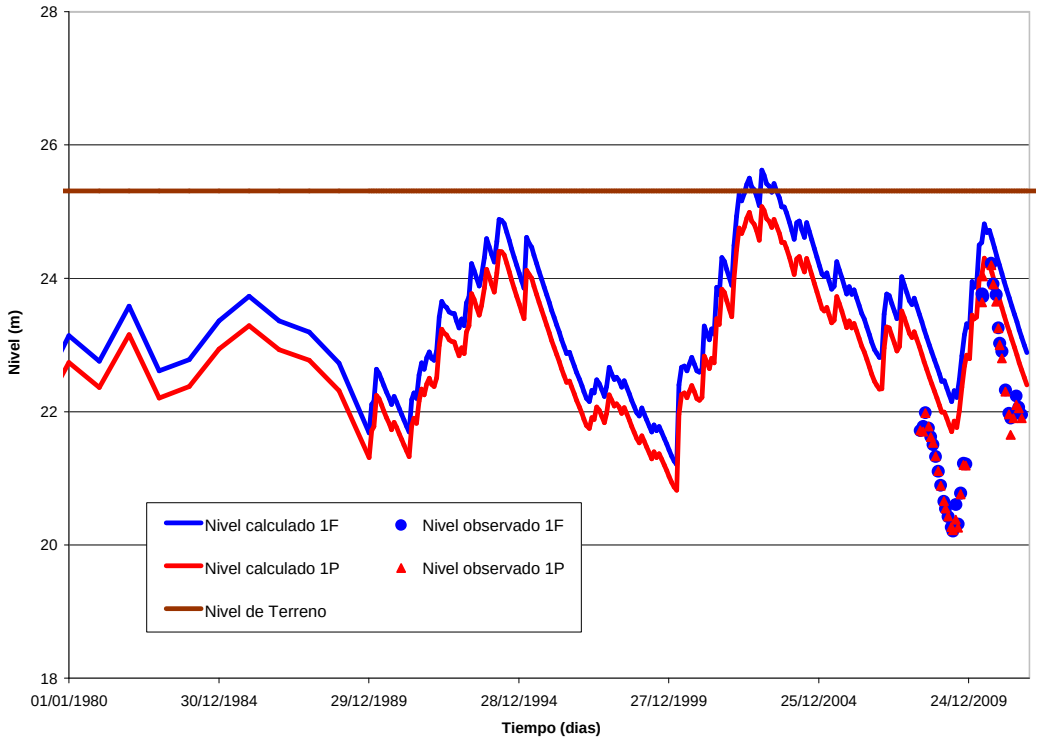


Figura F.31. Hidrogramas de los piezómetros 1F y 1P. Escenario B.

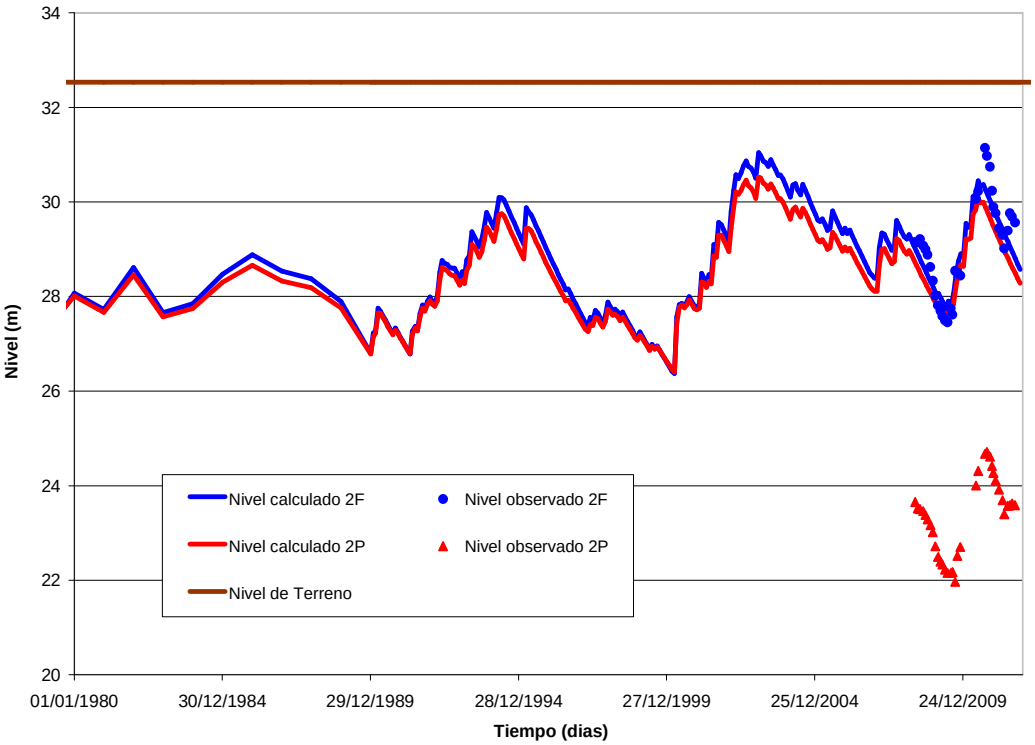


Figura F.32. Hidrogramas de los piezómetros 2F y 2P. Escenario B.

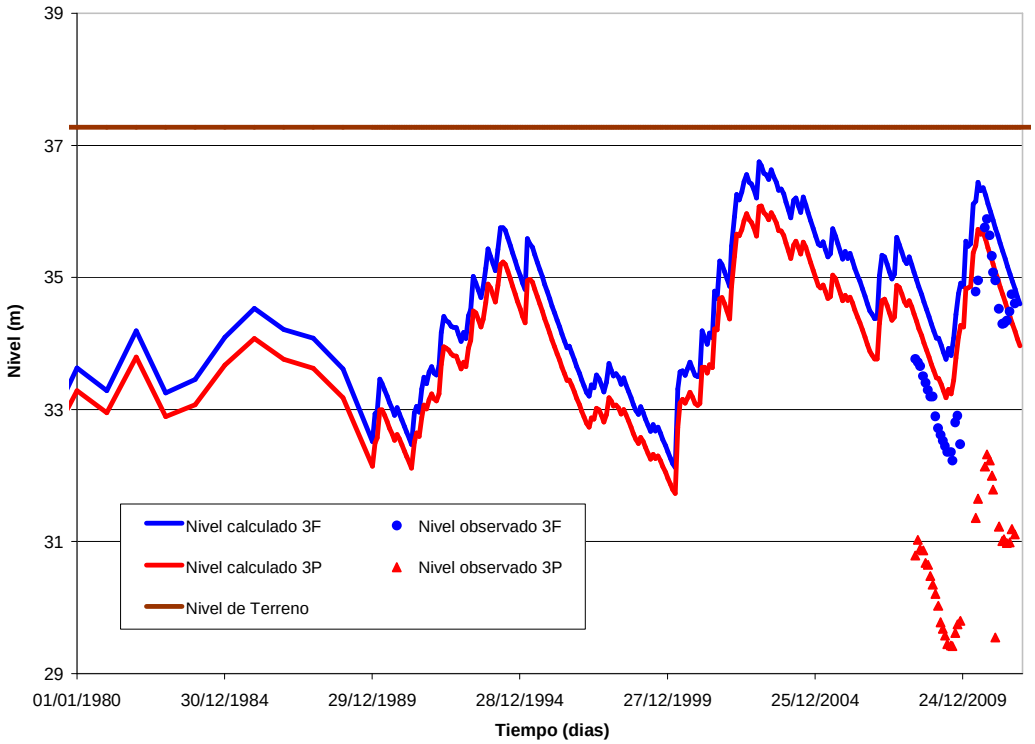


Figura F.33. Hidrogramas de los piezómetros 3F y 3P. Escenario B.

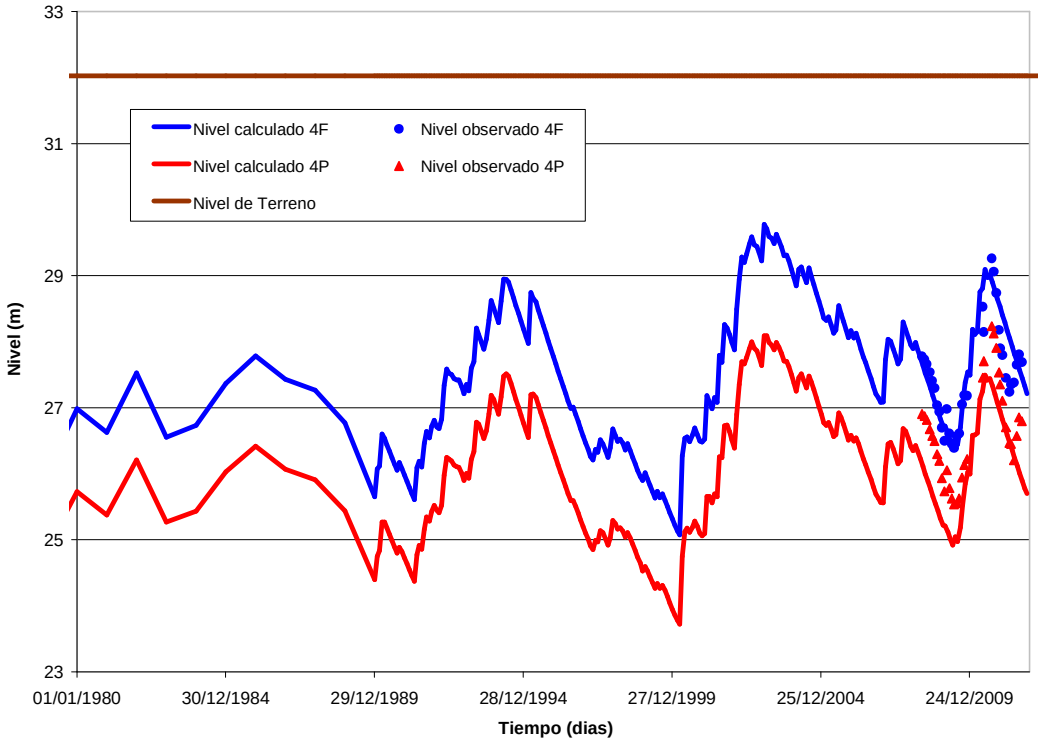


Figura F.34. Hidrogramas de los piezómetros 4F y 4P. Escenario B.

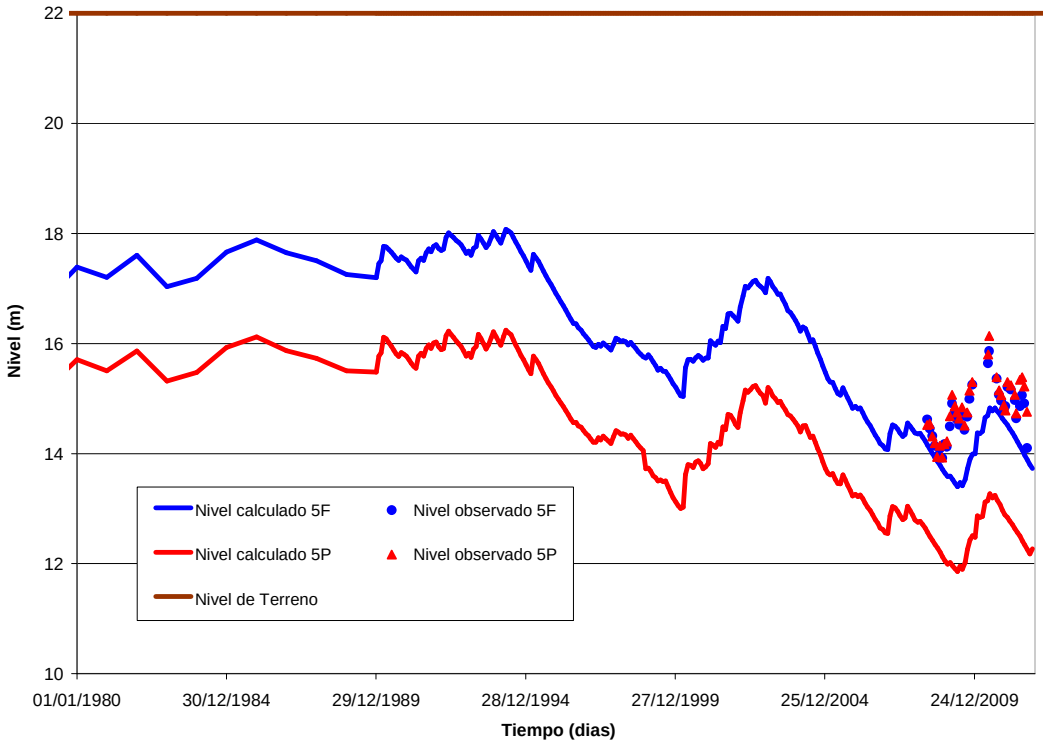


Figura F.35. Hidrogramas de los piezómetros 5F y 5P. Escenario B.

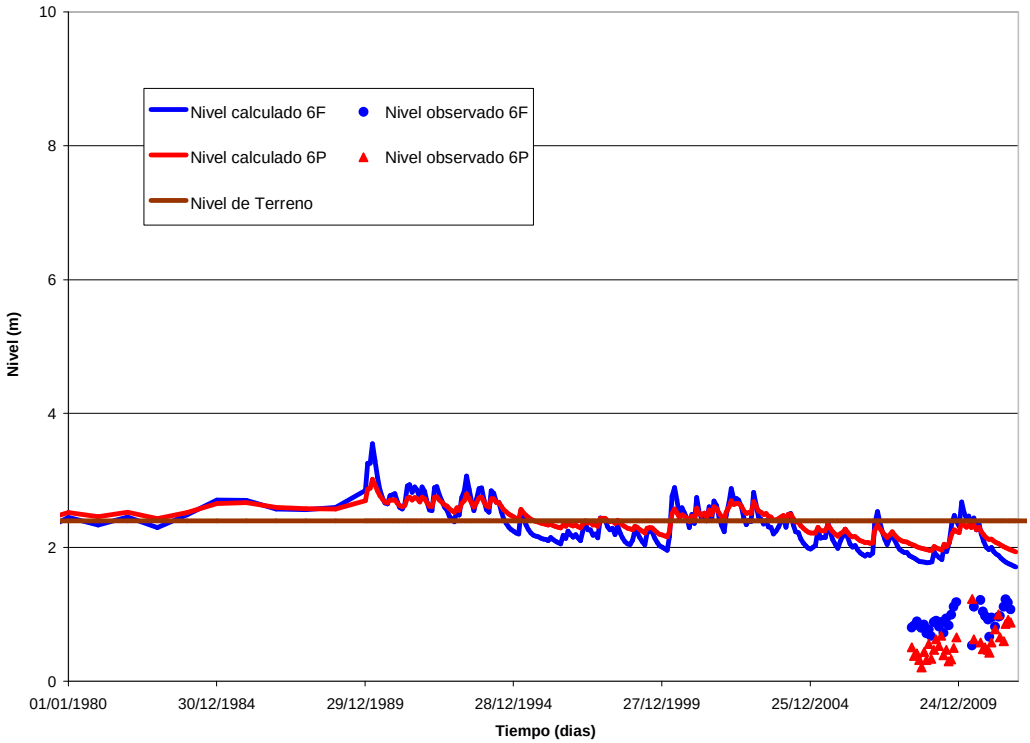


Figura F.36. Hidrogramas de los piezómetros 6F y 6P. Escenario B.

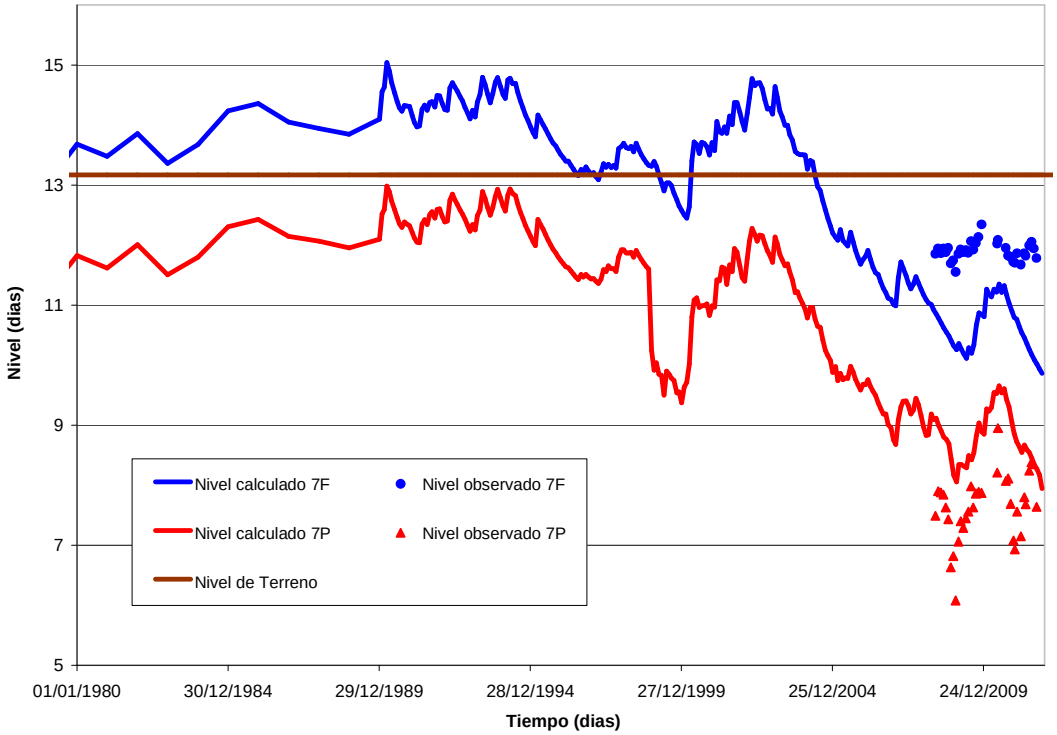


Figura F.37. Hidrogramas de los piezómetros 7F y 7P. Escenario B.

