



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Máster en Ingeniería de Montes

**Estudio freaticométrico del humedal
“Bajo La Salada” (San Luis, Argentina)**

Alumno: Jonathan Martínez Díez
Tutor: Felipe Bravo Oviedo
Convocatoria: Septiembre de 2015

INDICE

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	5
2.1. Definición y características generales	5
2.2. Funciones de los ambientes salinos.....	6
2.3. Salinización de suelos.....	7
2.4. Tolerancia al estrés salino.....	8
2.5. Movimiento del agua en el suelo	9
2.6. Relaciones entre la vegetación halófito, los suelos y el nivel freático	10
2.7. Antecedentes en San Luis.....	13
3. OBJETIVOS	15
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
4.1. Localización del área de estudio	16
4.2. Descripción del área de estudio	17
4.2.1. Fisiografía.....	17
4.2.1.1. Provincia fisiográfica	17
4.2.1.2. Clima	18
4.2.1.3. Gran paisaje	20
4.2.1.4. Paisaje.....	21
4.2.1.5. Tipos fisonómicos y especies dominantes	23
4.2.2. Hidrología.....	25
4.3. Plan de trabajo	26
4.3.1. Trabajo de campo	26
4.3.1.1. Levantamiento topográfico	27
4.3.1.2. Determinación de la profundidad a la capa impermeable y freática	27
4.3.1.3. Toma de muestras de agua.....	27
4.3.2. Trabajo de laboratorio	28
4.3.2.1. Análisis de agua	28
4.3.3. Trabajo de gabinete.....	28
4.3.3.1. Comparación de parámetros	29
4.3.3.2. Análisis de resultados.....	29
4.3.3.3. Análisis estadísticos	29
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
5.1. Topografía del sector de estudio	30
5.2. Nivel freático	31
5.3. Contenido de sales de la freática	33
5.4. Parámetros determinados para el primer muestreo	40
5.5. Parámetros determinados para el segundo muestreo.....	45
5.6. Comportamiento de las sales de la freática.....	50
5.7. Comparación freática 2011 vs 2015.....	51
6. CONCLUSIONES.....	56

7. BIBLIOGRAFÍA.....	58
8. ANEXOS	63
8.1. Anexo Fotográfico	63
8.2. Anexo Cartográfico.....	70

1. RESUMEN

El movimiento de las sales dentro del perfil del suelo y su acumulación está asociado a la concentración salina de las aguas subterráneas o del nivel freático. Así, los humedales, tienen en común la presencia más o menos permanente de agua salada, lo que condiciona su dinámica y evolución.

El siguiente estudio comprende la instalación de una red freaticométrica en el humedal “Bajo La Salada”, al Norte de la ciudad de Villa Mercedes, en la provincia de San Luis (Argentina), como herramienta para el monitoreo de la problemática asociada al aumento de los niveles freáticos y salinización de suelos, debidos a los actuales procesos que están teniendo lugar en la parte baja de la Cuenca “El Morro” (San Luis, Argentina).

Se considera relevante la realización de este trabajo de investigación, dado el importante papel que desempeñan los humedales, como áreas que reducen la velocidad y flujo de los excesos hídricos facilitando la deposición de sedimentos. El objetivo es estudiar el comportamiento del nivel freático y la salinidad del humedal a lo largo del invierno.

Las principales conclusiones extraídas por el presente estudio sostienen que las aguas superficiales y freáticas presentes en el humedal “Bajo La Salada” poseen el mismo contenido salino, de características sulfatos-sódicas por su alto contenido en sulfatos (SO_4^{2-}) y sodio (Na^+); y muestran una tendencia creciente en los últimos años. Los niveles freáticos se desplazan en dirección Sureste a lo largo de la estación invernal; presentan diferencias estadísticamente significativas para los diferentes tipos fisonómicos de la zona de estudio; y al igual que los niveles de salinidad de las aguas, revelan una tendencia creciente en los últimos años.

2. INTRODUCCIÓN

La aparición de nuevos cursos de agua en la Cuenca "El Morro" (San Luis, Argentina) está generando una serie de impactos negativos en la región y presenta serias amenazas a futuro, lo que plantea la urgente necesidad de un mejor entendimiento de estos procesos a fin de minimizar los daños. La formación de nuevos ríos involucra una serie de cambios en el transporte de agua, suelos, sedimentos y sales. El fenómeno involucra fundamentalmente un ascenso progresivo de los niveles freáticos, generando pequeñas áreas de bañados a partir de las cuales se produce en algunos casos una serie de colapsos que determina el origen de un nuevo curso de agua. La causa principal de este proceso es un cambio en el balance hídrico, en el cual los nuevos excesos hídricos serían producto de un aumento en las precipitaciones y una disminución de las pérdidas evapotranspirativas, producto de los cambios de uso de suelo en la cuenca (Comisión Río Nuevo, 2015).

Uno de los impactos en la parte baja de la cuenca, es el anegamiento por ascenso del nivel freático y salinización de suelos (Comisión Río Nuevo, 2015).

El nivel freático es un factor importante en la determinación de los patrones de salinización y determina la aparición de condiciones particulares, originando un ambiente en el que se van a instalar organismos especialmente adaptados o que se ven favorecidos competitivamente (Rogel, 1999). El movimiento de las sales dentro del perfil del suelo y su acumulación en la superficie está asociado con la concentración salina del nivel freático (Oliveira *et al.*, 1997) y es causada por difusión, convección o ambos procesos simultánea o sucesivamente (Lavado *et al.* 1992).

Los suelos que permanecen inundados estacionalmente originan complejos gradientes ambientales que condicionan la distribución de la vegetación (Barbosa *et al.* 2012). Dichos gradientes tienen un componente espacial, al existir zonas con mayor acumulación de sales o inundaciones más prologadas, pero también temporales, al secarse el suelo y concentrarse las sales en los periodos secos, o diluirse estas en los meses lluviosos (Rogel, 2000).

2.1. Definición y características generales

Los límites entre lo que se considera o no un humedal, son un tanto controvertidos. Existen muchas definiciones del término, algunas basadas en criterios principalmente ecológicos y otras más orientadas a cuestiones vinculadas a su manejo. La Convención sobre los Humedales (de Ramsar, 1996) los define en forma amplia como: "Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

Los humedales cubiertos de agua salina se denominan en ocasiones saladares. Sin embargo este último término no es utilizado en la Argentina, ajustándose mejor el término "Bajo Salino" o "Depresión Salina".

Los suelos halomorfos o salinos son aquellos en los que existe una acumulación de sales más solubles que el yeso tan elevada, que interfiere en el correcto crecimiento de plantas no especializadas (Richards, 1973).

No sólo es importante la concentración de sales sino también su tipología, por el distinto efecto sobre las propiedades físicas del suelo y la toxicidad y el desequilibrio de nutrientes que pueden provocar para las plantas (Richards, 1973; Shainberg, 1975; Pizarro, 1984; Porta *et al.*, 1999).

En condiciones ambientales similares, los suelos salinos pierden mayor cantidad de agua por evaporación que los no salinos, debido a que mantienen la superficie húmeda durante periodos de tiempo más prolongados. Esto se debe a que al secarse el agua en la superficie de un suelo salino la concentración de sales se incrementa, aumentando la presión osmótica de la solución, lo que provoca un mayor movimiento del agua desde los horizontes profundos hacia los superficiales (Payne, 1988).

Los tipos de sales más comunes en estos suelos son los cloruros y sulfatos, de reacción neutra, y carbonatos y bicarbonatos de sodio, de reacción alcalina. En menor proporción pueden aparecer nitratos y boratos.

Por otro lado, se denominan plantas glicófitas, aquellas que no pueden tolerar el estrés salino. Sin embargo, las plantas halófitas, son aquellas que crecen de forma natural en suelos con alta salinidad y, por tanto son tolerantes al estrés salino. Un relevamiento de las plantas halófitas demostró que están muy extendidas entre los diversos órdenes de las plantas superiores (Flowers *et al.*, 1977).

2.2. Funciones de los ambientes salinos

La necesidad de conservación de sitios en ambientes hidrohalomórficos, como reservas biogenéticas, ha sido largamente reconocido y actualmente es motivo de programas a nivel continental (Directiva 92/43/CEE), incluso algunos autores como Schnack *et al.* (2000) proponen la utilización de humedales antrópicos con estos fines.

Según Cantero *et al.* (1996), los argumentos que fundamentan la importancia de la conservación de este tipo de ambientes son:

- Los ambientes salinos son áreas naturales donde las comunidades vegetales y animales están principalmente determinadas por características hidrológicas y geomorfológicas, y procesos ecológicos muy singulares.

- Los ambientes salinos están compuestos por flora y fauna principalmente halofíticas, altamente especializadas y exclusivamente asociadas a estos hábitats.
- El aislamiento continental de algunos de estos ambientes salinos tiene un valor especial para su conservación, en relación a la dispersión de las halófitas.
- Los humedales son áreas que reducen la velocidad y flujo de los excesos hídricos facilitando la deposición de sedimentos.
- Los humedales son ambientes donde la materia y la energía provenientes de los paisajes funcionalmente interconectados de la región se acumulan y participan en la reorganización del paisaje.
- Los humedales proveen refugios para el descanso, protección, alimentación y apareamientos de muchas aves y mamíferos.
- Los humedales son ambientes propicios para desarrollar el proceso de educación ambiental.
- Los humedales son ambientes que poseen un gran valor paisajístico.

En regiones áridas y semiáridas juegan un importante papel en la regulación de los ciclos hídricos, al ser zonas de descarga y recarga de aguas subterráneas, lo que contribuye a retardar los picos de crecientes (Gómez Cerezo, 1995). Igualmente son reguladores del clima local, tanto por la evaporación de la lámina de agua superficial como por la evapotranspiración de la vegetación, al generar ambientes más húmedos y frescos que los de las zonas circundantes (Ramírez-Díaz, 1989; Pielke *et al.*, 1993).

2.3. Salinización de suelos

A pesar del valor intrínseco de estos ecosistemas, la salinización de los suelos se plantea actualmente como uno de los mayores problemas que contribuyen al aumento de la degradación y pérdida de capacidad productiva de un territorio (Porta *et al.*, 1999), y que afecta a más de 830 millones de hectáreas en más de 100 países (Martínez-Beltrán *et al.*, 2005).

La constante formación de suelos salinos y sódicos constituye un problema para la agricultura, ya que la presencia de altas concentraciones de Na^+ , Cl^- , Mg^{++} y SO_4^- inhibe el crecimiento de muchas plantas. Existen 380 millones de hectáreas en el mundo que son potencialmente utilizables en agricultura, pero en estos lugares la producción está severamente restringida por la salinidad. Las áreas salinas del centro de la Argentina cubren aproximadamente 2.5 millones de hectáreas, de las cuales el 20% constituyen lagos salinos permanentes y semipermanentes. Este problema se agrava continuamente debido a las prácticas de drenaje y a la expansión de la

agricultura irrigada en zonas áridas con altas tasas de evapotranspiración (Malpassi *et al.*, 2004).

La salinización de los suelos se produce, principalmente, por el uso inadecuado de aguas con alto contenido salino para el riego; por la deforestación y el sobrepastoreo, que eliminan la cubierta vegetal y contribuyen a la compactación del suelo, alterando negativamente su estructura, favorecen el ascenso capilar de aguas subterráneas, en ocasiones salinas; y por el uso masivo e indiscriminado de productos químicos, encaminado a obtener elevados rendimientos a corto plazo (Szabolcs, 1994).

Otro factor que podría provocar un aumento en los fenómenos de salinización de suelos es el cambio climático predicho para los próximos años, que actuaría a dos niveles: Por una parte, al aumentar la aridez se tendería a un incremento de las áreas regadas, con el consiguiente riesgo de salinización secundaria y, por otra, la elevación del nivel de los mares podría provocar un aumento de las zonas salinas litorales (Szabolcs, 1994).

En las zonas afectadas por salinidad, la principal solución ha sido la sustitución de los cultivos sensibles por otros más tolerantes. Las técnicas de lavado de suelos han reducido el problema en algunos países, pero los costos de esta tecnología no están siempre al alcance de todos, por lo que se ha recurrido al empleo de cultivos con mayor tolerancia, como remolacha azucarera, cebada, algodón, etc., para reemplazar cultivos tradicionales (Shannon, 1997).

Sin embargo, esta opción puede no tener interés por problemas de mercado, particularidades climáticas o necesidades nutricionales de la población, por lo que resulta más importante disponer de variedades tolerantes de los principales cultivos como arroz, trigo, soja, hortícolas, etc. Esta necesidad es aún mayor cuando la calidad del agua de riego es menor, por las prioridades establecidas (consumo humano y actividad industrial) y en algunos casos sequía (Leidi *et al.*, 2002).

2.4. Tolerancia al estrés salino

El crecimiento de las plantas está afectado por la alta salinidad, así como también por la baja presión parcial de oxígeno, la alta concentración de dióxido de carbono, el alto contenido de metano, las condiciones redox diferentes de varios minerales del suelo, la microflora del suelo específica, entre otros. Sin embargo, los dos problemas principales que restringen severamente el crecimiento de las plantas en ambientes con alta concentración de sales son: La presencia de altas concentraciones de iones específicos (como Na^+ y Cl^-) y el bajo potencial hídrico en el suelo (Malpassi *et al.*, 2004).

Por lo tanto, la salinidad afecta al crecimiento y producción de los cultivos al reducir el potencial hídrico de la solución del suelo, disminuyendo así la disponibilidad de agua, y al crearse un desequilibrio nutritivo dado la elevada concentración de

elementos (Na^+ , Cl^-) que pueden interferir con la nutrición mineral y el metabolismo celular. En consecuencia, los diversos efectos observados a distinta escala, desde la reducción de turgencia y crecimiento hasta la pérdida de la estructura celular por desorganización de membranas e inhibición de la actividad enzimática, son el producto combinado de estrés hídrico, toxicidad iónica y desequilibrio nutricional (Leidi *et al.*, 2002).

Para desarrollarse y completar sus ciclos de vida en estos ambientes salinos, los halófitos deben tolerar concentraciones de Na^+ y Cl^- que son muy elevadas en comparación con otros iones esenciales (Ungar, 1991). En suelos no salinos eso significa una concentración mínima de 0.1 M NaCl en la solución edáfica; sin embargo, en bajos salinos la concentración que se encuentra es similar a la del agua de mar o alrededor de 0.5 M NaCl (Fructuoso, 2002) y, frecuentemente, se llegan a alcanzar salinidades superiores, del orden de 1 M NaCl (Flowers, 1985). En situaciones de aridez (como ocurre en la provincia de San Luis), estas altas concentraciones de sales llegan a precipitar en la superficie del suelo.

La tolerancia a la salinidad lleva a las plantas a distintas adaptaciones: La mayoría de ellas tienden a neutralizar el exceso de salinidad, algunas lo evaden y unas pocas logran tolerarlo (Fructuoso, 2002). La mayor parte de las plantas neutralizan los efectos de la salinidad mediante la limitación de la reproducción (creciendo y germinando durante períodos específicos del año), limitando la absorción de sal, o permitiendo a las raíces penetrar en capas menos salinas del suelo (Sen *et al.*, 1982; Waisel, 2012). La evasión del estrés salino se consigue mediante la acumulación de sales en células específicas y tricomas, o gracias a la secreción del exceso de sal a través de glándulas especializadas (Waisel, 2012). Sólo un pequeño grupo de halófitos muestran esta habilidad, entre ellos los géneros *Limonium*, *Frankenia* y *Tamarix*. En los halófitos extremos falta esta habilidad excretora, presentando una elevada succulencia (Sen *et al.*, 1982). Este aumento de la succulencia tiene dos finalidades: Anular los efectos tóxicos de la acumulación de iones diluyendo su concentración y disminuir la tensión osmótica interna a fin de poder absorber agua del suelo. Esta succulencia es el carácter más frecuente entre las dicotiledóneas.

2.5. Movimiento del agua en el suelo

El problema del bajo potencial hídrico se debe al estado energético y el movimiento del agua en el suelo. Este queda determinado por la energía potencial en cada punto, expresada como una diferencia de potencial. El potencial hídrico (Ψ) de todo suelo queda definido por tres componentes (Porta *et al.*, 1999):

$$\Psi = \Psi_g + \Psi_p + \Psi_o$$

donde Ψ_g es el potencial gravitacional, en el que la masa de agua está sometida al campo de fuerzas gravitatorio; Ψ_p es el potencial de presión, que recoge los efectos debidos a la presión del aire, la configuración matricial del suelo y la presión hidrostática en aquellos suelos saturados de agua; y Ψ_o es el potencial osmótico, debido a la presencia de iones en el suelo.

Cuando desciende el potencial hídrico de un suelo (Ψ), como consecuencia de la disminución del potencial osmótico (Ψ_o) debido al incremento de las sales disueltas, el potencial hídrico intracelular debe disminuir, bien incrementando el contenido de solutos (es decir, aumentando la presión osmótica de la savia) o aumentando la capacidad de retención de agua (Win Jones, 1981). En caso de no tener lugar estas respuestas, los tejidos vegetales pierden presión de turgencia y se deshidratan.

2.6. Relaciones entre la vegetación halófila, los suelos y el nivel freático

Los suelos y la distribución de la vegetación de las áreas salinas han sido objeto de numerosos trabajos. El estudio de las causas que dan lugar a la zonación de las plantas en estas áreas se ha centrado, primeramente, en factores físicos, tales como los periodos de inundación o la salinidad edáfica; para ir profundizando, posteriormente, en la importancia de factores bióticos, como la competencia interespecífica (Rogel, 1999).

Chapman (1960) realiza un exhaustivo repaso de las características de la vegetación, fisiografía, fisiología y desarrollo de regiones salinas, conjuntamente con los niveles del agua freática y sus suelos. Destaca la importancia de dos factores edáficos que hasta el momento habían recibido poca atención en este tipo de trabajos: La presión osmótica de la solución del suelo, como limitante para la absorción de agua por las plantas; y la correcta identificación de las diferentes especies iónicas presentes en el mismo, así como su concentración, a las que atribuye mayor importancia, para explicar la zonación de la vegetación, que la salinidad total. Así mismo, afirma que los cambios de la salinidad en el perfil, debido al movimiento horizontal de sales, parecen operar con más intensidad en las zonas salinas topográficamente más elevadas y expone que la zonación de la vegetación en estas áreas puede indicar un proceso de sucesión.

Ungar (1968, 1970, 1972) reconoce el gradiente humedad-salinidad como el factor ambiental más importante en la distribución de la vegetación halófila continental. Sin embargo, Corre (1976), determina que son las características variables del medio las que intervienen en la distribución de las especies y no sencillamente la concentración salina. Rajpurohit *et al.* (1979), concluye que también existen interacciones importantes de factores ambientales con la salinidad, reconociendo a la inundación como un componente ambiental condicionante de la distribución de la vegetación.

Es así entonces, que el suelo juega un papel fundamental en estos ecosistemas, pues en él se originan complejos gradientes ambientales que condicionan la distribución de la vegetación. Dichos gradientes tienen un componente espacial, al existir zonas con mayor acumulación de sales o inundaciones más prologadas, pero también componentes temporales, al secarse el suelo y concentrarse las sales en los periodos secos, o diluirse estas en los meses lluviosos (Lavado *et al.*, 1988; Rogel *et al.*, 2007; González-Alcaraz *et al.*, 2014).

La profundidad de la capa freática es un factor importante en la determinación de los patrones de salinización. Cuando ésta se encuentra cerca de la superficie del suelo, las sales ascienden por capilaridad y se depositan en la superficie, no así cuando se trata de aguas subterráneas profundas. Durante la estación lluviosa el nivel de agua asciende y las sales son diluidas, mientras que en la estación seca ocurre un descenso en el nivel de agua por evaporación, de modo que éstas se concentran y acumulan en la superficie del suelo (Malpassi *et al.*, 2004).

La precipitación de sales en un cuerpo de agua salino sigue un patrón típico (Figura 1). La secuencia comienza con las sales menos solubles en la periferia del cuerpo de agua y termina con las sales más solubles en el centro del mismo. Las primeras sales incluyen a los carbonatos de calcio y magnesio, mientras que las segundas, a los sulfatos y bicarbonatos. Los últimos en precipitar son, generalmente, los cloruros (Malpassi *et al.*, 2004). Esta circunstancia hace que sean necesarios muestreos estacionales a lo largo del año, para evaluar correctamente estos gradientes citados.

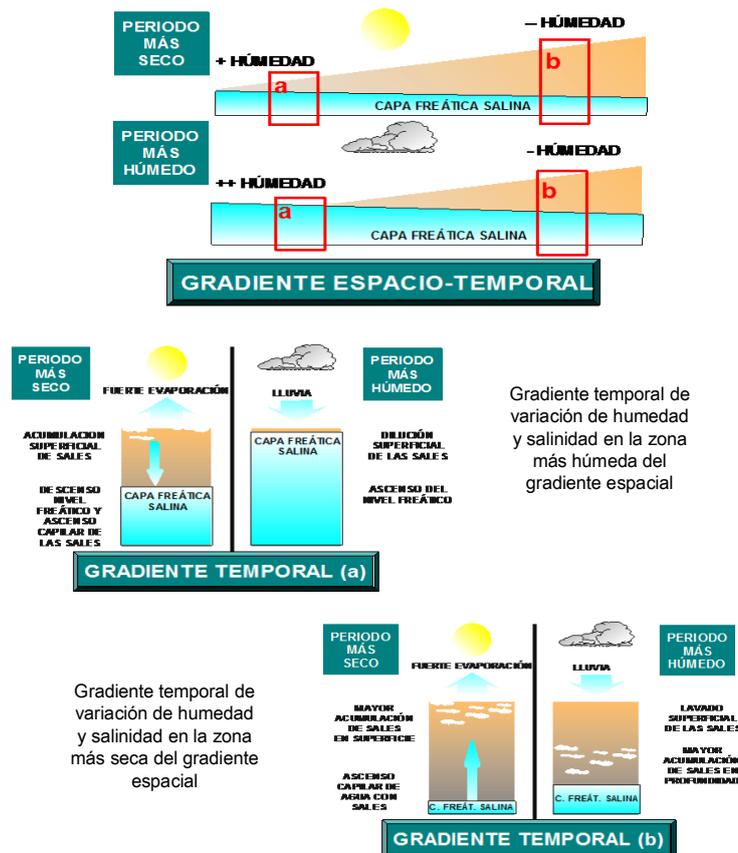


Figura 1. Modelo conceptual de los gradientes espaciales (entre las zonas a y b) y temporales (entre los periodos húmedo y seco) de humedad y salinidad en los suelos de humedales salinos (Rogel, 1999).

Los procesos dinámicos en la vegetación de los humedales dependen principalmente de las condiciones de humedad (Dwire *et al.*, 2006; Lowry *et al.*, 2011; Mata-González *et al.*, 2012), que están relacionadas con la profundidad del nivel freático y la intensidad de infiltración. Un nivel freático poco profundo facilita la interacción con las raíces de la vegetación, suministra agua a las plantas e influye en la disponibilidad de oxígeno y nutrientes en el suelo, a través de las fluctuaciones del propio nivel freático (Muneepeerakul *et al.*, 2008).

A su vez, la vegetación afecta al balance de agua del suelo a través de la dinámica de crecimiento, la transpiración y la interceptación. Este fuerte acoplamiento entre la vegetación de los humedales y el nivel freático conduce a importantes e interesantes procesos de retroalimentación (Ridolfi *et al.*, 2006; Rodríguez-Iturbe *et al.*, 2007; Laio *et al.*, 2009).

La creación de modelos que describen la relación entre las condiciones de hábitat y la vegetación es uno de los métodos más comúnmente aplicados en la

conservación moderna de humedales (Chormanski *et al.*, 2009; Piniewski *et al.*, 2012). He ahí, el creciente número de estudios destinados a definir la relación con factores medioambientales individuales; de los cuales, la vegetación es el factor más utilizado para la creación de estos modelos debido a la facilidad de observación y los costes relativamente bajos (Venterink *et al.*, 1997; Diekmann, 2003; Holtland *et al.*, 2010).

En los sectores con mayor estrés ambiental la zonación de las plantas se debe, fundamentalmente, a su capacidad adaptativa a las condiciones del suelo. Por el contrario, en aquellas áreas en las que las condiciones edáficas son menos severas para el desarrollo vegetal la competencia interespecífica por los recursos parece ser el factor principal que determina las especies dominantes (Levine *et al.*, 1998). Esta estrecha relación entre características del suelo y vegetación ha llevado a proponer el uso de las plantas halófitas como indicadores de las condiciones edáficas (Tóth *et al.*, 1995; Cantero *et al.*, 1998; Rogel, 2000; Rogel, *et al.*, 2001; González-Alcaraz *et al.*, 2014).

2.7. Antecedentes en San Luis

En forma específica y a nivel provincial, la vegetación es estudiada por pocos autores, entre ellos, Gez *et al.* (1939) quién describe las especies más representativas para cada ambiente en que divide la provincia. Roig (1960) presenta un bosquejo fitogeográfico de las provincias de Cuyo, con descripciones sobre la estructura de la vegetación y las especies más características de cada una de ellas. Anderson *et al.* (1970) presenta un mapa de las áreas salinas y las listas florísticas con las especies típicas de dichos ambientes; debiéndose aclarar que dada la antigüedad del trabajo éstas seguramente presentarán modificaciones en la actualidad, por encontrarse en un área de gran actividad humana.

Posteriormente, Peña Zubiarte *et al.* (1990b), describe los suelos y la vegetación de acuerdo a un criterio fisiográfico a nivel generalizado en una escala muy amplia (1:500.000), dividiendo la provincia en 24 unidades cartográficas de suelos y vegetación. Scappini *et al.* (2004) determina en un sector vecino ubicado al Oeste del área del presente trabajo de investigación, la biodiversidad de la flora vascular por medio de listas de especies presentes. Barbosa *et al.* (2007) clasifica los humedales del Noreste del departamento Pedernera por el sistema de la Fish and Wildlife Service (FSW) llegando a la conclusión de que comprende dos sistemas: Ríos y palustre. El primero con dos subclases, perenne de caudales bajos y canal intermitente. En forma general abarca a humedales emergentes de hidrofíticas, herbáceas, erectas y enraizadas. El régimen de agua es de inundaciones temporales e inundaciones estacionales saturadas y la química del agua comprende a aguas oligosalinas y alcalinas. Más recientemente, Carosio *et al.* (2009) encuentra 126 taxones reconocidos en las Salinas del Bebedero, correspondiendo a 95 géneros y

31 familias de plantas vasculares: *Poaceae* (24%), *Asteraceae* (15%), *Fabaceae* (10%), *Solanaceae* (7%), *Chenopodiaceae* (5%) y *Verbenaceae* (4%). El remanente (35%) se distribuye en otras 25 familias, la mayoría representadas por un género cada una.

Los antecedentes sobre los suelos de estos ambientes son escasos, encontrándose los de Peña Zubiato *et al.* (1990a) y Villa *et al.* (2004) quienes realizan estudios sobre la distribución espacial de los mismos, concluyendo en la dificultad que posee la cartografía de estas áreas debido al dinamismo de las sales y alternancia de períodos húmedos y secos presentes en la zona.

La fisonomía de la vegetación en el “Bajo la Salada” es descrita por Barbosa *et al.*, (2005), y relacionada con los suelos del sector (Barbosa *et al.*, 2006). Pacheco *et al.* (2010) determina las especies dominantes de cada fisonomía.

De acuerdo a estos antecedentes, este trabajo de investigación pretende generar nuevos conocimientos sobre la freática del humedal “Bajo La Salada” (Provincia de San Luis, Argentina).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Estudiar el comportamiento del nivel freático y la salinidad del humedal “Bajo La Salada”.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar un mapa topográfico detallado del área de estudio y comparar a través de mapas de isolíneas las cotas del terreno, la capa impermeable y el nivel freático.
- Determinar las líneas direccionales del flujo freático en invierno.
- Determinar el contenido de sales, estableciendo un mapa de isosalinidad del agua freática, para establecer el dinamismo de sales.
- Comparar los niveles y salinidad de la freática con los tipos fisonómicos de vegetación.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Localización del área de estudio

El presente estudio se desarrolla en el Departamento General Pedernera, situado en la porción Noreste de la provincia de San Luis, Centro-Oeste de la Argentina; a 7 km al Norte de la ciudad de Villa Mercedes, en la depresión que se denomina “Bajo La Salada”, que posee una elevación entre 500 a 505 msnm, y una superficie de 70 ha aproximadamente; incluida en la Cuenca Hidrográfica “El Morro”, integradora de un sistema hidrológico mayor como el Río Quinto, principal recurso hídrico de la región.

Dicho sector se localiza a los 33° 37´ de latitud Sur y 65° 25´ longitud Oeste. A efectos de identificación cartográfica, se sitúa en la Hoja de Villa Mercedes, 3366-IV de la Carta Topográfica 1:250000.

El acceso al sector de estudio se realiza a través de la Autopista Provincial 55 y las Autopistas de Circunvalación de la ciudad de Villa Mercedes.

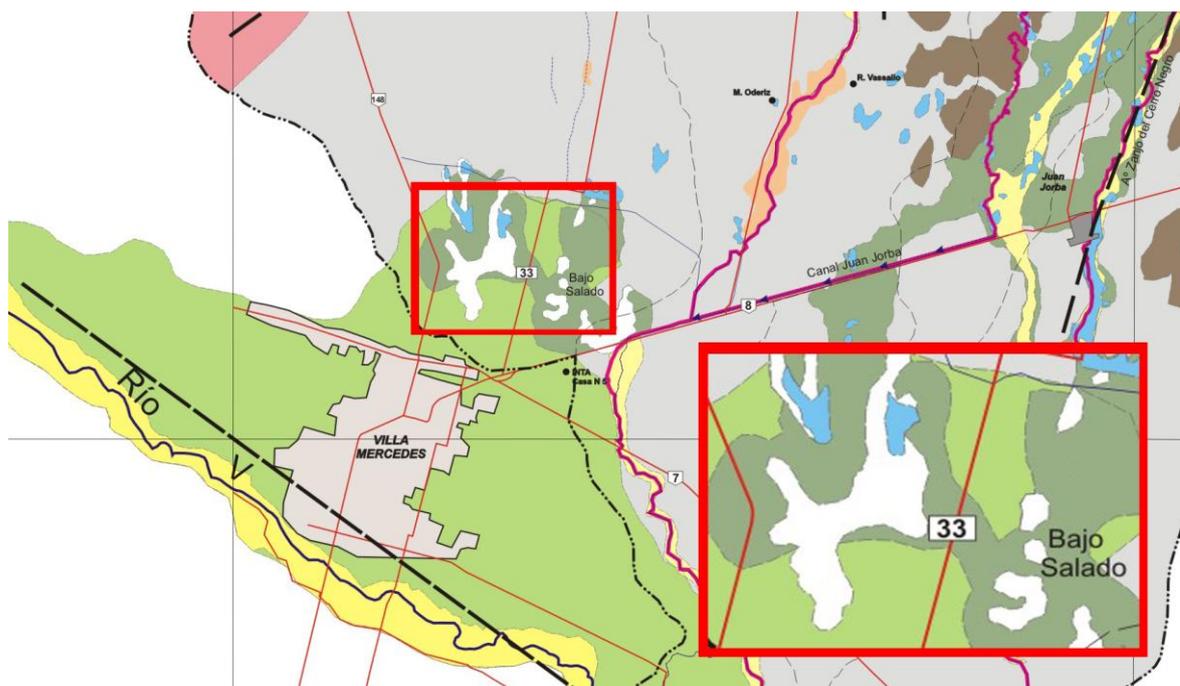


Figura 2. Mapa de localización del área de estudio (Barbeito et al., 2009).

Este sector (Figura 2) comprende la depresión salina “Bajo La Salada”, dentro de la Subcuenca “El Quebrachal”, que forma parte de la Cuenca “El Morro”. El sector cuenta con una escasa pendiente; primero en dirección Este, que drena hasta cerca de la Ruta Nacional 8, para tomar una definitiva dirección Sur-Sureste, hacia el Río Quinto, al Este de la ciudad de Villa Mercedes.

4.2. Descripción del área de estudio

4.2.1. Fisiografía

La fisiografía que domina el sector de estudio se engloba dentro de la provincia fisiográfica de la Llanura Chaco-Pampeana formada por la sedimentación fluvio-eólica ocurrida durante la época Pleistocénica-Holocénica con posterior acción de los agentes climáticos. El clima es clasificado como frío seco. El gran paisaje corresponde a la planicie medanosa sobre llanura aluvial del Río Quinto, y el paisaje corresponde a una depresión o bajo salino.

Tabla 1. Clasificación fisiográfica del sector de estudio (Pacheco *et al.*, 2010).

Provincia Fisiográfica	Llanura Chaco-pampeana
Clima	Frío seco
Gran Paisaje	Planicie medanosa sobre llanura aluvial del Río Quinto
Paisaje	1-Manto arenoso casi plano
	2-Depresión salina

4.2.1.1. Provincia fisiográfica

La Llanura Chaco-pampeana es una vasta extensión de tierras que se extienden en Sudamérica ocupando más de medio millón de kilómetros cuadrados ocupando buena parte de la Argentina y otros países limítrofes, conformada por depósitos sedimentarios de variados espesores que van desde el Mesozoico hasta el Holoceno (Barbosa, 2008). Es semejante y continuación de las otras dos grandes llanuras de América del Sur: La del Orinoco y la del Amazonas. Estas grandes llanuras son cuencas sedimentarias que tienen como ejes a grandes ríos y sus respectivas redes hidrográficas.

Se caracteriza por un relieve de formas planas, sin formas sobresalientes, presentando un suave declive desde el Noroeste hacia el Sureste.

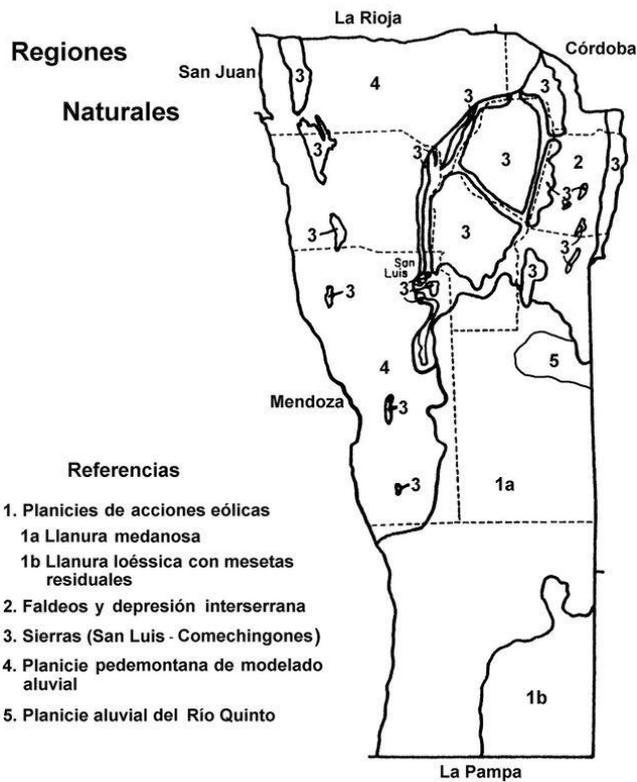


Figura 3. Regiones naturales de la provincia de San Luis (Peña Zubiarte et al., 1990b).

4.2.1.2. Clima

Resulta de interés en este contexto, el régimen de precipitaciones. Con este fin se analizaron los registros obtenidos en la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Luis (33°39'07.3" Latitud Sur y 65°25'11.7" Longitud Oeste) para el período 1903 - 2013, representativos del régimen pluviométrico que afecta al área de estudio.

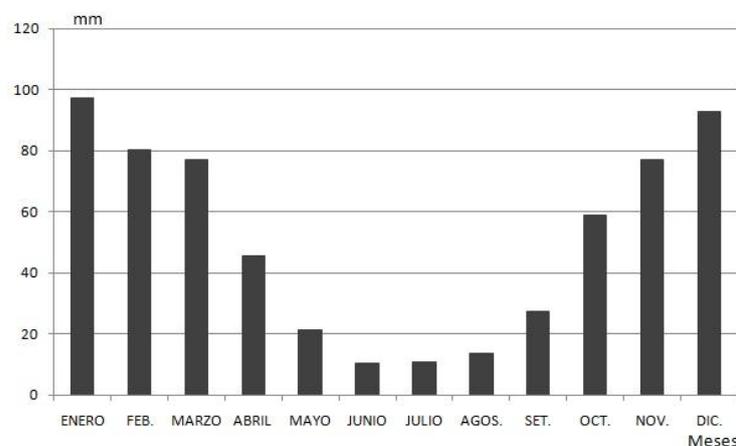


Figura 4. Precipitación media mensual en Villa Mercedes, serie 1903-2013.

