

PROYECTO – TESIS – GRADUATE CON AGUA – 2018-2019

**“CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA Y
CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA
CUENCA DEL ARROYO DE LAS CANTERAS,
MONTEVIDEO – URUGUAY”**

**Bach. Irene Balado Bauzá
4.468.957-5
2022**

TUTORA: Dra. Paula Collazo
FINANCIA: Centro Tecnológico del Agua

Índice

Introducción y motivación	7
Hipótesis de investigación.....	9
Objetivos Generales.....	10
Objetivos Específicos.....	10
Estrategia de la investigación	11
Área de Estudio	
Ubicación	13...
Fundamentos de la metodología para cumplir con los objetivos planteados :	
I) Fracturamiento.....	15
II) Balance Hidrometeorológico.....	15
III) Mapa hidrogeológico	19
IIIa) Piezometría	19
IV) Técnicas químicas	
IVa) Análisis físico – químicos	21
IVb) Diagramas de Piper y Stiff.....	23
V) Vulnerabilidad	
Va) GOD	25
Vb) GODS.....	26
VI) Análisis de Riesgo Hidrogeológico.....	33
Limitantes del Metodología	38
Procesos del Bañado de Carrasco	39
Geomorfología	40
Red hídrica y precipitación.....	43
Otros aspectos físicos	
Presión – Viento – Temperatura	46
Suelos	50
Actividades productivas	52
Fuentes puntuales de contaminación	53
GEOLOGÍA	
Antecedentes Geológicos	55

Geología del área de estudio	61
Depósitos Holocénicos	61
Fm. Dolores y Fm Libertad	62
Fm. Fray Bentos y Fm. Montevideo.....	63
HIDROGEOLOGÍA	
Antecedentes hidrogeológicos	66
Fm. Libertad, Fm. Fray Bentos	67
RESULTADOS	
I) FRACTURAMIENTO.....	70
II) BALANCE HÍDRICO.....	72
III) PIEZOMETRÍA.....	76
IV) Hidrogeoquímica	78
Diagramas de Piper y Stiff.....	78
Elementos menores y trazas	95
pH Y NITRATOS TOTALES,.....	95
CLORUROS Y SULFATOS, BROMO, FLÚOR	96
DUREZA, ARSÉNICO BROMATO, CADMIO	97
CROMO, MANGANESO, SODIO, NIQUEL	98
PLOMO, ANTIMONIO, URANIO.....	99
TABLA COMPARATIVA.....	100
OTROS ELEMENTOS.....	101
V) VULNERABILIDAD.....	102
GOD	104
GODS	105
VI) Análisis de riesgo	109
FUENTES DE CONTAMINACIÓN (Amenazas)	109
PONDERACIÓN DE AMENZAS.....	111
Discusión de Resultados	116
Resumen Discusión	122
Conclusiones	124
Recomendaciones	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127

Índice de Figuras y Tablas

Figura	Descripción	Hoja
1	Área de Estudio	13
2	Área de estudio con imagen satelital	14
3	Diagrama Piper genérico	24
4	Diagrama Stiff genérico	25
5	Diagrama Vulnerabilidad	29
6	Modelo Cartográfico vulnerabilidad	30
7	Mapa pendiente	31
8	Mapa Suelos (S) para Vulnerabilidad	32
9	Modelo Conceptual para el análisis del Riesgo	34
10	Esquema conceptual para el análisis del Riesgo	34
11	Modelo Conceptual simplificado	37
12	Tabla de datos de las subcuencas de los Bañados de Carrasco	39
13	Mapa Geomorfológico de Uruguay	41
14	Mapa de curvas de nivel y delimitación de la cuenca de estudio	42
15	Mapa de las Cuencas hidrográficas del Uruguay	43
16	Mapa de Isoyetas medias anuales	45
17	Mapa de presiones atmosféricas media anual	47
18	Mapa velocidad del viento	48
19	Mapa de isotemperaturas medias anuales	49
20	Mapa de CONEAT	51
21	Mapa de Suelos	52
22	Mapa de Potenciales Contaminantes	54
23	Mapa distribución de basamento cristalino en Uruguay	56
23,b	Mapa distribución Terrenos Tectonoestratigráficos	57
24	Mapa Geológico de Uruguay escala 1: 500.000	60
25	Mapa geológico Montevideo escala 1:50,000	65
26	Mapa hidrogeológico escala 1:1.000.000	68
27	Carta geológica de la Cuenca del Arroyo de las Canteras	69
28a	Rosa de los vientos del fracturamiento	70
28b	Mapa de fracturamiento la Cuenca del Arroyo de las Canteras	71
29	Gráfico precipitación y temperatura 1967 -2017	72
30	Gráfico relación temperatura – precipitación 1967-2017	73
31	Tabla balance hídrico 2017	74
32	Gráfico Balance hídrico	75
33	Mapa piezométrico del área	76
34	Foto de toma nivel piezométrico	76
35	Mapa de pozos relevados	77

36	Diagrama Piper todas las muestras	78
36-45	Diagrama de Stiff por pozo relevado	80-88
46-49	Fotos del área	89
50	Gráfico Alcalinidad – Conductividad	92
51	Gráfico Ca – Mg	93
52	Gráfico Na – Cl	93
53	Resumen de comparación OMS, UNIT y OSE	99
54	Foto del área	100
55	Parámetros G y O para vulnerabilidad	101
56	Modelo Digital de Terreno (MDT)	102
57	Mapa Vulnerabilidad G-O-D	104
58	Mapa Vulnerabilidad G-O-D-S	104
59-60	Fotos del área	105
61	Amenazas Tipo 1 y Tipo 2	106
62	Amenazas ponderadas para el riesgo	107
63	Mapa de amenazas actualizada y ponderadas las amenazas	108
64	Mapa de Riesgo	109
65	Mapa de Riesgo y Fracturamiento	110
66	Mapa de Riesgo, localización de caminería y cursos hídricos	111
67	Mapa de Riesgo	112
68-76	Fotos del área	115-125
	ANEXO	
77	Perforaciones Informe de Oleaga, 2005	134
78	Corte Geológico Oleaga, 2005	135
79	Datos de los pozos DINAMA	136
80	Atributos de pozos dispuestos por la DINAMIGE	138
81	Datos sobre los emprendimientos industriales	140
82	Datos de muestreo	141
83	GESTIÓN DE PONDERACIÓN DE LAS VARIABLES PARA: GOD, GOD y análisis del Riesgo	143
84-91	Tabla parámetros físico – químicos del laboratorio ACME – LAB	144-148
92	Tabla cationes meq/l	149
93	Tabla aniones meq/l	150
94	Tabla error procedimiento meq/l	151
95	Tabla balance hídrico precipitación	151
96	Balance hídrico temperaturas	151
97	Datos OMS (1993), Norma UNIT (2008) y OSE para análisis de calidad	152-153

***Agradecimiento** a las empresas, campos deportivos y personas particulares que permitieron el acceso a sus tomas de pozos,.*

Al centro Tecnológico del agua por brindar la posibilidad de realizar convenios con la Universidad de la República (UdelaR),..

Final y principalmente, a mis amistades y familiares por su apoyo en la realización del proyecto y las charlas. Si el sílice fuera gas, cuánto deberíamos de cuestionarnos de nuestra realidad...

INTRODUCCIÓN

El agua como bien social y de uso para la sociedad en su conjunto, presenta un gran valor pero también para los ecosistemas, posibilitando un aprovechamiento de bienes y servicios ecosistémicos. En Resolución 64/292 de la ONU en 2010, establece el derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida como Derecho Humano.

En pleno siglo XXI donde las garantías de acceso al recurso hídrico no están siendo prioridad para la vida, y uso social, sino en un servicio económico (Olmos, 2002). Las problemáticas asociadas a la situación crítica del recurso hídrico superficial y subterráneo, respecto a: su calidad, su distribución y acceso serán un problema transversal a todas las clases sociales y sociedades en su conjunto (Agudelo, 2005).

La Sección Recursos Hídricos Subterráneos del Instituto de Geología de la Facultad de Ciencias ha desarrollado varios proyectos vinculados a la contaminación del agua subterránea, a la vulnerabilidad de acuíferos y al riesgo hidrogeológico.

La zona de investigación es en el barrio Carrasco Norte, ubicada al Este del departamento de Montevideo desde el Camino Felipe Cardozo hasta el Arroyo Carrasco que también juega el rol de límite natural para la delimitación política con el Departamento de Canelones.

Es una zona metropolitana que presenta una gran diversidad de usos del suelo, dado que en el área hay actividades mineras, industrial (textiles, envasadoras de bebidas, alimentos), actividad agrícola, campus de deportes, viviendas y complejos de viviendas, asentamientos, como también forestales y plantaciones de secano y hacia la zona Norte del área de estudio también se encuentran una zona de humedales (Bañados de Carrasco).

Los estudios hidrogeológicos en la zona anteriores a este trabajo comenzaron en el año 1999 a partir de la Tesis de Doctorado de Jorge Montaña, en la cual se realizó un primer abordaje multifactorial sobre el sistema geológico fracturado y su vulnerabilidad, éste tipo de estudio difieren del estudio de acuíferos conformados por un sistemas sedimentarios, puesto que los niveles piezométricos son generalmente virtuales y presentan mayor susceptibilidad a los contaminantes, (Custodio, 1983).

En dicho trabajo también se analiza la química del agua subterránea generando la posibilidad de ahora realizar un análisis comparativo en su evolución en estos 20 años.

Esta investigación pretende retomar y continuar con los estudios hidrogeológicos e hidrogeoquímicos en la zona incorporando nuevos estudios que permitan, estimar 1) la calidad del agua subterránea, 2) la dinámica de flujo subsuperficial y 3) su factor de vulnerabilidad y amenazas (posibles factores de contaminación) que presenta el sistema.

Se propone en particular retomar el monitoreo de los niveles de agua de los pozos. Además evaluar los valores de nitratos que surgen del alto impacto de la actividad antrópica (Custodio, 1983), junto con la degradación de los suelos y al propio recurso hídrico subterráneo.

Para la realización de este trabajo existe un gran volumen de información ya digitalizada sobre Montevideo y el país en general, de libre acceso, tanto dentro de internet como solicitándolo a los diferentes organismos ej. DINAMA, DINAGUA (DINACEA y DINABISE, Ministerio de Ambiente, al 2022) INE, INUMET e IMMontevideo. (IdM, al 2022. Esta disposición ha permitido un recabado histórico de información (ubicación de los pozos, hidrogeología, curvas de nivel, caminería, parcelario, tipos de viviendas, población y producción, entre otros) de forma eficiente, que es parte de un proceso de liberación de información para uso público actualizada y georreferenciada. Proceso valioso a la hora de recolectar información base e histórica sobre el área y sus aspectos físico-culturales iniciales, al momento de abordar el área de estudio.

Hipótesis de Investigación

La estimación de la recarga es fundamental a la hora de gestionar los volúmenes utilizables de un acuífero fisurados.

Las condiciones hidrodinámicas sumado a la intensa intervención antrópica da lugar a variaciones hidrogeoquímicas, como elemento principal, que determinan que el agua comience a aumentar su concentración iónica, generando así la pérdida de aptitud de ésta para algunos usos.

- Un proceso en detrimento de la calidad hídrica en el sistema hidrogeológico en aumento producto de la evolución industrial histórica que ha sufrido el área de estudio.

OBJETIVOS GENERALES

Caracterizar el sistema hidrogeoquímicamente y evaluar la contaminación del agua subterránea y el riesgo presente sobre la Cuenca del Arroyo las Canteras.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Caracterizar geológica e hidrogeológicamente (con la piezometría tomada del modelo de Montaña, 1999) la Cuenca del Arroyo de las Canteras.
- 2) Caracterizar químicamente el agua subterránea del acuífero principal en la cuenca de estudio.
- 3) Evaluar la contaminación del agua subterránea a partir de ciertos parámetros indicadores de contaminación como lo es, el Nitrato.
- 4) Identificar en la medida de lo posible diferentes fuentes de contaminación y sus efectos en el agua subterránea.
- 5) Determinar la vulnerabilidad del sistema hidrogeológico.
- 6) Realizar una evaluación del Riesgo Hidrogeológico para el área.

Estrategia de la investigación

Esta investigación constara de tareas de campo, gabinete y laboratorio que se describen a continuación:

Trabajo de Campo

Estudio Geológico, hidrogeológico e hidrogeoquímico:

- Reconocimiento del área y relevamiento de pozos y muestreos.
- Medición de la profundidad del nivel freático, nivel piezométrico para el mapa hidrogeológico.

Ajuste de información digital relevada en la fase de gabinete:

- Fuentes de Contaminación generales o puntuales, a partir de la corrección o agregado de: Localización de asentamientos, fábricas, vertederos, minas y canteras o complejos habitacionales que no se encuentren disponibles en la cartografía hasta la fecha)

Trabajo de laboratorio

Análisis de laboratorio

- Físicoquímicas de muestras de agua subterránea (incluye residuo seco, iones mayoritarios, menores y oligoelementos. En el laboratorio Bureau Veritas Acme Analytical Laboratories (Vancouver). Se realizaron los análisis correspondientes a su denominación SO 001, SO 002, SO 003 y S0200.

Para el análisis (SO200) se utiliza ICP-MS que brinda resultados de los elementos químicos y también (SO001, So002 y SO 003) de parámetros físico – químicos como el Ph, Alcalinidad, Conductividad y aniones (Cl, Br, NO₂, SO₄, NO₃, F.) que también permiten la caracterización del agua, en este caso subterránea.