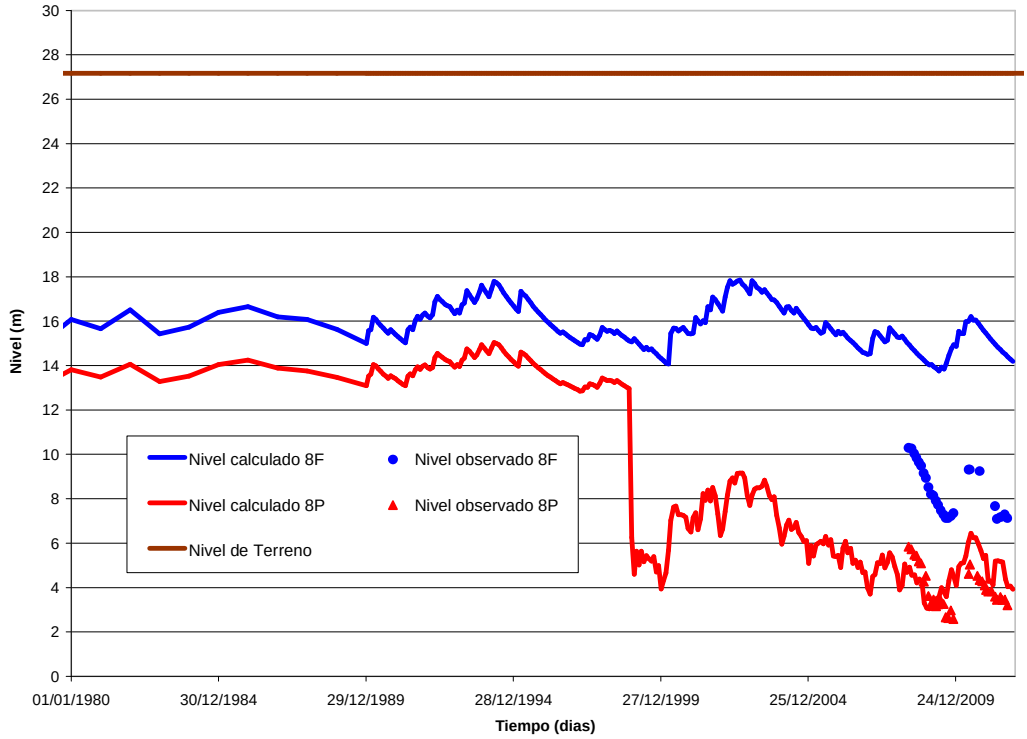


Figura F.38. Hidrogramas de los piezómetros 8F y 8P. Escenario B.

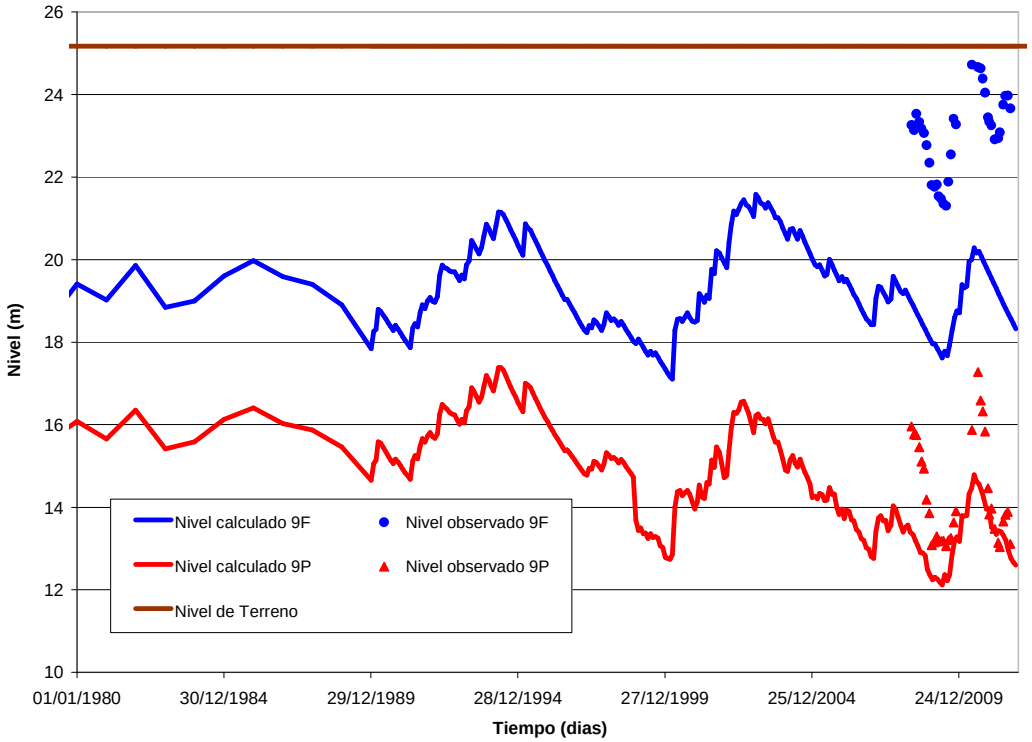


Figura F.39 Hidrogramas de los piezómetros 9F y 9P. Escenario B.

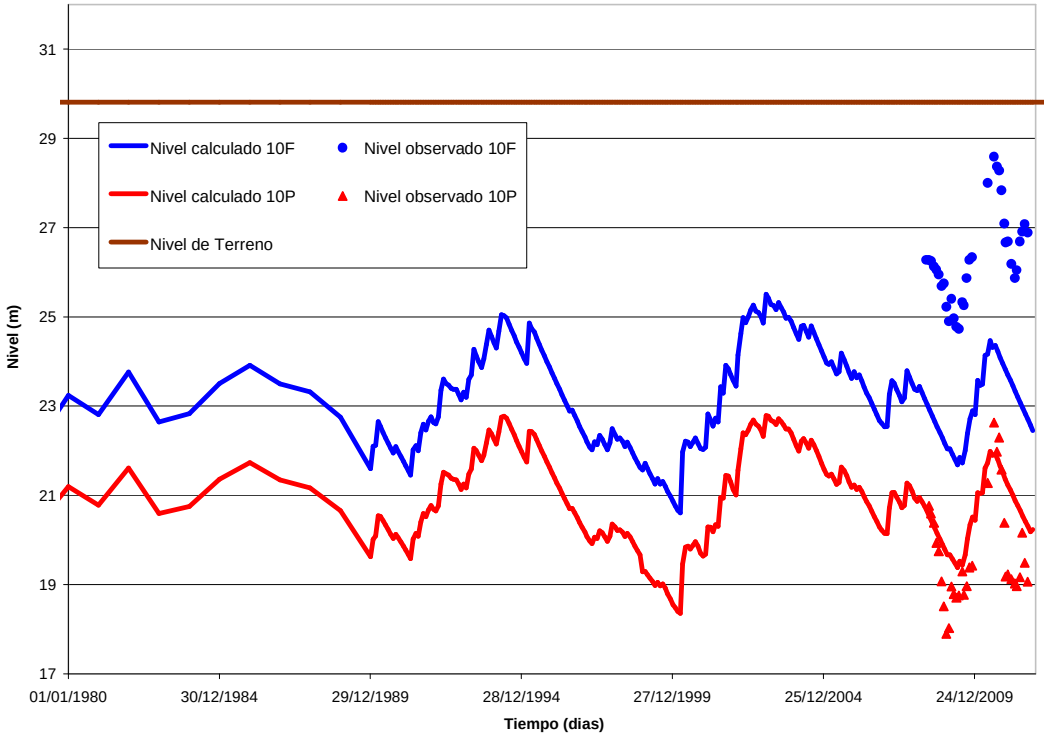


Figura F.40. Hidrogramas de los piezómetros 10F y 10P. Escenario B.

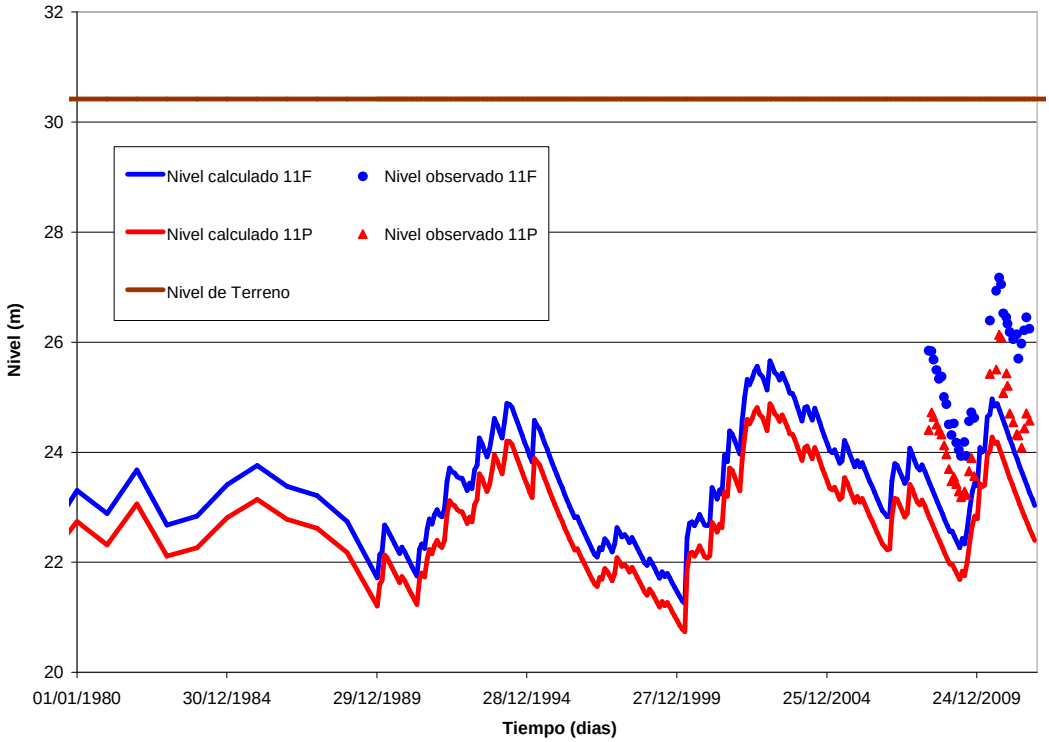


Figura F.41. Hidrogramas de los piezómetros 11F y 11P. Escenario B.

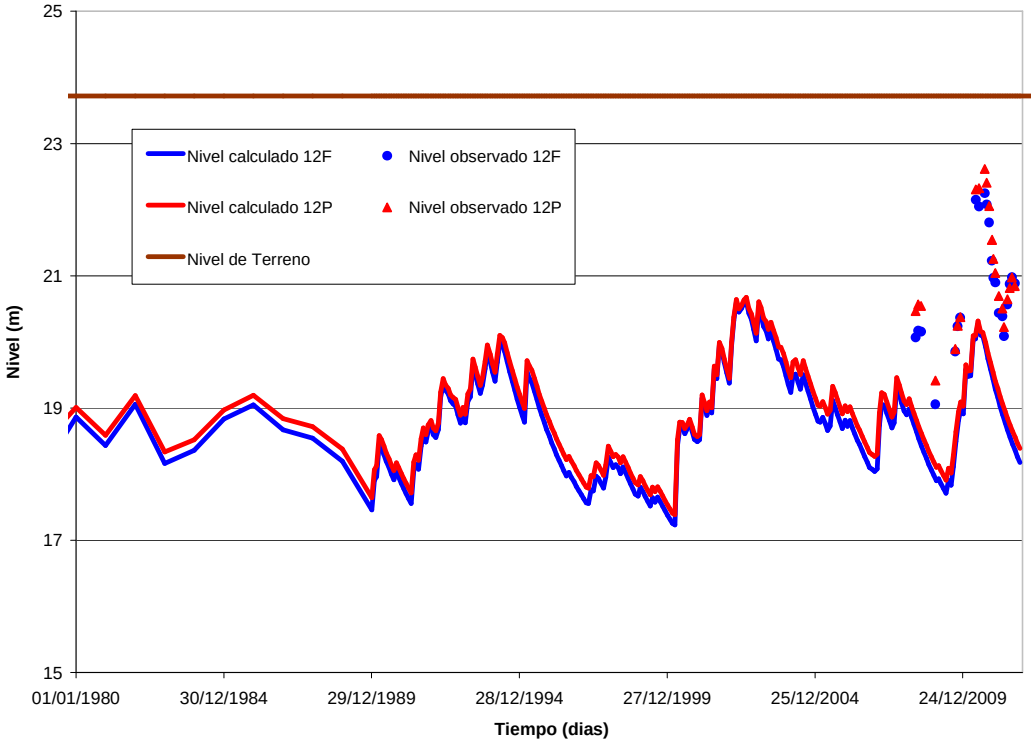


Figura F.42. Hidrogramas de los piezómetros 12F y 12P. Escenario B.

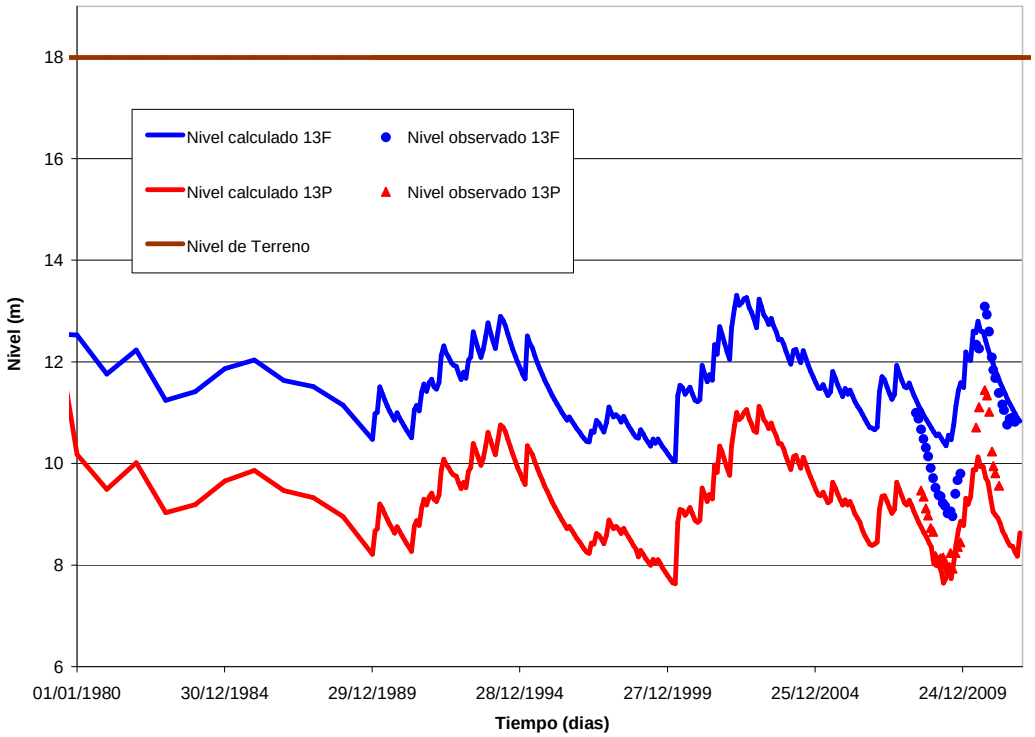


Figura F.43. Hidrogramas de los piezómetros 13F y 13P. Escenario B.

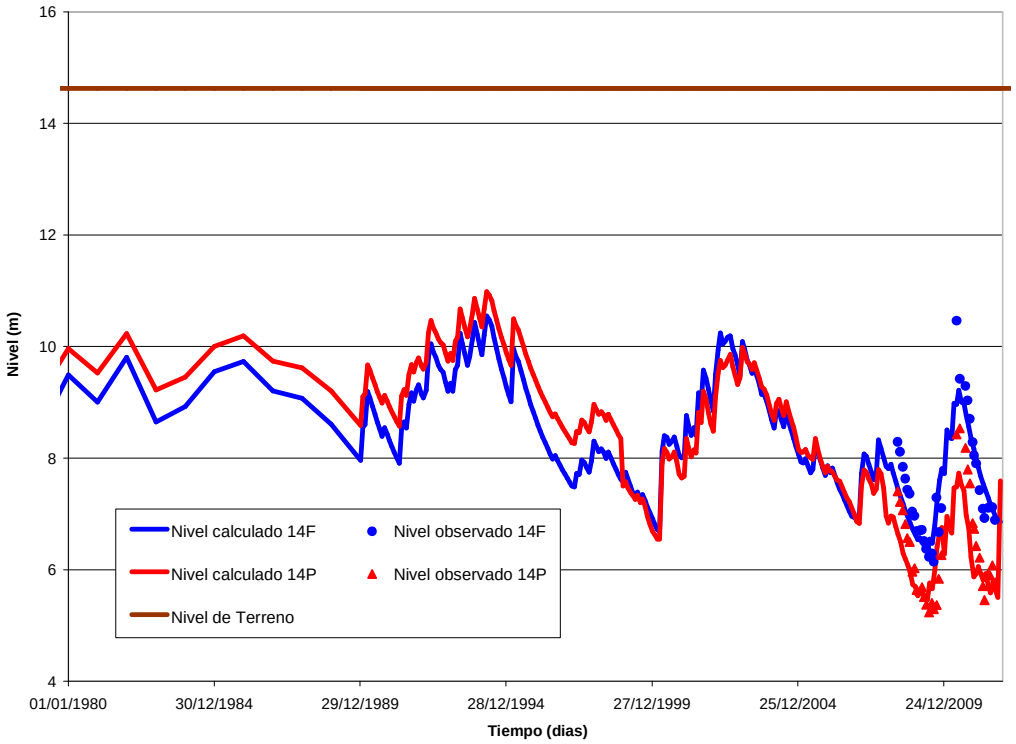


Figura F.44. Hidrogramas de los piezómetros 14F y 14P. Escenario B.

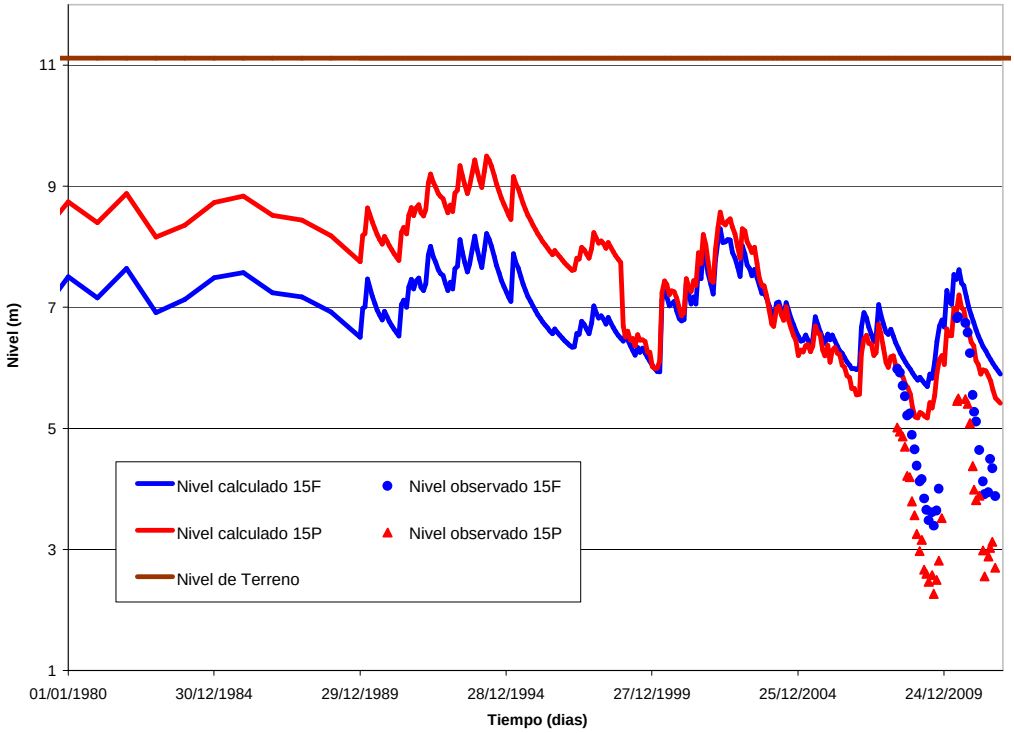


Figura F.45. Hidrogramas de los piezómetros 15F y 15P. Escenario B.

