

Parámetros	Unidad	PM-10
Litio	mg/l	< 0.10
Uranio	mg/l	< 0.010
Arsénico	mg/l	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50
Boro	mg/l	0.5
Cadmio	mg/l	< 0.0005
Zinc	mg/l	0.08
Cobalto	mg/l	< 0.005
Cobre	mg/l	< 0.05
Cromo	mg/l	< 0.005
Mercurio	mg/l	< 0.001
Níquel	mg/l	< 0.010
Plomo	mg/l	< 0.010
Selenio	mg/l	< 0.010
Vanadio	mg/l	< 0.05

Para los Parámetros Acreditados:

Conductividad a 25 °C – Iniciado: 11/04/2019 Finalizado: 11/04/2019.
Sólidos Disueltos Totales 180 °C – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 15/04/2019.
Alcalinidad Total – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
Carbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
Bicarbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
Dureza Total – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
Aniones – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
Cationes – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
Compuestos Orgánicos Volátiles – Iniciado: 18/04/2019 Finalizado: 19/04/2019.
Metales Totales – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.
Mercurio – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.


Lic. Cristina M. Salas
Directora Técnica
GRUPO INDUSER S.R.L.
M.P.C.P.Q. 4863

Página 4 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. Pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

Protocolo de Análisis Nro: Q 287869

Fecha de Emisión: 10/05/2019

Fecha de Recepción: 09/04/2019

Cliente: YPF S.A.

Dirección Fiscal: Macacha Güemes Boulevard 515 P. 24 T. YPF Localidad: Ciudad Aut. de Buenos Aires

Muestra Manifestada: AGUA - FECHA TOMADA 08/04/2019
PM-11

Cantidad: (1 MUESTRA)

Tomada Remitida por: YPF S.A.

Análisis Solicitados:

- Hidrocarburos Totales de Petróleo (EPA 418.1) (*)
- pH (SM 4500-H B (#)) (*)
- Conductividad a 25 °C (SM 2510 B (#))
- Sólidos Disueltos Totales 180 °C (SM 2540 C (#))
- Alcalinidad Total (SM 2320 B (#))
- Carbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Bicarbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Dureza Total (SM 2340 B (#))
- Cloruro (SM 4110 B (#))
- Sulfato (SM 4110 B (#))
- Calcio (ISO 14911: 1998)
- Magnesio (ISO 14911: 1998)
- Sodio (ISO 14911: 1998)
- Potasio (ISO 14911: 1998)
- Metano (EPA 5021 A/ GC-FID) (*) (**)
- Comp. Orgánicos Volátiles (EPA 5021 A/ 8260 D)
- Hierro Total (EPA 3015 A/ 6020 B)
- Manganeso (EPA 6020 B)
- Aluminio (EPA 6020 B)
- Estroncio (EPA 6020 B)
- Litio (EPA 6020 B)
- Uranio (EPA 6020 B)
- Arsénico (EPA 6020 B)
- Bario (EPA 6020 B)
- Boro (EPA 6020 B)
- Cadmio (EPA 6020 B)
- Zinc (EPA 6020 B)
- Cobalto (EPA 6020 B)
- Cobre (EPA 6020 B)
- Cromo (EPA 6020 B)
- Mercurio (EPA 7470 A)
- Níquel (EPA 6020 B)
- Plomo (EPA 6020 B)
- Selenio (EPA 6020 B)
- Vanadio (EPA 6020 B)

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del O.A.A.

(#) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition

(**) Cuantificación basada en el trabajo: US EPA - REGION1: Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene. Based on Method: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethene in Groundwater by a Standard Gas Chromatographic Technique, Don H. Kampbell and Steve A. Vandegrift, EPA, Ada, OK. J of Chrom, Vol 36, May 1998. Prepared by EPA New England. Date: July, 2001.


Lic. Cristina M. Salas
Directora Técnica
GRUPO INDUSER S.R.L.
M.P.C.P.Q. 4863

Página 1 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. Pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

RESULTADOS:

Parámetros	Unidad	PM-11
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	< 0.5
pH	UpH	7.5
Conductividad a 25 °C	µS/cm	2340
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	1850
Alcalinidad Total	mg/l	67.3
Carbonato	mg/l	Ausencia
Bicarbonato	mg/l	82.1
Dureza Total	mg/l	762
Cloruro	mg/l	183
Sulfato	mg/l	996
Calcio	mg/l	210
Magnesio	mg/l	57.9
Sodio	mg/l	249
Potasio	mg/l	6.7
Metano	mg/l	< 0.1
Diclorodifluorometano	µg/l	< 1.0
Clorometano	µg/l	< 1.0
Cloruro de Vinilo	µg/l	< 1.0
Bromometano	µg/l	< 1.0
Cloroetano	µg/l	< 1.0
Triclorofluorometano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 0.3
Diclorometano	µg/l	< 1.0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
2,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Bromoclorometano	µg/l	< 1.0
Cloroformo	µg/l	< 1.0
1,1,1-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloruro de Carbono	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
Benceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Tricloroetano	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromometano	µg/l	< 1.0
Bromodiclorometano	µg/l	< 1.0
cis-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

Parámetros	Unidad	PM-11
Tolueno	µg/l	< 1.0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloroetano (percloroetileno)	µg/l	< 1.0
1,3-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromoclorometano	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromoetano	µg/l	< 1.0
Clorobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
Etilbenceno	µg/l	< 1.0
m,p-Xileno	µg/l	< 1.0
o-Xileno	µg/l	< 1.0
Estireno	µg/l	< 1.0
Bromoformo	µg/l	< 1.0
Isopropilbenceno (cumeno)	µg/l	< 1.0
Bromobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	< 1.0
n-Propilbenceno	µg/l	< 1.0
2-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
4-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
1,3,5-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
ter-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2,4-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
sec-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,3-Diclorobenceno	µg/l	< 1.0
p-Isopropiltolueno	µg/l	< 1.0
1,4-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
1,2-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
n-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/l	< 1.0
1,2,4-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hexaclorobutadieno	µg/l	< 1.0
Naftaleno	µg/l	< 1.0
1,2,3-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hierro Total	mg/l	< 0.10
Manganeso	mg/l	< 0.03
Aluminio	mg/l	< 0.10
Estroncio	mg/l	3.17



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Página 3 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05



Parámetros	Unidad	PM-11
Litio	mg/l	< 0.10
Uranio	mg/l	< 0.010
Arsénico	mg/l	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50
Boro	mg/l	0.6
Cadmio	mg/l	< 0.0005
Zinc	mg/l	< 0.05
Cobalto	mg/l	< 0.005
Cobre	mg/l	< 0.05
Cromo	mg/l	< 0.005
Mercurio	mg/l	< 0.001
Níquel	mg/l	< 0.010
Plomo	mg/l	< 0.010
Selenio	mg/l	< 0.010
Vanadio	mg/l	0.09

Para los Parámetros Acreditados:

Conductividad a 25 °C – Iniciado: 11/04/2019 Finalizado: 11/04/2019.
 Sólidos Disueltos Totales 180 °C – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 15/04/2019.
 Alcalinidad Total – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Carbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Bicarbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Dureza Total – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Aniones – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Cationes – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Compuestos Orgánicos Volátiles – Iniciado: 18/04/2019 Finalizado: 19/04/2019.
 Metales Totales – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.
 Mercurio – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Protocolo de Análisis Nro: Q 287870

Fecha de Emisión: 10/05/2019

Fecha de Recepción: 09/04/2019

Cliente: YPF S.A.

Dirección Fiscal: Macacha Güemes Boulevard 515 P. 24 T.YPF Localidad: Ciudad Aut. de Buenos Aires

Muestra Manifestada: AGUA - FECHA TOMADA 08/04/2019
PM-12

Cantidad: (1 MUESTRA)

Tomada Remitida por: YPF S.A.

Análisis Solicitados:

- Hidrocarburos Totales de Petróleo (EPA 418.1) (*)
- pH (SM 4500-H B (#)) (*)
- Conductividad a 25 °C (SM 2510 B (#))
- Sólidos Disueltos Totales 180 °C (SM 2540 C (#))
- Alcalinidad Total (SM 2320 B (#))
- Carbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Bicarbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Dureza Total (SM 2340 B (#))
- Cloruro (SM 4110 B (#))
- Sulfato (SM 4110 B (#))
- Calcio (ISO 14911: 1998)
- Magnesio (ISO 14911: 1998)
- Sodio (ISO 14911: 1998)
- Potasio (ISO 14911: 1998)
- Metano (EPA 5021 A/ GC-FID) (*) (**)
- Comp. Orgánicos Volátiles (EPA 5021 A/ 8260 D)
- Hierro Total (EPA 3015 A/ 6020 B)
- Manganeso (EPA 6020 B)
- Aluminio (EPA 6020 B)
- Estroncio (EPA 6020 B)
- Litio (EPA 6020 B)
- Uranio (EPA 6020 B)
- Arsénico (EPA 6020 B)
- Bario (EPA 6020 B)
- Boro (EPA 6020 B)
- Cadmio (EPA 6020 B)
- Zinc (EPA 6020 B)
- Cobalto (EPA 6020 B)
- Cobre (EPA 6020 B)
- Cromo (EPA 6020 B)
- Mercurio (EPA 7470 A)
- Níquel (EPA 6020 B)
- Plomo (EPA 6020 B)
- Selenio (EPA 6020 B)
- Vanadio (EPA 6020 B)

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del O.A.A.

(#) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition

(**) Cuantificación basada en el trabajo: US EPA - REGION1: Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene. Based on Method: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethene in Groundwater by a Standard Gas Chromatographic Technique, Don H. Kampbell and Steve A. Vandegrift, EPA, Ada, OK. J of Chrom, Vol 36, May 1998. Prepared by EPA New England. Date: July, 2001.


Lic. Cristina M. Salas
Directora Técnica
GRUPO INDUSER S.R.L.
M.P.C.P.Q. 4863

Página 1 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05



RESULTADOS:

Parámetros	Unidad	PM-12
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	< 0.5
pH	UpH	7.1
Conductividad a 25 °C	µS/cm	1964
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	1610
Alcalinidad Total	mg/l	67.3
Carbonato	mg/l	Ausencia
Bicarbonato	mg/l	82.1
Dureza Total	mg/l	750
Cloruro	mg/l	44.0
Sulfato	mg/l	970
Calcio	mg/l	229
Magnesio	mg/l	43.4
Sodio	mg/l	174
Potasio	mg/l	6.7
Metano	mg/l	< 0.1
Diclorodifluorometano	µg/l	< 1.0
Clorometano	µg/l	< 1.0
Cloruro de Vinilo	µg/l	< 1.0
Bromometano	µg/l	< 1.0
Cloroetano	µg/l	< 1.0
Triclorofluorometano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 0.3
Diclorometano	µg/l	< 1.0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
2,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Bromoclorometano	µg/l	< 1.0
Cloroformo	µg/l	< 1.0
1,1,1-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloruro de Carbono	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
Benceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Tricloroetano	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromometano	µg/l	< 1.0
Bromodiclorometano	µg/l	< 1.0
cis-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

Parámetros	Unidad	PM-12
Tolueno	µg/l	< 1.0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloroetano (percloroetileno)	µg/l	< 1.0
1,3-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromoclorometano	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromoetano	µg/l	< 1.0
Clorobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
Etilbenceno	µg/l	< 1.0
m,p-Xileno	µg/l	< 1.0
o-Xileno	µg/l	< 1.0
Estireno	µg/l	< 1.0
Bromoformo	µg/l	< 1.0
Isopropilbenceno (cumeno)	µg/l	< 1.0
Bromobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	< 1.0
n-Propilbenceno	µg/l	< 1.0
2-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
4-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
1,3,5-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
ter-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2,4-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
sec-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,3-Diclorobenceno	µg/l	< 1.0
p-Isopropiltolueno	µg/l	< 1.0
1,4-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
1,2-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
n-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/l	< 1.0
1,2,4-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hexaclorobutadieno	µg/l	< 1.0
Naftaleno	µg/l	< 1.0
1,2,3-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hierro Total	mg/l	< 0.10
Manganeso	mg/l	< 0.03
Aluminio	mg/l	< 0.10
Estroncio	mg/l	1.27


 Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Página 3 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05



Parámetros	Unidad	PM-12
Litio	mg/l	< 0.10
Uranio	mg/l	< 0.010
Arsénico	mg/l	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50
Boro	mg/l	< 0.2
Cadmio	mg/l	< 0.0005
Zinc	mg/l	0.05
Cobalto	mg/l	< 0.005
Cobre	mg/l	< 0.05
Cromo	mg/l	< 0.005
Mercurio	mg/l	< 0.001
Níquel	mg/l	< 0.010
Plomo	mg/l	< 0.010
Selenio	mg/l	< 0.010
Vanadio	mg/l	< 0.05

Para los Parámetros Acreditados:

Conductividad a 25 °C – Iniciado: 11/04/2019 Finalizado: 11/04/2019.
 Sólidos Disueltos Totales 180 °C – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 15/04/2019.
 Alcalinidad Total – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Carbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Bicarbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Dureza Total – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Aniones – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Cationes – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Compuestos Orgánicos Volátiles – Iniciado: 18/04/2019 Finalizado: 19/04/2019.
 Metales Totales – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.
 Mercurio – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Protocolo de Análisis Nro: Q 287871

Fecha de Emisión: 10/05/2019

Fecha de Recepción: 09/04/2019

Cliente: YPF S.A.

Dirección Fiscal: Macacha Güemes Boulevard 515 P. 24 T.YPF Localidad: Ciudad Aut. de Buenos Aires

Muestra Manifestada: AGUA - FECHA TOMADA 08/04/2019
PM-13

Cantidad: (1 MUESTRA)

Tomada Remitida por: YPF S.A.

Análisis Solicitados:

- Hidrocarburos Totales de Petróleo (EPA 418.1) (*)
- pH (SM 4500-H B (#)) (*)
- Conductividad a 25 °C (SM 2510 B (#))
- Sólidos Disueltos Totales 180 °C (SM 2540 C (#))
- Alcalinidad Total (SM 2320 B (#))
- Carbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Bicarbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Dureza Total (SM 2340 B (#))
- Cloruro (SM 4110 B (#))
- Sulfato (SM 4110 B (#))
- Calcio (ISO 14911: 1998)
- Magnesio (ISO 14911: 1998)
- Sodio (ISO 14911: 1998)
- Potasio (ISO 14911: 1998)
- Metano (EPA 5021 A/ GC-FID) (*) (**)
- Comp. Orgánicos Volátiles (EPA 5021 A/ 8260 D)
- Hierro Total (EPA 3015 A/ 6020 B)
- Manganeso (EPA 6020 B)
- Aluminio (EPA 6020 B)
- Estroncio (EPA 6020 B)
- Litio (EPA 6020 B)
- Uranio (EPA 6020 B)
- Arsénico (EPA 6020 B)
- Bario (EPA 6020 B)
- Boro (EPA 6020 B)
- Cadmio (EPA 6020 B)
- Zinc (EPA 6020 B)
- Cobalto (EPA 6020 B)
- Cobre (EPA 6020 B)
- Cromo (EPA 6020 B)
- Mercurio (EPA 7470 A)
- Níquel (EPA 6020 B)
- Plomo (EPA 6020 B)
- Selenio (EPA 6020 B)
- Vanadio (EPA 6020 B)

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del O.A.A.

(#) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition

(**) Cuantificación basada en el trabajo: US EPA - REGION1: Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene. Based on Method: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethene in Groundwater by a Standard Gas Chromatographic Technique, Don H. Kampbell and Steve A. Vandegrift, EPA, Ada, OK. J of Chrom, Vol 36, May 1998. Prepared by EPA New England. Date: July, 2001.


Lic. Cristina M. Salas
Directora Técnica
GRUPO INDUSER S.R.L.
M.P.C.P.Q. 4863

Página 1 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

RESULTADOS:

Parámetros	Unidad	PM-13
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	< 0.5
pH	UpH	8.0
Conductividad a 25 °C	µS/cm	1211
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	790
Alcalinidad Total	mg/l	81.3
Carbonato	mg/l	Ausencia
Bicarbonato	mg/l	99.2
Dureza Total	mg/l	286
Cloruro	mg/l	208
Sulfato	mg/l	229
Calcio	mg/l	101
Magnesio	mg/l	8.1
Sodio	mg/l	127
Potasio	mg/l	2.5
Metano	mg/l	< 0.1
Diclorodifluorometano	µg/l	< 1.0
Clorometano	µg/l	< 1.0
Cloruro de Vinilo	µg/l	< 1.0
Bromometano	µg/l	< 1.0
Cloroetano	µg/l	< 1.0
Triclorofluorometano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 0.3
Diclorometano	µg/l	< 1.0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
2,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Bromoclorometano	µg/l	< 1.0
Cloroformo	µg/l	< 1.0
1,1,1-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloruro de Carbono	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
Benceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Tricloroetano	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromometano	µg/l	< 1.0
Bromodiclorometano	µg/l	< 1.0
cis-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

Parámetros	Unidad	PM-13
Tolueno	µg/l	< 1.0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloroetano (percloroetileno)	µg/l	< 1.0
1,3-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromoclorometano	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromoetano	µg/l	< 1.0
Clorobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
Etilbenceno	µg/l	< 1.0
m,p-Xileno	µg/l	< 1.0
o-Xileno	µg/l	< 1.0
Estireno	µg/l	< 1.0
Bromoformo	µg/l	< 1.0
Isopropilbenceno (cumeno)	µg/l	< 1.0
Bromobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	< 1.0
n-Propilbenceno	µg/l	< 1.0
2-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
4-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
1,3,5-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
ter-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2,4-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
sec-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,3-Diclorobenceno	µg/l	< 1.0
p-Isopropiltolueno	µg/l	< 1.0
1,4-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
1,2-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
n-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/l	< 1.0
1,2,4-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hexaclorobutadieno	µg/l	< 1.0
Naftaleno	µg/l	< 1.0
1,2,3-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hierro Total	mg/l	0.48
Manganeso	mg/l	< 0.03
Aluminio	mg/l	< 0.10
Estroncio	mg/l	0.59



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Parámetros	Unidad	PM-13
Litio	mg/l	< 0.10
Uranio	mg/l	< 0.010
Arsénico	mg/l	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50
Boro	mg/l	< 0.2
Cadmio	mg/l	< 0.0005
Zinc	mg/l	< 0.05
Cobalto	mg/l	< 0.005
Cobre	mg/l	< 0.05
Cromo	mg/l	< 0.005
Mercurio	mg/l	< 0.001
Níquel	mg/l	< 0.010
Plomo	mg/l	< 0.010
Selenio	mg/l	< 0.010
Vanadio	mg/l	< 0.05

Para los Parámetros Acreditados:

Conductividad a 25 °C – Iniciado: 11/04/2019 Finalizado: 11/04/2019.
Sólidos Disueltos Totales 180 °C – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 15/04/2019.
Alcalinidad Total – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
Carbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
Bicarbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
Dureza Total – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
Aniones – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
Cationes – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
Compuestos Orgánicos Volátiles – Iniciado: 18/04/2019 Finalizado: 19/04/2019.
Metales Totales – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.
Mercurio – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.


Lic. Cristina M. Salas
Directora Técnica
GRUPO INDUSER S.R.L.
M.P.C.P.Q. 4863

Página 4 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. Pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

Protocolo de Análisis Nro: Q 287872

Fecha de Emisión: 10/05/2019

Fecha de Recepción: 09/04/2019

Cliente: YPF S.A.

Dirección Fiscal: Macacha Güemes Boulevard 515 P. 24 T.YPF Localidad: Ciudad Aut. de Buenos Aires

Muestra Manifestada: AGUA - FECHA TOMADA 08/04/2019
PM-14

Cantidad: (1 MUESTRA)

Tomada Remitida por: YPF S.A.

Análisis Solicitados:

- Hidrocarburos Totales de Petróleo (EPA 418.1) (*)
- pH (SM 4500-H B (#)) (*)
- Conductividad a 25 °C (SM 2510 B (#))
- Sólidos Disueltos Totales 180 °C (SM 2540 C (#))
- Alcalinidad Total (SM 2320 B (#))
- Carbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Bicarbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Dureza Total (SM 2340 B (#))
- Cloruro (SM 4110 B (#))
- Sulfato (SM 4110 B (#))
- Calcio (ISO 14911: 1998)
- Magnesio (ISO 14911: 1998)
- Sodio (ISO 14911: 1998)
- Potasio (ISO 14911: 1998)
- Metano (EPA 5021 A/ GC-FID) (*) (**)
- Comp. Orgánicos Volátiles (EPA 5021 A/ 8260 D)
- Hierro Total (EPA 3015 A/ 6020 B)
- Manganeso (EPA 6020 B)
- Aluminio (EPA 6020 B)
- Estroncio (EPA 6020 B)
- Litio (EPA 6020 B)
- Uranio (EPA 6020 B)
- Arsénico (EPA 6020 B)
- Bario (EPA 6020 B)
- Boro (EPA 6020 B)
- Cadmio (EPA 6020 B)
- Zinc (EPA 6020 B)
- Cobalto (EPA 6020 B)
- Cobre (EPA 6020 B)
- Cromo (EPA 6020 B)
- Mercurio (EPA 7470 A)
- Níquel (EPA 6020 B)
- Plomo (EPA 6020 B)
- Selenio (EPA 6020 B)
- Vanadio (EPA 6020 B)

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del O.A.A.

(#) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition

(**) Cuantificación basada en el trabajo: US EPA - REGION1: Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene. Based on Method: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethene in Groundwater by a Standard Gas Chromatographic Technique, Don H. Kampbell and Steve A. Vandegrift, EPA, Ada, OK. J of Chrom, Vol 36, May 1998. Prepared by EPA New England. Date: July, 2001.


Lic. Cristina M. Salas
Directora Técnica
GRUPO INDUSER S.R.L.
M.P.C.P.Q. 4863

Página 1 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

RESULTADOS:

Parámetros	Unidad	PM-14
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	< 0.5
pH	UpH	7.7
Conductividad a 25 °C	µS/cm	1152
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	792
Alcalinidad Total	mg/l	105
Carbonato	mg/l	Ausencia
Bicarbonato	mg/l	128
Dureza Total	mg/l	312
Cloruro	mg/l	180
Sulfato	mg/l	226
Calcio	mg/l	112
Magnesio	mg/l	7.8
Sodio	mg/l	104
Potasio	mg/l	2.9
Metano	mg/l	< 0.1
Diclorodifluorometano	µg/l	< 1.0
Clorometano	µg/l	< 1.0
Cloruro de Vinilo	µg/l	< 1.0
Bromometano	µg/l	< 1.0
Cloroetano	µg/l	< 1.0
Triclorofluorometano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 0.3
Diclorometano	µg/l	< 1.0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
2,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Bromoclorometano	µg/l	< 1.0
Cloroformo	µg/l	< 1.0
1,1,1-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloruro de Carbono	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
Benceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Tricloroetano	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromometano	µg/l	< 1.0
Bromodiclorometano	µg/l	< 1.0
cis-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

Parámetros	Unidad	PM-14
Tolueno	µg/l	< 1.0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloroetano (percloroetileno)	µg/l	< 1.0
1,3-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromoclorometano	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromoetano	µg/l	< 1.0
Clorobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
Etilbenceno	µg/l	< 1.0
m,p-Xileno	µg/l	< 1.0
o-Xileno	µg/l	< 1.0
Estireno	µg/l	< 1.0
Bromoformo	µg/l	< 1.0
Isopropilbenceno (cumeno)	µg/l	< 1.0
Bromobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	< 1.0
n-Propilbenceno	µg/l	< 1.0
2-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
4-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
1,3,5-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
ter-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2,4-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
sec-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,3-Diclorobenceno	µg/l	< 1.0
p-Isopropiltolueno	µg/l	< 1.0
1,4-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
1,2-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
n-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/l	< 1.0
1,2,4-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hexaclorobutadieno	µg/l	< 1.0
Naftaleno	µg/l	< 1.0
1,2,3-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hierro Total	mg/l	< 0.10
Manganeso	mg/l	< 0.03
Aluminio	mg/l	< 0.10
Estroncio	mg/l	0.72


 Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Página 3 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05



Parámetros	Unidad	PM-14
Litio	mg/l	< 0.10
Uranio	mg/l	< 0.010
Arsénico	mg/l	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50
Boro	mg/l	< 0.2
Cadmio	mg/l	< 0.0005
Zinc	mg/l	< 0.05
Cobalto	mg/l	< 0.005
Cobre	mg/l	< 0.05
Cromo	mg/l	< 0.005
Mercurio	mg/l	< 0.001
Níquel	mg/l	< 0.010
Plomo	mg/l	< 0.010
Selenio	mg/l	< 0.010
Vanadio	mg/l	< 0.05

Para los Parámetros Acreditados:

Conductividad a 25 °C – Iniciado: 11/04/2019 Finalizado: 11/04/2019.
 Sólidos Disueltos Totales 180 °C – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 15/04/2019.
 Alcalinidad Total – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Carbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Bicarbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Dureza Total – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Aniones – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Cationes – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Compuestos Orgánicos Volátiles – Iniciado: 18/04/2019 Finalizado: 19/04/2019.
 Metales Totales – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.
 Mercurio – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Protocolo de Análisis Nro: Q 287873

Fecha de Emisión: 10/05/2019

Fecha de Recepción: 09/04/2019

Cliente: YPF S.A.

Dirección Fiscal: Macacha Güemes Boulevard 515 P. 24 T.YPF Localidad: Ciudad Aut. de Buenos Aires

Muestra Manifestada: AGUA - FECHA TOMADA 08/04/2019
PM-15

Cantidad: (1 MUESTRA)

Tomada Remitida por: YPF S.A.

Análisis Solicitados:

- Hidrocarburos Totales de Petróleo (EPA 418.1) (*)
- pH (SM 4500-H B (#)) (*)
- Conductividad a 25 °C (SM 2510 B (#))
- Sólidos Disueltos Totales 180 °C (SM 2540 C (#))
- Alcalinidad Total (SM 2320 B (#))
- Carbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Bicarbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Dureza Total (SM 2340 B (#))
- Cloruro (SM 4110 B (#))
- Sulfato (SM 4110 B (#))
- Calcio (ISO 14911: 1998)
- Magnesio (ISO 14911: 1998)
- Sodio (ISO 14911: 1998)
- Potasio (ISO 14911: 1998)
- Metano (EPA 5021 A/ GC-FID) (*) (**)
- Comp. Orgánicos Volátiles (EPA 5021 A/ 8260 D)
- Hierro Total (EPA 3015 A/ 6020 B)
- Manganeso (EPA 6020 B)
- Aluminio (EPA 6020 B)
- Estroncio (EPA 6020 B)
- Litio (EPA 6020 B)
- Uranio (EPA 6020 B)
- Arsénico (EPA 6020 B)
- Bario (EPA 6020 B)
- Boro (EPA 6020 B)
- Cadmio (EPA 6020 B)
- Zinc (EPA 6020 B)
- Cobalto (EPA 6020 B)
- Cobre (EPA 6020 B)
- Cromo (EPA 6020 B)
- Mercurio (EPA 7470 A)
- Níquel (EPA 6020 B)
- Plomo (EPA 6020 B)
- Selenio (EPA 6020 B)
- Vanadio (EPA 6020 B)

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del O.A.A.

(#) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition

(**) Cuantificación basada en el trabajo: US EPA - REGION1: Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene. Based on Method: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethene in Groundwater by a Standard Gas Chromatographic Technique, Don H. Kampbell and Steve A. Vandegrift, EPA, Ada, OK. J of Chrom, Vol 36, May 1998. Prepared by EPA New England. Date: July, 2001.


Lic. Cristina M. Salas
Directora Técnica
GRUPO INDUSER S.R.L.
M.P.C.P.Q. 4863

Página 1 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

RESULTADOS:

Parámetros	Unidad	PM-15
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	< 0.5
pH	UpH	7.3
Conductividad a 25 °C	µS/cm	1109
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	706
Alcalinidad Total	mg/l	40.9
Carbonato	mg/l	Ausencia
Bicarbonato	mg/l	49.9
Dureza Total	mg/l	261
Cloruro	mg/l	205
Sulfato	mg/l	212
Calcio	mg/l	90.1
Magnesio	mg/l	8.8
Sodio	mg/l	112
Potasio	mg/l	3.0
Metano	mg/l	< 0.1
Diclorodifluorometano	µg/l	< 1.0
Clorometano	µg/l	< 1.0
Cloruro de Vinilo	µg/l	< 1.0
Bromometano	µg/l	< 1.0
Cloroetano	µg/l	< 1.0
Triclorofluorometano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 0.3
Diclorometano	µg/l	< 1.0
trans-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
2,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
cis-1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Bromoclorometano	µg/l	< 1.0
Cloroformo	µg/l	< 1.0
1,1,1-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloruro de Carbono	µg/l	< 1.0
1,1-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
Benceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloroetano	µg/l	< 1.0
Tricloroetano	µg/l	< 1.0
1,2-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromometano	µg/l	< 1.0
Bromodiclorometano	µg/l	< 1.0
cis-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

Parámetros	Unidad	PM-15
Tolueno	µg/l	< 1.0
trans-1,3-Dicloropropeno	µg/l	< 1.0
1,1,2-Tricloroetano	µg/l	< 1.0
Tetracloroetano (percloroetileno)	µg/l	< 1.0
1,3-Dicloropropano	µg/l	< 1.0
Dibromoclorometano	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromoetano	µg/l	< 1.0
Clorobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
Etilbenceno	µg/l	< 1.0
m,p-Xileno	µg/l	< 1.0
o-Xileno	µg/l	< 1.0
Estireno	µg/l	< 1.0
Bromoformo	µg/l	< 1.0
Isopropilbenceno (cumeno)	µg/l	< 1.0
Bromobenceno	µg/l	< 1.0
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/l	< 1.0
1,2,3-Tricloropropano	µg/l	< 1.0
n-Propilbenceno	µg/l	< 1.0
2-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
4-Clorotolueno	µg/l	< 1.0
1,3,5-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
ter-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2,4-Trimetilbenceno	µg/l	< 1.0
sec-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,3-Diclorobenceno	µg/l	< 1.0
p-Isopropiltolueno	µg/l	< 1.0
1,4-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
1,2-Diclorobenceno	µg/l	< 0.3
n-Butilbenceno	µg/l	< 1.0
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/l	< 1.0
1,2,4-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hexaclorobutadieno	µg/l	< 1.0
Naftaleno	µg/l	< 1.0
1,2,3-Triclorobenceno	µg/l	< 1.0
Hierro Total	mg/l	1.68
Manganeso	mg/l	0.07
Aluminio	mg/l	< 0.10
Estroncio	mg/l	0.75



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Parámetros	Unidad	PM-15
Litio	mg/l	< 0.10
Uranio	mg/l	< 0.010
Arsénico	mg/l	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50
Boro	mg/l	< 0.2
Cadmio	mg/l	< 0.0005
Zinc	mg/l	0.39
Cobalto	mg/l	< 0.005
Cobre	mg/l	< 0.05
Cromo	mg/l	< 0.005
Mercurio	mg/l	< 0.001
Níquel	mg/l	< 0.010
Plomo	mg/l	< 0.010
Selenio	mg/l	< 0.010
Vanadio	mg/l	< 0.05

Para los Parámetros Acreditados:

Conductividad a 25 °C – Iniciado: 11/04/2019 Finalizado: 11/04/2019.
 Sólidos Disueltos Totales 180 °C – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 15/04/2019.
 Alcalinidad Total – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Carbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Bicarbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.
 Dureza Total – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Aniones – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Cationes – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.
 Compuestos Orgánicos Volátiles – Iniciado: 18/04/2019 Finalizado: 19/04/2019.
 Metales Totales – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.
 Mercurio – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.