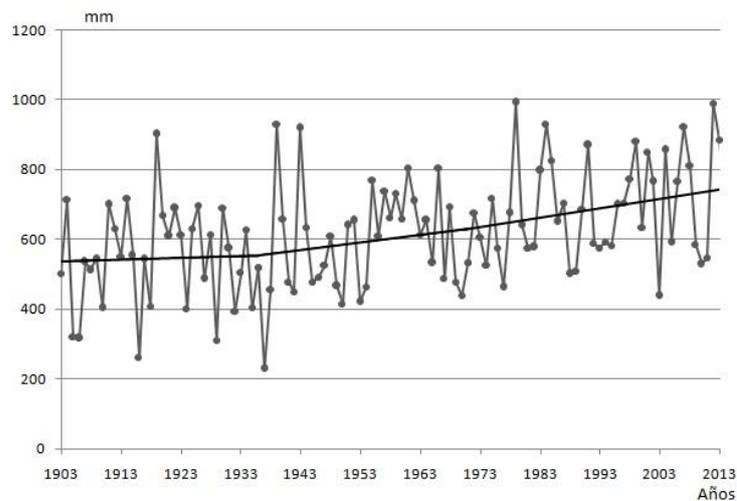


Figura 5. Precipitación anual y tendencia de su promedio en Villa Mercedes, serie 1903-2013.

En las dos últimas décadas se ha observado un aumento de los promedios anuales de precipitaciones en el sector central de la Argentina. Si bien todavía no hay una tendencia fija, en las décadas pasadas este fue un hecho fundamental, con el corrimiento de las isolíneas de precipitación hacia el Oeste (Barbosa, 2005). En el gráfico anterior (Figura 5) se puede observar una tendencia creciente de las precipitaciones anuales durante el período 1903 - 2013. Es posible considerar entonces una relación directa entre incrementos de las precipitaciones y ascenso del nivel freático.

También se analizaron las precipitaciones ocurridas durante el año 2015 hasta la fecha de finalización del presente estudio (Figura 6).

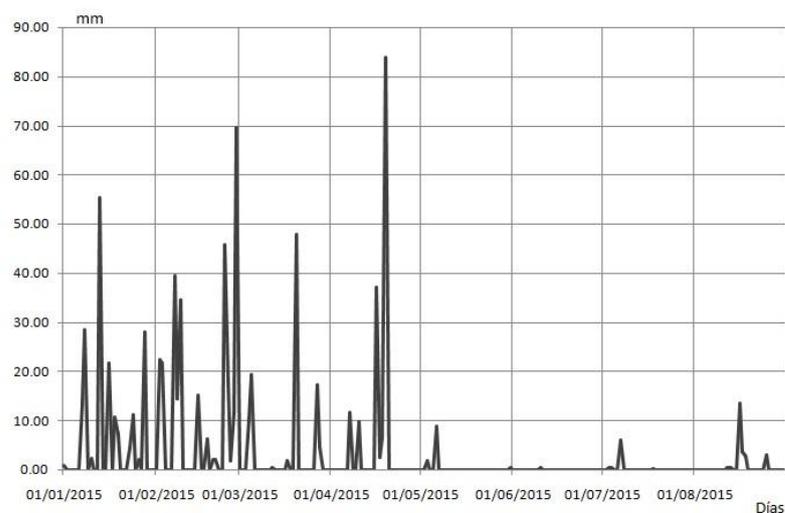


Figura 6. Precipitación diaria en Villa Mercedes, año 2015.

Así mismo, se analizaron los registros representativos del régimen de temperaturas, para el mismo período, 1903- 2013, que se puede observar en la Tabla siguiente, mostrando las temperaturas medias más elevadas para enero y las más frías para julio.

Tabla 2. Caracterización de las temperaturas en Villa Mercedes, serie 1903-2013.

Temperatura	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Media	23,2	22	19,4	15,2	11,8	7,9	7,8	9,2	13	16,3	19,9	22,2	15,6
Máxima media	31,1	30,2	27,8	24,1	23	18,3	17,6	19,6	22,1	24,4	27,8	30	24,6
Mínima media	15,2	14,2	12,2	8,5	5	0,9	0,8	1,4	4,3	8,3	11,5	14,2	8,05
Máxima absoluta	41,4	42,6	38,1	34	31,5	31,6	30,2	32	35,6	39	39,5	43,3	43,3
Mínima absoluta	5	1,2	-1,7	-3,7	-8,4	-12,4	-14,2	-12	-9,4	-6,4	-4,4	2,3	-14,2

En toda la extensión prevalece un clima continental frío con temperatura media de 15,6 °C, y precipitación media de 616,75 mm (Figura 5), de característica seca a semiárida por su bajo índice de humedad de Thornthwaite y su déficit hídrico (Barbosa 2008).

4.2.1.3. Gran paisaje

El gran paisaje corresponde a la planicie medanosa sobre llanura aluvial del Río Quinto que se encuentra limitando la planicie aluvial actual del Río Quinto. Según Galvan *et al.* (2009) este gran paisaje se corresponde con una antigua planicie aluvial formada por sedimentos aluvionales (arenas y gravas) con cubierta de arenas loésicas (médanos). Mientras la Planicie aluvial actual está formada por material aluvional reciente (arenas y gravas aluviales en fondo y terrazas).

Este plano aluvial antiguo presenta relieve plano suavemente ondulado con inclusión de médanos aislados. Completan el marco morfológico un paleocauce obliterado por cubierta eólica probablemente asociado al aporte lateral de una paleored fluvial conformada por la confluencia de los actuales sistemas Arroyo Nuevo y Arroyo El Quebrachal y la depresión La Salada, ligada a paleoformas fluviales del Río Quinto (Galván *et al.*, 2009).

El drenaje en la planicie aluvial antigua es mantiforme con ausencia de ejes definidos de avenamientos y sobreimposición de los aportes laterales, con diseño meandriforme en el caso del Arroyo Zanjón del Cerro Negro y alterado por canalización, en el caso del Arroyo Nuevo. En el plano aluvial actual el cauce del Río Quinto se ajusta a un diseño meandriforme de baja sinuosidad y en partes, a tramos rectos por probable control estructural en profundidad (Galván *et al.*, 2009).

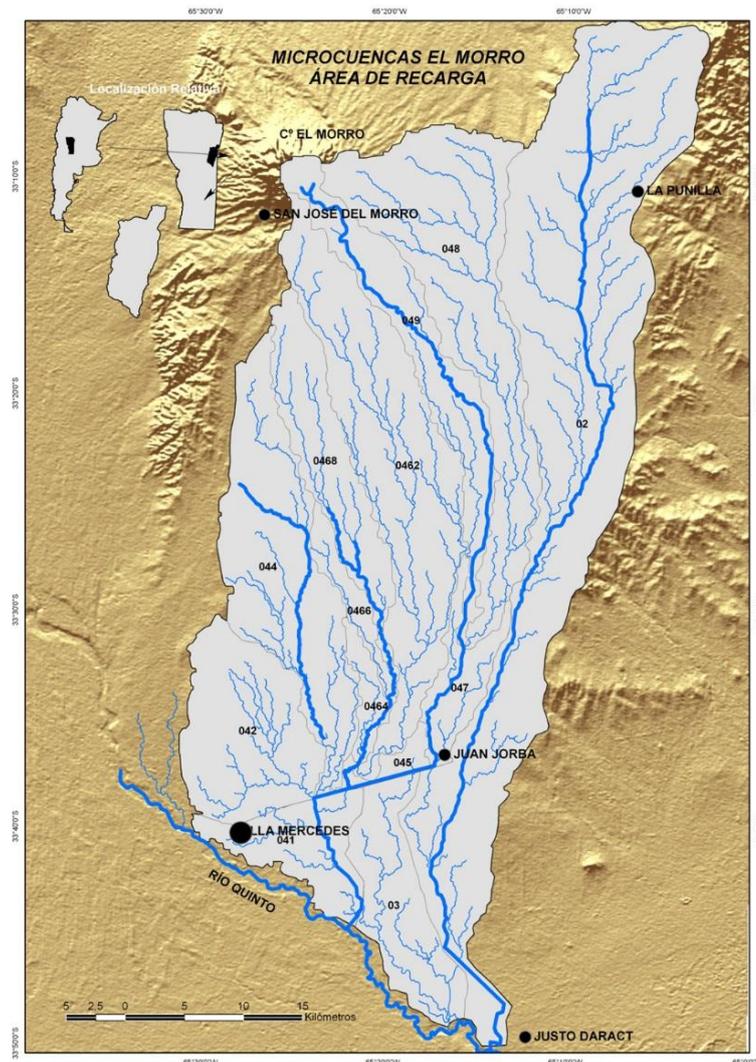


Figura 7. Ubicación geográfica de la Cuenca “El Morro” y sus microcuencas. El mapa indica la presencia de cauces actuales (líneas azules gruesas) y potenciales (líneas azules finas) según la topografía del terreno (Barbeito *et al.*, 2009).

4.2.1.4. Paisaje

En el área de estudio se encuentran dos paisajes bien diferenciados. El primero de ellos, el manto arenoso casi plano, comprende el sector más alto de la zona de trabajo, se presenta muy suavemente ondulado con pendientes menores del 1 %. Este paisaje domina a la depresión salina. Los suelos de este sector son de texturas arena franca a franca arenosa, pH levemente alcalinos, baja fertilidad y retención hídrica.

De acuerdo a la carta de suelo (Peña Zubiarte *et al.*, 2000), la unidad cartográfica que responde al paisaje “manto arenoso casi plano” corresponde a un complejo, denominado Villa Reynolds (VR). El mismo se compone de la serie Villa

Reynolds 70 %, serie Estancia La Unión (20 %) y un 10 % de inclusiones. El perfil modal más generalizado es un Haplustol ácuico serie Villa Reynolds.

La depresión o bajo salino, corresponde al sector más bajo del área de estudio, con característica de una gran cubeta y pendientes de forma compleja menores del 1 %. Los paisajes vecinos, más altos, dominan a esta depresión. Sus suelos son de texturas areno franca a arenosa, pH alcalinos, de baja fertilidad y retención hídrica, con mantos freáticos superficiales y algunos con claros signos de hidromorfía.

La misma carta de suelo lo incluye dentro de la unidad cartográfica de grupo no diferenciado, cuyo nombre es "Bajo La Salada", simbolizado en el mapa como Co 11 (Figura 8). Según esta cita abarca el área ligeramente deprimida que bordea el sector Norte de la ciudad de Villa Mercedes.

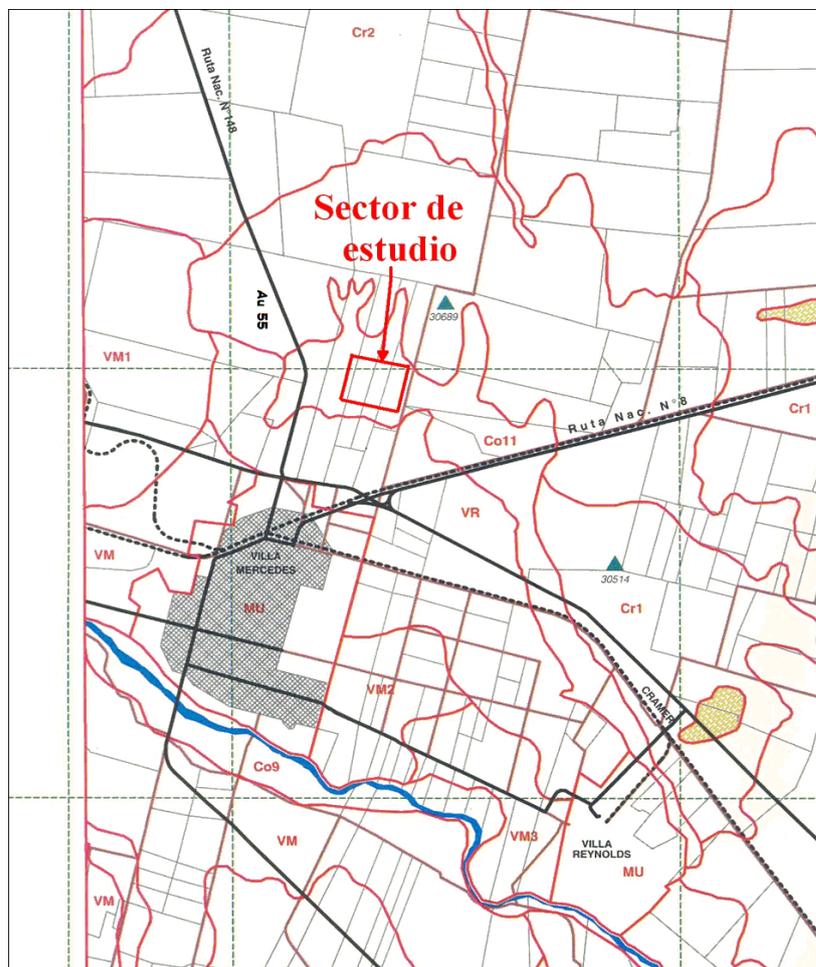


Figura 8. Mapa de suelos del sector de estudio (Peña Zubiarte et al., 2000).

4.2.1.5. Tipos fisonómicos y especies dominantes

Barbosa *et al.*, (2005) determinó los tipos fisonómicos de vegetación presentes en el “Bajo La Salada”, encontrando cinco tipos fisonómicos y dos zonas de ecotonos. Posteriormente, Pacheco *et al.* (2012) profundizó el estudio de la fisonomía y determinó las especies dominantes de cada uno de ellos, que se muestra en la Tabla 3. Asimismo en la Figura 9 se observa la estructura de cada tipo fisonómico.

El subpaisaje sector llano (A) corresponde al sector más alto del sector y se caracteriza por la presencia de especies tales como *Prosopis caldenia* (“Calden”) y *Geoffroea decorticans* (“Chañar”), especies altamente deseables por su madera y que prácticamente han dejado de encontrarse en forma de bosques en el sector, presentándose en forma de monte halófilo.

El sector alto (B) comprende matorrales halófilos de *Atriplex undulata* y *Atriplex lampa* (“Zampa”), que termina muchas veces abruptamente en forma de un pequeño escarpe o barranco.

Prosigue un sector intermedio (C) que posee pendientes cortas con salinidad en superficie donde se encuentran parches de arbustal halófilo rastrero compuesto por *Sarcocornia neei* (“Jume”) como especie dominante.

Posteriormente se encuentra un sector bajo con salinidad en superficie que posee una pradera halófila con *Distichlis spicata* (“Pasto salado”) como especie dominante. Esta pradera se encuentra en forma abierta (D), donde el “Pasto salado” se encuentra dominando al suelo desnudo o de manera densa (E), siendo lugares con inundaciones temporales y aparición de algas.

Por último aparece un sector con inundaciones periódicas (F), las playas salinas, que se corresponden con los sectores más bajos, con pequeños cauces efímeros en épocas de lluvias o donde el agua forma lagunas.

(Ver 8.1. Anexo Fotográfico)

Tabla 3. Tipos fisonómicos y especies dominantes (Pacheco et al., 2010).

Subpaisaje	Símbolo	Tipo fisonómico	Especie dominante
Sector llano	A	Monte halófilo	<i>Prosopis caldenia</i> y <i>Geoffroea decorticans</i>
Sector alto	B	Matorral halófilo	<i>Atriplex spp</i> (Zampa)
Sector bajo con salinidad en superficie	C	Parches de arbustal halófilo rastrero	<i>Sarcocornia neei</i> (Jume)
	D	Pradera halófila abierta	<i>Distichlis spicata</i> (Pasto salado)
	E	Pradera halófila densa	
Cauce y lagunas temporarias	F	Playa salina	Suelo desnudo

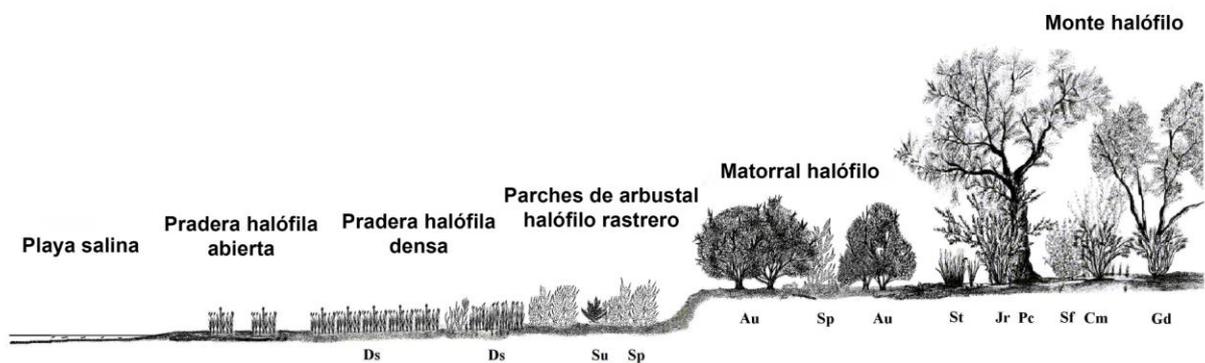


Figura 9. Perfil de distribución de la vegetación del área de estudio (Ds: *Distichlis spicata*; Jr: *Jodina rhombifolia*; Su: *Suaeda patagônica*; Pc: *Prosopis caldenia*; Sp: *Sarcocornia neei*; Sf: *Schinus johnstonii*; Au: *Atriplex sp*; Cm: *Condalia microphylla*; St: *Stipa sp*; Gd: *Geoffroea decorticans*) (Barbosa et al., 2005).

4.2.2. Hidrología

El Canal "Bajo La Salada" pasa por el sector de estudio con una dirección Oeste-Este, para tomar en el cruce con la Ruta Nacional 8 una dirección Sureste y desaguar en el Río Quinto, a 11 km de la ciudad de Villa Mercedes.

Este canal tiene su origen en una amplia cuenca que desagua en un distribuidor de carreteras, en donde confluye la Autopista Provincial 55 "Sierras de los Comechingones" con la Autopista de Circunvalación de la ciudad de Villa Mercedes. Se abastece de aguas de escorrentía y ascensos freáticos y raramente se seca.

Las otras entradas de agua al humedal provienen del Norte y se corresponden en forma general con pérdidas de agua del Canal Norte de riego y la aparición en superficie de ascensos freáticos, alimentando pequeñas lagunas temporales. Estos caudales disminuyen cuando el Canal Norte de riego no lleva agua y cuando no suceden precipitaciones importantes.

Cuando tienen lugar las precipitaciones, la superficie del suelo de los tipos fisonómicos: Parches de arbustal halófilo rastrero, Praderas halófilas y Playa salina (Ver 4.2.1.6. Tipos fisonómicos y especies dominantes); se sellan por la alta concentración de sodio, lo que provoca escurrimiento de tipo laminar hacia los sectores más bajos.

Así, en las praderas halófilas abiertas comienzan a distinguirse claramente la presencia de dos niveles freáticos diferentes durante la época más húmeda, producto de la impermeabilización del primer horizonte y el sellado de grietas (proceso que se modeliza en la Figura 10), que son más evidentes, en las playas salinas. En algunos casos es posible la existencia de un nivel freático subsuperficial ("freática confinada") más alto que el nivel freático superficial (freática colgante). Por otro lado algunos de los tubos de PVC de los freatímetros actúan como verdaderos "pozos artesianos". El agua asciende por encima de él y se derrama sobre la superficie del suelo, estando por lo tanto el nivel piezométrico por encima del nivel freático. Esto es común que ocurra en los sectores más bajos después de alguna lluvia importante y durante algunos días después de ellas.

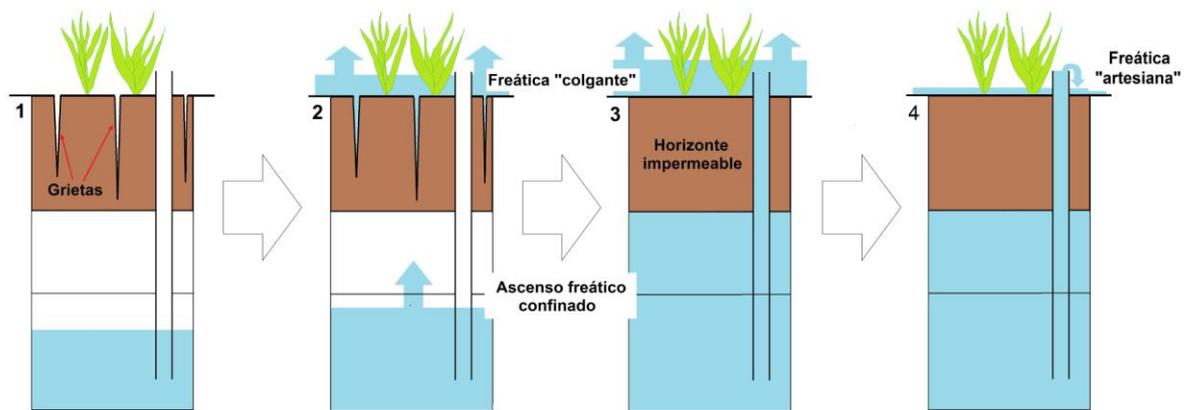


Figura 10. Suelos con horizonte superficial impermeable. 1 Época seca: Aparición de grietas en superficie (especialmente en playas salinas). 2 Época húmeda: Las grietas se humedecen cerrándose y comienza una freática superficial (“Colgante”) con aumento de la freática subsuperficial (confinada). 3 Época muy húmeda: Grietas totalmente cerradas con freática superficial que sobrepasa la altura del freático. 4 Época húmeda: En ocasiones, la freática confinada tiene la presión suficiente como para ascender por el freático y derramarse por encima de él a modo de un pozo artesiano (“freática artesiana”) (modificado de Barbosa *et al.*, 2005).

Durante la época más seca, y debido a las altas tasas de evaporación propias de suelos salinos (Payne, 1988), se produce un movimiento del agua desde los horizontes profundos hacia los superficiales. Este gradiente químico, entendido como un gradiente de presiones (presión osmótica) explica la presencia de niveles freáticos más altos cuando tienen lugar los procesos de pérdida de agua por evaporación (Freeze *et al.*, 1979). Por este hecho los suelos se presentan muy húmedos superficialmente, incluso debajo de las costras salinas.

4.3. Plan de trabajo

El trabajo comprendió diferentes actividades que se organizaron en varias fases de ejecución para la realización del presente estudio. Dichas fases fueron: Trabajo de campo, trabajo de laboratorio, trabajo de gabinete, análisis de resultados.

4.3.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo representó la primera fase del estudio y consistió en el levantamiento topográfico del terreno, en el cual se midieron las coordenadas planialtimétricas de 2350 puntos del terreno; la realización de 47 pozos freatimétricos y su correspondiente levantamiento topográfico; la medición de cotas en superficie, freática y capa impermeable, en cada pozo freatimétrico; y la toma de muestras de aguas.

Para la realización de los pozos freaticos, se reabrieron los 38 pozos empleados por Barbosa *et al.* (2014), y se abrieron 9 pozos nuevos mediante barrena helicoidal de seis centímetros de diámetro hasta alcanzar la capa impermeable. Se realizó el encamisado de los pozos mediante tubos de PVC de diámetro apropiado, colocándose tapas del mismo material para los mismos.

4.3.1.1. Levantamiento topográfico

La metodología empleada consistió en la realización de un itinerario topográfico, es decir, de una sucesión encadenada de radiaciones topográficas, desde varias estaciones base a los puntos del terreno.

El itinerario se realizó con la estación total Pentax R-205NE y prismas circulares GPR111. Todos los datos de la medición quedaron grabados en la memoria interna del aparato, y fueron procesados en gabinete, y obtenidas las coordenadas planialtimétricas de cada punto.

4.3.1.2. Determinación de la profundidad a la capa impermeable y freática

Se determinó la hidrología de la zona en cuanto a los flujos de agua y las zonas encharcadas, mediante freaticos, a los fines de evaluar la profundidad del nivel de la freática en el sector, mensualmente. Estos consistieron en tubos de PVC insertados en el suelo en agujeros realizados con barrena helicoidal de seis centímetros de diámetro, de manera que el agua freática pudiera fluir libremente a través suyo. Cuando existió agua en superficie se tomó este dato como cota de la freática superficial “colgante”; y además se tomó el dato de la freática subsuperficial “confinada”.

De esta manera se lograron los datos de profundidad a la capa impermeable y freática. El nivel de la freática se midió con una frecuencia mensual.

4.3.1.3. Toma de muestras de agua

Con una frecuencia bimestral se tomaron muestras de agua subsuperficial “confinada” y superficial “colgante”, que se guardaron en frascos de cierre hermético para su análisis en laboratorio, con el objeto de caracterizar de la salinidad de las aguas subsuperficiales y superficiales.

4.3.2. Trabajo de laboratorio

El trabajo de laboratorio consistió en la realización de los análisis de agua correspondientes, en los que se analizó el contenido de sales totales, CE, pH e iones (cationes y aniones).

4.3.2.1. Análisis de agua

Se determinó el contenido de la salinidad a través de los parámetros: sales totales a través del residuo seco (RS), conductividad eléctrica (CE en $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), pH e iones (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , CO_3H^- , SO_4^{2-}) de las aguas.

La determinación de los sólidos totales se realizó mediante análisis del RS (Método Gravimétrico) (Soil Survey Laboratory Staff, 1992).

La CE se determinó por medio del conductímetro ANTARES 3. (Método conductimétrico) (Soil Survey Laboratory Staff 1992).

El pH se determinó con el peachimetro OAKTON ION 6 ACORN SERIES. (Método electrométrico) (SAMLA, 1995).

La determinación de sodio intercambiable (Na^+) y potasio intercambiable (K^+) se realizó mediante Espectrofotometría con el Fotómetro de llama METROLAB 315. (Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica por Llama) (Soil Survey Laboratory Staff, 1992).

La determinación de calcio y magnesio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) se realizó mediante titulación con disolución EDTA (Método titulométrico con EDTA) (SAMLA, 1995).

La determinación de los cloruros (Cl^-) se realizó mediante titulación con nitrato de plata e indicador cromato de potasio. (Método argentométrico) (SAMLA, 1995).

La determinación de los carbonatos (CO_3^{2-} , CO_3H^-) se realizó mediante titulación con ácido. (Método titulométrico) (SAMLA, 1995).

Los sulfatos (SO_4^{2-}) se determinaron mediante turbidimetría (Soil Survey Laboratory Staff, 1992).

4.3.3. Trabajo de gabinete

El trabajo de gabinete tuvo como base la recopilación de los datos tomados en las fases anteriores (trabajo de campo y trabajo de laboratorio), y consistió en la elaboración de diagramas de Piper y Schoeller-Berkalof con el software Diagrammes 6.48 de la Université D'Avignon, y las comparaciones correspondientes; así como la realización de mapas de isohipsas (terreno), isóbatas (freática y capa impermeable), e isohalinas (salinidad de las aguas) con el software ArcGis 10.1 y las comparaciones correspondientes.

El método de interpolación de datos empleado fue IDW (Distancia Inversa Ponderada) incluido en la herramienta Spatial Analyst del software ArcGis 10.1.

4.3.3.1. Comparación de parámetros

Se compararon los mapas generados con el fin de relacionar las variables altura del nivel freático y salinidad, con la variable altura del terreno. Además se determinó el movimiento del nivel freático a lo largo de los diferentes meses que duró el estudio.

Para los dos muestreos (mayo y julio) se compararon los niveles de la freática y los niveles de salinidad de la misma con los diferentes tipos fisonómicos de vegetación presentes en la zona. También se realizaron comparaciones con los resultados analíticos de las aguas freáticas y superficiales para los lugares de muestreo que presentaban dicho fenómeno.

Asimismo se compararon los resultados de los freatómetros del muestreo de mayo 2011, obtenidos por Barbosa *et al.* (2014) con los determinados en mayo 2015.

4.3.4. Análisis de resultados

El análisis de resultados consistió en establecer los patrones de movimiento del nivel freático del humedal, así como las variaciones en la salinidad de las aguas del mismo.

4.3.4.1. Análisis estadísticos

El análisis estadístico de datos se realizó con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI.II. Para estudiar las relaciones entre variables se estudiaron matrices de correlación, regresiones simples lineales y regresiones múltiples. Adicionalmente se realizaron ANOVAS y test LSD para comparación de medias que son significativamente diferentes y contraste de Kolmogorov-Smirnov para diferencias de dos muestras.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Topografía del sector de estudio

La topografía del sector de estudio se caracteriza por presentar forma de depresión con un rango altitudinal que varía desde 500,60 a 504,75 msnm sobre una superficie de 70 ha. (Ver 8.2. Anexo Cartográfico).

En la Figura 11 se puede observar el mapa topográfico obtenido con la red de drenaje actual y la ubicación de los freáticos de este estudio.

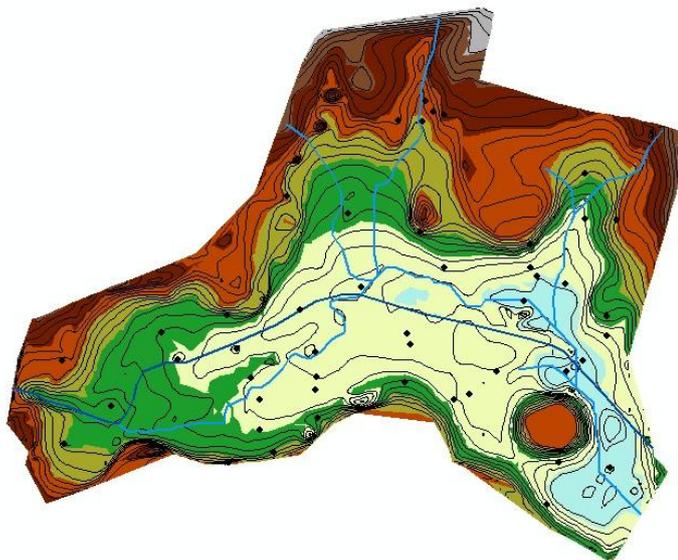


Figura 11. Mapa topográfico, red de drenaje actual y ubicación de freáticos.

En cuanto a la red de drenaje actual del sector (Figura 11) destaca la red principal (líneas azules gruesas) y los cursos naturales de agua (líneas azules finas). La red principal sigue en muchos casos la dirección del canal “Bajo La Salada” excavado para drenaje del área. En algunos sectores este canal ha sido colmatado por sedimentos de los actuales procesos que están teniendo lugar actualmente en la Cuenca “El Morro”, fenómeno que ha hecho que se dirija por otros lugares más bajos.

En cuanto a la topografía de la capa impermeable que soporta el nivel freático se puede apreciar como en algunos sectores reproduce la superficie del terreno (Figura 12). De acuerdo a la forma y localización se puede afirmar que se trata de una antigua cubeta de deflación que fue rellenada con sedimentos más modernos, suavizando esta forma que quedó sepultada.

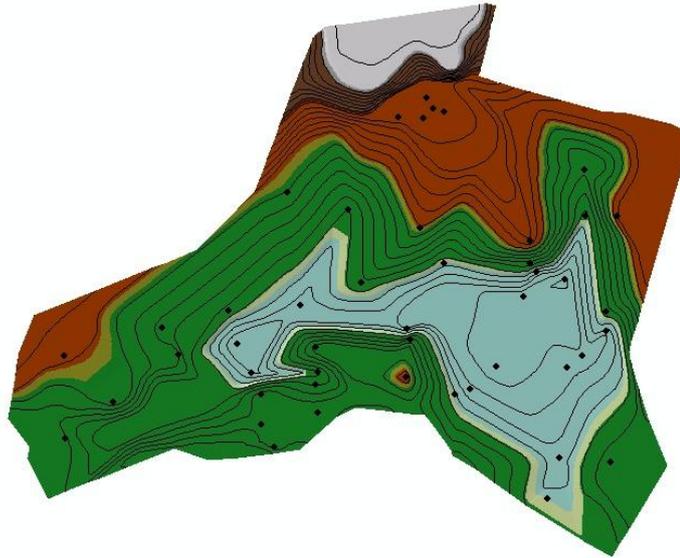


Figura 12. Mapa de altimetría de la capa impermeable y ubicación de freatímetros.

5.2. Nivel freático

Se realizaron 4 mediciones del nivel freático del sector a lo largo del invierno, en cada uno de 47 pozos freáticos, para evaluar el movimiento de la freática. La ubicación de estos pozos freáticos, así como la altura freática para los meses de mayo, junio, julio y agosto se puede observar en la Figura 13.

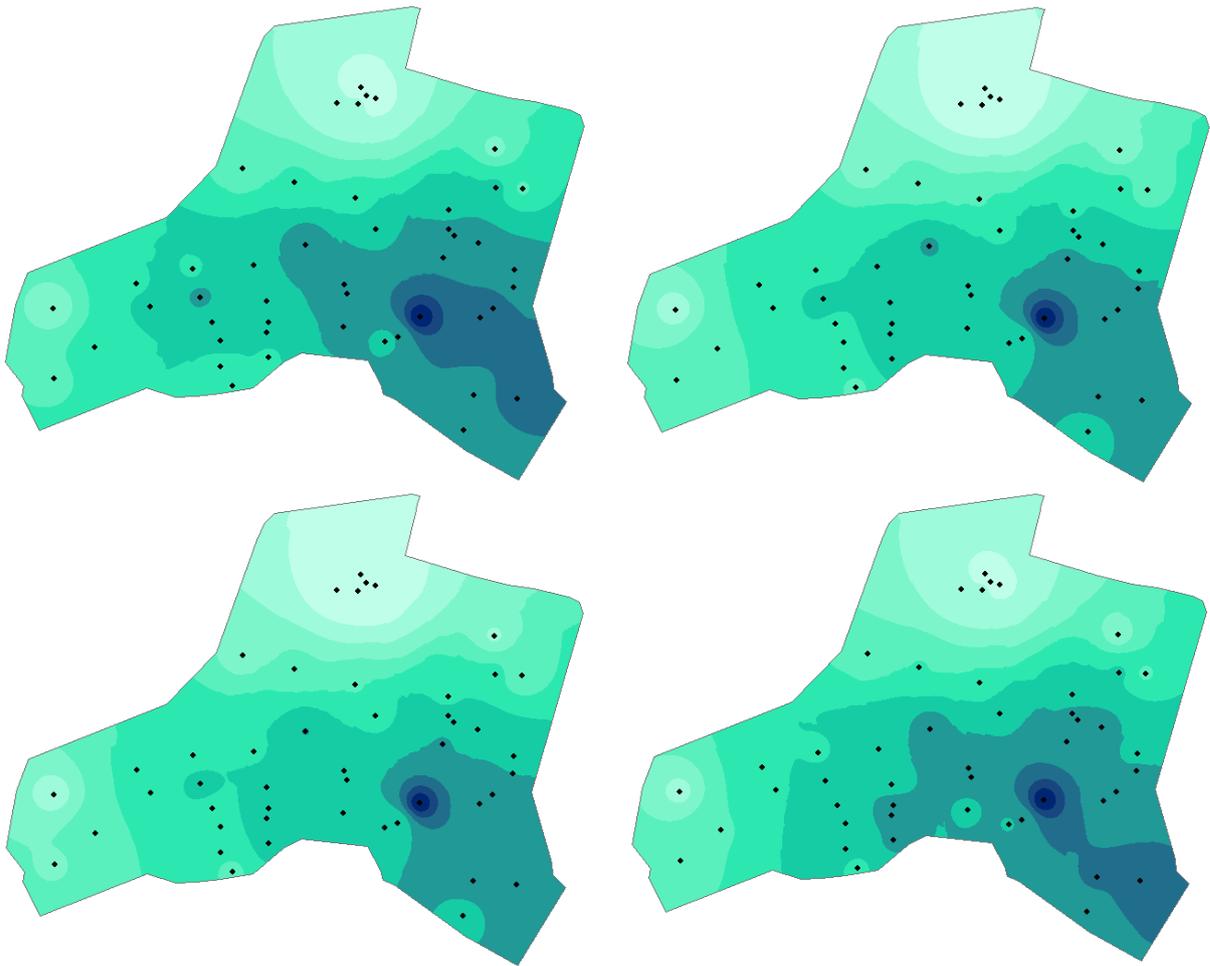


Figura 13. Altimetría de la freática, meses de mayo, junio, julio y agosto de 2015.

Durante los meses de mayo, junio y julio se distingue claramente como se drena el humedal con un claro flujo en dirección Sureste. Por otro lado, después de las lluvias de agosto, si bien no fueron importantes en cuanto a cantidad, fueron previas a la época de muestreo. Por lo tanto puede ser advertida nuevamente la recarga de la freática, por lo que se puede corroborar la rápida respuesta a las lluvias.