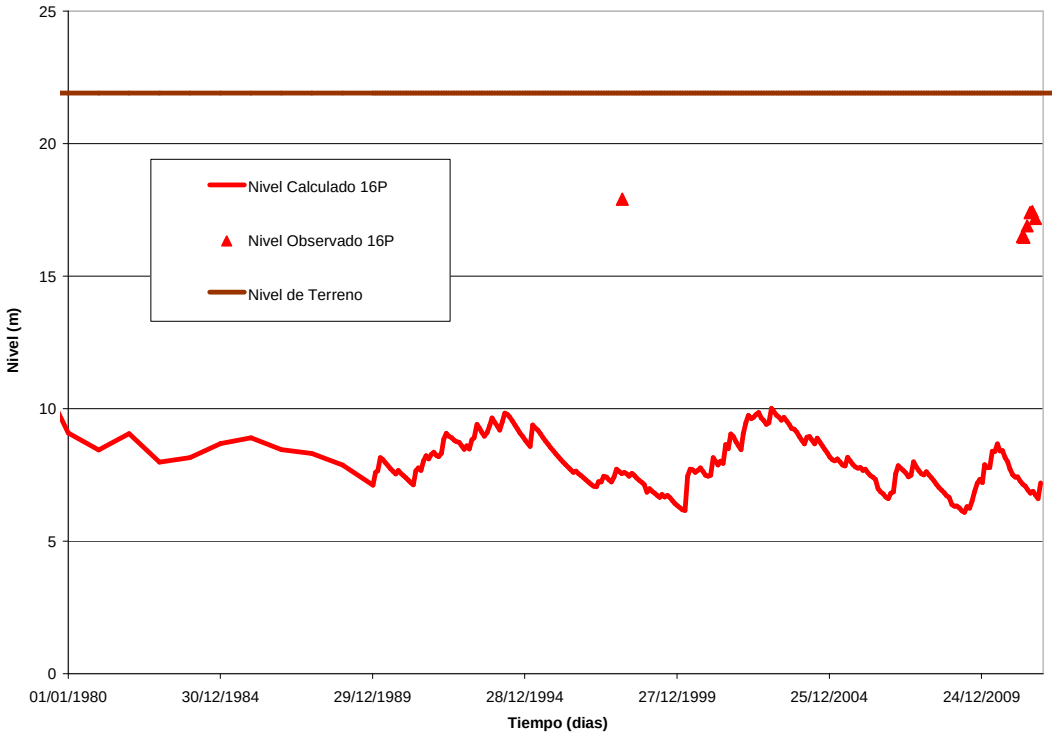


Figura F.46. Hidrograma del piezómetro 16P. Escenario B.

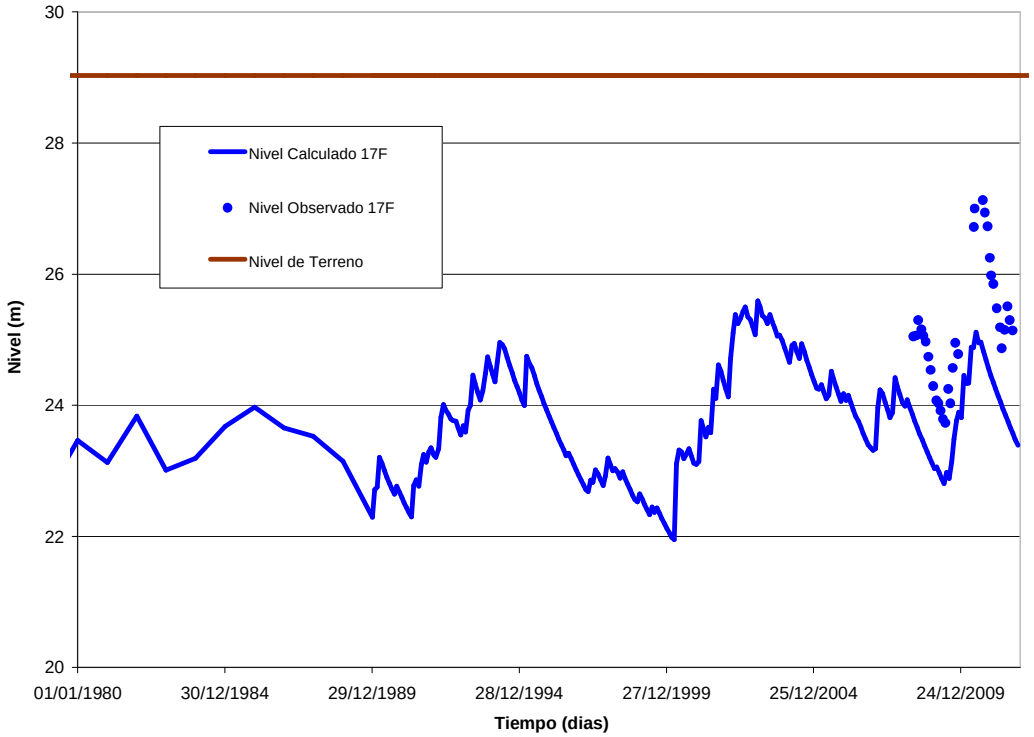


Figura F.47. Hidrograma del piezómetro 17F. Escenario B.

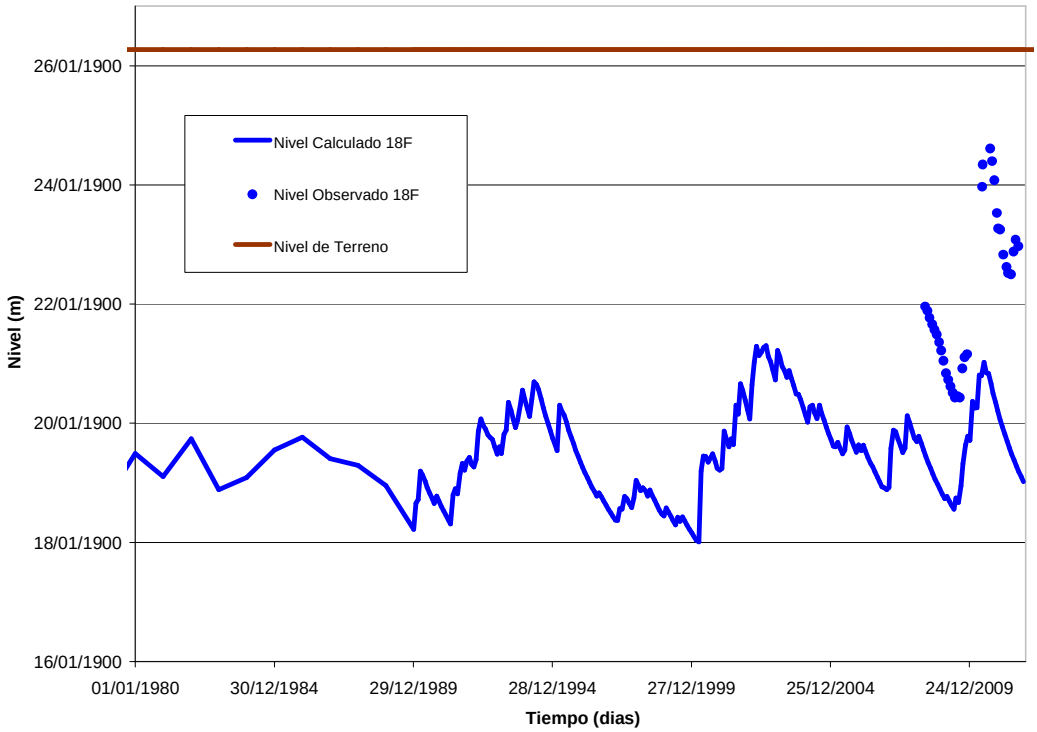


Figura F.48. Hidrograma del piezómetro 18F. Escenario B.

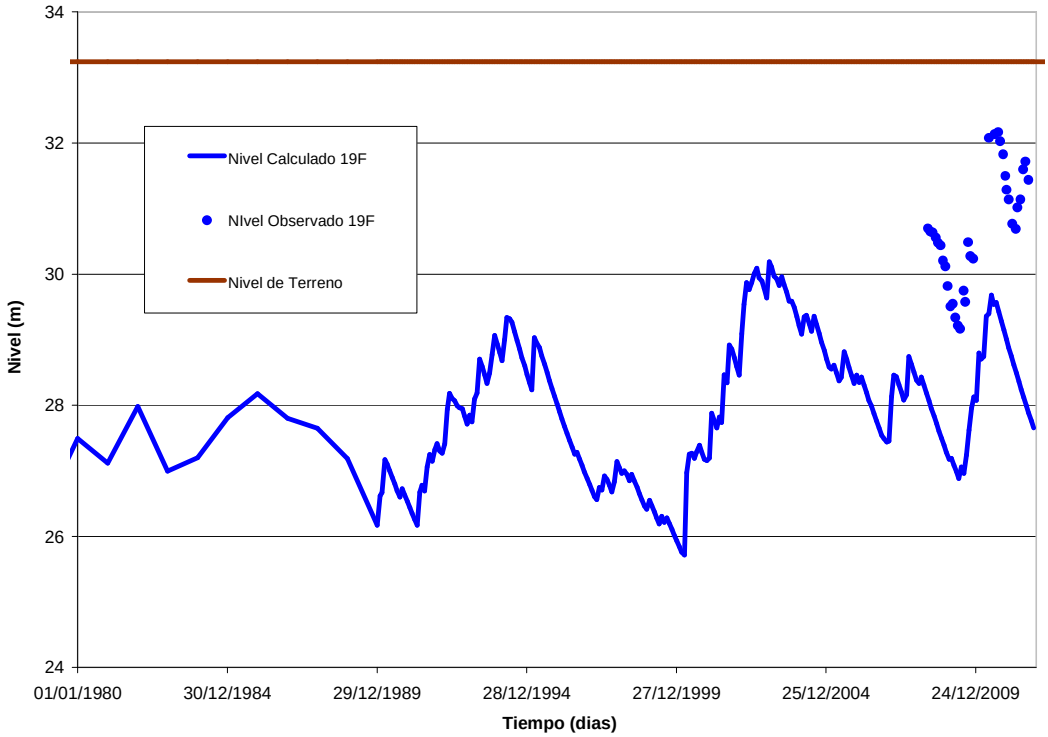


Figura F.49. Hidrograma del piezómetro 19F. Escenario B.

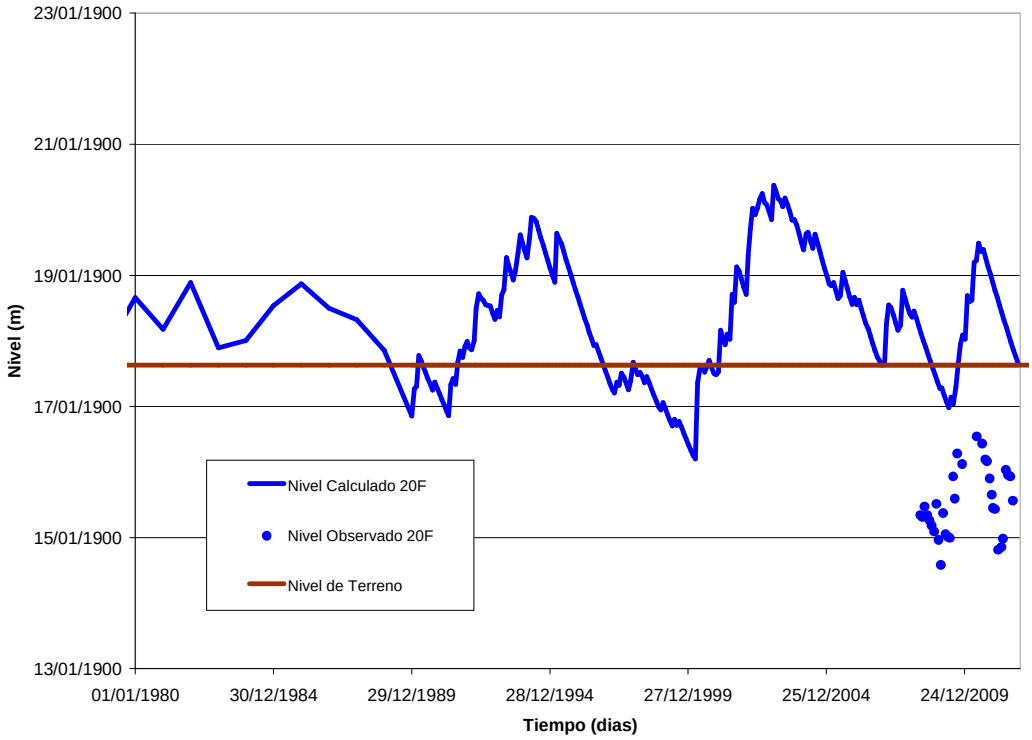


Figura F.50. Hidrograma del piezómetro 20F. Escenario B.

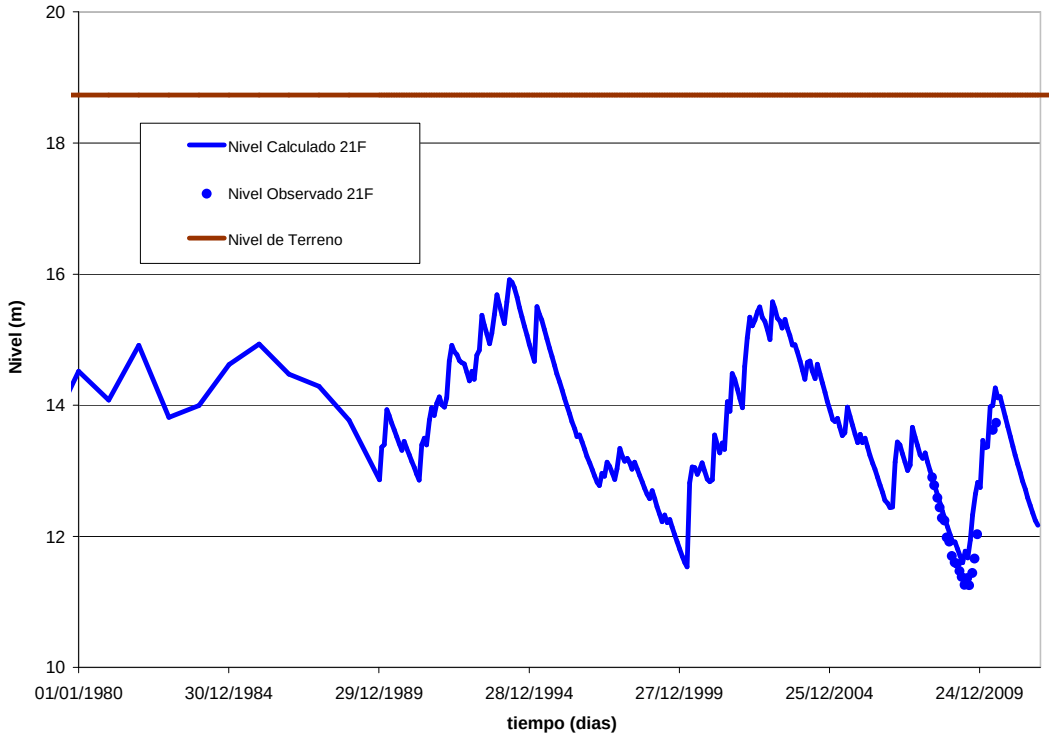


Figura F.51. Hidrograma del piezómetro 21F. Escenario B.

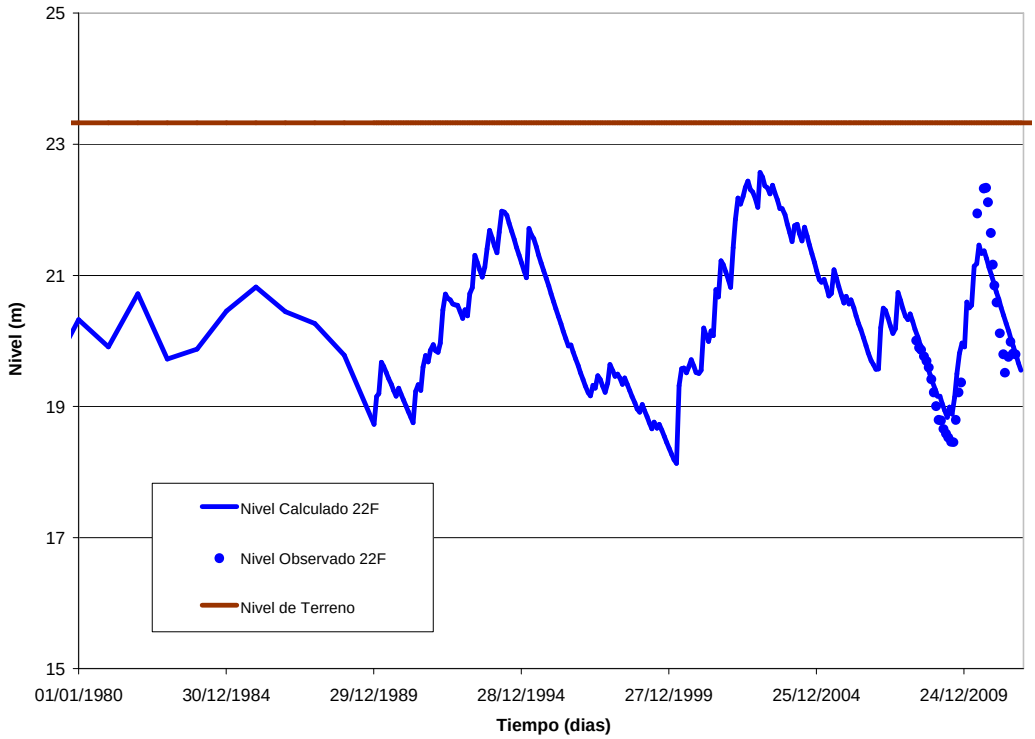


Figura F.52. Hidrograma del piezómetro 22F. Escenario B.