-
-

rabajo de gabinete

- Actualización de bibliografía.
- Procesamiento y análisis de la información obtenida
- Resolución de los distintos modelos de estimación de la recarga.
- Análisis y discusión de resultados.
 - Representación gráfica de datos hidrogeoquímicos a través de diagramas y mapas.
 - El mapa de la geología, hidrogeología, fuentes de contaminación, vulnerabilidad y análisis del riesgo sobre el área de estudio.
- Interpretación de los resultados, conclusiones y redacción del informe final

Área de Estudio

El área de estudio se encuentra al Este del Departamento de Montevideo al límite con el Departamento de Canelones, entre las coordenadas 581442W 614096S y la coordenada 586233W y 6141972S en SIRGAS-ROU UTM zona 21S, hacia el sur, y hacia el oeste por el Cno. Felipe Cardoso y hacia el Este por el Arroyo Carrasco. Con un área total aproximadamente de 11km², ver fig. 1

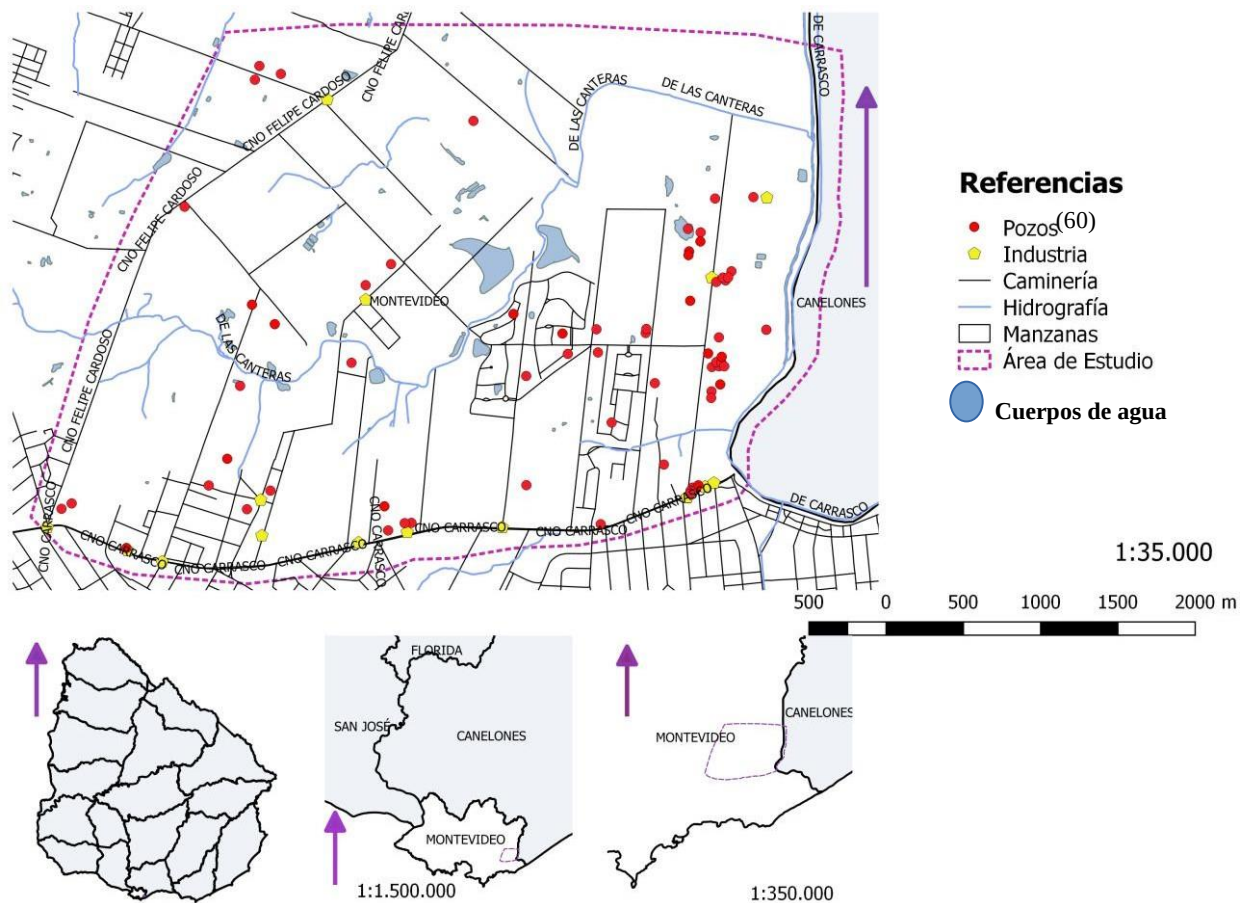


Fig. 1 Identificación de la cuenca de estudio al Este del Departamento de Montevideo, ubicado al Sur del Uruguay

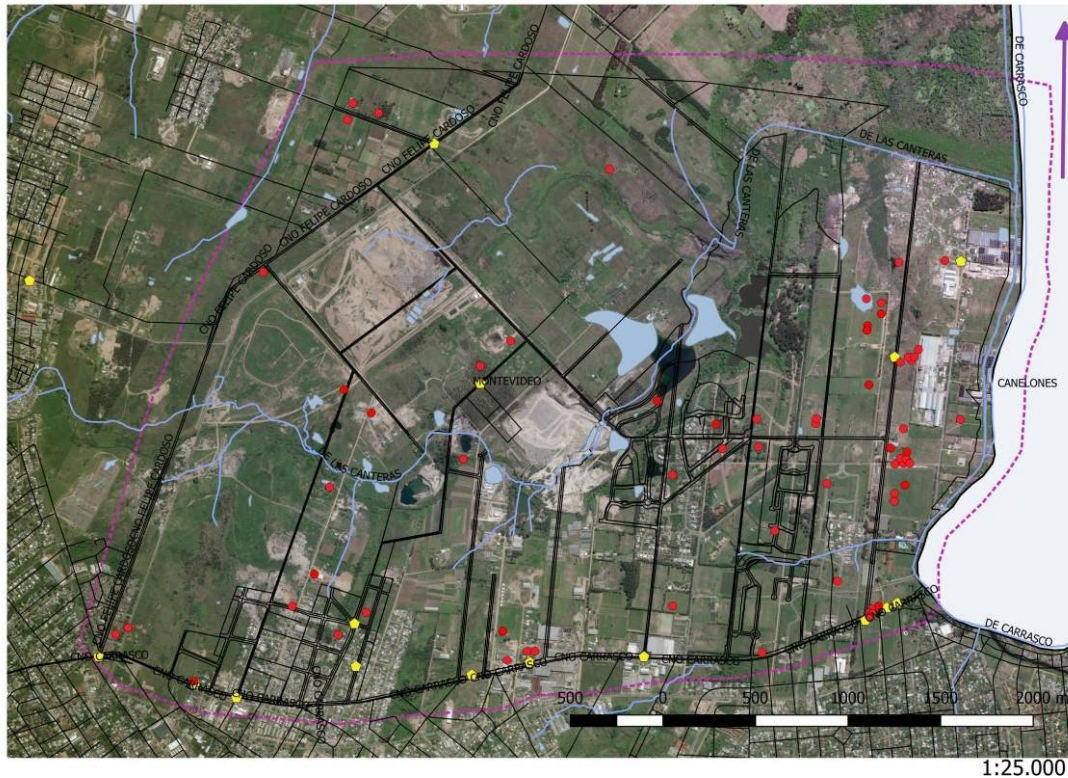


Fig. 2 Imagen del Google Earth delimitada el área inicial de trabajo para la cuenca del Arroyo las Canteras. El sistema hídrico y en rojo los pozos relevados por disposición de DINAMA y DINAMIGE, hasta la fecha.

ELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto en que se realiza este trabajo de tesis de grado está enmarcado en un convenio con el Centro Tecnológico del Agua y la empresa Montevideo Refrescos S.A (Coca – Cola). Es por ello que el área seleccionada para el trabajo comprende la cuenca a la que pertenece la empresa Coca-Cola y sus inmediaciones., ya que la empresa estaba interesada en conocer la calidad del agua subterránea en las inmediaciones de su instalación.

Fundamentos de la metodología a utilizar para cumplir con los objetivos planteados

I) Fracturamiento

Se realizó un relevamiento a escala 1:8.000 en el software Qgis, utilizando como base las fotos aéreas 1966 -1967 correspondientes al vuelo Nacional monocromático e imágenes satelitales sobre el área de estudio, generando una fotolectura de las principales fracturas sobre el área de la Cuenca del Arroyo de las Canteras.

II) Balance Hidrometeorológico

La recarga directa es el proceso por el cual el agua de lluvia que excede a la evapotranspiración y al almacenamiento del suelo, continúa circulando en dirección descendente a través de la zona no saturada hasta alcanzar la superficie freática (napa freática), donde se refleja en el aumento del almacenamiento de subterráneo (Freeze y Cherry, 1979, Simmers, 1997).

Para la estimación de la recarga, caracterización química e isotópica y tiempos medios de residencia se utilizarán los siguientes métodos:

El Balance hidrometeorológico del agua en el suelo: se ejecutará con la frecuencia de cálculo anual que permite calcular los almacenamientos de agua en el suelo a partir de la diferencia entre los aportes por precipitación y las pérdidas por evapotranspiración potencial calculada por el método de Thornthwaite y de Penman-Monteith (FAO, 1993). Como resultado se calculan la evapotranspiración real, la reserva de agua en el suelo y los excedentes que se originan cuando el contenido de humedad supera un valor máximo que está en función de la textura del suelo (capacidad de campo). Este dato resulta de interés por cuanto tales excesos son potencialmente generadores de la recarga. Se espera que este sea un análisis que pueda tener continuidad temporal anual para reconocer las variaciones piezométricas y un posible análisis del flujo hídrico subterráneo sobre el área fisurada.

Para su realización se utilizarán los datos anuales de INUMET del período desde enero 1967 a diciembre 2017 de la precipitación en mm., en la estación meteorológica

ubicada en el Aeropuerto de Carrasco y la temperatura media anuales al abrigo en grados Celsius (°C) correspondiente al período desde 1951 a 2018. (Anexo punto 2)

Conocer el balance de humedad en el suelo permite evaluar la disponibilidad de agua tanto para los cultivos, como estudios de tipo: hidrológicos, de conservación de suelos, de drenaje, de recuperación de suelos salinos, de repoblación forestal, o para el establecimiento del régimen de humedad de los suelos o de criterios de diferenciación climática.

En análisis de balance hídrico sobre la zona respecto a un año en progreso se realizar con los datos de 2017, donde se espera observar un año con un promedio de pluviometría dentro de la media, pero cuyo promedio de temperaturas excede la media anual para los 50 años de monitoreo.

Los parámetros que se analizan para la construcción del proceso del balance hídrico según el método directo propuesto por Thornthwaite y Matter, donde:

Parámetros:

T= temperatura P=precipitación

ETP = corresponde a la evapotranspiración potencial.

P-ETP = diferencia entre precipitación y evapotranspiración

Ppa= ETR + ES + I

ST= reserva total

Δ ST= variación de la reserva total

ETR= Evapotranspiración real

Dh= Déficit hídrico

S= Exceso (Escorrentía)

%S (P) = Falta

(La ETP es una información disponible de la capa de RENARE para la zona del área de estudio.)

La diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración permite identificar los

períodos de mayor humedad o sequía en el suelo. Sin embargo, se estaría hablando del intercambio con la reserva del sustrato en general, en caso de quererse cuantificar para cada estrato geológico en particular deberíamos conocer las reservas para cada nivel de análisis y su valor de infiltración.

$ST+(P-ET)$: La reserva total estará identificada a partir de un valor considerado como inicio para el proceso de cuantificación del análisis de balance hídrico para ello :

Una vez si :

- a) $0 < ST_{i-1}+(P_i-ET_i) < ST_{máx}$
- b) $ST_i= ST_{máx}$
- c) Si $ST_{i-1}+(P_i-ET_i) > ST_{máx}$ 0
- d) Si $0 > ST_{i-1}+(P_i-ET_i)$

Los valores de la reserva se acumulan mes a mes en el período húmedo, según los incrementos $P-ET > 0$, y disminuirán al llegar el período seco, decreciendo mes a mes según los valores mensuales $P-ET < 0$.

Por tanto, la reserva nunca tendrá como valor un mayor que la reserva máxima, ni un número negativo

Para el análisis se requiere la información de los meses anteriores y su acumulado, a modo de comenzar el cálculo de la reserva, por ello, asignamos un valor hipotético a un mes y realizamos ciclos anuales de cálculo (aunque el cuadro del balance hídrico tenga un mes inicial y otro final) hasta que la hipótesis de que partimos se confirme al final del ciclo.

Se suele suponer que después del período seco la reserva del suelo es nula (cero), en consecuencia, se empieza el cálculo de "ST" con el primer mes húmedo y se asigna al mes anterior una reserva CERO.

En el caso que luego de los cálculos, al final del período seco quedase agua en el suelo, se deberán recalculan las reservas agregando la reserva existente al final del período seco a las reservas del período húmedo.

Si de nuevo se modificase la reserva del último mes seco se recalcularían otra vez. Si todos los meses son húmedos podemos utilizar los supuestos anteriores, pero en todo caso llegaremos a que la reserva es igual a la reserva máxima para todos los meses.

Si, por el contrario, todos los meses fueran secos, la reserva en todos los meses sería nula.

La variación de la reserva (ΔST) es la diferencia entre la reserva del mes y la del mes anterior: $\Delta ST = ST - ST_{i-1}$

La evapotranspiración real (ETR) es el volumen de agua que realmente se evapotranspira en el mes dependiendo de que haya suficiente agua disponible para evaporar y así llegar a la ET potencial o de referencia o no (por tanto, la ET_i es siempre mayor o igual a la $ETR_{inicial}$).

El agua disponible para evaporar será la que cae como precipitación en el mes considerado y la que mantenemos en el suelo.

En el período húmedo, al cubrir la precipitación la demanda potencial la ET real es igual a la potencial; es decir, $ETR_i = ET_i$.

En el período seco, el agua que se evapora será el agua de precipitación más la que extraemos del suelo o variación de la reserva (la reserva que nos queda menos la que teníamos el mes anterior); es decir, $ETR_i = P_i + |\Delta S|$

La falta de agua (Dh) es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua (para evaporar y transpirar). Por tanto, la falta de agua es:

$$Dh_i = ET_i - ETR_i$$

El exceso de agua (S) es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda.

Por tanto:

$$S_i = [P_i - ET_i - \Delta ST_i] \text{ si } (P_i - ET_i) > 0 \text{ y}$$

$$S_i = 0 \text{ si } (P_i - ET_i) \leq 0$$

Como es lógico sólo puede haber exceso si la precipitación ha compensado previamente la ET, es decir, en los meses húmedos.

Teniendo entonces como fórmula general para el balance hídrico:

$$\text{CAPTACIÓN} - \text{EVAPOTRANSPIRACIÓN} = \text{ESCORRENTÍA SUPERFICIAL} + \text{INFILTRACIÓN}$$

III) Mapa hidrogeológico

Se realizará un mapa hidrogeológico mediante el inventario de pozos de agua subterránea identificados por la DINAGUA y/o la DINAMIGE, así como el mapa piezométrico que permite la identificación de la dirección de flujo de agua subterránea, su relación con agua superficial y si el acuífero se comporta como una unidad hidrogeológica.

IIIa) Piezometría

La piezometría que es la altura o nivel freático es definida como el lugar geométrico de los puntos del acuífero donde el agua se encuentra sometida a presión atmosférica y se corresponde con el límite superior de la zona saturada en un acuífero libre es aquella altura a la que se elevaría el agua en el Sistema Hidráulico, cuando se instala en él un tubo abierto a la atmósfera (presión atmosférica), (Custodio y Lamas, 1983).

Al relacionar la altura medida en campo para un punto dado de un acuífero se debe relacionar dicha distancia vertical con la altura topográfica a la que se encuentra. Para ello, se ha definido por Hubbert (1940) el concepto de potencial hidráulico o piezometría para un punto dado siendo la energía que tiene el agua en un punto del acuífero y se mide en altura sobre un nivel de referencia (nivel cero sobre el nivel del mar medido para Uruguay)

La piezometría puede ser cuantificada conociendo un conjunto de factores como la velocidad del fluido, la cota sobre el nivel del mar (cero relativo) y el nivel estático (altura en que se encuentra el fluido en la tubería en estado de reposo para un instante dado).