Lic. Cristina M. Salas
 Directora Técnica
 GRUPO INDUSER S.R.L.
 M.P.C.P.Q. 4863

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

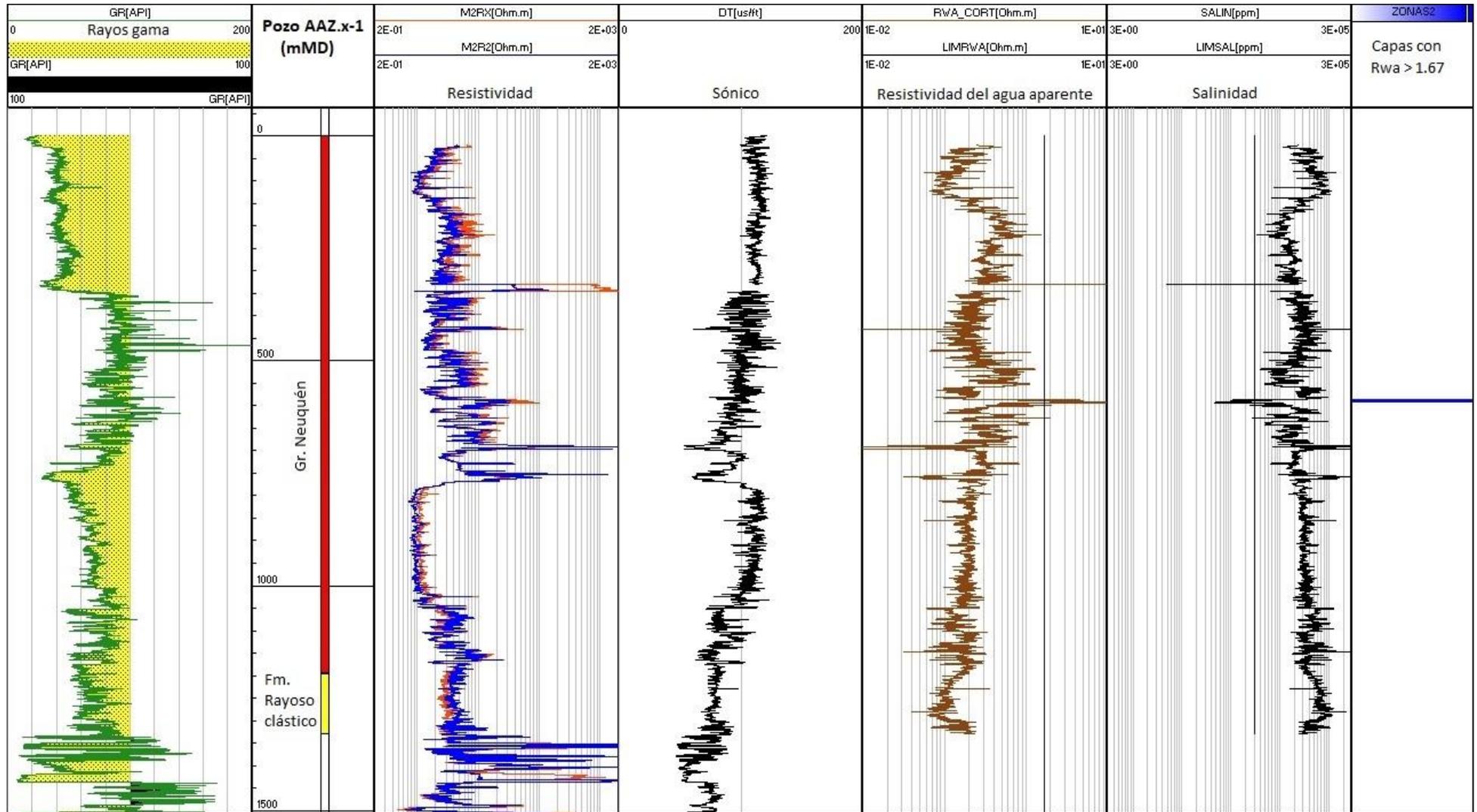


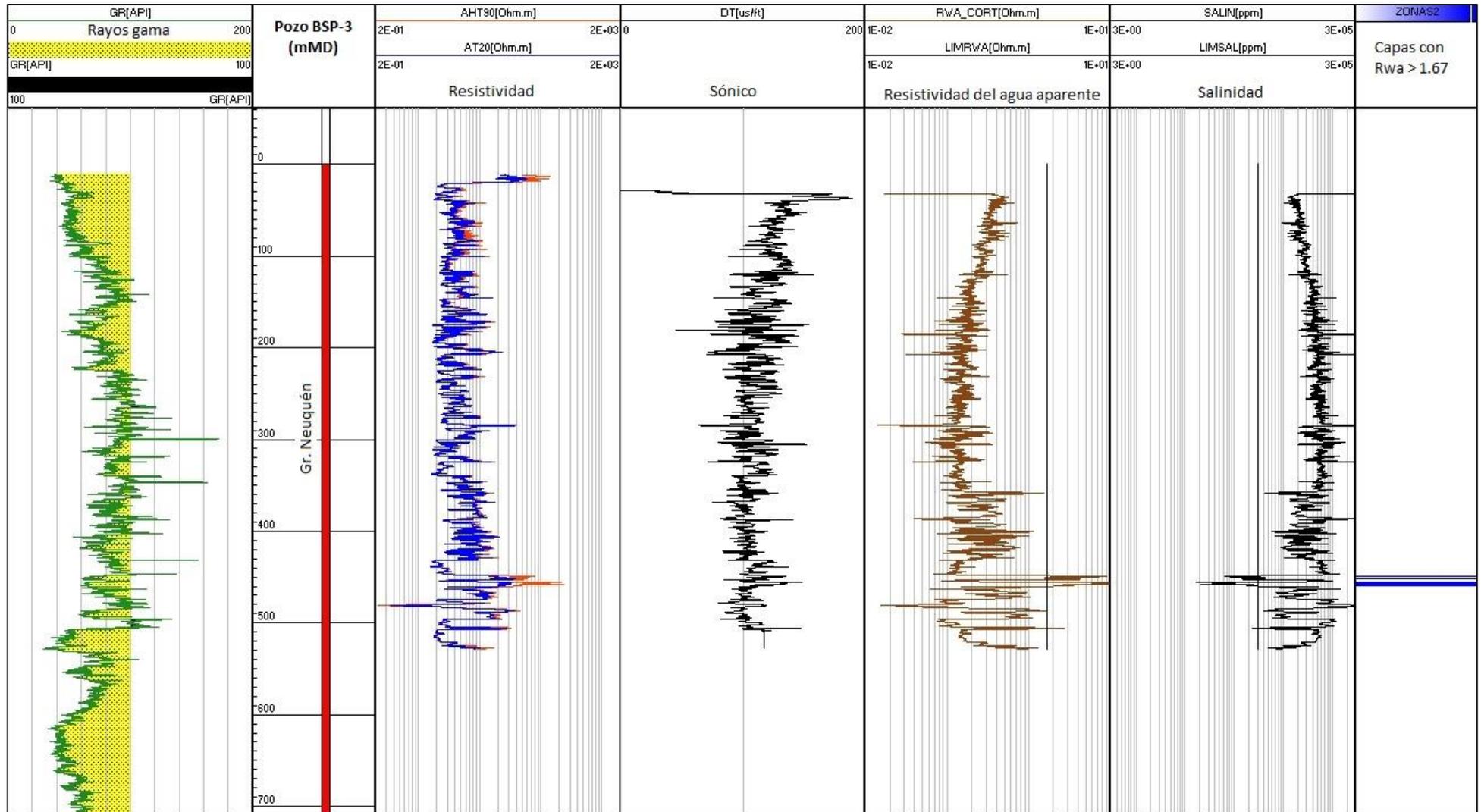
ANEXO IV
PERFILAJE DE POZOS

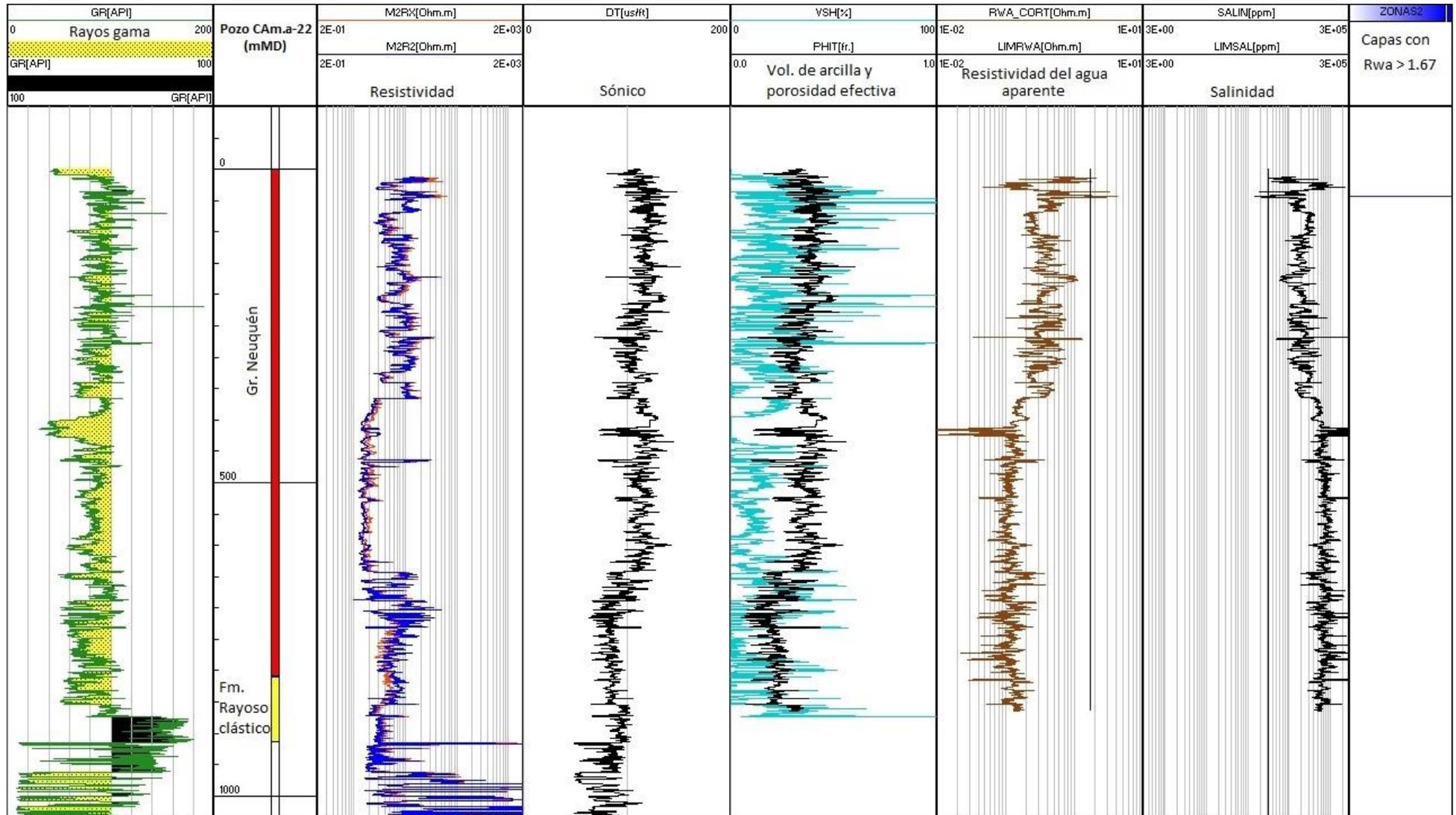
Cañadón Amarillo

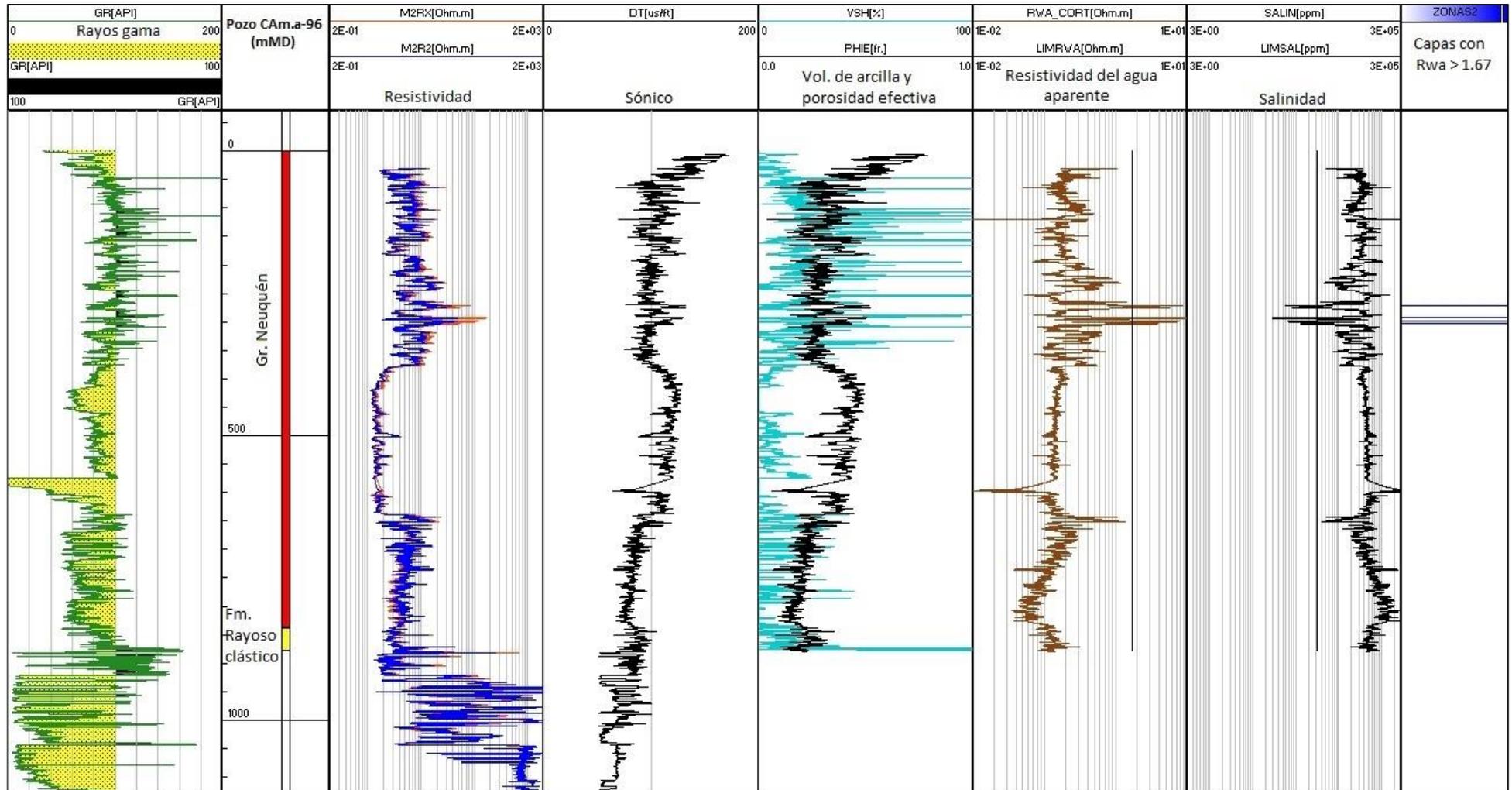


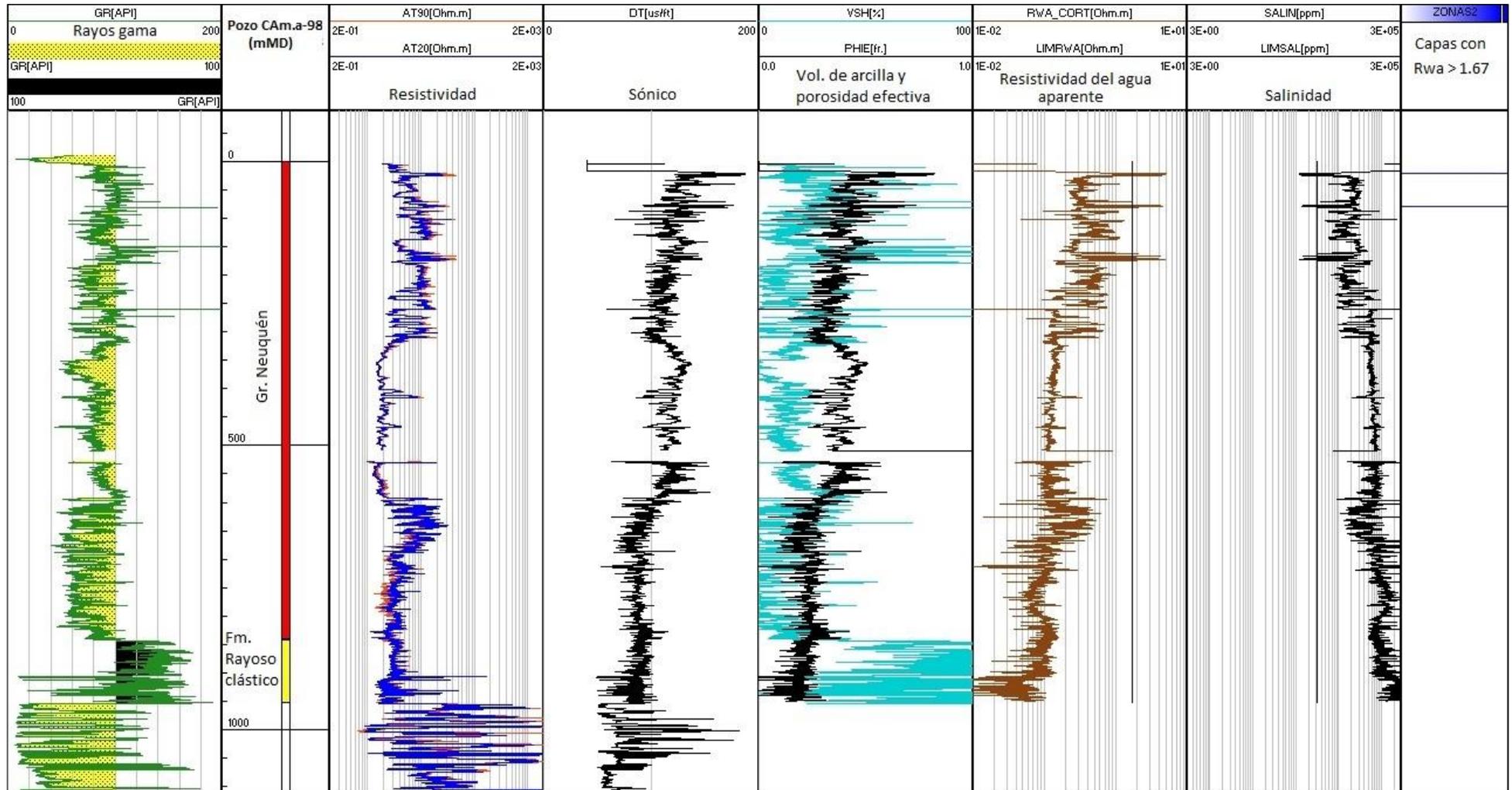
Hidroar S.A.
SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS Y AMBIENTALES