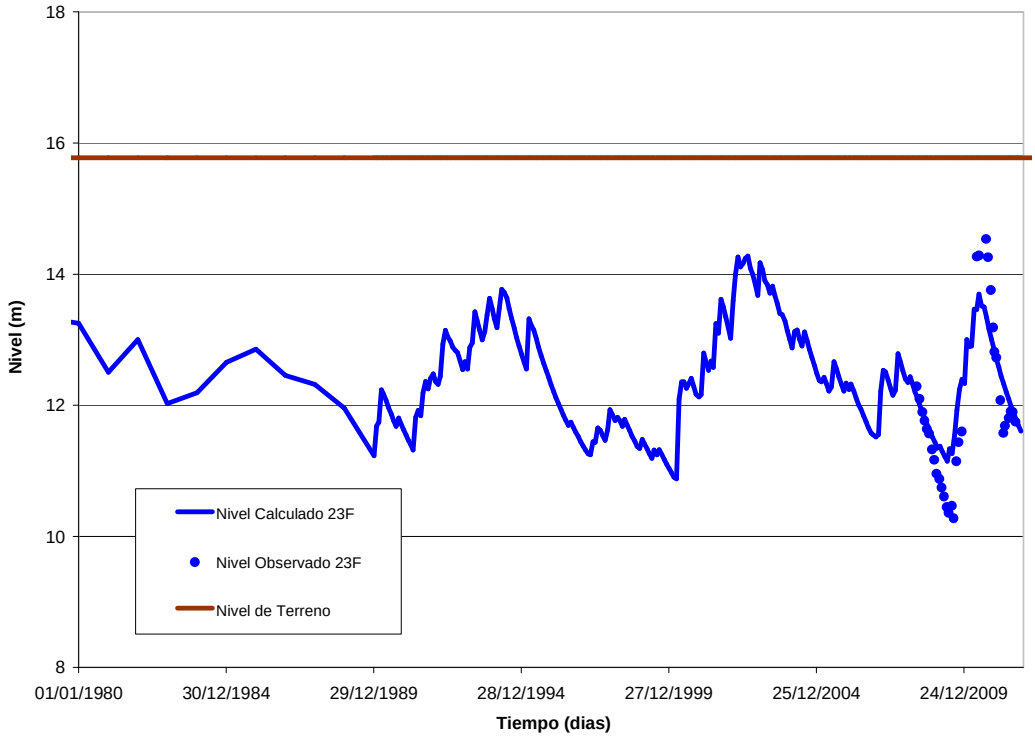


Figura F.53. Hidrograma del piezómetro 23F. Escenario B.

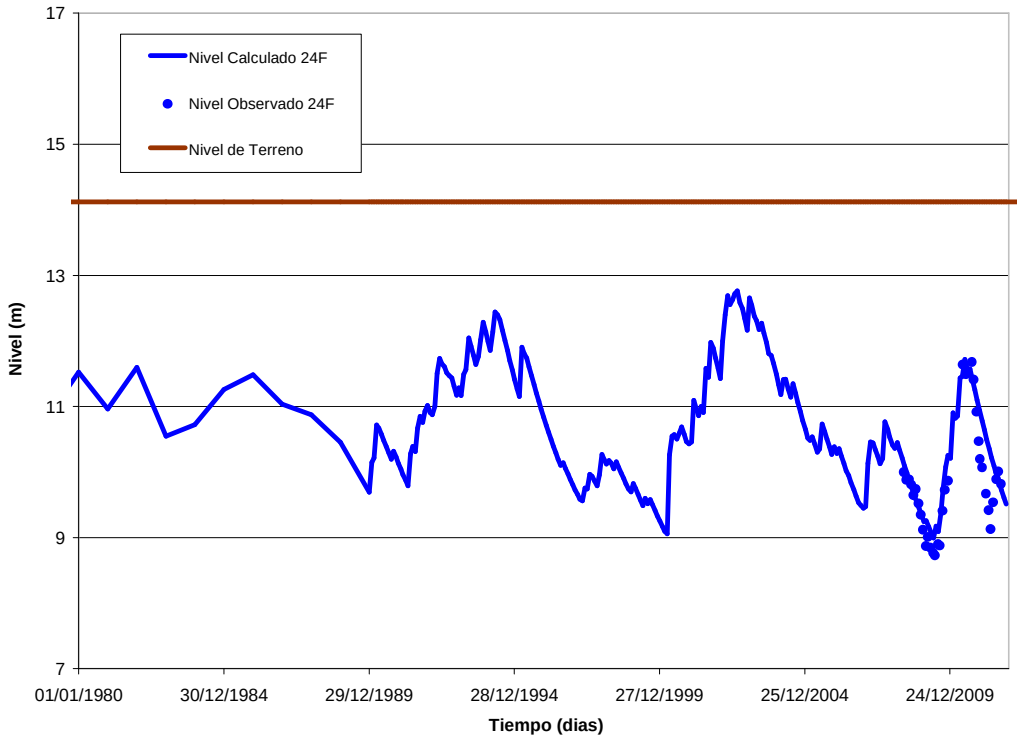


Figura F.54. Hidrograma del piezómetro 24F. Escenario B.

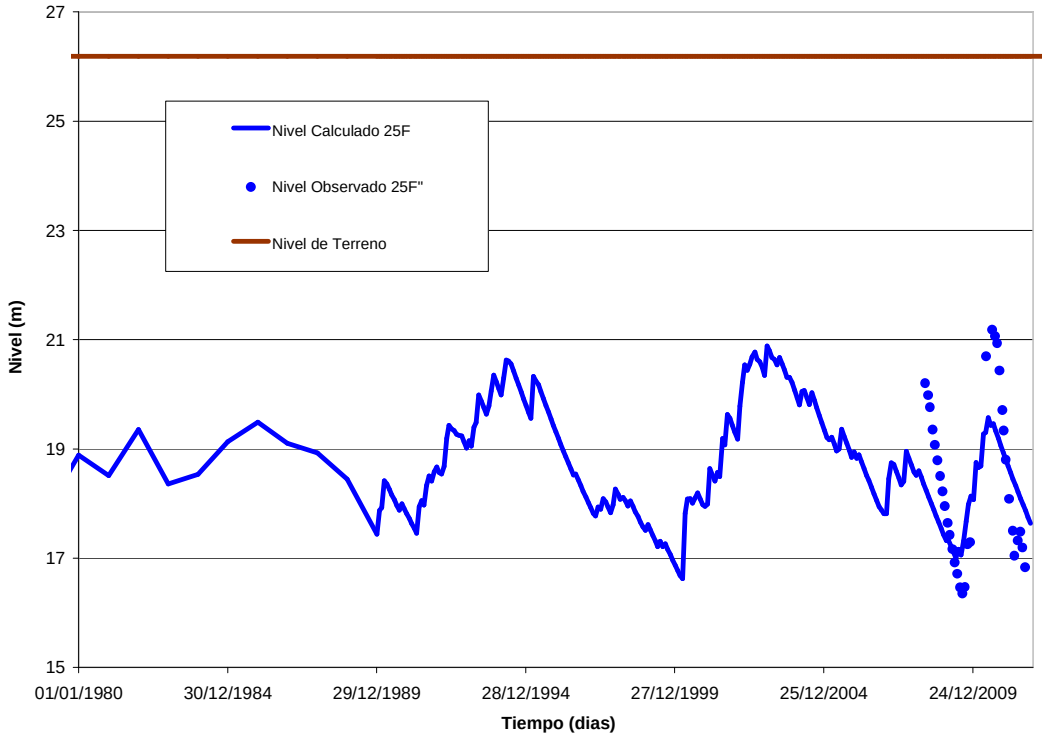


Figura F.55. Hidrograma del piezómetro 25F. Escenario B.

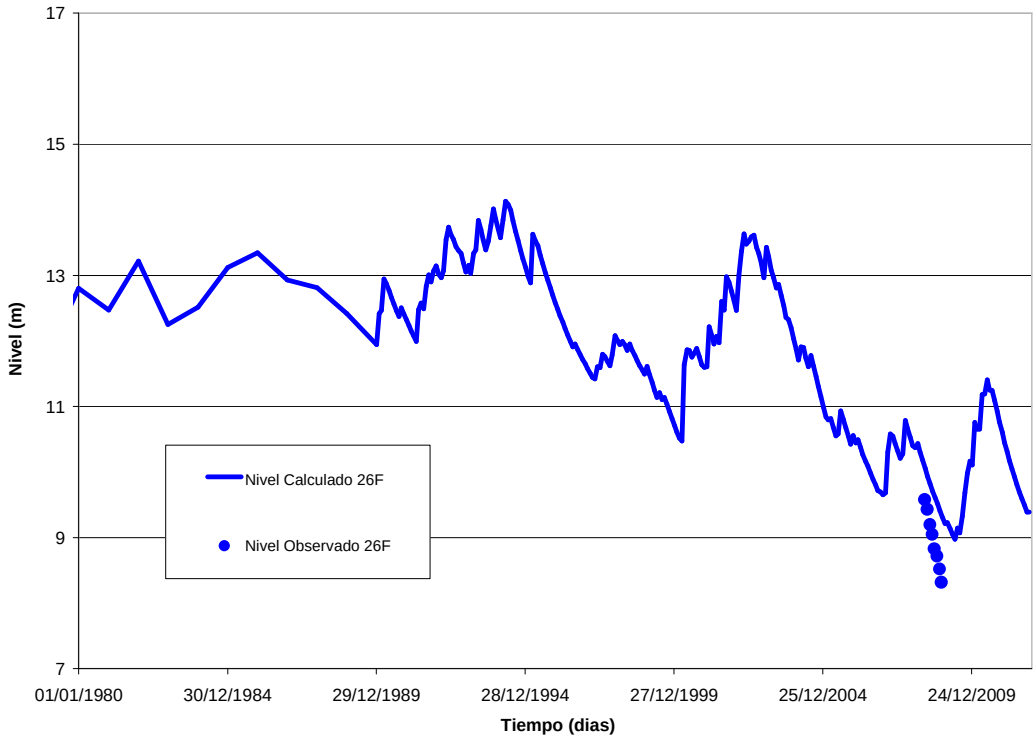


Figura F.56. Hidrograma del piezómetro 26F. Escenario B.

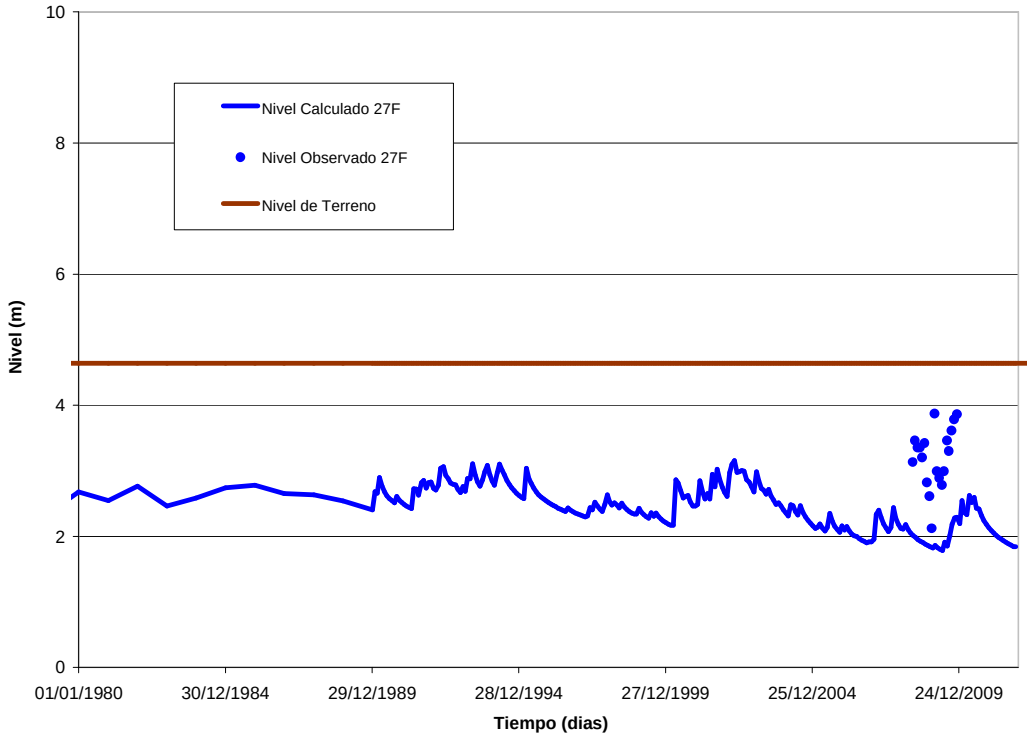


Figura F.57. Hidrograma del piezómetro 27F. Escenario B.

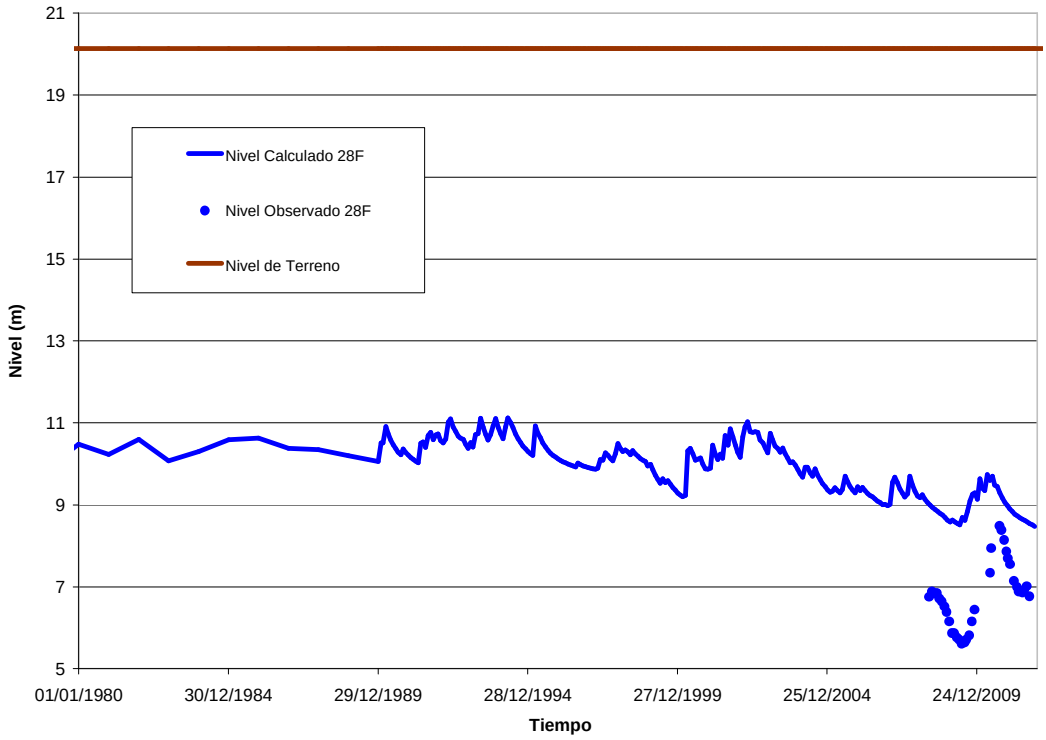


Figura F.58. Hidrograma del piezómetro 28F. Escenario B.

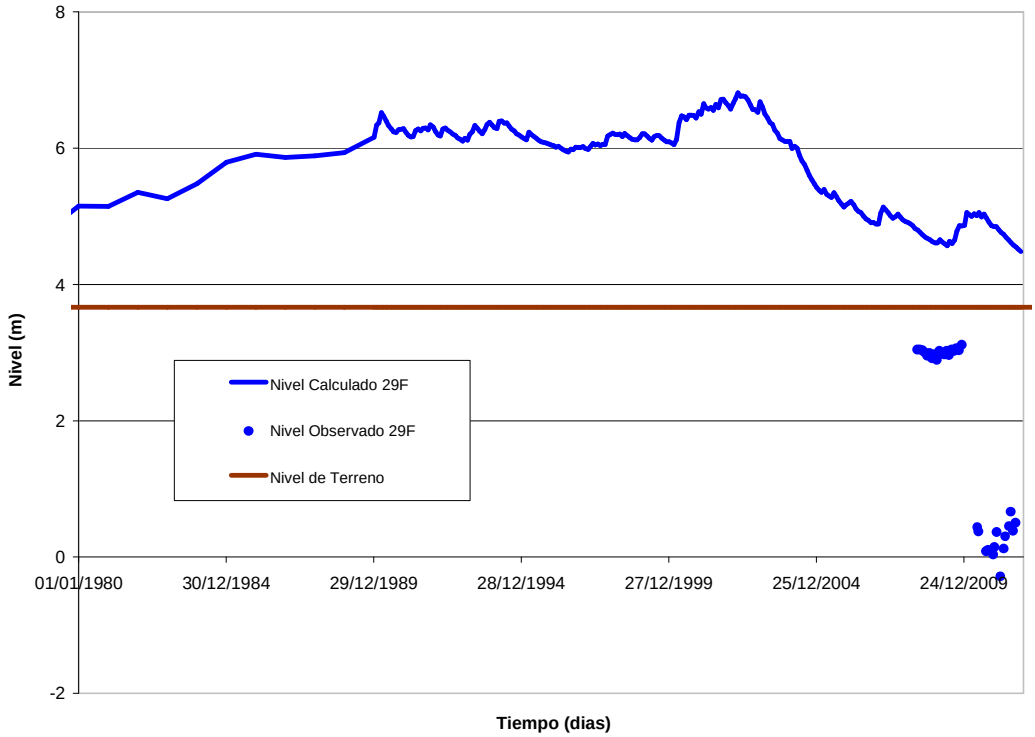


Figura F.59. Hidrograma del piezómetro 29F. Escenario B.

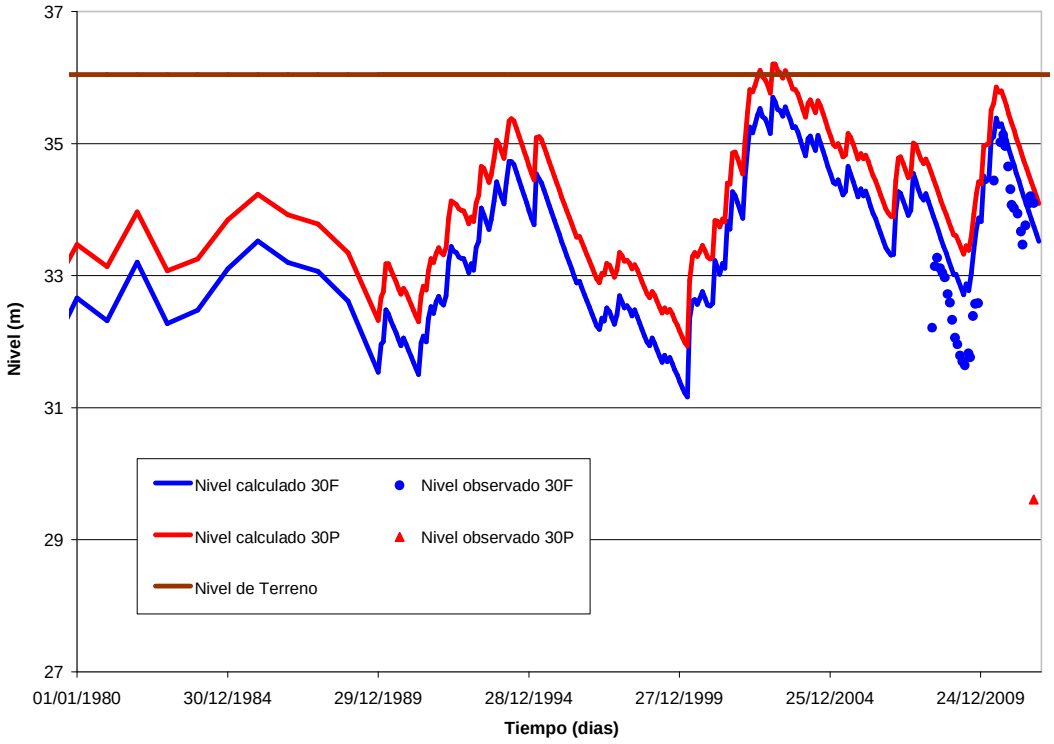


Figura F.60. Hidrogramas de los piezómetros 30F y 30P. Escenario B.