Los ANOVAS realizados a las alturas de las freáticas demuestran que existen diferencias significativas para los tipos fisonómicos en todos estos meses. La comparación de medias a través del test LSD indica para mayo, junio y julio que el matorral halófilo únicamente se presenta con diferencias significativas con los otros tipos fisonómicos. Para agosto los resultados de comparación indican la presencia de tres grupos: matorral halófilo, parches de matorral halófilo rastrero y pradera halófila densa con playa salina, mientras la pradera halófila abierta se comporta con un grupo intermedio. En la Figura 14 se muestra la evolución de la freática en cada tipo fisonómico en forma mensual. Es importante la disminución de los primeros meses debido al lento desagüe del humedal y su posterior recarga en agosto.

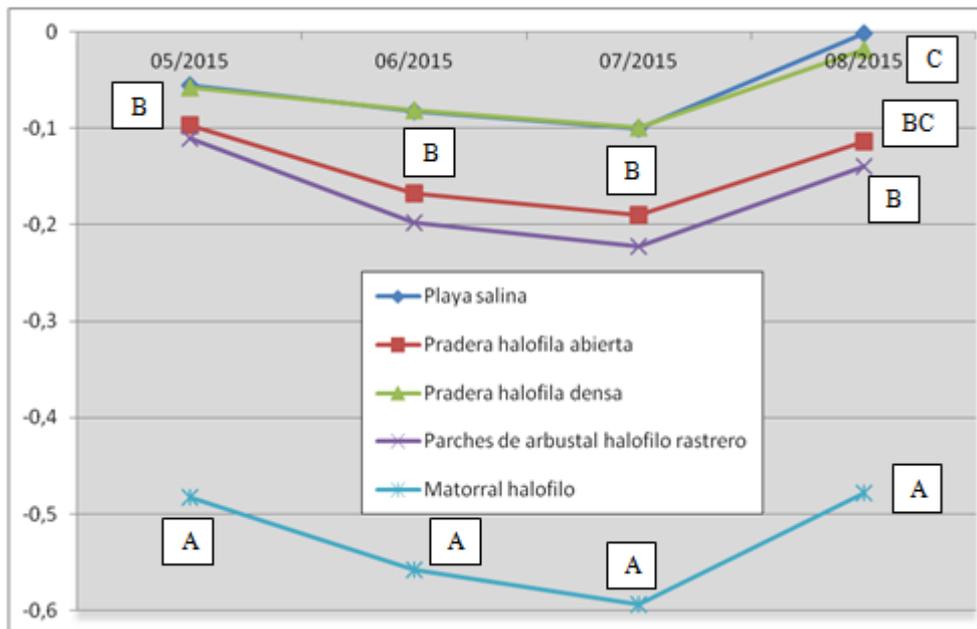


Figura 14. Profundidad de la freática (m) para cada tipo fisonómico y mes de muestreo (letras diferentes indican diferencias significativas LSD $p < 0,05$).

5.3. Contenido de sales de la freática

En cuanto al contenido salino, el alto contenido de sulfatos (SO_4^{2-}) dentro de los aniones, y el sodio (Na^+) dentro de los cationes, en todas las muestras de aguas del primer muestreo las caracteriza como sulfato-sódicas. En el diagrama de Piper (Figura 15) se aprecia claramente su agrupamiento, confirmando esta clasificación para el muestreo realizado.



Figura 15. Diagrama de Piper para todas las muestras freáticas del primer muestreo.

Sucede lo mismo para las muestras de aguas del segundo muestreo dos meses después, y su diagrama de Piper se observa en la Figura 16. En esta, puede advertirse una mayor concentración de sulfatos (SO_4^{2-}) en porcentaje en el triángulo de los aniones y de sodio (Na^+) en el triángulo de los cationes.



Figura 16. Diagrama de Piper para todas las muestras freáticas del segundo muestreo.

Por otro lado, la diferenciación de aguas freáticas y superficiales puede ser observada en las siguientes figuras a través de los diagramas de Schoeller-Berkalof realizadas a todas las localizaciones donde se presentó este fenómeno.

En la Figura 17 se advierte la gran similitud y contenido de las aguas freáticas y superficiales determinadas en el primer muestreo para las playas salinas. Sin embargo las playas salinas 3 y 7 se diferencian levemente de los otros lugares de muestreo ya que las aguas superficiales son más salinas que las freáticas, posiblemente por disolución de las sales superficiales acumuladas

Comparando las muestras de aguas superficiales y freáticas de la pradera halófila abierta y la pradera halófila densa (Figura 18 y 19) también presentan gran semejanza. No obstante, la pradera halófila densa muestra pequeñas diferencias.

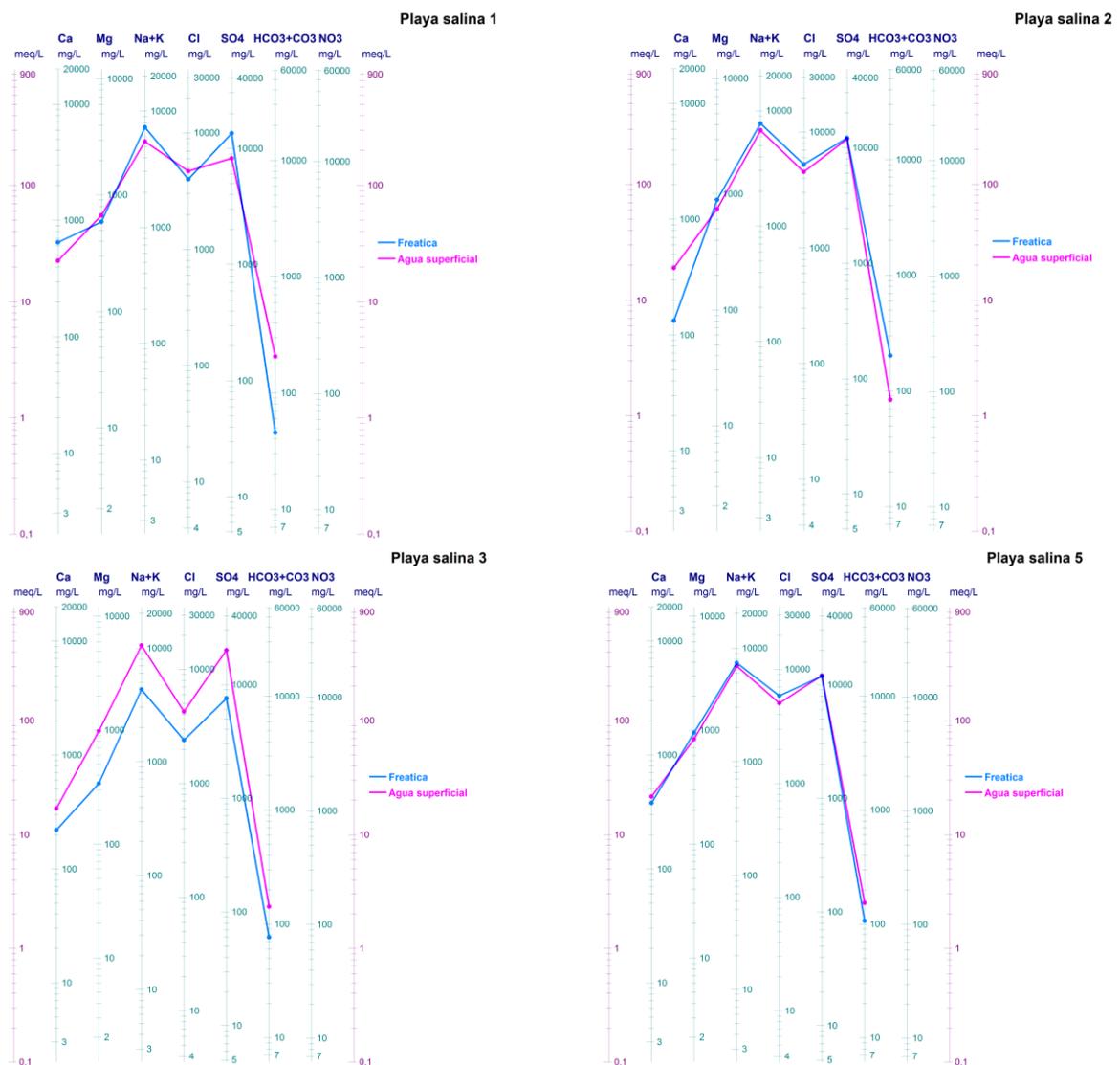


Figura 17. Diagramas de Schoeller-Berkalof para las aguas freáticas y superficiales de las playas salinas del primer muestreo.



Figura 17. (Continuación).



Figura 18. Diagrama de Schoeller- Berkalof para las aguas freáticas y superficiales de la pradera halófila abierta del primer muestreo.

El Contraste de Kolmogorov-Smirnov para las aguas superficiales y freáticas de la playa salina indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las distribuciones de los parámetros pH, CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), RS ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), Cl^- ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$), HCO_3^- ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$), $\text{SO}_4^{=}$ ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$), Na^+ ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$), K^+ ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$), Ca^{2+} ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$), Mg^{2+} ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$) y RAS para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$). Solamente $\text{CO}_3^{=}$ ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$) presenta diferencias estadísticamente significativas al mismo nivel de confianza.

En cuanto al Contraste de Kolmogorov-Smirnov para la pradera halófila densa muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los parámetros medidos para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA" (SAN LUIS, ARGENTINA)



Figura 19. Diagramas de Schoeller-Berkalof para las aguas freáticas y superficiales de las praderas halófilas densas del primer muestreo.

Por lo tanto, estos análisis refuerzan la idea de la semejanza en el contenido salino de estas aguas.

En general, las determinaciones de las aguas freáticas y superficiales para el segundo muestreo también presentan gran analogía en cuanto al contenido salino.

Sin embargo puede ser observado una leve mayor salinidad en las aguas freáticas que en las aguas superficiales para las playas salinas, excepto para las playas salinas 3 y 7, que al igual que en el primer muestreo, esta condición se invierte (Figura 20).

Comparando las muestras de aguas superficiales y freáticas de la pradera halófila abierta y las praderas halófilas densas (Figura 21 y 22) presentan gran similitud de sus aguas. Por otra parte, la pradera halófila densa presenta una semejanza considerable.

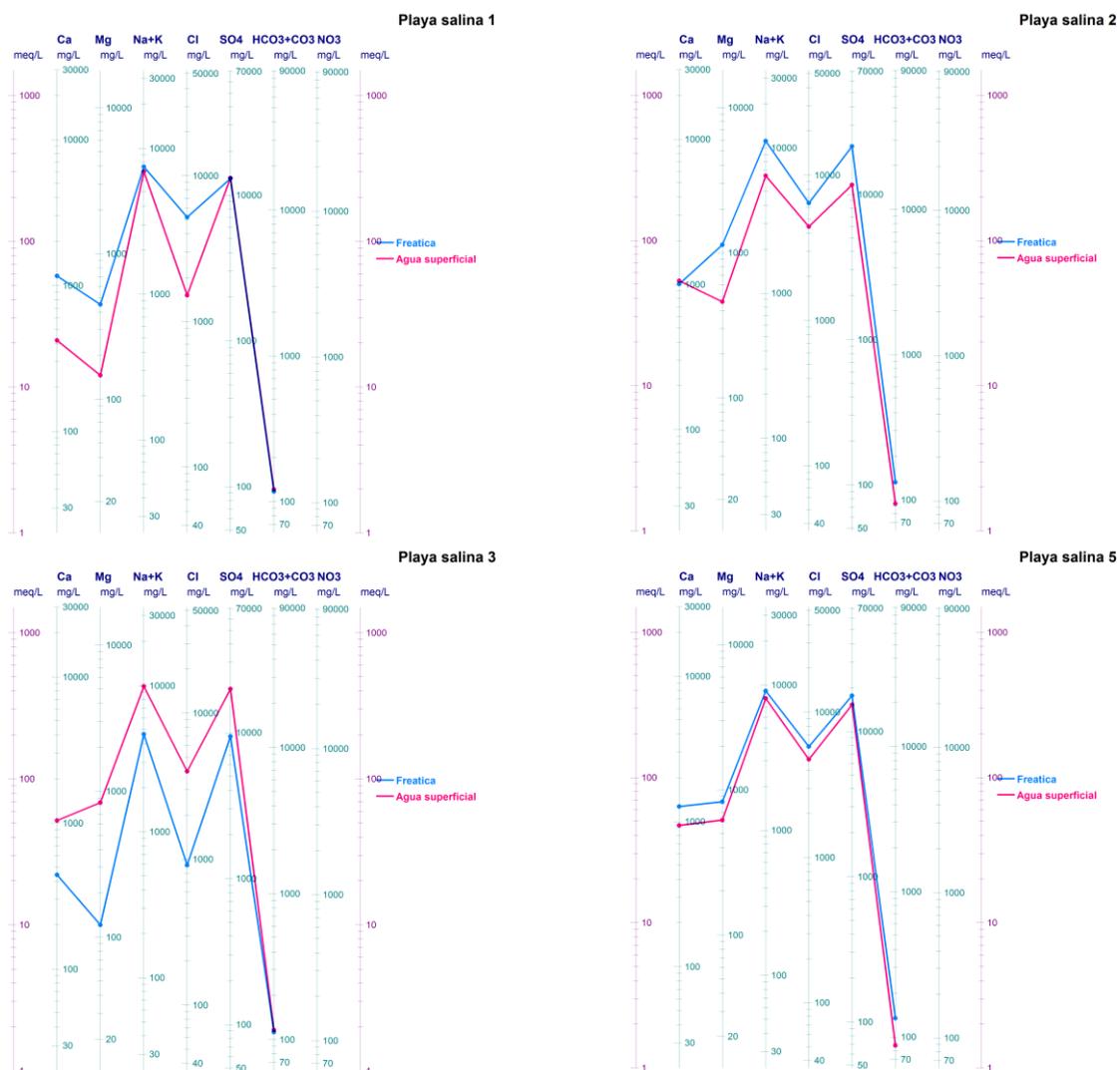


Figura 20. Diagramas de Schoeller-Berkalof para las aguas freáticas y superficiales de las playas salinas del segundo muestreo.



Figura 20. (Continuación).

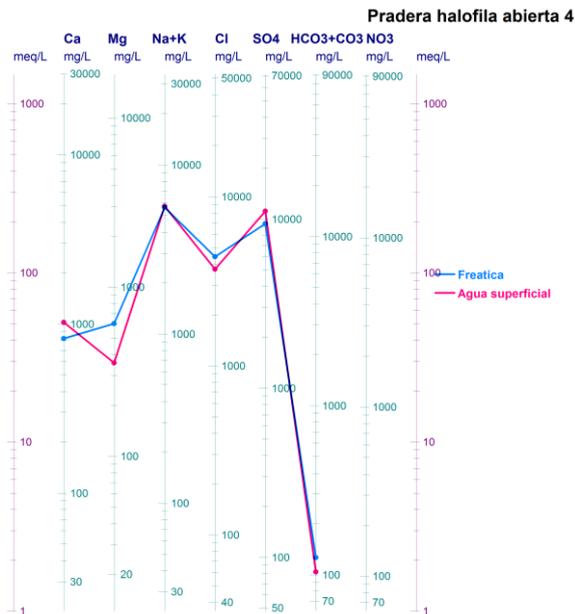


Figura 21. Diagrama de Schoeller-Berkalof para el agua freática y superficial de la pradera halófila abierta del segundo muestreo.

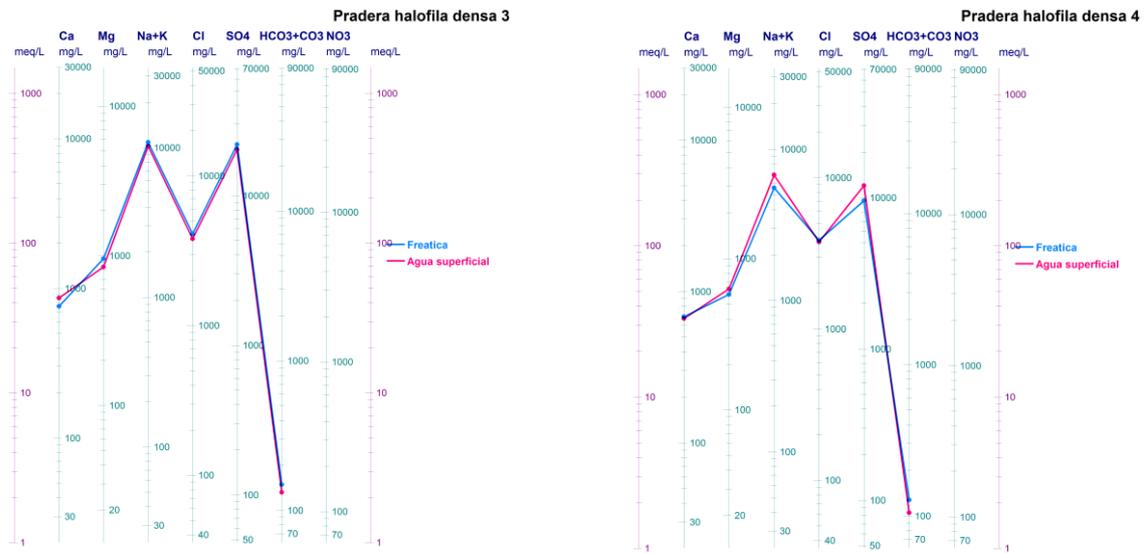


Figura 22. Diagramas de Schoeller-Berkalof para las aguas freáticas y superficiales de las praderas halófilas densas del segundo muestreo.

Ahora bien, el Contraste de Kolmogorov-Smirnov para las aguas superficiales y freática de la playa salina de este segundo muestreo indica que no existen diferencias estadísticamente significativas para todas las distribuciones de los parámetros para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

5.4. Parámetros determinados para el primer muestreo

Las determinaciones de los parámetros pH, CE, RS, $\text{CO}_3^{=}$, CO_3H^- , $\text{SO}_4^{=}$, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} no presentan diferencias significativas para los diferentes tipos fisonómicos. Solamente Cl^- y RAS presentan diferencias significativas al nivel del 5 % ($p < 0,05$) para los parches de arbustal halófilo rastro.

Los promedios de los análisis de las aguas freáticas del primer muestreo para cada tipo fisonómico pueden ser observados en la Tabla 4.

Tabla 4. Promedios de los parámetros determinados en el primer muestreo para cada tipo fisonómico.

		Matorral halófilo	Arbustal halófilo rastrero	Pradera halófila densa	Pradera halófila abierta	Playa salina
pH	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	8.49	8.38	8.34	8.36	8.36
	Desviación estándar	0.35	0.28	0.35	0.28	0.24
CE	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	42.92	60.02	35.43	41.68	43.08
	Desviación estándar	8.50	14.07	8.18	15.62	30.88
RS	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	46.55	72.94	37.26	49.22	51.87
	Desviación estándar	10.10	23.22	9.86	29.85	50.93
Cl-	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	9020	15711	7331	8308	10291
	Desviación estándar	3741	5496	2515	4178	10592
CO3=	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	0.91	17.59	2.35	2.49	18.36
	Desviación estándar	2.30	27.84	5.44	5.75	32.79
CO3H-	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	68.18	114.84	68.06	67.92	53.15
	Desviación estándar	27.04	156.28	12.15	27.55	22.32
SO4=	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	22208.40	32674.80	17791.90	24939.20	24324.20
	Desviación estándar	5245.15	10993.10	5675.73	17195.30	22987.50
Na+	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	12982.50	20714.40	10301.40	13779.30	13443.50
	Desviación estándar	3023.68	6526.07	3087.97	8589.12	13358.90
K+	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	315.37	349.23	167.86	292.45	331.14
	Desviación estándar	236.21	183.14	81.28	174.99	415.59
Ca2+	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	825.24	709.90	629.42	855.22	766.50
	Desviación estándar	589.72	518.43	330.44	389.64	876.63
Mg2+	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	1281.84	2201.23	1154.57	1326.85	2095.55
	Desviación estándar	399.68	932.22	338.51	1089.10	2363.92
RAS	Recuento	11	8	9	10	8
	Promedio	65.51	86.07	56.68	65.92	58.32
	Desviación estándar	12.79	16.23	15.08	22.99	25.11

Por otro lado, es posible encontrar algunas interacciones importantes entre parámetros.

Dentro de los cationes, se encuentra una relación positiva entre Na^+ y Mg^{2+} para todas las muestras de aguas freáticas de los diferentes tipos fisonómicos, dando como resultado una función lineal con un alto ajuste que se puede observar en la Figura 23.

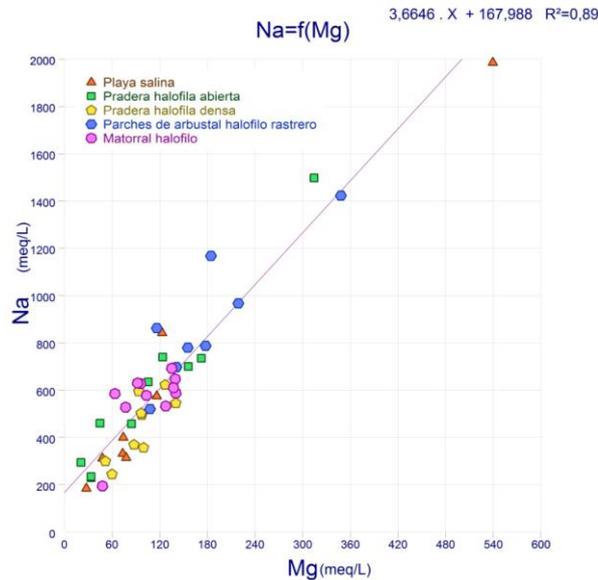


Figura 23. Relación entre Na^+ y Mg^{2+} para los distintos tipos fisonómicos del primer muestreo.

Otra interacción positiva encontrada fue para los cationes fue $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ y Na^+ , presentando un ajuste lineal cuya relación y R^2 puede ser observado en la Figura 24.

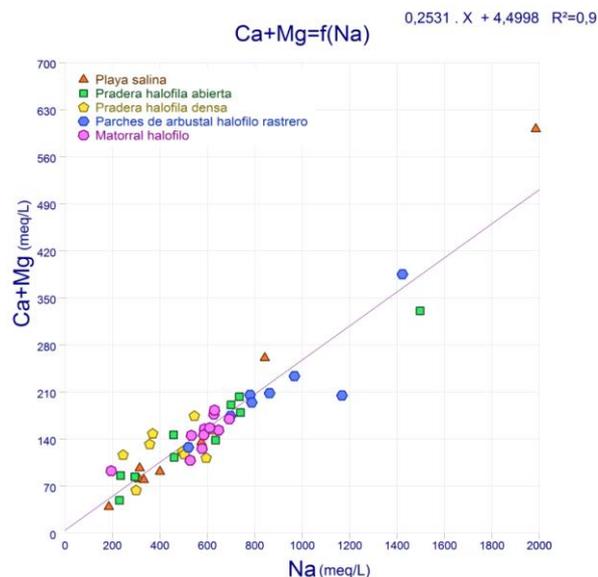


Figura 24. Relación entre $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ y Na^+ para todos los tipos fisonómicos del primer muestreo.

Dentro de las interacciones en los aniones se encuentra sólo la relación entre SO_4^- y Cl^- para los diferentes tipos fisonómicos del primer muestreo, con una función lineal positiva y ajuste que se puede observar en la Figura 25.

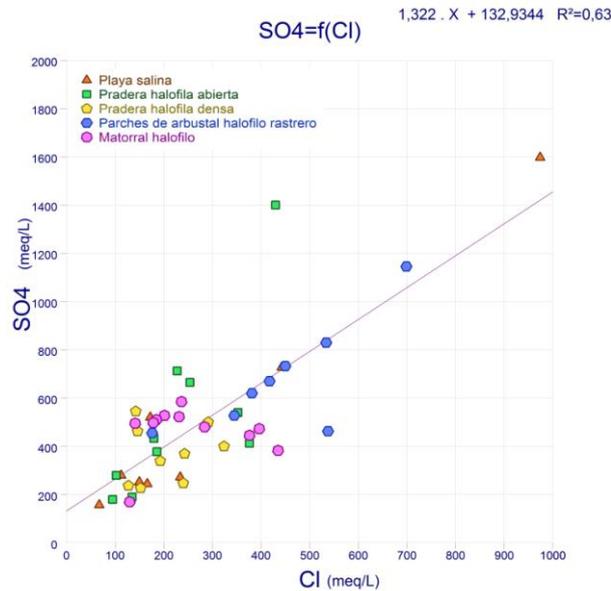


Figura 25. Relación entre SO_4^- y Cl^- para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del primer muestreo.

Por otro lado, solamente Cl^- y SO_4^- presentan interacciones positivas con los cationes Mg^{2+} y Na^+ respectivamente, cuyas relaciones lineales y ajustes pueden ser observados en las Figuras 26 al 29.

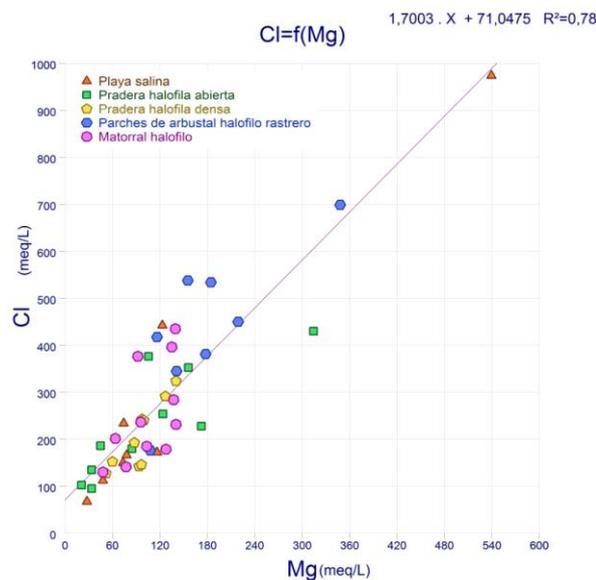


Figura 26. Relación entre Cl^- y Mg^{2+} para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del primer muestreo.

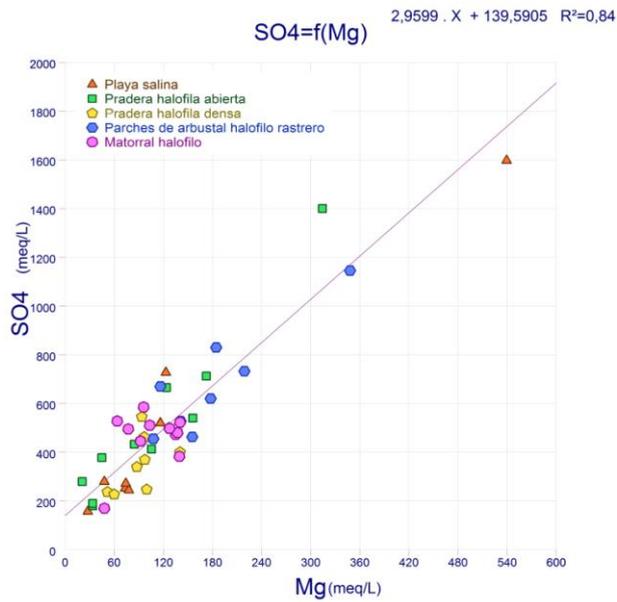


Figura 27. Relación entre SO_4^- y Mg^{2+} para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del primer muestreo.

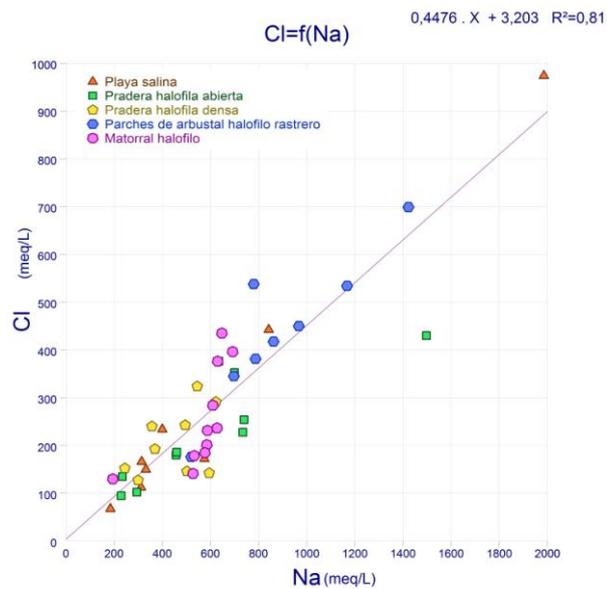


Figura 28. Relación entre Cl^- y Na^+ para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del primer muestreo.

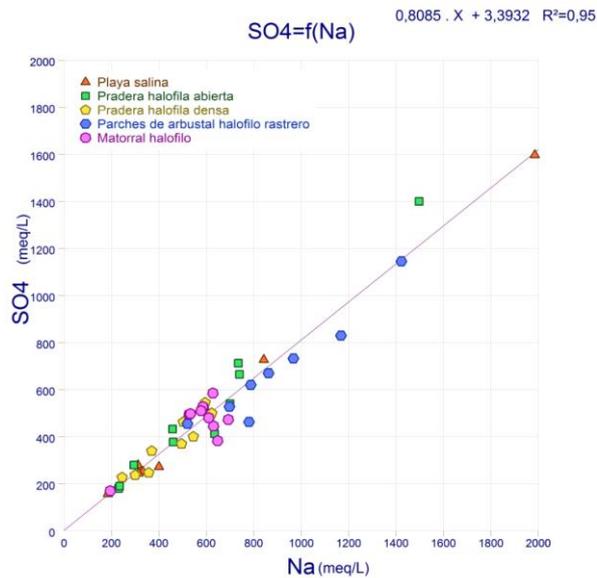


Figura 29. Relación entre SO_4^- y Na^+ para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del primer muestreo.

Fue encontrado un ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple que describe la relación entre SO_4^- y Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Cl^- (tomados como variables independientes) con la siguiente ecuación:

$$SO_4^- = -3,878 + 0,971 * Na^+ + 1,519 * K^+ + 1,044 * Ca^{2+} + 0,950 * Mg^{2+} - 0,933 * Cl^-$$

Dado que el $p < 0,01$, la relación es estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%. El estadístico R^2 ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, da como resultado 99,8585%.

5.5. Parámetros determinados para el segundo muestreo

Los parámetros pH, CE, RS, Cl^- , CO_3^- , CO_3H^- , SO_4^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y RAS no presentan diferencias significativas para los diferentes tipos fisonómicos. Solamente K^+ presenta diferencias significativas al nivel del 5 % ($p < 0,05$) para los parches de arbustal halófilo rastrero.

Los promedios de los análisis de las aguas freáticas del segundo muestreo para cada tipo fisonómico pueden ser observados en la Tabla 5.

Tabla 5. Promedios de los parámetros determinados en el segundo muestreo para cada tipo fisonómico.

		Matorral halófilo	Arbustal halófilo rastrero	Pradera halófila densa	Pradera halófila abierta	Playa salina
pH	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	8.49	8.41	8.61	8.44	8.58
	Desviación estándar	0.16	0.14	0.13	0.29	0.28
CE	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	44.08	62.22	40.49	45.30	48.12
	Desviación estándar	8.23	15.28	10.14	12.04	26.81
RS	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	43.86	69.46	39.88	47.76	55.61
	Desviación estándar	10.49	23.16	11.03	16.01	45.69
Cl-	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	5647.12	9666.15	6450.32	6350.02	7217.68
	Desviación estándar	2837.37	6340.93	2522.34	3044.18	6155.41
CO3=	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	7.47	10.43	9.27	6.50	23.50
	Desviación estándar	9.32	14.85	9.51	11.13	41.67
CO3H-	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	85.40	66.92	72.07	76.85	59.61
	Desviación estándar	31.64	18.98	10.37	23.37	10.67
SO4=	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	24158.00	38050.40	20521.70	26147.30	30449.30
	Desviación estándar	7684.49	13998.80	6632.41	9793.11	27766.80
Na+	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	11420.50	19268.30	9976.89	12092.90	14763.10
	Desviación estándar	3707.57	8105.36	2687.08	4231.22	10786.90
K+	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	272.78	430.22	198.52	271.11	218.64
	Desviación estándar	108.36	281.23	94.53	194.74	122.89
Ca2+	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	1023.64	1131.25	1013.33	1024.44	1427.50
	Desviación estándar	553.09	475.95	269.58	231.95	1168.49
Mg2+	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	1520.41	2026.01	1549.80	1837.35	1523.31
	Desviación estándar	1453.05	1330.62	1339.98	1346.62	2147.19
RAS	Recuento	12	8	9	9	8
	Promedio	67.56	94.66	50.16	58.05	71.12
	Desviación estándar	39.69	56.51	16.74	27.05	36.48

Al igual que en el primer muestreo, es posible encontrar interacciones entre parámetros.

Las interacciones encontradas dentro de los cationes muestran un ajuste lineal entre Na^+ y Mg^{2+} en forma positiva pero con mucho menor ajuste que en el primer muestreo (Figura 30).

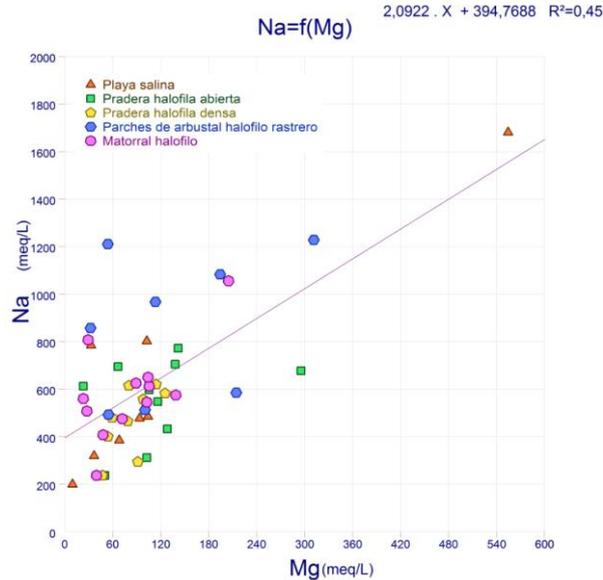


Figura 30. Relación entre Na^+ y Mg^{2+} para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del segundo muestreo.

Existe una relación entre K^+ y Na^+ también con un menor ajuste y cuya función lineal se observa en la Figura 31.

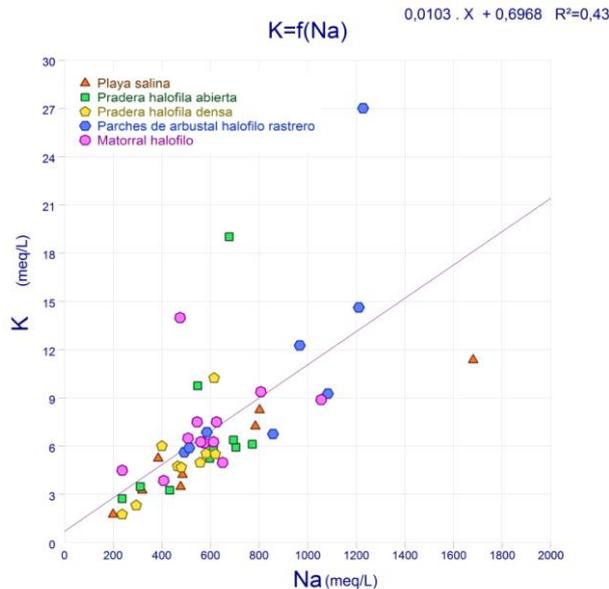


Figura 31. Relación entre K^+ y Na^+ para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del segundo muestreo.

Al igual que sucede en el primer muestreo, se encuentra una interacción positiva entre $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ y Na^+ , con un menor ajuste lineal que puede ser observado en la Figura 32.

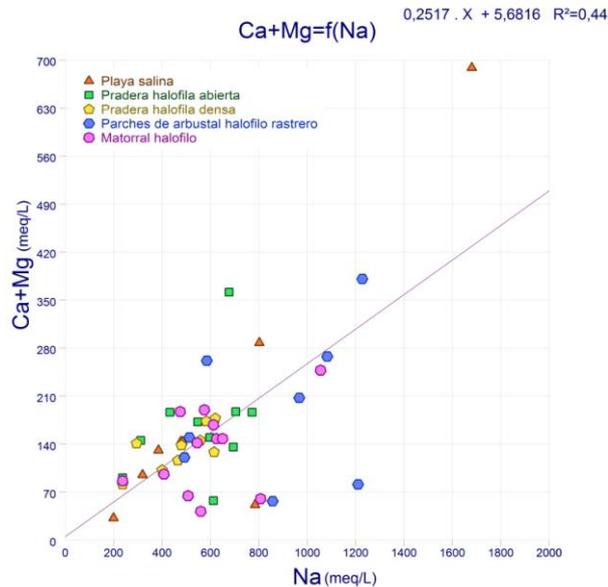


Figura 32. Relación entre $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ y Na^+ para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del segundo muestreo.