La línea piezométrica (LP) es una superficie o línea imaginaria que une los puntos (alturas piezométricas) determinados por la presión hidrostática disponible en cada uno de ellos. Esta línea piezométrica por su propia definición no siempre es decreciente, pudiendo existir tanto relación creciente en la presión hidrostática como decreciente según la posición y la suma de las presiones en un sistema de tuberías (Alfaro ,2006, Villarroya,2009)

Generalmente en el modelado piezométrico se considera despreciable la energía cinética proveniente de la velocidad generada por el movimiento del flujo

subsuperficial del agua el cual, se considera cero (en términos relativos al momento del análisis), al medir los niveles estáticos del flujo hídrico, (Rojas, 2005)

Es en base a este supuesto (se utiliza también en nuestro modelo) se permite también despreciar la viscosidad del fluido hídrico en este caso, ya que al no considerar su velocidad no es necesario tampoco cuantificar la fricción con la cañería o algún tipo de obstáculo que se oponga a su flujo hídrico.

En este trabajo se permite la realización de isopiezas sobre un sistema fracturado ya que el mismo debido a su alto fracturamiento se considera si efectivamente puede comportarse como un sistema homogéneo, Montaña (1999). Ya que las líneas piezométricas pueden trazarse de forma continua solo si el acuífero es homogéneo o si el sistema fracturado presenta interconexiones formando una malla que así lo permitan. Montaña (1999). Esta hipótesis del trabajo permite elaborar curvas que unan puntos de igual potencial hidráulico, sentido del flujo, áreas de carga y descarga del acuífero, así como gradientes hidráulicos. (Montaña p. 74, 1999)

Para la cuantificación de la altura piezométrica se emplea el teorema de Bernoulli que es un teorema fundamental para la dinámica de líquidos, establece que:

"En cualquier punto de un líquido, que se mueve en régimen permanente, la suma de la presión, es decir, de la presión debida a la velocidad y de la presión debida a la altura (sobre el plano horizontal de comparación), es constante". Villarroya (2009)

En este caso, el plano de carga coincide con la línea de presiones estáticas (nivel o altura piezométrica), que es la línea que une las presiones a lo largo de la tubería del pozo cuando el fluido no está en movimiento., en Montaña (1999)

Ecuación de Bernoulli:

$$H_p = Z + P/\gamma + V^2/2g$$

Es por ello que el trinomio del teorema de Bernoulli al considerar nula o despreciable la velocidad del flujo, queda su ecuación reducida a un binomio, Montaña (1999).

Ecuación reducida de Bernoulli:

$$H_p = Z + P/\gamma$$

Asimismo en un depósito abierto es igual a la cota a que se encuentra el nivel del agua en el mismo, pues la presión en la superficie del agua es la atmosférica ($P/\gamma=0$).

Los acuíferos presentan zonas de recarga, zonas de flujo o tránsito y zonas de descarga. Para ello, el modelo y la estructura del arreglo de las curvas piezométricas (isopiezas) permite reconocer la dinámica hídrica en subsuperficie.

IV) Técnicas químicas:

IVa) Los **análisis físico - químicos** requeridos para la descripción del agua subterránea serán enviadas para el laboratorio Acme Labs en Canadá. Las determinaciones químicas de muestras de agua incluyen todos los iones mayoritarios y todos los elementos traza. Las muestras fueron llevadas por mensajería instantánea luego de juntadas las 11 muestras en dos campañas de campo, las muestras se mantendrán refrigeradas para conservar lo mejor posible su química.

El relevamiento de agua subterránea se realiza en el mes de febrero 2019. Previas 6 campañas de campo que permitieron el reconocimiento y acercamiento a las personas tanto para informar del trabajo, vincularnos con el acceso al pozo (en caso de existir) y la posibilidad de medir algún tipo de parámetro físico inicial, así como la obtención de algún tipo de documentación como antecedente, Ej: Análisis químicos previos, conocimiento del año de construcción del pozo, las características constructiva o documentos sobre la descripción geológica en subsuperficie, etc.

En el proceso de primer acercamiento, se relevaron varias perforaciones en desuso producto de la conexión al agua de OSE (Organismo Sanitario del Estado). Al tener conexión a OSE se produjo en varios casos el sellado del pozo, en otros, la reducción en su utilización para: actividades recreativas, riego, o consumo animal u otros usos, pero no para consumo humano.

La instancia de encuentro se aprovechó para la realización de dar conocimiento a las personas propietarias, productoras, usuarias o a cargo de los espacios, de las condiciones que debería tener el pozo para su correcto funcionamiento y la importancia de una losa sanitaria y un tope para la contaminación directa desde la superficie al sistema subterráneo.

Para la elección de los puntos de muestreo, se consideró la existencia de información previa o algún conocimiento de la información geológica y/o acceso a la toma de una muestra cercana a la boca del pozo. Muchos pozos presentaban las características de ser: de riego (conectados a un circuito de cañería) o llenado de tanques, particularidad que no permitía conocer las condiciones hídricas previas al pasaje por un extenso sistema de tubería o permanecer reposando en tanques.

Para cada punto muestreado se realizó un análisis inicial que consistió: en reconocer inicialmente las condiciones en que se encontraba el pozo (sello, losa sanitaria, canilla de muestreo, bomba) y su uso (riesgo, recreativo, consumo, etc.). Luego, evaluar la posibilidad de introducir la sonda multiparámetro y la extracción de muestra.

Con la sonda multiparámetro se logra la recolección de un conjunto de datos: el nivel estático (nivel freático), conductividad, pH, temperatura, resistividad, sólidos disueltos, oxígeno disuelto.

En los pozos que se extrae una muestra hídrica, además se obtiene el dato de la concentración de nitratos presentes a partir de los test rápidos de campo.

Asimismo, del conjunto de muestras extraídas solo un porcentaje pudo ser enviado a un muestreo posterior de otros parámetros físico – químicos e isotópico con elementos trazas y menores en un laboratorio en Canadá, Acme – Labs. Los mismos se realizaron mediante una ICP – MS con solución >0.1%.

La metodología de la ICP – MS denominada espectrometría de masas con fuente de plasma (ICP-MS), posee una alta sensibilidad y rapidez en el análisis múltiple de casi todos los elementos de la tabla periódica, muy útil para elementos metálicos generalmente en pequeñas concentraciones o elementos trazas.

En torno al mayor entendimiento de un ICP-MS, se puede dividir el sistema en: Introducción de muestras, generación de iones, interfase de acondicionamiento, discriminador de iones y detector. En su mayoría, las muestras analizadas por el ICP-MS son líquidas. Una vez que el detector mide los iones, el sistema de datos computarizado es usado para convertir la intensidad de señal (aceleración, por relación $F = m_i$) medida en concentraciones para cada elemento.

Los resultados obtenidos se compararon para consumo humano y su posible uso industrial, tanto por la OMS (Organización Mundial de la Salud), como por la Norma

UNIT (2008) “Agua potable. Requisitos” revisión de Norma UNIT 833 “Agua potable. Parámetros indicadores de calidad” publicada 1990, a la cual sustituye.

Cabe destacar que la metodología se refiere exclusivamente al análisis comparativo de concentraciones elementales en el agua subterránea que excedan las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1993) para la calidad del agua potable, pero no al riesgo resultante para la salud humana en caso de encontrarse la anomalía. Foster e Hirata (1988)

IVb) Se realiza el análisis de la química a partir del **diagrama de Piper** (ver Fig 3) y el **diagrama de Stiff** (ver figura 4). Para Piper se utilizará el programa AquaChem 2014.2 en Facultad de Ciencias, mientras que para los diagramas de Stiff se utilizará el programa Grapher 14. Para los mapas se continua utilizando Qgis 2.2018.

El diagrama de Piper permite a partir de dos diagramas ternarios de iones mayoritarios (uno de cationes Ca, Mg, K y Na, y otro de aniones Cl, SO₄ y HCO₃ + CO) la clasificación de los tipos de agua subterránea. La ventaja de este sistema de análisis es la capacidad de representar varias muestras simultáneamente (Custodio,1965).

En estos diagramas los iones deben estar normalizados o en meq/l, permitiendo analizar la muestra en base a las proporciones en que los iones se presentan y no en la concentración de cada analito en particular, (Custodio, 1983)

Por tanto, para su análisis, tanto la suma de los cationes como de los aniones deberían generar un 100% o total, representando así su proporción de aparición en la muestra según los valores obtenidos químicamente.

Por dichos motivos, los resultados físico – químicos del laboratorio recibidos en mg/l, tanto de los aniones como los cationes, fue necesarios normalizarlos para su uso en dicho diagrama. Ver Tabla en Anexo.

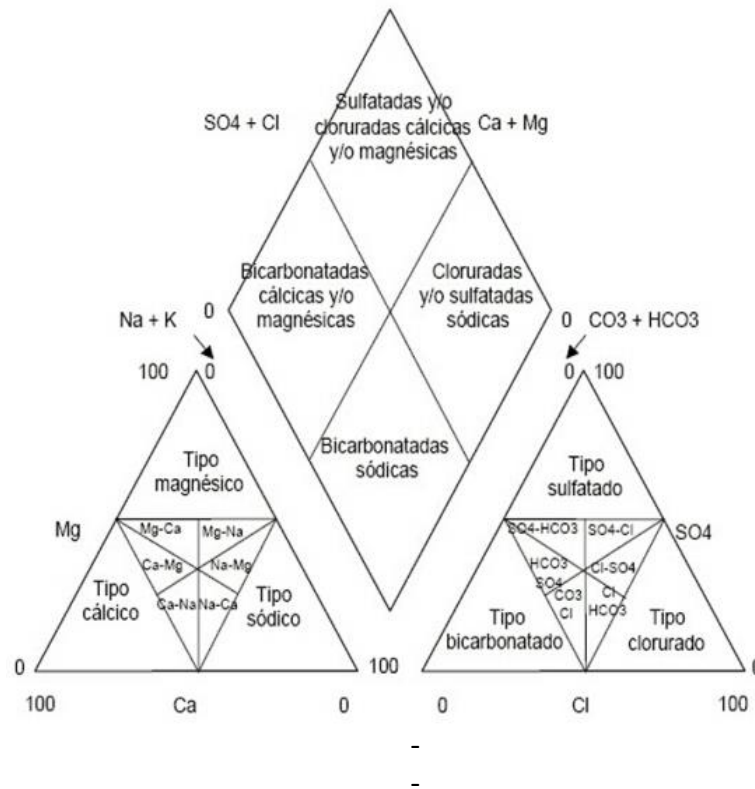


Fig. 3 Diagrama de Piper genérico para la clasificación de muestras hídras subterráneas a partir de la relación en grupos ternarios de cationes y aniones.

Para el diagrama de Stiff se analizará en tres ejes horizontales, en cada uno de ellos relacionando cationes (izquierda) y aniones (derecha) a partir de un eje central con valor cero, para cada ion.

Los ejes presentan el mismo factor de escala lineal para cada muestra analizada y el balance iónico debe realizarse en miliequivalentes por litro de muestra (meq/l).

Estos gráficos permiten una rápida visualización en la relación iónica y la carga elemental presente en el agua subterránea.

Su utilización permite a partir de un conjunto de datos, realizar una observación de la variación iónica de muestras hídras para un área dada de forma rápida y permitiendo una identificación espacial con los tipos de acuíferos, el flujo subterráneo o el

diagrama conceptual que se haya analizado.

Por tanto, para su realización fue necesario transformar de mg/l a meq/l:

Ecuación:

$$(\text{mg/ Peso atómico}) \times \text{valencia} = \text{mEq}$$

Para ello, realizó la conversión de unidades y posteriormente se calculó el error a partir de la ecuación de (Custodio y Llamas 1983):

$$(\%) \text{ Error} = ((\sum \text{cat} - \sum \text{ani}) / (\sum \text{cat} + \sum \text{ani})) * 100 \text{ en meq/l}$$

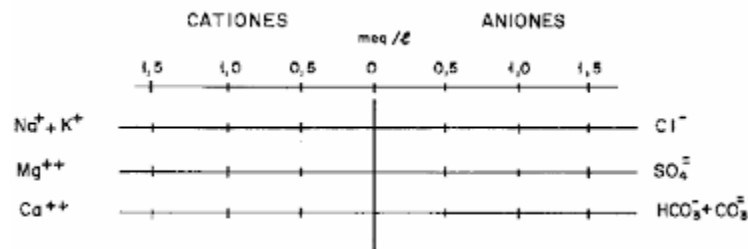


Fig. 4 Diagrama de Stiff genérico con la relación de cationes (izquierda) y aniones (derecha) evaluada a partir de un valor central cero, para la identificación de la composición química del agua subterránea.

V) La vulnerabilidad del sistema fisurado: se realizará mediante el método de **GOD y GODS**.

El método GOD fue realizado por Foster (1987) y emplea tres variables principales cuantificadas con código binario (0 o 1), que son G (Tipo de acuífero), O (litología de la cobertura) y D (profundidad del agua o del acuífero).

“G-O-D, es un índice utilizado para determinar la vulnerabilidad intrínseca por lo que no toma en cuenta el tipo de contaminante. Este método establece la vulnerabilidad del acuífero, como una función de la inaccesibilidad de la zona saturada, desde el punto de vista hidráulico a la penetración de contaminantes y la capacidad de atenuación de los estratos por encima de la zona saturada como resultado de su retención física y la reacción química con los contaminantes” Ceballos et al. (2004)

Va) El método G-O-D fue realizado por Foster (1987), este permite la caracterización de la vulnerabilidad de un acuífero que presenta escasez de información hidráulica (por inaccesibilidad o incertidumbre en la información).

En nuestro modelo se explayará y se analizará también **el método G-O-D-S** el cual acepta una variable más al análisis de G-O-D. Este último corresponde a una modificación realizada por Foster e Hirata (1991).

Va) Ecuación para el modelo **G-O-D**:

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = G + O + D$$

Estas tres variables al ser adicionadas entre sí se cuantifican matemáticamente o para un área en forma de producto, por tanto, para el análisis operatorio en formato “pixel” o área de trabajo se realizará:

$$\text{Índice de Vulnerabilidad} = G * O * D$$

Vb) La ecuación para el modelo **G-O-D-S**:

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = G + O + D + S$$

Para el análisis de estas cuatro variables se aplica el mismo método que en G-O-D, todas las variables presentarán una variación numérica entre 0 y 1 que será adicionadas entre sí. Sin embargo, en términos operatorio se cuantifica estructura de producto.

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = G * O * D * S$$

Para su estudio se emplean tres variables principales cuantificadas con código binario (0 o 1), que son: **G** (Tipo de acuífero), **O** (litología de la cobertura) y **D** (profundidad del agua o del acuífero) y **S** (tipo de suelo). La variable del tipo de suelo es remarcable su importancia para los acuíferos fracturados puesto que su variabilidad tiene una relación directa con los procesos iniciales de infiltración del agua al sistema

subterráneo., Montaña (1999), Espinoza (2005).