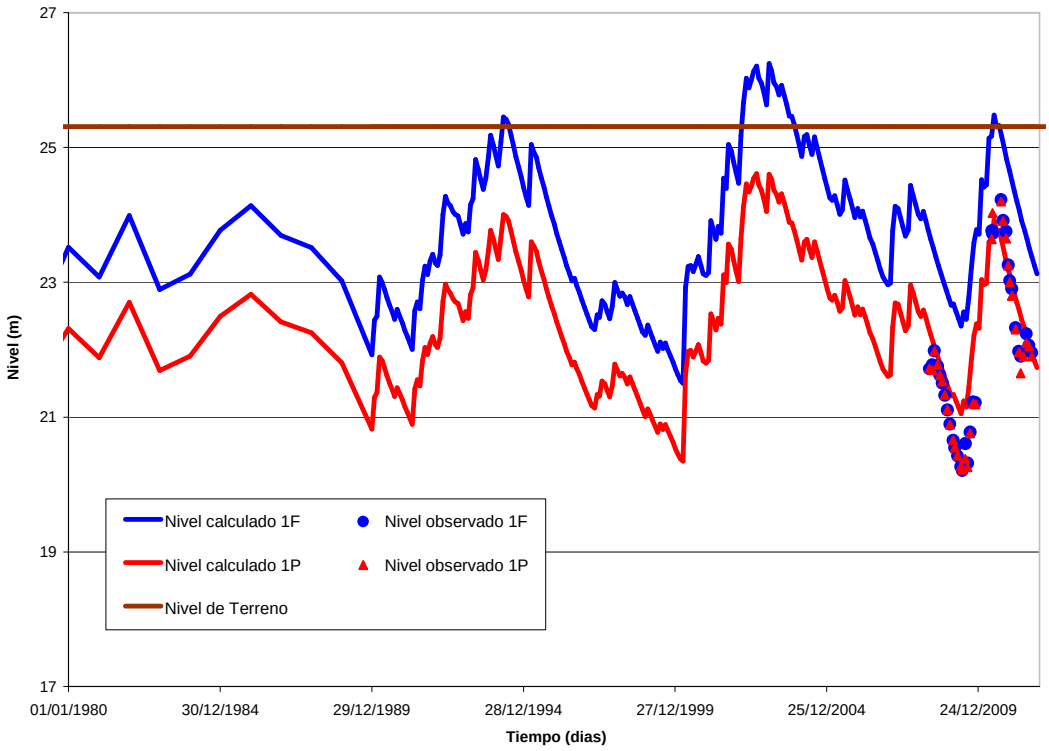


Figura F.61. Hidrogramas de los piezómetros 1F y 1P. Escenario C.

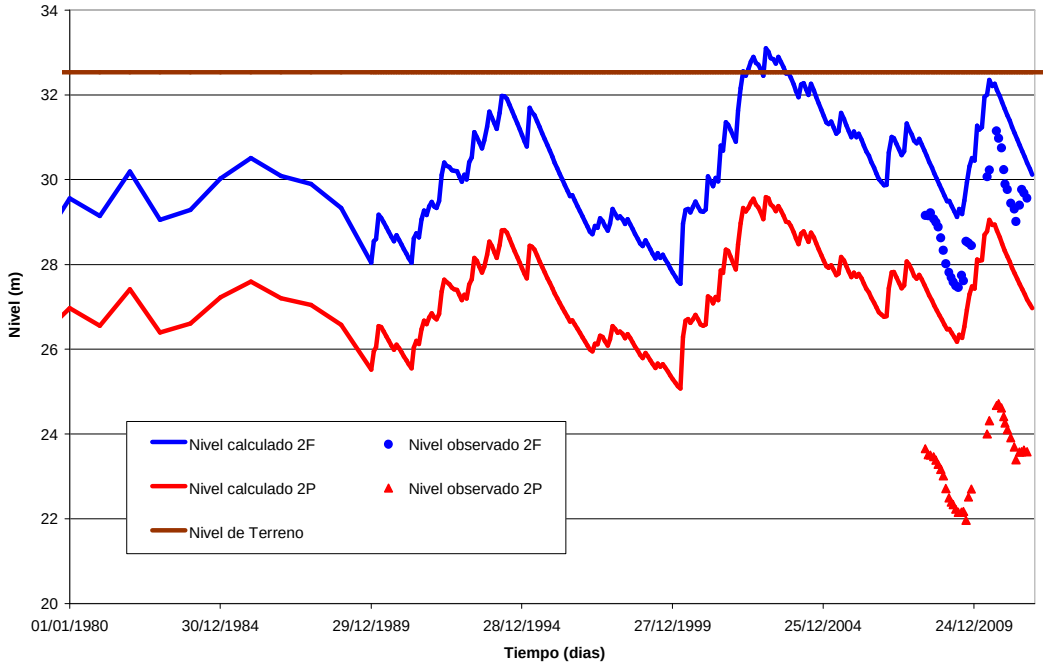


Figura F.62. Hidrogramas de los piezómetros 2F y 2P. Escenario C.

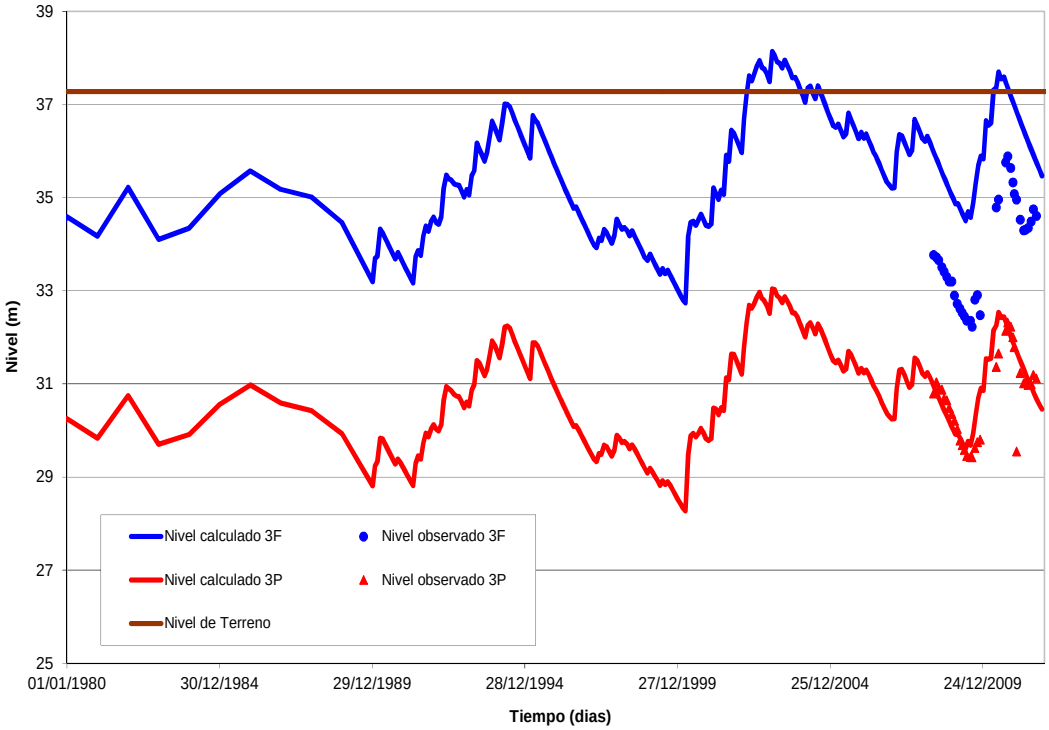


Figura F.63. Hidrogramas de los piezómetros 3F y 3P. Escenario C.

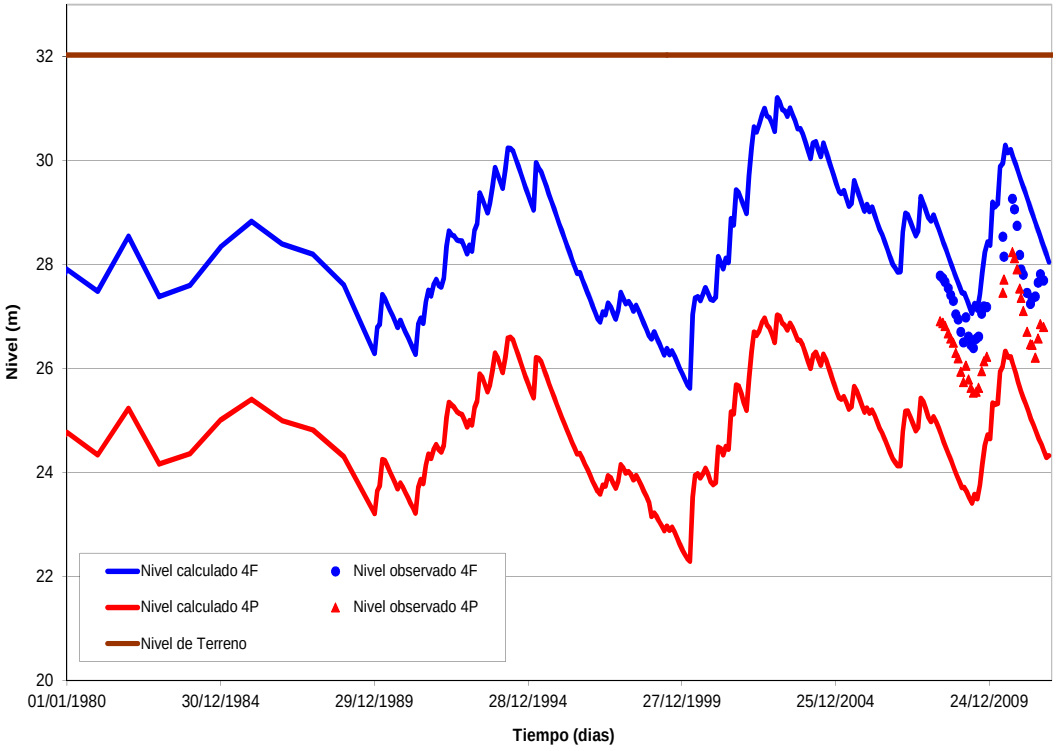


Figura F.64. Hidrogramas de los piezómetros 4F y 4P. Escenario C.

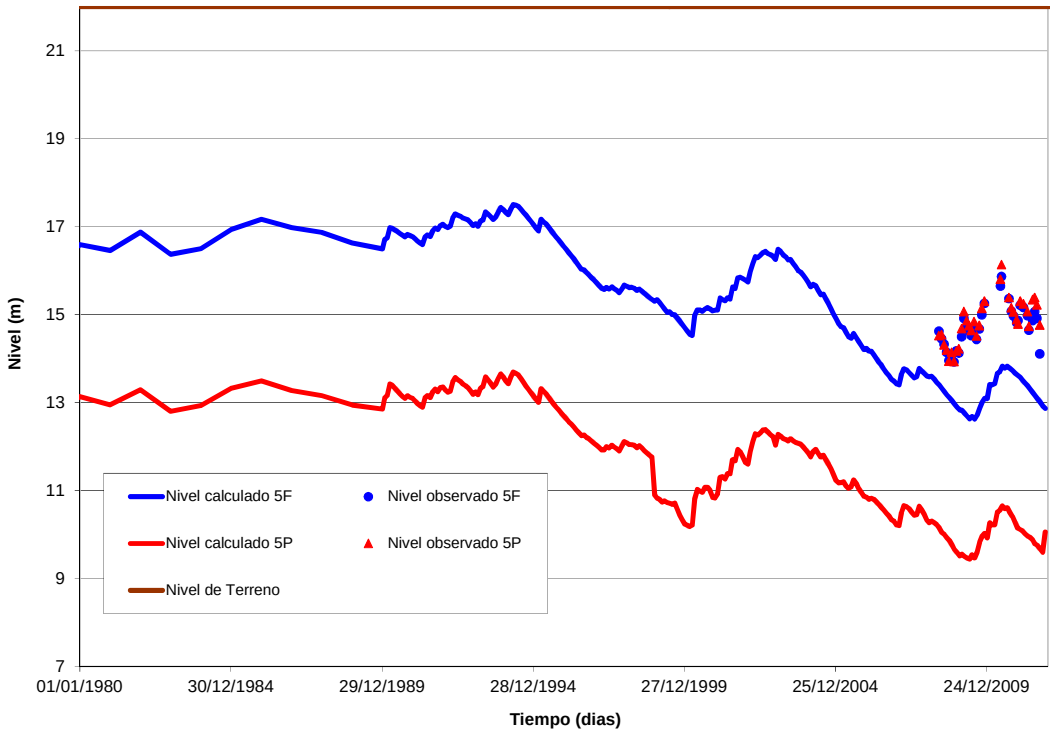


Figura F.65. Hidrogramas de los piezómetros 5F y 5P. Escenario C.

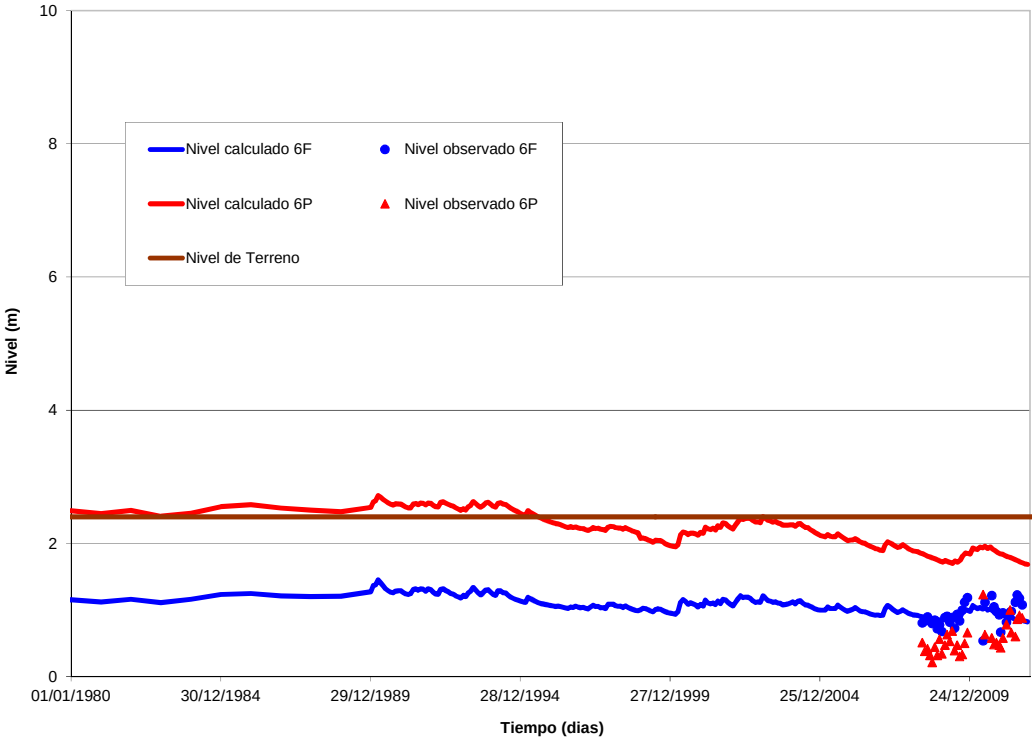


Figura F.66. Hidrogramas de los piezómetros 6F y 6P. Escenario C.

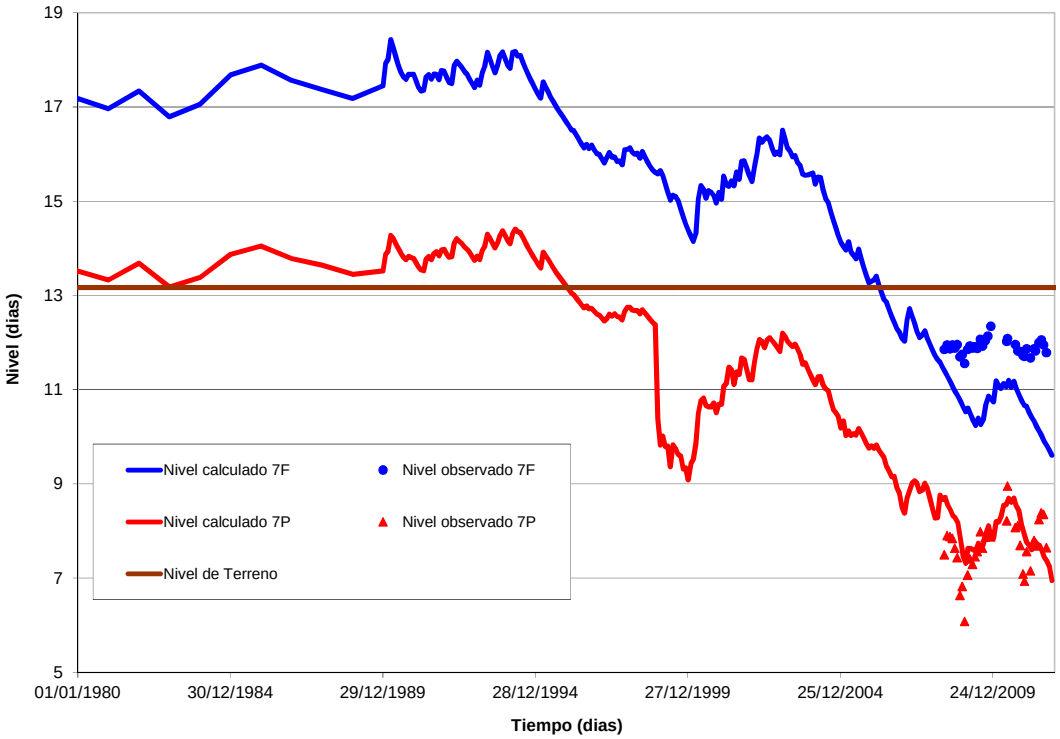


Figura F.67 Hidrogramas de los piezómetros 7F y 7P. Escenario C.