Por otro lado, no se encuentran relaciones dentro de los aniones. Entre aniones y cationes solamente Cl^- y SO_4^{2-} presentan interacciones positivas. El bajo ajuste de Cl^- con Ca^{2+} se observa en la Figura 33, mientras las relaciones de SO_4^{2-} con los cationes Mg^{2+} y Na^+ se muestran en las Figuras 34 y 35 respectivamente. Contrariamente al primer muestreo, la relación entre SO_4^{2-} y Mg^{2+} no posee un buen ajuste, mientras que SO_4^{2-} y Na^+ mantienen el alto ajuste observado en el anterior muestreo.

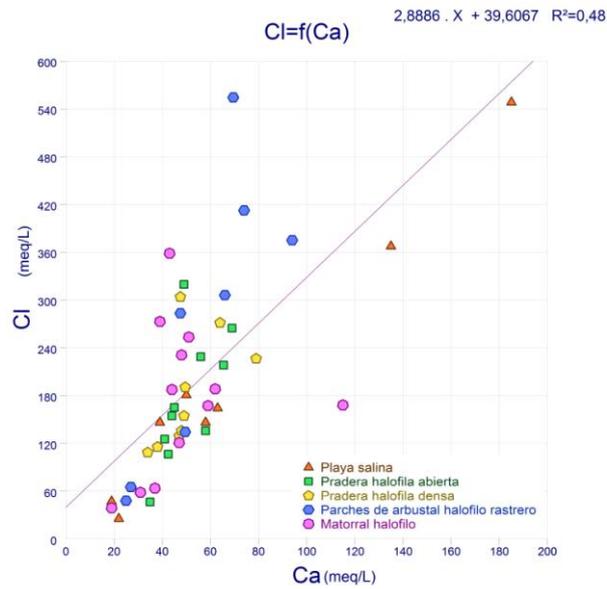


Figura 33. Relación entre Cl^- y Ca^{2+} para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del segundo muestreo.

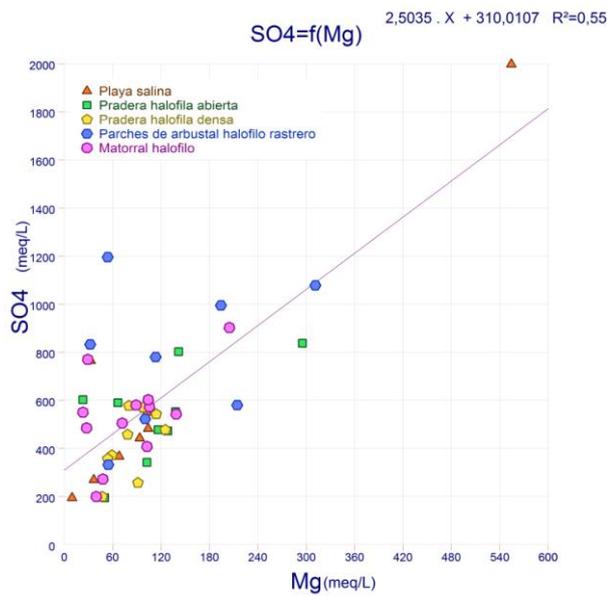


Figura 34. Relación entre SO_4^{2-} y Mg^{2+} para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del segundo muestreo.

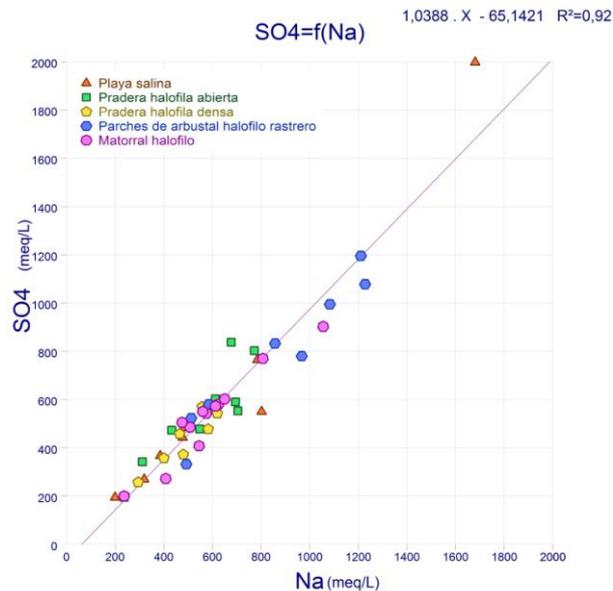


Figura 35. Relación entre SO_4^- y Na^+ para los diferentes tipos fisonómicos de las aguas freáticas del segundo muestreo.

Por otro lado, un ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre SO_4^- y Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} (tomados como variables independientes) muestra como resultado la siguiente ecuación:

$$\text{SO}_4^- = -6,6583 - 0,9082 \cdot \text{Cl}^- + 0,9650 \cdot \text{Na}^+ + 0,9874 \cdot \text{Ca}^{2+} + 1,0652 \cdot \text{Mg}^{2+}$$

Al igual de lo que sucede para el primer muestreo, dado que $p < 0,01$, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%. Así, el estadístico R^2 ajustado es de 99,726%.

5.6. Comportamiento de las sales de la freática

Para los parámetros determinados de las aguas freáticas de mayo y julio se realizaron mapas de isosalinidad, con el objetivo cartografiar su comportamiento a lo largo del invierno. (Ver 8.2. Anexo Cartográfico)

En cuanto al pH, en el mes de julio claramente se advierten menores valores que en mayo pero mayor cantidad de pozos con valores un poco más elevados, por lo que el promedio se eleva. El test de Kolmogorov-Smirnov indica diferencias estadísticamente significativas entre las muestras para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

Para los valores de CE sucede lo mismo, esto es que julio muestra aparentemente menores valores, pero los valores de CE se elevan en mayor cantidad de pozos. En este caso el test de Kolmogorov-Smirnov indica que no existen

diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

Los RS se muestran inconsistentes mostrando algunos tipos fisonómicos en que se elevan y otros en donde los valores disminuyen. El test de Kolmogorov-Smirnov indica que no existen diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

Dentro de los aniones, Cl^- disminuye para julio, sin embargo el test de Kolmogorov-Smirnov indica que no existen diferencias estadísticamente significativas para el nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

Si bien CO_3^{2-} presenta diferencias estadísticas significativas en el test de Kolmogorov-Smirnov, sucede lo contrario con los valores de CO_3H^- , que aumentan para julio.

SO_4^{2-} muestra valores más elevados en el muestreo de julio si bien el test de Kolmogorov-Smirnov indica que no existen diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

Los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} presentan valores inversos, los primeros aumentan mientras los segundos disminuyen para julio. En ambos casos el test de Kolmogorov-Smirnov para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$) no presenta diferencias estadísticamente significativas.

Na^+ y K^+ también presentan valores disimiles, mientras el primero no presenta diferencias estadísticamente significativas, el segundo presenta diferencias estadísticas significativas en el test de Kolmogorov-Smirnov para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

En cuanto a RAS, se observa que existe diferencias estadísticas significativas en el test de Kolmogorov-Smirnov para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$).

5.7. Comparación freática 2011 vs 2015

Esta comparación se realiza teniendo en cuenta los mismos pozos freáticos realizados por Barbosa *et al.* (2014) y los realizados en el presente estudio para el mismo mes del año. En la Figura 36 se observan los promedios de los tipos fisonómicos para las determinaciones realizadas y se puede advertir las idénticas delineaciones de los tipos fisonómicos. Por otro lado, se agrupan los muestreos 2015 por encima de los del 2011, demostrando los altos niveles freáticos alcanzados en el año 2015.

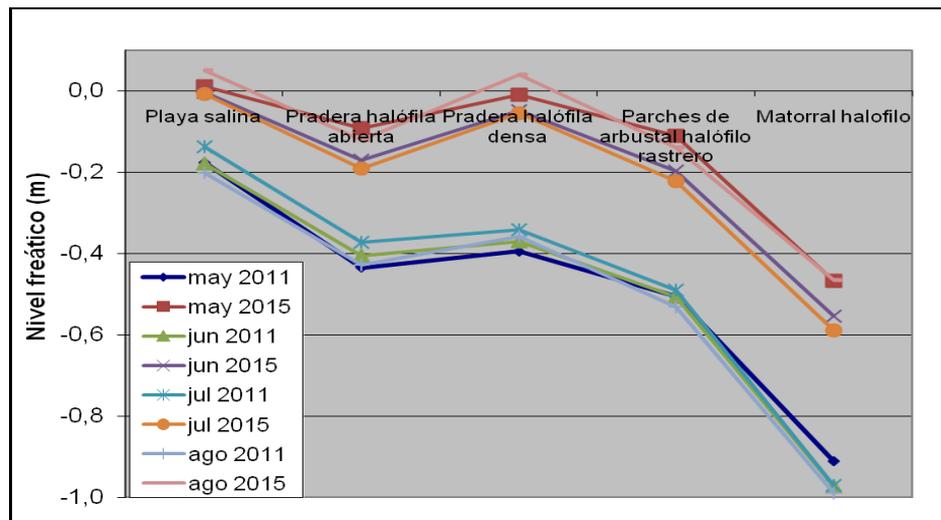


Figura 36. Promedios de la freática para cada tipo fisonómico y mes de muestreo.

El test de Kolmogorov-Smirnov para comparar las distribuciones de los dos muestreos en forma mensual indica diferencias significativas para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$) entre los muestreos realizados en 2011 y 2015 para todos los meses. En la Figura 37 se muestran los diagramas Box-plot para todos los meses.

En forma general los mayores porcentajes de aumento del nivel freático se observan para la playa salina, con aumentos que varían desde el 95 al 125 %. Las praderas halófilas densas y abiertas tienen un aumento desde el 84 al 111 % y del 48 al 79 % respectivamente. Los aumentos en los parches de arbustal halófilo rastrero comprenden valores desde el 54 al 78 % y en el matorral halófilo del 39 al 53 %.

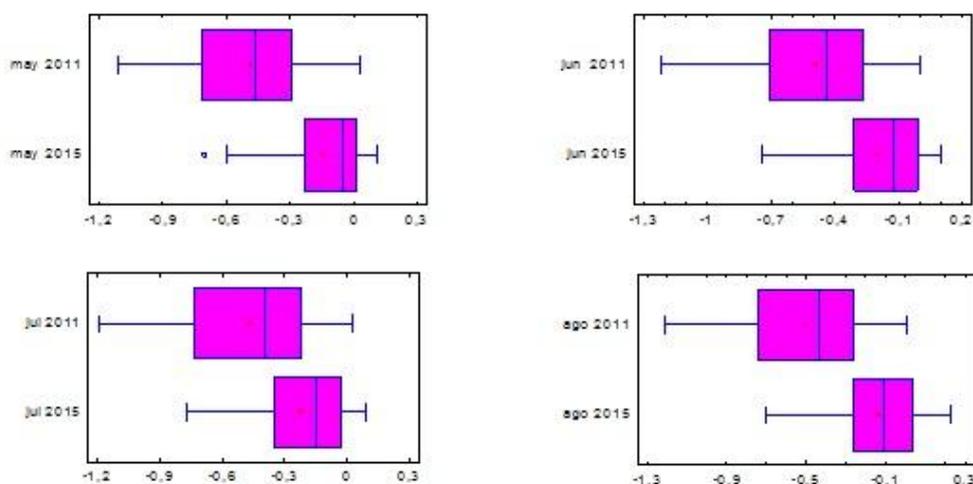


Figura 37. Diagramas Box-plot de la freática para los diferentes meses entre los años 2011 y 2015.

En cuanto a la salinidad de la freática para las muestras de aguas del año 2011 con respecto a las del 2015, el diagrama de Piper (Figura 38 y 39) muestra claramente la clasificación de las mismas como sulfatos-sódicas.

El Contraste de Kolmogorov-Smirnov para estas aguas indica diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros pH, HCO_3^- , K^+ y RAS para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$), mientras que para CE , Cl^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} no indica diferencias estadísticamente significativas.

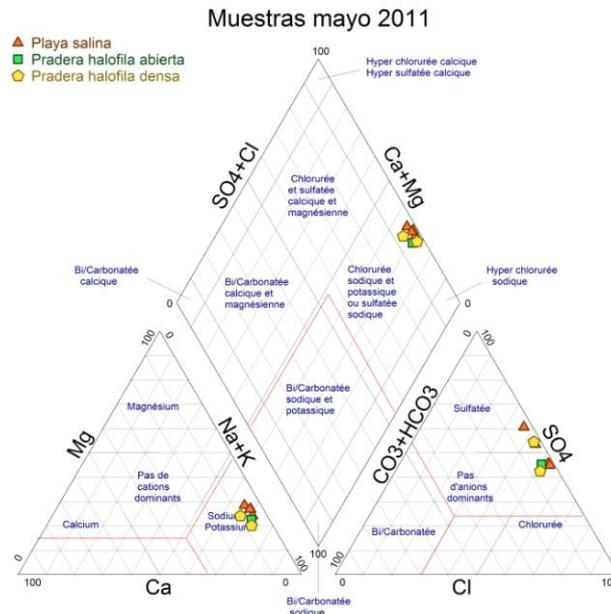


Figura 38. Diagrama de Piper para las muestras de aguas freáticas del año 2011.

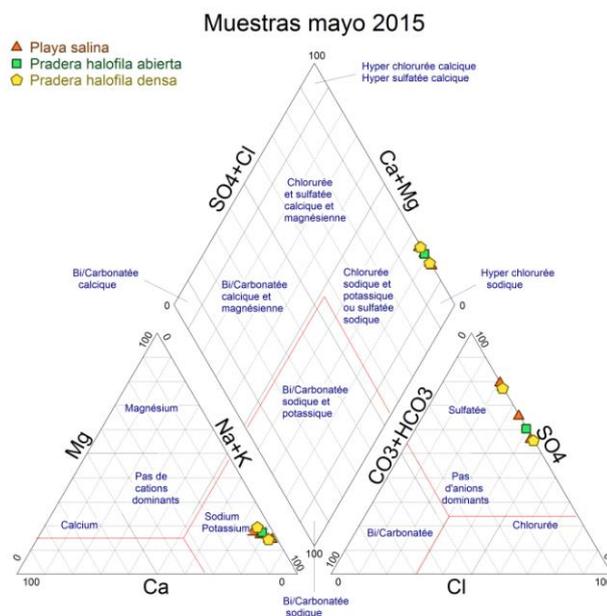


Figura 39. Diagrama de Piper para las muestras de aguas freáticas del año 2015.

Los parámetros químicos del agua freática presentan, en forma general, un incremento en 2015 con respecto a 2011.

El pH presenta un aumento del 6,4 % para la playa salina, 8,3 y 15,4 % para las praderas halófilas densas y abiertas respectivamente (Figura 40). La CE presenta un incremento de 29,6 y 58,0 % en las praderas halófilas densas y abiertas (Figura 40), que también presentan un aumento del 115,2 y 155,4 % del RS. Las playas salinas debido a una mayor disponibilidad de agua presenta una disminución del 38,7 % en su CE, sin embargo aumenta su RS un 30 % (Figura 41).

En cuanto al contenido de aniones (Figura 42), en forma general, CO_3^{2-} y CO_3H^- disminuyen, mientras que Cl^- y SO_4^{2-} incrementan sus valores. El anión Cl^- disminuye un 32,5 % en las playas salinas, mientras aumenta en las praderas halófilas densas y abiertas un 57,9 y 77,8 %. El anión CO_3^{2-} disminuye en las praderas halófilas y playas salinas un 94,9 y 97,7 %, mientras aumenta en la pradera halófila abierta. El anión CO_3H^- disminuye entre un 80,2 a un 83,5 % para los tres tipos fisonómicos observados. El anión SO_4^{2-} incrementa un 82,1% en las playas salinas, y un 172 % y 251,8 % en las praderas halófilas densas y abiertas.

Dentro de los cationes, solamente Na^+ presenta incrementos de sus contenidos en los tres tipos fisonómicos, mientras Ca^{2+} y Mg^{2+} lo hacen en las praderas halófilas y K^+ disminuye en todos (Figura 43). Na^+ presenta en la playa salina un incremento del 50,7 %, la pradera halófila densa 140,2 % y la abierta 174,5 %. K^+ disminuye en la pradera halófila abierta 36 %, pradera halófila densa 38,3 % y en las playas salinas un 51,8 %. Ca^{2+} y Mg^{2+} disminuyen un 17,8 % y 28,3 % para las playas salinas, mientras aumentan sus contenidos en las praderas halófilas densas 0,2 y 65,4 % y 50,9 y 87,1 % en las praderas halófilas abiertas.

RAS presenta un aumento del 67,8 % en la playa salina, mientras que en las praderas halófilas densas y abiertas presenta un aumento del 104,3 y 105,1 %.

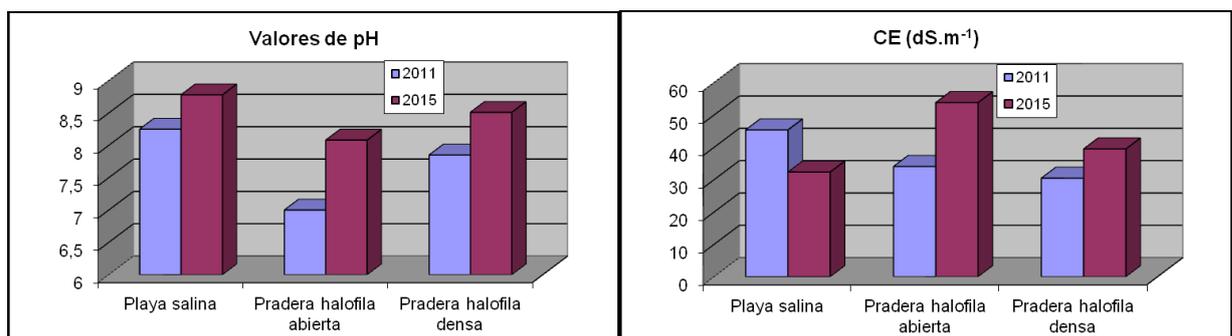


Figura 40. Valores de pH y CE (dS.m^{-1}) para los distintos tipos fisonómicos y épocas de muestreo.

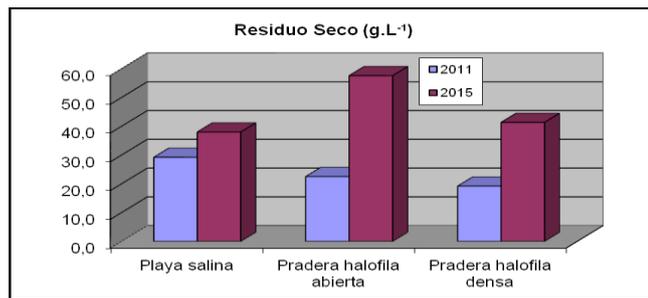


Figura 41. Valores de RS (g.L⁻¹) para los distintos tipos fisionómicos y épocas de muestreo.

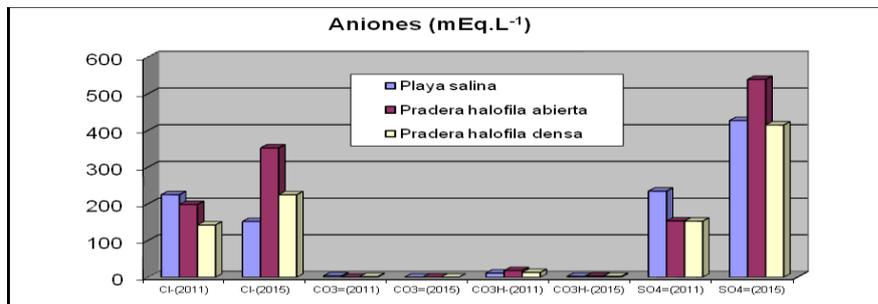


Figura 42. Aniones (mEq.L⁻¹) para los distintos tipos fisionómicos y épocas de muestreo.

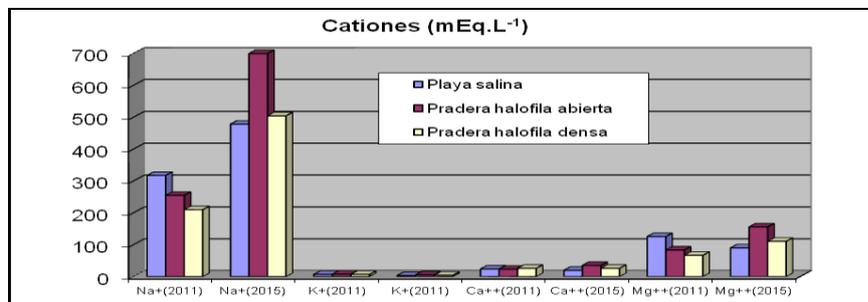


Figura 43. Cationes (mEq.L⁻¹) para los distintos tipos fisionómicos y épocas de muestreo.

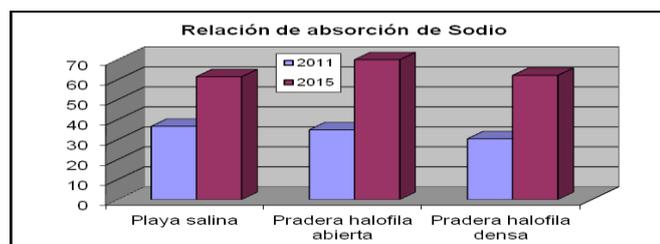


Figura 44. RAS para los distintos tipos fisionómicos y épocas de muestreo.

6. CONCLUSIONES

Los mapas de altimetrías del terreno y de la capa impermeable demostraron la presencia de un antigua superficie erosionada (cubeta de deflación) colmatada con sedimentos más modernos, que conforman actualmente la topografía del terreno en el “Bajo La Salada”.

En cuanto a la clasificación salina de las aguas freáticas se concluyó que todas poseen características sulfato-sódicas.

Así mismo, y con respecto a las aguas superficiales y freáticas, se concluyó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros determinados, pudiendo afirmar que ambas poseen el mismo contenido salino.

Para el primer muestreo solamente Cl^- y RAS presentaron diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$) en los parches de arbustal halófilo rastrero.

Además, fueron encontradas algunas interacciones entre parámetros. Entre los cationes, se encontró una relación positiva entre Na^+ y Mg^{2+} ; y entre $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ y Na^+ . Mientras que para los aniones se obtuvo una relación positiva entre SO_4^{2-} y Cl^- , y Cl^- y SO_4^{2-} presentaron interacciones positivas con los cationes Mg^{2+} y Na^+ respectivamente. Por otro lado, se presentó un ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre SO_4^{2-} y Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Cl^- .

En el segundo muestreo solamente K^+ presentó diferencias significativas para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$), también para los parches de arbustal halófilo rastrero.

Al igual que en el primer muestreo, fueron encontradas algunas interacciones entre parámetros. Entre los cationes, se encontró una relación positiva entre Na^+ y Mg^{2+} ; entre K^+ y Na^+ ; y entre $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ y Na^+ . En todos los casos se presentaron menores ajustes lineales. Por otro lado, no se encontraron relaciones dentro de los aniones, pero si interacciones entre aniones y cationes, en donde nuevamente Cl^- y SO_4^{2-} presentaron interacciones positivas, el primero con Ca^{2+} , mientras SO_4^{2-} se relacionó con Mg^{2+} y Na^+ . Fue determinado un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre SO_4^{2-} y Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} (tomados como variables independientes).

Las muestras de mayo y julio, presentaron diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95,0% ($p < 0,05$), para los parámetros pH, HCO_3^- , K^+ y RAS.

Además, se determinó, que el contenido de salinidad de las aguas freáticas presentó, de forma general, un incremento estadísticamente significativo en 2015 con respecto a 2011.

Por otra parte, el flujo dominante de la freática en el humedal se desplazó en dirección Sureste a lo largo del invierno.

Se concluyó que las alturas de las freáticas presentan diferencias significativas para los tipos fisonómicos. A medida que el humedal se drena, estas diferencias comprenden más tipos fisonómicos.

Al igual que el contenido de salinidad de las aguas freáticas de 2015 con respecto a 2011, los niveles freaticimétricos de 2015 presentaron un incremento, estadísticamente significativo con respecto a 2011.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D. L., del Aguila, J. A., & Bernardon, A. E. (1970). Formaciones vegetales en la provincia de San Luis. *Rev Invest Agropecuar Ser 2 Biol Prod Veg*.
- Barbeito, O., Beltramone, C., Ambrosino, S., Contreras, P., Quintana Salvat, F., Moya, G., & Barrera, F. (2009). Informe de avance, Proyecto Estudio Geomorfológico de la Cuenca del Morro, General Pedernera. *San Luis. Instituto Nacional del Agua*. 56 pp.
- Barbosa, O. A., Bertani, L. A., Fernandez, F. R., & Mendoza, R. P. (2005). Análisis fisiográfico para el levantamiento edafológico semidetallado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (AGRIAMBI)*, 9(2), 191-198.
- Barbosa, O. A., Rogel J. A., Bianco C. A., Ramirez F. A., Farah M. E. (2006). Relación suelo-vegetación de la depresión salina del norte de Villa Mercedes (Argentina). *XXXV Congreso Brasileño de Ingeniería Agrícola (CONBEA 2006)*. João Pessoa (Paraíba), Brasil.
- Barbosa, O. A., Gutierrez, P. A., Galarza, F. M. (2007). Ambientes hidrofíticos del Nordeste del departamento Pedernera (San Luis, Argentina). *XXXVI Congreso Brasileño de Ingeniería Agrícola (CONBEA 2007)*. Bonito (MS), Brasil.
- Barbosa, O. A., Pacheco, M. C, Mores, J. L., Rogel, J. (2012). Propiedades edáficas de un humedal salino de San Luis (Argentina). *X Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola y XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Londrina, Brasil.
- Barbosa, O. A. (2005). Avances en ingeniería agrícola 2003-2005. *VIII Congreso Argentino de Ingeniería Rural*. Villa de Merlo (San Luis), Argentina.
- Barbosa, O. A. (2008). Descripción del ecosistema. *Caracterización Ecológica y utilización del caldenal de San Luis (Argentina)*. FICES, Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina.
- Barbosa O.A.; Alvarez Rogel J.; Pacheco Insausti M.C.; Mores J.L.; Galarza F.M.; Cerda R.A.; Pereyra S.B. (2014). Características morfopedológicas y nivel freático para algunos suelos hidromórficos de San Luis. *XXIV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO*. 5 a 9 de mayo de 2014. Bahía Blanca, Argentina.
- Cantero, J. J., Cantero, A., & Cisneros, J. M. (1996). *Vegetación de los paisajes hidrohalomórficos del centro de Argentina*. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Cantero, J. J., Leon, R., Cisneros, J. M., & Cantero, A. (1998). Habitat structure and vegetation relationships in central Argentina salt marsh landscapes. *Plant Ecology*, 137(1), 79-100.
- Carosio, C., Junqueras, J., Andersen, A., Fernández Belmonte, C., Martínez Carretero, E., Dalmasso, A. (2009). Flora of salinas del Bebedero, San Luis, Argentina. Preliminary results. *BIOCELL* 2010, 34(1): A27-A78.
- Chapman, V. J. (1960). Salt marshes and salt deserts of the world. *London and New York*, 213-214.
- Chormanski, J., Kardel, I., Swiatek, D., Grygoruk, M., & Okruszko, T. (2009). Management support system for wetlands protection: Red Bog and Lower Biebrza Valley case study. *IAHS publication*, 331, 423.
- Comisión Río Nuevo. (2015) Los nuevos cursos de agua en la cuenca El Morro: Descripción del proceso y pautas para su gestión. Jobbágy EG, Nosetto MD,

Bernasconi HO, Colazo JC, Galvan MJ, Mercou JL, Saenz CA, Colazo ER, Larrusse CE, Marchi AA, Barbosa OA, Giaccardi A, Hellmers MM, Martínez Alvarez D. 22p.

Corre, J. J. (1976). Etude Phyto-écologique des milieux littoraux galés. Languedoc et en Camargue. 1 (2 parte). *Vie Millieu.*, 28-29:123-150.

de Ramsar, C. (1996). Manual de la Convención Ramsar: Una guía a la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (Davis TJ, Blasco D, Carbonell M). *Oficina de la Convencion de Ramsar, Gland.*

Diekmann, M. (2003). Species indicator values as an important tool in applied plant ecology—a review. *Basic and applied ecology*, 4 (6), 493-506.

Dwire, K. A., Kauffman, J. B., & Baham, J. E. (2006). Plant species distribution in relation to water-table depth and soil redox potential in montane riparian meadows. *Wetlands*, 26(1), 131-146.

EL CONSEJO D. L. C. E. (1992). Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 7-50.

Freeze, R. A., & Cherry, J. A. 1979, Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.

Flowers, T. J., Troke, P. F., & Yeo, A. R. (1977). The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual review of plant physiology*, 28 (1), 89-121.

Flowers, T. J. (1985). Physiology of halophytes. *Plant and Soil*, 89 (1-3), 41-56.

Fructuoso, J. A. P. (2002). *Ecología de la germinación de semillas y del crecimiento del plántulas de especies halófitas del SE Ibérico*. Instituto Municipal de Cultura "Joaquín Chapaprieta".

Galván, M. J., & Collado, A. D. (2009). Esgurrimientos hídricos superficiales en la cuenca hidrográfica de "El Morro", provincia de San Luis. *Centro Regional La Pampa-San Luis-INTA: San Luis (Argentina)*.

Gez, J. W., & de Gómez, M. E. G. (1939). *Geografía de la provincia de San Luis* (Vol. 3). S. a. Jacobo Peuser Ltda.

Gómez Cerezo, R. (1995). Función de los humedales en la dinámica de nutrientes (N y P) de una cuenca de características áridas: Experiencias en el Sureste Ibérico.

González-Alcaraz, M. N., Jiménez-Cárceles, F. J., Álvarez, Y., & Rogel, J. A. (2014). Gradients of soil salinity and moisture, and plant distribution, in a Mediterranean semiarid saline watershed: a model of soil-plant relationships for contributing to the management. *Catena*, 115, 150-158.

Holtland, W. J., Ter Braak, C. J. F., & Schouten, M. G. C. (2010). Iteratio: Calculating environmental indicator values for species and relevés. *Applied Vegetation Science*, 13 (3), 369-377.

Laio, F., Tamea, S., Ridolfi, L., D'Odorico, P., & Rodriguez-Iturbe, I. (2009). Ecohydrology of groundwater-dependent ecosystems: 1. Stochastic water table dynamics. *Water Resources Research*, 45 (5).

Lavado, R. S., & Taboada, M. A. (1988). Water, salt and sodium dynamics in a natraquoll in Argentina. *Catena*, 15(6), 577-594.

Lavado, R. S., Rubio, G., & Alconada, M. (1992). Grazing management and soil salinization in two pampean natraqualls. *Turrialba (IICA)*.

Leidi, E. O., & Pardo, J. M. (2002). Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo.

- Levine, J. M., Brewer, J. S., & Bertness, M. D. (1998). Nutrients, competition and plant zonation in a New England salt marsh. *Journal of Ecology*, 285-292.
- Lowry, C. S., Loheide, S. P., Moore, C. E., & Lundquist, J. D. (2011). Groundwater controls on vegetation composition and patterning in mountain meadows. *Water Resources Research*, 47 (10).
- Malpassi, R., Grosso, M., & Basconsuelo, S. (2004). Anatomía ecológica. La Hoja. Morfología externa y anatomía. Ed: C.A. Bianco, T.A. Graus y A.C. Vegetti. 199 p.
- Martínez-Beltran, J., & Manzur, C. L. (2005). Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. In *Proceedings of the international salinity forum, Riverside, California* (pp. 311-313). USDA-ARS Salinity Lab Riverside.
- Mata-González, R., McLendon, T., Martin, D. W., Trlica, M. J., & Pearce, R. A. (2012). Vegetation as affected by groundwater depth and microtopography in a shallow aquifer area of the Great Basin. *Ecohydrology*, 5(1), 54-63.
- Muneepeerakul, C. P., Miralles-Wilhelm, F., Tamea, S., Rinaldo, A., & Rodriguez-Iturbe, I. (2008). Coupled hydrologic and vegetation dynamics in wetland ecosystems. *Water Resources Research*, 44 (7).
- Oliveira, M. D., Gheyi, H. R., Queiroz, J. E., & Medeiros, J. D. (1997). Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. *Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB*, 1-35.
- Pacheco, M. C., Barbosa, O. A., Mores, J. L., Rogel, J. A. (2010). Physiognomy of the central sector of the "Bajo la salada" (San Luis, Argentina). *XXVIII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Cuyo. Mendoza. Biocell* 35 (1): A24.
- Pacheco, M. C., Barbosa, O. A., Mores, J. L., Rogel, J. A. (2012). Gradientes edáficos que regulan la distribución de las comunidades vegetales en un humedal salino (San Luis, Argentina). *XXV Reunión Argentina de Ecología. Luján (Buenos Aires), Argentina*.
- Payne, D. (1988). The behaviour of water in soil. Russell's soil conditions and plant growth. Eleventh edition, Longman Scientific & Technical. U.K., 315-337.
- Peña Zubiarte, C. A., Barbosa, O. A., Galarza, F. M., Ruiz, O. M. & Rojas, E. (1990a). Carta de suelos salinos de la zona irrigada norte de Villa Mercedes (SL). III Jornadas de divulgación de la investigación de la FICES.
- Peña Zubiarte, C. A., & D'Hiriart, A. (1990b). Atlas de Suelos de la República Argentina. Provincia de San Luis. 380-410.
- Peña Zubiarte, C. A., & D'Hiriart, A. (2000). Carta de Suelos de la República Argentina-Hoja Villa Mercedes Provincia de San Luis. *INTA-Gobierno de la Provincia de San Luis*.
- Pielke, R. A., Lee, T. J., Glenn, E. P., & Avissar, R. (1993). Influence of halophyte plantings in arid regions on local atmospheric structure. *International Journal of Biometeorology*, 37(2), 96-100.
- Piniewski, M., Gottschalk, L., Krasovskaia, I., & Chormański, J. (2012). A GIS-based model for testing effects of restoration measures in wetlands: A case study in the Kampinos National Park, Poland. *Ecological Engineering*, 44, 25-35.
- Pizarro, F. (1984). *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid.

- Porta, J., López-Acevedo, M., & Roquero, C. (1999). Salinización y sodificación: Suelos de regadío. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, Spain, 657-702.
- Rajpurohit, K. S., Charan, A. K., & Sen, D. N. (1979). Micro distribution of plants in an abandoned salt pit at Pachpadra salt basin [India]. *Annals of Arid Zone*.
- Ramírez-Díaz, L. (1989). Inventario abierto de los humedales de la Región de Murcia. *Agencia Regional para el Medio Ambiente y la Naturaleza. Comunidad Autónoma de Murcia. Murcia*.
- Richards, L. A. (Ed.). (1973). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Limusa.
- Ridolfi, L., D'Odorico, P., & Laio, F. (2006). Effect of vegetation–water table feedbacks on the stability and resilience of plant ecosystems. *Water Resources Research*, 42(1).
- Rodriguez-Iturbe, I., D'Odorico, P., Laio, F., Ridolfi, L., & Tamea, S. (2007). Challenges in humid land ecohydrology: Interactions of water table and unsaturated zone with climate, soil, and vegetation. *Water Resources Research*, 43(9).
- Rogel, J. A. (1999). *Relaciones suelo-vegetación en saladares del SE de España* (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral. Murcia: Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Publicación en CD-ROM).
- Rogel, J. A. (2000). Salinización de suelos: diagnóstico, evaluación y corrección. In *Tecnología para cultivos de alto rendimiento* (pp. 131-144). Novedades Agrícolas.
- Rogel, J. A., Silla, R. O., & Ariza, F. A. (2001). Edaphic characterization and soil ionic composition influencing plant zonation in a semiarid Mediterranean salt marsh. *Geoderma*, 99 (1), 81-98.
- Rogel, J. A., Jiménez-Cárceles, F. J., Roca, M. J., & Ortiz, R. (2007). Changes in soils and vegetation in a Mediterranean coastal salt marsh impacted by human activities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73 (3), 510-526.
- Roig, F. A. (1960). Bosquejo fitogeográfico de las provincias de Cuyo.
- Scappini, E. G., Marquez, S. I. & Barbosa, O. A. (2004). Biodiversidad de la flora vascular en el "Bajo Las Saladas" (San Luis, Argentina). II Reunión Binacional de Ecología, XI Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile y XXI Reunión Argentina de Ecología. Mendoza, Argentina.
- Schnack, J. A., De Francesco, F. O., Colado, U. R., Novoa, M. L., & Schnack, E. J. (2000). Humedales antrópicos: Su contribución para la conservación de la biodiversidad en los dominios subtropical y pampásico de la Argentina. *Ecología Austral*, 10, 63-80.
- Sen, D. N., Rajpurohit, K. S., & Wissing, F. W. (1982). Survey and adaptive biology of halophytes in western Rajasthan, India. In *Contributions to the ecology of halophytes* (pp. 61-78). Springer Netherlands.
- Shainberg, I. (1975). Salinity of soils-Effects of salinity on the physics and chemistry of soils. In *Plants in saline environments* (pp. 39-55). Springer Berlin Heidelberg.
- Shannon, M. C. (1997). Adaptation of plants to salinity. *Advances in agronomy*, 60(1).
- Sistema de Apoyo Metodológico para Laboratorios de Suelos y Aguas (SAMLA). (1995). SAGyP de la Nación, 150 p. Buenos Aires, Argentina.