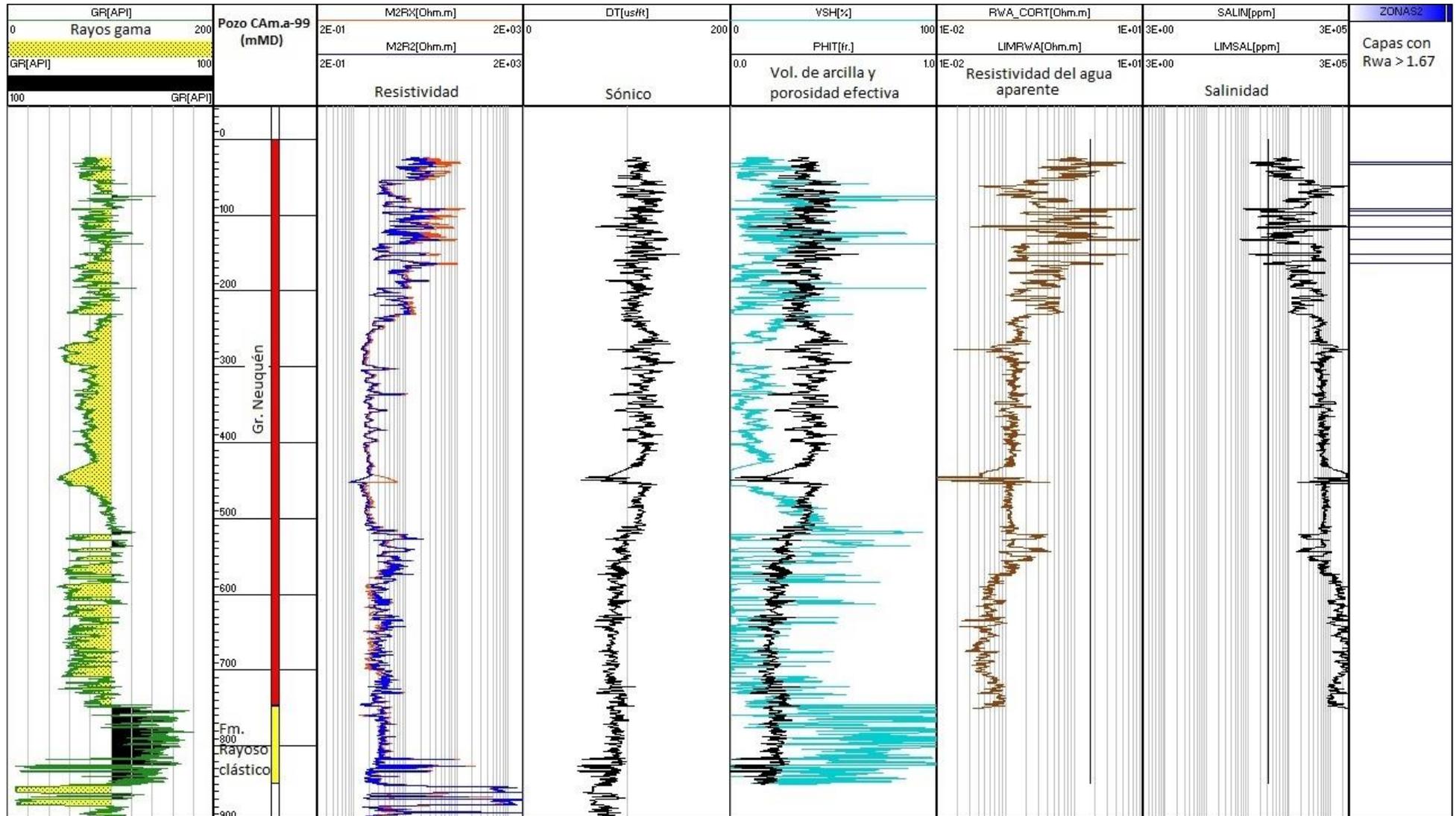


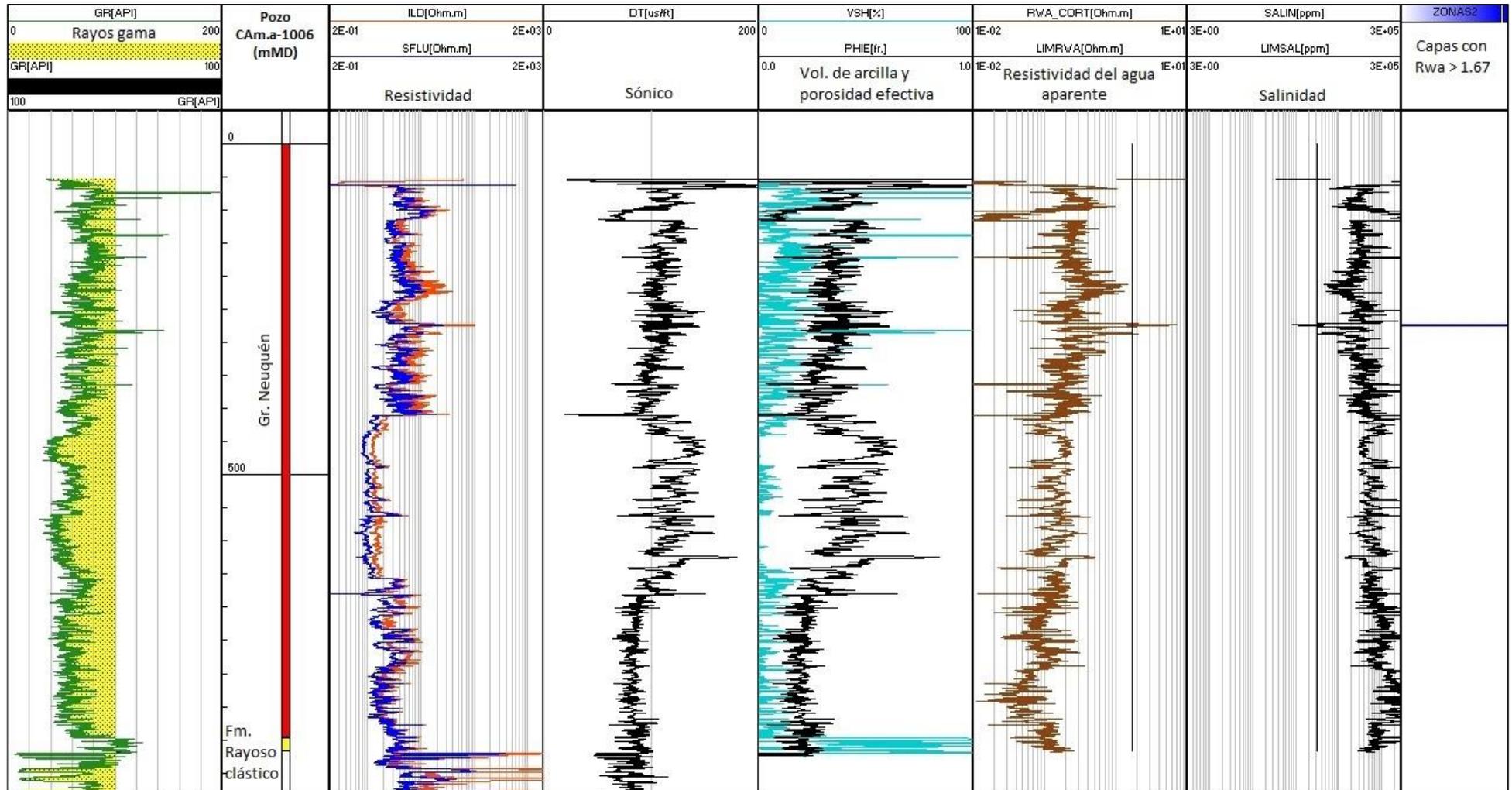


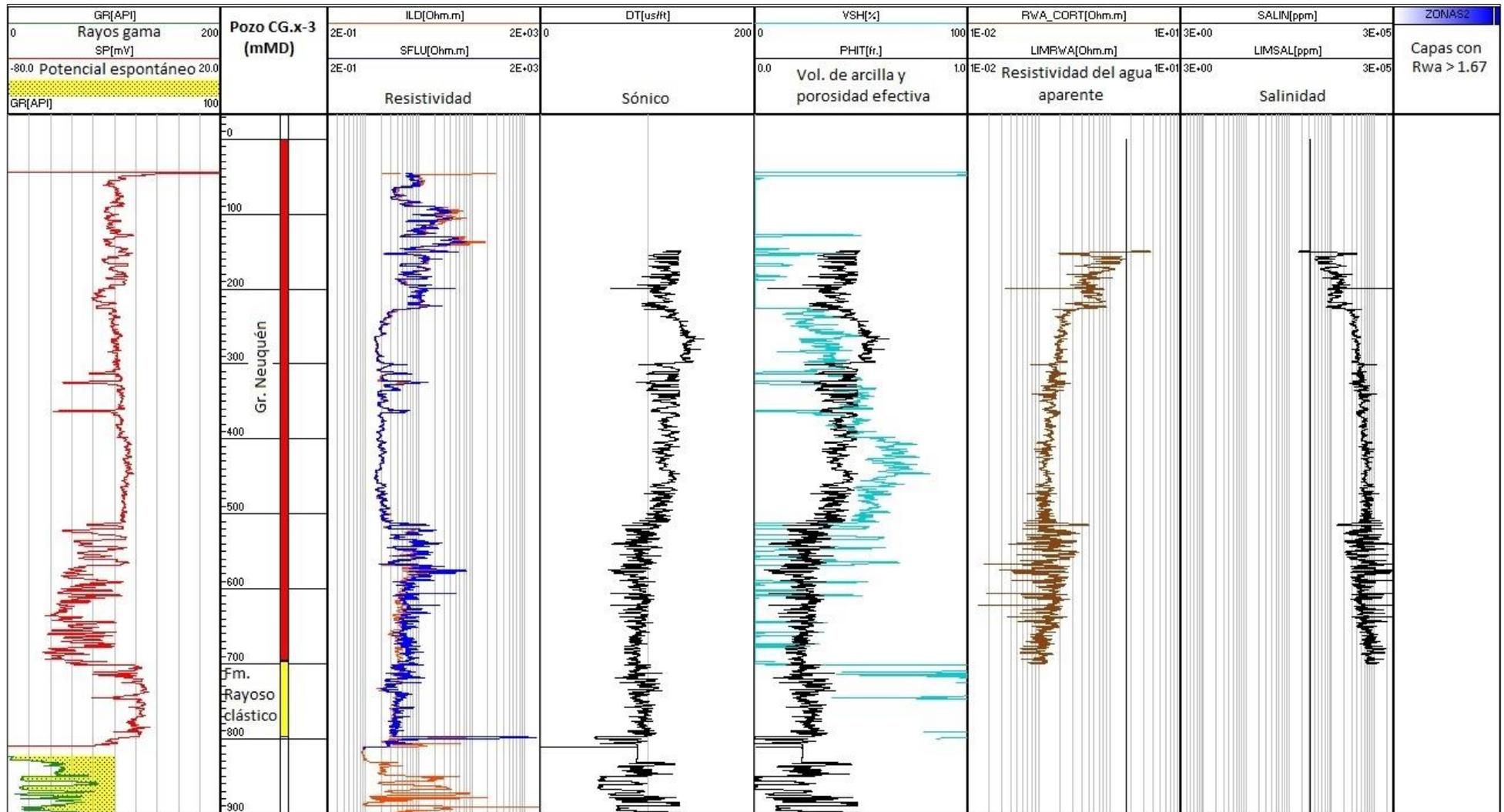


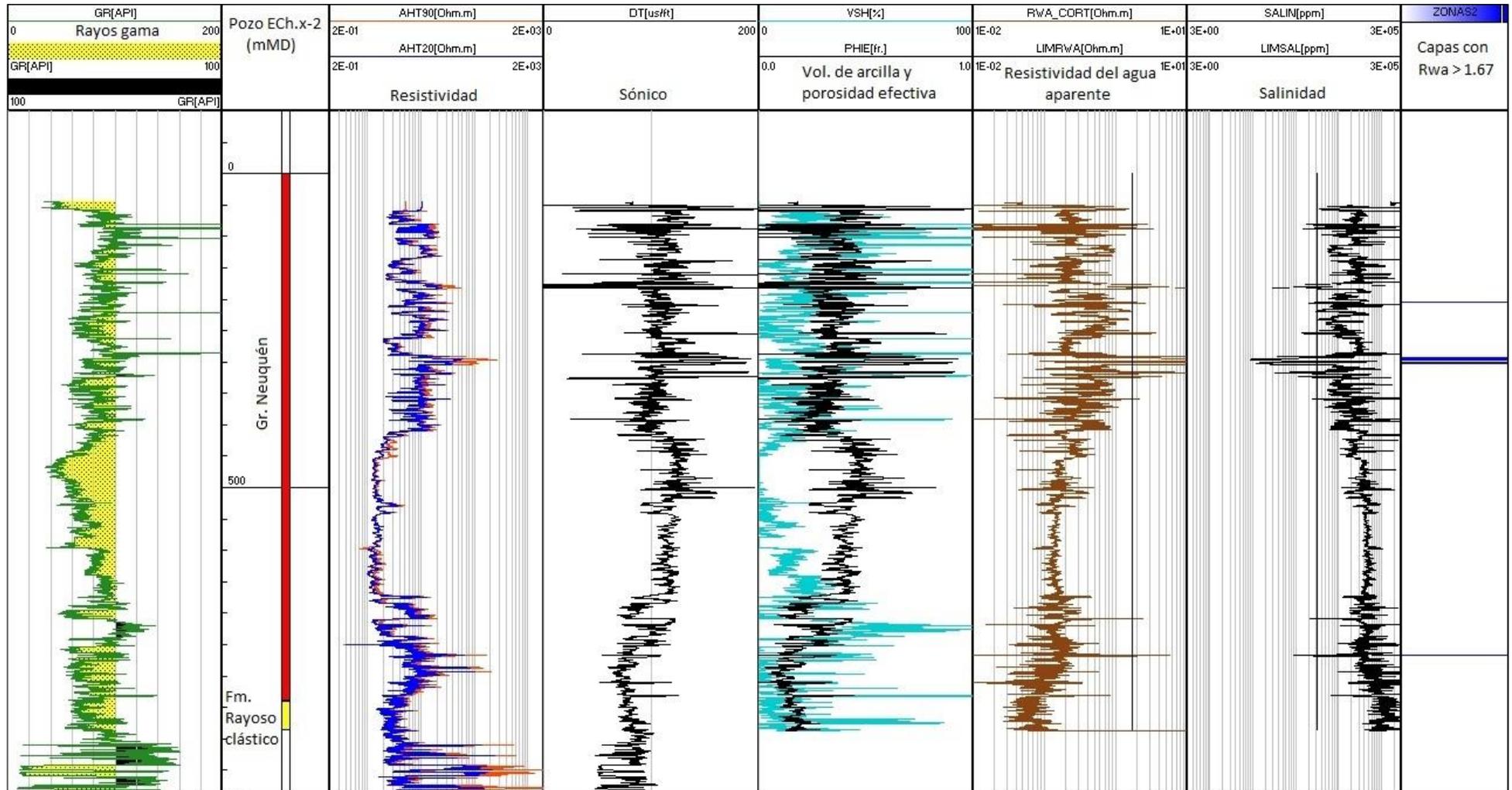


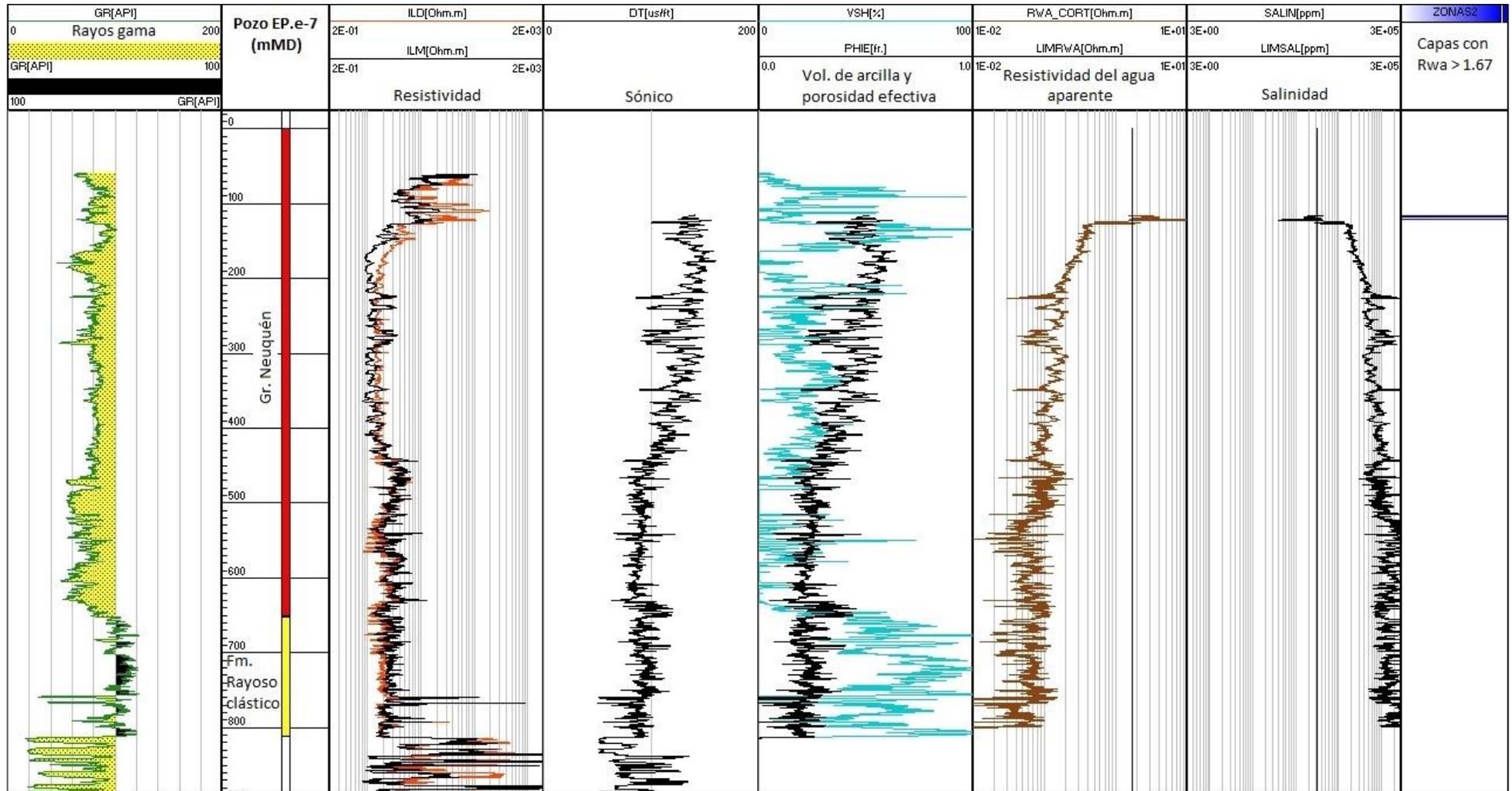


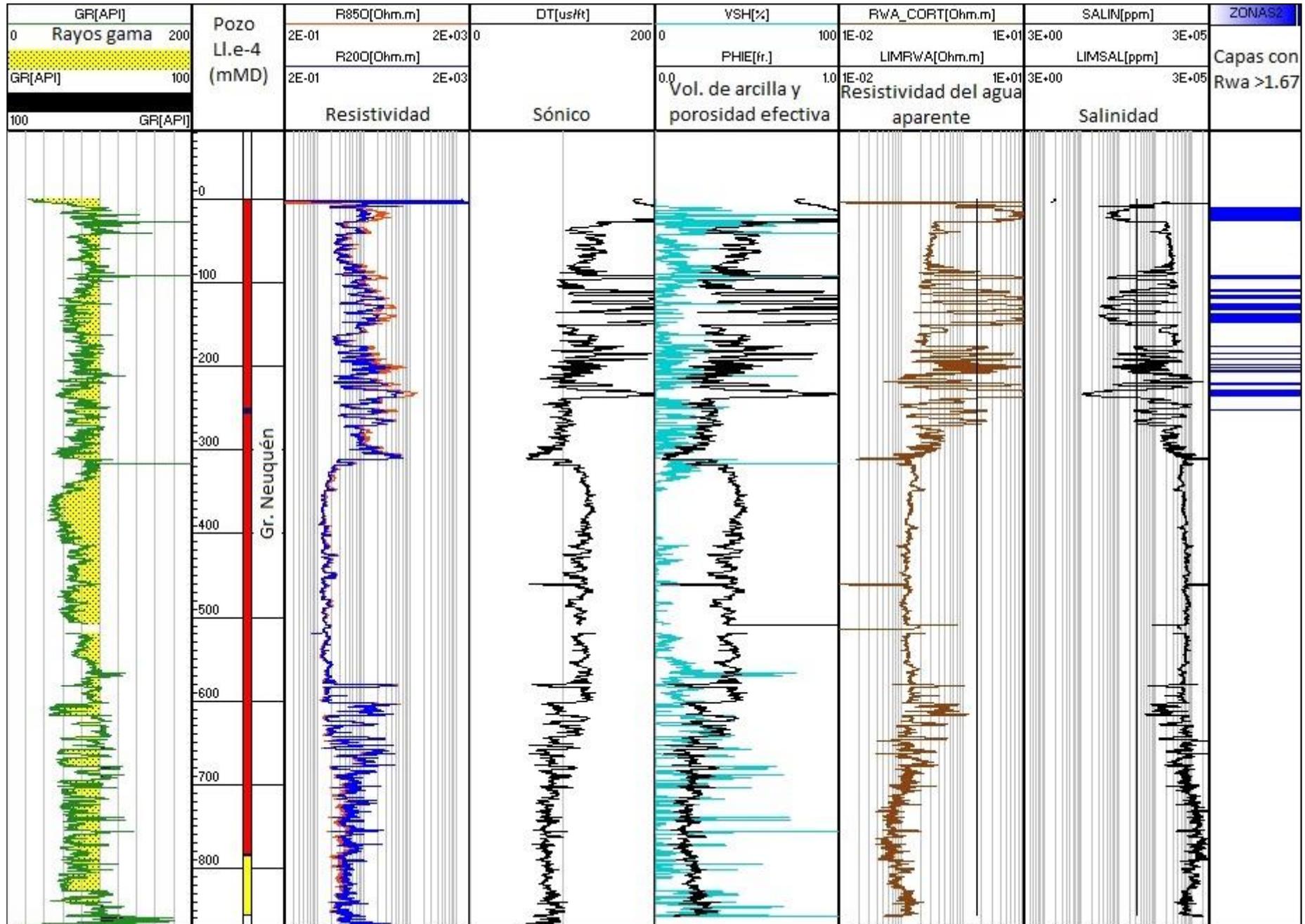


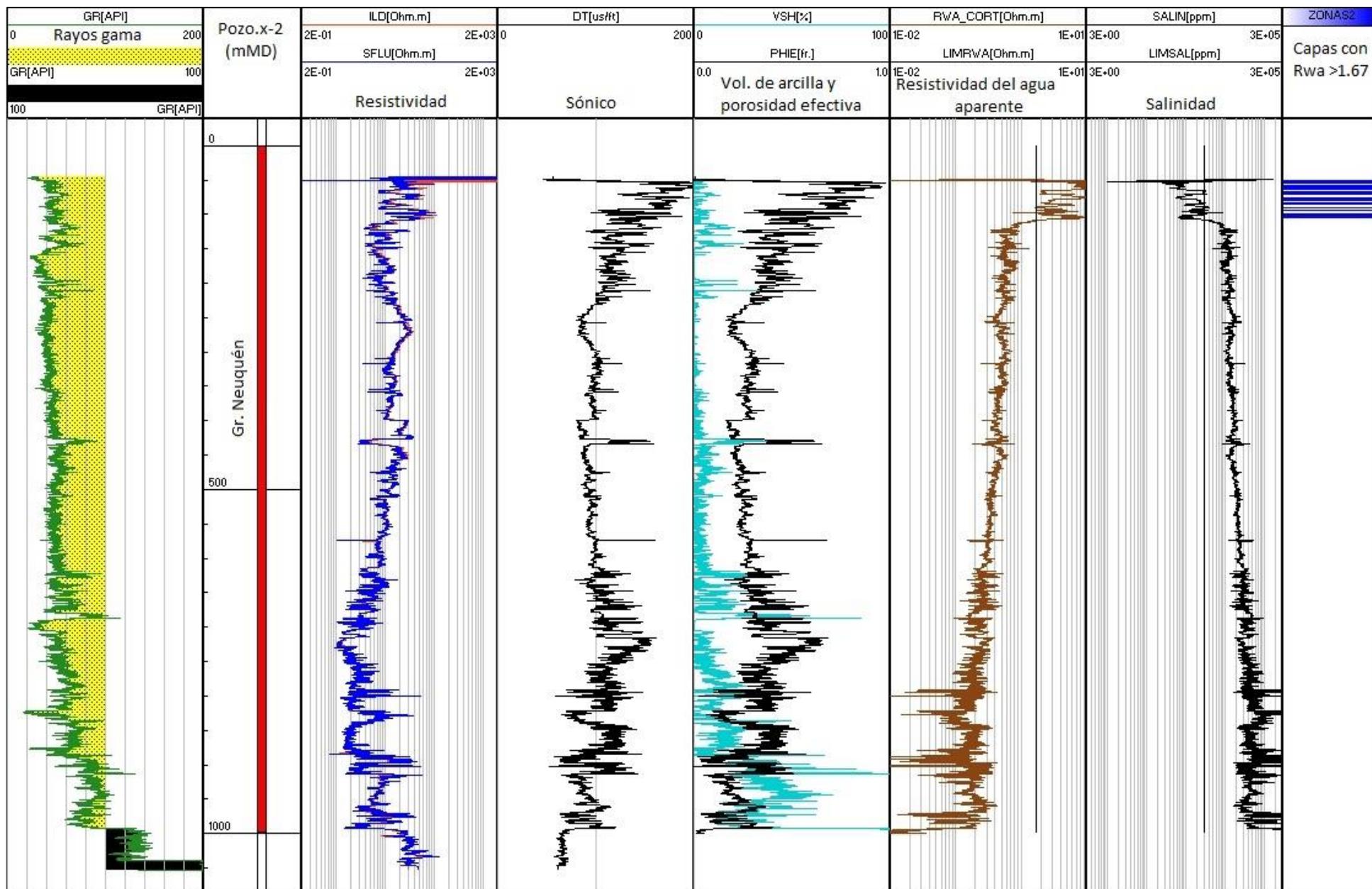


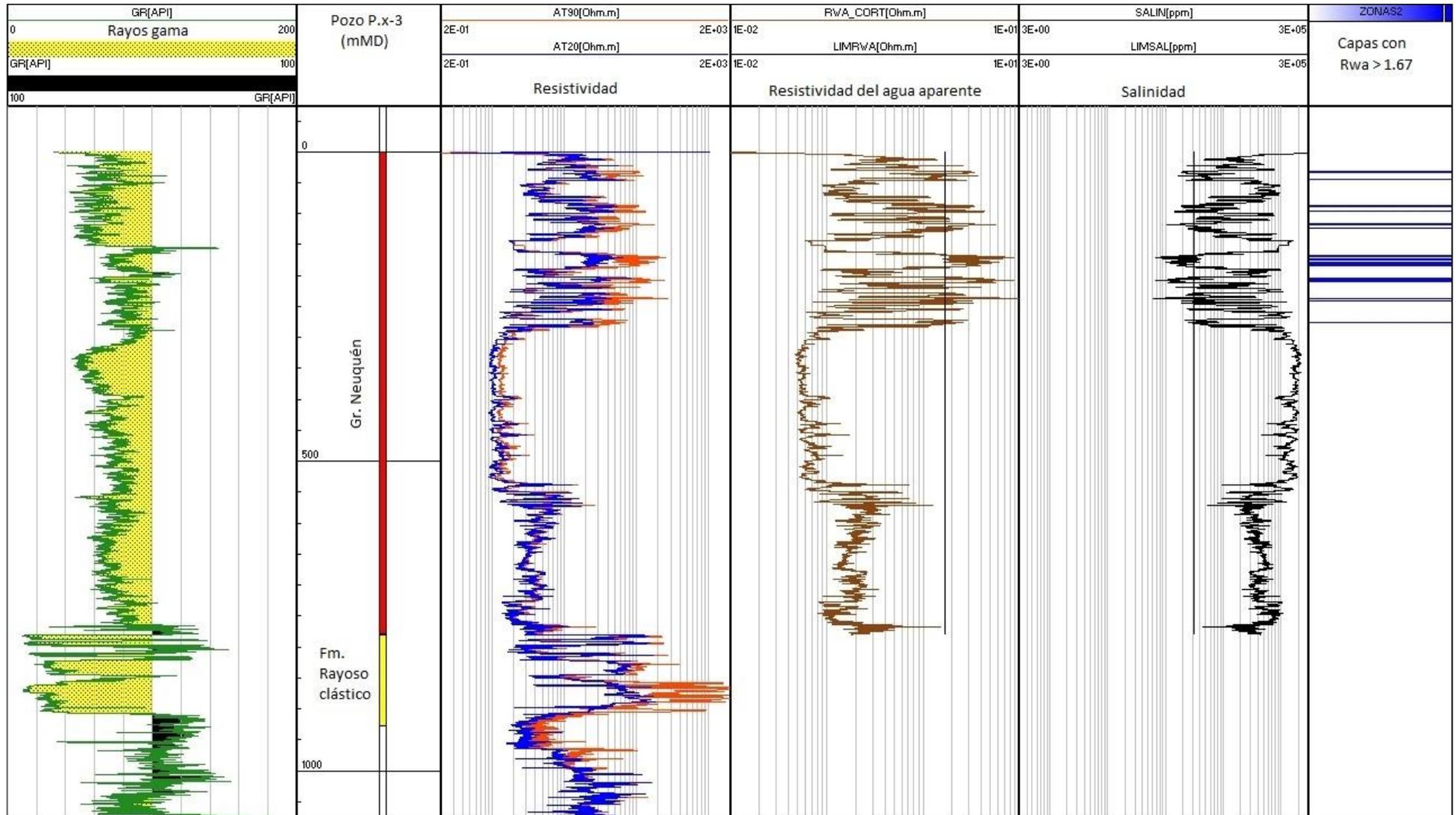


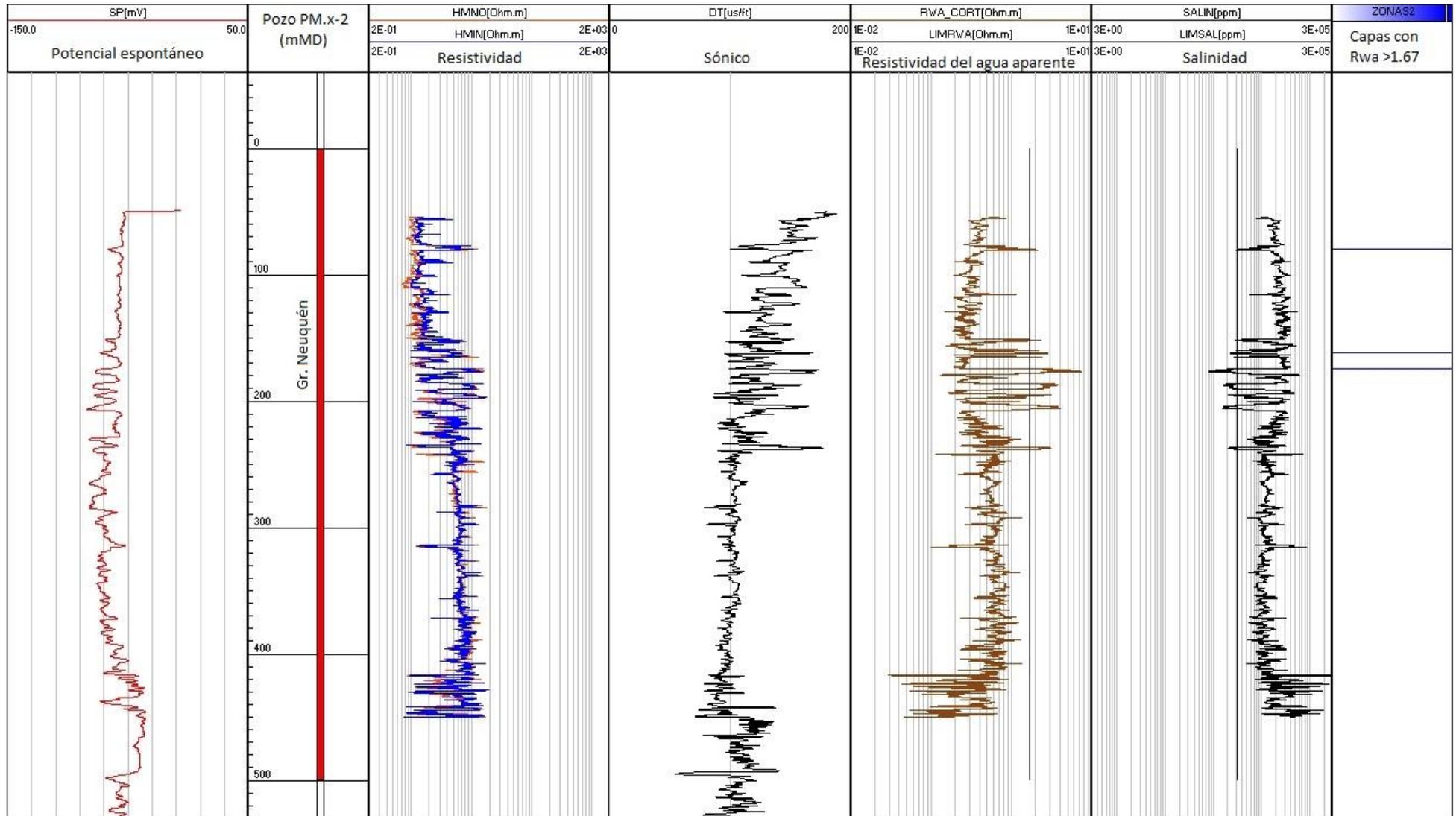








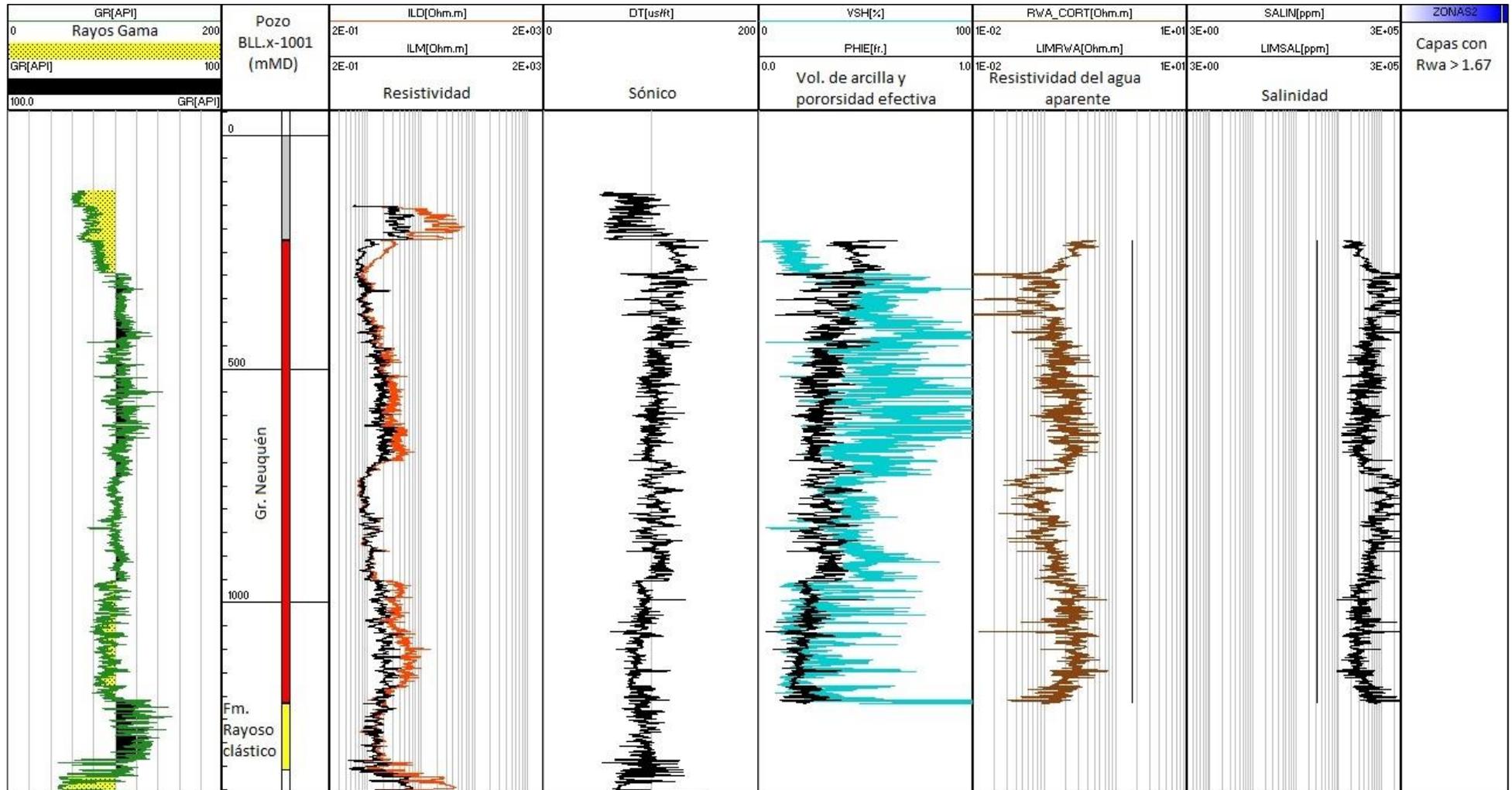


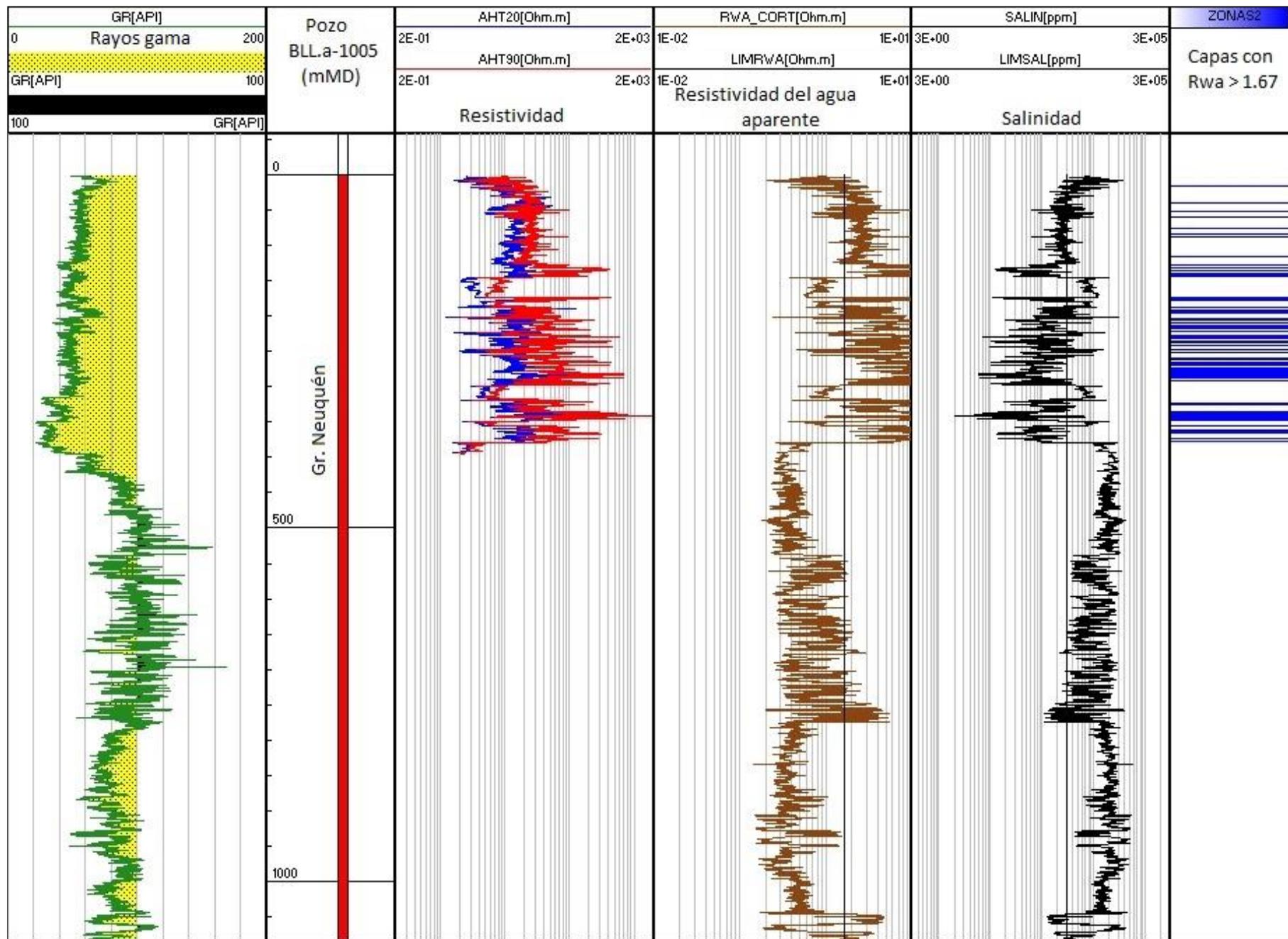


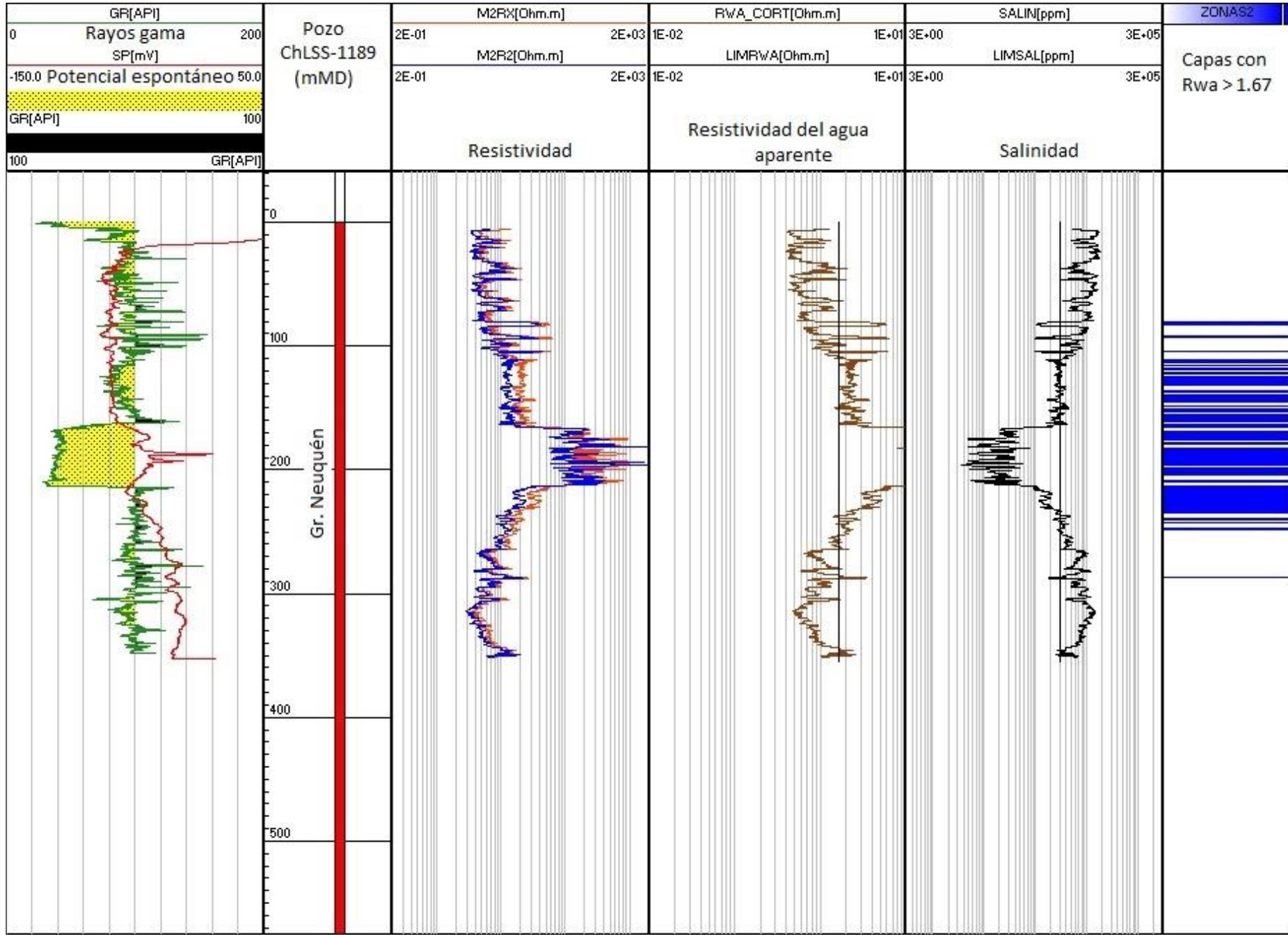
Chihuído de la Salina Sur

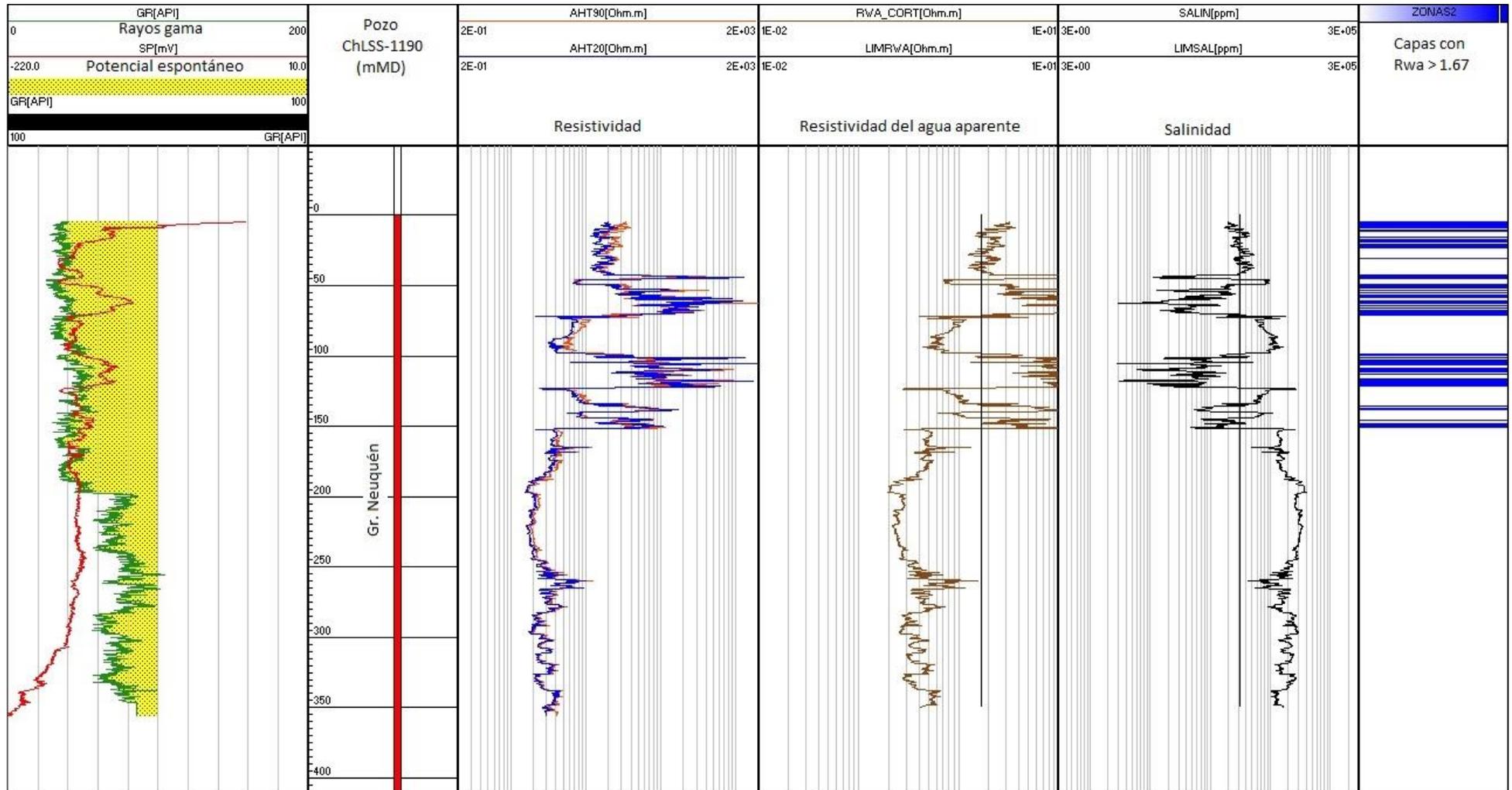


Hidroar S.A.
SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS Y AMBIENTALES





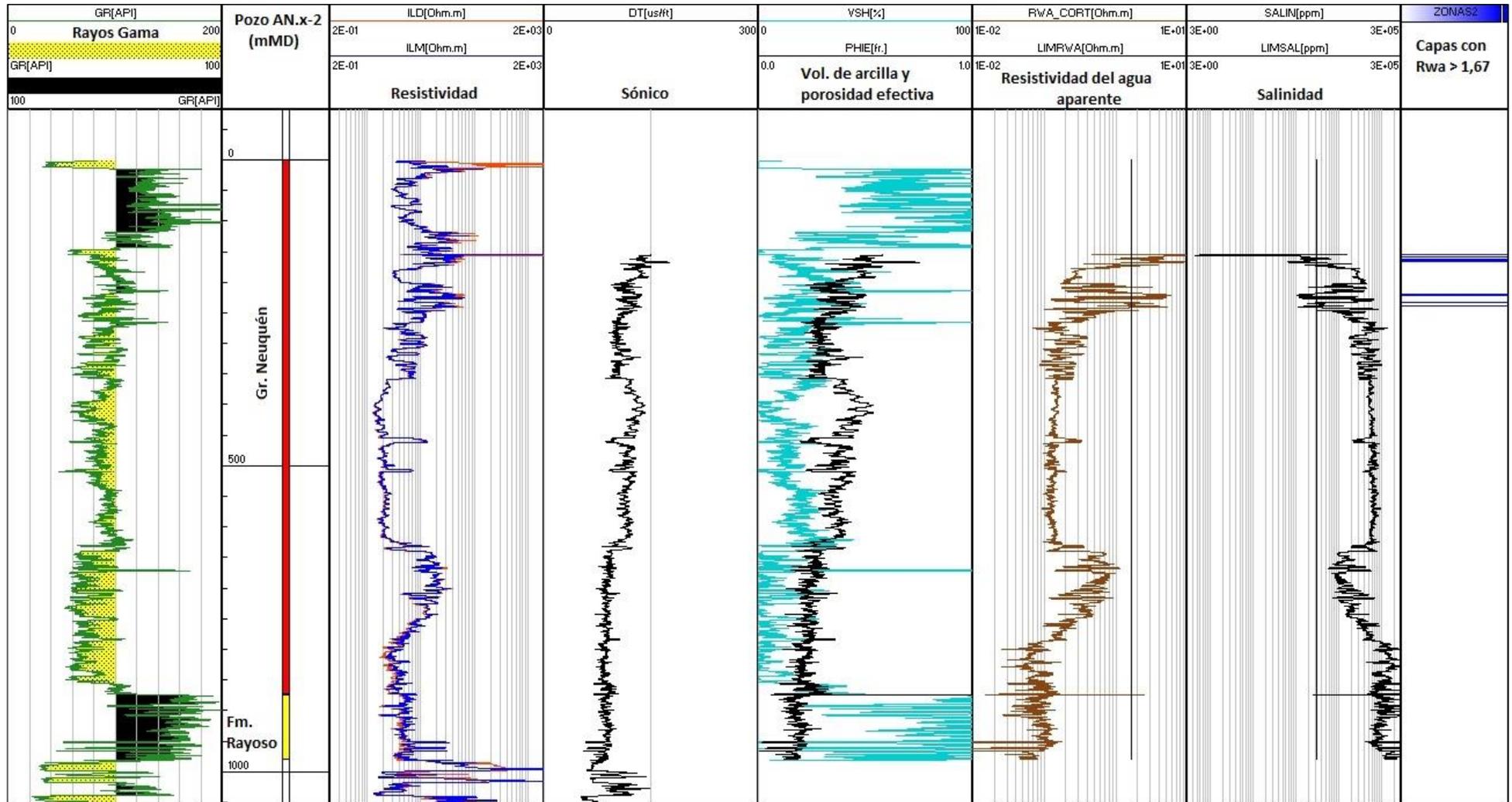


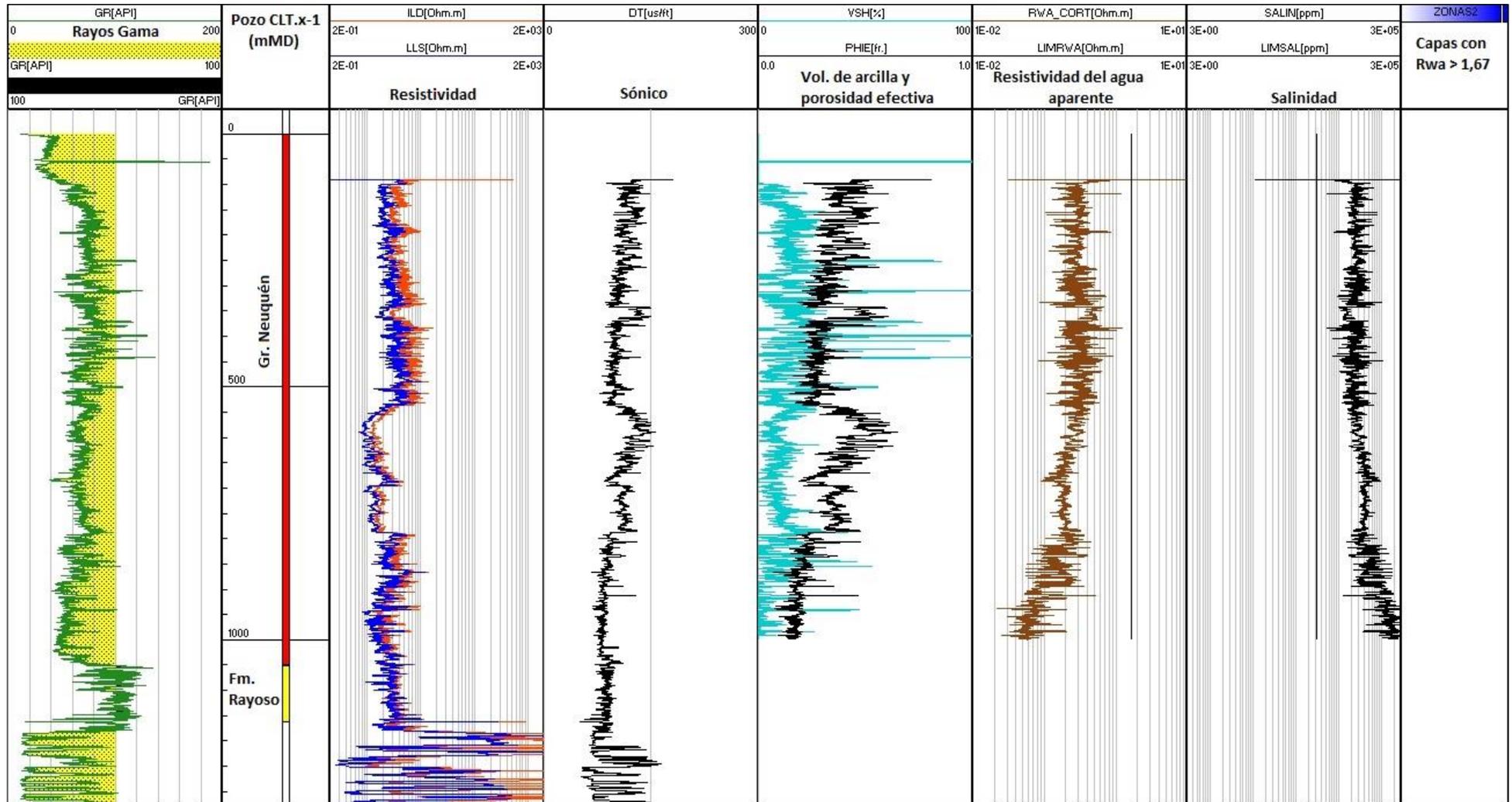


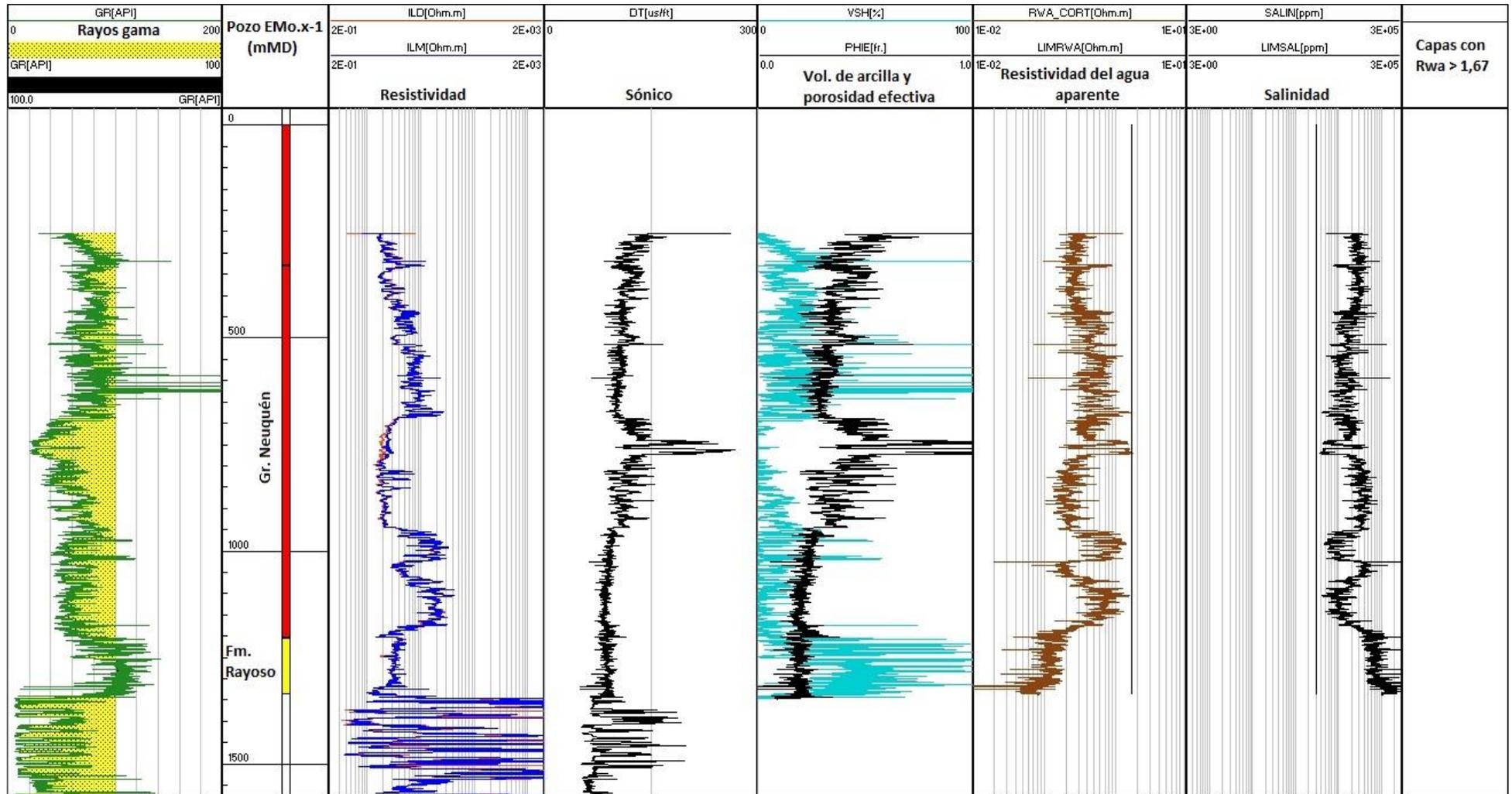
CN VII/A

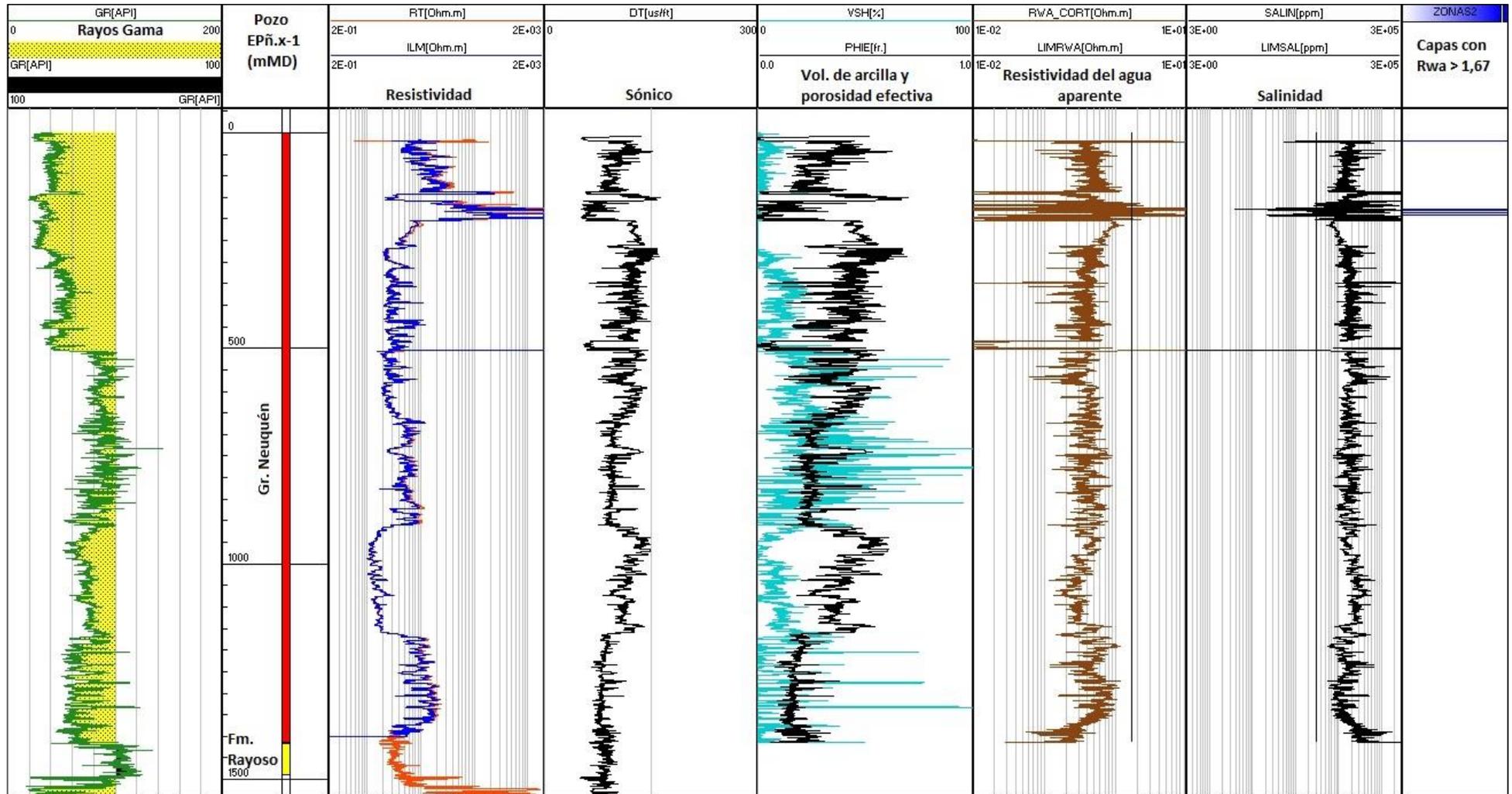


Hidroar S.A.
SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS Y AMBIENTALES