Parámetros de la Ecuación:

G: Grado de confinamiento (Groundwater occurrence) hidráulico del acuífero. Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: no confinado (valor 1), no confinado-cubierto, semiconfinados, y sin presencia de acuífero (valor 0).

La condición de confinamiento de los acuíferos es una función que interviene directamente en la vulnerabilidad natural del agua subterránea ante una contaminación potencial.

En acuíferos confinados el acceso de contaminantes es más restringido que, en acuíferos libres donde el acceso se encuentra menos restringido.

O: Ocurrencia del sustrato suprayacente (Overall aquifer class), refiere a la zona no saturada o capas confinantes. Este parámetro considera la zona que suprayace al acuífero en términos de su naturaleza litológica y grado de consolidación, lo cual determina su capacidad de atenuación de un posible contaminante. . Los índices más bajos (0,4) corresponden a los materiales no consolidados, mientras que los más altos (0,9 – 1,0) corresponden a rocas compactas fracturadas o karstificadas.

D: Distancia al agua (Depth) Corresponde a la profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad al techo de la capa confinante en acuíferos confinados. Los índices más bajos (0,6) corresponden a acuíferos libres con profundidad mayor a 50 m; mientras que los índices altos (1,0) corresponden a acuíferos que independientemente de la profundidad se encuentran en medios fracturados.

En esta metodología se presentan cinco clases de vulnerabilidad del acuífero con el fin de definir en forma clara y concreta la vulnerabilidad, y contar con un igual nivel de comparación. Para el caso de los acuíferos libres la profundidad del nivel estático está sujeta a la oscilación natural.

S: Tipo de Suelo (Soil) se incorpora como una cuarta viable en el método de GOD donde se tiene en cuenta las características texturales de los suelos, definidas con criterio agrológico en el modelo analizado.

Las 5 categorías de vulnerabilidad dadas en GOD son:

Valores o Puntaje	Vulnerabilidad
0 – 0.1	Muy baja
0.1 – 0.3	Baja
0.3 – 0.5	Moderada
0.5 – 0.7	Alta
0.7 – 1	Extrema

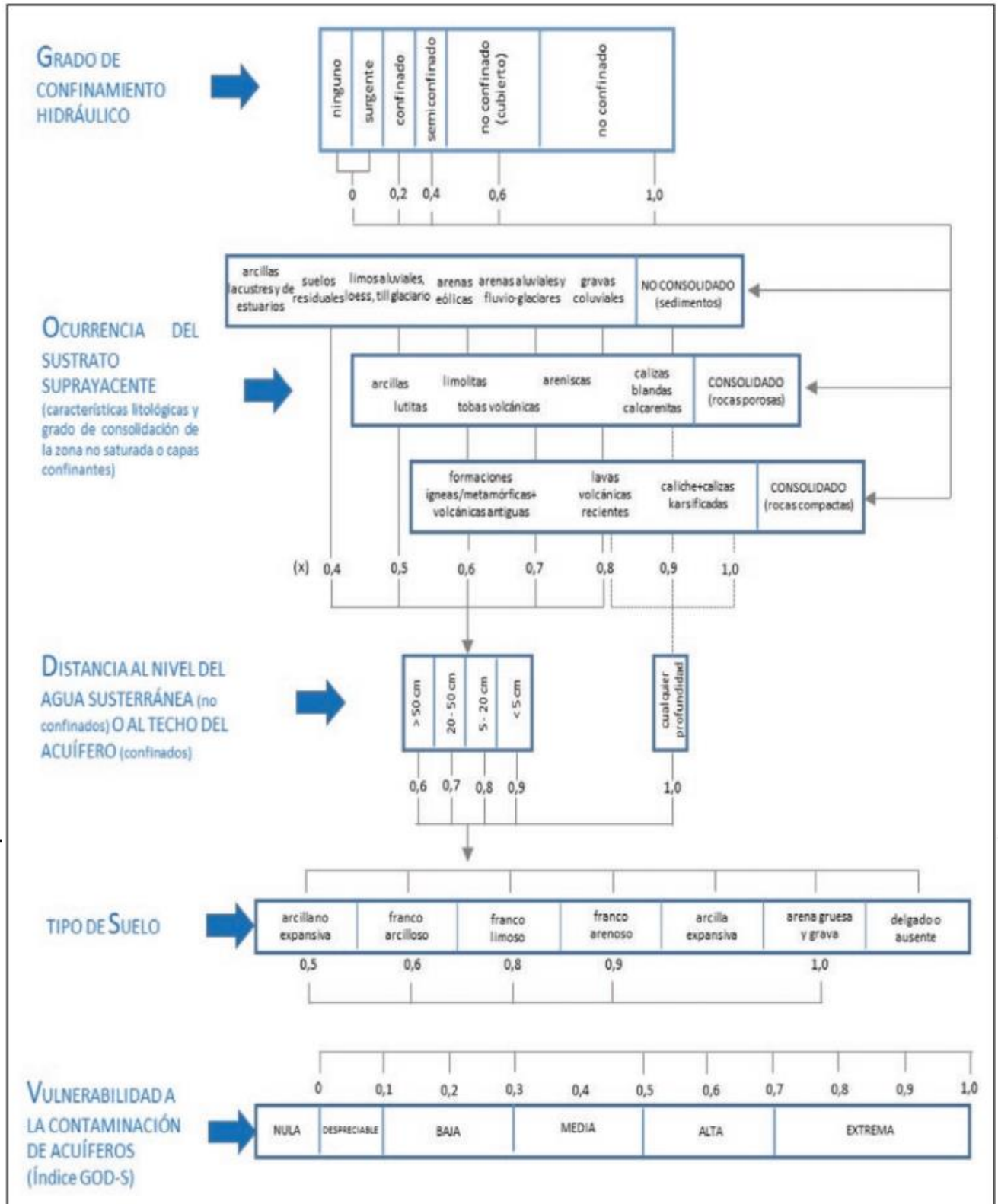


Fig. 5 Diagrama para cualificar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación, a través del método GOD y GOD-S (se toma como variable extra el tipo de suelo).

Desventajas del método GOD: es un método muy sencillo, fácil de aplicar en

condiciones de escasa información y a una escala regional (hasta 1:100.000). No considera un factor tan importante como la recarga.

El modelo cartográfico que se realizará para el análisis de la vulnerabilidad es:



Fig. 6 Modelo de construcción cartográfico del mapa de vulnerabilidad de GOD.

(Fuente: Jonathan Agüero Valverde Rosendo Pujol Mesalles Rosedo, 2000)

El modelo cartográfico (Fig. 6) imprime la conjunción y orden en que se procesa la información cartográfica para la relación de la vulnerabilidad según GOD. Cabe destacar que en el caso de GODS se aplica en el tercer paso la capa de tipos de suelo.

La primer etapa es la obtención de la capa de curvas de nivel (que en el caso de mi trabajo se extraen de la IDE.uy, cada 2m de cota). A partir del archivo de curvas de nivel se va al segundo paso que es: la realización del MED, (modelo de elevaciones), la hidrografía es obtenida en parte por la IDE.uy y luego se digitalizan los cursos de menor envergadura que no están representados y la capa de pozos hídricos es relevada en tres etapas: capa de pozos de la DINAMIGE, capa de pozos de DINAGUA y digitalización de pozos nuevos relevados en campo.

El tercer pazo del proceso se realiza con los datos piezométricos medidos en campo, los datos de geología (Bossi, 2001; Montañó, 1999) y el nivel de confinamiento del acuífero (confinado, semiconfinado o libre).

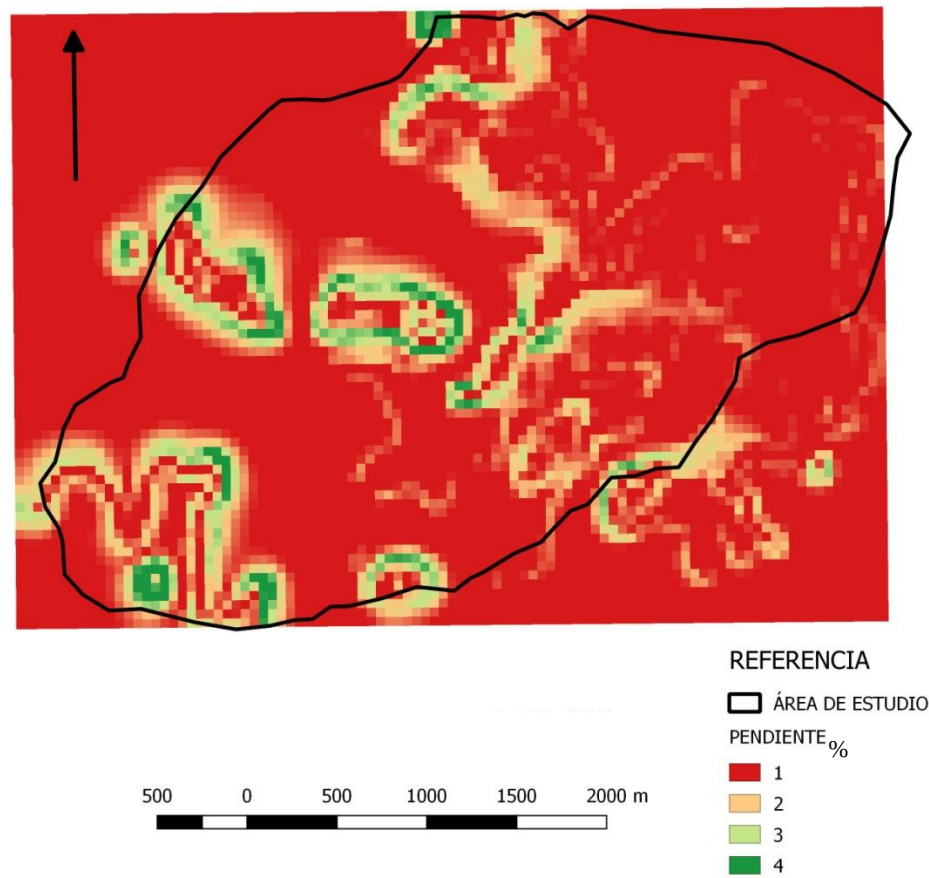


Fig. 7 Mapa de Pendiente para el área de estudio

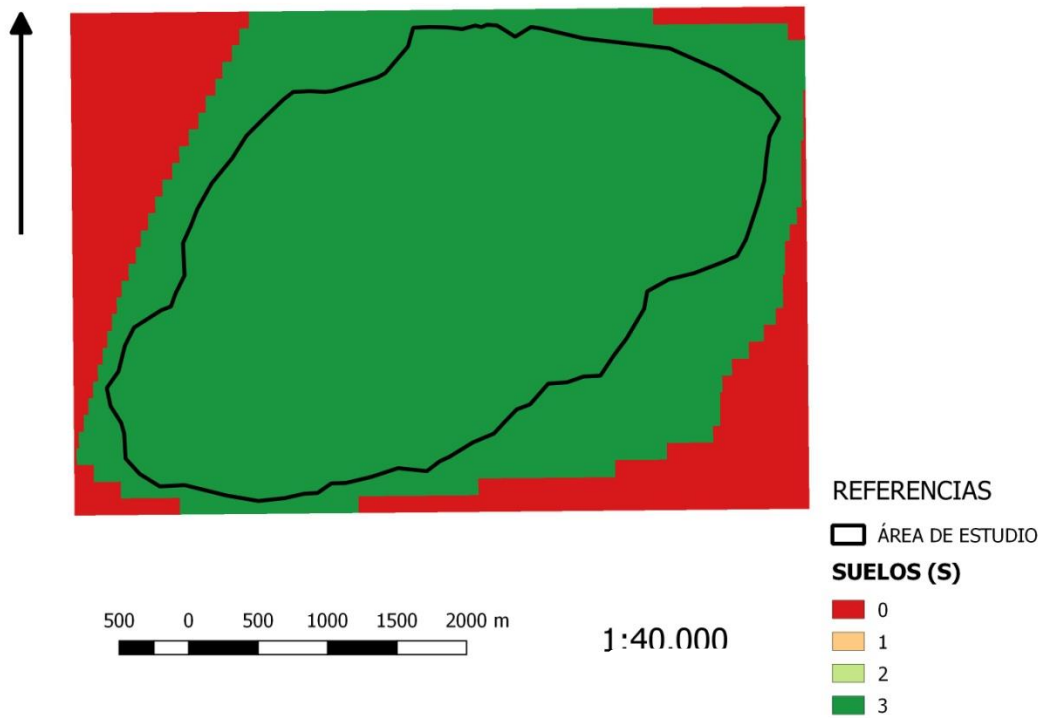


Fig. 8 Mapa de Suelos (S) para vulnerabilidad

VI) El análisis de **Riesgo Hidrogeológico** se aplicará siguiendo la metodología de (Foster e Hirata, 1997), conceptualizándose el riesgo como la interacción de las vulnerabilidades y las posibles amenazas (contaminantes) para la cuenca de estudio. A continuación, se presentan las metodologías utilizadas para obtener la valoración de los conceptos de vulnerabilidad, amenaza y peligro.

Para el análisis del riesgo se ha cuantificado inicialmente el concepto de vulnerabilidad del acuífero mediante dos métodos GOD y GODS que permiten dar un acercamiento a las áreas más comprometidas frente a la incorporación de una fuente contaminante o posible amenaza sobre ellas.

Por otra parte, se analiza para el área de estudio diferentes tipos de fuentes de contaminación o amenazas que pueda estar sufriendo el sistema hídrico fracturado.