Soil Survey Laboratory Staff. (1992). Soil survey laboratory methods manual. *Soil Survey Investigations Report Number 42, Volume 2.0.*

Szabolcs, I. (1994). The state and perspectives of soil salinity. En *Ecosistemas afectados por sales: Agricultura y ecología*. 22-42. Tomo II. UIMP. Valencia.

Tóth, T., Matsumoto, S., Mao, R., & Yin, Y. (1995). Precision of predicting soil salinity based on vegetation categories of abandoned lands. *Soil science*, 160(3), 218-231.

Ungar, I. A. (1968). Species-soil relationships on the Great Salt Plains of northern Oklahoma. *American Midland Naturalist*, 392-406.

Ungar, I. A. (1970). Species-soil relationships on sulfate dominated soils of South Dakota. *American Midland Naturalist*, 343-357.

Ungar, I. A. (1972). The vegetation of inland saline marshes of North America, north of Mexico. In *Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie/Basic Problems and Methods in Phytosociology* (pp. 397-411). Springer Netherlands.

Ungar, I. A. (1991). *Ecophysiology of vascular halophytes*. CRC press.

Venterink, H. O., & Wassen, M. J. (1997). A comparison of six models predicting vegetation response to hydrological habitat change. *Ecological modelling*, 101(2), 347-361.

Villa, H. N., Barbosa, O. A., Galarza, F. M. & Lartigue, C. (2004). Utilización del análisis fisiográfico para la confección de mapas de suelos salinos. XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. São Pedro (SP), Brasil.

Waisel, Y. (2012). *Biology of halophytes*. Elsevier.

Win Jones, R. G. (1981). Salt tolerance. Jonhson C.B. (Ed.) *Physiological processes limiting plant productivity*. Butterworhts. London.

8. ANEXOS

8.1. Anexo Fotográfico



Figura 45. Matorral halófilo.



Figura 46. Parches de arbustal halófilo rastrero.



Figura 47. Pradera halófila densa.



Figura 48. Pradera halófila abierta.



Figura 49. Pradera halófila densa (izquierda) y pradera halófila abierta (derecha).



Figura 50. Pradera halófila abierta (segundo plano) y playa salina (primer plano).



Figura 51. Playa salina (primer plano), parches de arbustal halófilo rastrero y pradera halófila (fondo).



Figura 52. Acción del viento sobre la playa salina.



Figura 53. Canal principal “Bajo La Salada”.



Figura 54. Pradera halófila cubierta de sales.



Figura 55. Pradera halófila cubierta de sales.



Figura 56. Costra salina cubriendo la vegetación en la playa salina.



Figura 57. Cristales de Tenardita (Sulfato de sodio)

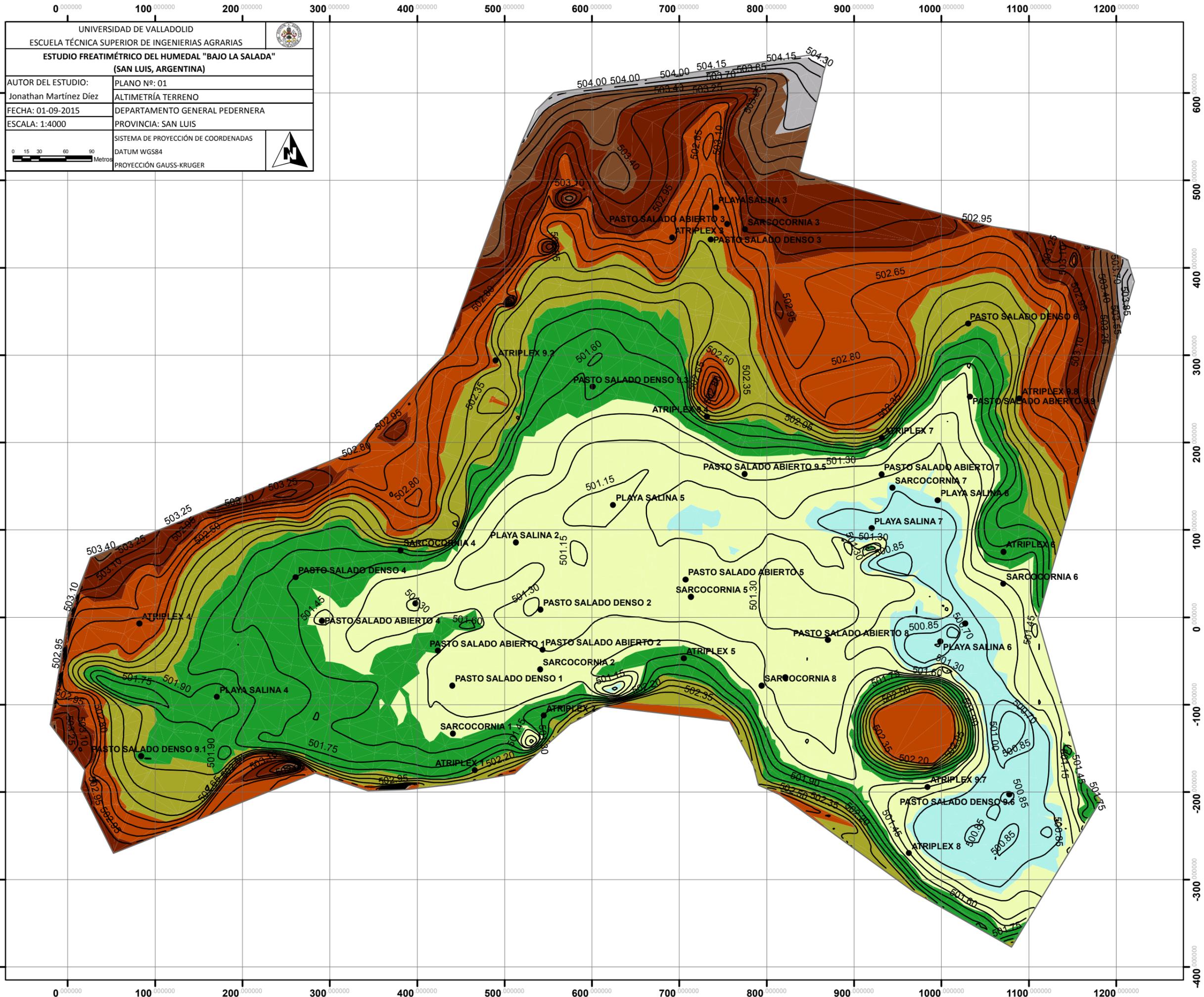
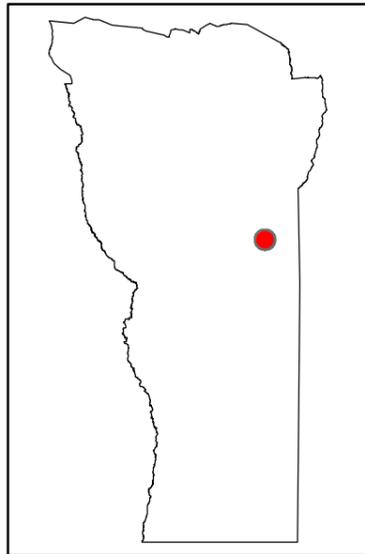


Figura 58. Cristales de Tenardita (Sulfato de sodio)

8.2. Anexo Cartográfico

INDICE MAPAS

1. Altimetría terreno	01
2. Altimetría capa impermeable	02
3. Altimetría freática mayo	03
4. Altimetría freática junio	04
5. Altimetría freática julio	05
6. Altimetría freática agosto	06
7. Flujo freático	07
8. Escurrimiento superficial	08
9. Tipos fisonómicos	09
10. pH (Mayo)	10
11. pH (Julio)	11
12. Conductividad eléctrica (Mayo)	12
13. Conductividad eléctrica (Julio)	13
14. Isosalinidad-Residuo Seco (Mayo)	14
15. Isosalinidad-Residuo Seco (Julio)	15
16. Isosalinidad- Na^+ (Mayo)	16
17. Isosalinidad- Na^+ (Julio)	17
18. Isosalinidad- K^+ (Mayo)	18
19. Isosalinidad- K^+ (Julio)	19
20. Isosalinidad- Ca^{2+} (Mayo)	20
21. Isosalinidad- Ca^{2+} (Julio)	21
22. Isosalinidad- Mg^{2+} (Mayo)	22
23. Isosalinidad- Mg^{2+} (Julio)	23
24. Isosalinidad- Cl^- (Mayo)	24
25. Isosalinidad- Cl^- (Julio)	25
26. Isosalinidad- CO_3H^- (Mayo)	26
27. Isosalinidad- CO_3H^- (Julio)	27
28. Isosalinidad- SO_4^{2-} (Mayo)	28
29. Isosalinidad- SO_4^{2-} (Julio)	29



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 01	
Jonathan Martínez Díez	ALTIMETRÍA TERRENO	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:4000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		



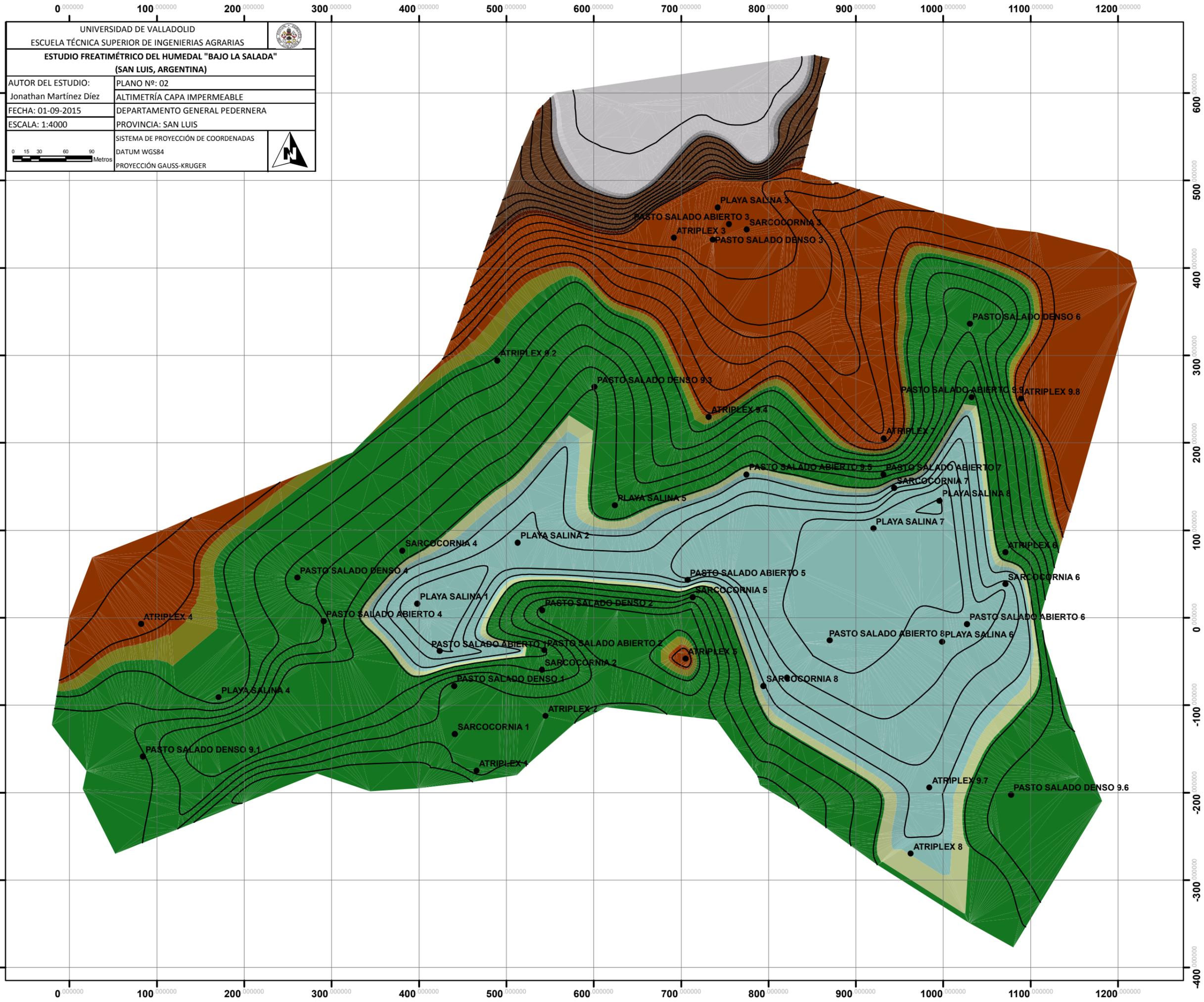
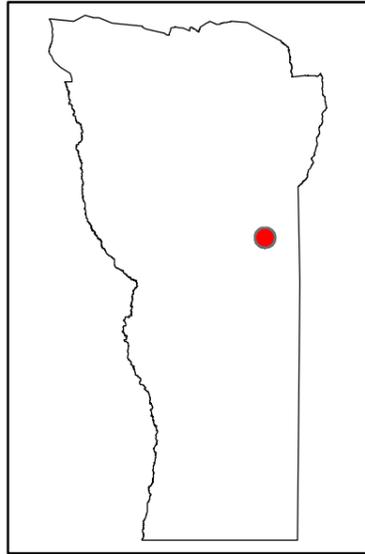
Leyenda

- Freatímetros
- CN_0.15

Altimetría terreno

Elevación U: m

- 504.298 - 504.762
- 503.834 - 504.298
- 503.37 - 503.834
- 502.906 - 503.37
- 502.441 - 502.906
- 501.977 - 502.441
- 501.513 - 501.977
- 501.049 - 501.513
- 500.585 - 501.049



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 02	
Jonathan Martínez Díez	ALTIMETRÍA CAPA IMPERMEABLE	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:4000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		



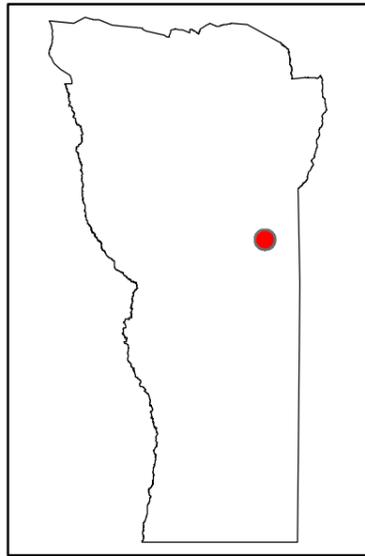
Leyenda

- Freatímetros
- CN

Altimetría impermeable

Elevación U: m

- 502.556 - 503
- 502.111 - 502.556
- 501.667 - 502.111
- 501.222 - 501.667
- 500.778 - 501.222
- 500.333 - 500.778
- 499.889 - 500.333
- 499.444 - 499.889
- 499 - 499.444

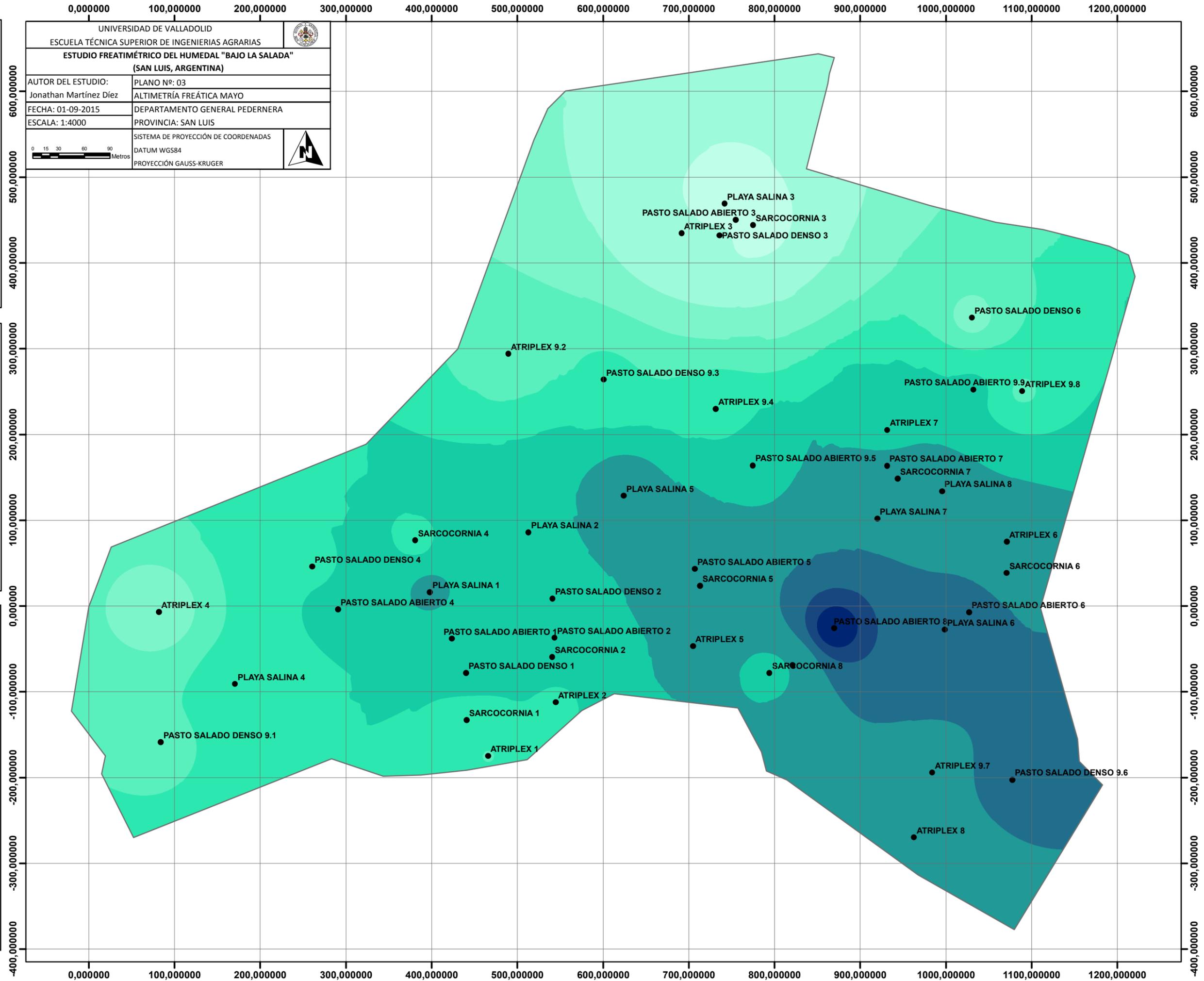


Leyenda

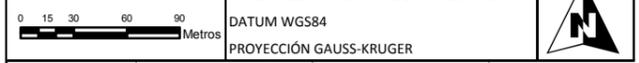
- Freatímetros

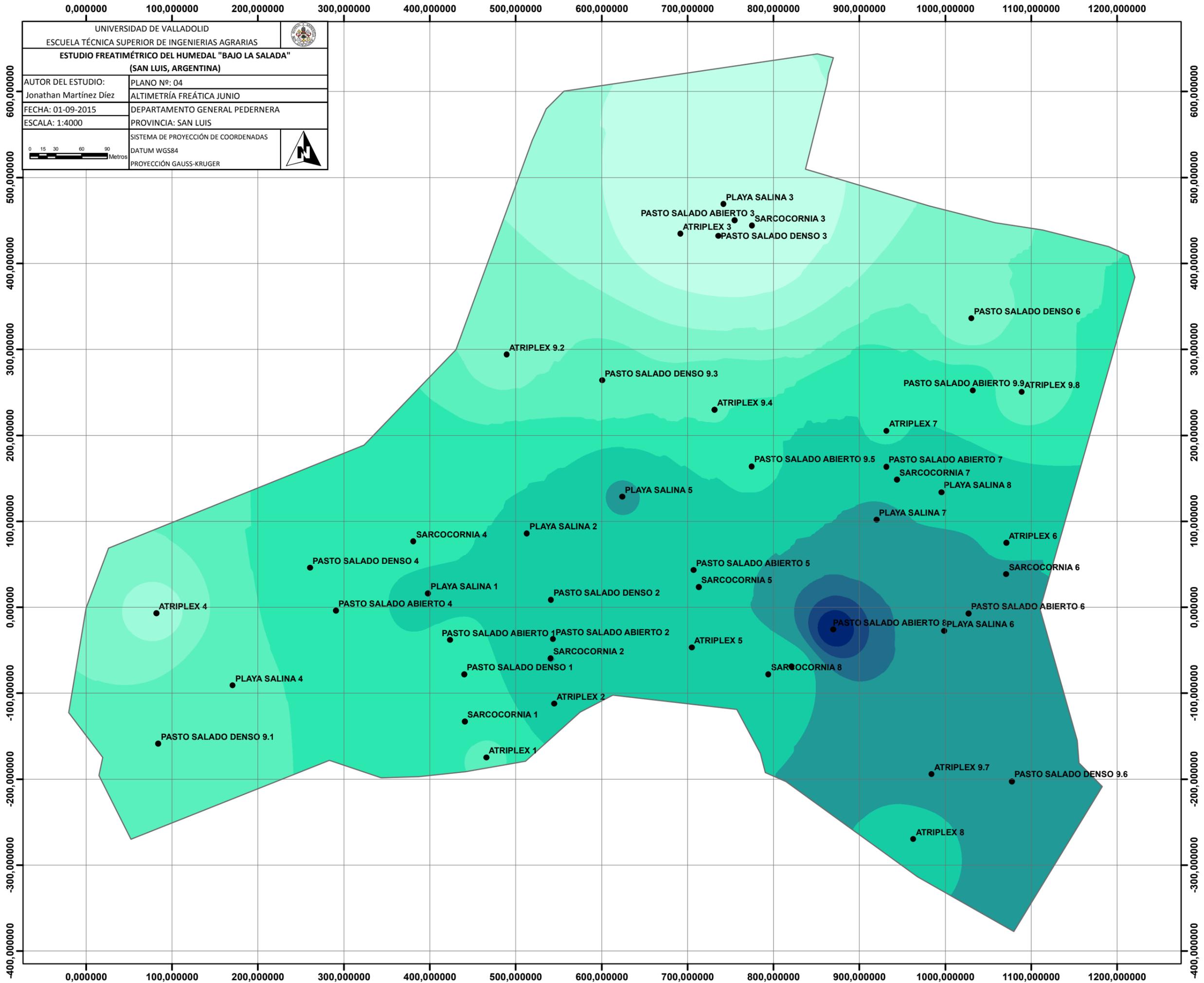
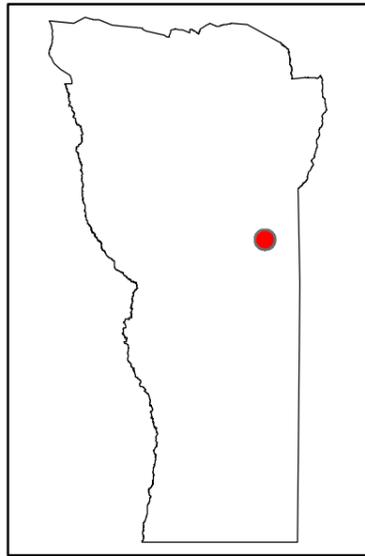
Freat_may
 <VALOR> U: m

500.15 - 500.40
500.40 - 500.65
500.65 - 500.90
500.90 - 501.15
501.15 - 501.40
501.40 - 501.65
501.65 - 501.90
501.90 - 502.15
502.15 - 502.40
502.40 - 502.65



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA" (SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 03	
Jonathan Martínez Díez	ALTIMETRÍA FREÁTICA MAYO	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:4000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		





UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 04	
Jonathan Martínez Díez	ALTIMETRÍA FREÁTICA JUNIO	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:4000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

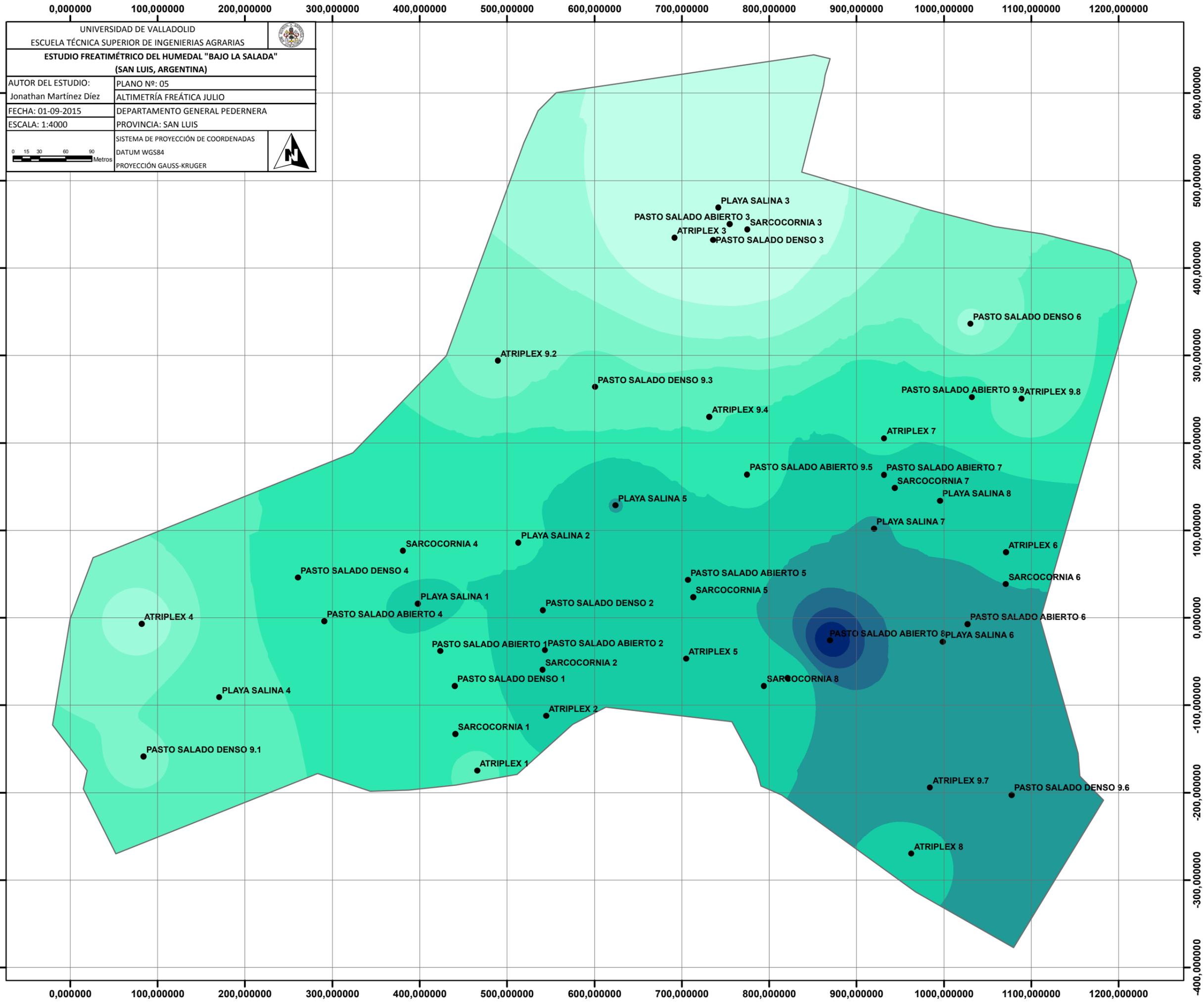
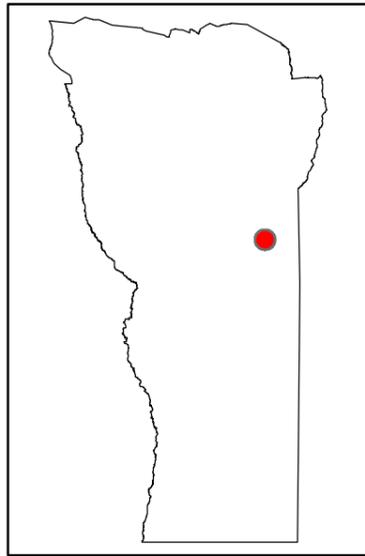


Leyenda

- Freatímetros

Freat_jun
 <VALOR> U: m

- 499.95 - 500.20
- 500.20 - 500.45
- 500.45 - 500.70
- 500.70 - 500.95
- 500.95 - 501.20
- 501.20 - 501.45
- 501.45 - 501.70
- 501.70 - 501.95
- 501.95 - 502.20
- 502.20 - 502.45



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 05	
Jonathan Martínez Díez	ALTIMETRÍA FREÁTICA JULIO	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:4000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

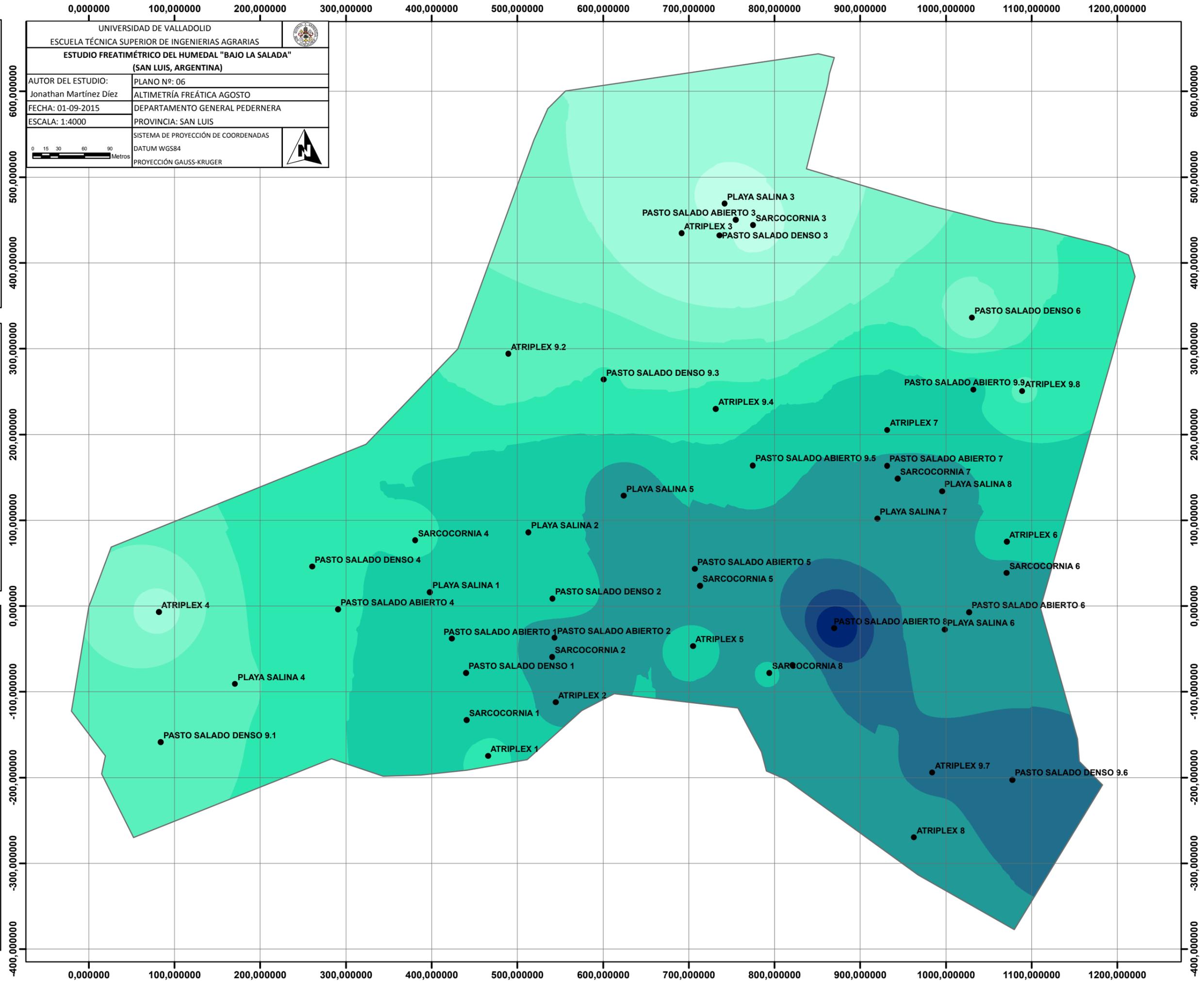
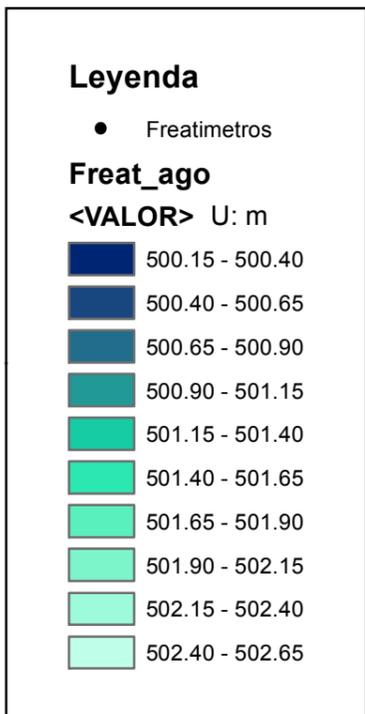
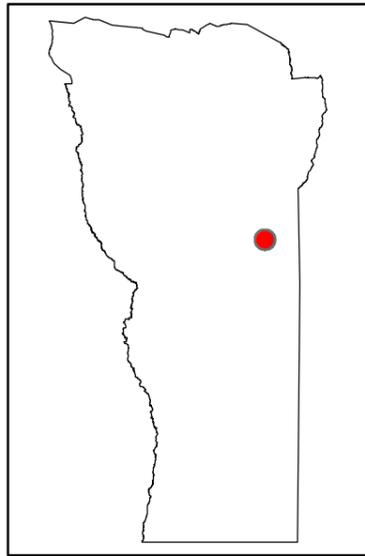