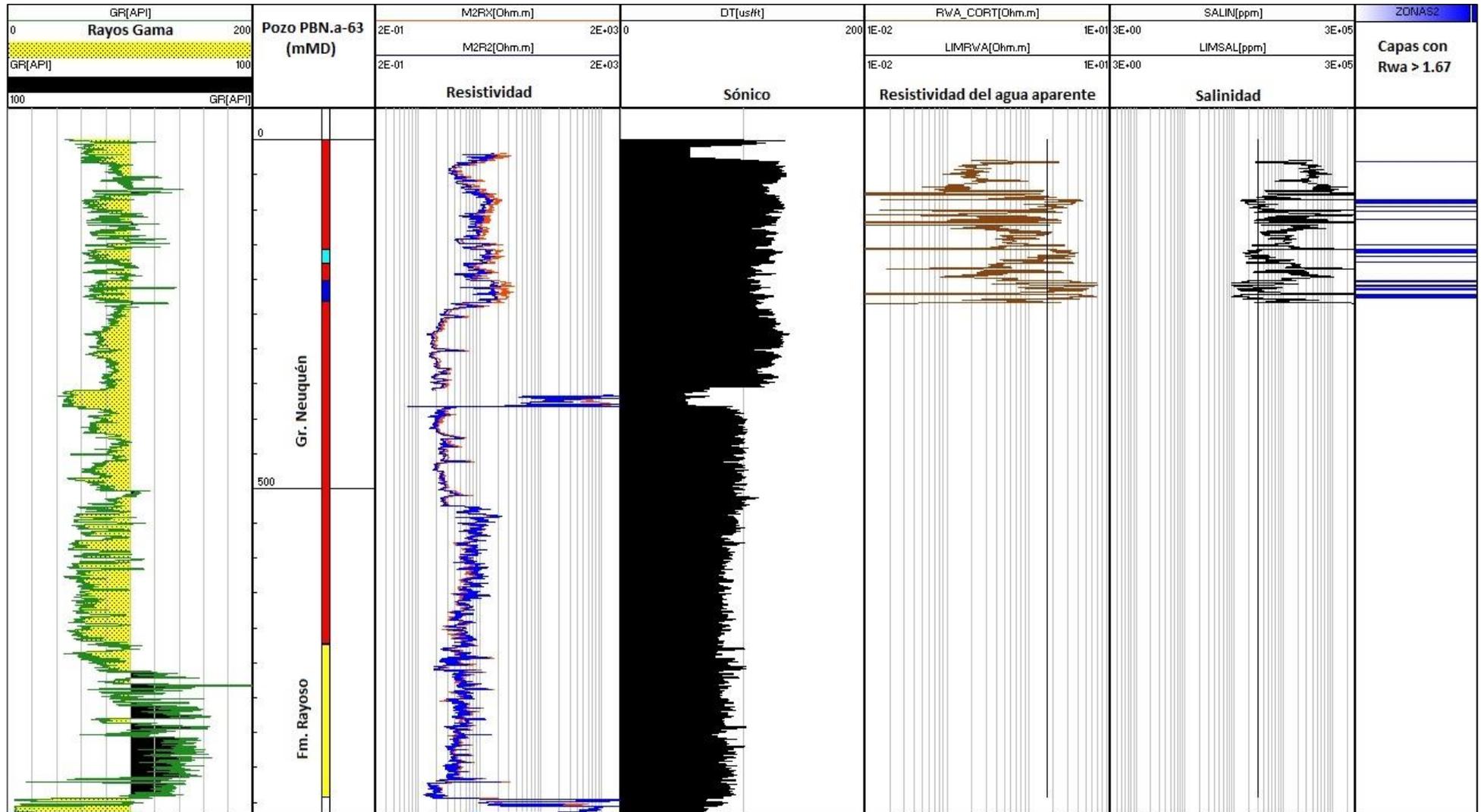


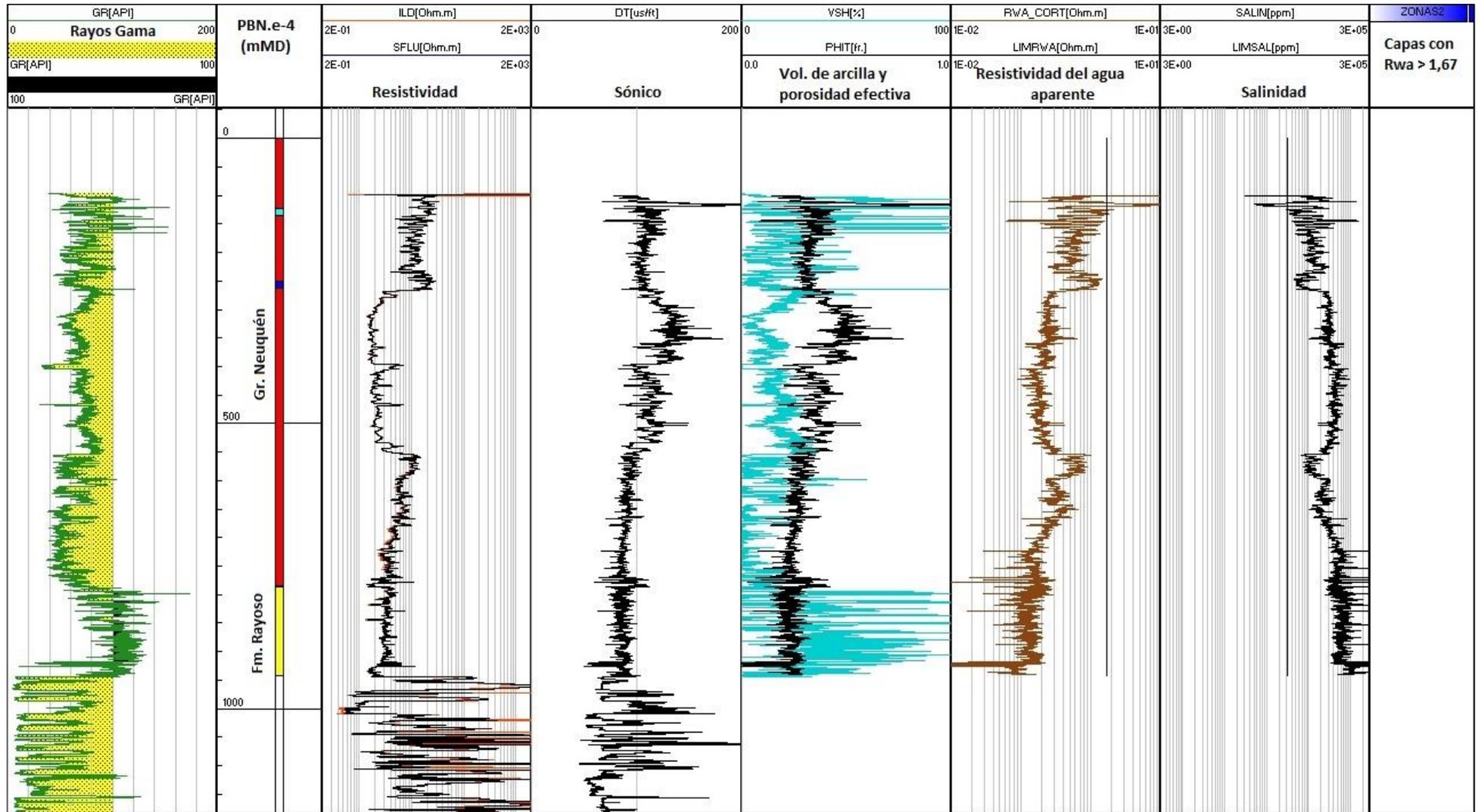


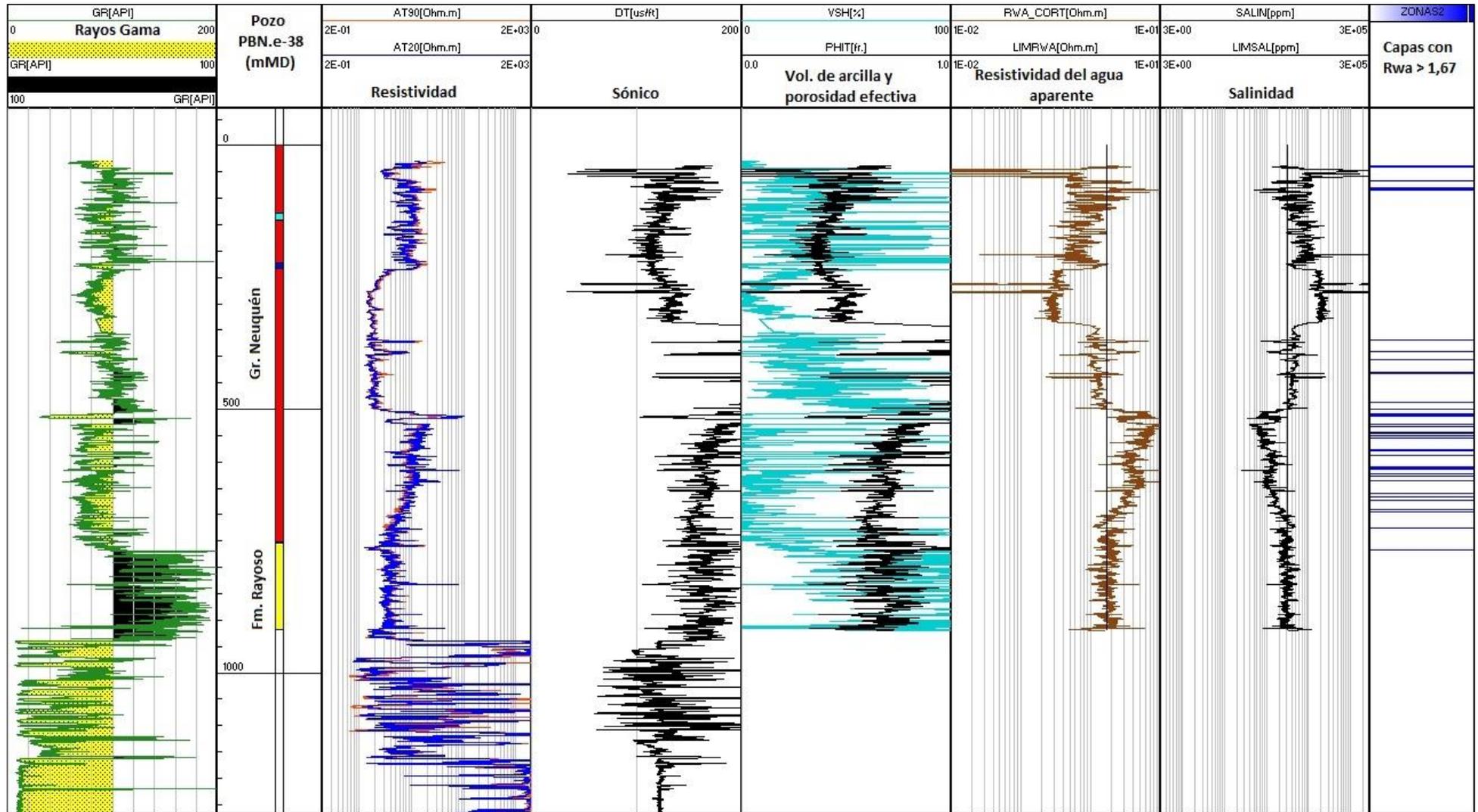
Paso de las Bardas Norte

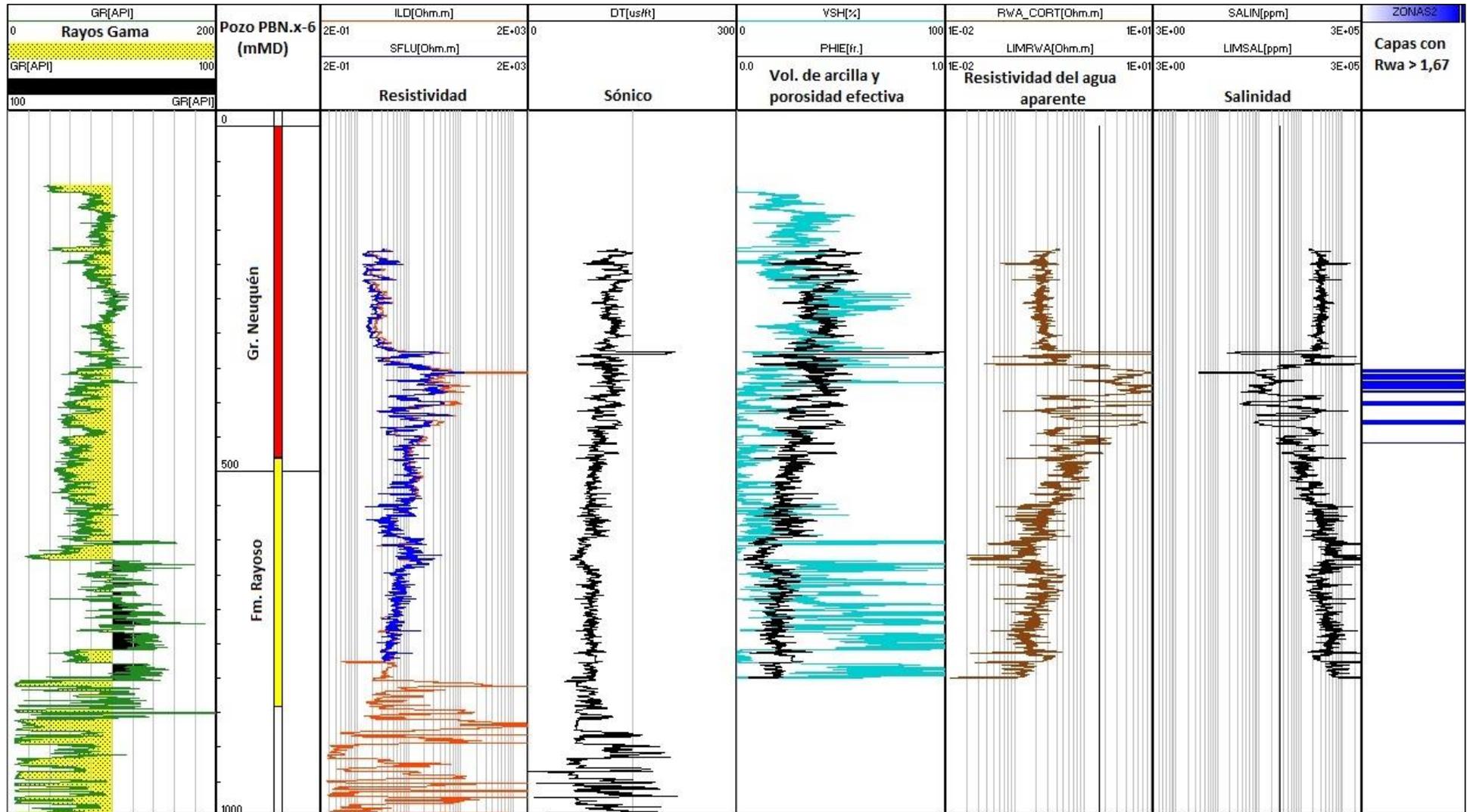


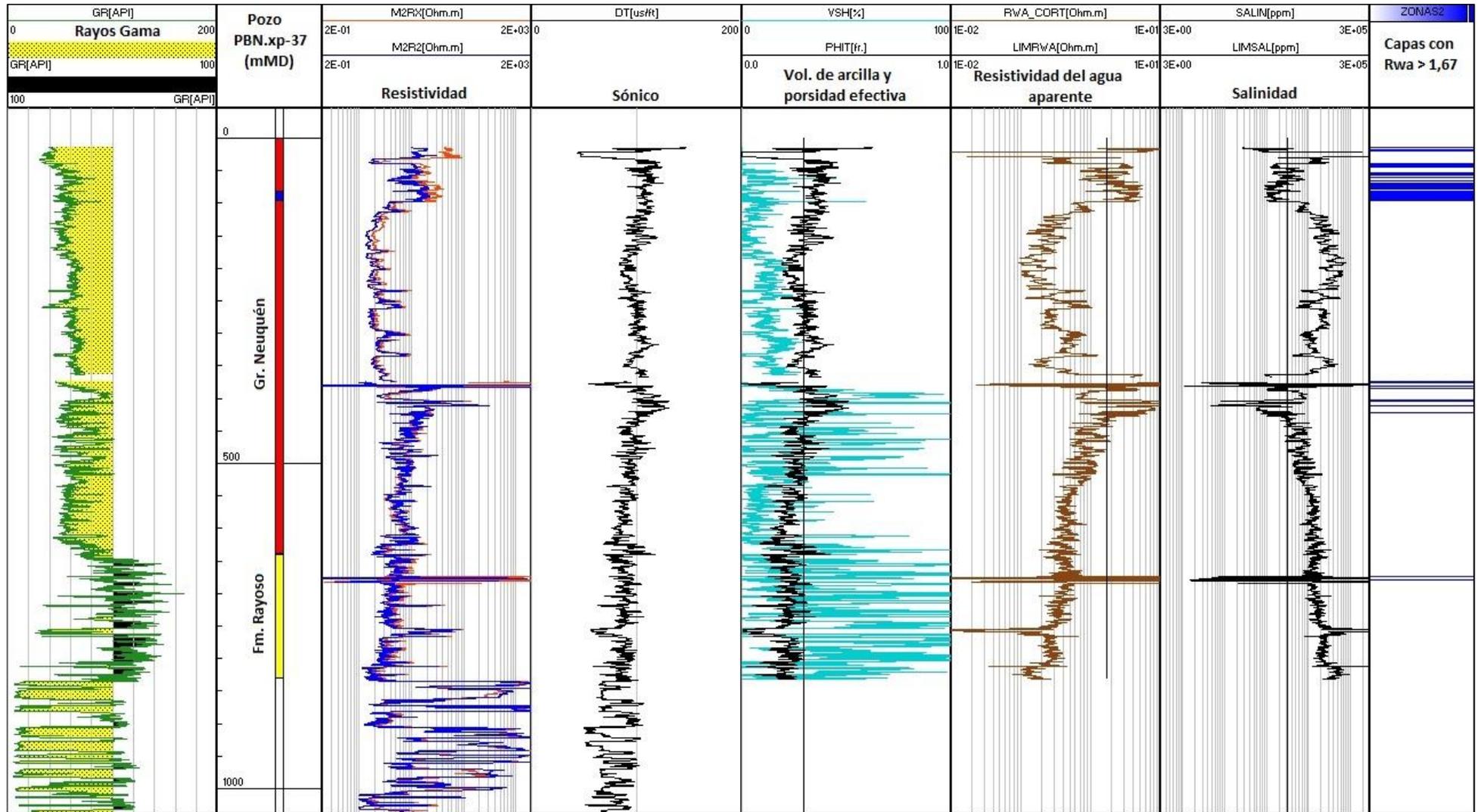
Hidroar S.A.
SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS Y AMBIENTALES

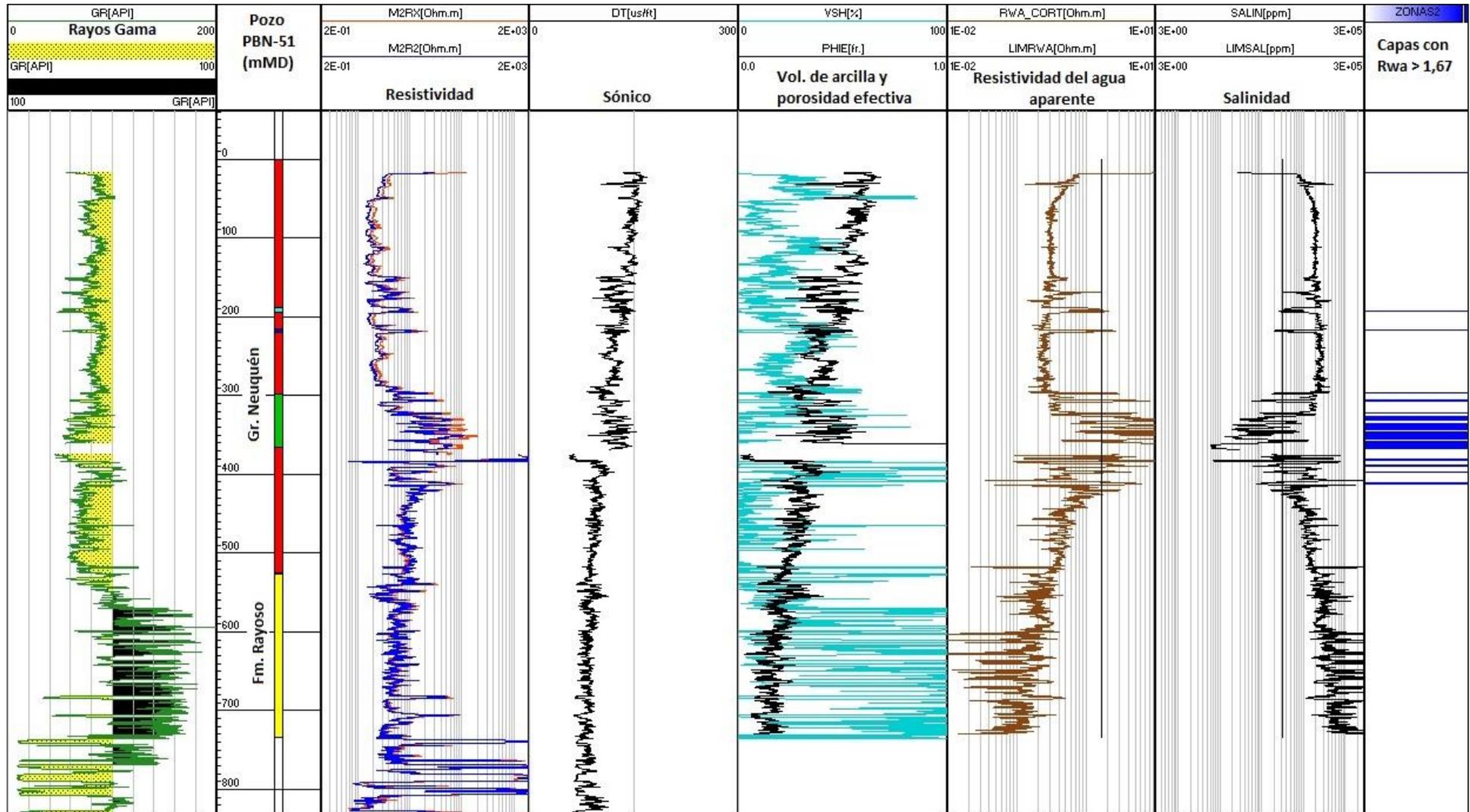












AVISO DE PROYECTO

VF 654

Perforación de pozo YPF.MdN.PBN.x-101(h) (Paso Bardas Norte)
Área de Concesión Paso de las Bardas Norte
Provincia de Mendoza

YPF S.A.

Provincia de Mendoza

**33 Pozo Monitor de acuíferos Proyecto NOC Paso Bardas Norte – CN VII
A**

33.1 Res. 615/21 Aprueba la perforacion del pozo

33.2 Nota 1162/22 YPF solicita prorroga y reitera cambio de posición

33.3 Res 685/22 Aprueba prorroga de 3 mese para perforar pozo

0685

RESOLUCION N°

VISTO: El Expediente N° 775.052 - 2 Caratulado: "Y.P.F. S.A. S/ Permiso de Perforación Pozo Monitoreo CNVIA.M.1"; y

CONSIDERANDO:

Que mediante Resolución N° 0615/21 de Superintendencia, con fecha 10 de Junio del año 2021, mediante la cual se otorga permiso de perforación a nombre de Potasio Colorado S.A., - Operador YPF S.A. Que en el mismo acto resolutivo, se le otorga un plazo de seis (6) meses para la construcción de la perforación, de acuerdo a lo establecido en el art. N°13 de la ley N° 4.035. Que la misma fue notificada el día 5 de Julio del 2021 tal como luce a fs. 64.

Que a fs. 78, rola notificación de permiso de perforación vencido, con requerimiento de información respecto a la continuidad de la construcción de la perforación en cuestión.

Que a fs. 80, el interesado se presenta e informa que la obra va a ejecutarse y solicita una prórroga de Tres (3) meses.

Que la Subdirección de Aguas subterráneas toma conocimiento de lo actuado, e informa que la empresa YPF S.A. solicita una prórroga de Tres (3) meses para construir la perforación e indica que el pozo mencionado cumplirá la función de "Pozo Monitor de Agua" de los pozos de exploración no convencional correspondientes a dos áreas de concesión: Pozo YPF.MdN.AN.x-101(p+h) de área de concesión CN VIIA y el Pozo YPF.MdN.PBN.x-101(h) del área de concesión Paso de las Bardas Norte. Por ello presta conformidad a la solicitud de prórroga.

Que la Dirección de Asuntos Legales dictamina que atento a la situación expuesta sugiere hacer lugar a la prórroga solicitada teniendo en cuenta las razones esgrimidas por el interesado y que en la zona donde se pretende perforar no es zona de restricción. Por lo tanto, el permiso autorizado no constituye un obstáculo para que otros hipotéticos interesados puedan solicitar idéntico permiso.

D. G. I.
REVISO
Visto Area

Ing. JUAN ANDRES PINA
SUBDIRECTOR DE AGUAS SUBTERRANEAS
Departamento General de Irrigación

Ing. Agrón. SERGIO L. MARINELLI
SUPERINTENDENTE GENERAL
DE IRRIGACIÓN

Por ello, y en uso de sus facultades,

EL SUPERINTENDENTE GENERAL DE IRRIGACION

RESUELVE:

1°- Otórguese una prórroga de Tres (3) meses y de carácter improrrogable, contados a partir del día hábil siguiente a la notificación de la presente resolución, a los fines que el permisionario proceda a la construcción de la perforación autorizada por Resolución N° 0615/21 de Superintendencia, en mérito a las consideraciones vertidas precedentemente, las que se dan aquí por reproducidas.

2°- La perforación autorizada a construir, cumplirá la función de monitoreo para las exploraciones no convencionales correspondientes a dos Áreas de Concesión: Pozo YPF.MdN.AN.x-101(p+h) de Área de Concesión CN VIIA y el Pozo YPF.MdN.PBN.x-101(h) del Área de Concesión Paso de las Bardas Norte.

3°- Déjese expresamente establecido que vencido el plazo y en caso que la perforación no haya sido finalizada, corresponderá revocar sin más trámite el permiso conferido.

4°- La presente resolución será apelable dentro de los diez días siguientes al de su notificación por ante el H. Consejo de Apelaciones, en el marco de lo normado por los Arts. 7, 11, 12 y ccds. de la Ley N° 322.

5°- Regístrese. Pase a la Jefatura de Zona de los Ríos Malargüe, Grande, Bariles y Colorado para su notificación y control.

D. G. I.
REVISO
Visto Area

Ing. JUAN ANDRÉS PINA
SUBDIRECTOR DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
Departamento General de Irrigación

Ing. Agrim. SERGIO L. MARINELLI
SUPERINTENDENTE GENERAL
DE IRRIGACIÓN

Pozo Monitor de acuíferos Proyecto pozos NOC Paso Bardas Norte – CN VII A

Gerencia de Exploración con soporte
del Equipo Acuíferos & Sumideros

Enero 2022

Marco Legal Provincia de Mendoza

La Resolución N° 249/18 establece que en función de los resultados de los estudios de Línea de Base Hidrológica e Hidrogeológica, la empresa deberá proponer al DGI un Plan de Monitoreo, el cual deberá contar con requerimientos mínimos, entre ellos:

- *Debe contar con pozos de monitoreo que permitan el acceso y muestreo del agua subterránea en todos los acuíferos descritos que presenten una conductividad eléctrica inferior a 6.000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en los estudios previos.*
- *El DGI podrá exigir la construcción de pozos de monitoreo, aprobar su localización, profundidad y diseño constructivo; en la cantidad suficiente en función de las características de la Línea de Base hidrogeológica. Deberán ser construidos con carácter previo al inicio de las actividades del proyecto.*





Determinación de la resistividad del agua de formación (R_w).

- Resistividad del agua corregida según lo especificado por la Resolución de DGI N° 249/18 del Decreto Provincial N° 248/18 .
 $R(\text{ohmio.m})=10000/C$
 $R(\text{ohmio.m})=10000/6000$ (mmho-cm)
 $R= 1,67$ ohmio.m
- Correspondiente a una Salinidad del agua en CNTP de 3091 ppm según Ábaco de Schlumberger «Gen-6», utilizado en la industria petrolera.



Acuíferos a monitorear:

- ✓ Conductividad $< 6000 \mu\text{s}/\text{cm}$
- ✓ $R_w > 1.67$ ohmio.m
- ✓ Salinidad < 3091 ppm ClNa eq



Metodología → Método Indirecto

Perfilaje de pozo e interpolación en mapas de isosalinidad

Ubicación de la propuesta de pozo monitor

Nueva propuesta para pozo monitor

Estudio Hidroar año 2019

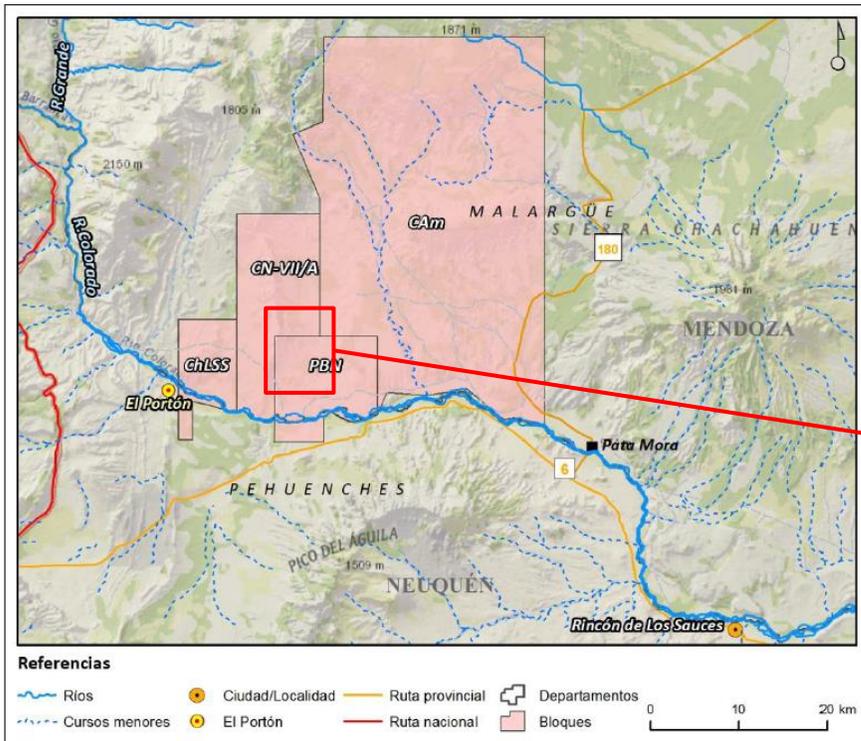
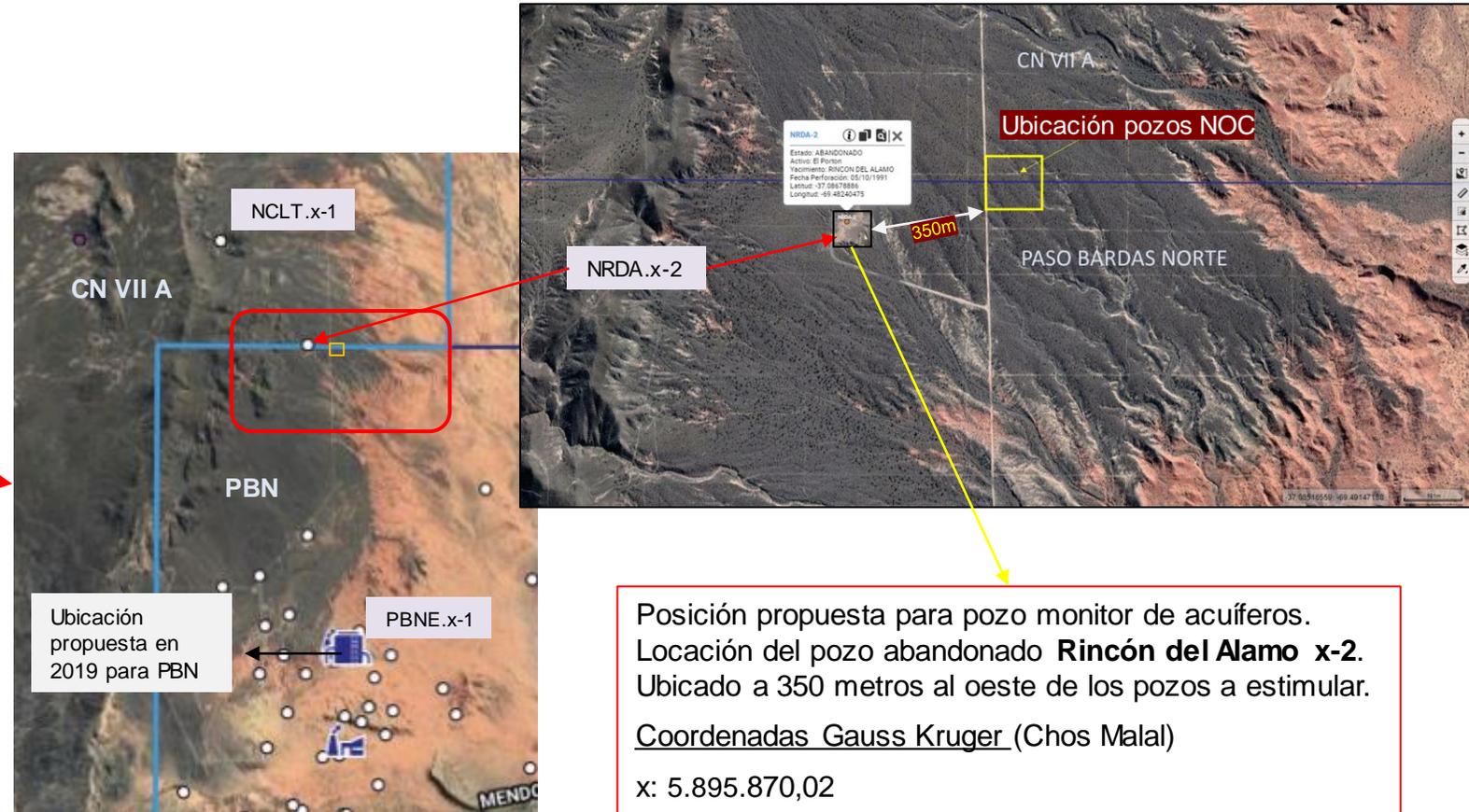
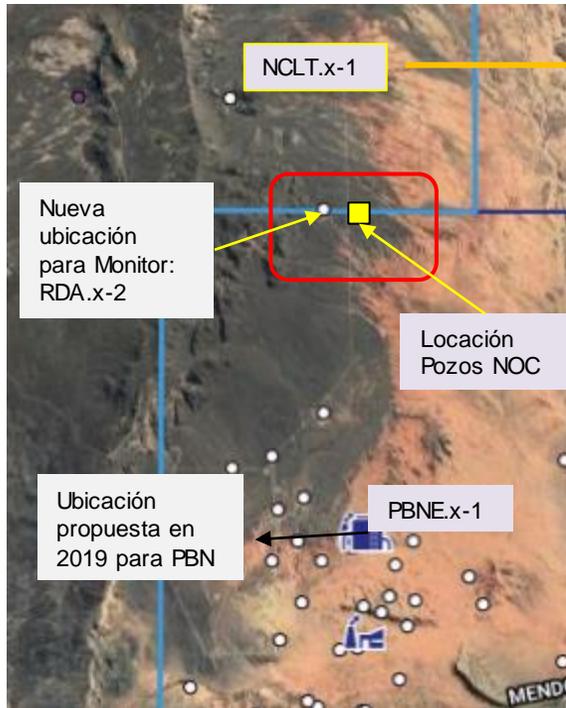


Figura 2.1: Ubicación general y accesos a la zona de estudio.