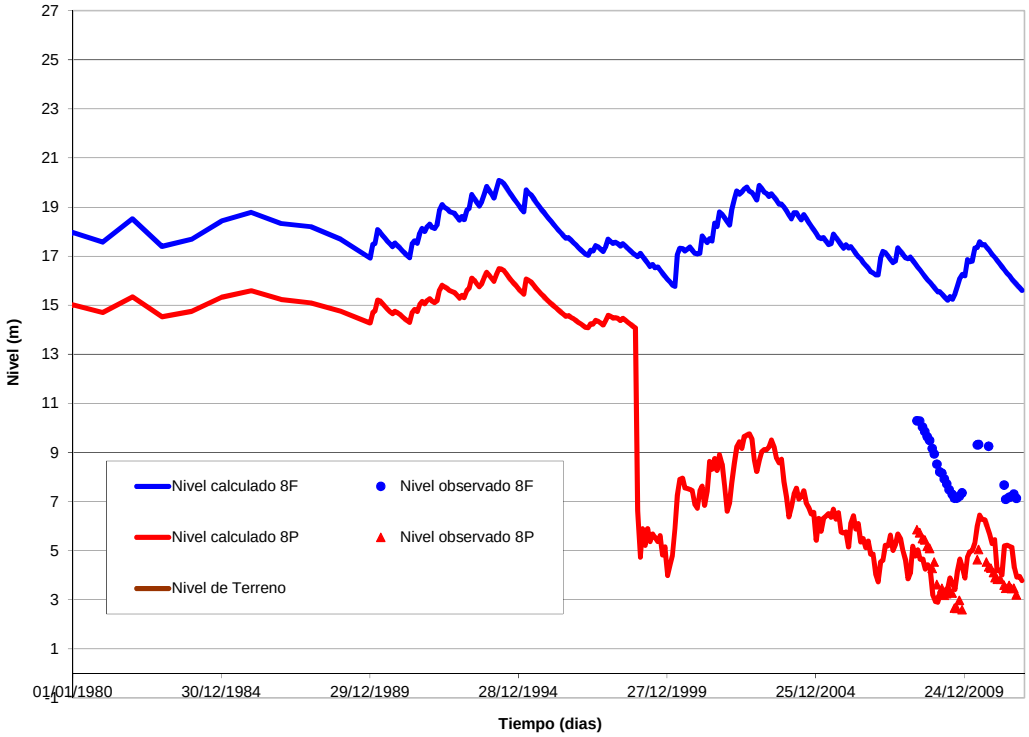


Figura F.68. Hidrogramas de los piezómetros 8F y 8P. Escenario C.

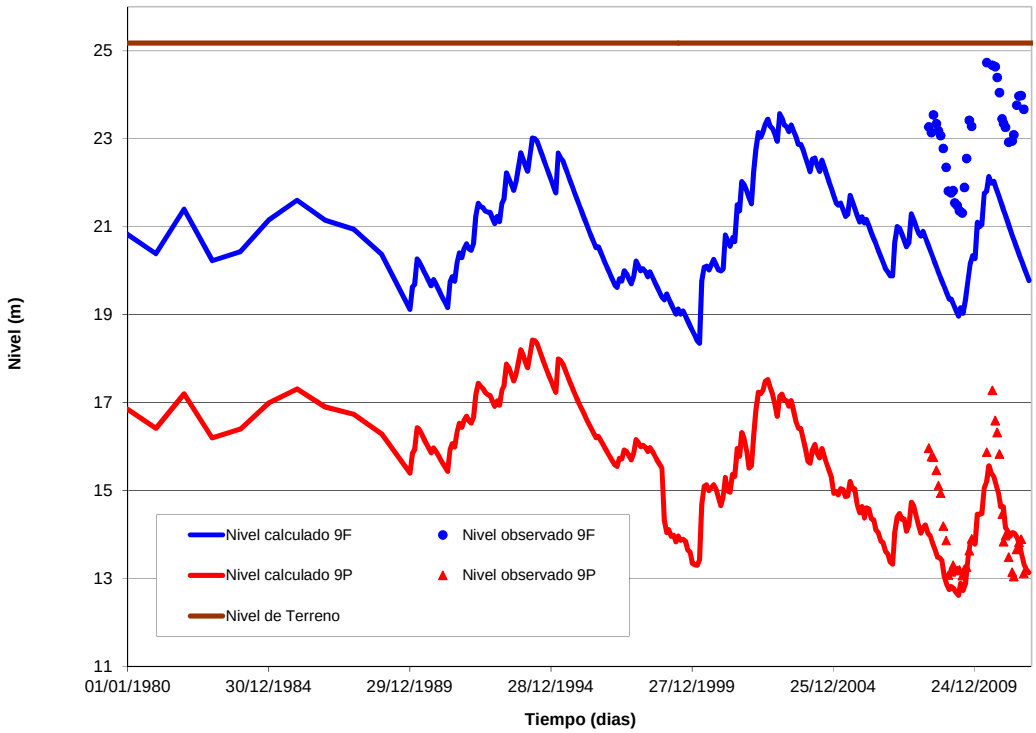


Figura F.69. Hidrogramas de los piezómetros 9F y 9P. Escenario C.

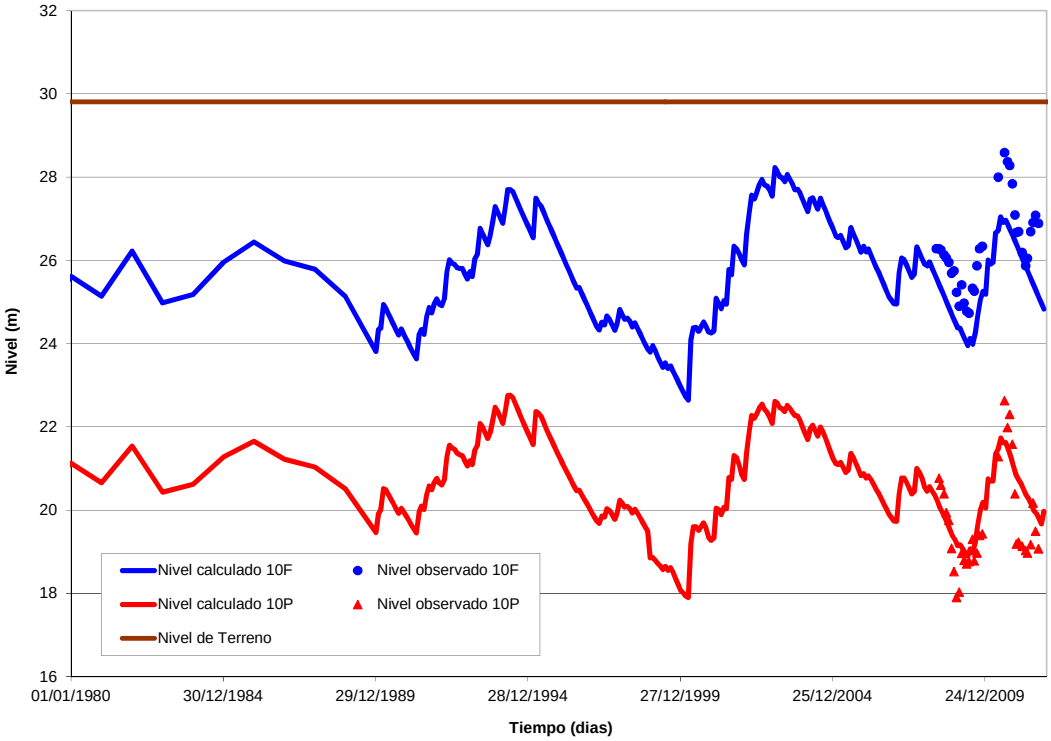


Figura F.70. Hidrogramas de los piezómetros 10F y 10P. Escenario C.

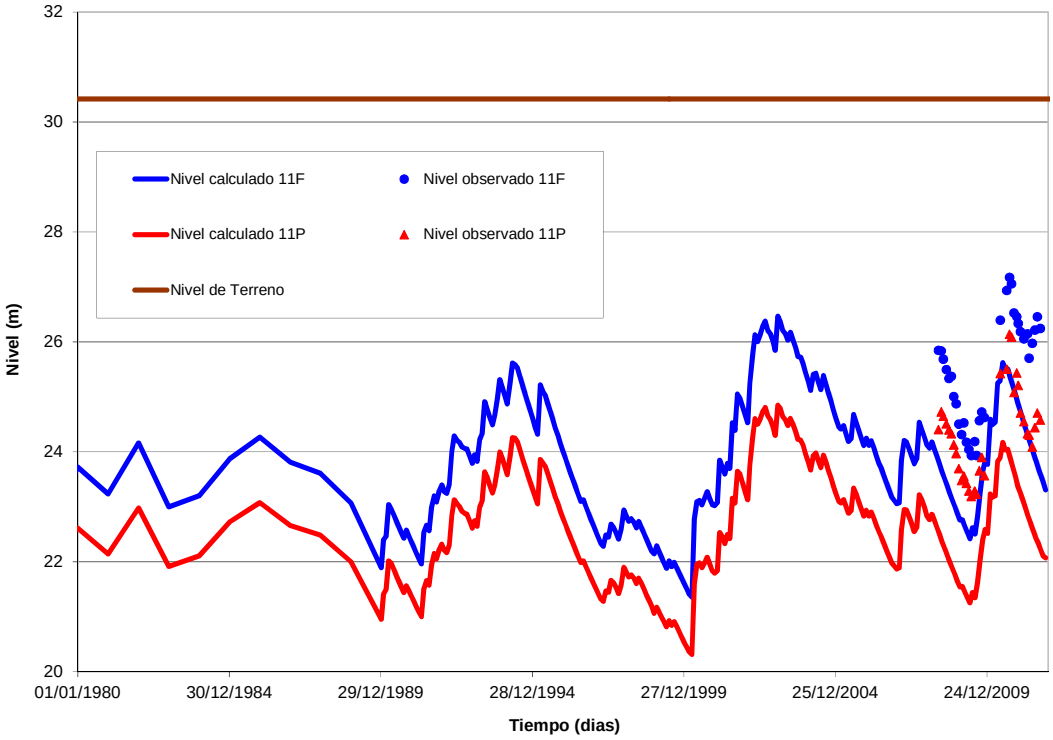


Figura F.71. Hidrogramas de los piezómetros 11F y 11P. Escenario C.

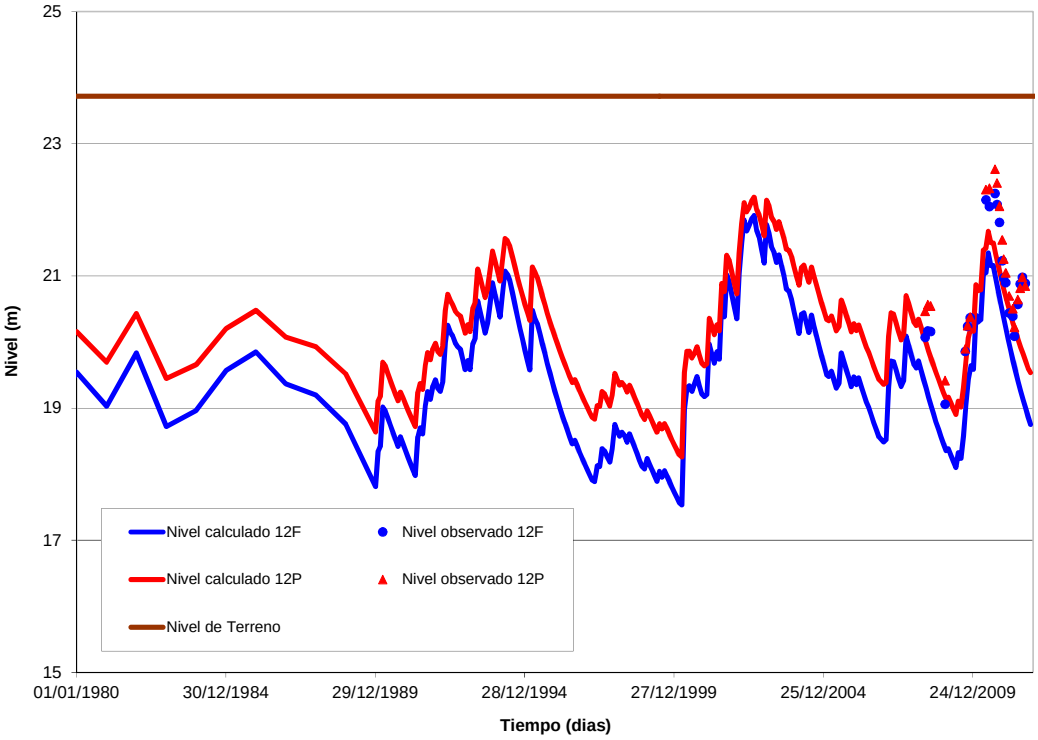


Figura F.72. Hidrogramas de los piezómetros 12F y 12P. Escenario C.

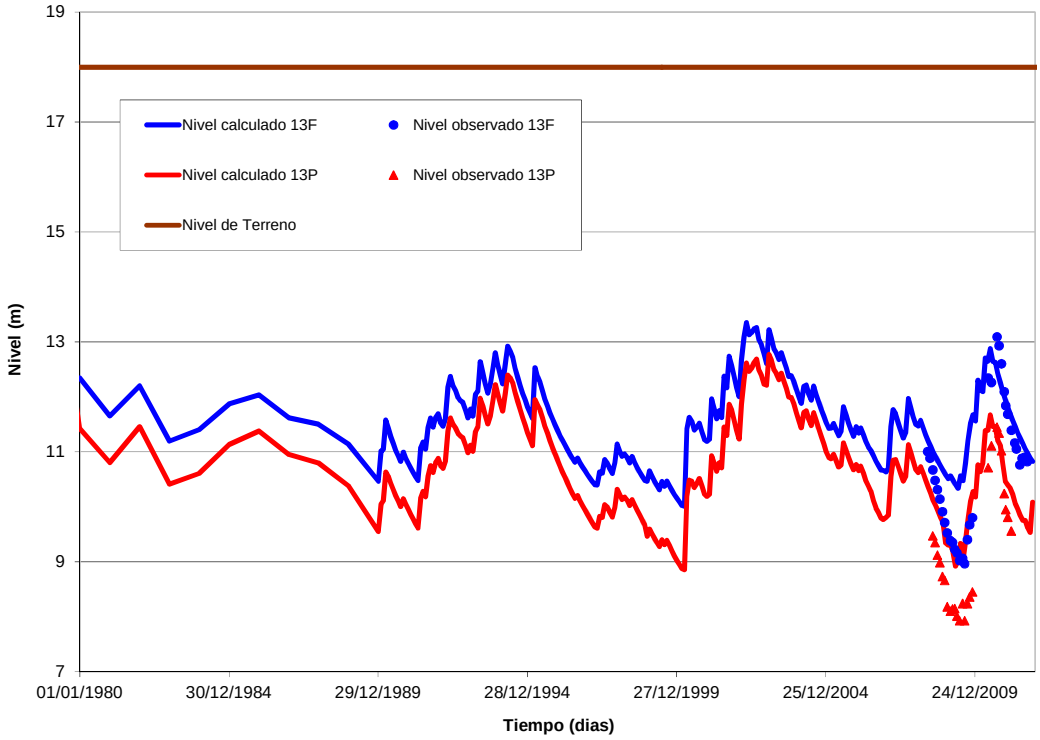


Figura F.73. Hidrogramas de los piezómetros 13F y 13P. Escenario C.

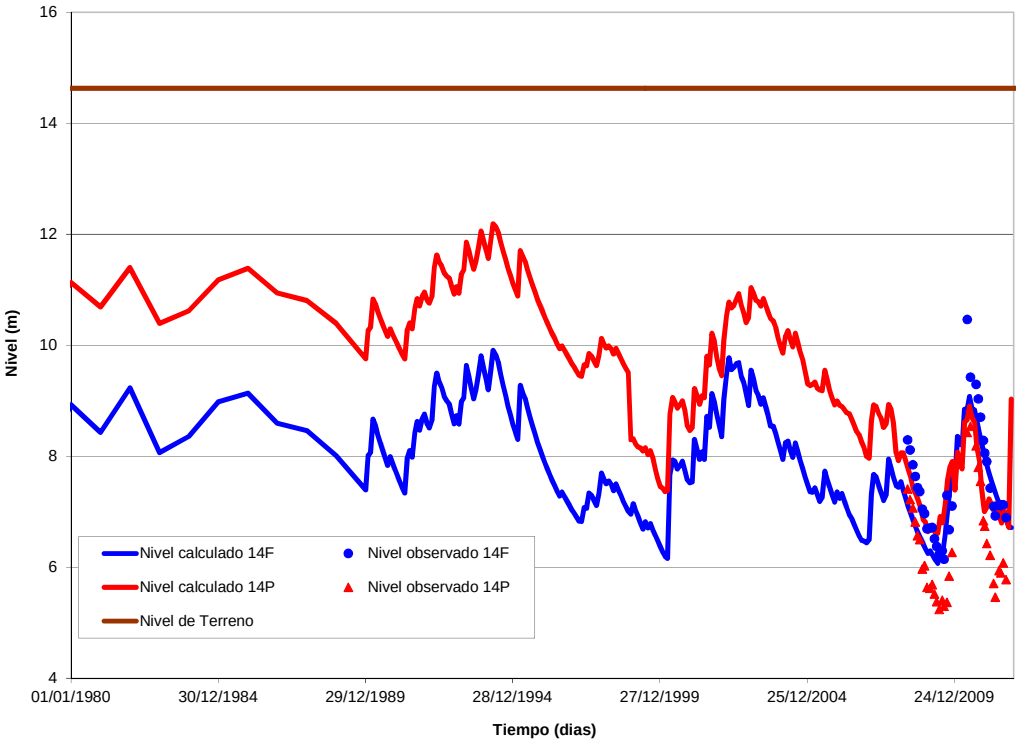


Figura F.74. Hidrogramas de los piezómetros 14F y 14P. Escenario C.

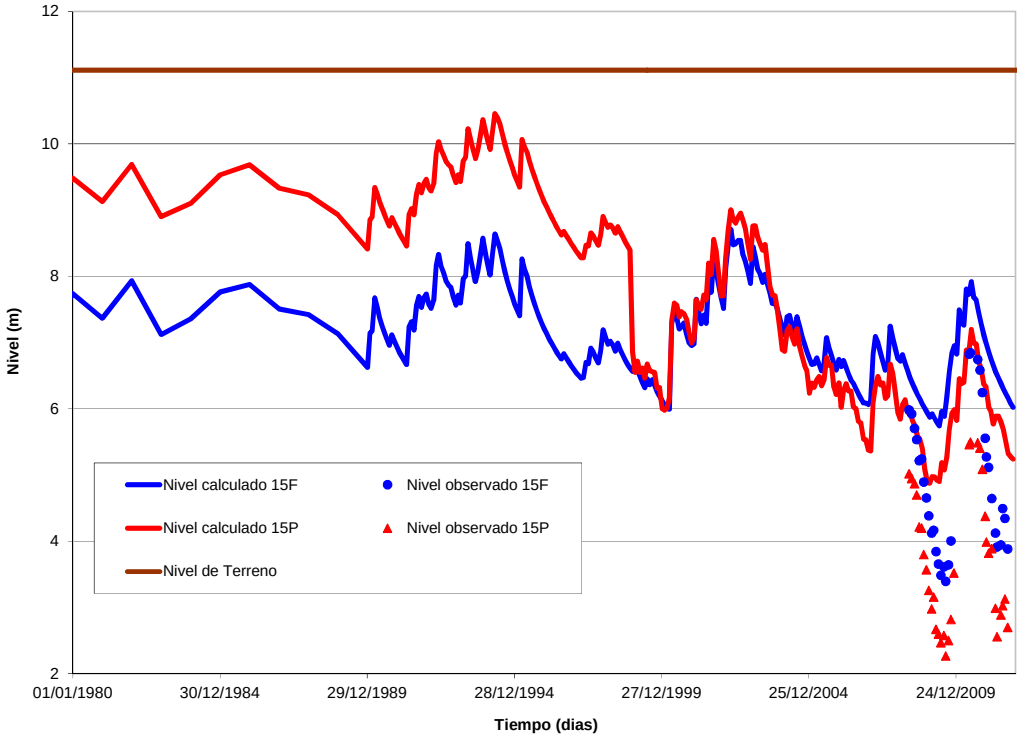


Figura F.75. Hidrogramas de los piezómetros 15F y 15P. Escenario C.