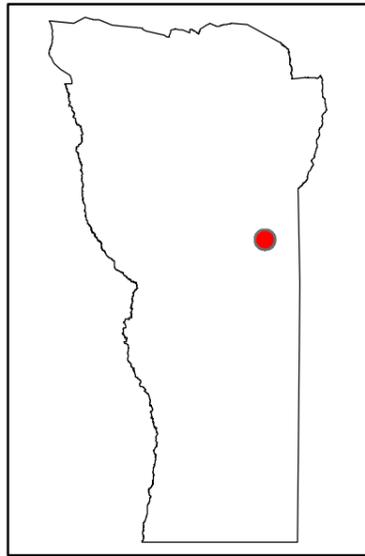
Leyenda

- Freatímetros

Freat_jul
<VALOR> U: m

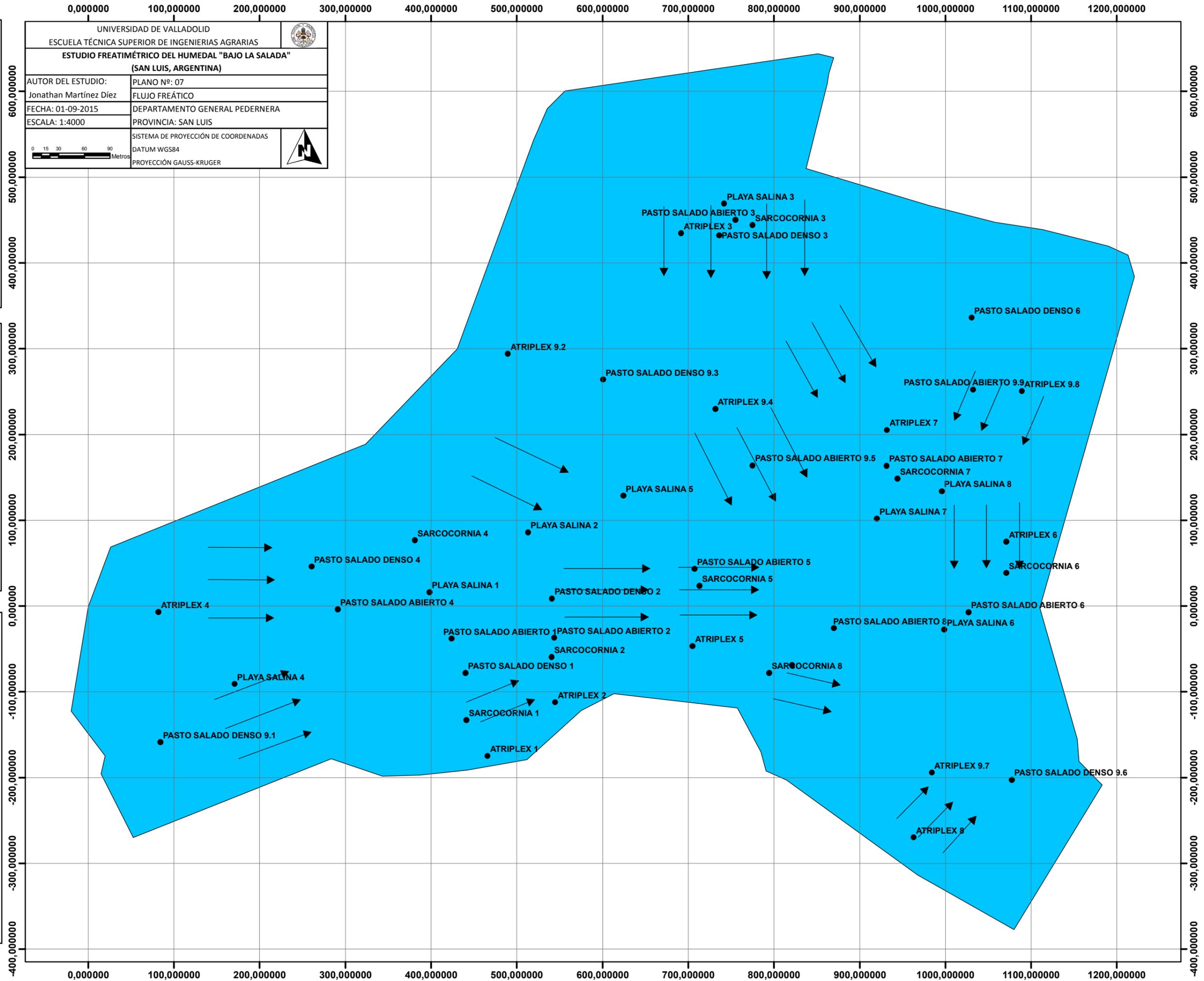
- 499.90 - 500.15
- 500.15 - 500.40
- 500.40 - 500.65
- 500.65 - 500.90
- 500.90 - 501.15
- 501.15 - 501.40
- 501.40 - 501.65
- 501.65 - 501.90
- 501.90 - 502.15
- 502.15 - 502.40

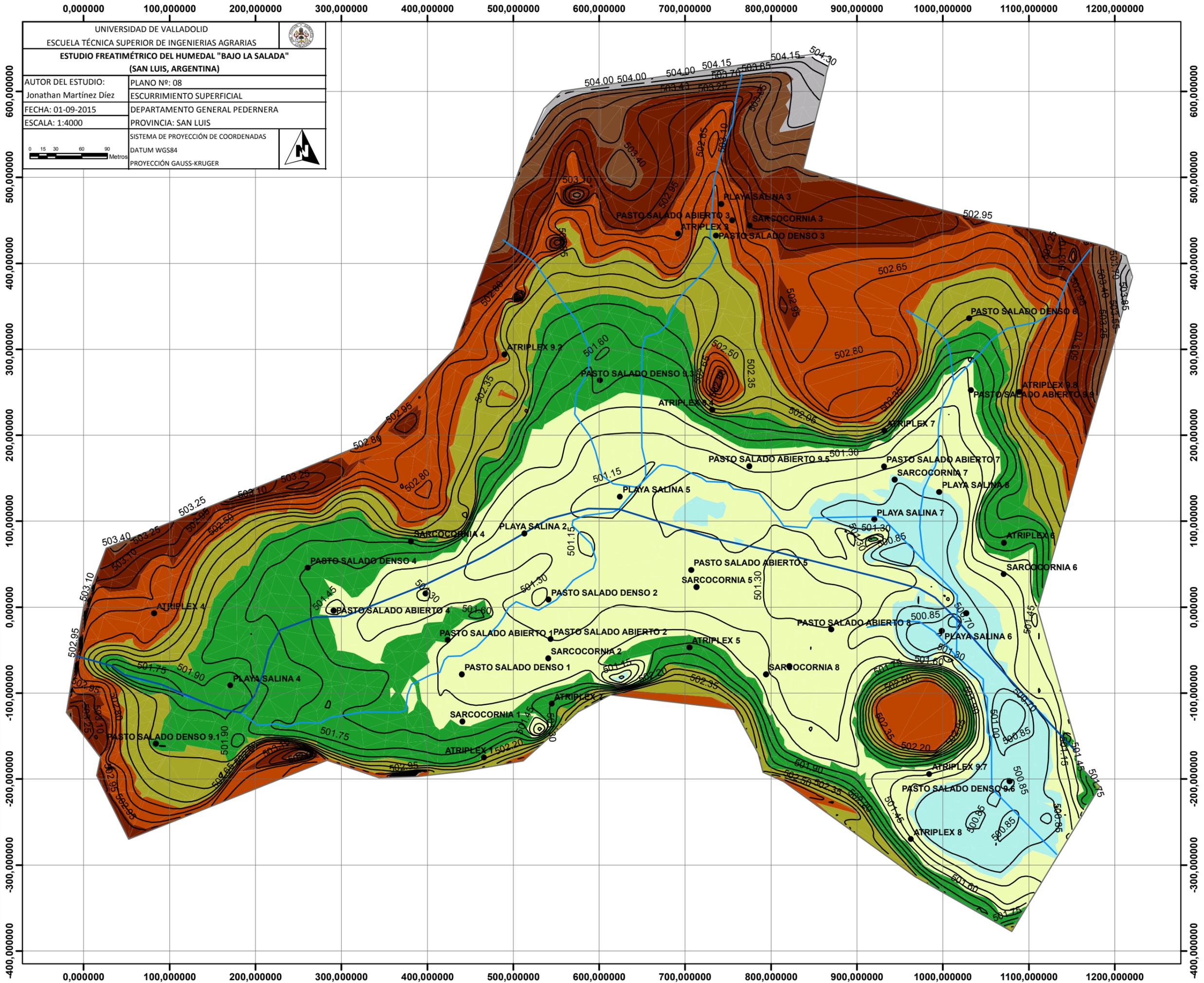
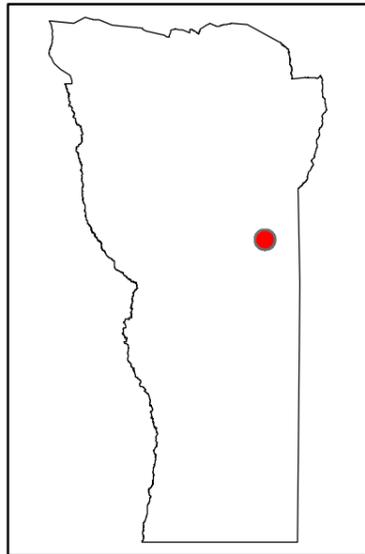




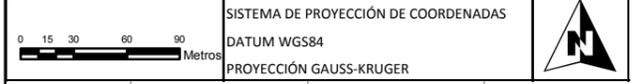
Leyenda

- ▶ Movimiento_freatica
- Freatímetros





UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 08	
Jonathan Martínez Díez	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:4000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		



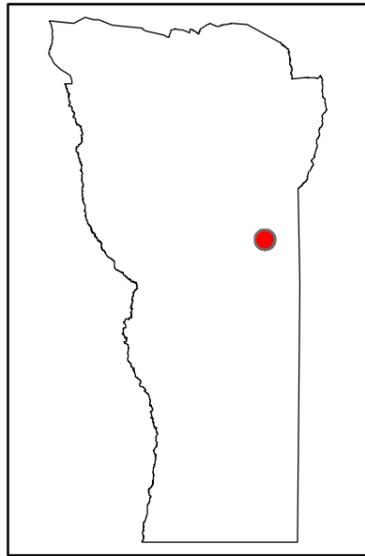
Leyenda

- Canal "Bajo La Salada"
- Cauces naturales
- CN_0.15
- Freatímetros

Altimetría terreno

Elevación U: m

- 504.298 - 504.762
- 503.834 - 504.298
- 503.37 - 503.834
- 502.906 - 503.37
- 502.441 - 502.906
- 501.977 - 502.441
- 501.513 - 501.977
- 501.049 - 501.513
- 500.585 - 501.049



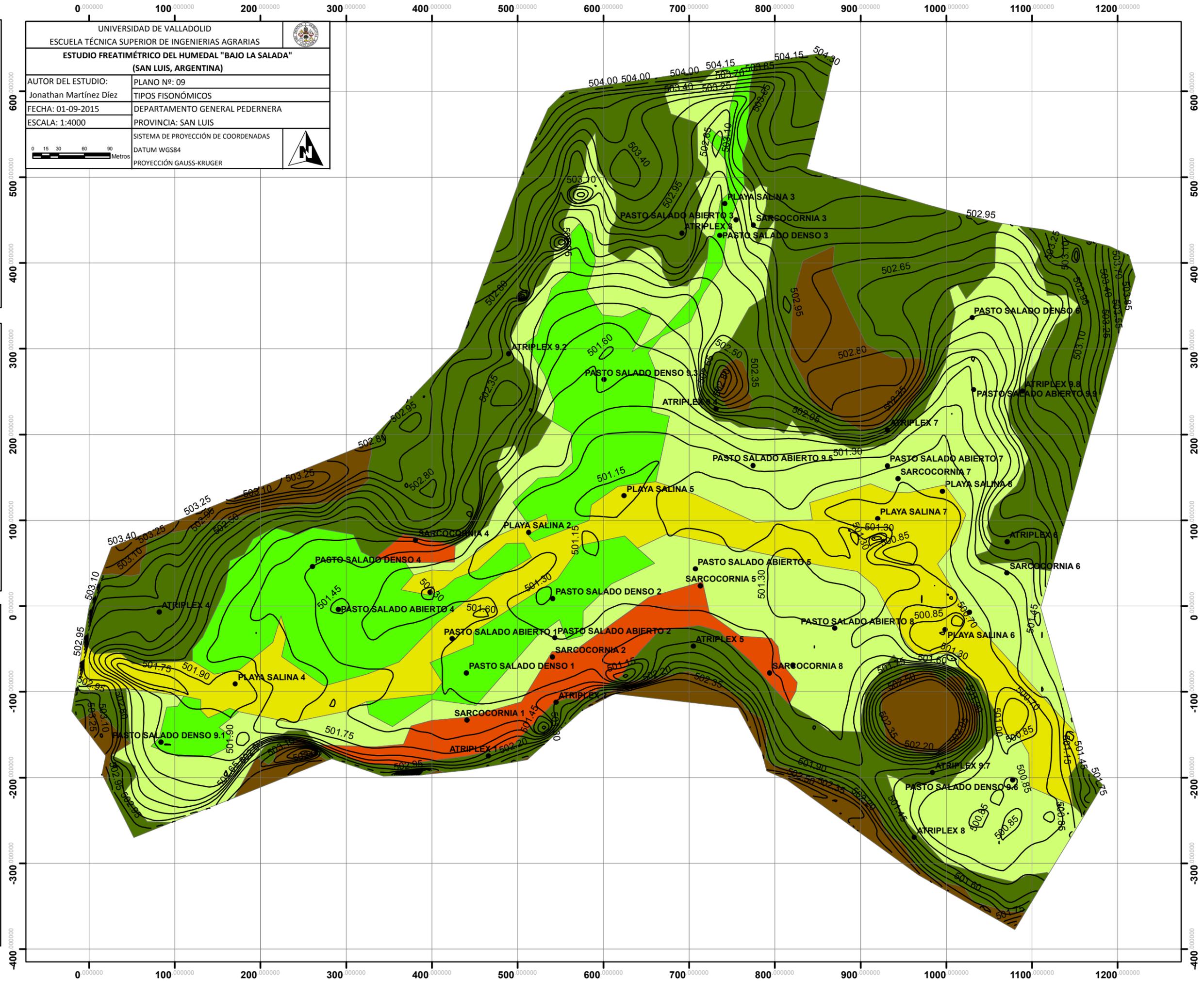
Leyenda

- Freatímetros
- CN_0.15

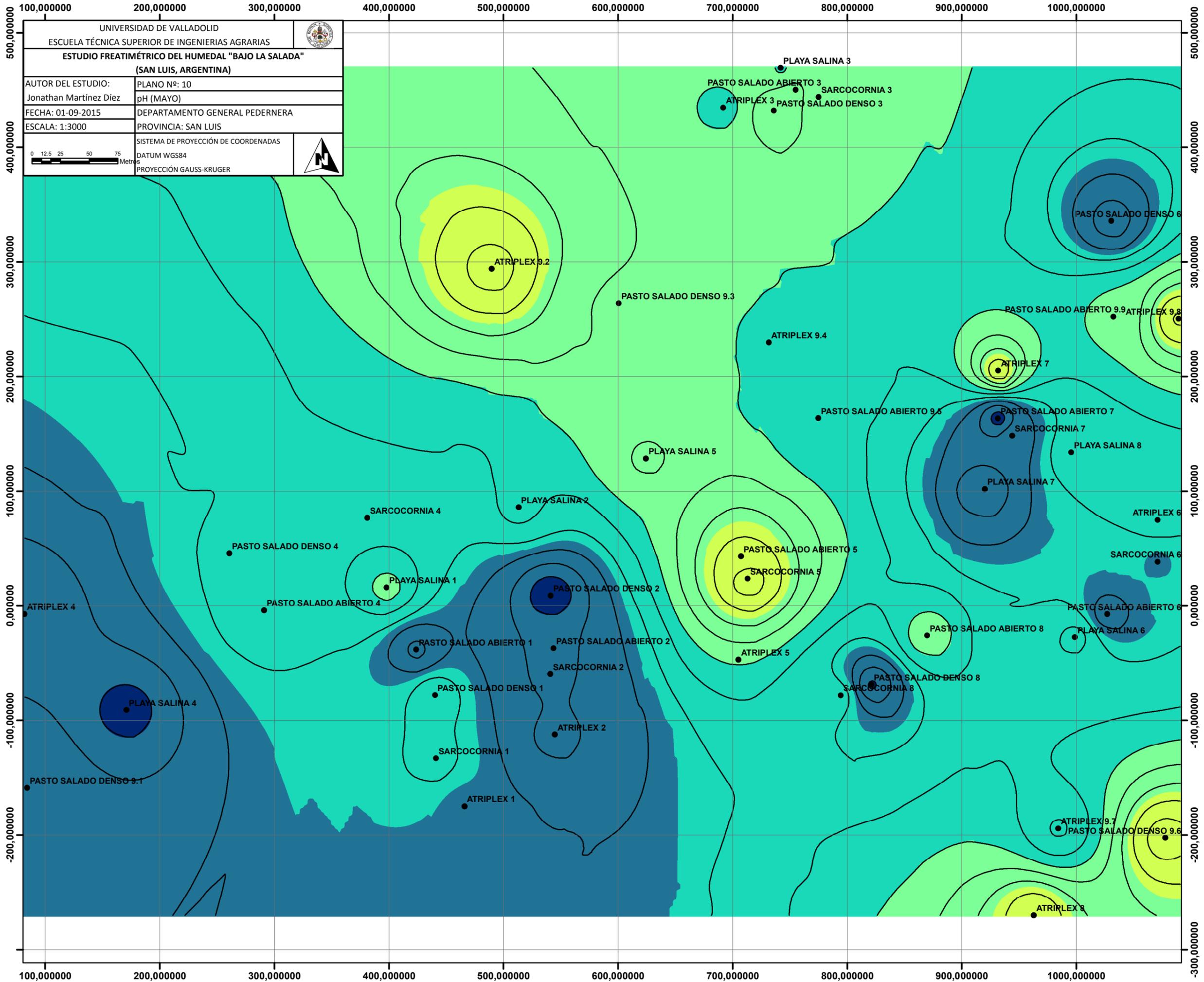
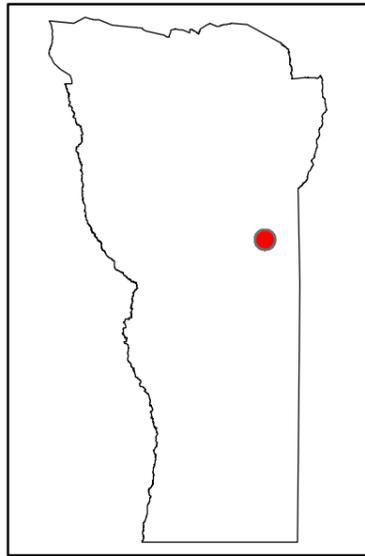
Tipos_fisonómicos

Tipo_fiso

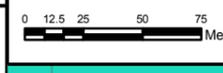
- MONTE HALOFILO
- MATORRAL HALOFILO
- ARBUSTAL HALOFILO RASTRERO
- PRADERA HALOFILA DENSA
- PRADERA HALOFILA ABIERTA
- PLAYA SALINA



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 09	
Jonathan Martínez Díez	TIPOS FISONÓMICOS	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:4000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 10	
Jonathan Martínez Díez	pH (MAYO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		



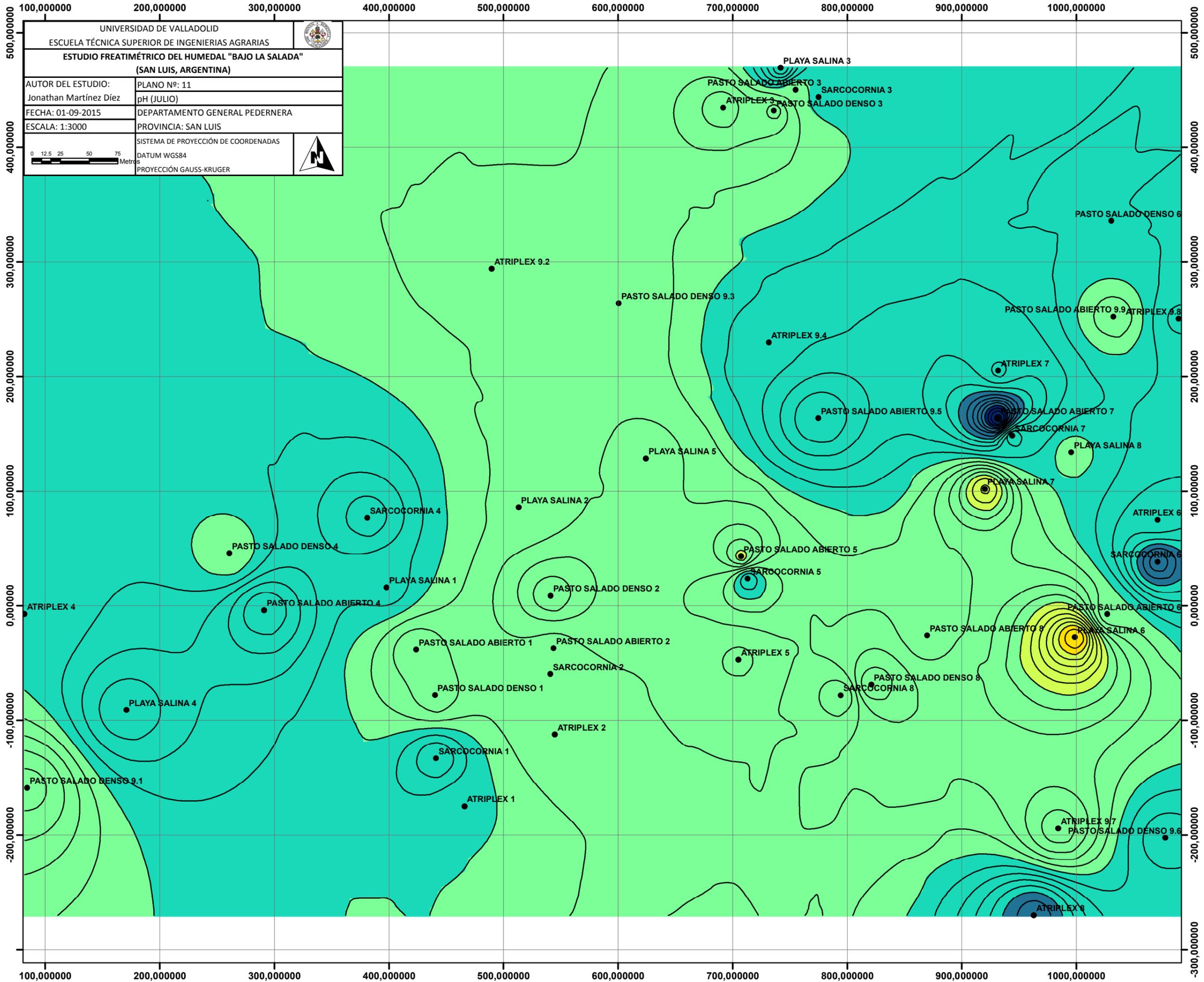
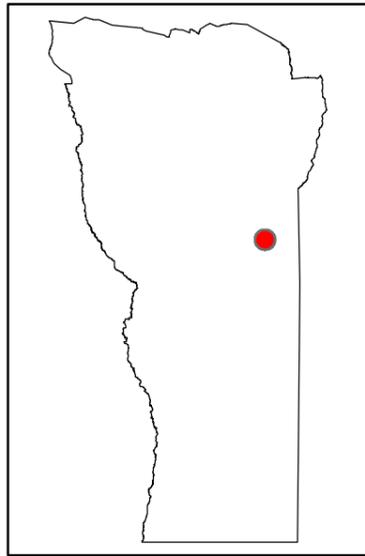
Leyenda

- Freatímetros

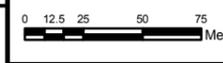
pH_mayo

<VALOR>

- 7.75 - 8.00
- 8.00 - 8.25
- 8.25 - 8.50
- 8.50 - 8.75
- 8.75 - 9.00
- 9.00 - 9.25
- 9.25 - 9.50
- 9.50 - 9.75



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 11	
Jonathan Martínez Díez	pH (JULIO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		



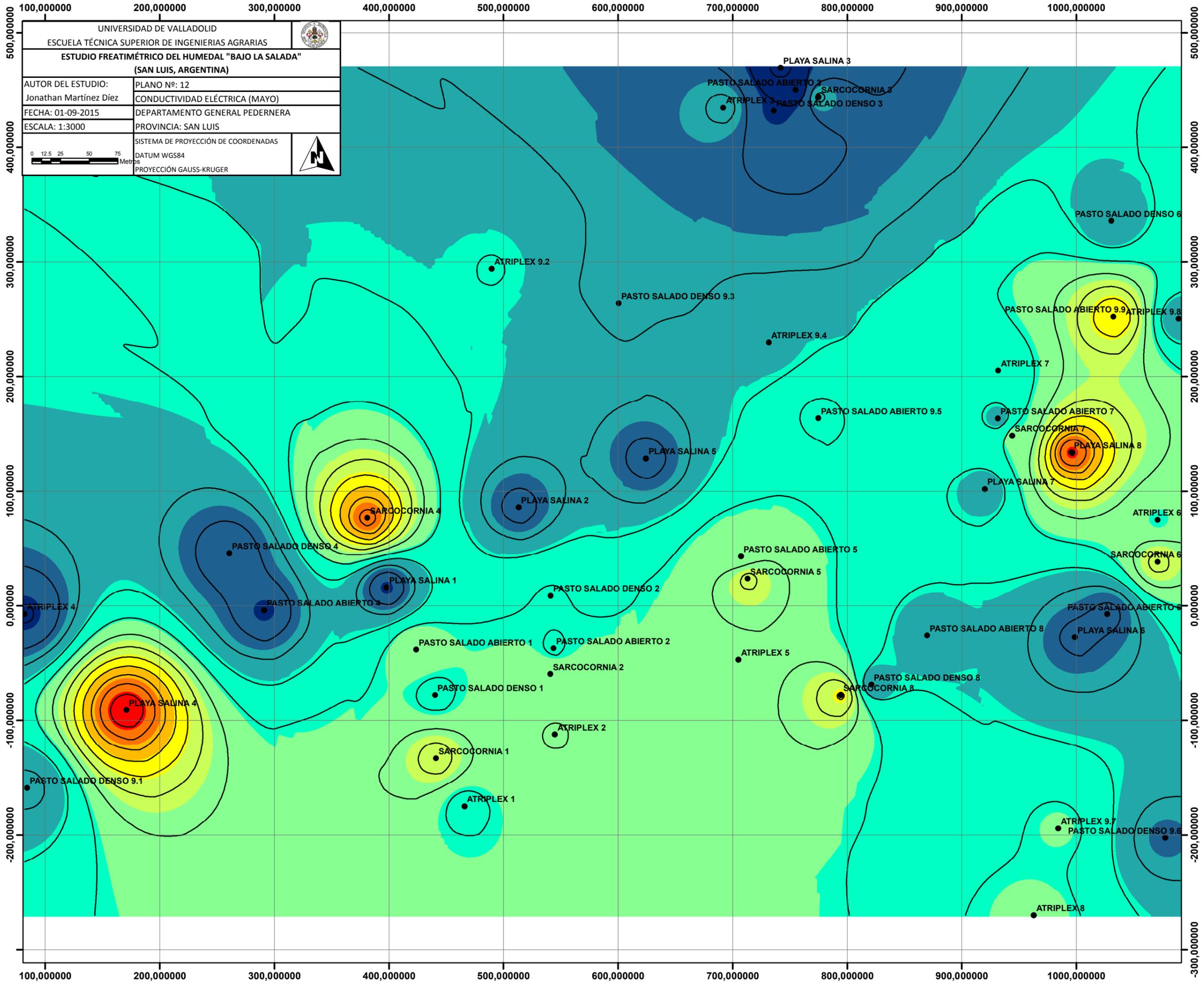
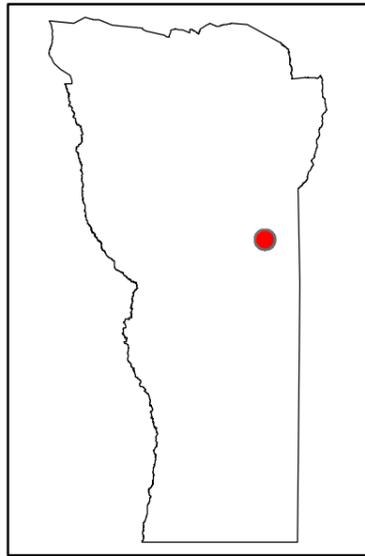
Leyenda

- Freatímetros

pH_julio

<VALOR>

- 7.75 - 8.00
- 8.00 - 8.25
- 8.25 - 8.5
- 8.50 - 8.75
- 8.75 - 9.00
- 9.00 - 9.25
- 9.25 - 9.50
- 9.50 - 9.75



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 12	
Jonathan Martínez Díez	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (MAYO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		



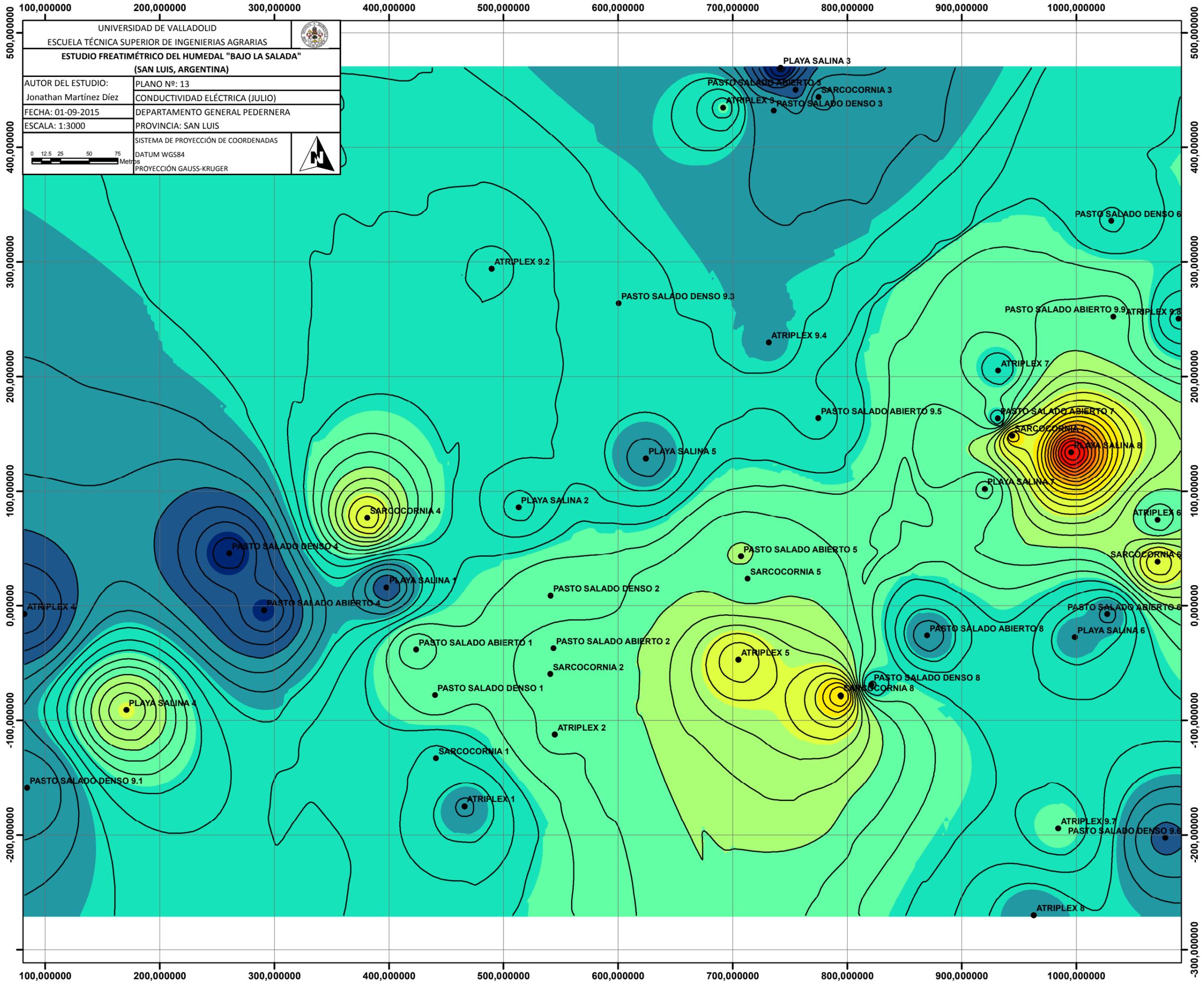
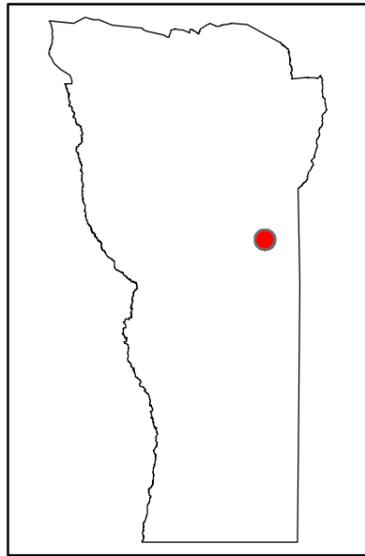
Leyenda

- Freatímetros

CE_mayo

<VALOR> U: dS.m-1

	15.00 - 25.00
	25.00 - 33.00
	33.00 - 41.00
	41.00 - 49.00
	49.00 - 57.00
	57.00 - 65.00
	65.00 - 73.00
	73.00 - 81.00
	81.00 - 89.00
	89.00 - 97.00



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 13	
Jonathan Martínez Díez	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (JULIO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

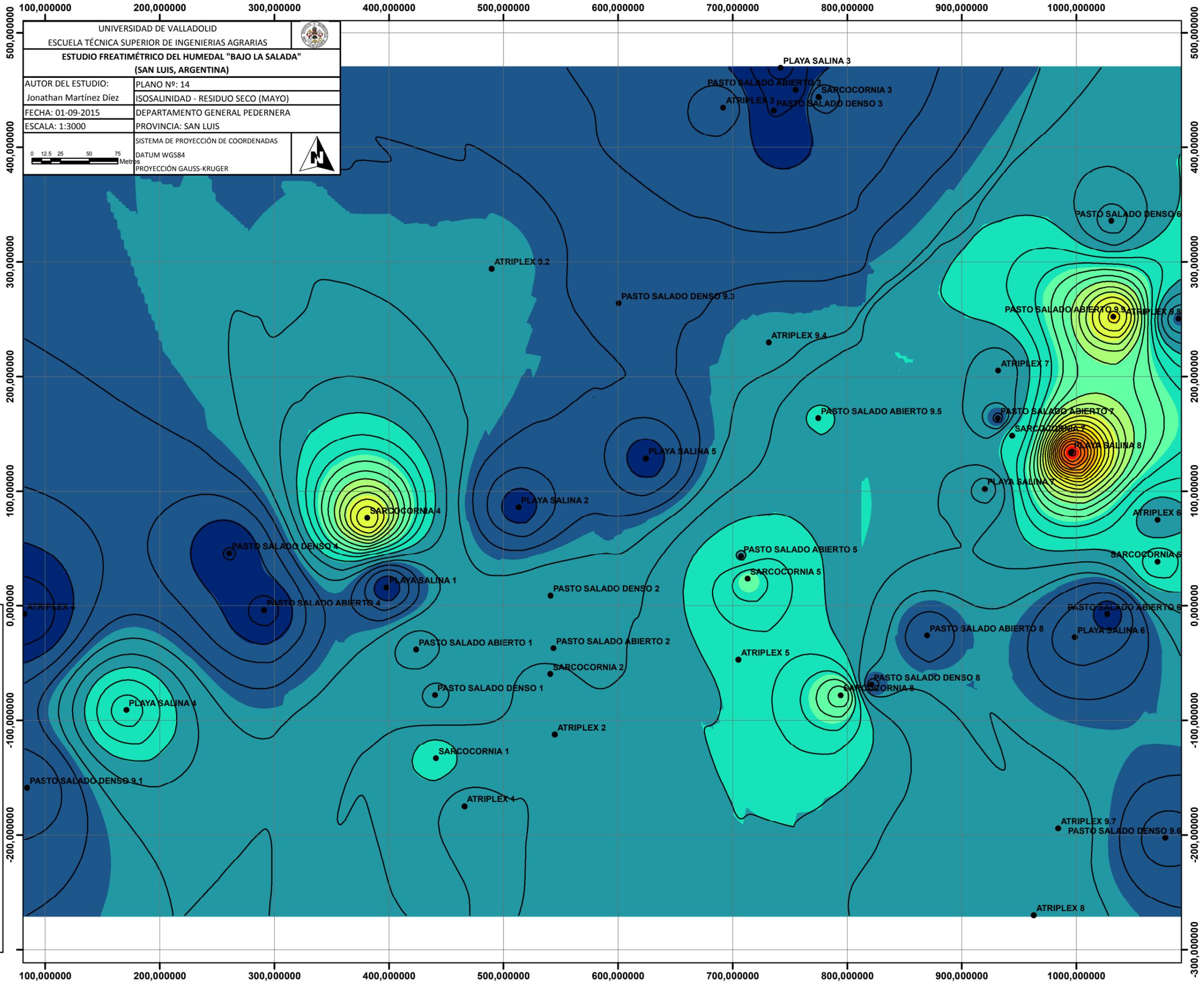
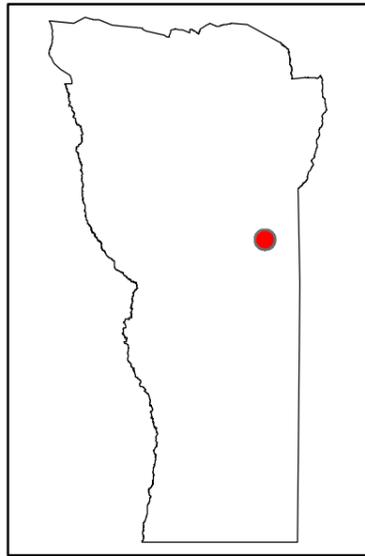