Posición propuesta para pozo monitor de acuíferos.
 Locación del pozo abandonado **Rincón del Alamo x-2**.
 Ubicado a 350 metros al oeste de los pozos a estimular.
Coordenadas Gauss Kruger (Chos Malal)
 x: 5.895.870,02
 y: 2.457.034,88
 z: 922 msnm

Aspectos relevantes: Antecedentes Limite Bloque PBN y CN VII/A



- ✓ Recuadro rojo: Ubicación Monitor
- Locación NOC en Límite Norte entre Bloque PBN y CN VII/A

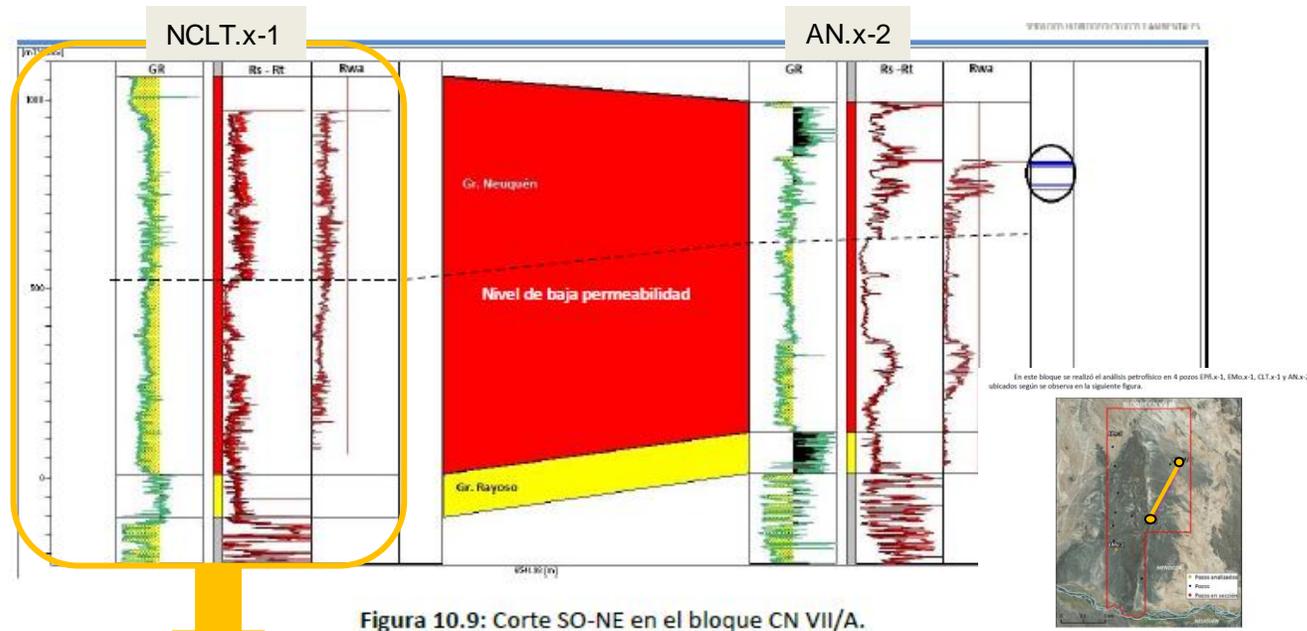
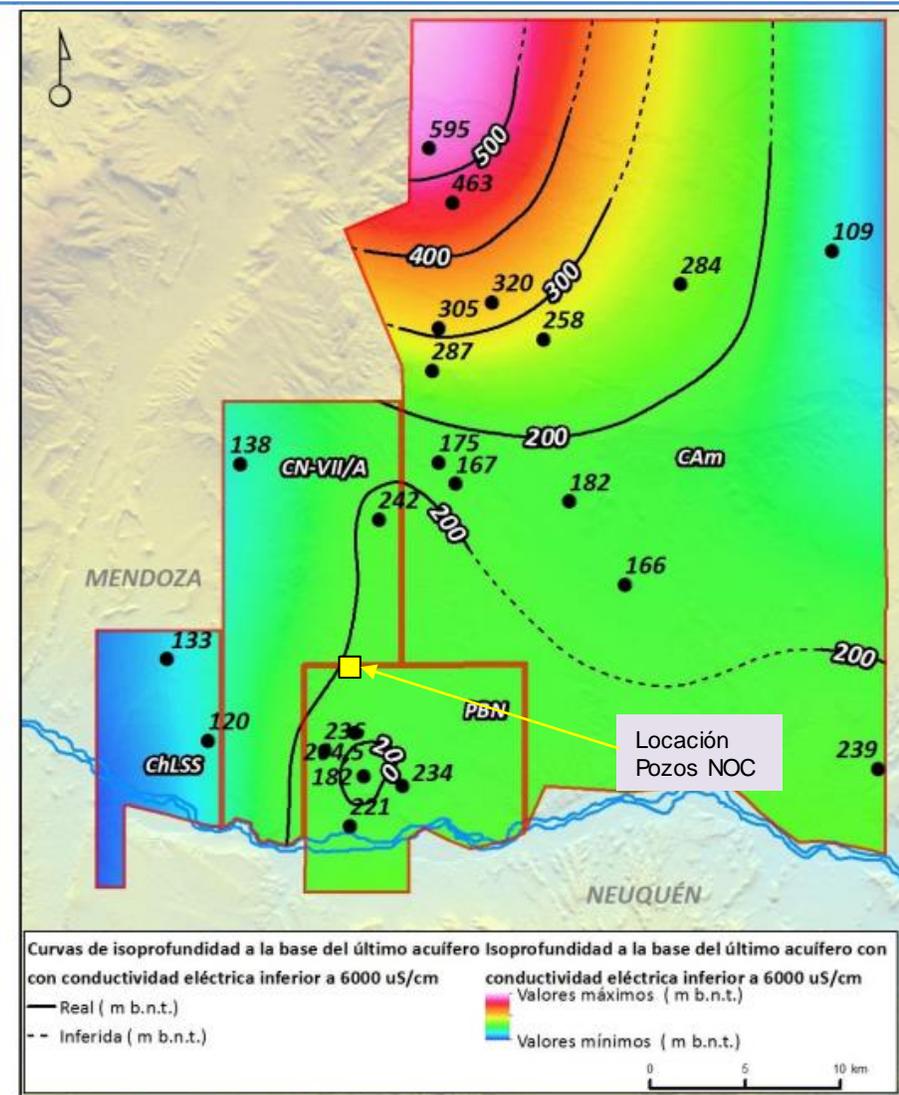


Figura 10.9: Corte SO-NE en el bloque CN VII/A.

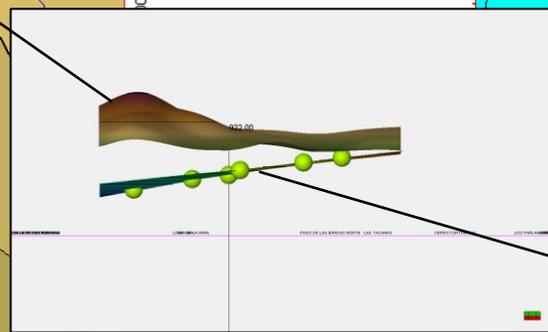
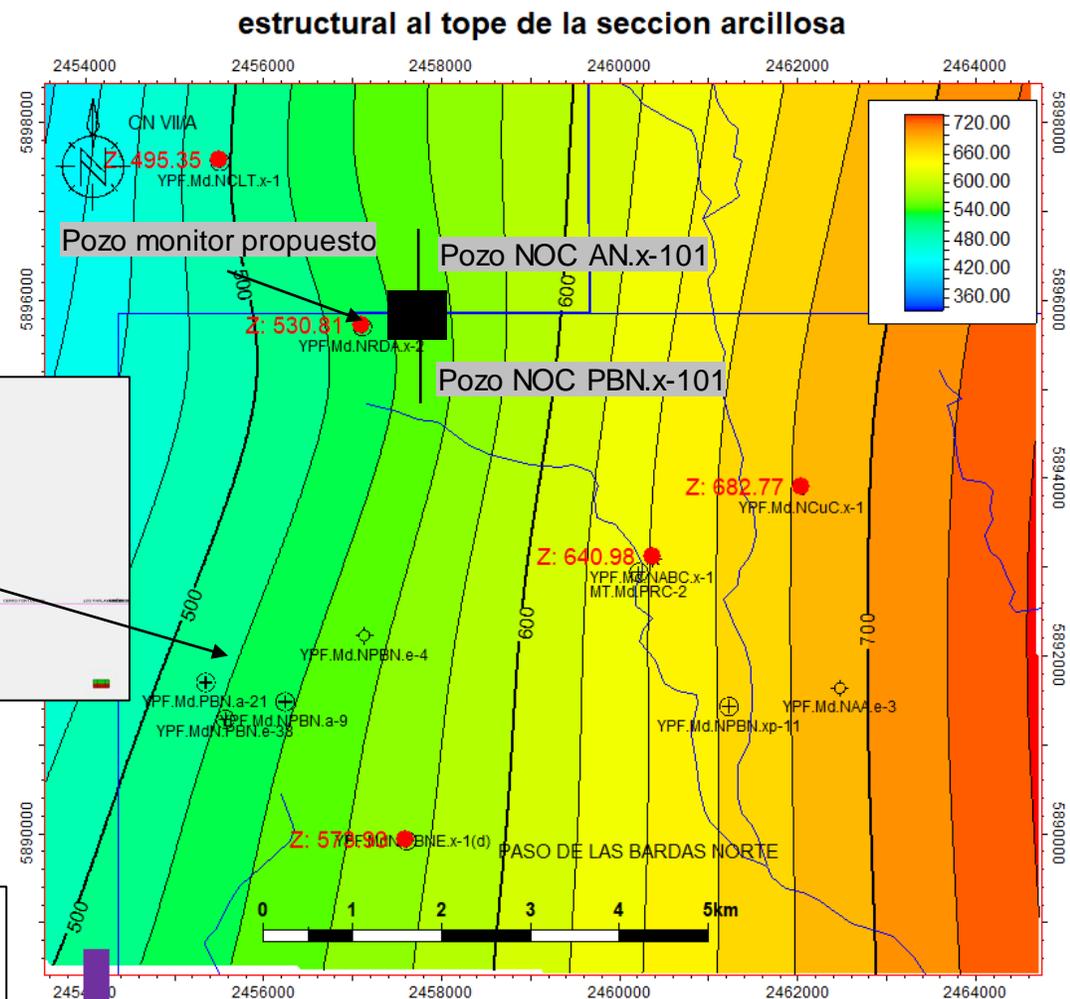
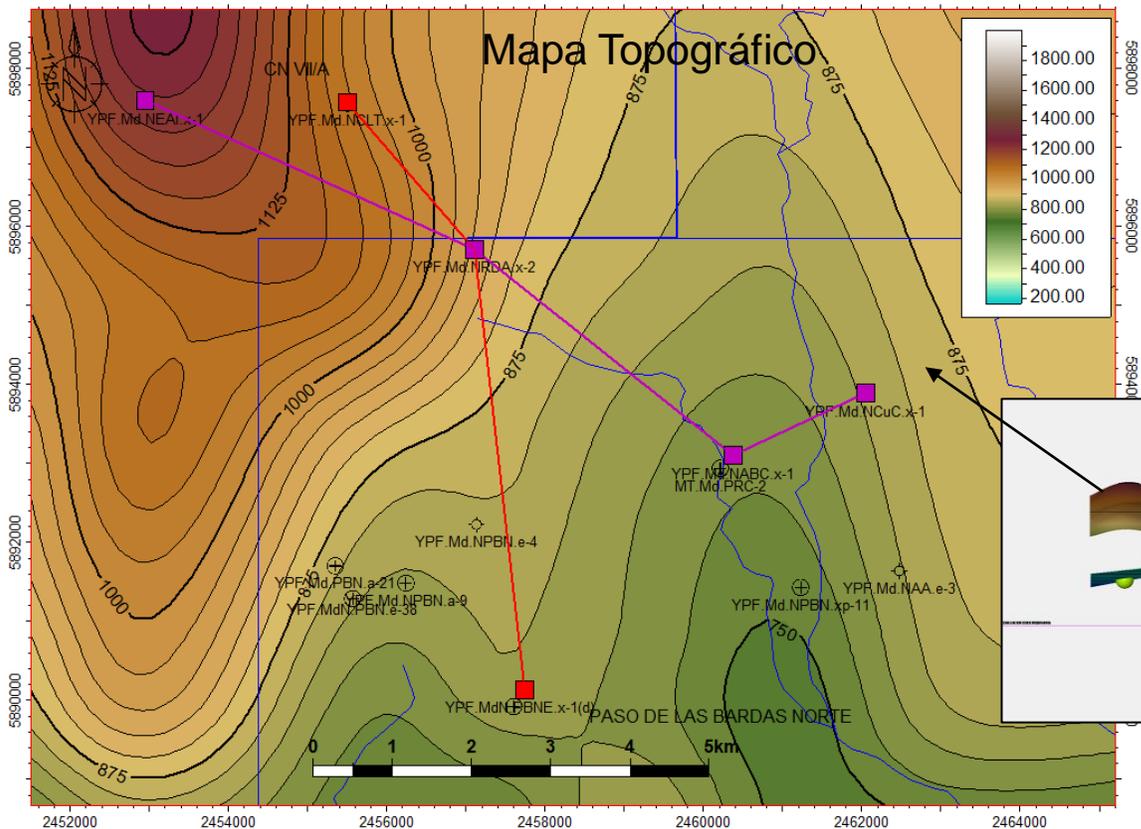
Se elaboró un corte de orientación SO-NE entre los pozos CLT.x-1 y AN.x-2 (Figura 10.9). En el mismo se identifica claramente el importante espesor de la unidad de baja permeabilidad y por encima la secuencia silicoclástica con variable desarrollo dentro del Bloque. También se pone de manifiesto la escasa presencia de niveles permeables con agua de conductividad eléctrica < 6.000 μ S/cm.

De acuerdo con el resultado obtenido del análisis petrofísico, se propone ubicar al pozo monitor CNVIIA.M-1 en la locación del pozo AN.x-2 por presentar la mayor cantidad de zonas con alta resistividad que podrían representar los niveles acuíferos buscados. A continuación en la figura 10.10, se presenta el diseño del pozo monitor, generado en base a la petrofísica y al control geológico del pozo AN.x-2.

Resumen Aspectos relevantes

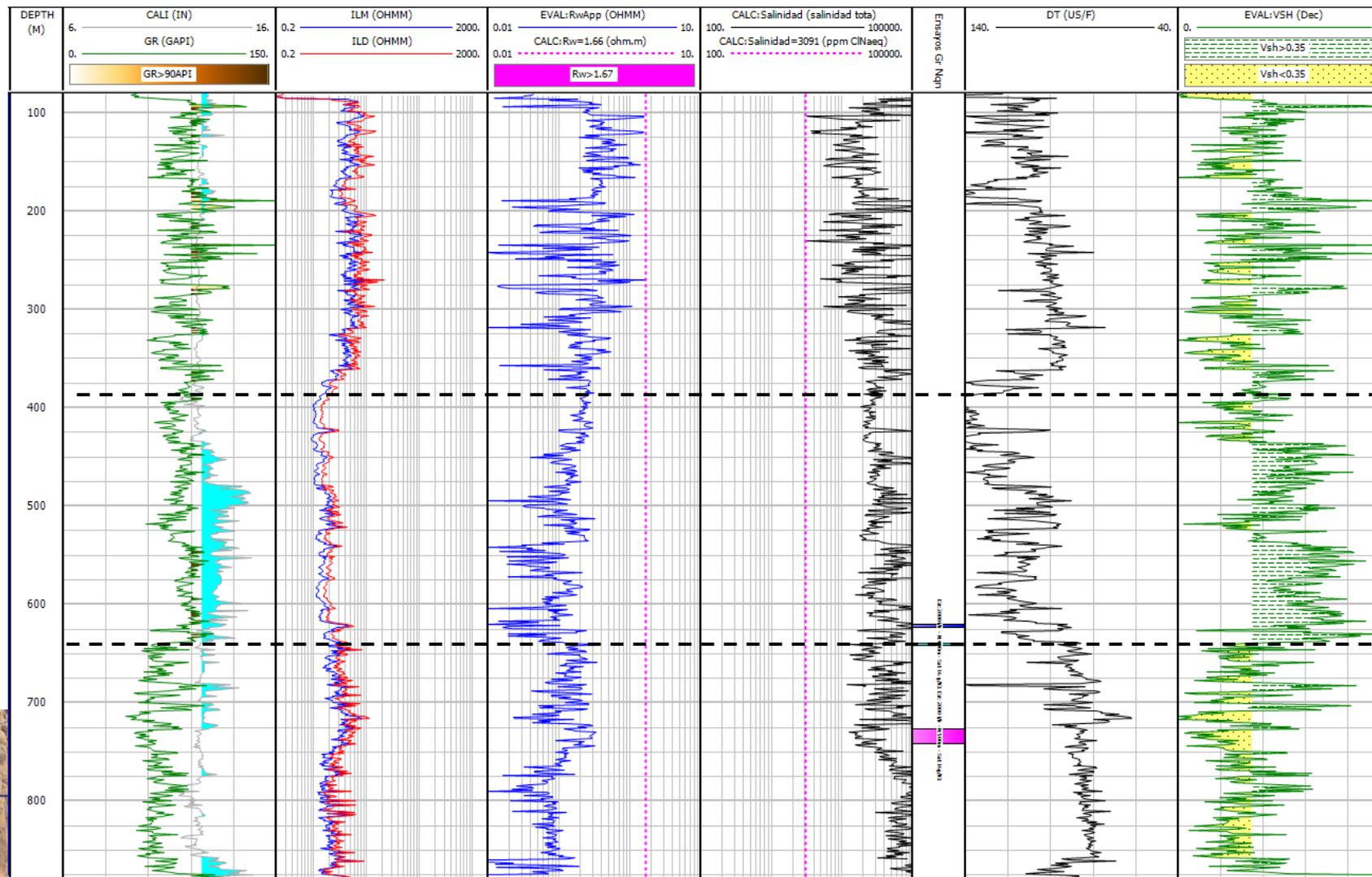
Mapa Isoprofundidad ultimo acuifero con conductividad $< 6000 \mu\text{s}/\text{cm}$ Figura 8.6: Profundidad del último nivel con resistividad $R_{wa} > 1,67$.

Mapa estructural a la base de los acuíferos a proteger



- El mapa estructural al tope de la sección arcillosa (base de los acuíferos a proteger), muestra un buzamiento hacia el oeste, hacia el frente de la faja plegada y corrida, consistente con el modelo estructural presente en la zona.
- Asumiendo un modelo teórico sin influencia del río en la recarga, se puede considerar que el movimiento gravitacional del agua subterránea sigue el buzamiento de la capa.

Cálculo Rw y Salinidad para Pozo NRDA.x-2



Gr Neuquen Superior

Gr Neuquen Medio

Gr Neuquen Inferior
 Ensayos en la Terminación:
 100% Agua de Formación
 Salinidad: 16 g/l
 Si se interpreta corresponde a
 Cloruro → 26400 ppm ClNa eq

No se interpretan niveles acuíferos de $R_w > 1.67$ ohm.m

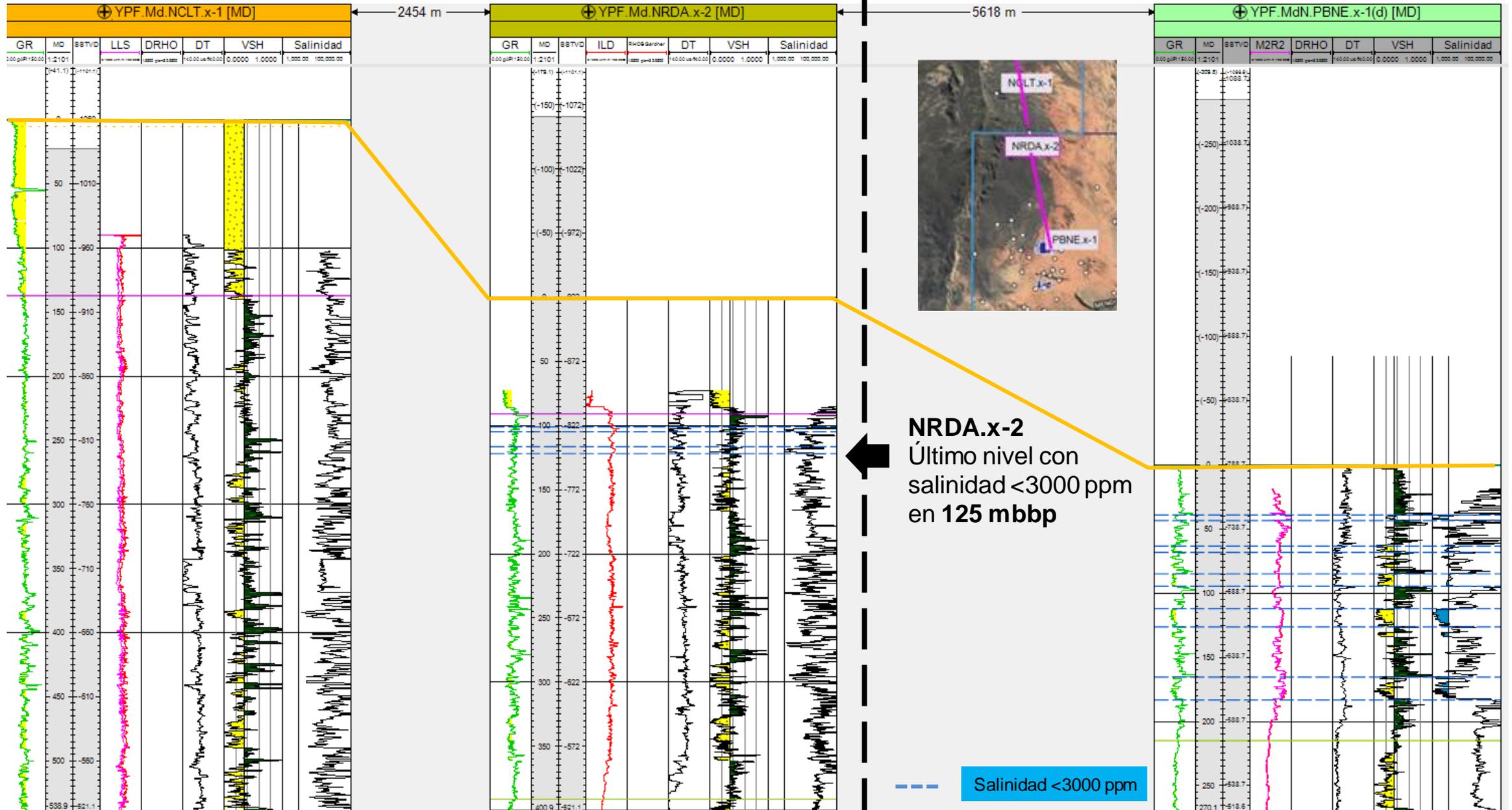


Corte Estructural NCLT.x-1 – NRDA.x-2 – PBNE.x-1

Propuesta

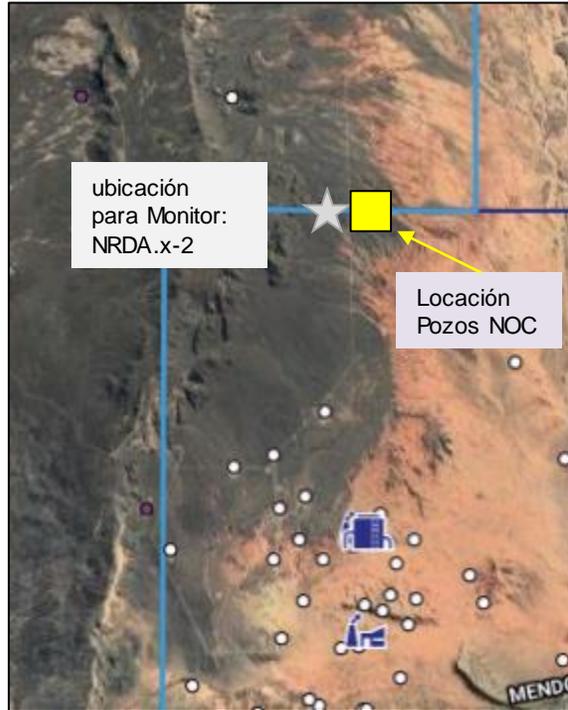
N

S



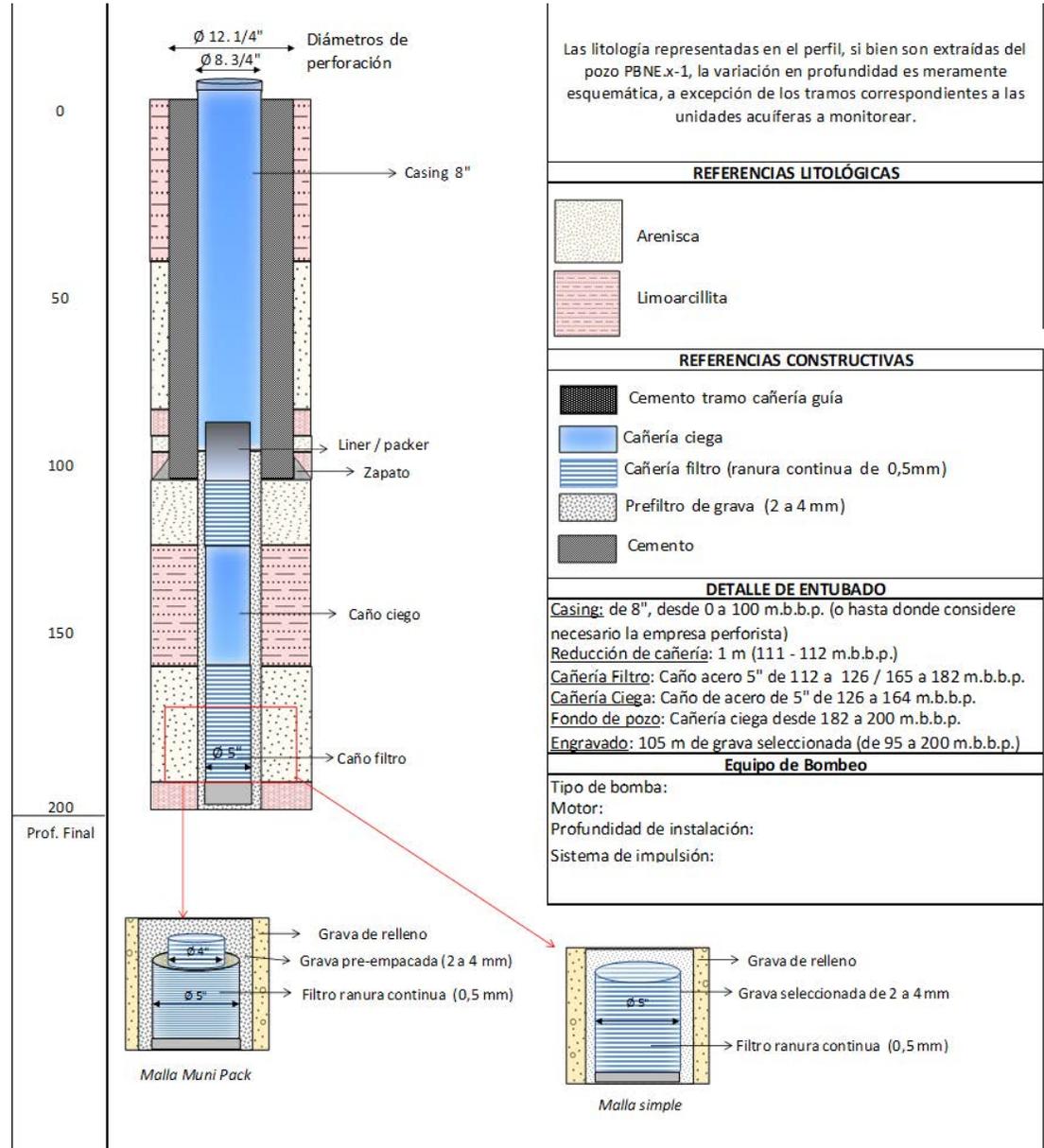
Diseño preliminar pozo monitor

Locación: NRDA.x-2



ubicación para Monitor: NRDA.x-2

Locación Pozos NOC



Conclusiones

- Según cálculo de R_w en pozo NRDA.x-2, donde se prevé colocar el pozo Monitor, no se interpretan niveles acuíferos con $R_w > 1,67 \text{ohm.m}$ por debajo de los 125 mbbp (equivalentes a una conductividad $< 6000 \mu\text{S/cm}$ y salinidad $< 3000 \text{ppm}$).
- Asumiendo un modelo teórico sin influencia del río en la recarga, se puede considerar que el movimiento gravitacional del agua subterránea sigue el buzamiento de la capa.
- **Se recomienda colocar el monitor en la locación del pozo abandonado YPF.Md.NRDA.x-2 ya que el mapa estructural del nivel impermeable por debajo de los acuíferos presentes buza hacia el oeste, por lo que esta ubicación al oeste de los pozos productores sería un óptimo punto de monitoreo.**

MENDOZA, 05/07/2021

EXPTE N° 775052-2-2019

SEÑOR/ES: YPF S.A.

---En las actuaciones caratuladas: YPF S.A. S/PERMISO DE PERFORACION POZO MONITOREO CNVILA
M.1

SE HA DISPUESTO: Notifíquese y dese vista a YPF S.A., el contenido de la Resolución N°
0615/2021 Superintendencia.-----



Lic. CLARA L. LUCERO
A/C. NOTIFICACIONES
DIVISIÓN ARCHIVO GENERAL
Departamento General de Irrigación

Se adjunta cédula de notificación y Resolución N° 0615/2021 Superintendencia.-----

Se le solicita confirmar la recepción de la notificación.

Mendoza, 10 JUN 2021

RESOLUCIÓN N° 0615

VISTO: El Expediente N° 775.052 - 2 Caratulado: "Y.P.F. S.A. S/ Permiso de Perforación Pozo Monitoreo CNVIA.M.1"; y

CONSIDERANDO:

Que a fs. 1, obra solicitud de Permiso de Perforación presentada por YPF SA., para una propiedad ubicada en el Distrito Río Barrancas, Departamento Malargüe.

Que a fs. 2/18 - 21/24 - 30 se agrega: solicitud de Permiso de Perforación presentada por Julio Zaragoza en representación de Y.P.F. S.A; plan de trabajo; croquis de ubicación de la perforación a construirse; copia de plano visado por la DPC; matrícula del inmueble; Declaración Jurada; publicación de edictos; viabilidad técnica y viabilidad catastral.

Que a fs. 36/38, la Subdirección de Aguas Subterráneas produce un detallado informe expresando que por las presentes actuaciones tramita permiso de perforación que será utilizada para Monitoreo de Acuífero. Que de acuerdo al plan de trabajo presentado, la perforación será entubada con cañería de PVC Geomecánico de 6", incluyendo filtros de 6" de diámetro de ranura aproximada de 0.5 a 0.75mm, mientras que el diámetro de salida será de 2". Que por lo expuesto se sugiere autorizar mediante acto resolutivo pertinente, el permiso de perforación solicitado.

Que a fs. 48, la Dirección de Asuntos Legales dictamina que teniendo en cuenta la documentación obrante en autos, no tiene objeciones que oponer a la resolución favorable de la presente pieza.

Por ello, y en uso de sus facultades

EL SUPERINTENDENTE GENERAL DE IRRIGACIÓN

RESUELVE:

1°- Autorícese el permiso de perforación solicitado, bajo los siguientes términos:

Titular: Potasio Colorado S.A. CUIT: 30 - 64159355 - 5

Operador: Y.P.F. S.A.

Distrito: Río Barrancas.

ING. JUAN ANDRÉS PINA
SUBDIRECTOR DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
Departamento General de Irrigación

LIC. MARÍA TERESA BADUI
JEFE DE GABINETE
Departamento General de Irrigación

ING. AGUSTÍN SERSIO L. MAGNELLI
SUPERINTENDENTE GENERAL
DE IRRIGACIÓN

Departamento: Malargüe.

10 JUN 2021

Diámetro de Entubación: 6".

Diámetro de Salida: 2".

Uso: Monitoreo de Acuífero.

N.C: 19 - 03 - 88 - 8200 - 068610 - 4.

Superficie del Terreno: 42836 ha 0058 m².

2º- Establézcase la obligatoriedad del permisionario y del Director Técnico designado: Guillermo Bonder - Mat. N° 9893 A de comunicar a la Zona de Riego Malargüe, por escrito y con 48 horas de antelación el inicio de la obra de la nueva perforación a llevar a cabo por la Empresa Perforadora: Derberg S.A. - Mat. N° 3225 EM, y de toda maniobra posterior que requiera inspección.

3º- Déjese expresamente establecida la obligación del Director Técnico de estar presente en todas las maniobras relativas a la perforación y dar cumplimiento a las cargas impuestas por la Resol. N° 229/94 del H.T.A., bajo apercibimiento de aplicar las sanciones legales correspondientes.

4º- El Presente permiso tendrá una vigencia de seis meses, de acuerdo con lo establecido en el Art. 13º de la Ley N° 4035, contados a partir de la notificación del presente resolutivo, a cuyo vencimiento, si la perforación no se hubiere construido, será revocado sin más trámite.

5º- La perforación autorizada queda sujeta a ser utilizada por este D.G.I como pozo de monitoreo de acuíferos.