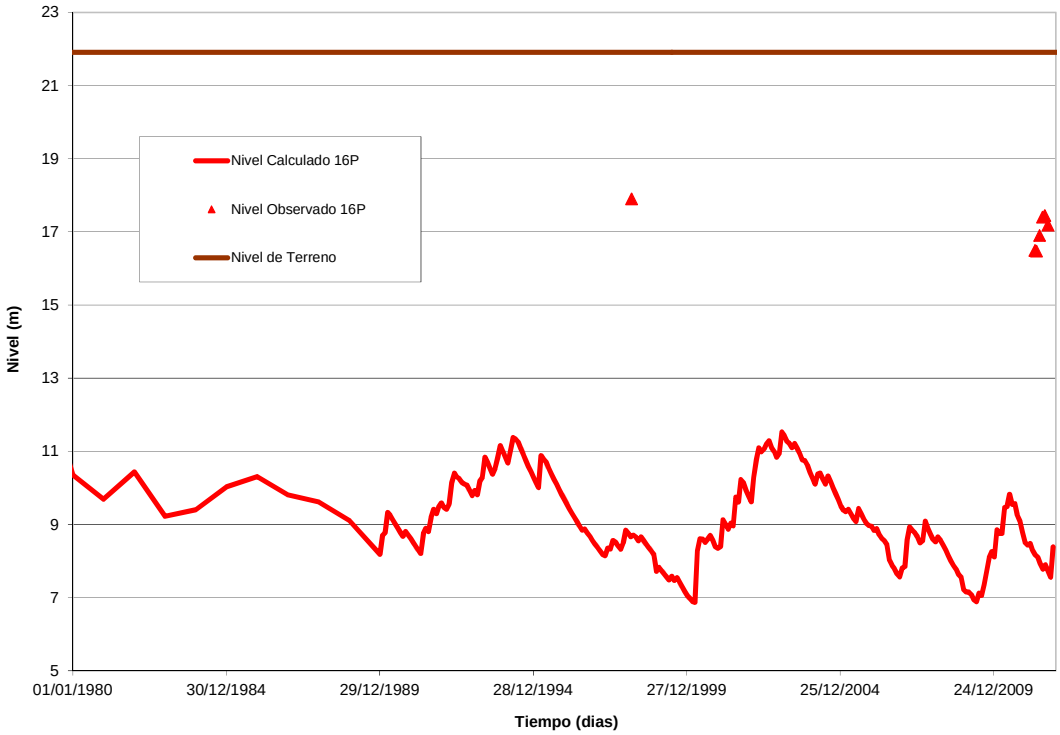


Figura F.76. Hidrograma del piezómetro 16P. Escenario C.

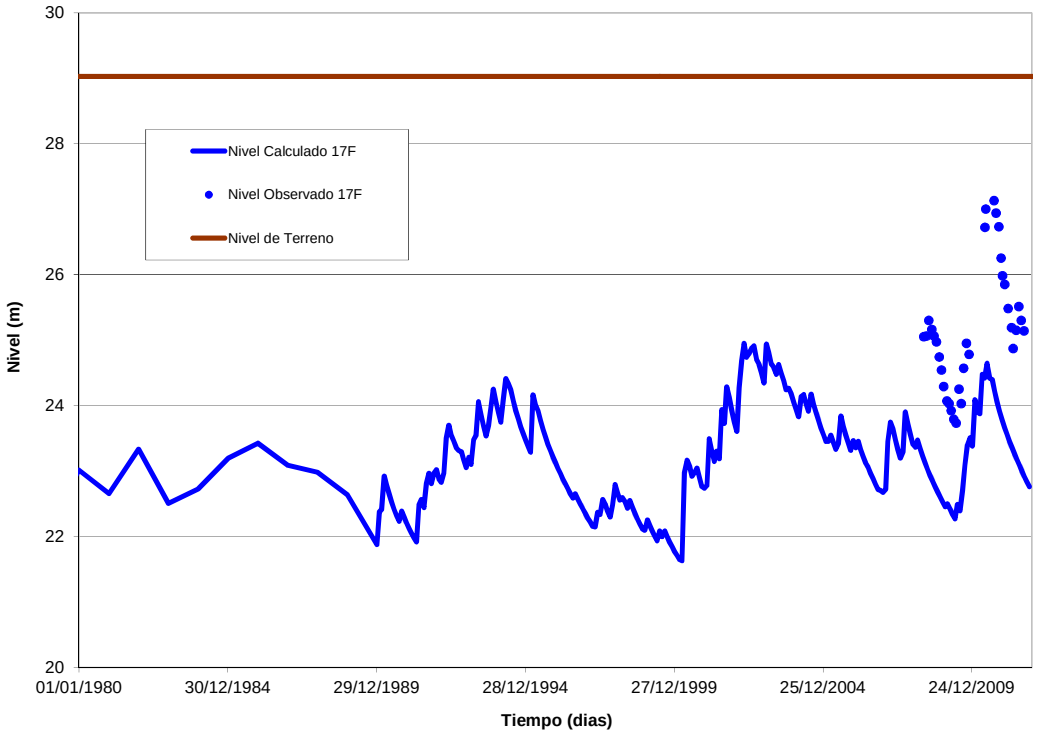


Figura F.77. Hidrograma del piezómetro 17F. Escenario C.

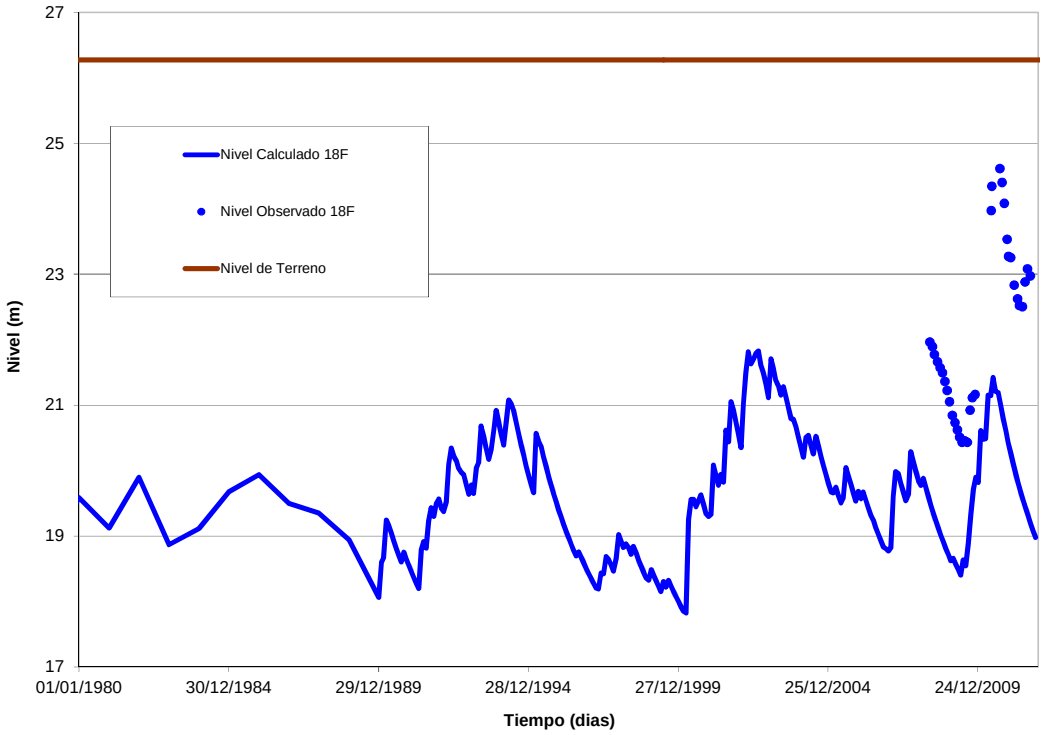


Figura F.78. Hidrograma del piezómetro 18F. Escenario C.

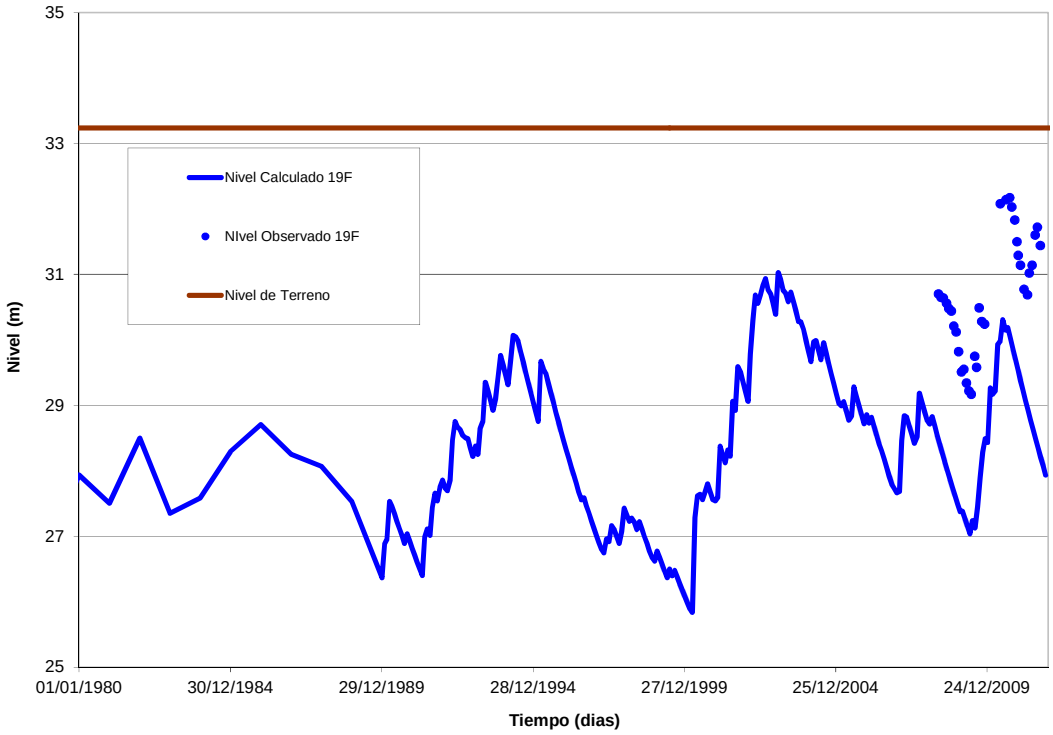


Figura F.79. Hidrograma del piezómetro 19F. Escenario C.

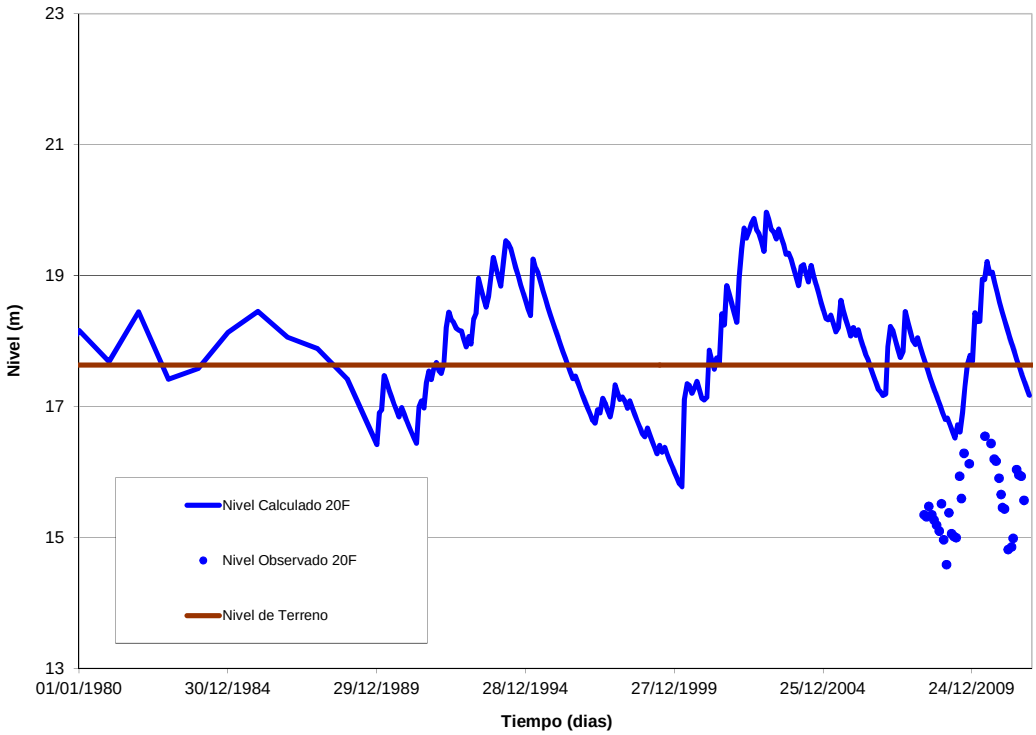


Figura F.80. Hidrograma del piezómetro 20F. Escenario C.

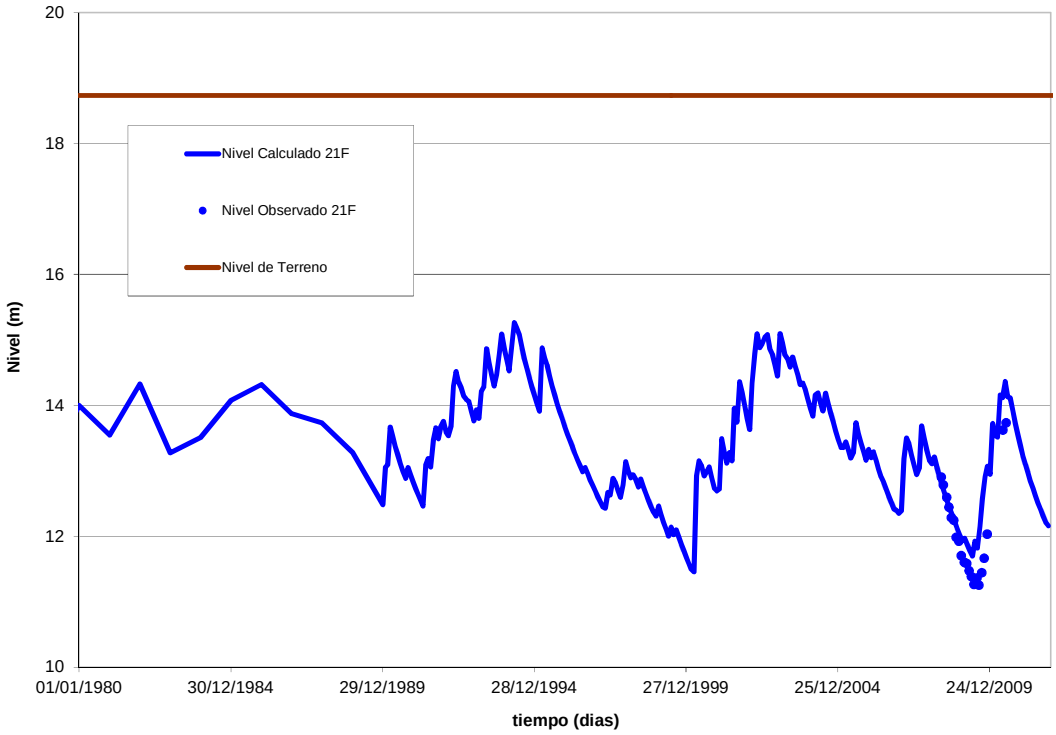


Figura F.81. Hidrograma del piezómetro 21F. Escenario C.

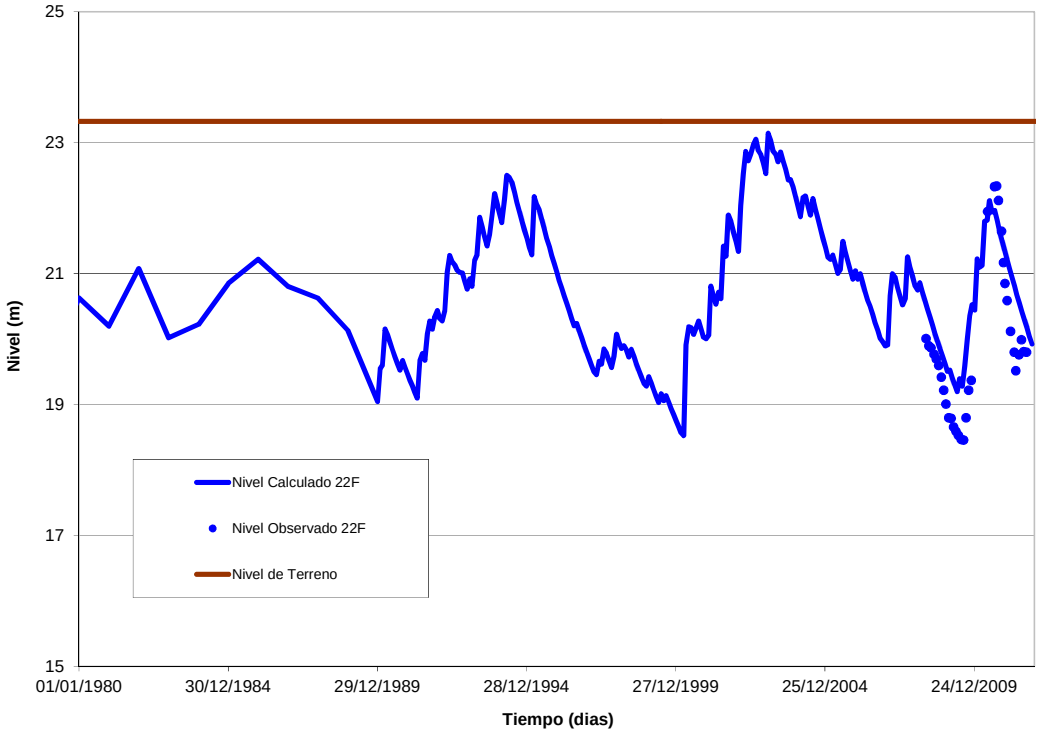


Figura F.82. Hidrograma del piezómetro 22F. Escenario C.