Una vez cuantificados ambos factores se procede a la cuantificación de riesgo sobre el área de estudio, utilizando la ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{vulnerabilidad} + \text{amenazas}$$

Se ha modelado un conjunto de parámetros que permiten la identificación de cada término de la ecuación, siendo:

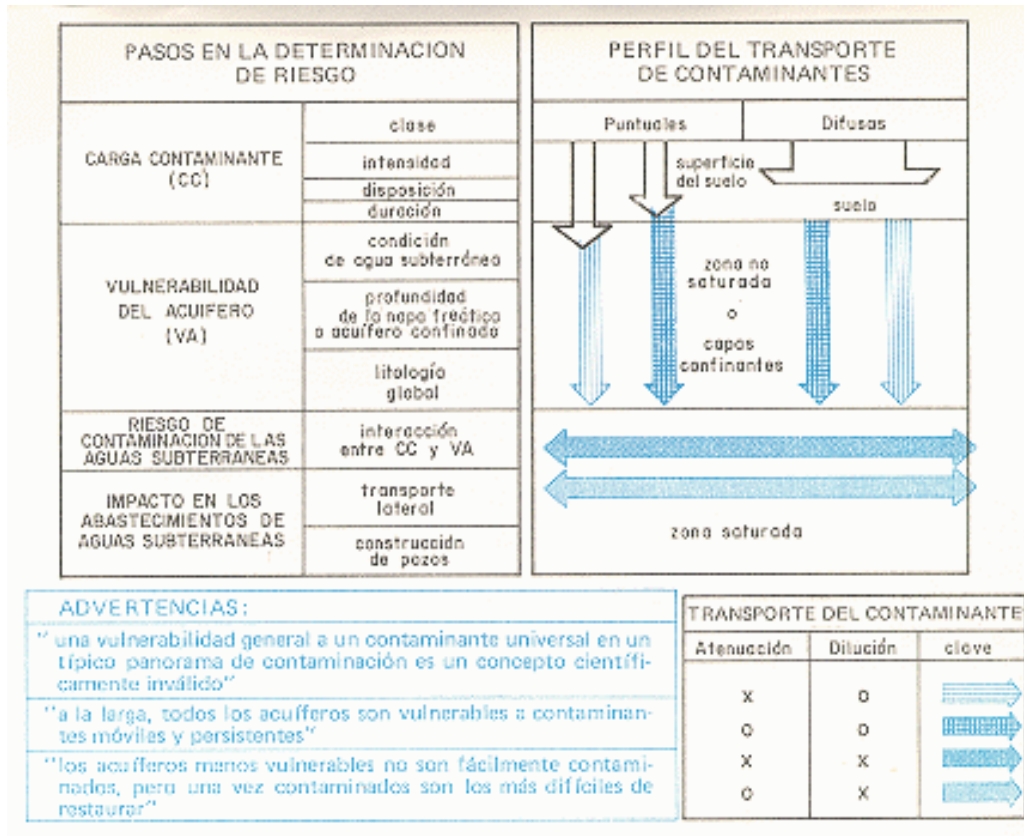


Fig. 9 Modelo conceptual para el análisis del riesgo determinado por Foster e Hidrata (1987) y Andersen, (1987)

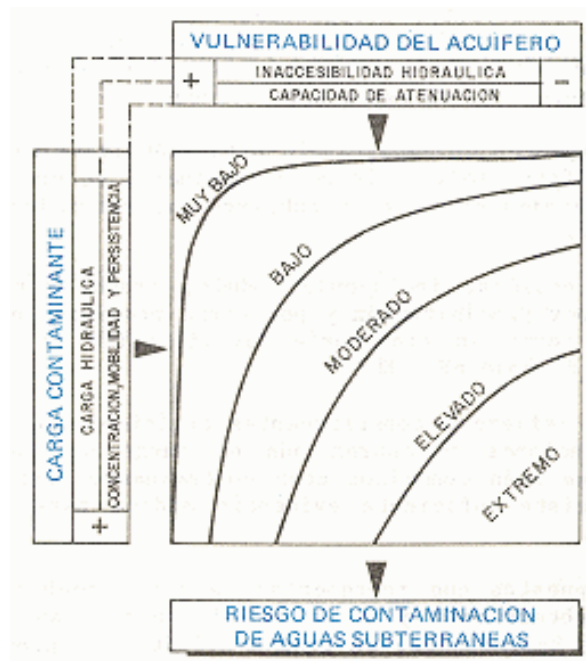


Fig. 10 Es el esquema conceptual del riesgo de contaminación de aguas subterráneas (modificada de Foster, 1987)

Mediante la relación de la carga contaminante y la vulnerabilidad del acuífero se determina el riesgo que presenta el sistema hídrico subterráneo de encontrarse con el contaminante, es decir que el mismo penetre hasta la zona de saturación hídrica.

Es necesario reconocer que en el análisis del riesgo que dada un área con alta vulnerabilidad pueden no presentar un alto riesgo o no presentar ningún riesgo, si la carga de contaminantes no se encuentra presente. Así mismo, zonas con muy baja vulnerabilidad podrían presentar un alto riesgo, producto de anomalía o una fuerte carga de cierto contaminante. Foster e Hidrata (1988) También, el contaminante puede encontrarse en estado desarrollado o por desarrollarse, dependerá de su movilidad dentro del acuífero mismo.

Finalmente, se destaca que la vulnerabilidad es una característica intrínseca del área de estudio y refiere a sus cualidades: morfogénicas, litológicas y estructurales. Es por este motivo, que la vulnerabilidad del sistema no puede ser controlada antrópicamente, pero sí puede serlo la carga de contaminantes.

Se destaca que una reducción de un contaminante o una fuente de contaminación no necesariamente equivale a una reducción del riesgo para la salud y el ambiente Foster (1987), puesto que el intervalo de tiempo de recuperación del sistema subterráneo debe ser considerado, en el proceso de mitigación.

El término **amenaza o carga contaminante** se refiere a todas aquellas actividades antrópicas o generadas por el hombre que producen sustancias capaces de incorporarse al acuífero y alterar la calidad del agua subterránea. Afectando la salud de las personas, la calidad de vida o el funcionamiento natural del ecosistema. La amenaza o carga contaminante se encuentra presente en cada una de las actividades generadoras de contaminación y se expresa como un Índice de Carga Contaminante (ICC), (Foster e Hirata, 1991)

Para evaluar el riesgo de contaminación de las fuentes, (Foster e Hirata, 1991) indican que debe considerarse:

-Las características de la carga contaminante o Tipo o Intensidad de uso o Forma de aplicación o Duración:

En condiciones normales, para que un contaminante alcance una fuente de agua debe

infiltrar y lixiviar a través de la zona no saturada hasta alcanzar el acuífero.

Posteriormente debe ser transportado por las aguas subterráneas hasta llegar al sitio de captación. En este camino el contaminante se ve expuesto a mecanismos que pueden afectar su movilidad o su masa. (Foster, 1987)

Dada la incertidumbre acerca de la concentración de contaminantes y la probable carga hidráulica asociada, el estimado del peligro potencial asignado a dichas cargas contaminantes será obtenido en base a la clase de contaminante y tiempo de aplicación de estas. Los centros industriales, minería, vertederos cercanos, los asentamientos irregulares, así como los condominios (piscina y usos de grandes volúmenes de agua recreativa), o los campus de deporte también pueden ser vistos como una fuente puntual de contaminación o de sobreexplotación del sistema hídrico, ej. Cantidad de fosas sépticas dispersas en el área. Cabe destacar que existen vertederos como la Usina 5 y 6/7 que vierte sus aguas hacia la Cuenca de las Canteras. Trabajos anteriores (Montaño, 1999) y el trabajo de (PECAC, 2007) establecen que a pesar de ser una fuente muy potente de contaminación existe aún procesos de amortiguación del daño producto de la preservación de plantas filtradoras y el proceso de entubado de parte del sistema hídrico.

Por otra parte, el hecho que los pozos existentes y los manantiales captadores puedan contaminarse como resultado de la contaminación del acuífero, dependerá de (Foster, 1988):

- 1) La intensidad de la contaminación que penetra al acuífero, especialmente su extensión espacial.
- 2) La persistencia y movilidad del contaminante.
- 3) Ciertas propiedades del acuífero que controlan el transporte lateral del contaminante.
- 4) El régimen de flujo natural o inducido del agua subterránea en el acuífero.

Se cuantifica en base a los datos disponibles sobre el área de estudio un conjunto de valores para cada tipo de fuente de contaminación reconocida y cartografiada sobre nuestra área de estudio a partir de los análisis previstos en los antecedentes.

Se definirán fuentes difusas (TIPO 1) y fuentes puntuales de contaminación (TIPO 2), para los rasgos apreciables de uso de suelo, así como la identificación de las condiciones de la capa de suelo, de existir o no un nivel de material rocoso sobre-

adyacente al sistema fracturado para la identificación de la facilidad con la cual el posible contaminante accedería al sistema hídrico subterráneo.

Se reconoce que el área de estudio que presenta un nivel sedimentario tanto sea Libertad, Fray Bentos o la Formación actual que, por las características litológicas presenta un nivel de infiltración relativamente lento producto de un volumen de material pelítico que conforma dichas unidades. Sin embargo, en los casos de escasa presencia o nula, la capacidad que presenta un contaminante de acceder al sistema subterráneo se ponderará máxima.

Las fuentes fueron evaluadas por (PECAC, 2007) y por la IMM Montevideo (capas de usos del suelo) se relevan las fuentes iniciales posibles de generar contaminación sobre nuestra cuenca de estudio.

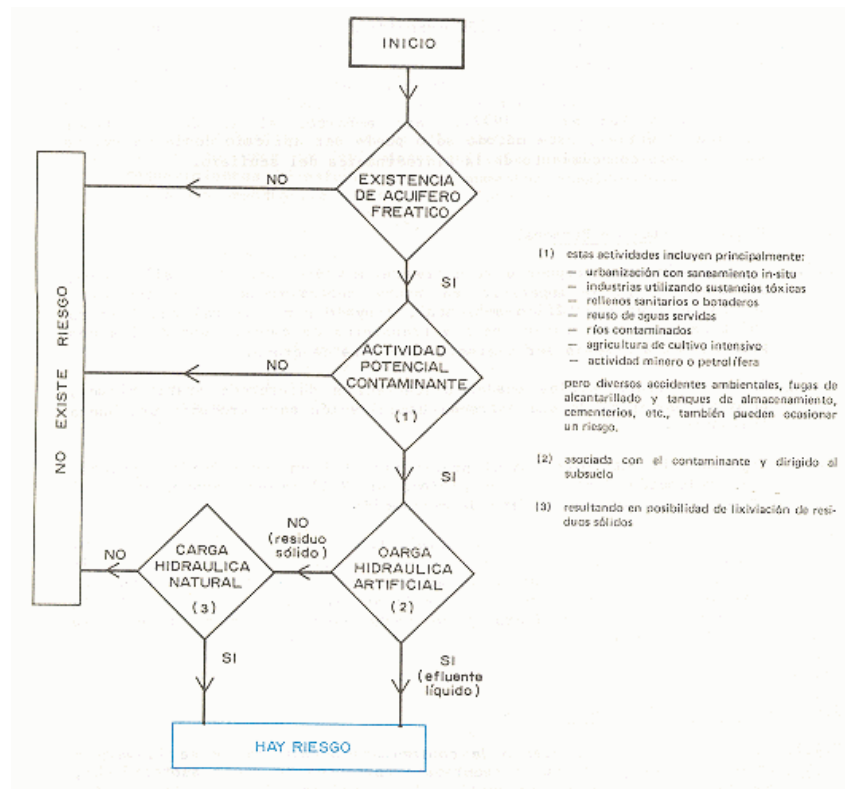


Fig. 11 Modelo conceptual sencillo para un análisis básico de riesgo sobre una zona. Foster (1988)

VI) Los mapas serán realizadas en Qgis 2.18.11 (*Software libre*). Generándose cartografía tanto con los datos preexistentes, así como los recolectados durante las salidas de campo.

La recolección en campo se realizará mediante (*GPS*) colector de datos en base SIG,

marca Garmin Etrex E10.

Limitaciones de las metodologías

De los planteados se presentan ciertas limitantes a la hora de poder realizar el relevamiento necesario para lograrlos. Entre ellos, se debe lograr tener un relevamiento certero de pozos, tanto para lograr acceder a la medición de su nivel piezométrico, así como la posibilidad de extracción de una muestra hídrica (desde la cercanía de la boca del pozo), sin contaminación por cañería o tanques brindando de esta manera resultados lo más certeros posibles, a la situación del agua en subsuperficie. Además, los análisis químicos y bacteriológicos sufren una alteración a medida que pasa el tiempo. El balance hídrico se realiza para una situación anual pero no se logra analizar el proceso de flujo hídrico subterráneo asociado al mismo. Esto puede estudiarse realizando una secuencia anual de monitoreo o bianual sobre el área a modo de establecer relación con los niveles piezométricos. También podría realizarse un estudio de edad del agua subterránea con tritio para reconocer la permanencia del agua en el sistema subterráneo.

Por otra parte, el contorno del acuífero fisurado que puede ser bien estudiado está limitado al área donde es posible determinar la piezometría.

Bañados de Carrasco

El área de estudio se encuentra en el límite entre el Departamento de Montevideo y Canelones .

El Arroyo las Canteras, pertenece a la cuenca del Arroyo Manga, cuyo brazo se extiende hacia el Sur por el Arroyo Carrasco.

SUB-CUENCA	LONGITUD (Km)	AREA (Km2)	AREA TOTAL (%)
Arroyo Toledo	27.8	94.1	54.3
Arroyo Manga	9.8	29.9	17.3
Cañada de la Chacarita	5.4	13.7	7.9
Cañada de las Canteras	7.4	10.3	5.9
Arroyo Jean Marie	3.5	5.3	3.1
Area de escurrimiento directo		20	11.3
TOTAL		173.3	99.8

(Grupo nacional de trabajo para la desecación de los Bañados de Carrasco).

Fig. 12 Delimitación de las áreas de las subcuencas hidrogeográficas para el proceso de desecación del bañado, Montaña (1999)

Bañado de Carrasco

Se realiza desde la década del '30 intencionalmente una modificación de la estructura de los bañados de Carrasco a modo de consolidar la zona como área de urbanización y apropiación urbana.

A partir de la década del '70 se resuelve el inicio del proceso de desecación del Bañado de Carrasco que comprende las cuencas del Arroyo Toledo, Manda y Jean Marie, así como la Cañada de la Chacarita y la Cañada de las Canteras.

El proceso de desecación aparejó un conjunto de problemáticas medioambientales asociadas a una pérdida en la capacidad del sistema en depurar el agua, pérdida en la biota (flora y fauna) PECAC (2007). Asimismo se colmató el sistema con plantas invasoras y alóctonas al sistema de bañado. El bañado asociado inundaciones y grandes procesos de ingreso del sistema costero salobre desde la desembocadura del Arroyo Carrasco en el Río de la Plata, hacia el continente, generando la salinización del curso fluvial y los acuíferos costeros asociados, (Montaña, 1999), limitado por rocas sedimentarias e ignea -metamórficas del Terreno Tandilia.

GEOMORFOLOGÍA

La cuenca de la Cantera de las Cañada presenta un relieve de planicie a suavemente ondulado. Hacia el Noroeste las pendientes comienzas a acrecentarse.

El área de estudio presenta un paleorrelieve de terrenos precámbricos desarrollados por la Fm. Montevideo, que genera zonas altas. Mientras que los paquetes sedimentarios del Oligoceno – Pleistoceno brindan una tomografía menos acentuada (zonas bajas), presentando además estructuras de planicie de inundación de origen fluvial y escarpas con paleocostas litorales costeros, asociados a la cuenca Río de la Plata, Montañó, (1999), que hacia el este se continua con la Fm. Villa Soriano que presenta niveles de turba. Las isopiezas generadas siguen en la mayor parte del área una relación estrecha con las curvas de nivel (obtenidas de la IDE.uy).