6º- En el marco de lo normado por el Art. 2º de la Resol. N° 751/17 del Honorable Tribunal Administrativo, el presente permiso de perforación se encuentra sujeto a las siguientes cláusulas:

a- Las concesiones otorgadas revestirán carácter provisional, temporal (cuya vigencia será fijada por el H.T.A.) y condicional, serán conferidas sin perjuicio de terceros y podrán ser revocadas conforme la Ley 4035. Al vencimiento del plazo concesional, la misma podrá ser prorrogada en las mismas o nuevas condiciones a las previstas en la concesión original.

b- Dados los informes técnicos, el caudal consignado en los títulos correspondientes reviste carácter condicionado y provisional, pudiendo esta Superintendencia o el Honorable Tribunal en su caso, restringirlo o limitarlo tanto al



Ing. JUAN ANDRÉS FINA
SUBDIRECTOR DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
Departamento General de Irrigación

ESTER TERESA BADUI
Jefa de Gabinete
Departamento General de Irrigación

Ing. Agustín ERASMO L. MASSELLI
SUPERINTENDENTE GENERAL
DE IRRIGACIÓN

momento de la aplicación de los artículos 4, 6, 7 y 8 de la Ley 4035, como en todo momento, de conformidad con lo dispuesto por los artículos 23° y 24° de la Ley 4035 y sin que ello genere derecho a indemnización alguna.

d- Sin perjuicio de lo anterior, el Honorable Tribunal Administrativo, podrá imponer otras condiciones particulares o generales al momento de otorgar el título concesional respectivo.

e- El permisionario y/o concesionario asumirá a su riesgo el tipo de cultivo y/o actividad a poner en marcha, atento el carácter provisional, temporal y condicional de la concesión de uso que oportunamente se otorgue.

f- El Departamento General de Irrigación, no será responsable en caso de falta de caudales.

7°- En consecuencia de lo normado por el Art. 3°) de la Resol. N° 751/17 del Honorable Tribunal Administrativo, el otorgamiento de permisos que realice esta superintendencia - en caso de corresponder - deberá contar con los informes técnicos oficiales previstos en el Art. 12 de la Ley 4035, y atender al artículo 41 de la Constitución Nacional, debiendo respetarse el orden de prioridades y preferencias que trae la Ley 4035 Art. 4, 6, 7 y 8. Asimismo, deberá limitarse a los aspectos vinculados a la Obra de perforación y no al uso del recurso, cuyas condiciones serán fijadas oportunamente por el H.T.A. conforme los términos de la presente y los informes técnicos agregados a éstas actuaciones, más los que se produzcan en cada expediente particular en el marco del Art. 12 y 16 de la Ley 4035

8°- La presente Resolución será apelable dentro de los diez (10) días siguientes al de su notificación por ante el H. Consejo de Apelaciones, en el marco de lo normado por los arts. 7, 11, 12 y ccds. de la Ley N° 322.

9°- Regístrese, pase a la Dirección de Recaudación y Financiamiento - Departamento Registros Públicos a los efectos dispuestos en la presente resolución. Cumplido, notifíquese a la parte interesada por intermedio del Receptor del Departamento. Pase a la Jefatura de Zona de los Ríos Malargüe, Grande, Barrancas y Colorado para su

control.



Ing. JUAN ANDRÉS PINO
SUBDIRECTOR DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
Departamento General de Irrigación

Ing. MARIA TERESA BADUI
JEFA DE GABINETE
Departamento General de Irrigación

Ing. Agrón. SERGIO L. MASINELLI
SUPERINTENDENTE GENERAL
DE IRRIGACION

AVISO DE PROYECTO

VF 670

Perforación de pozo YPF.MdN.PBN.x-101 (h) (Paso Bardas Norte)

Área de Concesión Paso de las Bardas Norte

Provincia de Mendoza

YPF S.A.

Provincia de Mendoza

34 Análisis de Peligrosidad Sísmica en el Sur de Mendoza

ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD SÍSMICA EN EL SUR DE MENDOZA

RESUMEN

El presente informe estima la amenaza sísmica entorno al sitio 37.14°S, 69.49°O, ubicado al sur de la pcia. de Mendoza, considerando la sismicidad en el área delimitada por los meridianos 35.2°S-38.9°S y los paralelos 67.5°O-71.5°O a fin de incluir todas las fuentes sismogénicas que pudiesen afectar al sitio de estudio y establecer un nivel base de actividad sísmica. Para ello, se recopila la información disponible en catálogos públicos en el período 1970-2019 analizando su completitud y homogeneizando las magnitudes reportadas a escala de magnitud momento (Mw). Comparando con la información geológica y sismotectónica disponible, se definen 7 zonas sismogénicas teniendo en cuenta profundidades de las fuentes, variaciones en la densidad superficial de epicentros y principales estructuras que originan dicha actividad. Para cada una de esas zonas, mediante técnicas probabilistas, se estiman las curvas de excedencia de magnitudes correspondientes a sismos de diseño propuestos considerando cuatro períodos de retorno seleccionados según la vida útil de las obras a desarrollar en el sitio. Con dichas magnitudes se evalúan las aceleraciones máximas más probables empleando fórmulas de atenuación disponibles en la bibliografía para áreas similares a la de estudio.

INTRODUCCIÓN

Un **peligro** es un evento físico, de origen natural o antropogénico, que puede ser perjudicial para la vida y la salud, la subsistencia, la propiedad, la economía o el medio ambiente. La **peligrosidad** de un proceso natural es una medida de su capacidad de afectar a una región y es un parámetro intrínseco del proceso, su fuente y la región, e independiente de la existencia de infraestructura o personas que pudiesen ser afectadas. El **riesgo**, por otro lado, es una descripción y medida de las consecuencias potencialmente perjudiciales y resulta de las interacciones entre peligros naturales y condiciones humanas para una determinada área y para un período de referencia.

Un **desastre** es una interrupción significativa del funcionamiento de una comunidad o sociedad que causa pérdidas humanas y/o materiales, económicas o ambientales excediendo la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacer frente a la situación utilizando sus propios recursos. Es decir que un desastre es función del proceso de riesgo. Resulta de la combinación de amenazas, condiciones de vulnerabilidad e insuficiente capacidad o medidas para reducir las consecuencias negativas y potenciales del riesgo.

Entre los peligros naturales con mayor incidencia en la estimación del riesgo y por ende en la ocurrencia de desastres, se encuentran los terremotos. Un **terremoto o sismo** es una liberación brusca de energía que se genera en la litósfera terrestre debido a la acumulación continuada de esfuerzos. La energía liberada en la fuente del sismo se propaga por el subsuelo provocando, a su paso, el movimiento del terreno.

La **peligrosidad sísmica** puede expresarse a través de la probabilidad de igualación o excedencia de un cierto valor de la intensidad del movimiento del suelo producto de la

ocurrencia de sismos, en un determinado espacio y durante un período de tiempo estipulado (Ramírez Rayo et al., 2008; Ortiz Panchi, 2013). De esta manera, la definición de peligrosidad comprende la evaluación del nivel de movimiento del suelo que constituya un peligro potencial para el espacio analizado en un período de exposición.

Sea L un nivel de excedencia asociado a una probabilidad previamente evaluada, y sea t el tiempo para el cual es esperable que suceda un sismo en el área de influencia tal que el movimiento ocasionado (l) supere a L ; la probabilidad de exceder el nivel L es la peligrosidad H ,

$$H = P(l \geq L, t).$$

Comúnmente, se utiliza la probabilidad de excedencia anual ($t = 1$ año), por lo cual, $H = P(l \geq L)$.

La peligrosidad P puede ser calculada mediante métodos deterministas o probabilistas. Su evaluación mediante métodos probabilistas presenta la ventaja de proveer una estimación de la probabilidad anual de excedencia (parámetro fundamental de su definición), así como de la incertidumbre de los cálculos (Cornell, 1968). Estos métodos probabilistas deducen las relaciones de recurrencia de los eventos sísmicos en una zona a partir de un espectro de diseño en base a una familia representativa de sucesos. Sin embargo, los métodos puramente probabilistas poseen la desventaja de no poder proporcionar información unívoca para la definición de sismos de diseño (o eventos tipo), a diferencia de los métodos deterministas. Estos últimos, basados en la evaluación del escenario más desfavorable, permiten la construcción de sismos de diseño a partir de parámetros como la aceleración pico del suelo o la intensidad macrosísmica. Por ello, en los últimos años, se han propuesto procedimientos para la estimación de la peligrosidad en base a la combinación de métodos probabilistas (estimación de probabilidades anuales de excedencia) y deterministas (definición de sismos de diseño) (USACE, 1995; ICC, 2003). Estos métodos combinados buscan un aumento de la robustez en el cálculo de la peligrosidad (ej., McGuire, 2001; Kochkin y Crandell, 2003).

La aplicación de los métodos deterministas y probabilistas para el cálculo de la peligrosidad supone la previa selección de una metodología de zonificación del área de estudio o, bien, de un análisis del área completa, sin división. Las metodologías de zonificación comprenden la subdivisión del área de estudio en base a las particularidades geológicas (distribución de fallas, lineamientos, geomorfología, presencia de sistemas volcánicos, etc.) que definen sus características sismogénicas. Las metodologías no zonificadas sugieren la utilización de una única área alrededor del espacio de interés; estas son generalmente utilizadas en casos de una reducida sismicidad (ej., Lapajne et al., 2003).

La evaluación de la peligrosidad requiere de un análisis de la naturaleza de los sismos ocurridos en la región de influencia.

SISMOTECTÓNICA

Rasgos tectónicos continentales

El territorio de la República Argentina ocupa gran parte de la mitad austral del continente sudamericano. De los tres rasgos primordiales que caracterizan al continente (Figura 1), dos se encuentran incluidos parcialmente en territorio argentino (la Plataforma Sudamericana y

la Cordillera de los Andes) mientras que el tercero se desarrolla íntegramente en territorio argentino (la Plataforma Patagónica). Cada uno de estos elementos contiene fracciones menores con historias geológicas complejas. Es así como el basamento primordial de Sudamérica se considera un complejo collage resultado de las interacciones entre placas y microplacas, procesos deposicionales, orogénicos, magmáticos y metamórficos que se estabilizaron hace unos 2500-2000 Ma (Ramos, 1988). Las variaciones en la velocidad de convergencia entre placas en el Océano Pacífico por el Oeste o de divergencia entre placas en el Océano Atlántico por el Este dejaron registros que demuestran la alternancia de reactivaciones magmáticas con ingresiones y regresiones marinas sobre el continente, así como estructuras que muestran regímenes de esfuerzos extensionales alternando con regímenes compresivos. La subducción y acreción de placas a lo largo del margen pacífico, así como la apertura del Océano Atlántico y los fracturamientos regionales en los escudos y áreas cratónicas hacia el Este, han marcado al orógeno andino provocando un volcanismo zonal y fuerte actividad sísmica recurrente. La deformación restringida originalmente a la faja occidental de los Andes fue avanzando hacia el antepaís causando apilamiento tectónico de sobrecorrimientos que aún siguen activos según lo muestra la actividad sísmica frecuente (Yrigoyen, 1999).

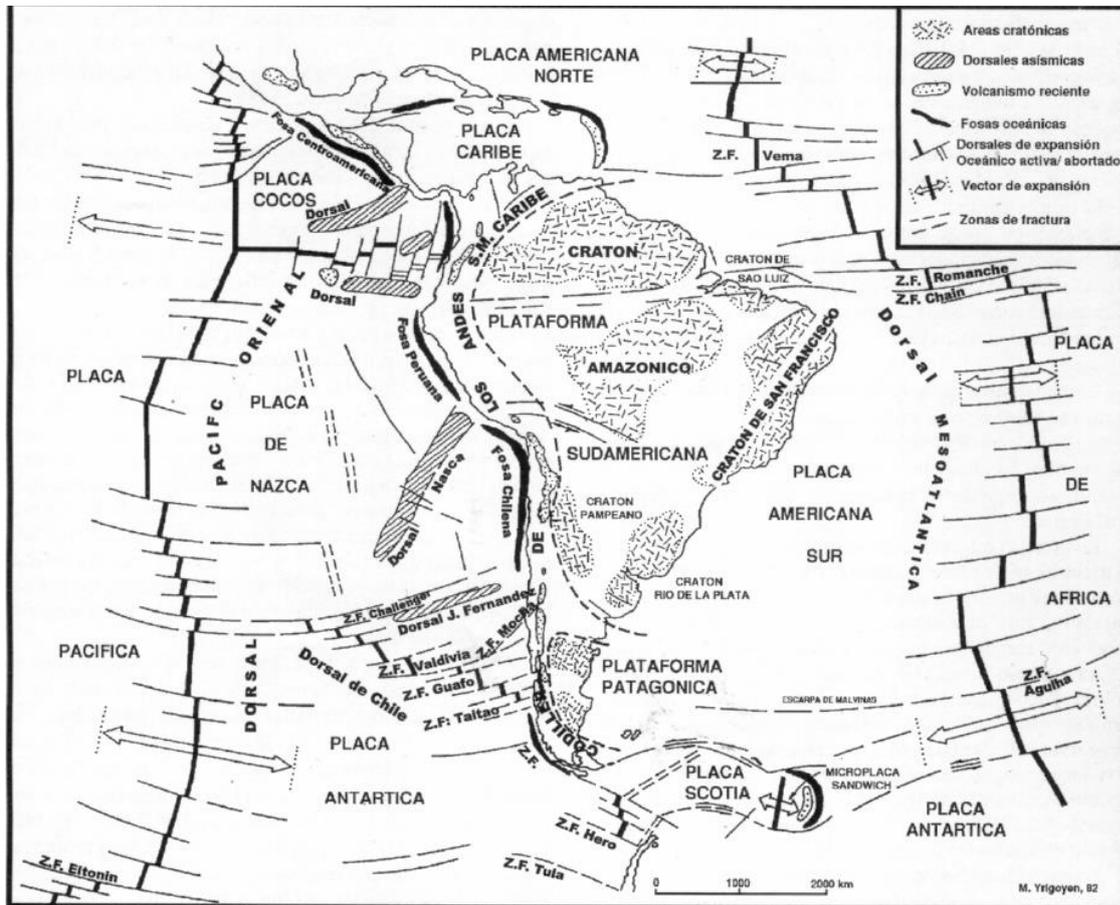


Figura 1. Elementos estructurales primordiales de América del Sur (Yrigoyen, 1999).

La región de estudio y los rasgos geológicos asociados a su dinámica actual

El recuadro en la Figura 2 derecha delimita la región seleccionada (35.2°S-38.9°S y 67.5°O-71.5°O) para la estimación de la peligrosidad sísmica en el sitio de interés. En particular se consideró un área lo suficientemente pequeña como para involucrar a las zonas sismogénicas

cuya actividad pudiese afectar significativamente al sitio de interés. Se impuso también al área una extensión suficientemente amplia como para incluir un catálogo de sismicidad que diera un grado aceptable de confianza al análisis estadístico de este estudio.

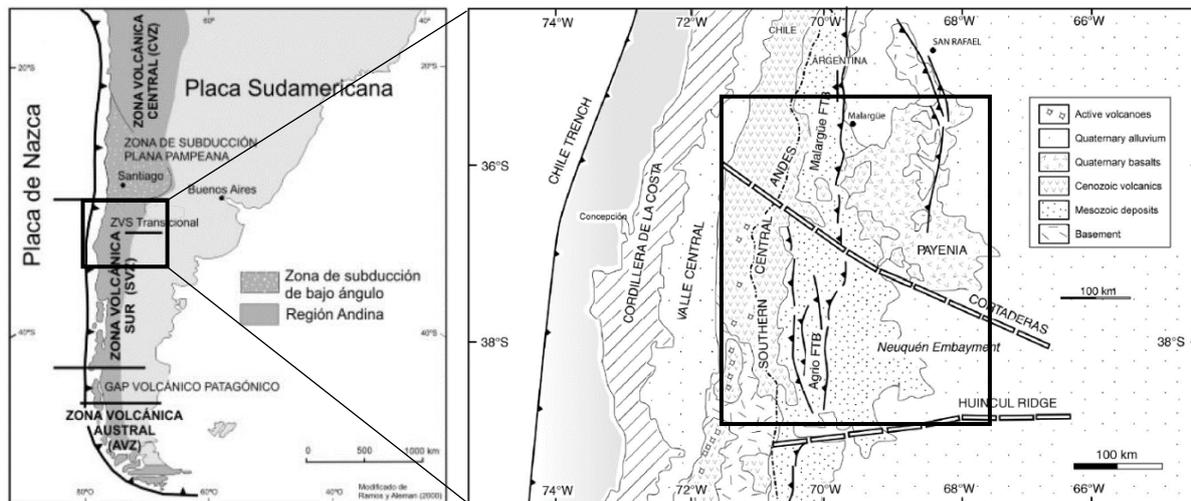


Figura 2. Izquierda: Segmentación del arco andino en zonas volcánicas debido a las variaciones del ángulo de subducción de la Placa de Nazca (modificada de Haller y Risso, 2011). Derecha: Principales rasgos geotectónicos entre los 34°S y 40°S desde la fosa hasta el retroarco andino mostrando las provincias geológicas involucradas, las fajas plegadas y corridas (FTB) y los lineamientos Cortaderas y Huincul (modificada de Ramos y Kay, 2006). El recuadro en la figura de la derecha delimita la región seleccionada para el análisis de fuentes sísmogénicas (35.2°S-38.9°S y 67.5°O-71.5°O) que puedan afectar al sitio de interés.

En esta región la placa de Nazca subduce con un ángulo normal, de unos 30° (Pesicek et al., 2012), dando lugar a la Zona Volcánica Sur de los Andes (ZVSA) (Figura 2 izquierda). En la misma se han identificado estratovolcanes individuales, complejos volcánicos y conos monogenéticos que presentan distribuciones espaciales diversas, así como organizaciones internas en relación con la orientación del arco volcánico en general y de las fallas de basamento de primer y segundo orden, tanto activas como inactivas (Cembrano y Lara, 2009).

Un análisis de los principales rasgos tectónicos y estructurales de la región en relación con el volcanismo y la sismicidad asociados permitirá delimitar y caracterizar las áreas sísmogénicas cuya actividad pueda afectar al sitio de interés. De acuerdo con Ramos y Kay (2006), este se encuentra entonces en la Cuenca Neuquina, en la zona limítrofe entre las provincias geológicas de Payenia y el Engolfamiento Neuquino (Figura 2 derecha). Si bien cada provincia geológica presenta una historia y características geológicas particulares, los límites entre unidades vecinas pueden ser transicionales (Ramos, 1999). En la ZVSA la relación entre tectónica y volcanismo es compleja, sugiriéndose que las discontinuidades corticales reactivadas ejercen un fuerte control. Dichas discontinuidades tienen orientaciones NO-SE que coinciden con la orientación de complejos volcánicos elongados (p. ej. Complejo Volcánico Nevados de Chillán) o incluso con las alineaciones observadas entre algunos sistemas volcánicos (p. ej. Puyehue - Cordón Caulle, Villarrica - Quetrupillán - Lanín o Nevado de Longaví - Lomas Blancas - Resago) (Cembrano y Lara, 2009). Uno de los lineamientos más discutidos es el Lineamiento Cortaderas (Figura 2 derecha) que marca un claro límite a los rasgos tectónicos de la región (Ramos y Kay, 2006).

A continuación, se describen los principales rasgos de cada una de las provincias geológicas que intervienen en la región:

Cordillera Principal – segmento sur de los Andes Centrales: Hacia el oeste y en territorio argentino, se distingue la Cordillera Principal, caracterizada en el norte del área por el desarrollo de la faja plegada y corrida de Malargüe (FPCM) con vergencia E y paralela al margen. Se conoce que la FPCM es una inversión tectónica de un sistema extensional (reactivación de fallas normales como fallas inversas) que afecta al basamento y aún a rocas más antiguas (inclusive a más de 15 km de profundidad) (Kozlowski et al., 1993, Giambiagi et al., 2008) dando como resultado una estructura compresional compleja (Ramos, 1999) así como la presencia de depósitos marinos de una transgresión atlántica que cubrió gran parte de la cordillera.

Entre los sistemas de fallas más activos dentro de la FPCM se encuentra el Sistema de Fallas El Fierro, que concentra gran parte de la sismicidad superficial en la zona de estudio y ejerce un fuerte control estructural en la evolución de varios sistemas magmáticos como es el caso del Complejo Volcánico Planchón-Peteroa (CVPP, 35° 13' 23"S, 70° 34' 05"O) (Stern, 2004) (Figura 3).

El Volcán Peteroa es el único actualmente activo del complejo. Las crónicas y documentos de archivo registran, desde el año 1600, cerca de 20 erupciones del CVPP con bajo grado de explosividad, destacándose las de 1937, 1991, 2010-2011 y el proceso actual iniciado en diciembre de 2018. Sin embargo, el registro de avalanchas, flujos piroclásticos y lahares originados por la actividad más antigua de este complejo posicionan al CVPP en el segundo lugar del ranking de riesgo volcánico de Argentina (Elissondo y Farias, 2016).

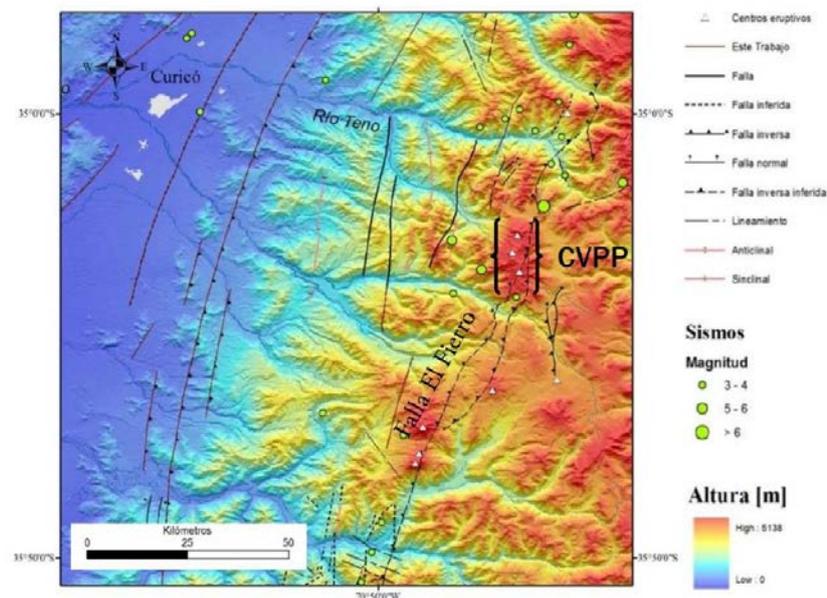


Figura 3. Estructuras que delimitan la FPCM en la Cordillera Principal. Hacia el este, el sistema de fallas El Fierro claramente controla la ubicación de los centros volcánicos marcados con triángulos blancos. (Alfaro Soto, 2011).

Aproximadamente a los 36°S la FPCM, da lugar a la faja plegada y corrida del Agrio (FPCA) que se aleja del arco volcánico hacia el este (Figura 4). Un exponente del arco volcánico en esta latitud es el Complejo Volcánico Laguna del Maule (CVLM, 36° 01' 12"S, 70° 34' 47"O)(Figura 6). Con una extensión superficial de unos 500 km², el CVLM se desarrolla principalmente en territorio chileno alrededor de la laguna del Maule. Sin embargo, su actividad explosiva tiene registros principalmente en territorio argentino (Cerro Barrancas), en las nacientes del río Barrancas, sobre el límite de las pcias. de Mendoza y Neuquén (Sruoga et al., 2015). En los

últimos 25000 años se han identificado al menos 40 centros de emisión que generaron más de 80 eventos eruptivos tanto explosivos como efusivos. A pesar de no existir documentación de actividad eruptiva histórica, el CVLM ocupa el tercer puesto en el ranking de riesgo volcánico (Elissondo y Farias, 2016) debido a su explosividad, el volumen de productos emitidos y al proceso inflacionario que sostiene al menos desde 2007 con una tasa de 25 cm/año estimada por Interferometría Radar Satelital (InSAR).

Entre los 37°S y 38°S, el arco volcánico ha sufrido extensión ortogonal al arco con una pequeña componente de desplazamiento de rumbo dextral durante el Pleistoceno y Holoceno, en contraste con lo observado más al norte. Expresiones de dicha extensión son la fosa de Loncopué y la fosa de Las Loicas (36°S - 39°S) ubicadas entre el arco y la FPCA (Figura 5). Entre ellas se encuentra la cordillera del Viento (Ramos, 1999b) en cuyo extremo norte se ubica el Sistema Volcánico Domuyo (SVD, 36° 20' 24"S, 70° 15'O).

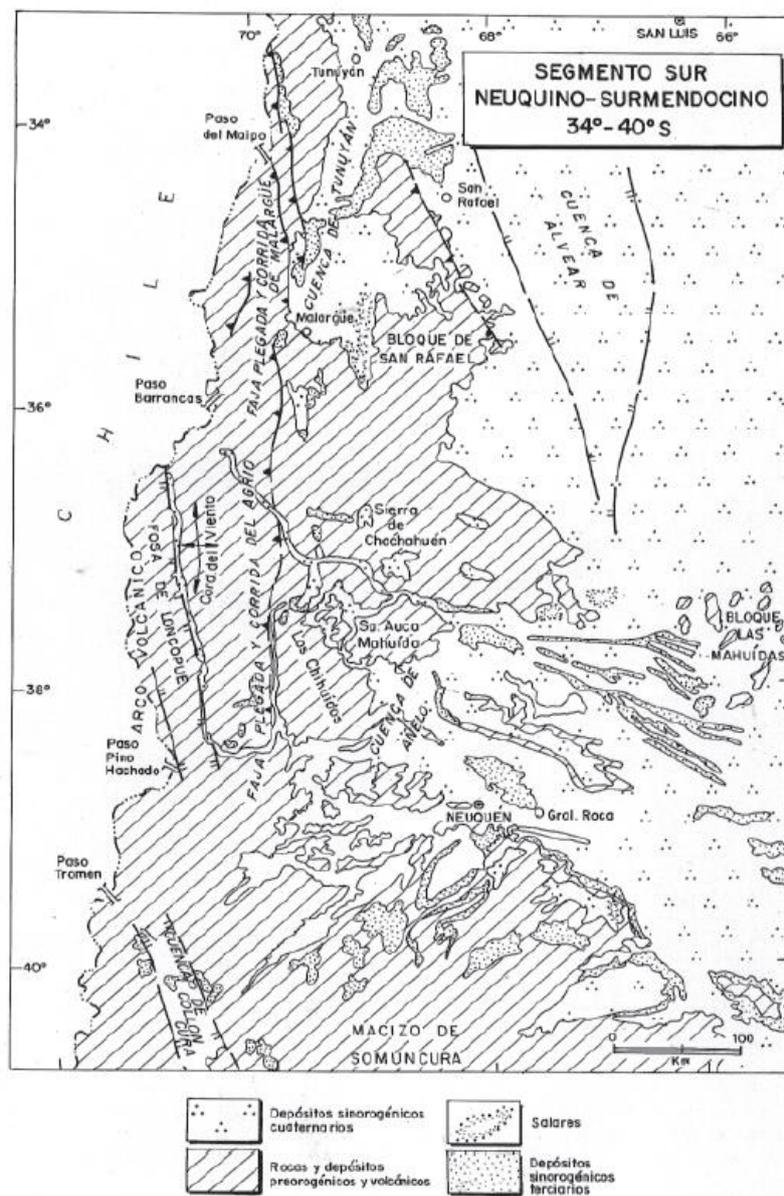


Figura 4. Depósitos sinorogénicos terciarios y cuaternarios y principales estructuras en la Cordillera Principal y en la región extraandina de Mendoza y Neuquén entre los 34°S y 40° S. (Ramos, 1999b).

La actividad volcánica más reciente en el SVD ha sido datada en 0.11 Ma sin embargo, presenta abundante actividad sísmica, una tasa de inflación del orden de 12 cm/año desde 2015 (Lundgren et al., 2018) y un alto flujo calórico que ocupa el segundo valor más alto medido en sistemas hidrotermales del mundo, solo atrás de Yellowstone (Chiodini et al., 2014). Se plantean dos posibles orígenes para estas manifestaciones, la existencia de actividad volcánica más reciente pero indocumentada o intrusión magmática somera relacionada posiblemente a una reactivación reciente del SVD.

Entre la Fosa de Loncopué y el arco volcánico (Figura 5), el frente orogénico está constituido por la zona de falla de Antiñir-Copahue (ZFAC) (Folguera et al., 2016), con fallas de alto ángulo y vergencia este, transpresivas dextrales y transtensivas dextrales. La ZFAC se vincula por el suroeste con la zona de falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO) el mayor sistema de falla intrarco que domina la región entre los 38°S y los 47°S (Folguera et al., 2004). La ZFLO tiene un comportamiento transpresional con desplazamiento de rumbo dextral (Hervé et al., 1994).

La transición entre la ZFAC y la ZFLO está representada por el lineamiento volcánico Callaqui-Copahue-Mandolegüe (Folguera y Ramos, 2000; Melnick et al., 2006; Folguera et al., 2016). La ZFLO aquí es discontinua, con formación de grábenes y desarrollo de estructuras con

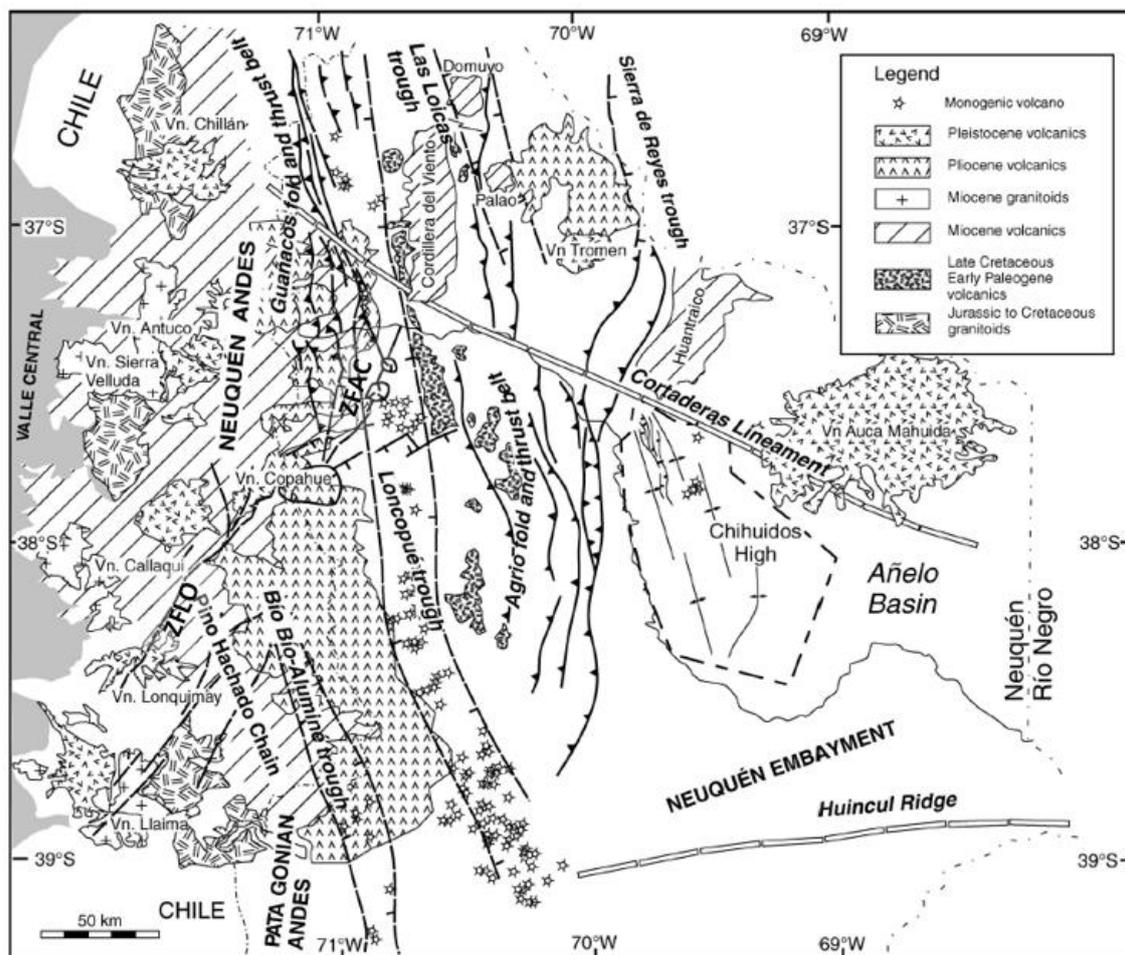


Figura 5. Mapa geológico generalizado del norte de la pcia. de Neuquén y sur de Mendoza mostrando las estructuras al norte y sur del lineamiento Cortaderas mencionadas en el texto (modificada de Ramos y Kay, 2006).

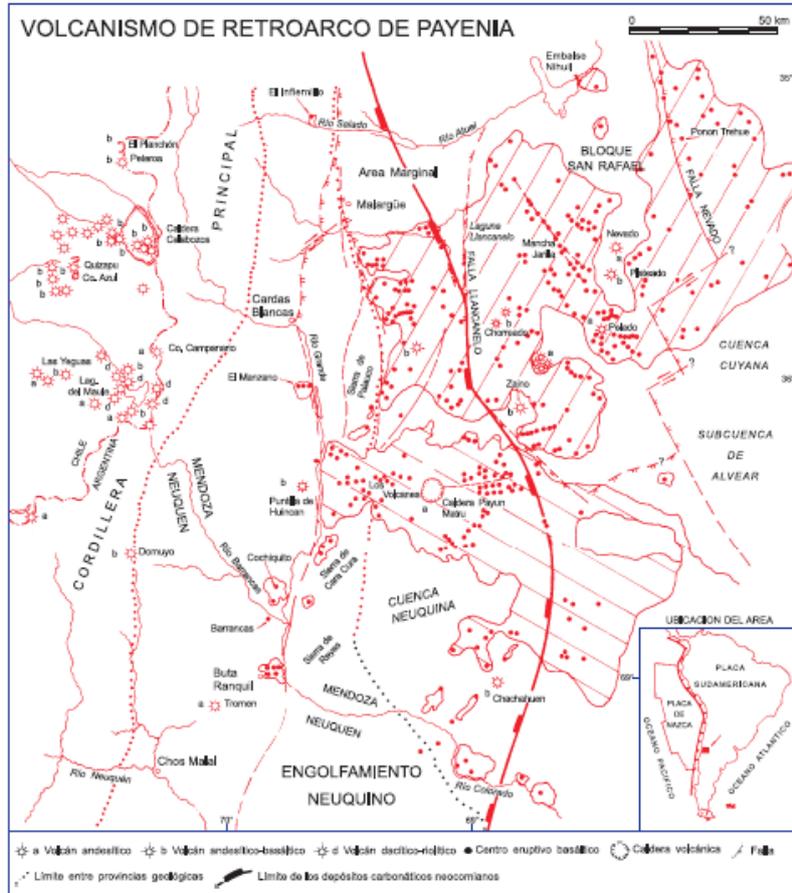


Figura 6. Rasgos geológicos principales de Payenia con su volcanismo de retroarco cenozoico y del Bloque de San Rafael. (Ramos, 1999a).

geometría de «cola de caballo» y atravesadas por segmentos ortogonales con orientación E-O, NO-SE y NE-SO.

En el extremo norte de la ZFLO, el Volcán Copahue ($37^{\circ} 51' 22''S$, $71^{\circ} 10' 23''O$) forma parte del Complejo Volcánico Copahue-Caviahue (CVCC) que se ha desarrollado bajo un régimen transtensional con desplazamiento dextral (Sruoga y Consoli, 2011). Situado a ~ 30 km al este del eje principal del arco volcánico actual, la persistencia en su actividad estaría obedeciendo a causas tectónicas ya que su ubicación coincide con el cruce de estructuras regionales mayores de alcance cortical (Melnick et al., 2006). Presenta una alineación de cráteres en sentido NE de los cuales solo el más oriental se encuentra activo. En este último, solo en los últimos 250 años se registraron 12 erupciones, la mayoría de ellas freáticas, destacándose las de 1992, 2000 y el proceso eruptivo freático-freatomagmático iniciado en 2012 que ha podido ser monitoreado instrumentalmente en forma continua. El volcán Copahue presenta una laguna cratérica y un importante sistema hidrotermal cuyas variaciones evidencian la dinámica del sistema. Por su actividad reciente y su cercanía a centros poblados, ocupa el primer lugar en el ranking de riesgo volcánico argentino (Elissondo y Farias, 2016).

Payenia: Al este de la FPCM y de la FPCA se desarrollan una serie de cuencas terciarias y cuaternarias con orientación NO sobre la provincia geológica de Payenia constituyendo la porción centro-norte de la región estudiada. Esta provincia se caracteriza por sus campos volcánicos desarrollados al sur de la pcia. de Mendoza (Figura 6) que, por la variedad de composiciones magmáticas, incluyen desde extensas coladas basálticas que fluyeron incluso

sobre las provincias geológicas aledañas (como Llanquanelo y Puelén) hasta volcanes monogenéticos y grandes estratovolcanes y calderas (p. ej. la caldera del Payún Matru, el V. Nevado y el V. Plateado) algunos de los cuales registraron actividad histórica, con dataciones inferiores a 10000 años.

Bloque de San Rafael: Sobre el extremo noreste de la región se encuentra el Bloque de San Rafael, una antigua planicie de erosión glacial que actualmente sufre basculamiento y levantamiento por la deformación andina (González Díaz, 1972) representada por una serie de corrimientos con vergencia hacia el este (Figura 6). Un rasgo distintivo en la historia geológica de este bloque es el haber permanecido descubierto durante la transgresión atlántica que afectó a la Cordillera Principal.