Leyenda

- Freatímetros

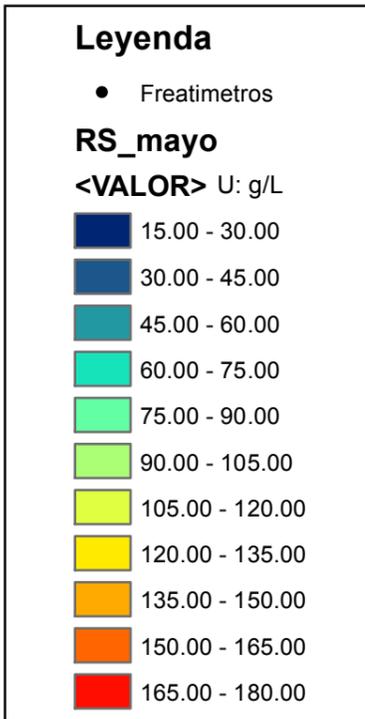
CE_julio
 <VALOR> U: dS.m⁻¹

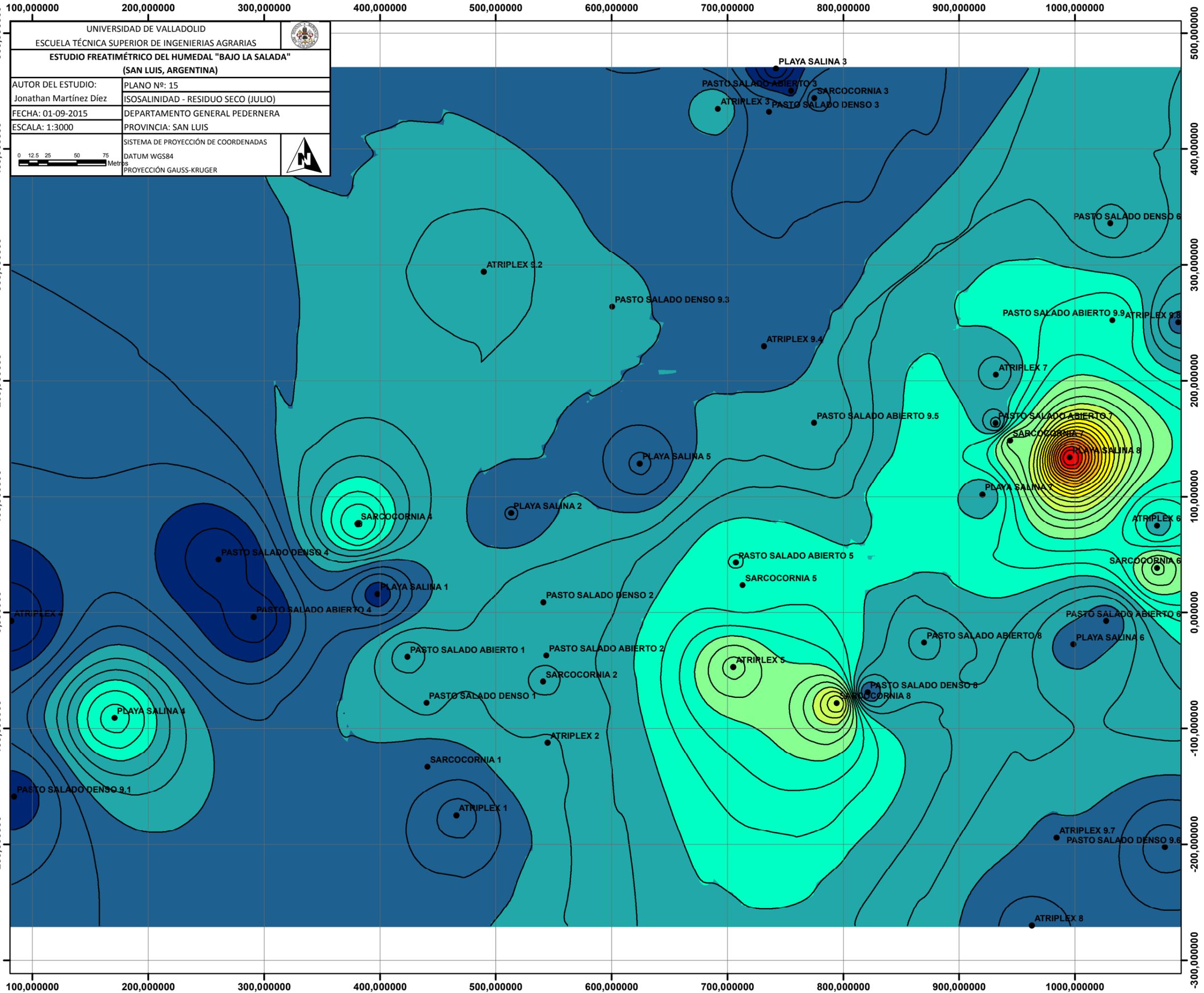
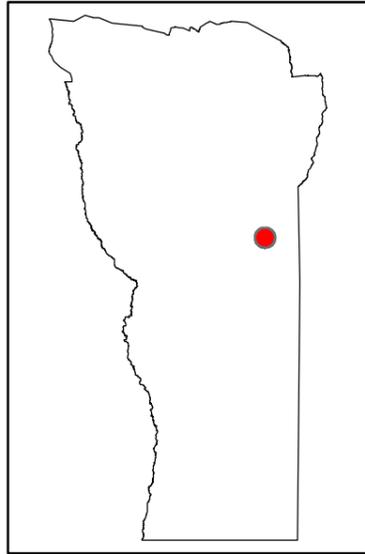
17.00 - 25.00
25.00 - 33.00
33.00 - 41.00
41.00 - 49.00
49.00 - 57.00
57.00 - 65.00
65.00 - 73.00
73.00 - 81.00
81.00 - 89.00
89.00 - 97.00
97.00 - 105.00



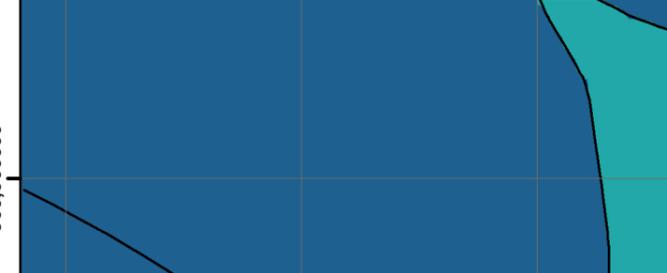
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS
 ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"
 (SAN LUIS, ARGENTINA)

AUTOR DEL ESTUDIO: Jonathan Martínez Díez	PLANO Nº: 14 ISOSALINIDAD - RESIDUO SECO (MAYO)
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS	
DATUM WGS84	
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER	





UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 15	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - RESIDUO SECO (JULIO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

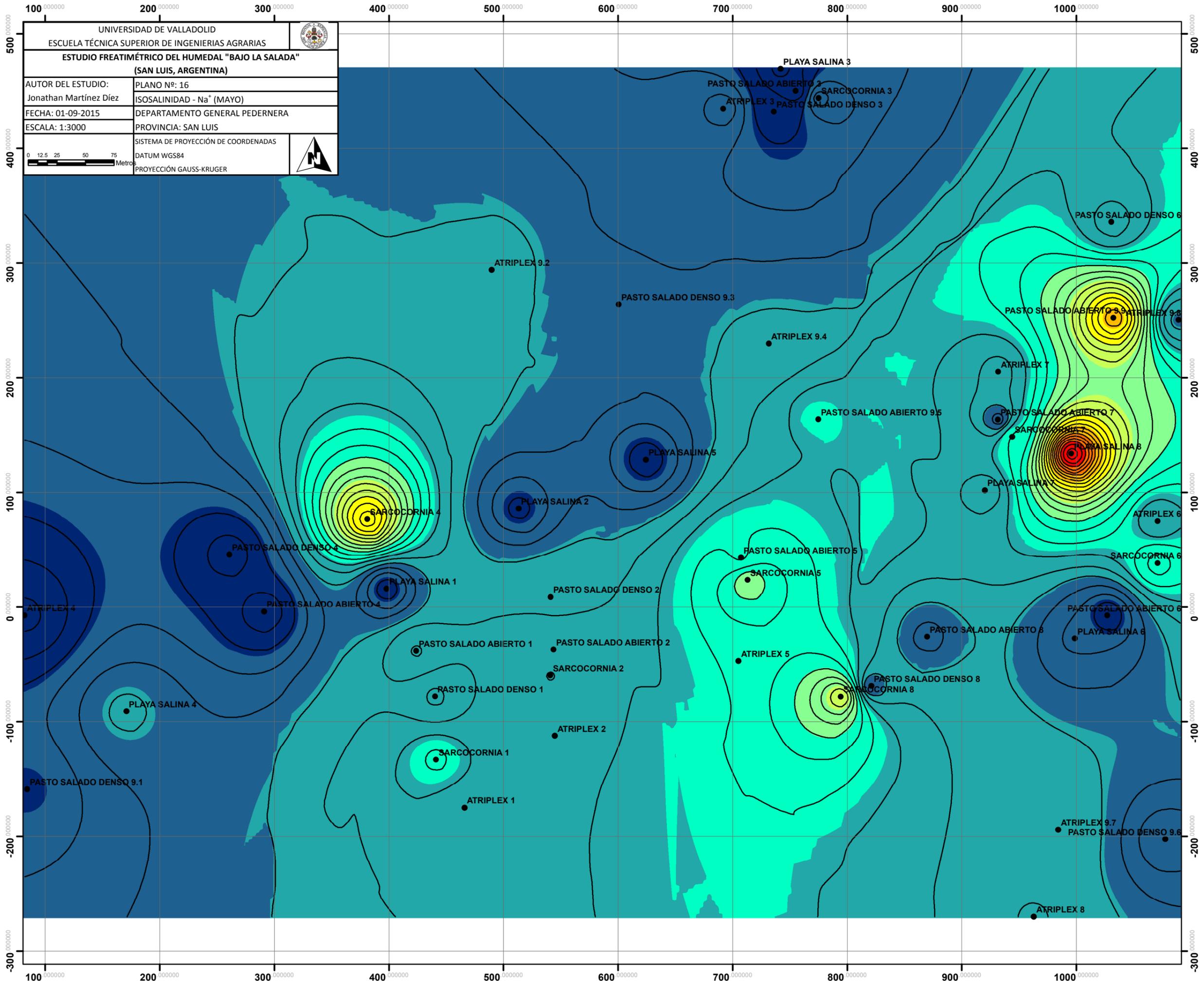
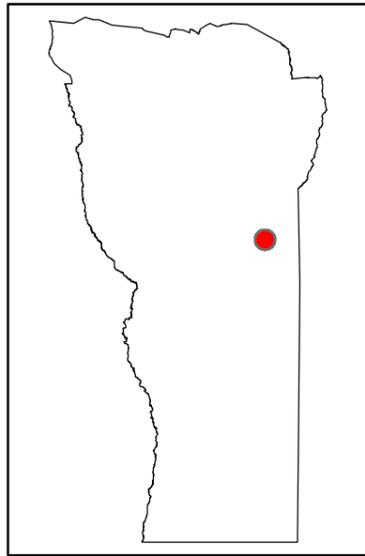


Legenda

- Freatímetros

RS_julio
 <VALOR> U: g/L

15.00 - 30.00
30.00 - 45.00
45.00 - 60.00
60.00 - 75.00
75.00 - 90.00
90.00 - 105.00
105.00 - 120.00
120.00 - 135.00
135.00 - 150.00
150.00 - 165.00



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 16	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - Na ⁺ (MAYO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

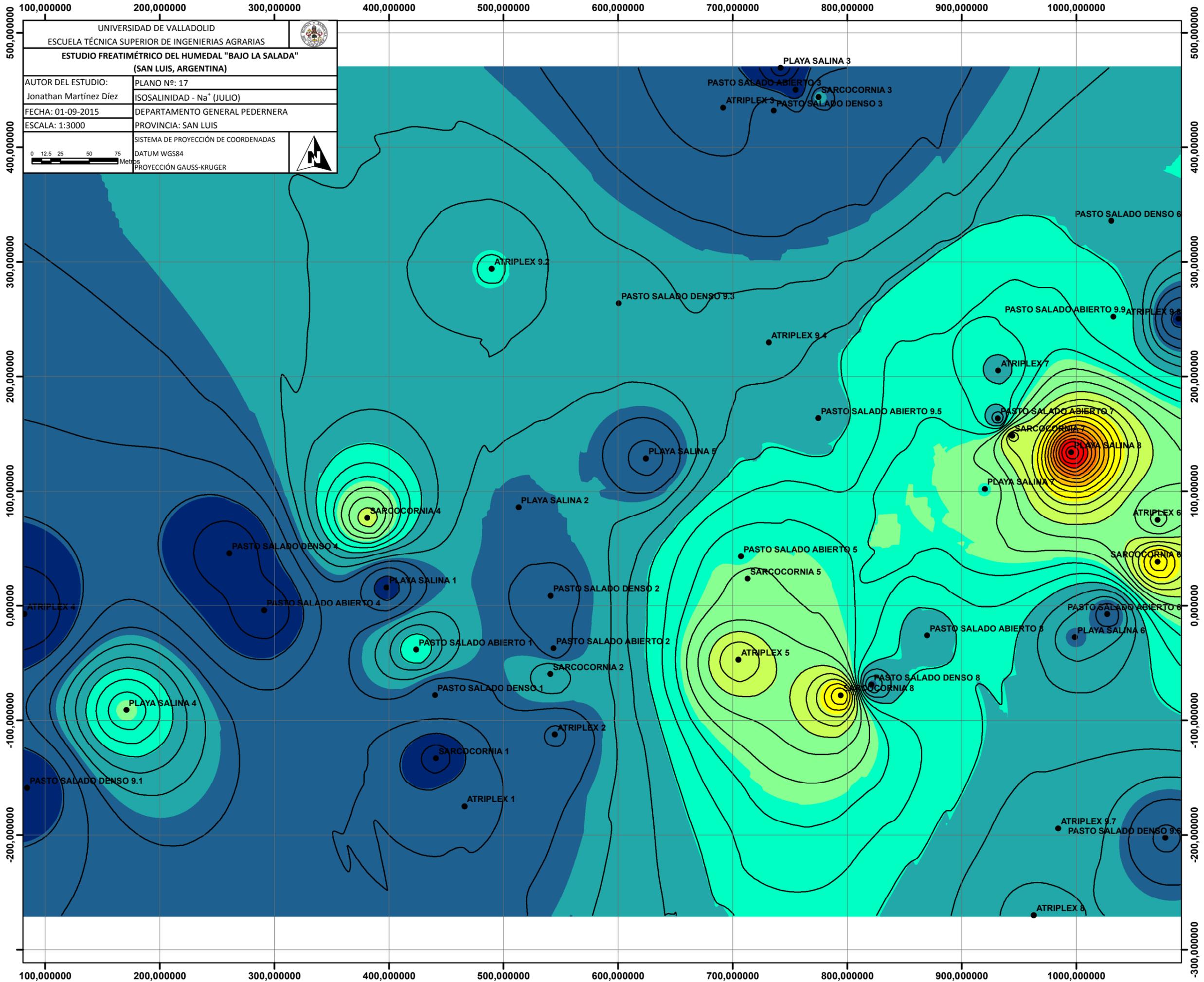
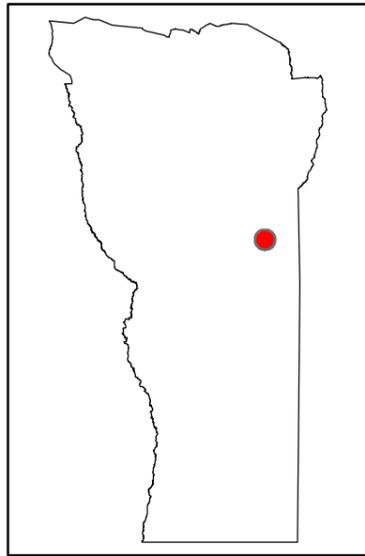


Leyenda

- Freatímetros

Na_{mayo}
 <VALOR> U: mg/L

4 282.965332 - 8 410.308252
8 410.308253 - 12 537.65117
12 537.65118 - 16 664.99409
16 664.9941 - 20 792.33701
20 792.33702 - 24 919.67993
24 919.67994 - 29 047.02285
29 047.02286 - 33 174.36577
33 174.36578 - 37 301.70869
37 301.7087 - 41 429.05161
41 429.05162 - 45 556.39453



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"
 (SAN LUIS, ARGENTINA)

AUTOR DEL ESTUDIO: Jonathan Martínez Díez	PLANO Nº: 17 ISOSALINIDAD - Na ⁺ (JULIO)
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS	
DATUM WGS84	
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER	

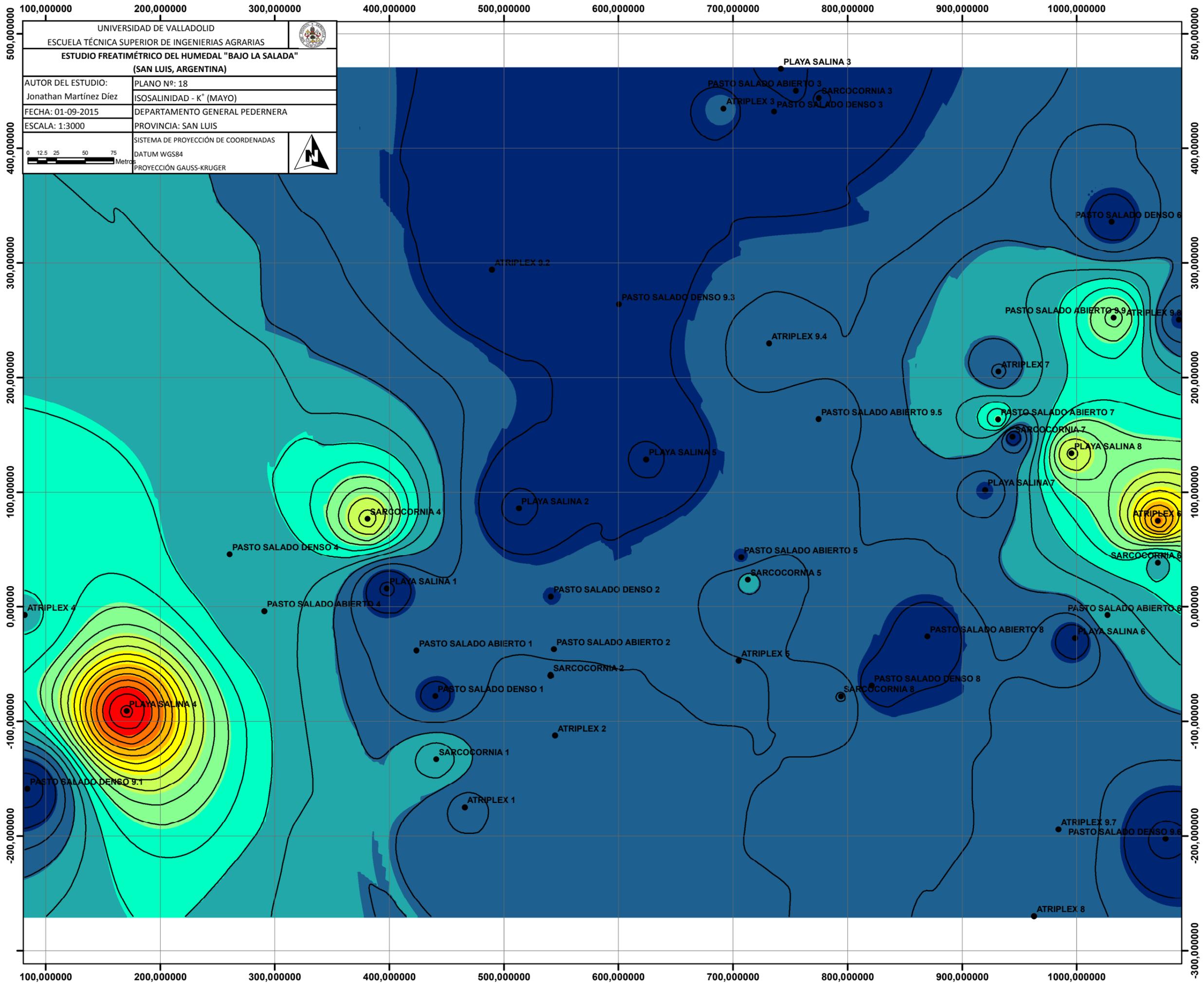
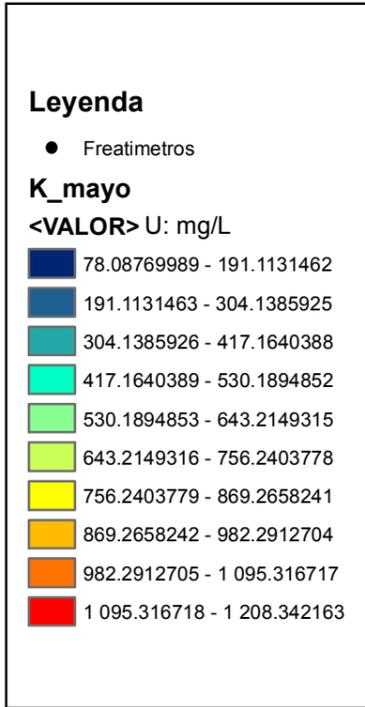
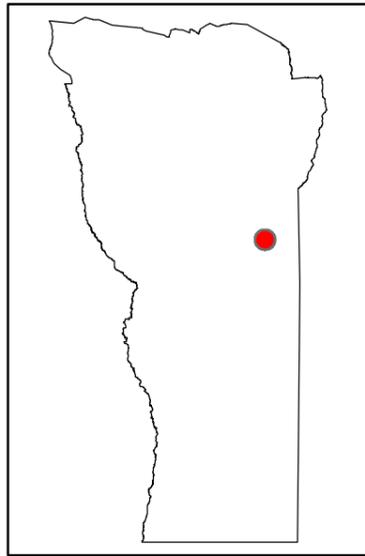


Leyenda

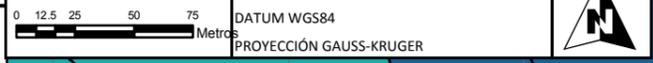
- Freatímetros

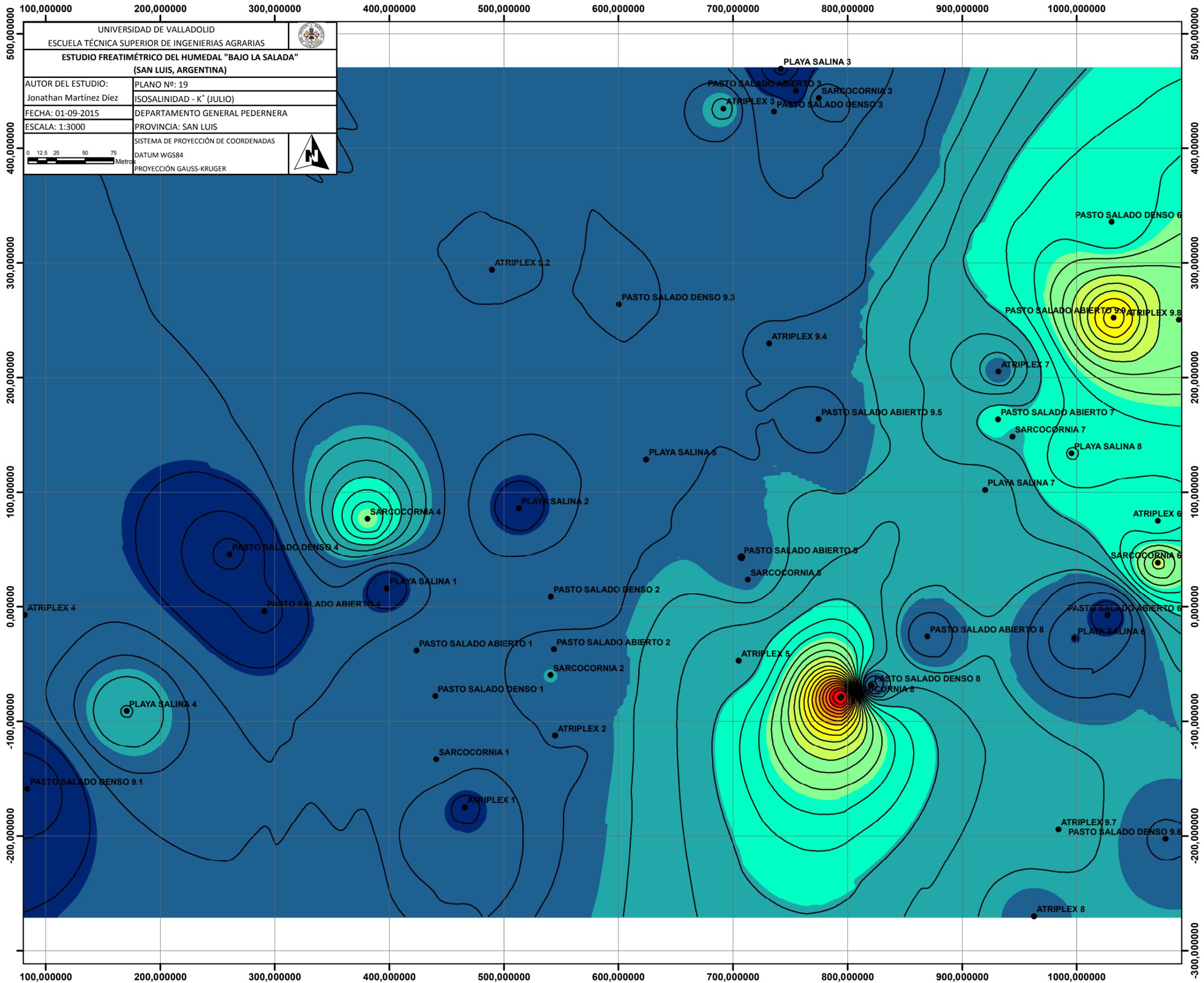
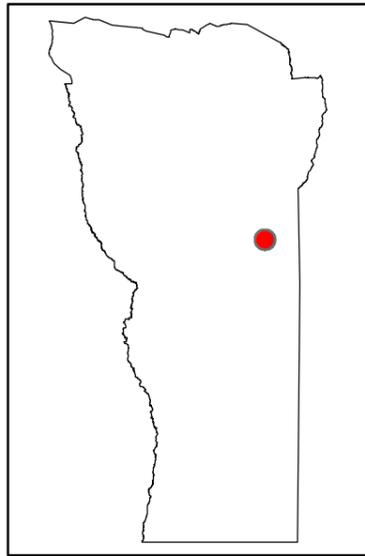
Na_{julio}
 <VALOR> U: mg/L

4 583.852051 - 7 982.058643
7 982.058644 - 11 380.26523
11 380.26524 - 14 778.47183
14 778.47184 - 18 176.67842
18 176.67843 - 21 574.88501
21 574.88502 - 24 973.0916
24 973.09161 - 28 371.29819
28 371.2982 - 31 769.50479
31 769.5048 - 35 167.71138
35 167.71139 - 38 565.91797



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 18	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - K ⁺ (MAYO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		





UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 19	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - K ⁺ (JULIO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

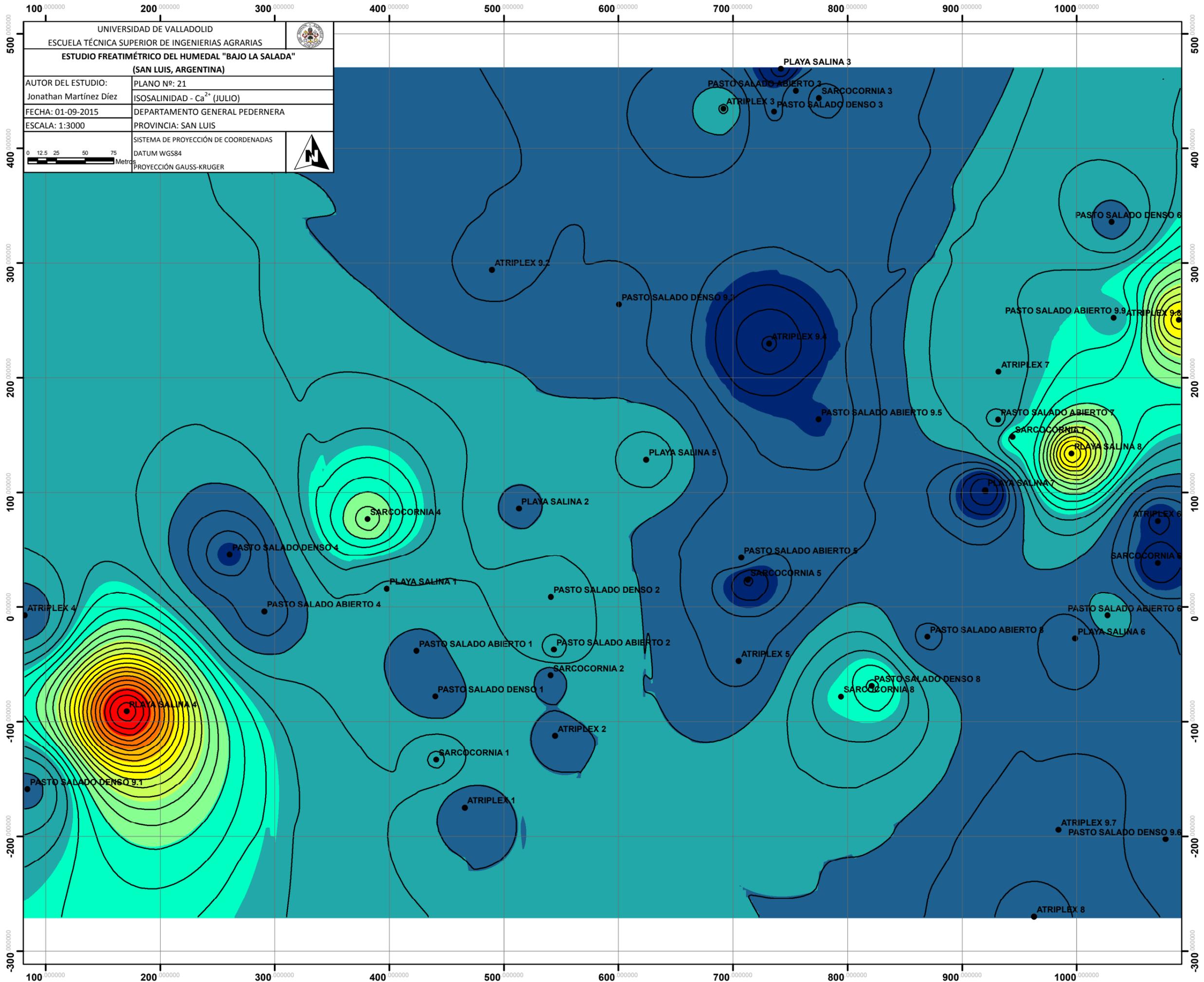
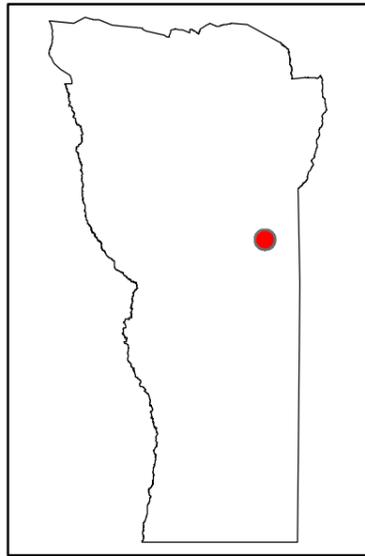


Leyenda

- Freatímetros

K_{julio}
 <VALOR> U: mg/L

	68.4078598 - 166.8312218
	166.8312219 - 265.2545837
	265.2545838 - 363.6779457
	363.6779458 - 462.1013077
	462.1013078 - 560.5246696
	560.5246697 - 658.9480316
	658.9480317 - 757.3713936
	757.3713937 - 855.7947556
	855.7947557 - 954.2181175
	954.2181176 - 1 052.641479



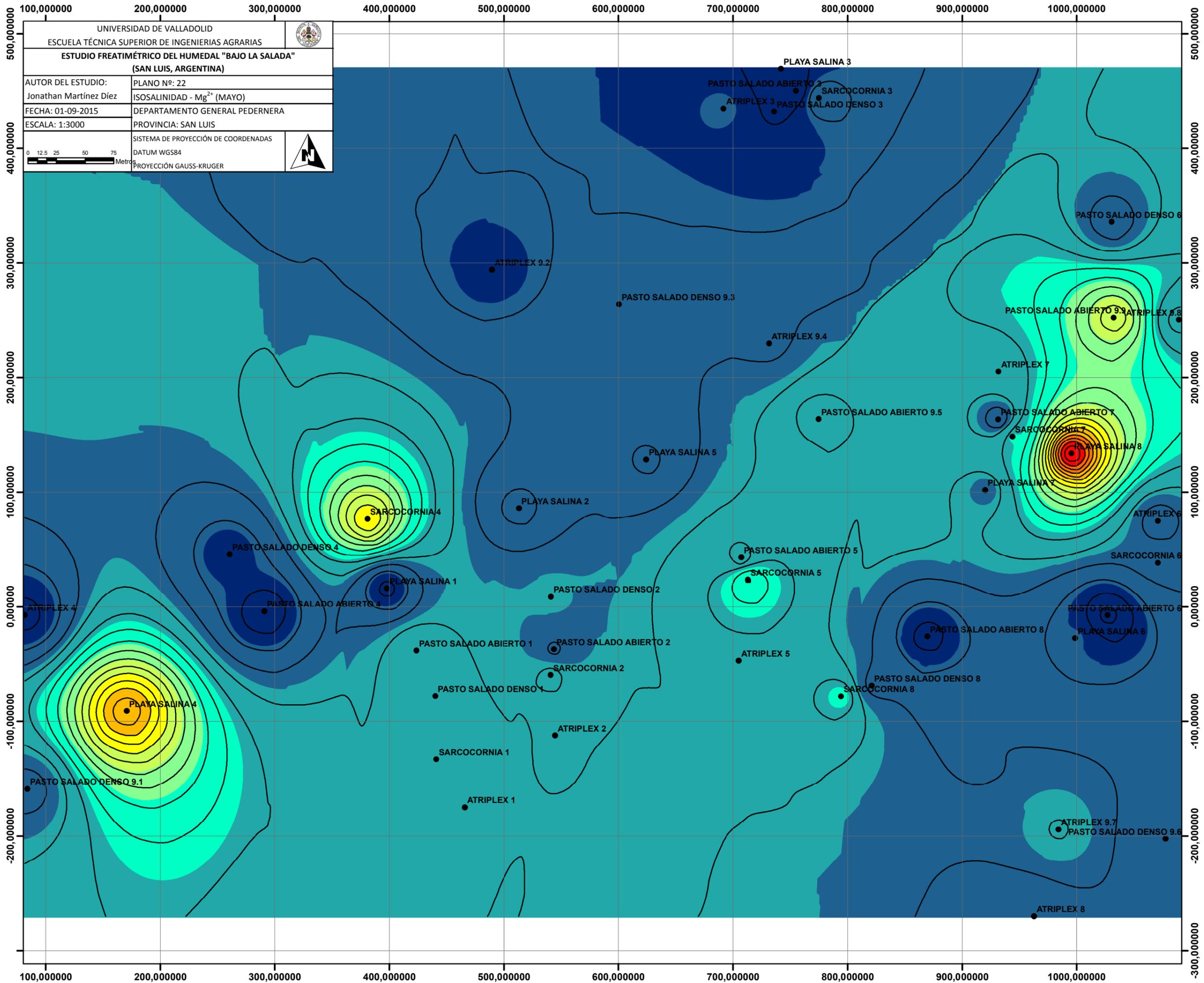
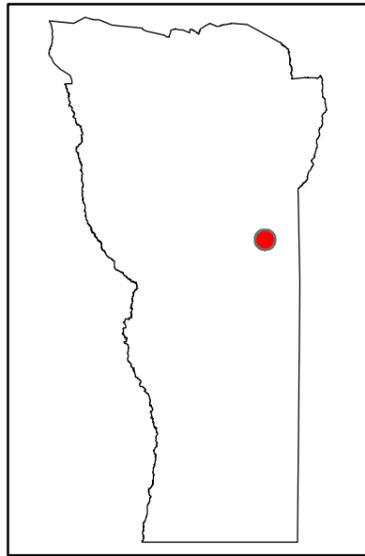
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"
 (SAN LUIS, ARGENTINA)

AUTOR DEL ESTUDIO: Jonathan Martínez Díez	PLANO Nº: 21 ISOSALINIDAD - Ca ²⁺ (JULIO)
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS	
DATUM WGS84	
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER	