MAPA GEOMORFOLOGICO

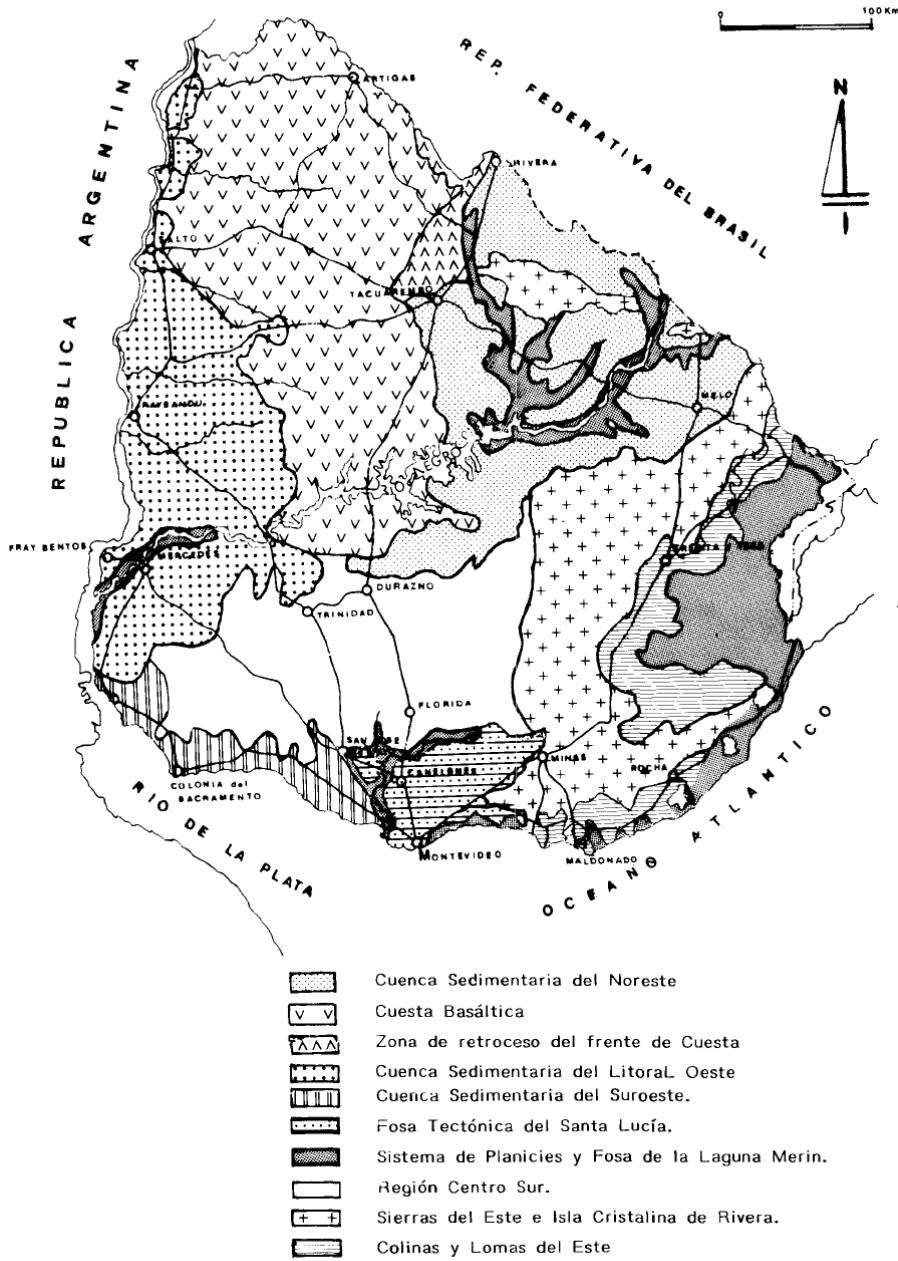


FIG. 2.1-1

Fig.13 Mapa Geomorfológico de Uruguay, (Panario, 1988)

La cuenca de estudio presenta las cotas más altas sobre la zona Suroeste con valores que superan los 45m. Las menores altimetrías se encuentra en la zona Noreste de la misma, con valores cercanos a los cero metros, medidos sobre el Cero del Cabildo de Montevideo. Para la delimitación de la cuenca se tuvo en cuenta varios brazos de la Cañada de las Canteras a modo de obtener un panorama más certero en términos de productividad acuífera en el área, (Fig. 14).

Estos datos se analizan de forma conjunta con el mapa de fracturamiento y los caudales y análisis químicos del agua subterránea.

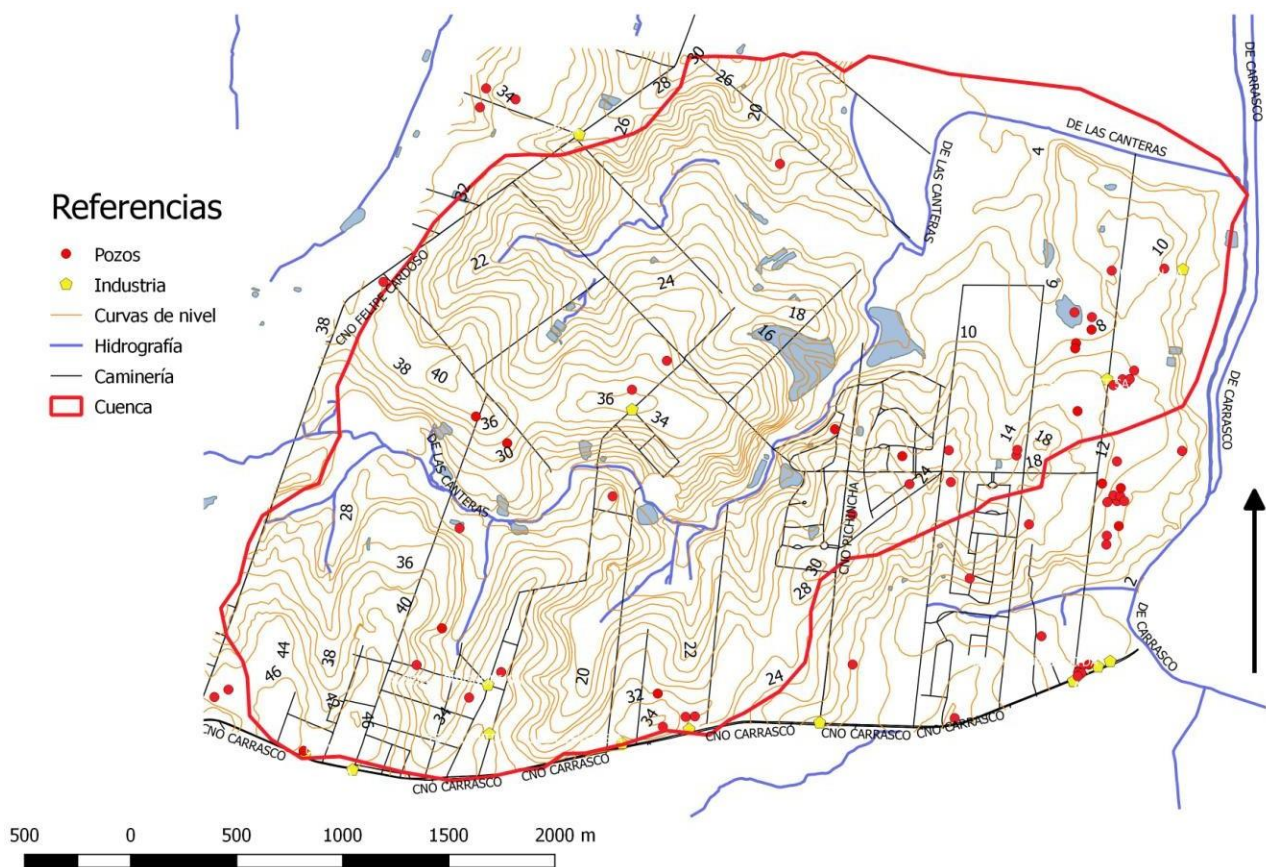


Fig. 14 Mapa de curvas de nivel cada 2m (obtenidas de la IDE.uy) y delimitación de la cuenca de estudio, basada en el cauce principal de la Cañada de las canteras y sus pequeños brazos. (Producción propia)

Red hídrica

Las cuencas hidrográficas por el Art. 47 de la Constitución de Uruguay, son las unidades ambientales para la gestión de los recursos hídricos. Impulsado el artículo en la gestión sostenible y participativa del recurso. El Este de Montevideo, es parte del área metropolitana de la Capital de Uruguay, la misma pertenece a la cuenca hidrográfica del Río de la Plata. Parte de su agua superficial se infiltra al acuífero fracturado infrayacente, conformado en parte por material sedimentario y parte por roca del basamento cristalino.

A excepción de la cuenca Laguna Merín ubicada al sureste de Uruguay y compartida con Brasil. Las otras 5 cuencas del Uruguay (Cuenca Santa Lucía, Cuenca del Río Negro, Cuenca del Río Uruguay, Cuenca del Río de la Plata y Cuenca del Océano Atlántico) son subcuencas de la gran Cuenca del Plata que presenta una extensión de 3.100.000 km² (la quinta más grande del mundo) interviniendo en su formación el conjunto de ríos de cinco países Bolivia, Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay.

Uruguay - Estudio Ambiental Nacional-OEA 1992



Fig. 15 Se visualiza el mapa de las Cuencas hidrográficas del Uruguay. En Rojo se resalta el área de estudio. Fuente: <http://www.meteorologia.com.uy/ServCli/pluvio>

La desembocadura de la gran Cuenca Del Plata confluye hacia la subcuenca del Río de la Plata, aportando un gran volumen hídrico con abundante cantidad de sedimentos que decantan sobre los márgenes de Argentina y Uruguay, para luego extenderse hacia el Océano Atlántico en forma de estuario.

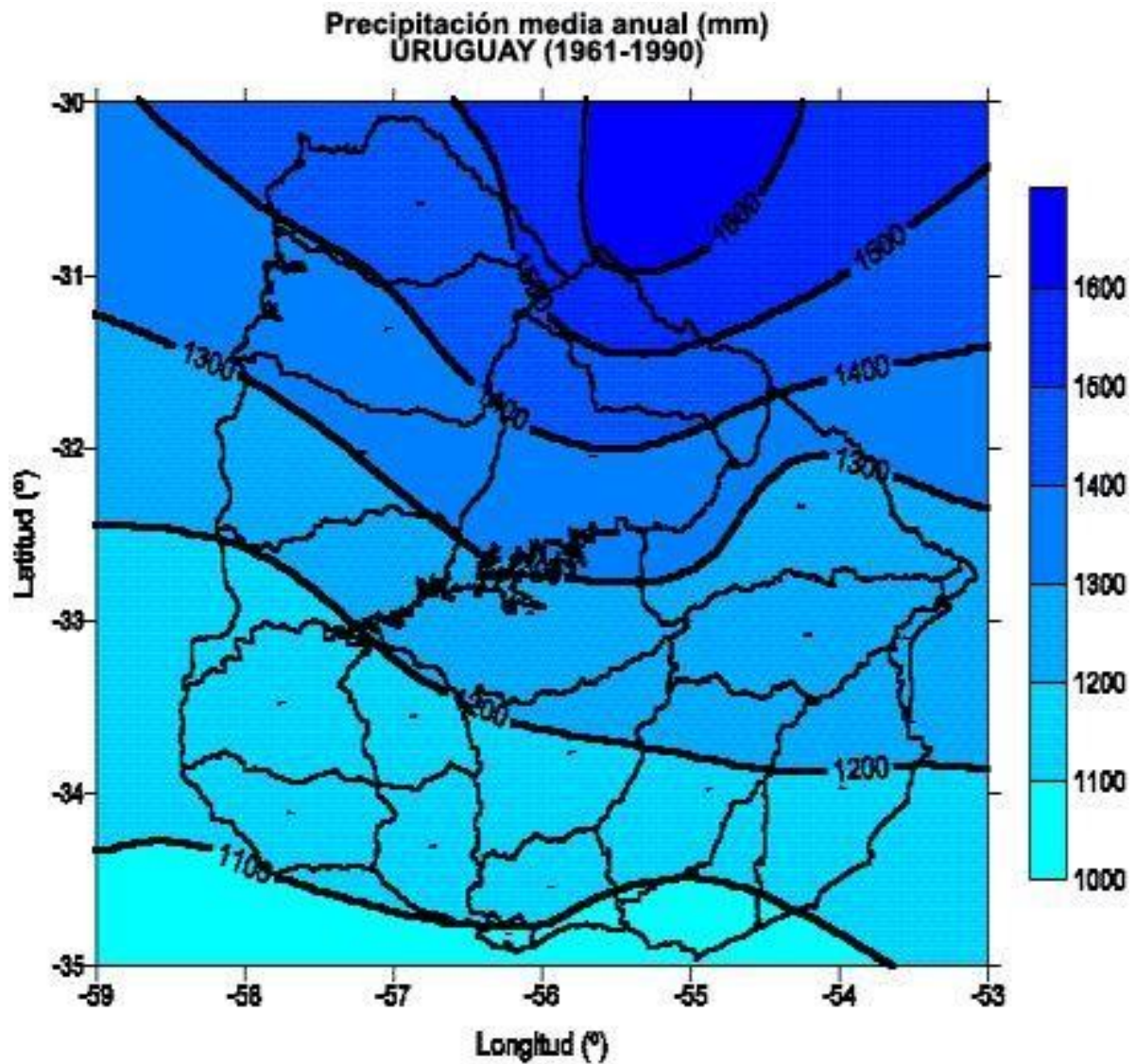
El área de estudio corresponde a la zona Este del departamento de Montevideo, perteneciendo de esta manera a la cuenca hidrográfica del Río de la Plata.

La red de drenaje escurre pendiente abajo desde la zona continental hacia el Río de la Plata, mediante cursos hídricos de un sistema fracturado y sedimentario. Dada la baja pendiente del terreno, se da la formación de estructuras meándricas y planicies de inundación (algunas que han sido secadas, por acción antrópica), generando bañado, sobre el área., ver fig. 14.

La cuenca del arroyo las Canteras presenta una cota máxima de 38m, sobre el nivel del mar medido desde el cero Wharton. La cuenca pertenece a un brazo del Arroyo Carrasco que desciende con dirección N-S hacia el Río de la Plata. El Arroyo las Canteras sigue una dirección N40-N50, donde el agua escurre y se infiltra a un sistema fisurado.

Según el mapa de Burgos y Corsi (1978) en la memoria explicativa de la Carta Hidrogeológica escala 1:2.000.000, la zona este de Montevideo presenta una capacidad de almacena hídrico mayor a los 400mm, esto determina que son suelos profundos de textura pesada con permeabilidad lenta.

La pluviometría (Fig 16) del área entre los años 1961 – 1990 presenta un volumen anual de 1100 mm al año, perteneciendo a la zona con menor tasa de pluviosidad del país.