Engolfamiento Neuquino: La región extrandina de Neuquén y sur de Mendoza, entre el lineamiento Cortaderas y la dorsal de Huincul (Figura 2), conforman el Engolfamiento Neuquino (Herrero Ducloux, 1946) donde afloran principalmente depósitos continentales y escasos depósitos marinos de la primera transgresión del Océano Atlántico. En el subsuelo se encuentran a su vez dos grandes ciclos marinos de sedimentación provenientes del Océano Pacífico.

Según Sigismondi (2012), el Engolfamiento Neuquino constituye el sector extrandino de la Cuenca Neuquina (35.20°S a 40.10°S y 66.20°O a 70.50°O), mientras que el sector andino occidental de la misma está representado por el extremo sur de los Andes Centrales (Figura 2). Otros autores restringen la Cuenca Neuquina al Engolfamiento Neuquino. Actualmente el 42% de la producción de petróleo de la Argentina y el 55% de la producción de gas corresponden a yacimientos de la Cuenca Neuquina, por lo que resulta ser la cuenca más importante del país en cuanto a la producción de hidrocarburos (Casadio y Montagna, 2015).

Esta provincia combina estructuras epidérmicas en su sector oriental con otras que involucran basamento. Se la interpreta como una zona de inversión tectónica de sistemas extensionales que han sufrido desplazamientos de rumbo y compresiones (Vergani et al., 1995). Las estructuras neotectónicas en el retroarco de la Cuenca Neuquina indican la persistente contracción andina E-O como es el caso de la FPCA desarrollada entre los 36°S y 38°S en el antepaís argentino (Folguera et al., 2004).

Estudios geofísicos demostraron variaciones latitudinales del flujo térmico en la región, con un gradiente promedio mayor en el norte que en el sur (Sigismondi, 2012). Esto da lugar a un gradiente de la rigidez flexural (Figura 7), responsable principal de la deformación cortical y del basamento. La deformación en el norte se propaga sin interrupción dando origen a la faja plegada y corrida del Agrio-Chos Malal (FPCA-ChM), a volcanismo de retroarco, a plegamientos y a una zona sismogénica amplia y trabada donde se han registrado grandes terremotos. Al este de la FPCA-ChM el antepaís se presenta segmentado en un conjunto de sistemas de anticlinales y cuencas remanentes con eje general NO-SE y vergencia oeste (p. ej. el dorso de los Chihuidos, la fosa de Añelo, el sistema Entre Lomas y el sistema Picón Leufú) que presentan evidencias de deformación actual (Mosquera y Ramos, 2006; Messenger et al., 2010).

Trabajos recientes han documentado la coexistencia de esta compresión en la FPCA con volcanismo de retroarco como por ejemplo los volcanes Tromen (37° 08' 38"S, 70° 01' 58"O) y el Auca Mahuida (37° 44' 16.8"S, 68° 55' 26.4"O). El volcán Tromen es un estratovolcán cuya cumbre se encuentra cortada por dos calderas superpuestas, pero se observan también bocas

de emisión en el flanco NE. Sus productos han sido tanto efusivos (domos y coladas de lava) como explosivos (ignimbritas). Se conocen 5 erupciones históricas (1820, 1822, 1823, 1827, 1828) a partir de crónicas y documentos escritos pero cuyas edades no han sido

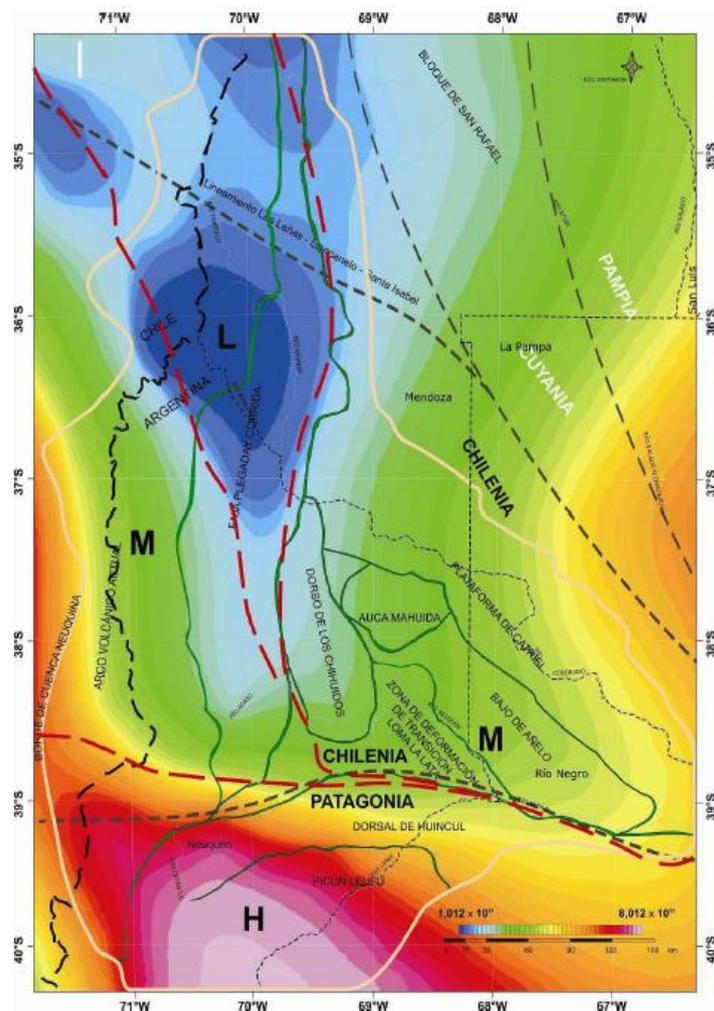


Figura 7. Estimación de la rigidez flexural de la Cuenca Neuquina a partir de gravimetría. El segmento de línea rojo, separa tres dominios fundamentales: 1) sur de la dorsal de Huincul, la zona de mayor rigidez (H). 2) faja plegada del Agrio-Chos Malal, la región de menor rigidez (L). 3) zona de rigidez intermedia (M), en los dominios del bajo de Añelo y la plataforma de Catriel y cordillera Principal. Esta propiedad es la responsable principal de la deformación cortical y del basamento. La anisotropía de velocidades sísmicas, confirman igual tendencia regional. Los contrastes relativos de rigidez cambian varios órdenes de magnitud entre sí, por lo cual constituye un atributo de excepcional valor en comparación con cualquiera de las otras propiedades geofísicas estudiadas (Sigismondi, 2012).

científicamente confirmadas (Kozłowski et al., 1996; Galland et al., 2007). En cuanto al volcán Auca-Mahuida se postula que, por su edad pliocena-pleistocena, ejerce actualmente un control isostático casi exclusivamente local, pero, aun así, debilita la corteza (Sigismondi, 2012).

Al sur de la región, la deformación se resuelve entre dos estructuras perpendiculares entre sí: la ZFLO en el occidente y de dirección preferencial N-S y la dorsal de Huincul, de dirección O-E (De Ferraris, 1947). Esta dorsal representa una discontinuidad de primer orden tanto a escala de las discontinuidades corticales inferiores como superiores y separa terrenos (Chilenia y Patagonia) acrecionados durante el Paleozoico (Ramos et al., 1986).

El ambiente tectónico andino de la Cuenca Neuquina está entonces controlado por tres factores fundamentales: estado térmico, volcanismo y apilamiento tectónico (Sigismondi, 2012). La FPCA-ChM y los volcanes de la región son las zonas más deformables, mientras que la dorsal de Huincul muestra mayor rigidez limitando la propagación de la deformación hacia el sur. Su influencia en este sentido ha sido decisiva considerando un escenario generalizado de convergencia oblicua, bajo un campo de esfuerzos NO-SE, entre un bloque rígido ubicado al sureste (Cratón norpatagónico) y una zona al noroeste factible de ser plegada (Cuenca Neuquina). Este escenario permitió explicar la distribución y orientación de las zonas compresivas y transcurrentes, así como su evolución en el tiempo con desarrollo de estructuras cada vez más jóvenes hacia la parte externa del sistema (Folguera et al., 2002; Silvestro y Zubiri, 2008).

Sismicidad

Entre los 35°S y los 39°S la velocidad de convergencia entre las Placas de Nazca y Sudamericana es de 66 mm/año en dirección N78°E (Kendrick et al., 2003). La dinámica de placas genera sismos tanto en el continente como en la placa que subduce. La visualización en profundidad de los hipocentros reportados en los catálogos permite identificar la actividad sísmica correspondiente a cada placa (Figura 8).

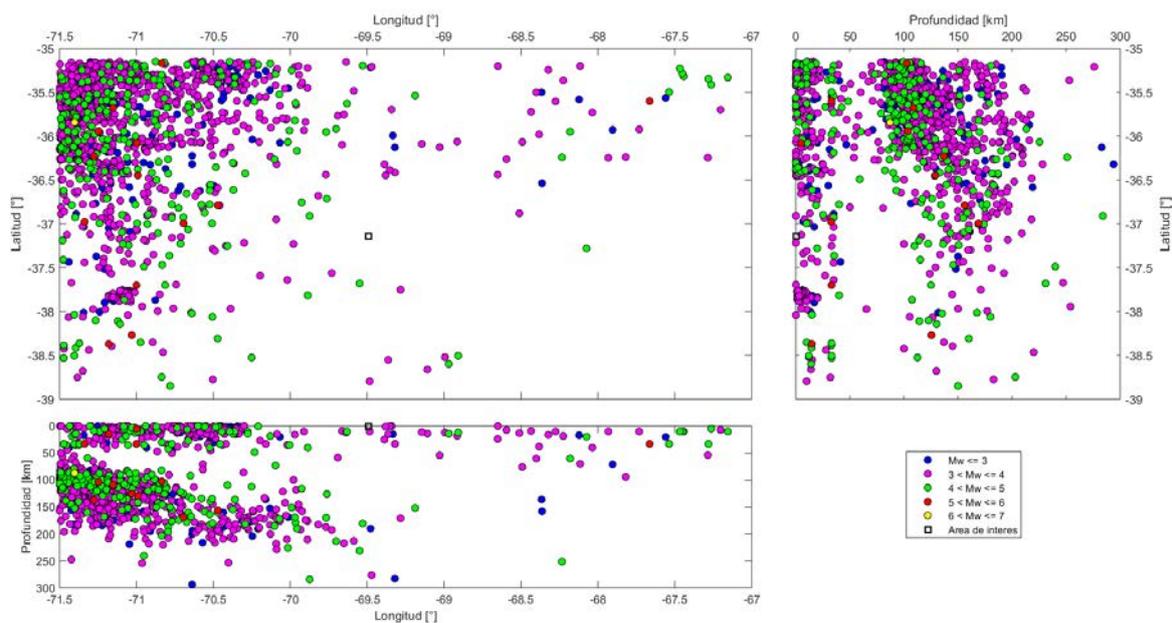


Figura 8. Sismicidad en planta y perfiles de hipocentros en profundidad según información reportada en los catálogos públicos para la región de análisis (35.2°S-38.9°S y 67.5°O-71.5°O) en el período mayo 1970-mayo 2019. Los colores indican rangos de magnitud momento (M_w) tal como se indica en la leyenda.

Los espesores corticales bajo el arco disminuyen de norte a sur, desde un valor de 50 km a los 33°S hasta 35 km a los 46°S, acompañando la disminución de la altura promedio de la Cordillera Principal (Tassara y Yañez, 2003). A los 39°S, el espesor cortical varía de oeste a este, con unos 40 Km bajo el arco y retroarco y aproximadamente 35 km bajo la fosa de Loncopué y la Cuenca Neuquina (Yuan et al., 2006). De esta manera, considerando el comportamiento frágil de la corteza, en este análisis se asumen como corticales todos los sismos con menos de 50 km de profundidad focal y como intermedios, a aquellos con más de 50 km de profundidad focal.

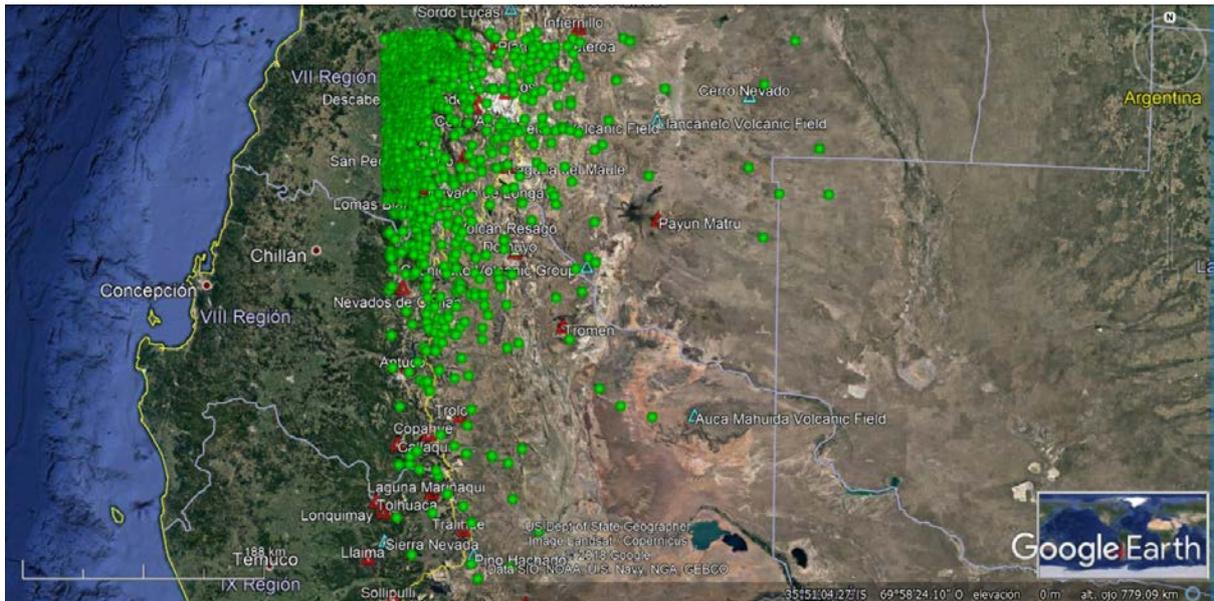


Figura 9. Sismicidad intermedia (profundidades focales mayores que 50 km) en la región de análisis (35.2°S-38.9°S y 67.5°O-71.5°O), reportada en los catálogos INPRES, CSN, USGS, IRIS, CeReTeDeC, RNVV-SERNAGEOMIN para el período mayo 1970-mayo 2019.

La zona de Wadati-Benioff (ZWB), conformada por el techo de la sismicidad intermedia, delinea la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana mostrando una pendiente de unos 30° (Figura 8). (Bohm et al., 2002; Pesicek et al., 2012).

En la región de estudio, la actividad sísmica reportada se concentra hacia el oeste y principalmente hacia el noroeste, en la VII Región o Región del Maule en Chile (Figura 9). Más allá de los límites de esta región, el acople entre ambas placas ha dado origen a grandes terremotos interplaca como el Mw9.5 Valdivia, Bio-Bio, en mayo de 1960 (38.143°S, 73.407°O, 25 km) y el Mw 8.8 Maule, en febrero de 2010 (36.122°S, 72.898°O, 22.9 km).

Los sismos someros o corticales (profundidades menores que 50 km) se concentran también hacia el oeste, en clara correspondencia con las zonas de fallas que controlan el arco magmático andino evidenciando su cinemática actual (Figura 10). Los mecanismos de fuentes muestran fundamentalmente desplazamientos de rumbo dextrales para los sismos entre 34°S y 46°S (Chinn y Isacks, 1983; Lange et al., 2008). Este comportamiento de la ZVSA solo se manifiesta en superficie en los fallamientos al sur de los 38°S.

La distribución de sismicidad cortical muestra a su vez alineamientos de epicentros en dirección NO-SE que podrían asociarse a los lineamientos de basamento oblicuos al arco (Cembrano y Lara, 2009; Gonzalez-Vidal et al., 2018) entre los que destacan: 1) la sismicidad posiblemente asociada al lineamiento Cortaderas que se extiende desde el Complejo Volcánico Nevados de Chillán hasta los lagos Los Barreales y Mari Menuco en el este de la pcia. de Neuquén; 2) la sismicidad al sur de los volcanes Nevado de Longaví, Lomas Blancas y Resago que se alinea con el SVD al este; 3) la sismicidad cercana a los volcanes Descabezado Grande, Cerro Azul y Calabozos que puede alinearse con aquella en Payun Matru; 4) la densa sismicidad oblicua a la FPCM atravesando el CVPP y extendiéndose en la pcia. de Mendoza hacia el SE a través del campo volcánico de Llanquanelo. Si bien no existen pruebas aún como para afirmar que dichas estructuras ejercen control en el emplazamiento de magmas y volcanes, varios autores han propuesto que los megaterremotos de corrimientos podrían destrabar dichos lineamientos favoreciendo ascensos de magmas. Un ejemplo de esto serían

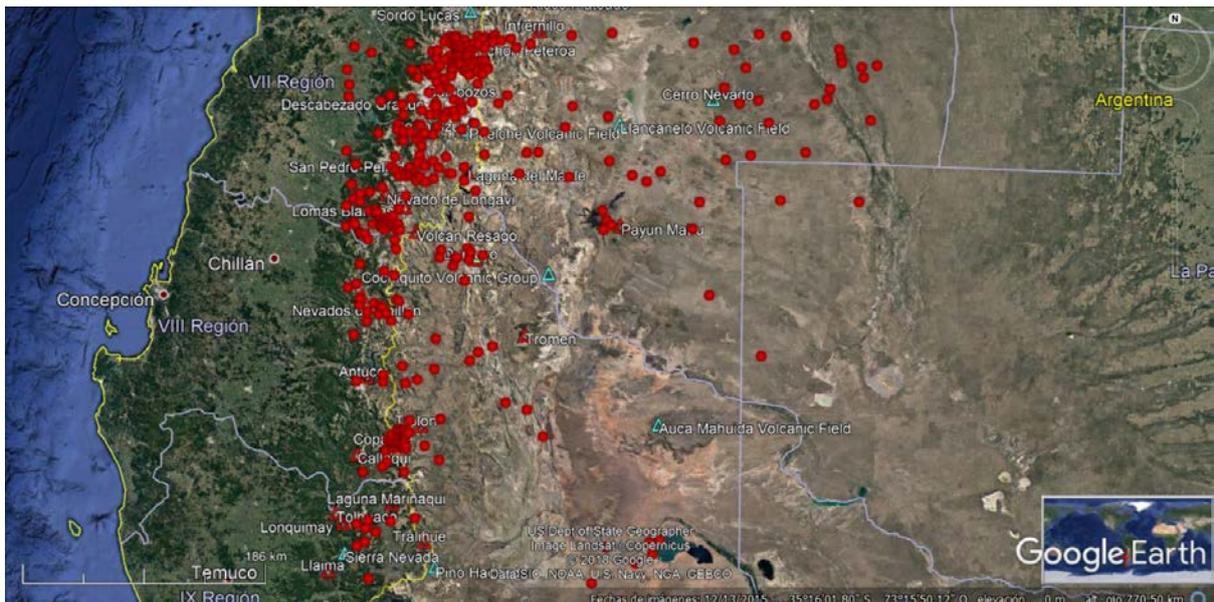


Figura 10. Sismicidad somera (profundidades focales menores que 50 km) en la región de análisis (35.2°S-38.9°S y 67.5°O-71.5°O), reportada en los catálogos INPRES, CSN, USGS, IRIS, CeReTeDeC, RNVV-SERNAGEOMIN para el período mayo 1970-mayo 2019.

las reactivaciones magmáticas y erupciones volcánicas ocurridas luego del Mw 8.8 Maule (p. ej. Planchón Peteroa, Nevados de Chillán, Copahue, Cordón-Caulle, Villarrica y Calbuco, <http://www.sernageomin.cl>).

Hacia el centro y sur de la región, la baja sismicidad reportada en los catálogos refleja la menor actividad tectónica del retroarco y del antepaís comparados con el arco, pero también es resultado del escaso número de estaciones sismológicas disponibles en la zona. La Red Sismológica Nacional perteneciente al INPRES posee una estación sismológica permanente en la localidad de Caviahué (http://contenidos.inpres.gob.ar/est_sism) y cinco acelerógrafos cerca o dentro de la región estudiada (<http://contenidos.inpres.gob.ar/acelerografos/RNA>). Las redes globales de estaciones sismológicas (<https://www.iris.edu/hq/programs/gsn/maps>) reportan cuatro estaciones sismológicas permanentes en territorio argentino pero ninguna de ellas dentro de la región de estudio. De esta manera, resulta imposible registrar de forma completa la actividad sísmica de baja energía en la región, por lo que solo eventos con magnitudes superiores a 2.0 son reportados en los catálogos nacionales o globales. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que la localización de los eventos realizada por redes globales y nacionales en la región contiene un error considerable debido a la baja densidad de estaciones y a la distribución no homogénea de las mismas respecto de las fuentes. En cuanto a redes temporales de estaciones sismológicas desplegadas por proyectos de investigación, son pocos los proyectos que han estudiado la región si se compara con otras regiones de mayor actividad tectónica (p. ej. norte de Mendoza y San Juan): el proyecto ISSA desplegó 62 estaciones entre 1999 y 2000 para estudiar la sismicidad y estructura cortical entre 36°S y 40°S entre Chile y Argentina (Bohm et al., 2002; Yuan et al., 2006); mientras que el proyecto ONDAS desplegó 11 estaciones entre 2014 y 2016 en la zona centro-norte de la Cuenca Neuquina (Correa-Otto et al., 2018) y 28 estaciones desde 2016 para estudiar la sismicidad en la región de la dorsal de Huincul pero cuyos datos son confidenciales.

Un análisis de la sismicidad reportada para las latitudes más próximas al sitio de estudio (36.42°S y 37.75°S) permite observar mayormente sismos de profundidad intermedia (entre

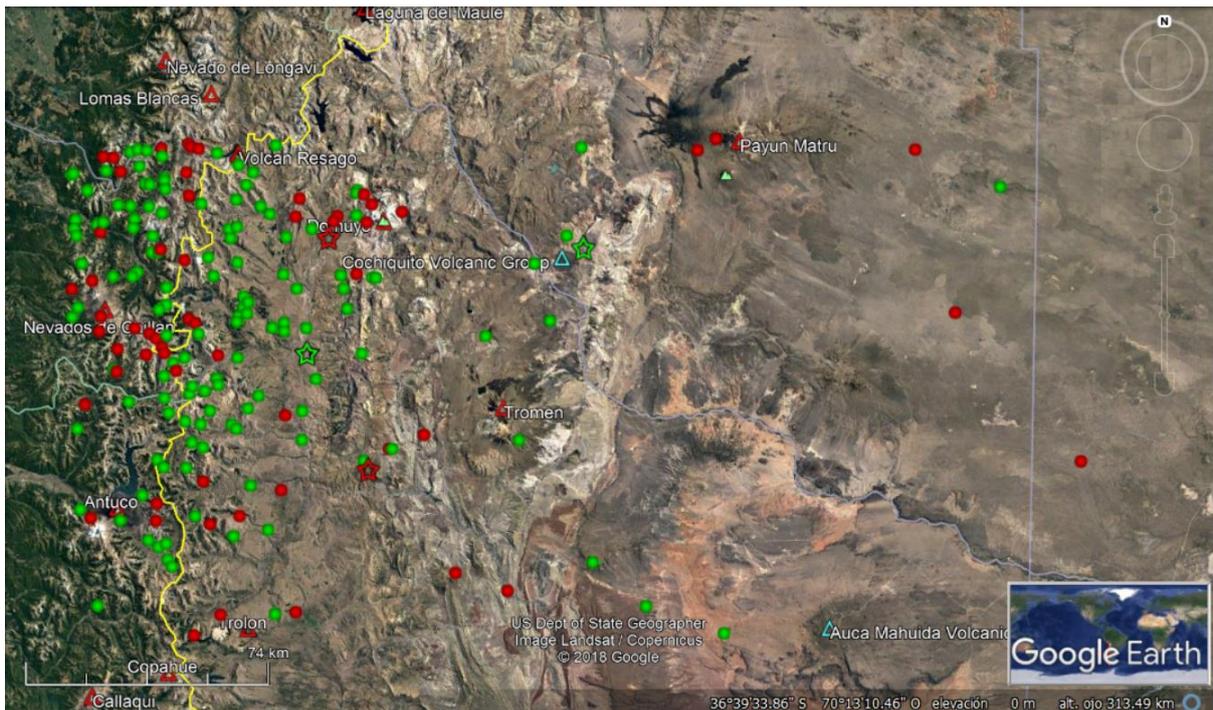


Figura 11: Sismicidad reportada en los catálogos INPRES, CSN, CeReTeDec, USGS, IRIS y redes locales de monitoreo volcánico del OVDAS-SERNAGEOMIN entre los 36.42S y 37.75S. En verde se muestran los epicentros de sismos con focos a profundidades intermedias y en rojo los epicentros de sismos corticales. Los epicentros de los eventos destacados en el texto se señalan con estrellas en los colores respectivos.

80 y 284 km de profundidad focal) asociados a rupturas en la placa subducida (puntos verdes en

Figura 11). Los mismos muestran una mayor concentración hacia el oeste bajo la Cordillera Principal y hasta el límite oriental de la FPCA. En este rango de profundidades se destacan dos sismos (estrellas verdes en Figura 11): 1) el sismo del 24 de mayo de 2012 (36.994°S, 70.694°O, 169 km, 5.1M) cuyo epicentro se localizó 5 km al este de Las Ovejas y 103 km al noreste de Caviahue, Neuquén, y fue sentido en Caviahue y otras localidades cercanas con una intensidad grado II a III (dos a tres) en escala Mercalli Modificada y 2) el sismo del 8 de agosto de 2009 (36.713°S, 69.762°O, 126 km, 4.5mb) cuyo epicentro se ubicó 290 km al N-NO de la ciudad de Neuquén en el Borde alto de Payún en la pcia. de Mendoza, alcanzando una intensidad grado III (tres) en la escala Mercalli Modificada en las localidades de Buta Ranquil, Barrancas y El Portón provincia de Neuquén (INPRES).

La sismicidad cortical entre 36.42°S y 37.75°S para el período estudiado representa aproximadamente la cuarta parte de la sismicidad total reportada en el período (puntos rojos en Figura 11). Hacia el Este, bajo Payun Matru y sus extensos flujos lávicos, se han reportado eventos a profundidades que van de 1 a 33 km. El resto de la sismicidad superficial se localiza al oeste, hacia la FPA, la Cordillera del Viento y la Cordillera Principal, con profundidades tanto en corteza superior como inferior (0 a 50 km). Se observa un grupo de eventos entorno al Complejo Volcánico Nevados de Chillán (CVNCh). Las profundidades de dichos eventos fueron ascendiendo desde 50 km de profundidad en 1991 a 6.8 km de profundidad en 2014. El CVNCh se encuentra en alerta técnica naranja desde 2016 con explosiones que provocan la destrucción parcial del domo que se construye en el interior de su cráter activo. Otro grupo

de eventos rodeando al Complejo Volcánico Domuyo y a profundidades entre 5 y 30 km, podría estar reforzando la hipótesis de reactivación planteada a partir de datos de deformación, termometría y geoquímica de fluidos (Chiodini et al., 2014; Lundgren y Girona, 2018).

Se destacan como sismos superficiales sentidos (estrellas rojas en Figura 11): 1) el sismo del 10 de septiembre de 2016 (36.681°S, 70.617°O, 21 km, 3.3Md) que fue sentido con intensidad II-III (dos a tres) en la escala Mercalli Modificada en las localidades cercanas al epicentro que fue ubicado 337 km al NO de Neuquén, 453 km al S de Mendoza y 54 km al N de Andacollo y 2) el sismo del 17 de noviembre de 2004 (37.310°S, 70.490°O, 10 km, 3.8Md) con epicentro ubicado 20 km al oeste-noroeste de la localidad de Chos Malal provincia de Neuquén donde se percibió con intensidad III a IV (tres a cuatro) (INPRES).

EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA

Fundamentos teóricos

Desde el punto de vista estadístico, algunos modelos son más razonables que otros en la simulación de la aleatoriedad espacial y temporal de los mismos (Wang et al., 2014). La distribución temporal de los sismos se considera usualmente representada por una distribución de Poisson, según la cual la tasa de ocurrencia de los eventos es una variable aleatoria y el tiempo de recurrencia sigue una distribución exponencial. De esta manera, cada evento es independiente a cualquier otro presente en la región de análisis.

La función de probabilidad discreta de Poisson puede ser expresada como (McGuire, 1993):

$$P(N = n) = \frac{e^{-\lambda.t} (\lambda.t)^n}{n!},$$

siendo N una variable aleatoria que indica el número de veces que sucede un evento en un intervalo de tiempo t , un número entero $N \geq 1$; y λ es la media de N en el intervalo temporal t , $\lambda > 0$.

Bajo estas condiciones, la probabilidad P de que un suceso de cierta magnitud supere o iguale un nivel estipulado M en un período de tiempo t puede ser representada por la ecuación:

$$P(m \geq M, t) = 1 - e^{-\lambda.t}$$

En general, el intervalo t corresponde con el período de retorno (T), aquel definido como el lapso promedio en años entre la ocurrencia de dos eventos que igualen o superen una magnitud concreta.

Bajo la premisa de independencia temporal de los eventos, la probabilidad de excedencia de un evento en un período de un año es $1/T$. La probabilidad de que no ocurra un evento con período de retorno T en n años es $(1 - 1/T)^n$. Luego, la probabilidad de ocurrencia de un suceso con período de retorno T durante un intervalo de n años es la probabilidad de excedencia \tilde{P} , tal que,

$$\tilde{P} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n.$$

En términos prácticos, n representa la vida útil de los elementos contenidos en el área de interés. Se puede definir entonces el período de retorno como

$$T = \frac{1}{1 - (1 - \tilde{P})^{1/n}}$$

y también su inversa, la probabilidad de excedencia anual.

Catálogo Sísmico

Se definió el ámbito geográfico para realizar el análisis de la sismicidad de la región de acuerdo al sitio de interés, seleccionando inicialmente una región comprendida entre 35.5°S y 38.5°S y 67.5°O y 71.5°O, que se extendió finalmente hacia el NE y SE para incluir algunos sismos significativos. Se consultaron catálogos regionales, nacionales e internacionales (Tabla 1) para poder confeccionar un único catálogo que constituye la base de datos del estudio, recopilando toda la información de los sismos ocurridos en la región seleccionada.

AGENCIA	EVENTOS SELECCIONADOS
INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica).	Sismos ocurridos en la provincia de Mendoza desde 1998 y en la provincia de Neuquén desde 2004.
Servicio de Información Sísmica del CEREDETEC (Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología y la Ingeniería Sísmica). UTN, FRM Mendoza.	Sismos registrados en la provincia de Mendoza por el organismo desde 2007.
Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial. Gobierno de Mendoza.	En la página web de la secretaría se proporciona información de la localización de epicentros sísmicos de magnitud entre 3 y 6 escala Richter. La fuente de esta información es INPRES.
OVDAS, RNVV-SERNAGEOMIN (Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur, dependiente de la Red Nacional de Vigilancia Volcánica, Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile)	Sismos registrados por las redes de monitoreo volcánico localizadas en cercanías del CVCC desde 2013 y del CVPP para el período 2012-2015.
IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) Earthquake Browser.	Sismos ocurridos en la región de estudio a partir de 1970. La fuente de datos es entre otros USGS e ISC.
USGS (US Geological Survey) Search Earthquake Catalog.	Sismos ocurridos en la región de estudio desde 1970
CSN (Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile).	Sismos ocurridos en territorio chileno desde 2007, comprendidos en la región de estudio.

Tabla 1. Catálogos regionales, nacionales e internacionales consultados para confeccionar la base de datos.

Homogeneización de los parámetros de tamaño: escalas de Magnitud

En la actualidad los estudios de peligrosidad utilizan la magnitud momento M_w como parámetro para cuantificar la energía liberada en un sismo.

Los catálogos consultados reportan magnitudes en diferentes escalas: M_w , m_b , M , M_L , M_D , m_bLG , mwr . Para poder homogeneizar todas las magnitudes del catálogo a magnitud

momento M_w , se realizó un análisis comparativo de magnitudes para eventos seleccionados reportados por varias agencias que permitió establecer relaciones entre las mismas. Concluyendo que

$$M = M_l = M_d = M (INPRES) = M_l (GUC) = mbLG$$

Para los datos de INPRES, se resolvió hacer un análisis comparativo de magnitudes entre los catálogos de INPRES (M) y de USGS (mb , M_w) para 1480 sismos localizados en una región extensa del oeste de Argentina ($22^\circ S$ a $54^\circ S$), permitiendo determinar relaciones para la magnitud M_w en función de mb y M . Las expresiones obtenidas fueron las siguientes:

$$M_w = 0.554 mb + 1.765$$

$$M_w = 0.97 M + 0.1025$$

Se descartó un número considerable de sismos, principalmente de magnitudes entre 2 y 3, de los que no se tenía información del tipo de magnitud.

Finalmente se identificaron y eliminaron los eventos duplicados provenientes de distintos catálogos, priorizando los datos de los catálogos locales obtenidos con información de estaciones más cercanas a los eventos.

Identificación de eventos dependientes: premonitores, réplicas y enjambres.

Partiendo del catálogo homogéneo se identificaron los premonitores, réplicas y enjambres que estén relacionados espacial y/o temporalmente con sismos de mayor magnitud, para el caso de los premonitores y réplicas, o con sismos de magnitudes similares, para el caso de los enjambres. Para ello se aplicó el criterio utilizado por Orosco y Haarala-Orosco (2010) en su trabajo, que fuera desarrollado por Davis y Frolich (1991),

$$d_{st} = (d^2 + C^2 T^2)^{1/2}$$

donde d_{st} está en km, d es la distancia entre dos eventos (en km), T es el tiempo entre ellos (en días) y C una constante que relaciona distancias y tiempo y que se sugiere sea igual a 1 km/día para sismos en Sudamérica. Se definieron los premonitores, réplicas y enjambres como aquellos sismos que se encuentran a una d_{st} menor a 75 km.

Generalmente al eliminar estos eventos se obtiene un catálogo reducido en un 30%. En este caso la reducción alcanzó más del 50%. Esto puede deberse a las distintas fuentes de información utilizadas para confeccionar la base de datos, que comprenden períodos disímiles, generando una falta de completitud en tiempo, así como una falta de datos de magnitudes menores a 3 en aquellas zonas con menor densidad instrumental, lo que implica una falta de completitud espacial, o incluso a la metodología utilizada para la eliminación de eventos dependientes temporal y espacialmente que no se ajusta adecuadamente a la distribución regional de sismicidad.

Análisis de la completitud del catálogo

Al contar con fuentes variadas para confeccionar el catálogo final, se debe analizar la uniformidad y completitud a fin de seleccionar la magnitud mínima a considerar. En principio se puede decir que el catálogo se supone completo para una zona, en un determinado período de tiempo y para distintas magnitudes, si contiene todos los sismos ocurridos en la zona con dichas características. En general al remontarnos hacia atrás en el tiempo, la información que

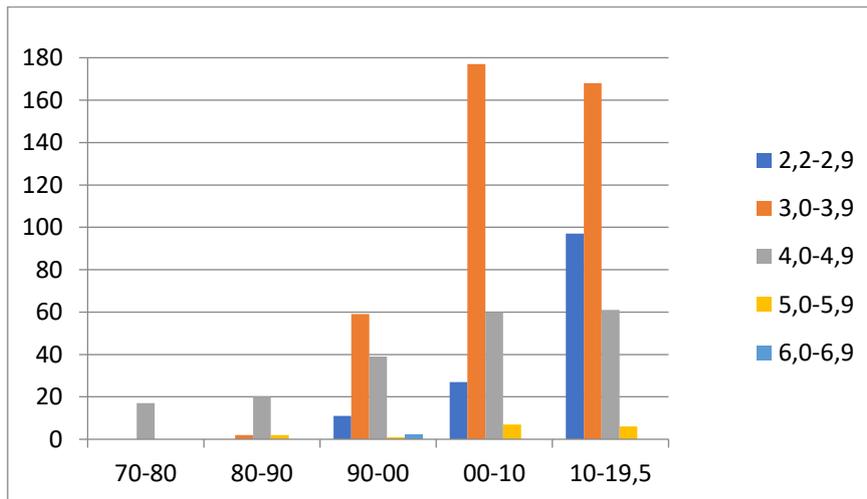


Figura 12. Distribución de sismos por magnitud para distintas décadas.

se tiene sobre los sismos de menor tamaño es cada vez más escasa debido a diversas causas, siendo la evolución de las redes sísmicas en el tiempo una de las principales.

Considerando estos factores, se fijan los años de referencia para cada rango de magnitud que permitan asumir la completitud del catálogo. En nuestro caso como el catálogo es acotado en tiempo y región de estudio, se analizó la distribución de sismos por magnitud para distintas décadas (Figura 12) y se determinó el número máximo de sismos para cada magnitud (Figura 13).