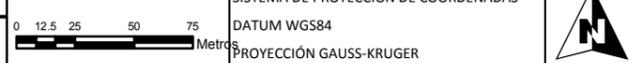


Leyenda

- Freatímetros
- Ca_julio**
<VALOR> U: mg/L
- 380.1468811 - 710.6365944
- 710.6365945 - 1 041.126308
- 1 041.126309 - 1 371.616021
- 1 371.616022 - 1 702.105734
- 1 702.105735 - 2 032.595447
- 2 032.595448 - 2 363.085161
- 2 363.085162 - 2 693.574874
- 2 693.574875 - 3 024.064587
- 3 024.064588 - 3 354.554301
- 3 354.554302 - 3 685.044014



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA" (SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 22	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - Mg ²⁺ (MAYO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

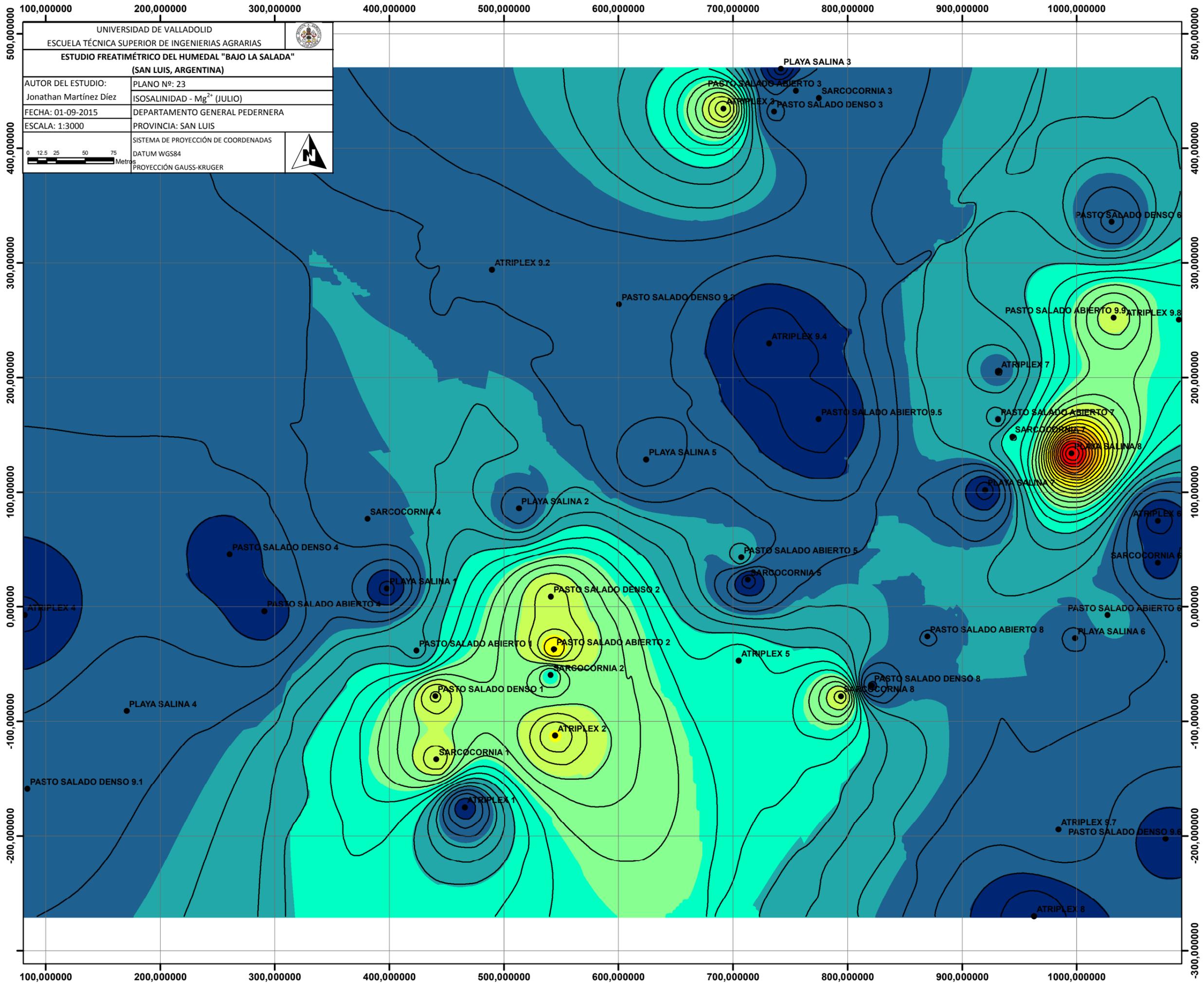
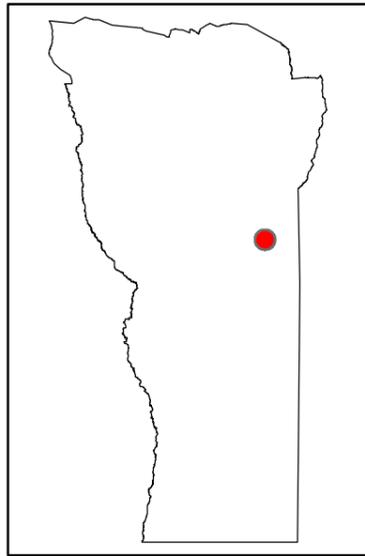


Leyenda

- Freatímetros

Mg_mayo
<VALOR> U: mg/L

256.5907288 - 882.0685588
882.0685589 - 1 507.546389
1 507.54639 - 2 133.024219
2 133.02422 - 2 758.502049
2 758.50205 - 3 383.979879
3 383.97988 - 4 009.457709
4 009.45771 - 4 634.935539
4 634.93554 - 5 260.413369
5 260.41337 - 5 885.891199
5 885.8912 - 6 511.369029



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 23	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - Mg ²⁺ (JULIO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

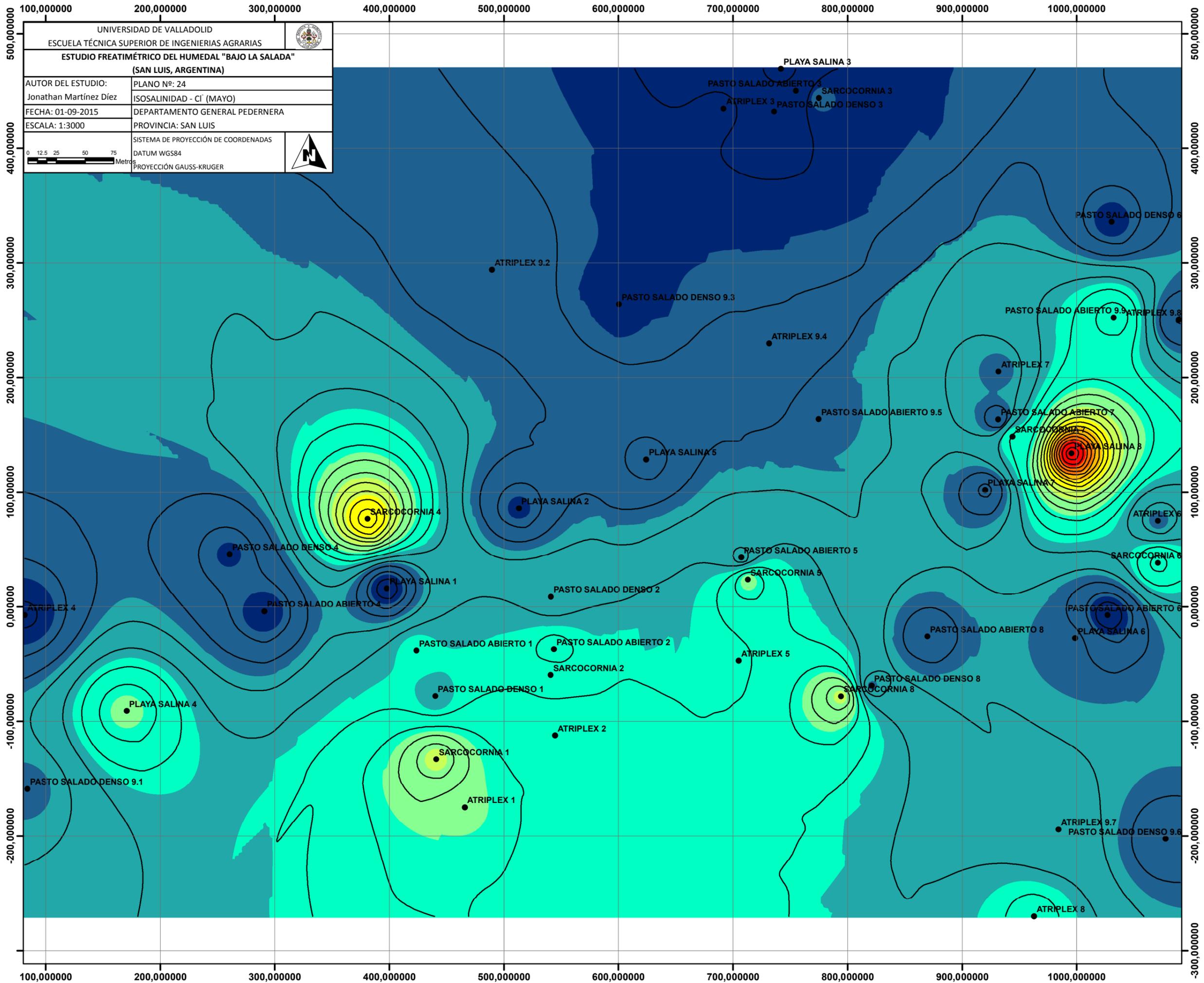
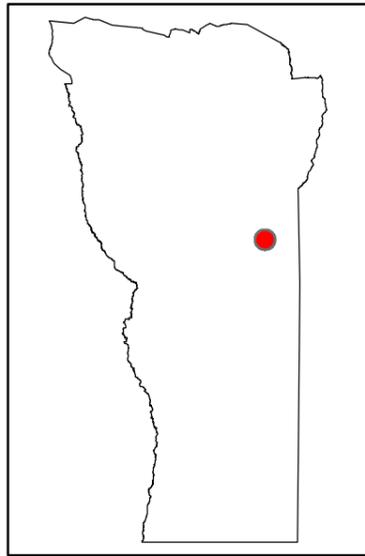


Leyenda

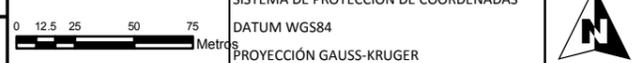
- Freatímetros

Mg_julio
<VALOR> U: mg/L

	123.5014572 - 782.9706474
	782.9706475 - 1 442.439838
	1 442.439839 - 2 101.909028
	2 101.909029 - 2 761.378218
	2 761.378219 - 3 420.847408
	3 420.847409 - 4 080.316599
	4 080.3166 - 4 739.785789
	4 739.78579 - 5 399.254979
	5 399.25498 - 6 058.724169
	6 058.72417 - 6 718.193359



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA"		
(SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 24	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - CI (MAYO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

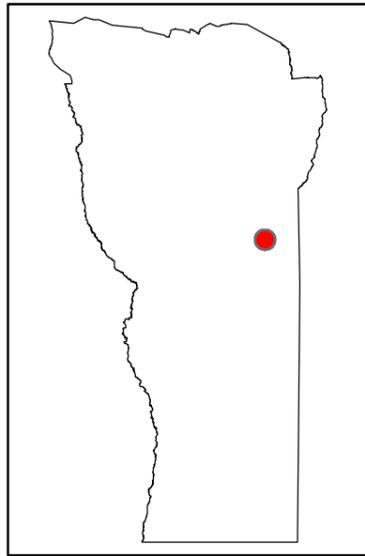


Legenda

- Freatímetros

CI_mayo
<VALOR> U: mg/L

- 2 414.641113 - 5 622.554736
- 5 622.554737 - 8 830.468359
- 8 830.46836 - 12 038.38198
- 12 038.38199 - 15 246.29561
- 15 246.29562 - 18 454.20923
- 18 454.20924 - 21 662.12285
- 21 662.12286 - 24 870.03647
- 24 870.03648 - 28 077.9501
- 28 077.95011 - 31 285.86372
- 31 285.86373 - 34 493.77734

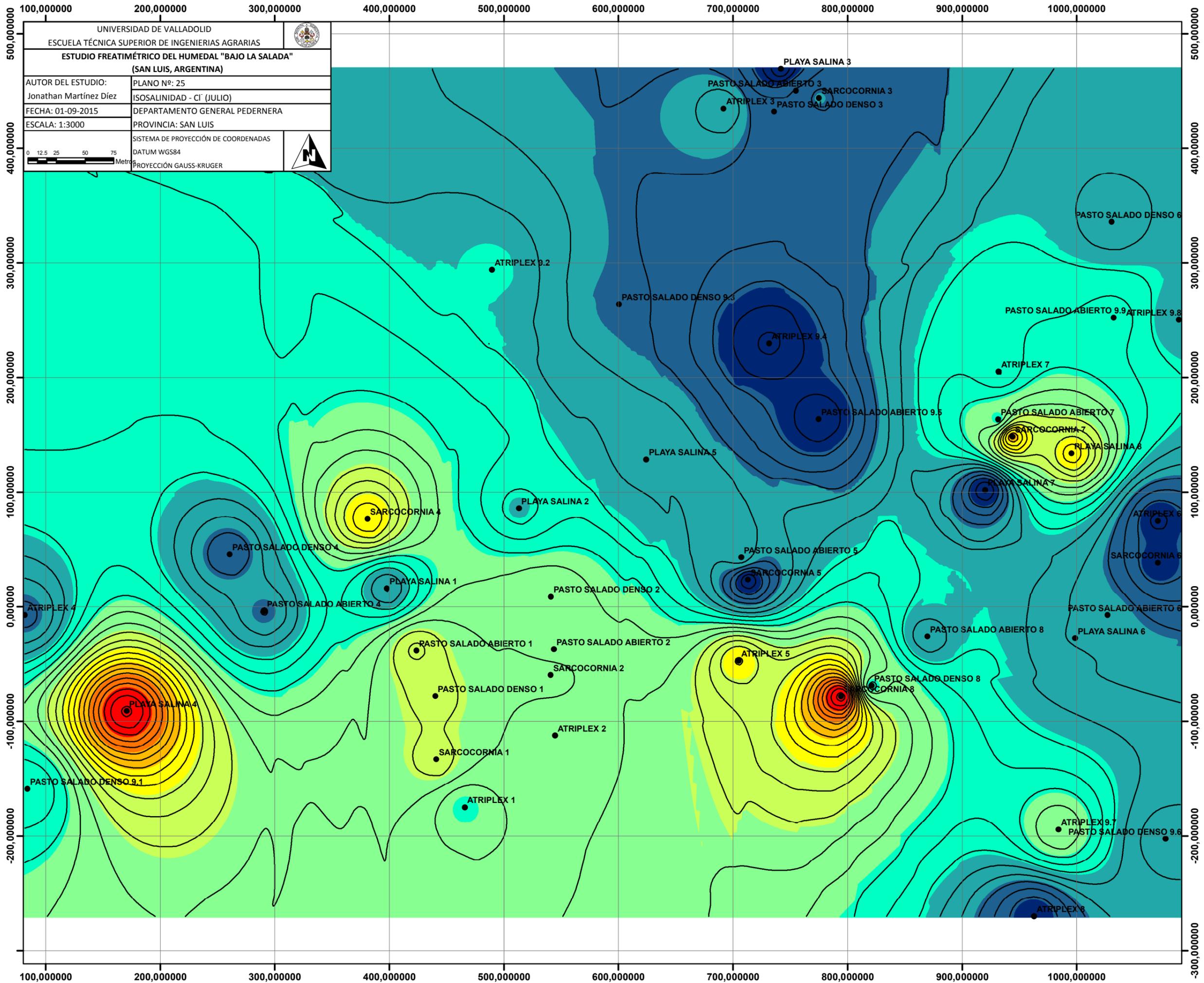


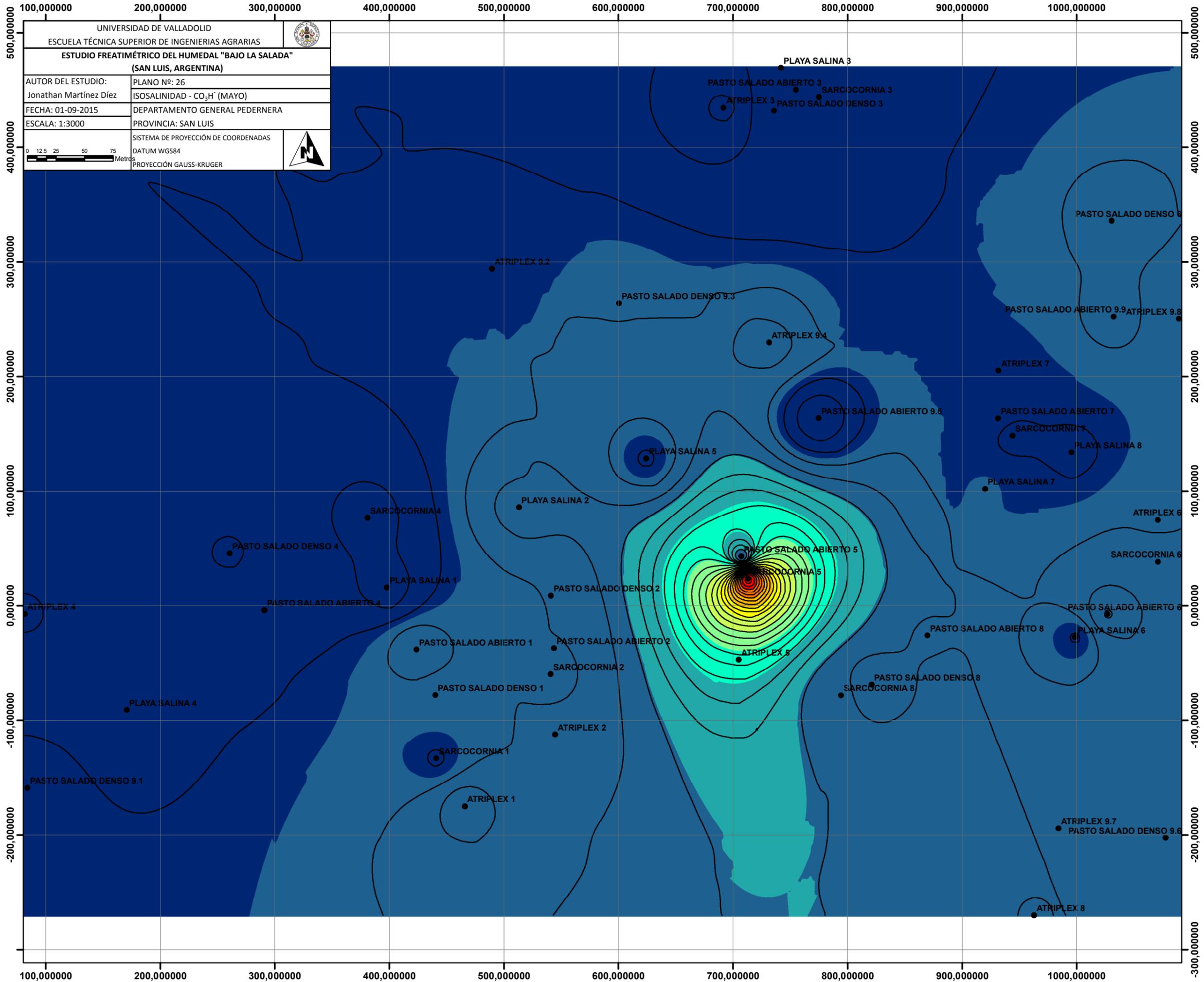
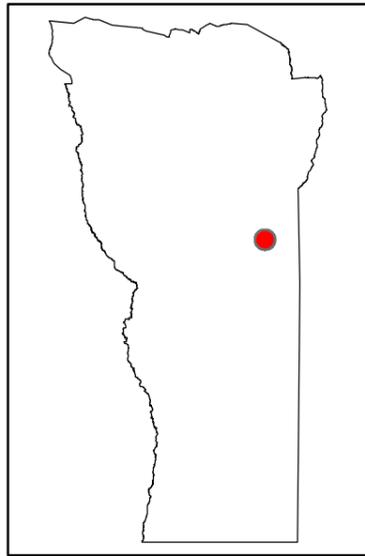
Legenda

- Freatímetros

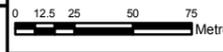
Cl_julio
<VALOR> U: mg/L

918.1463623 - 2 785.726509
2 785.72651 - 4 653.306656
4 653.306657 - 6 520.886803
6 520.886804 - 8 388.46695
8 388.466951 - 10 256.0471
10 256.04711 - 12 123.62724
12 123.62725 - 13 991.20739
13 991.2074 - 15 858.78754
15 858.78755 - 17 726.36768
17 726.36769 - 19 593.94783





UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA" (SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 26	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - CO ₃ H' (MAYO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

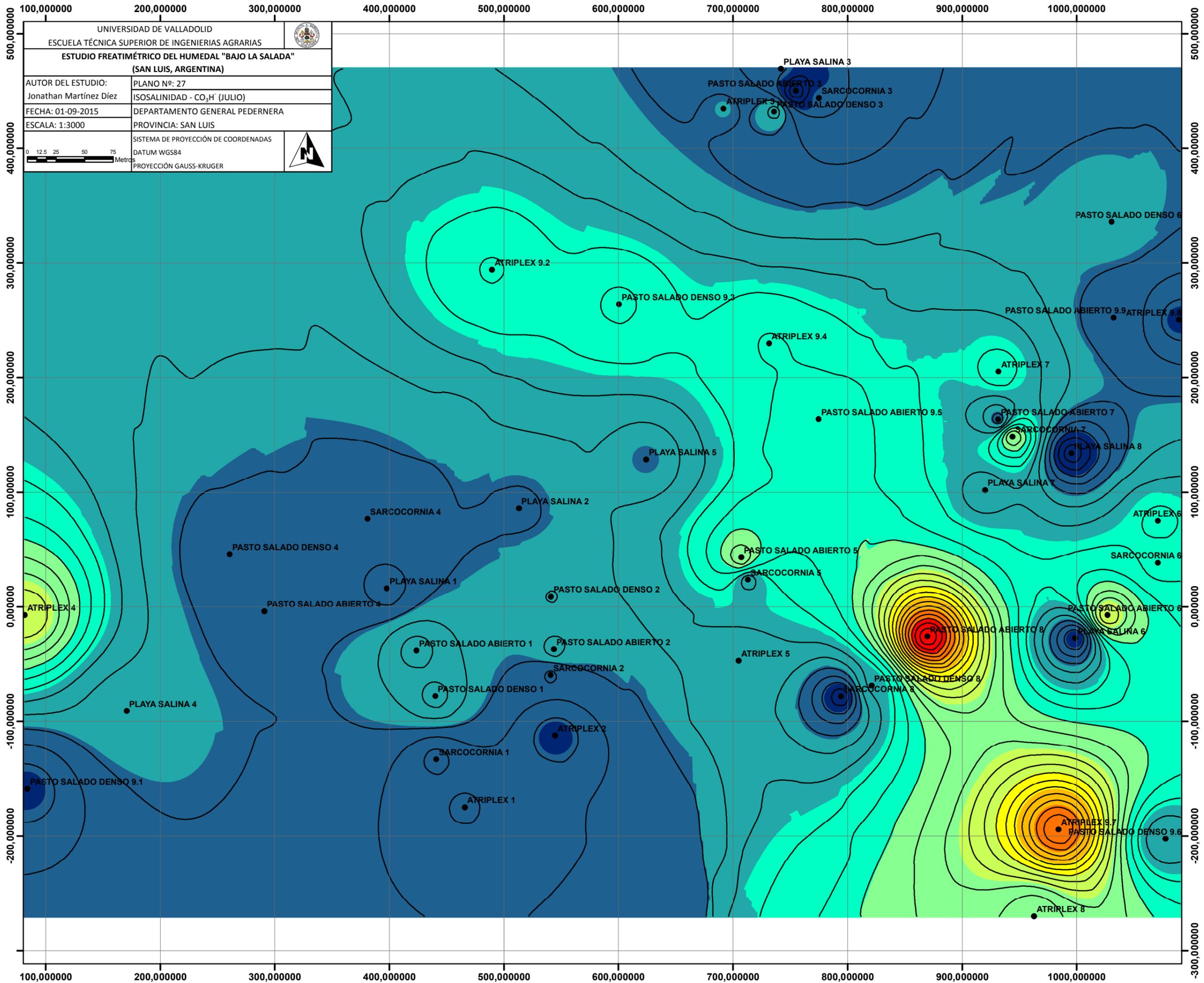
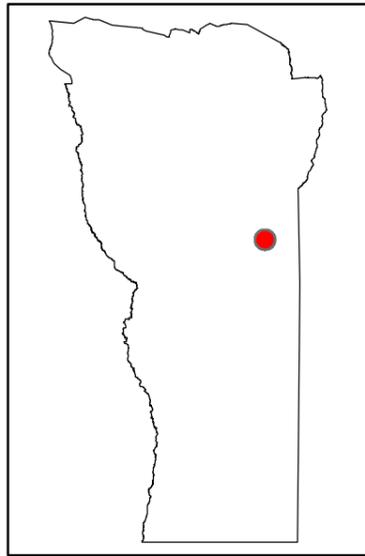


Leyenda

- Freatímetros

CO3H_mayo
<VALOR> U: mg/L

	13.63059044 - 61.78398037
	61.78398038 - 109.9373703
	109.9373704 - 158.0907602
	158.0907603 - 206.2441502
	206.2441503 - 254.3975401
	254.3975402 - 302.55093
	302.5509301 - 350.70432
	350.7043201 - 398.8577099
	398.85771 - 447.0110998
	447.0110999 - 495.1644897



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA" (SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO N°: 27	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - CO ₃ H ⁻ (JULIO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

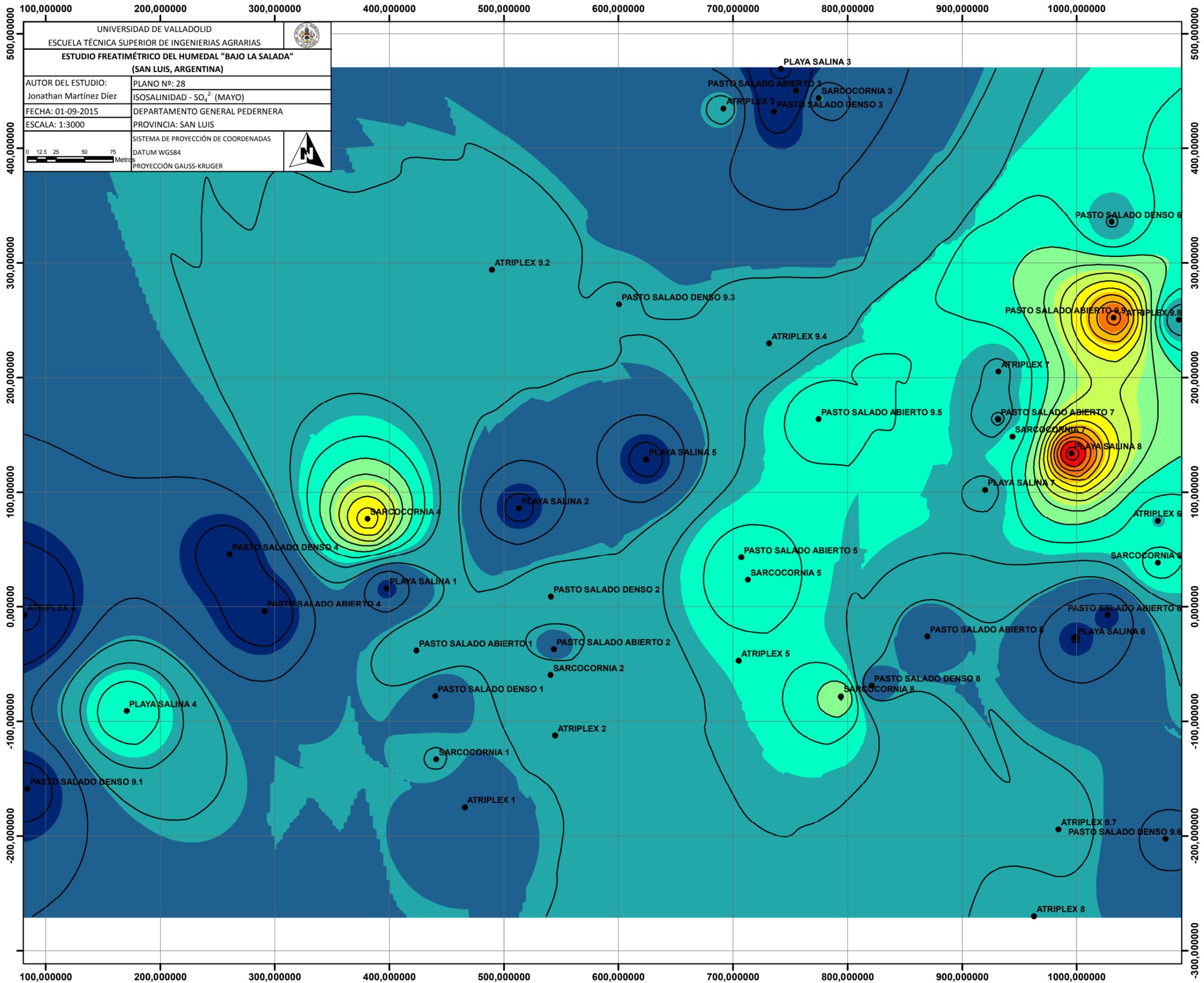
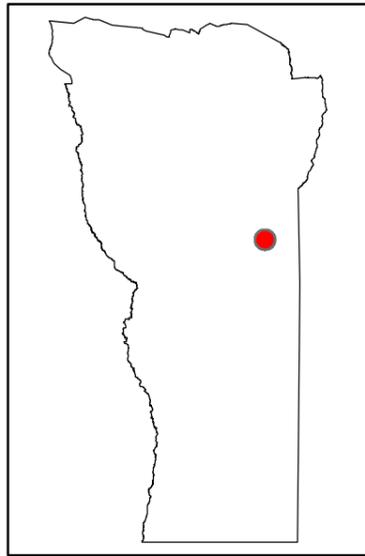


Leyenda

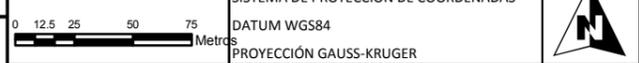
- Freatímetros

CO₃H_{julio}
<VALOR> U: mg/L

	40.17541122 - 53.5592495
	53.55924951 - 66.94308777
	66.94308778 - 80.32692604
	80.32692605 - 93.71076431
	93.71076432 - 107.0946026
	107.0946027 - 120.4784409
	120.478441 - 133.8622791
	133.8622792 - 147.2461174
	147.2461175 - 160.6299557
	160.6299558 - 174.0137939



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA" (SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 28	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - SO ₄ ²⁻ (MAYO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

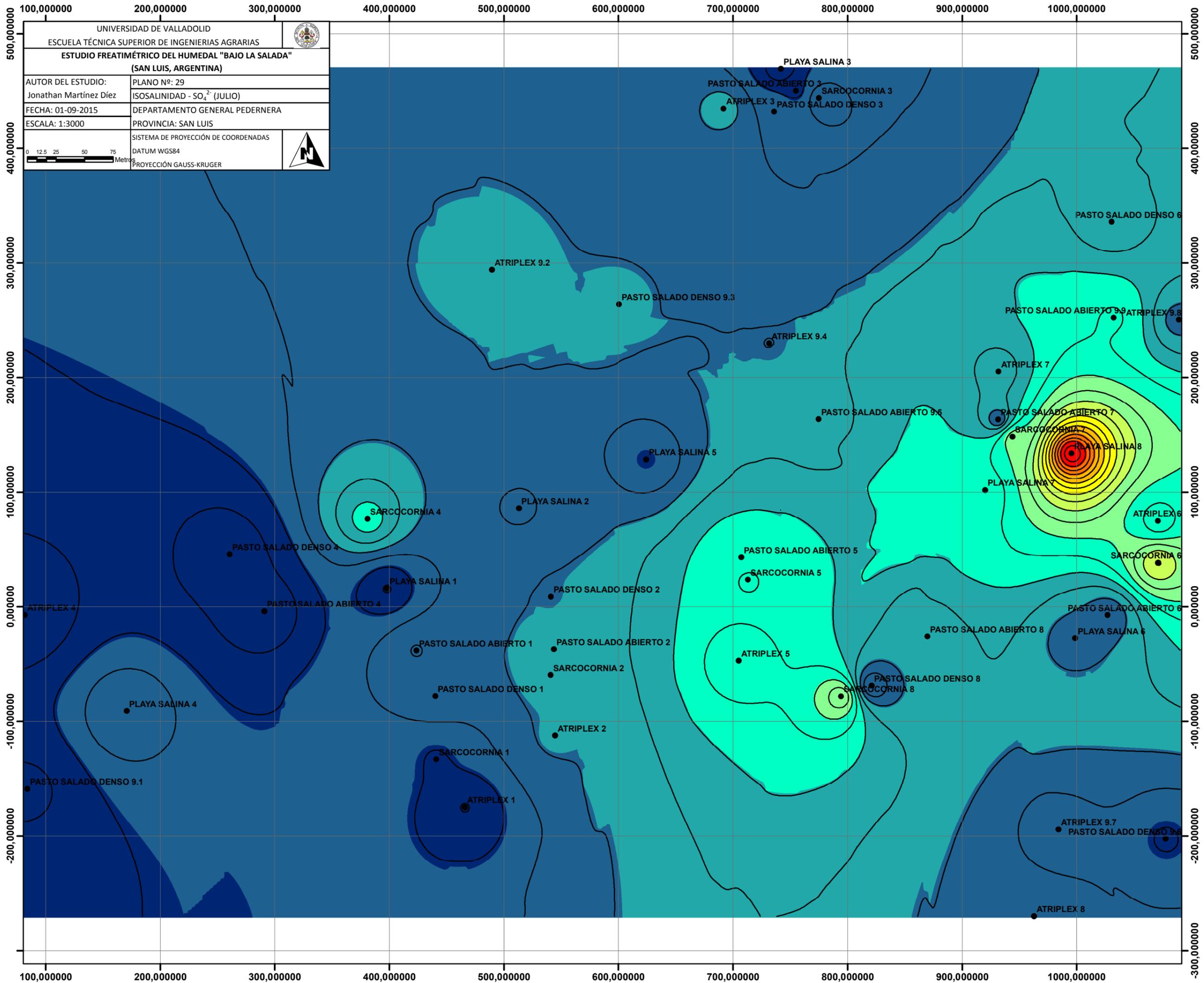
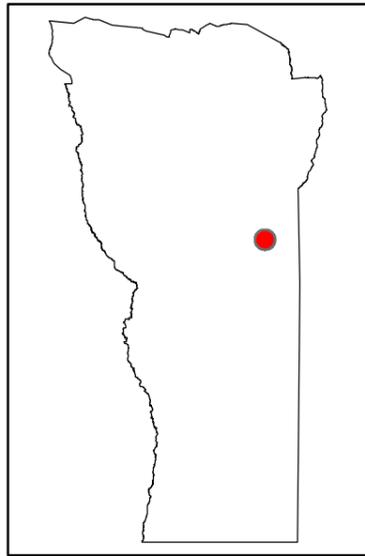


Legenda

- Freatímetros

SO₄_mayo
<VALOR> U: mg/L

7 528.169434 - 14 439.64077
14 439.64078 - 21 351.11211
21 351.11212 - 28 262.58345
28 262.58346 - 35 174.05479
35 174.0548 - 42 085.52612
42 085.52613 - 48 996.99746
48 996.99747 - 55 908.4688
55 908.46881 - 62 819.94014
62 819.94015 - 69 731.41147
69 731.41148 - 76 642.88281



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIAS AGRARIAS		
ESTUDIO FREATIMÉTRICO DEL HUMEDAL "BAJO LA SALADA" (SAN LUIS, ARGENTINA)		
AUTOR DEL ESTUDIO:	PLANO Nº: 29	
Jonathan Martínez Díez	ISOSALINIDAD - SO ₄ ²⁻ (JULIO)	
FECHA: 01-09-2015	DEPARTAMENTO GENERAL PEDERNERA	
ESCALA: 1:3000	PROVINCIA: SAN LUIS	
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS		
0 12.5 25 50 75 Metros		
DATUM WGS84		
PROYECCIÓN GAUSS-KRUGER		

Leyenda

- Freatímetros

SO4_julio
<VALOR> U: mg/L

9 385.724609 - 18 028.0873
18 028.08731 - 26 670.45
26 670.45001 - 35 312.8127
35 312.81271 - 43 955.17539
43 955.1754 - 52 597.53809
52 597.5381 - 61 239.90078
61 239.90079 - 69 882.26348
69 882.26349 - 78 524.62617
78 524.62618 - 87 166.98887
87 166.98888 - 95 809.35156