Fuente de datos: Dir. Nal. Meteorología

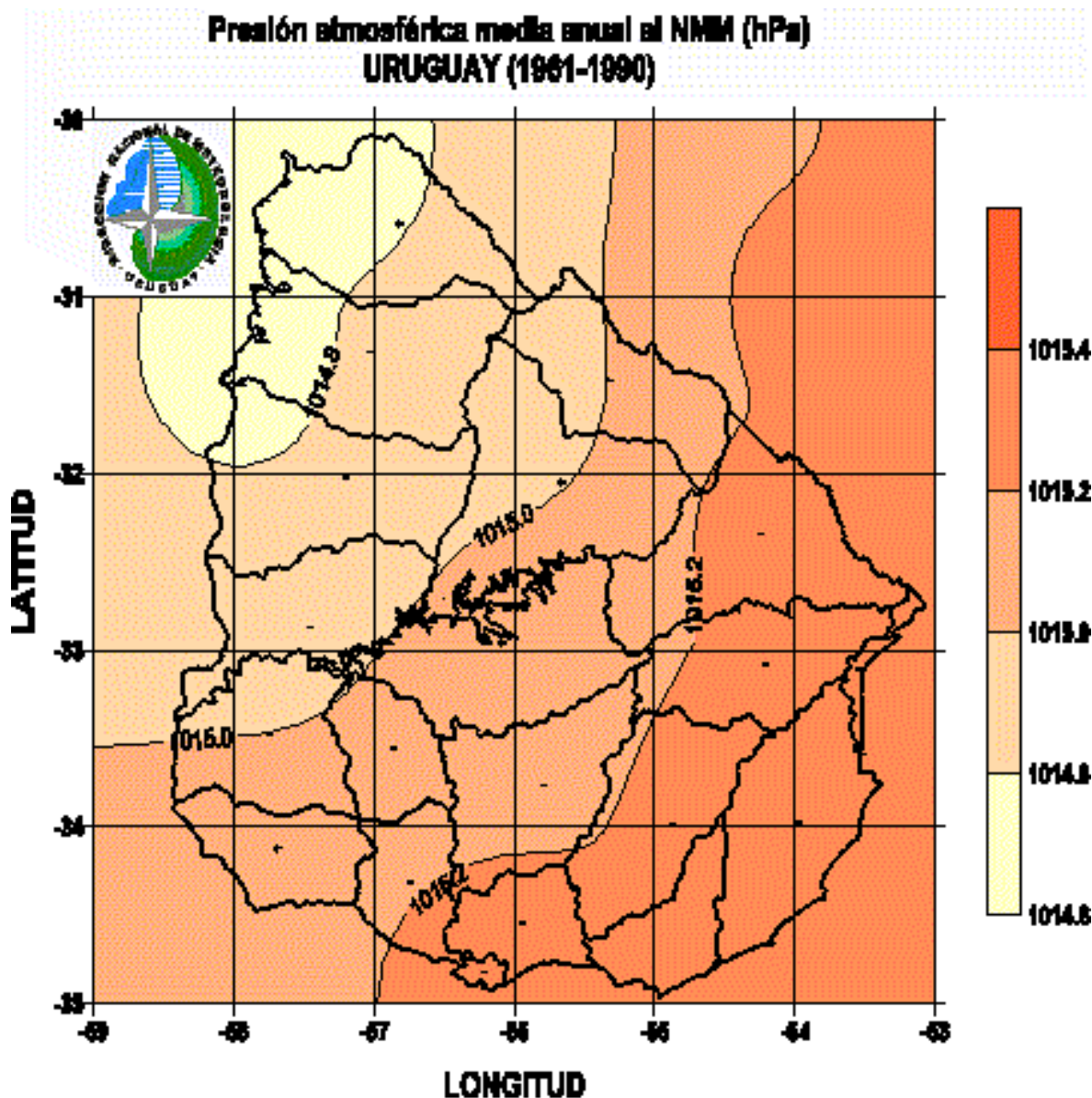
Fig. 16 Isoyetas media anual de precipitación (mm) 1961 - 1990

Fig. 16 Mapa de Isoyetas medias mensuales (mm) 1961 –1990, DINAMA. Fuente:
https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales

Otros aspectos físicos

Nuestro país no posee grandes componentes orogénicos actuales, esto determina que los diferentes factores climáticos presentan gran variabilidad en el tiempo y espacio. De las variables más difíciles de predecir es, la precipitación. Razón por la cual, se miden períodos de más de 10 años para determinar algún tipo de tendencia. A continuación, se presentan algunos parámetros físicos no descritos aún en el trabajo, sobre el área de estudio como: temperatura, viento y presión atmosférica.

La presión atmosférica media anual en el área serrana corresponde al de mayor presión del territorio uruguayo con valores mayores a 1015,4 hPa, los valores del viento medio anuales revelan un flujo de 5,5 m/s, siendo una de las zonas de mayor valor, y la temperatura media anual es mayor a los 16,5°C y menor que 17°C, sobre el área de estudio. Todos estos datos fueron relevados en el mismo período de tiempo (1961-1990)., fuente: DINAMA-INUMET, indicadores ambientales (1961-1990).



Fuente de datos: Dir. Nal. Meteorología

Fig.17 Mapa de presiones atmosféricas media anual (hPa) del Uruguay en los años
1961
-1990

Fuente: MVOTMA – DINAMA elaborado en conjunto con INUMET

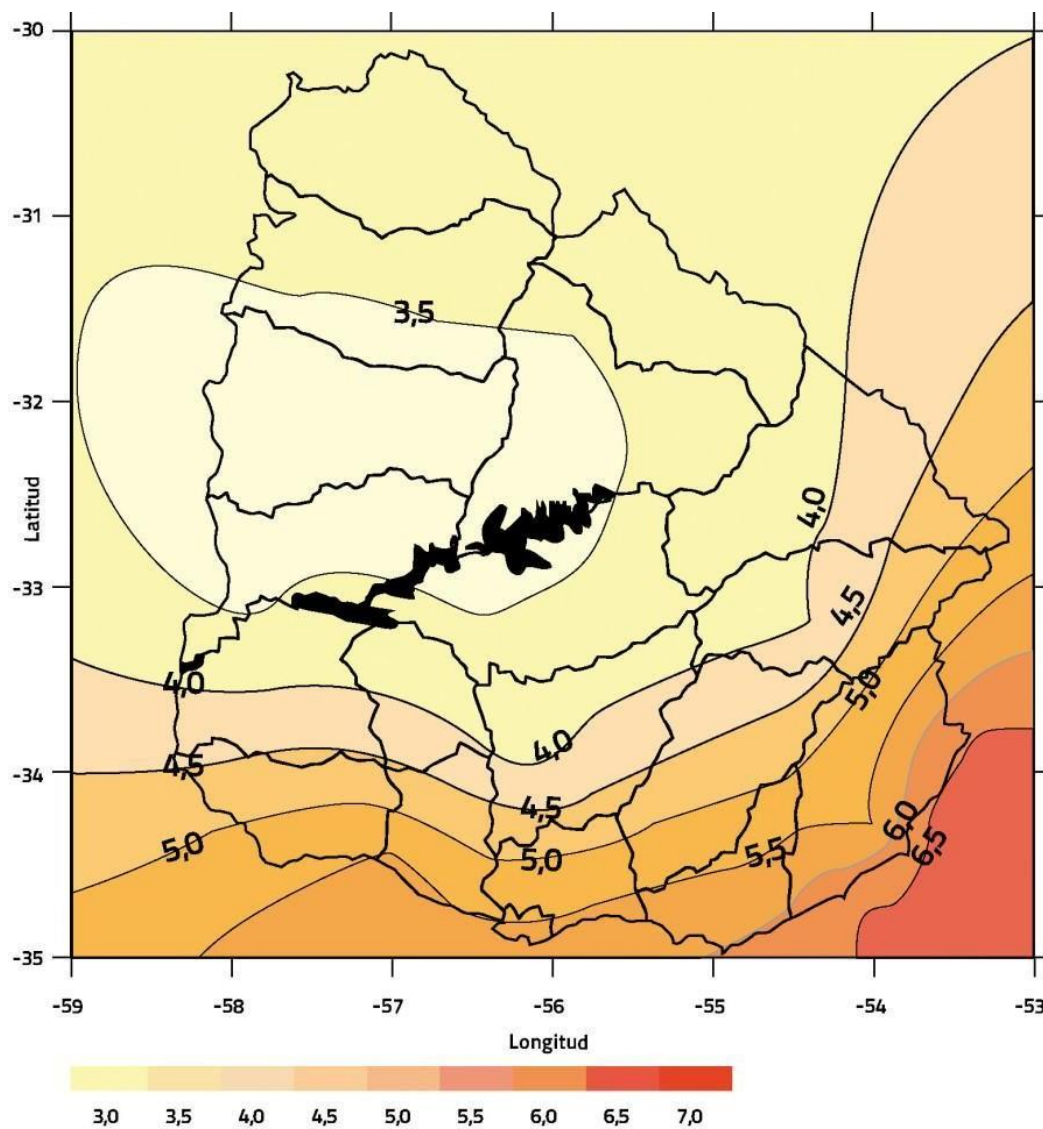
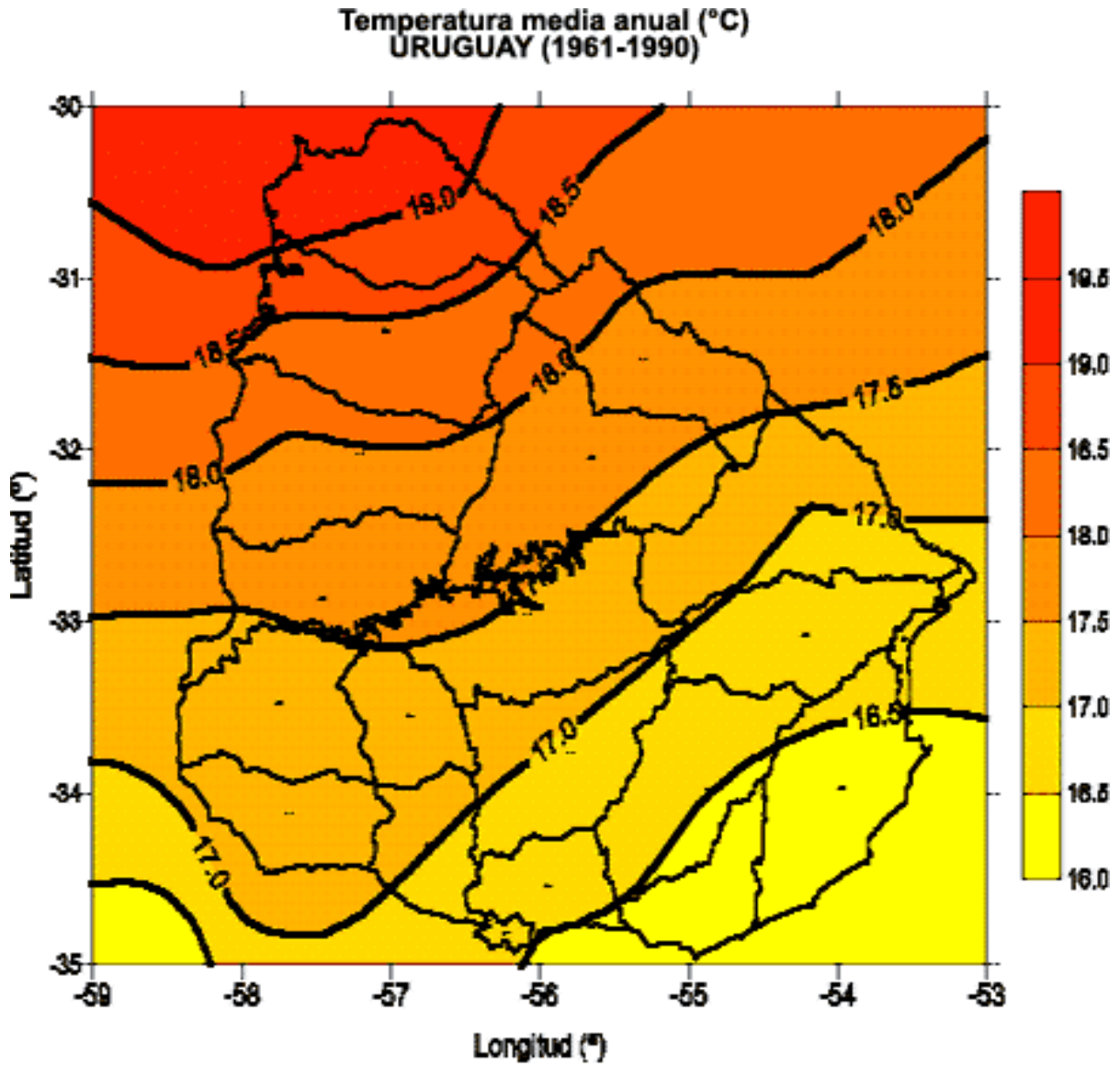


Fig. 18 La velocidad del viento media anual en superficie (m/s) tomada desde 1961 – 1990

Fuente: https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales



Fuente de datos: Dir. Nal. Meteorología

Fig.19 Mapa de isotermodas medias anuales para el período 1961 –1990 en la R.O del Uruguay. Fuente: <http://www.meteorologia.com.uy>

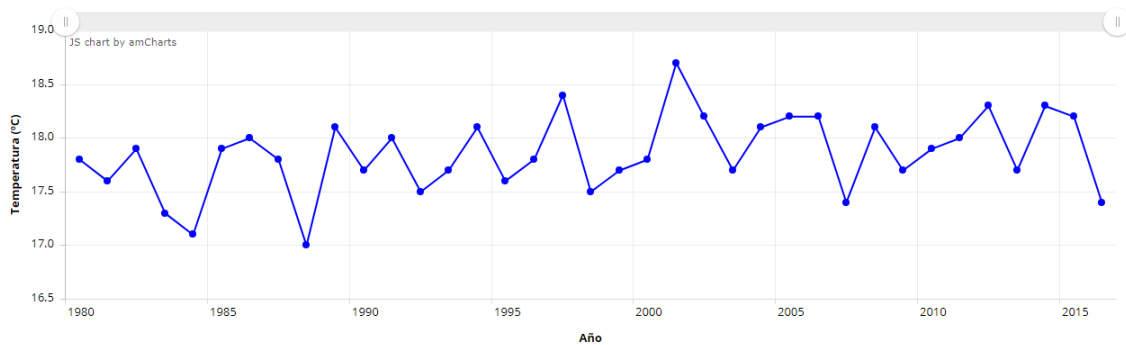


Fig.12 Evolución de las temperaturas en los últimos 25 años.

SUELOS

Según la descripción de suelos de CONEAT que no son una descripción de tipos de suelo en sí mismas, sino una nomenclatura basada en términos de productividad para carne vacuno y bovino así como, lana en pie en nuestro territorio, por la ley 13.695 (Art. 65 al 68) del 24 de octubre al 1968. En nuestra área de estudio, reconocen los tipos de suelos número 3.10, 4.2, 5.06b, 10.6a, 10.6b y 10.11, Montaña (1998).

Las características de estos tipos de suelos 3.10 son bañados que ocupan áreas de muy poca extensión con vegetación halófila y prácticamente sin uso en términos de productividad CONEAT, son parte de la unidad Laguna Merín.