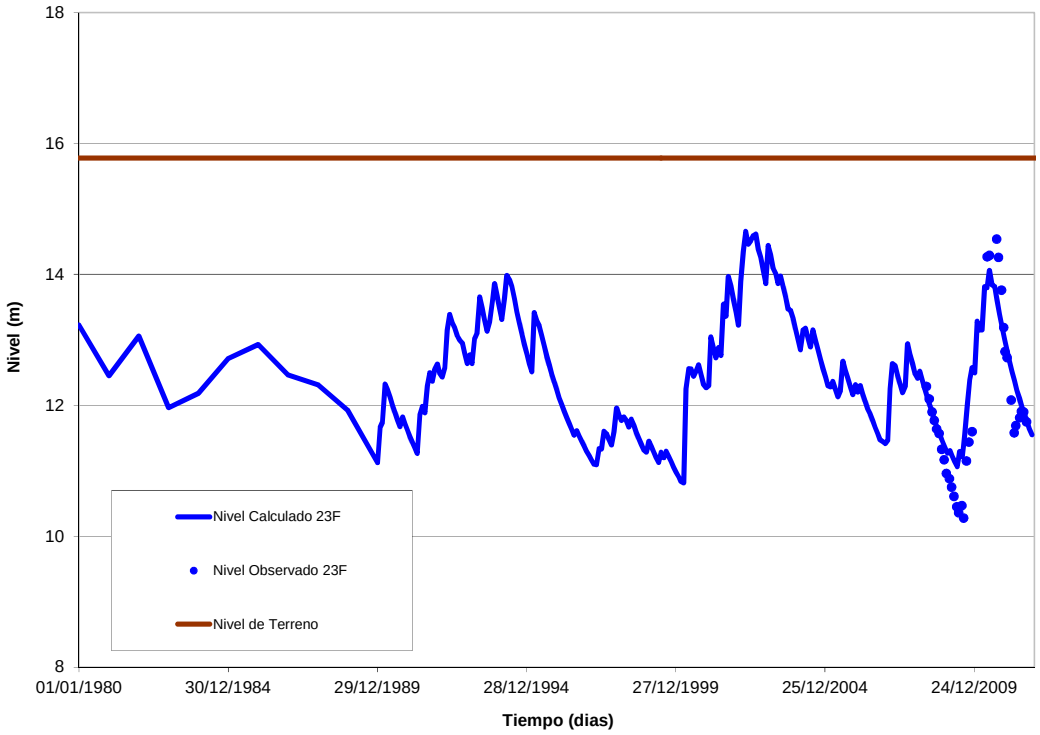


Figura F.83. Hidrograma del piezómetro 23F. Escenario C.

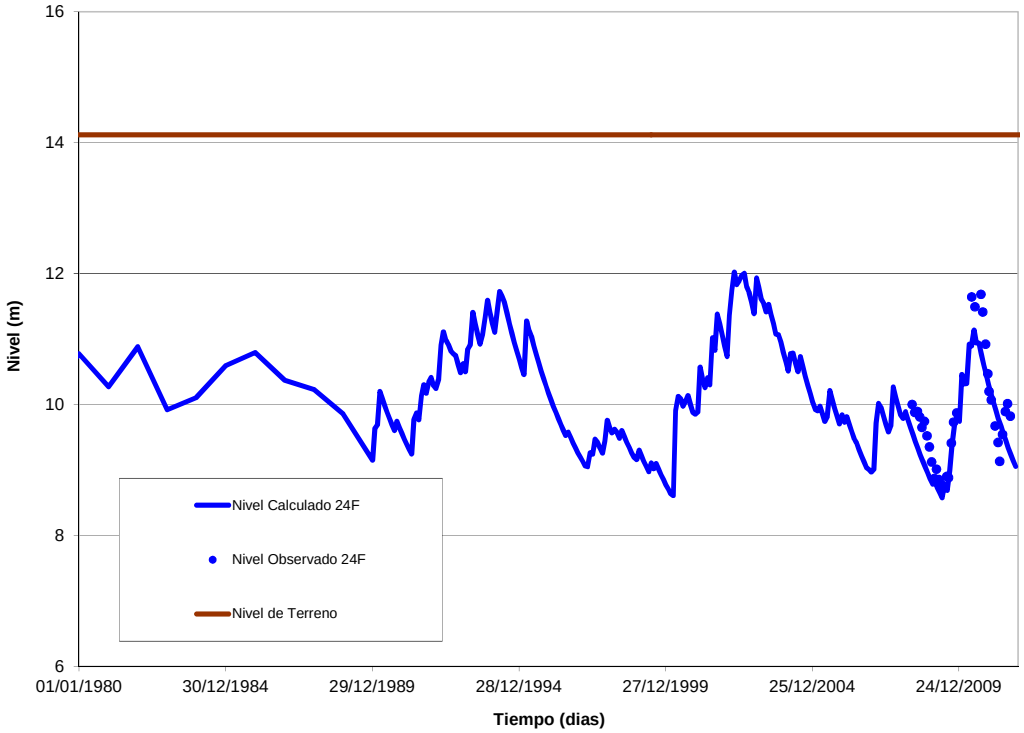


Figura F.84. Hidrograma del piezómetro 24F. Escenario C.

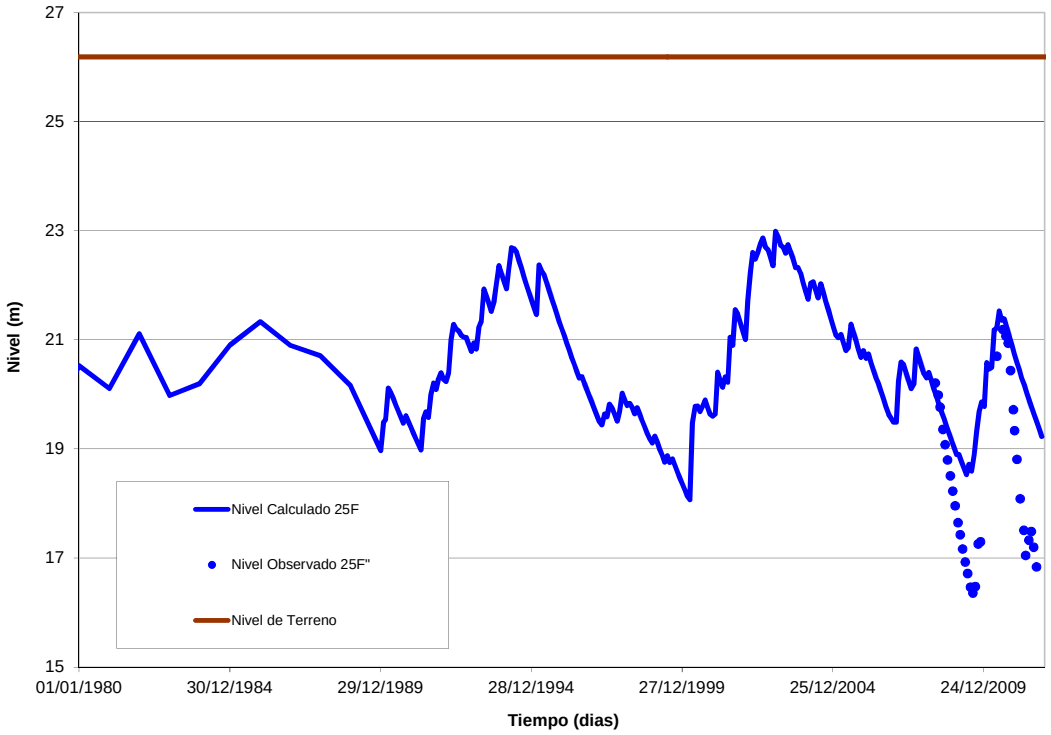


Figura F.85. Hidrograma del piezómetro 25F. Escenario C.

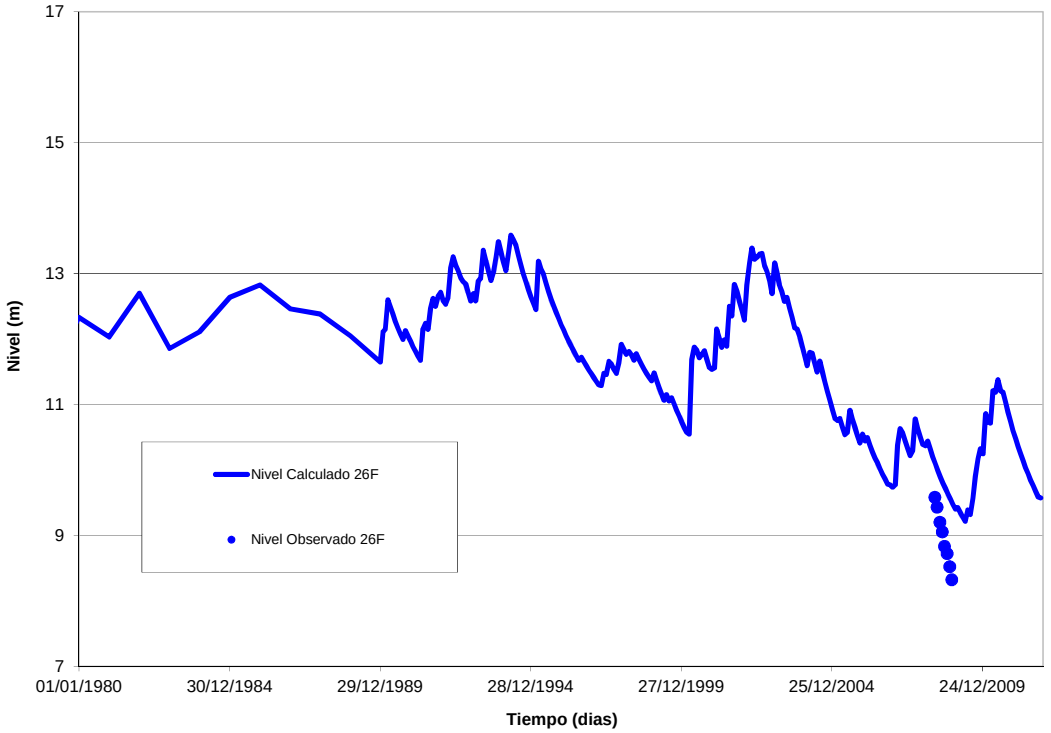


Figura F.86. Hidrograma del piezómetro 26F. Escenario C.

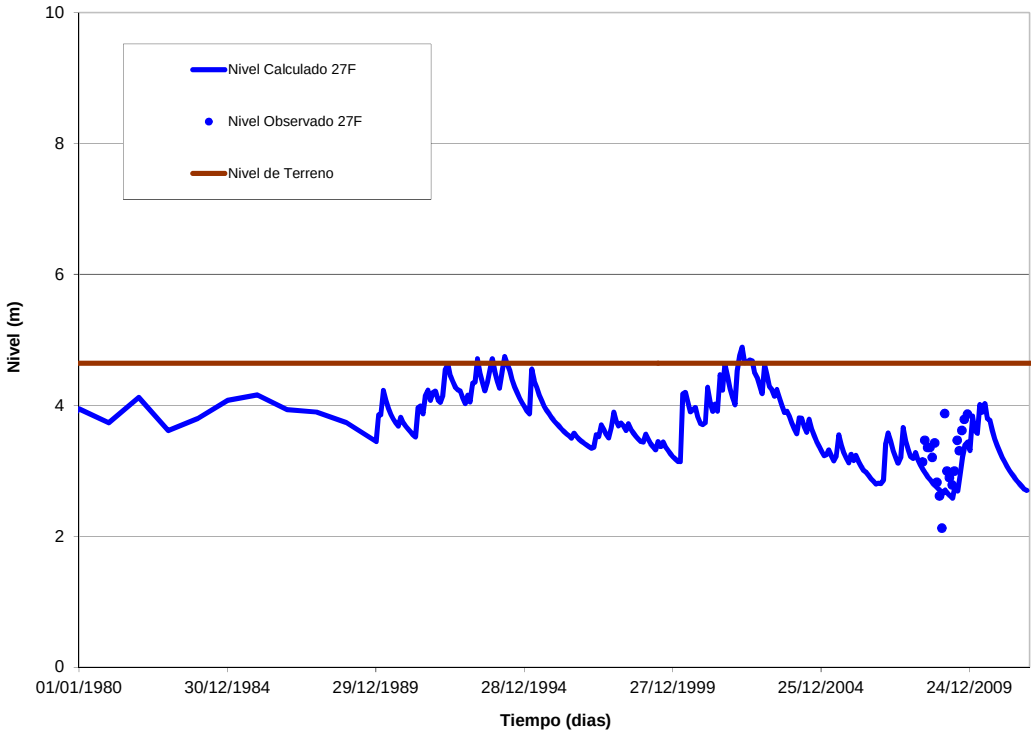


Figura F.87. Hidrograma del piezómetro 27F. Escenario C.

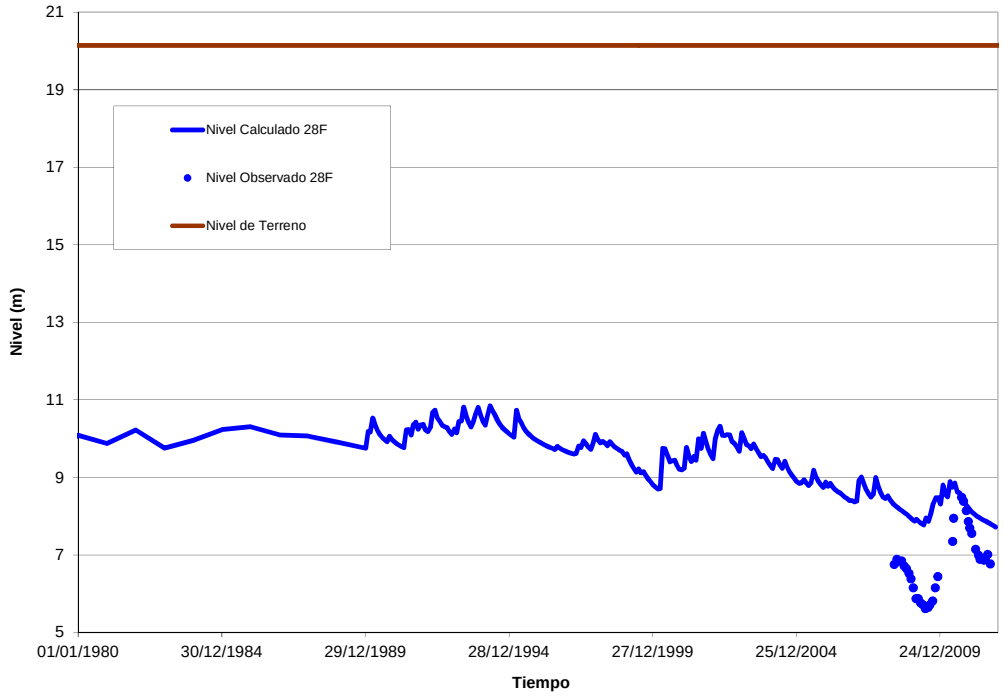


Figura F.88. Hidrograma del piezómetro 28F. Escenario C.

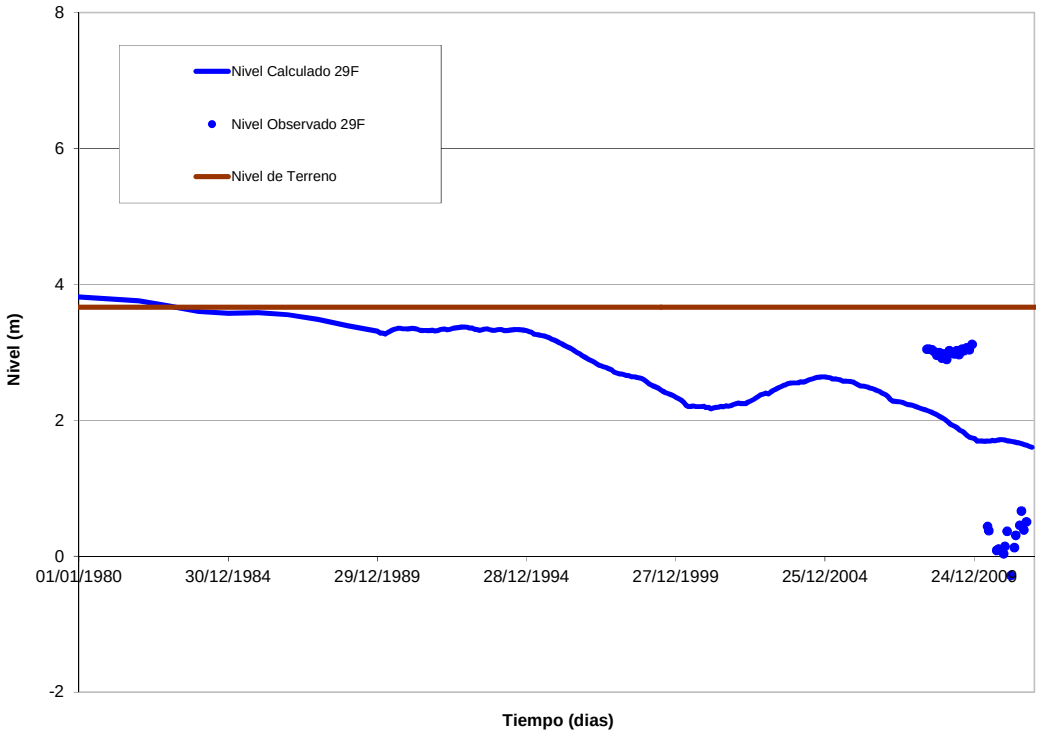


Figura F.89. Hidrograma del piezómetro 29F. Escenario C.

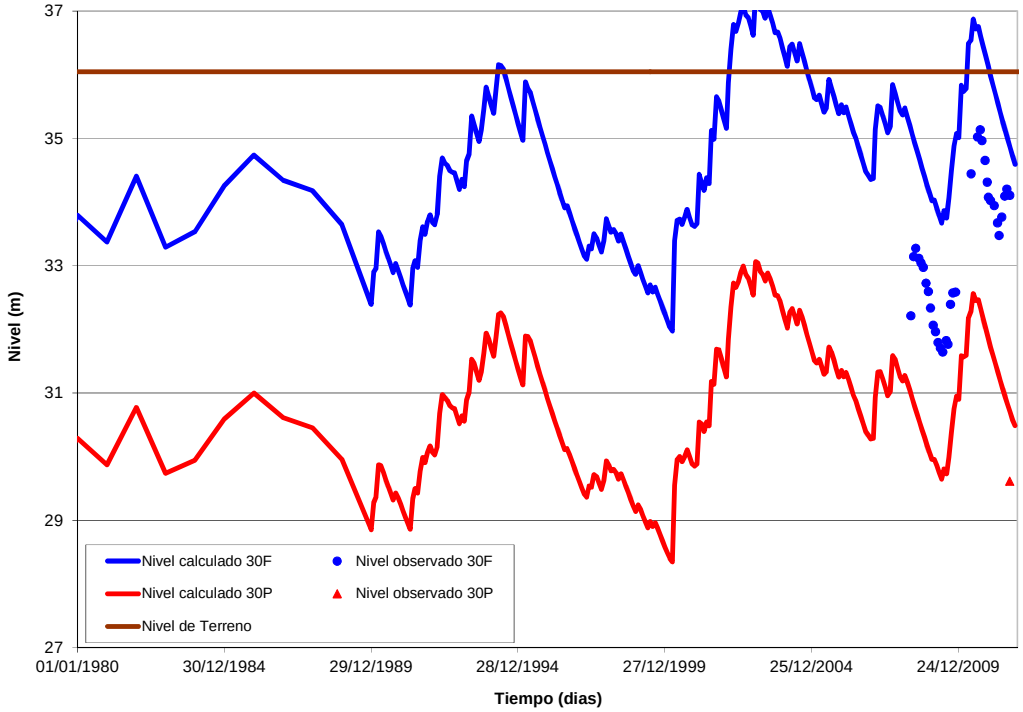


Figura F.90. Hidrogramas de los piezómetros 30F y 30P. Escenario C.