Dado que, teóricamente, el número de eventos ocurridos para cada magnitud no debería variar en el tiempo y que el número de eventos debería decrecer conforme aumenta la magnitud de los mismos, se estableció la completitud del catálogo a partir de Mw 3 para el período que comprende los últimos veinte años.

Considerando los factores de error provenientes de la información disímil, de la falta de completitud de los catálogos en magnitud y en tiempo y de la eliminación de sismos de magnitudes desconocidas, se resolvió no eliminar los premonitores, réplicas y enjambres,

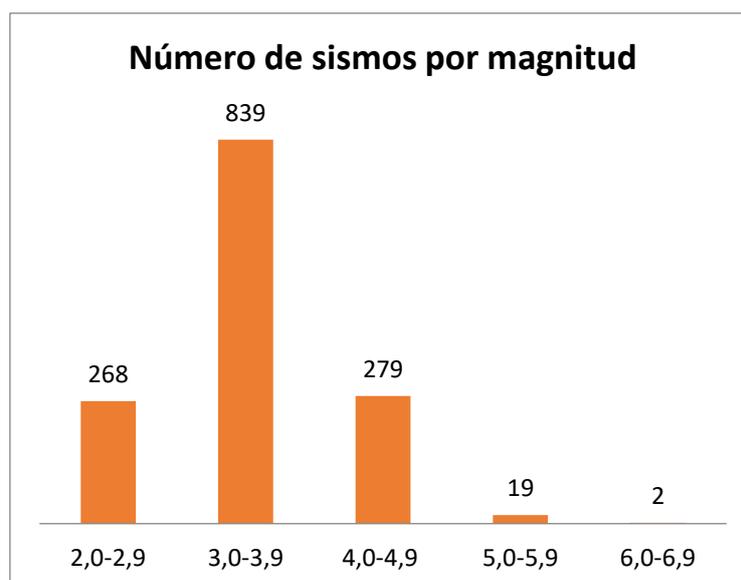


Figura 13. Número máximo de sismos para cada magnitud.

identificados en más del 50% del catálogo, estimando que estos errores pudieron afectar la correcta individualización de los mismos. También fueron incluidos los sismos ocurridos entre 1970 y 2000 que aportan información vital en el análisis de sismicidad de la región, objeto de estudio, a pesar de su falta de completitud. De esta manera el catálogo final que sirve de base para los estudios de peligrosidad presenta la siguiente distribución de sismos por magnitud (Figura14).

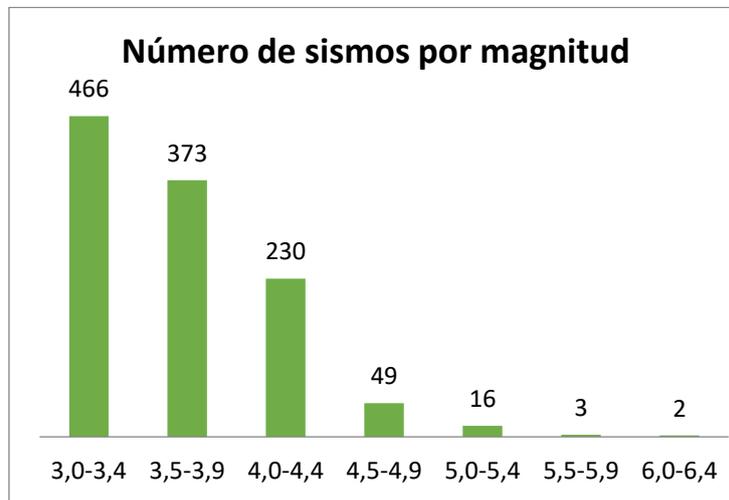


Figura 14. Distribución de sismos por magnitud del catálogo final considerado.

Definición de las zonas sismogénicas

Para estimar las aceleraciones más probables de ocurrir en el sitio de estudio deben definirse las zonas sismogénicas cuyos eventos puedan generar ondas que lo afecten. Es por esto que el conocimiento de las estructuras y mecanismos que generan las rupturas y deslizamientos en cada zona es crucial para poder asociar sus fuentes a fin de remarcar las diferencias entre distintas zonas sismogénicas y sus efectos.

La primera gran subdivisión se plantea por profundidades focales, entre sismos superficiales (<50 km) y sismos intermedios (>50 km) tal como se muestra en las Figuras 15a y 15b en planta y cortes transversales para cada rango de profundidad. Las profundidades focales para sismos intermedios se extienden hasta casi 300 km.

Para la definición de las zonas sismogénicas se procedió a analizar la distribución en planta de los eventos en cuadrículas de 0.2° de espaciamiento y su asociación con los aspectos sismotectónicos ya observados. Las Figuras 16a y 16b muestran las zonas sismogénicas seleccionadas en cada rango de profundidad. El centro de la malla, señalado por un cuadrado negro, marca el sitio de interés.

La Figura 16a muestra la sismicidad cuyas profundidades focales pueden atribuirse a fuentes en la placa Sudamericana. Los hipocentros corticales fueron divididos en cinco zonas sismogénicas de acuerdo con su densidad superficial y las grandes estructuras geológicas que los originan.

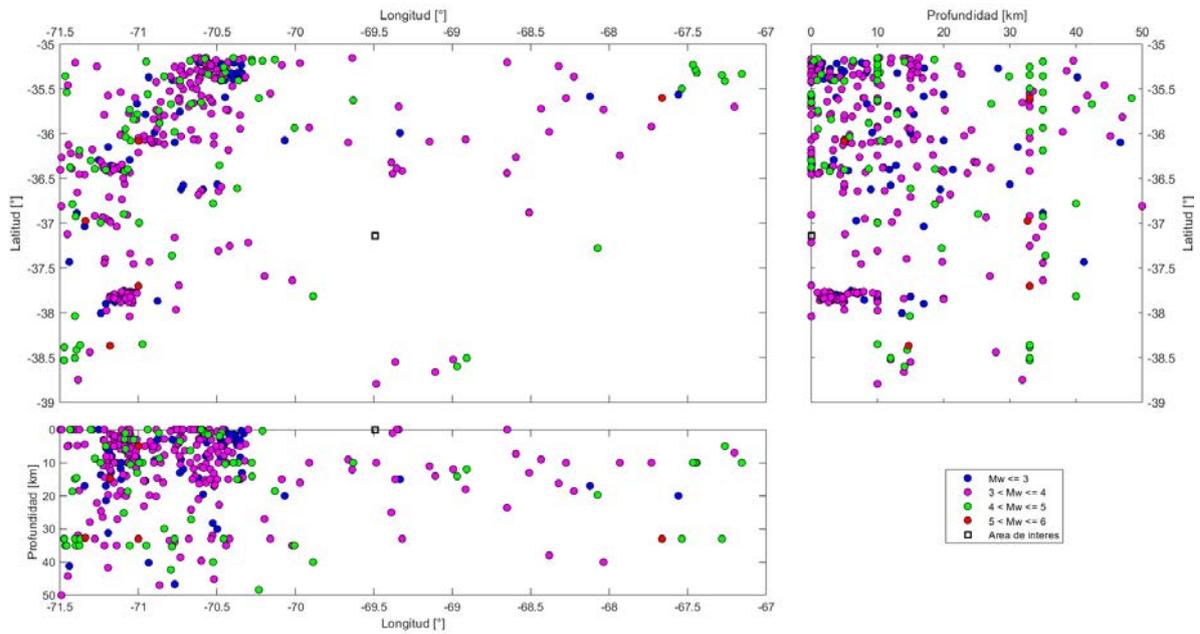


Figura 15a. Distribución de hipocentros someros ($H < 50$ km) reportados en el catálogo final considerado en planta (arriba izquierda) y distribuciones en profundidad según latitud (arriba derecha) y longitud (abajo).

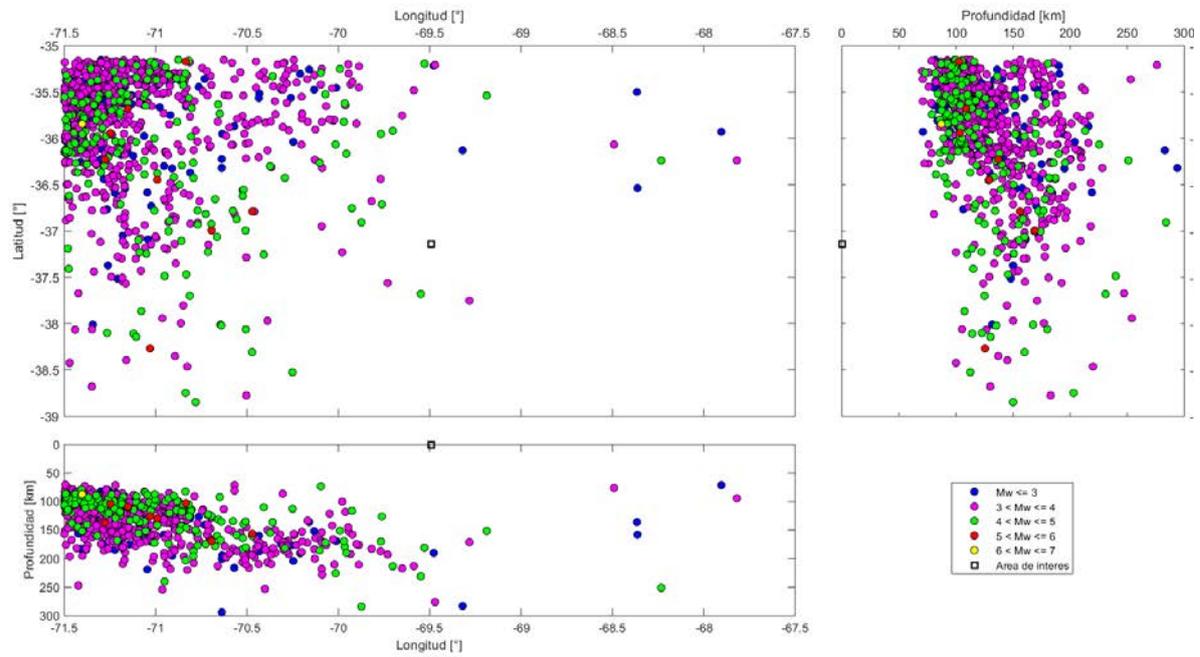


Figura 15b. Distribución de hipocentros intermedios ($H > 50$ km) reportados en el catálogo final considerado en planta (arriba izquierda) y distribuciones en profundidad según latitud (arriba derecha) y longitud (abajo).

La **zona 1**, comprende la sismicidad al noroeste de 36.16°S, 69.69°O incluyendo por lo tanto la mayor concentración de actividad entorno a la FPCM, el CVPP y el CVLM.

La **zona 2**, se extiende al sur de la zona 1 y al oeste de 70.89°O incluyendo entonces la actividad sísmica asociada al arco volcánico (principalmente el CVNCh y el CVCC), al lineamiento al sur de Nevado Longaví, a la ZFAC y la ZFLO.

La **zona 3** se extiende al sur de la zona 1, al este de la zona 2 y al noroeste de 38.34°S, 69.69°O, incluyendo la actividad sísmica asociada a la FCPA, las fosas de Loncopué y Las Loicas, la cordillera del Viento y por lo tanto al SVD, todas estas expresiones sobreimpuestas al lineamiento Cortaderas.

La **zona 4**, al noreste de 37.54°S, 69.69°O reúne la sismicidad ocurrida al este-sureste de la pcia. de Mendoza, incluyendo la actividad bajo los campos volcánicos de Payenia.

La **zona 5** se extiende al sur de los puntos 37.94°S, 68.49°O y 37.96°S, 69.69°O encerrando la sismicidad superficial reportada en el límite norte de la dorsal de Huincul, hacia el anticlinal de Añelo y el dorso de los Chihuidos. Las zonas 3 y 5 podrían combinarse si se asume que la actividad en la zona 5 está asociada también al lineamiento Cortaderas.

La Figura 16b muestra la sismicidad para profundidades focales mayores que 50 km y por lo tanto atribuida a rupturas en la placa de Nazca a medida que subduce bajo la placa Sudamericana. Los hipocentros a estas profundidades fueron divididos a su vez en dos zonas sismogénicas.

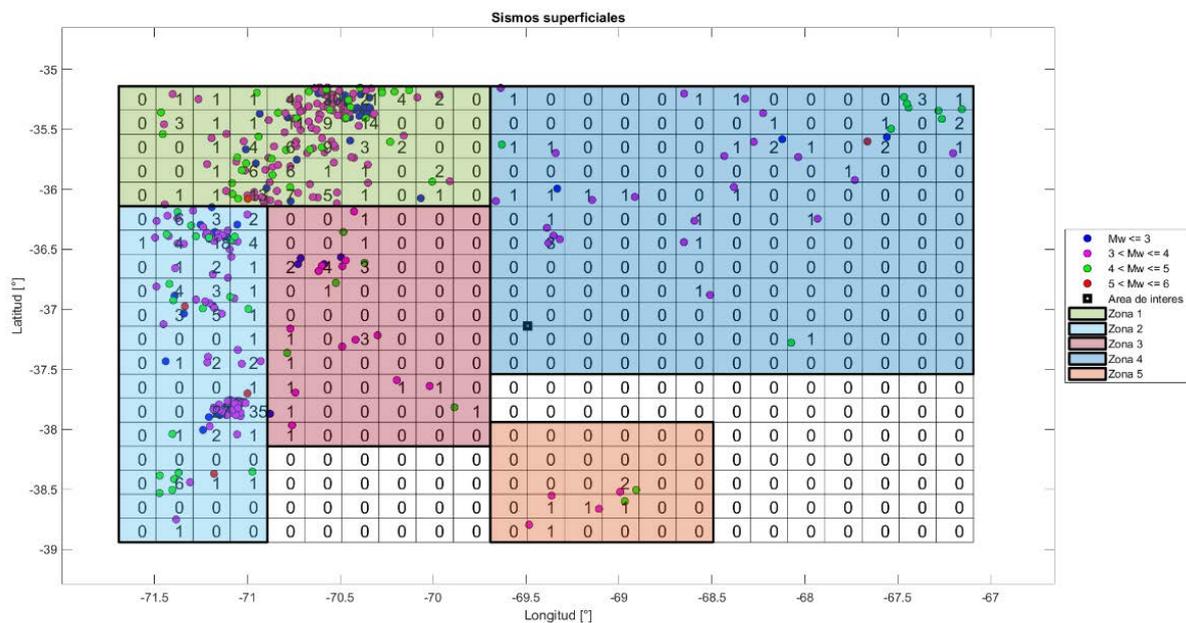


Figura 16a. Distribución de hipocentros corticales ($H < 50$ km) en la región de análisis. El cuadrado negro marca el centro del sitio de interés. Las cuadrículas de 0.2° de lado permiten el conteo de eventos por zona para el período de análisis. Las diferentes áreas sismogénicas descritas en el texto se demarcan con colores y números de acuerdo a lo detallado en la leyenda.

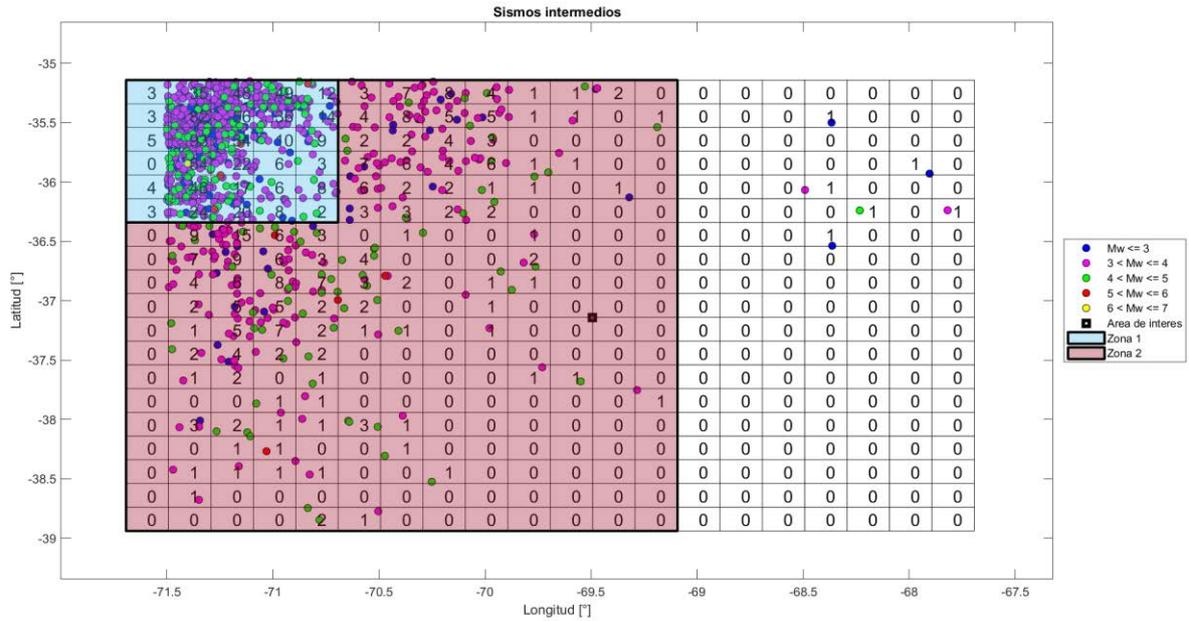


Figura 16b. Distribución de hipocentros en la placa subducida ($H > 50$ km) en la región de análisis. El cuadrado negro marca el centro del sitio de interés. Las cuadrículas de 0.2° de lado permiten el conteo de eventos por zona para el período de análisis. Las diferentes áreas sísmogénicas descritas en el texto se demarcan con colores y números de acuerdo a lo detallado en la leyenda.

La **zona 1**, al noroeste de los 36.34°S y 70.69°O , contempla la mayor densidad de actividad a profundidades intermedias, mostrando que las rupturas en la placa subyacente coinciden aproximadamente con las zonas de mayor deformación en la placa suprayacente y el desarrollo del arco magmático.

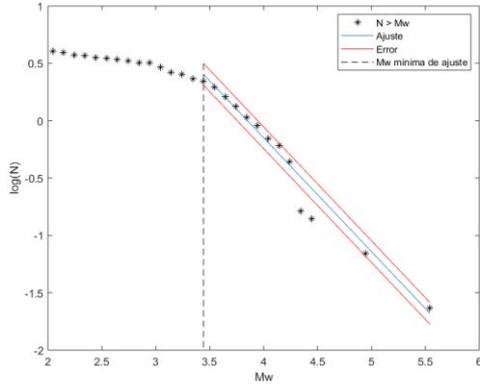
La **zona 2**, rodea a la zona 1 abarcando todo el rango de latitudes de la región considerada y hasta los 68.89°O a fin de tratar de incluir todas las fuentes sísmicas restantes en la placa subyacente. Se han descartado unos pocos eventos hacia el este por considerarse a sus profundidades anómalas en comparación con la ZWB y a fin de no afectar la validez estadística del análisis.

Ley de Gutenberg y Richter

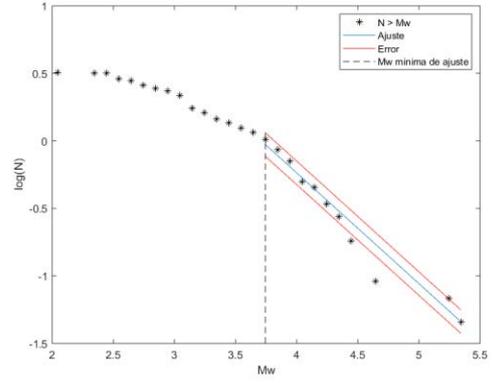
En la práctica, el análisis de la peligrosidad sísmica en un área especificada comprende la evaluación de la relación de recurrencia de la actividad sísmica. Una de las formas de ejecutar esta evaluación es mediante el estudio de la relación de Gutenberg y Richter (1944), la cual sugiere:

$$\log N = a - b M,$$

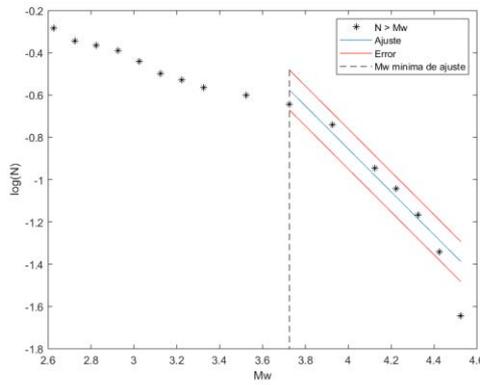
donde N es el número de eventos con magnitudes mayores o iguales que M por unidad de tiempo; a y b son constantes. El parámetro b es la pendiente de la recta que ajusta la relación, y representa la proporción entre el número de sismos de mayor y menor magnitud para el área de estudio; y a es la ordenada en el origen, una estimación de la tasa anual de sismos que superan una magnitud mínima de referencia. La Figura 17 muestra las distribuciones de $\log N$ Vs. M_w para eventos corticales e intermedios en cada zona sísmogénica, así como los ajustes de la relación lineal.



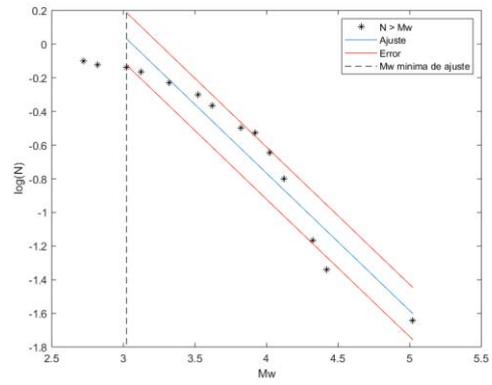
Zona 1- corticales



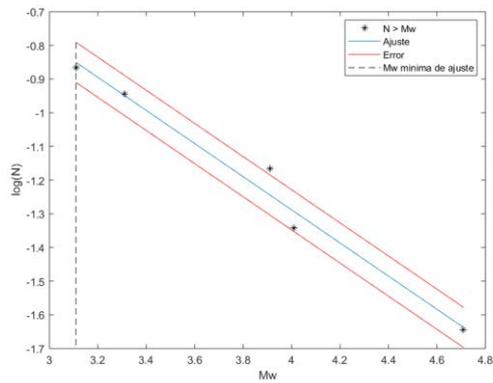
Zona 2- corticales



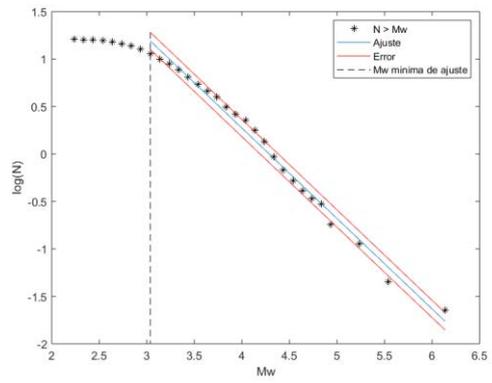
Zona 3- corticales



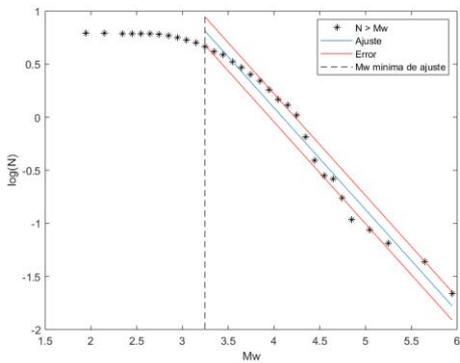
Zona 4- corticales



Zona 5- corticales



Zona 1- intermedios



Zona 2- intermedios

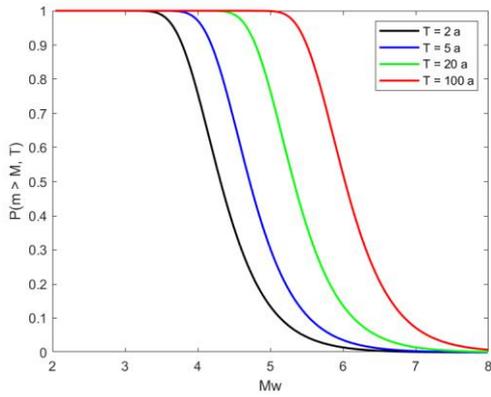
Figura 17. Distribuciones de $\log N$ Vs. M_w para eventos corticales e intermedios en cada zona sismogénica y rango de profundidad según selecciones realizadas en la Figura 16. En cada caso se muestran los ajustes robustos y desviaciones de la relación lineal a partir de las magnitudes mínimas que aseguran la completitud del catálogo para esa zona.

Zona sismogénica cortical	a	b
1	3.82 (0.19)	0.99 (0.05)
2	3.04 (0.23)	0.82 (0.05)
3	3.21 (0.57)	1.02 (0.14)
4	2.50 (0.31)	0.82 (0.08)
5	0.68 (0.18)	0.49 (0.05)

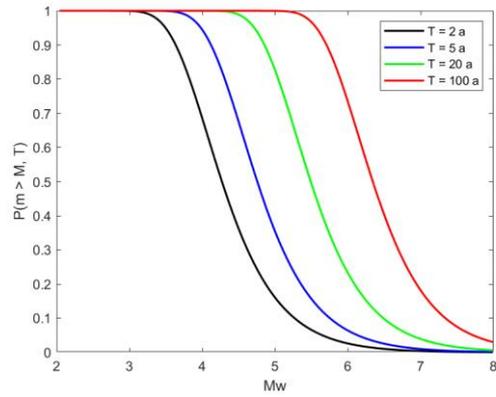
Tabla 2. Valores de las constantes de Gutenberg-Richter en cada área sismogénica para sismos corticales (arriba) e intermedios (abajo). Las cantidades entre paréntesis representan las desviaciones estándar de los resultados

Zona sismogénica intermedia	a	b
1	4.08 (0.1)	0.95 (0.02)
2	3.93 (0.17)	0.96 (0.04)

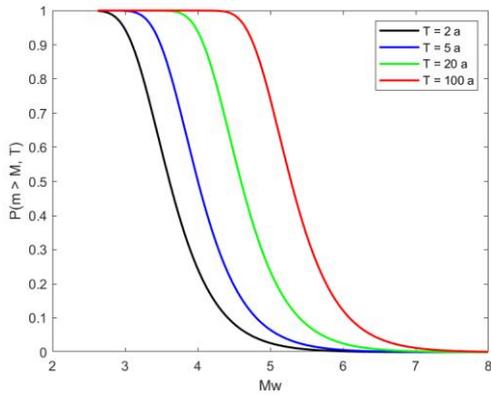
Del análisis de la relación de Gutenberg-Richter, se obtienen los valores de las constantes a y b características para cada una de las zonas sismogénicas identificadas (ver Tabla 2). En este trabajo, la relación ha sido evaluada mediante un ajuste lineal robusto para magnitudes superiores a un valor mínimo seleccionado a partir de un análisis de completitud del catálogo para cada área sismogénica. Estas constantes son entonces utilizadas para la construcción de las curvas de excedencia. La Figura 18 muestra dichas curvas para distintos períodos de tiempo (t) seleccionados arbitrariamente, en este caso, $t = 2, 5, 20, 100$ años.



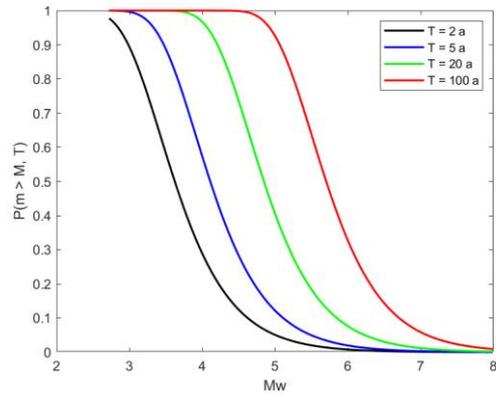
Zona 1- cortical



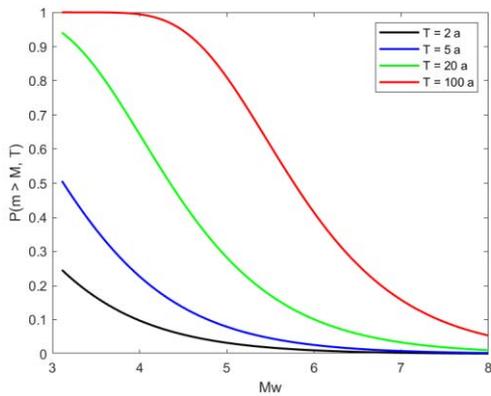
Zona 2- cortical



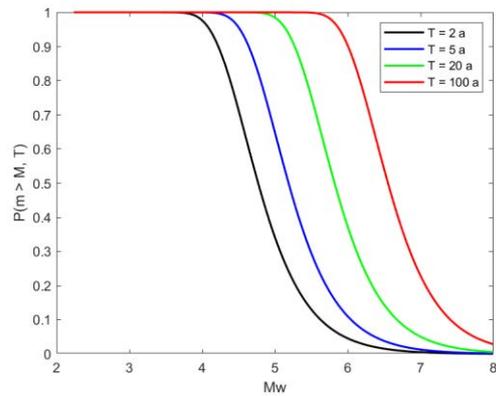
Zona 3- cortical



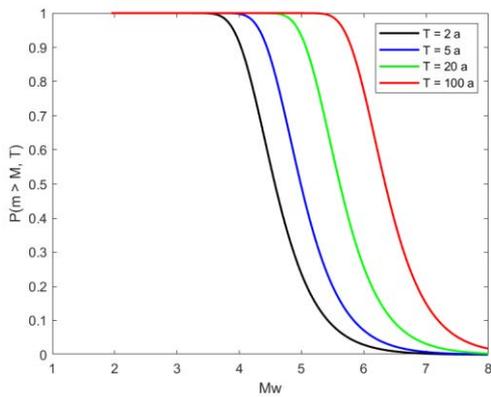
Zona 4- cortical



Zona 5- cortical



Zona 1- intermedia



Zona 2- intermedia

Figura 18. Curvas de Probabilidad de excedencia en función de la magnitud M_w , para diferentes intervalos de tiempo seleccionados en cada zona y profundidad sismogénica, construidas con los valores de a y b obtenidos de la relación de Gutenberg y Richter y la distribución de Poisson.

Identificación	Sismos de diseño		Período de retorno	Probabilidad de excedencia anual
	Tiempo de exposición	Probabilidad de excedencia		
A	3	50%	4.8	20.63%
B	5	50%	7.7	12.94%
C	5	10%	48.0	2.09%
D	10	50%	14.9	1.05%
E	10	10%	95.4	1.05%
F	25	10%	237.8	0.42%
G	50	10%	475.1	0.21%

Tabla 3. Sismos de diseño considerados para la evaluación de la peligrosidad en la región de estudio.

Para determinar el efecto de la sismicidad sobre el sitio de interés deben establecerse la vida útil de los elementos involucrados y la peligrosidad admisible. La vida útil o tiempo de exposición se encuentra definida por el período entre la instalación y la inutilización de los elementos afectables y su valor mínimo es estimado en base a las características de los componentes y de la probable vigencia de exposición a la amenaza (Ramírez Rayo et al., 2008). Asimismo, la peligrosidad admisible se corresponde con la probabilidad de excedencia de cierto nivel de referencia. El análisis de estos parámetros según el caso particular permite la construcción de los sismos de diseño. La Tabla 3 presenta aquellos utilizados en este trabajo a los que se les ha estimado el período de retorno mediante la aproximación de Poisson. Cada sismo de diseño permitirá estimar, para cada zona sismogénica seleccionada, la magnitud mínima superable con la probabilidad de excedencia y en el período de retorno dispuestos (ver Tabla 4).

Zona cortical	Mw máx.	Mw media	Sismo de Diseño	Mw esperada
1	5.6	3.4	A	4.7
			B	4.9
			C	6.5
			D	5.2
			E	6.8
			F	7.2
			G	7.5
2	5.4	3.4	A	4.7
			B	5.0
			C	7.0
			D	5.3
			E	7.3
			F	7.8
			G	8.2
3	4.6	3.5	A	4.0
			B	4.2
			C	5.8
			D	4.5
			E	6.1
			F	6.5

			G	6.8
4	5.1	3.7	A	4.1
			B	4.3
			C	6.3
			D	4.7
			E	6.7
			F	7.2
			G	7.5
5	4.8	3.8	A	3.1
			B	3.5
			C	6.8
			D	4.1
			E	7.4
			F	8.2
			G	8.8

Zona intermedia	Mw máx.	Mw media	Sismo de Diseño	Mw esperada
1	6.2	3.4	A	5.2
			B	5.4
			C	7.1
			D	5.7
			E	7.4
			F	7.8
			G	8.1
2	6.0	3.7	A	5.0
			B	5.2
			C	6.9
			D	5.5
			E	7.2
			F	7.6
			G	7.9

Tabla 4. Magnitudes máximas y medias reportadas para cada zona sismogénica y magnitudes de excedencia esperadas según sismos de diseño establecidos en la Tabla 3.

Leyes de atenuación

Contando con las magnitudes de excedencia esperadas en cada zona de acuerdo a la ley de probabilidad de Poisson y para cada sismo de diseño, corresponde estimar las aceleraciones que dichas magnitudes provocarán en el sitio de interés. Para ello se debe evaluar el efecto de atenuación sobre las ondas ejercido por el subsuelo en su trayecto desde la fuente sismogénica. Este efecto se expresa generalmente a través de leyes de atenuación que cuantifican la aceleración del suelo en un punto como función de su distancia a la fuente y la magnitud del sismo. Dado que no existen en la bibliografía estudios de atenuación sísmica que hayan modelado dicho efecto para esta región específica, se ha recurrido a formulaciones establecidas para otras regiones comparables por su actividad sísmica o tipo de suelo.

- 1) $a = 10^{(-0.7837+0.353M-1.5981\log R-0.00099R)}$
Ajustada por Bufaliza (INPRES, 1995) para la región centro-oeste de Argentina, estima la aceleración máxima horizontal pico a pico (a) en unidades de gravedad (g) para la magnitud M , que será la de ondas de cuerpo si $M < 6$ o de ondas superficiales si $M > 6$. R es la distancia hipocentral expresada en km.
- 2) $a = 1320e^{0.58M}(R + 25)^{-1.52}$
Ajustada por Donovan (1973) como ecuación global para telesismos, expresa la aceleración en gals.
- 3) $a = 1150e^{0.7M}(R + 4M)^{-1.6}$
Ajustada por Castano (INPRES, 1977) para la Argentina para distancias epicentrales mayores que 100 km, expresa la aceleración en gals.
- 4) $a = Ae^{BM}(R + 0.864e^{0.463M})^E$
Ajustada por Patwardhan-Sadigh-Idriss-Youngs (en Douglas, 2001), expresa la aceleración en gals para suelos. En caso de sismos corticales someros: $A=191$, $B=0.823$ y $E=-1.56$, mientras que para sismos intermedios: $A=284$, $B=0.587$ y $E=-1.05$.
- 5) $a = 0.141e^{1.04M}(R + 0.775e^{0.5M})^{-1.75}$
Propuesta por Woodward-Clyde Consultants (INPRES, 1982) para el oeste de Estados Unidos, expresa la aceleración en unidades de gravedad.
- 6) $a = 0.063e^M(R + 0.193e^{0.714M})^{-1.4}$
Obtenida por Gil-Nafa-Zamarbide (INPRES, 1982) para la zona centro-oeste de Argentina, expresa la aceleración en unidades de gravedad.
- 7) $a = 578.25e^{(1.76M+0.00916H)}(R + 1.58e^{0.608M})^{-2.73}$
Propuesta por Crouse (1991) para sismos en zonas de subducción con profundidades (H) menores a 400 km, expresa la aceleración en gals.
- 8) $a = e^{(2.48456+0.73377M-0.01509M^2-0.50558\log(R+1)-0.00935R)}$
Propuesta por Crouse (1987) (en Douglas, 1991) para sismos corticales, expresa la aceleración en gals para suelos con un espesor de sedimentos mayor que 60 m.
- 9) $a = e^{(-0.9+M-1.9\ln(R+0.9918e^{0.5263M})+0.004H+0.31)}$
Propuesta por Lin y Lee (2008) para sismos intermedios (en la placa subyacente) en zona de subducción, expresa la aceleración en unidades de gravedad para suelos.

Aceleraciones para sismos de diseño en cada zona sismogénica

Los sismos de diseño C (10% de probabilidad de excedencia en 5 años) y D (50% de probabilidad de excedencia en 10 años) tienen la particularidad de presentar las magnitudes esperadas que mejor aproximan a las máximas magnitudes registradas en cada zona sismogénica considerada. Por esta razón, la Tabla 5 (a-d) muestra las aceleraciones probables de ser excedidas en el sitio de interés por acción de los sismos de diseño C y D para sismos corticales e intermedios. Los resultados correspondientes a los sismos de diseño restantes se presentan en el anexo.



Gobierno de la Provincia de Mendoza

-

**Hoja Adicional de Firmas
Informe Firma Ológrafa**

Número:

Mendoza,

Referencia: A.P PBN Perforacion Pozo PBN.x-101(h) 7°parte

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 100 pagina/s.