Los códigos 4.2 genera predominancia de suelo tipo Argisoles Subéutricos Ócricos Típicos/Abrúpticos, de texturas francas, profundos, de drenaje moderadamente bueno a imperfecto y fertilidad media a baja (Praderas Pardas máximas). La morfología es de pendiente relativamente presenta fuertes pendientes entre 4 a 8%. La vegetación es de pradera, actualmente pastoril y parcialmente agrícola. Comisión de Inversiones y Desarrollo Económico CIDE, (1967).

Los códigos que predominan en el área son los 10.6b, 10.6a y 10.11, estos grupos se localizan como una faja discontinua en el sur de los Dptos. de Canelones, Montevideo, San José y Colonia. El material geológico corresponde a sedimentos limo arcillosos del Cuaternario, de color pardo a pardo naranja. El relieve es suavemente ondulado (a muy bajo), con predominio de pendientes de 1 a 3%. Los suelos predominantes corresponden a Brunosoles Subéutricos, a veces Éutricos, Típicos y Lúvicos (Praderas Pardas medias y máximas) de color pardo a pardo oscuro, textura franco limosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenados. Los suelos 10.11 presentan predominancia de Planosoles Subéutricos, a veces Éutricos Melánicos, de color pardo muy oscuro, textura franco limosa con arena fina y muy fina, fertilidad alta y drenaje imperfecto.

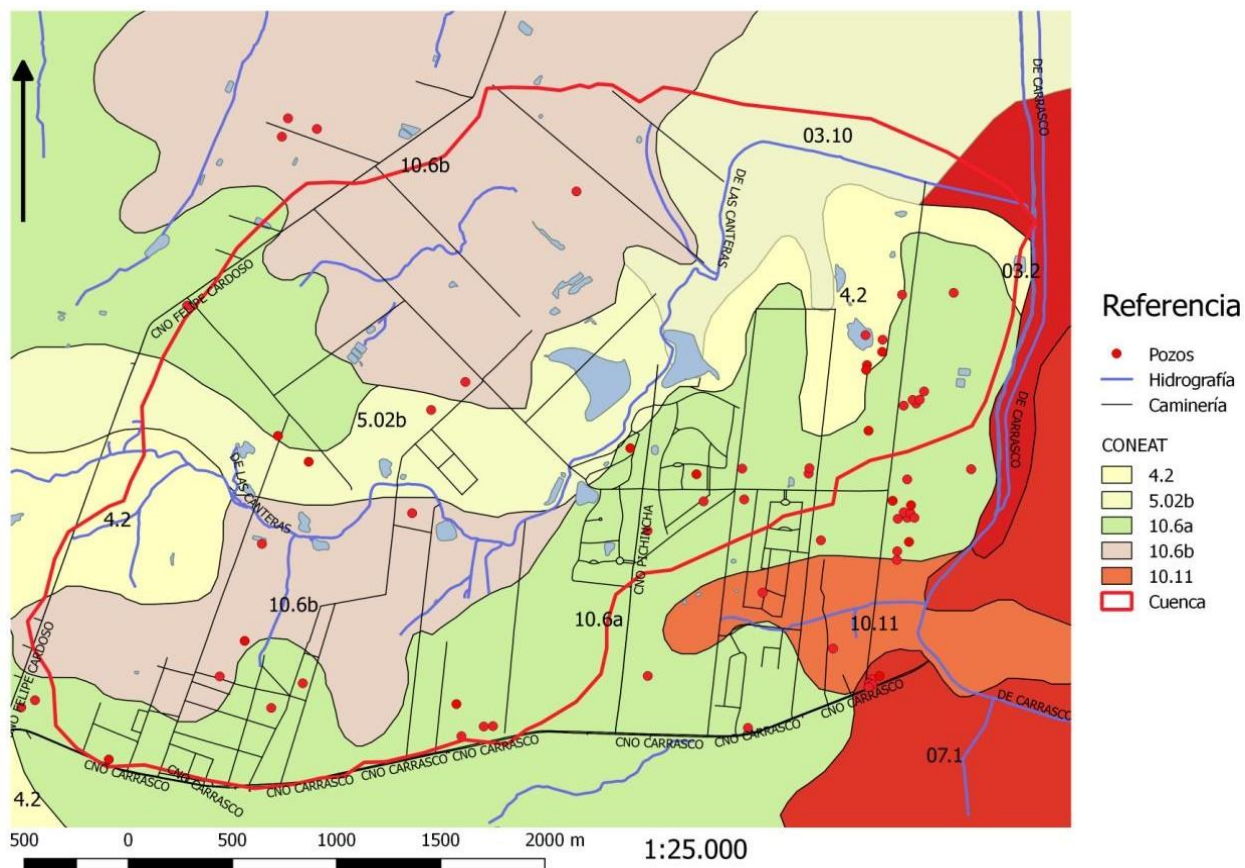


Fig.20 Mapa de CONEAT sobre el área de estudio con sus respectivos índices asociados a los tipos de suelos que se describen en el texto. (Producción propia)

Actividades Productivas

Actualmente el área de estudio presenta una fuerte urbanización y se denota los usos principales sobre la cuenca. Más de la mitad de la cuenca se encuentra urbanizada y actualmente se han encontrado en los primeros relevamientos en campo, grandes predios fraccionados originariamente hortícola o de cultivo que se encuentran parceladas y en la generación de condominios.

Por otra parte, áreas que se denotan como pradera natural y monte nativo se reconocen también como predios utilizados para campos deportivos. Las bajas pendientes del área y su cercanía al cono urbano han aportado al uso de los predios para canchas de deportes, ver fig 21. .

La zona de humedales que previo al proceso de desecación del baño, cubría extensiones de tierra de nuestra área de estudio, actualmente queda restringida a la zona baja de la cuenca, cercana a la desembocadura del Arroyo de las Canteras al Arroyo Carrasco.

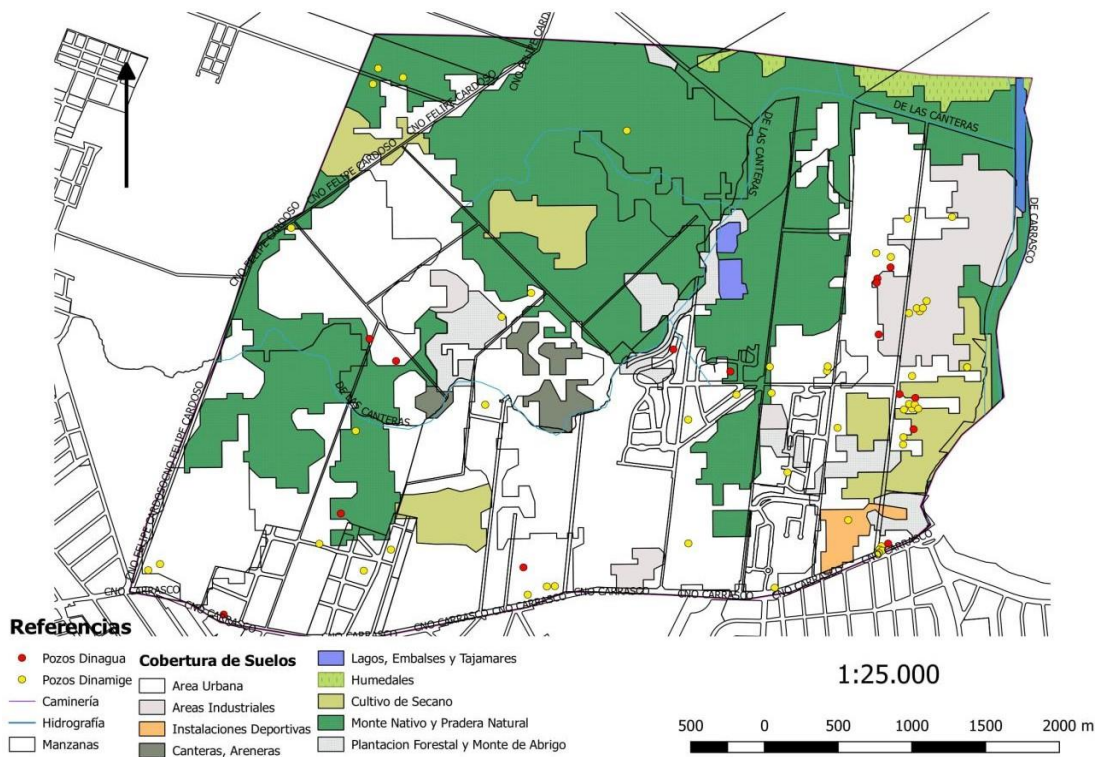


Fig.21 Mapa de Cobertura y usos de Suelos sobre la Cuenca del Arroyo Las Canteras. (Producción propia)

A partir del trabajo realizado por PECAC, (2007) y por la IMM se relevan las fuentes iniciales posibles de generar contaminación sobre nuestra cuenca de estudio.

Los centros industriales, minería, vertederos cercanos, los asentamientos irregulares, así como los condominios (piscina y usos de grandes volúmenes de agua recreativa), o los campus de deporte también pueden ser vistos como una fuente puntual de contaminación o de sobreexplotación del sistema hídrico.

Parte del relevamiento esperado se centra en la evaluación de cantidad de fosas sépticas dispersas en el área.

Cabe destacar que existen vertederos como la Usina 6/7 que vierte sus aguas hacia la Cuenca de las Canteras. Trabajos anteriores Montaño, (1999) y el trabajo de PECAC, 2007 establecen que a pesar de ser una fuente muy potente de contaminación existe aún procesos de amortiguación del daño producto de la preservación de plantas filtradoras y el proceso de entubado de parte del sistema hídrico.

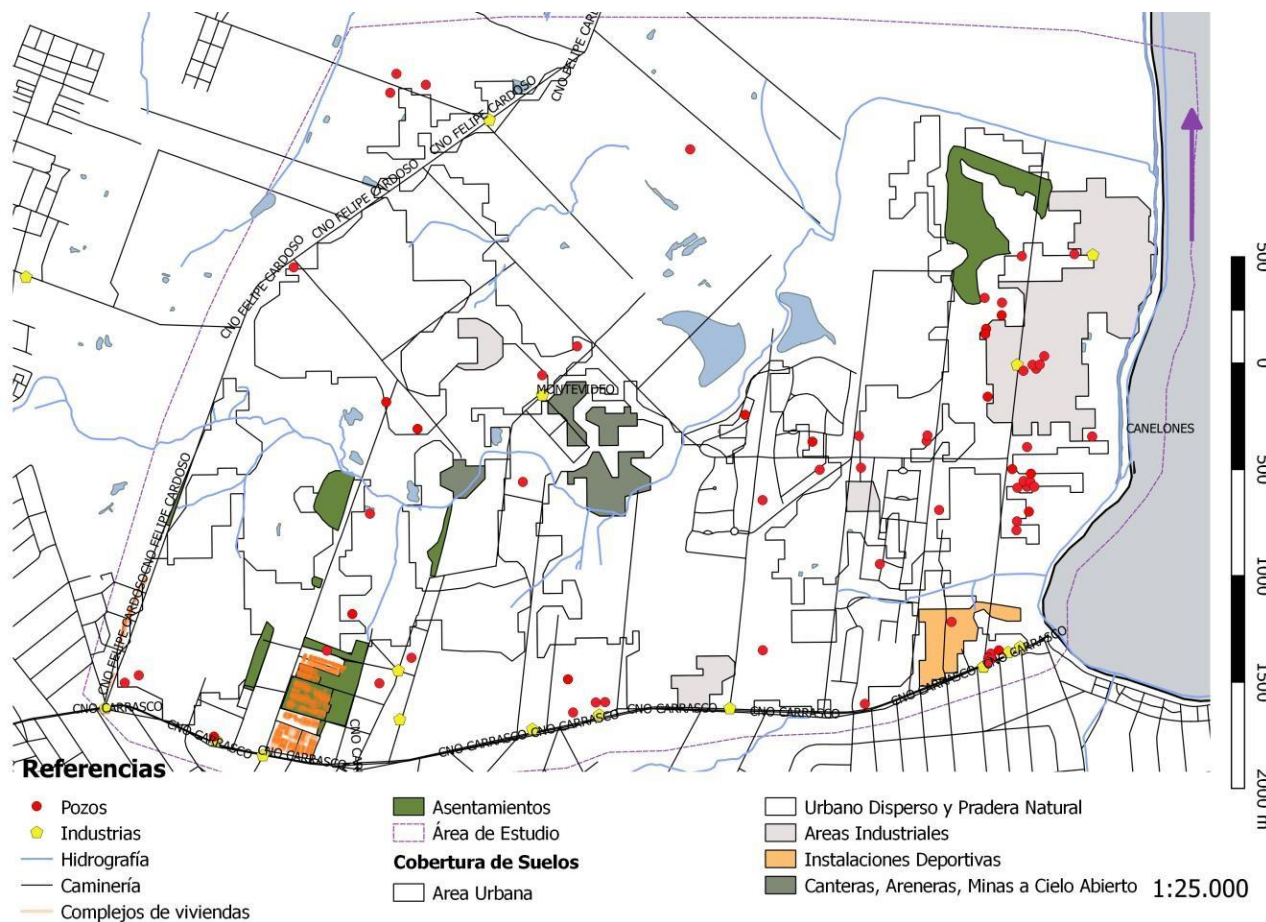


Fig.22 Mapa de Potenciales Contaminantes sobre la Cuenca del Arroyo de Las Canteras (Producción propia)

Antecedentes Geológicos

El territorio uruguayo se encuentra dividido para la mayoría de los autores en cuatro terrenos tectono-estratigráficos principales. El cratón del Río de la Plata caracterizado por dos eventos transamazónicos tecnotermicos uno a entre los 2.2 – 2.1 y de 2.1 a 2.05 Ga (Santos et al, 2003). El cratón del Río de la Plata se encuentra subdivido en dos terrenos tectono estratigráficamente diferentes por medio de la Zona de Cizalla Sarandí del Yí: El Terreno Piedra Alta y Terreno Tandilia al oeste , el Terreno Nico Pérez al Este, (Bossi et al, (2005), Bossi y Cingolani, (2009) , Abre et al (2014), ver fig 23.)

Se describen a continuación de Oeste a Este del país como Terreno Piedra Alta de edad Transamazónica (2.0 Ga – 2000 Ma) está compuesto por tres cinturones de rocas metamórficas de origen vulcano sedimentario y plutones geométricamente asociados (Bossi *et al*, 1998): Cinturón Arroyo Grande, Cinturón San José y Cinturón Pando, (Fm. Montevideo) definidos inicialmente (Bossi et al. 1993), delimitado al Este por el Lineamiento Sarandí de Yí Piriápolis (LSYP).

Los otros dos terrenos: Terrenos Nico Pérez y Terreno Cuchilla de Dionisio Preciozzi et al. (1991) , Bossi y Campal (1992), Bossi et al (1998) o Cinturón Dom Feliciano Frangoso Cesar (1980).

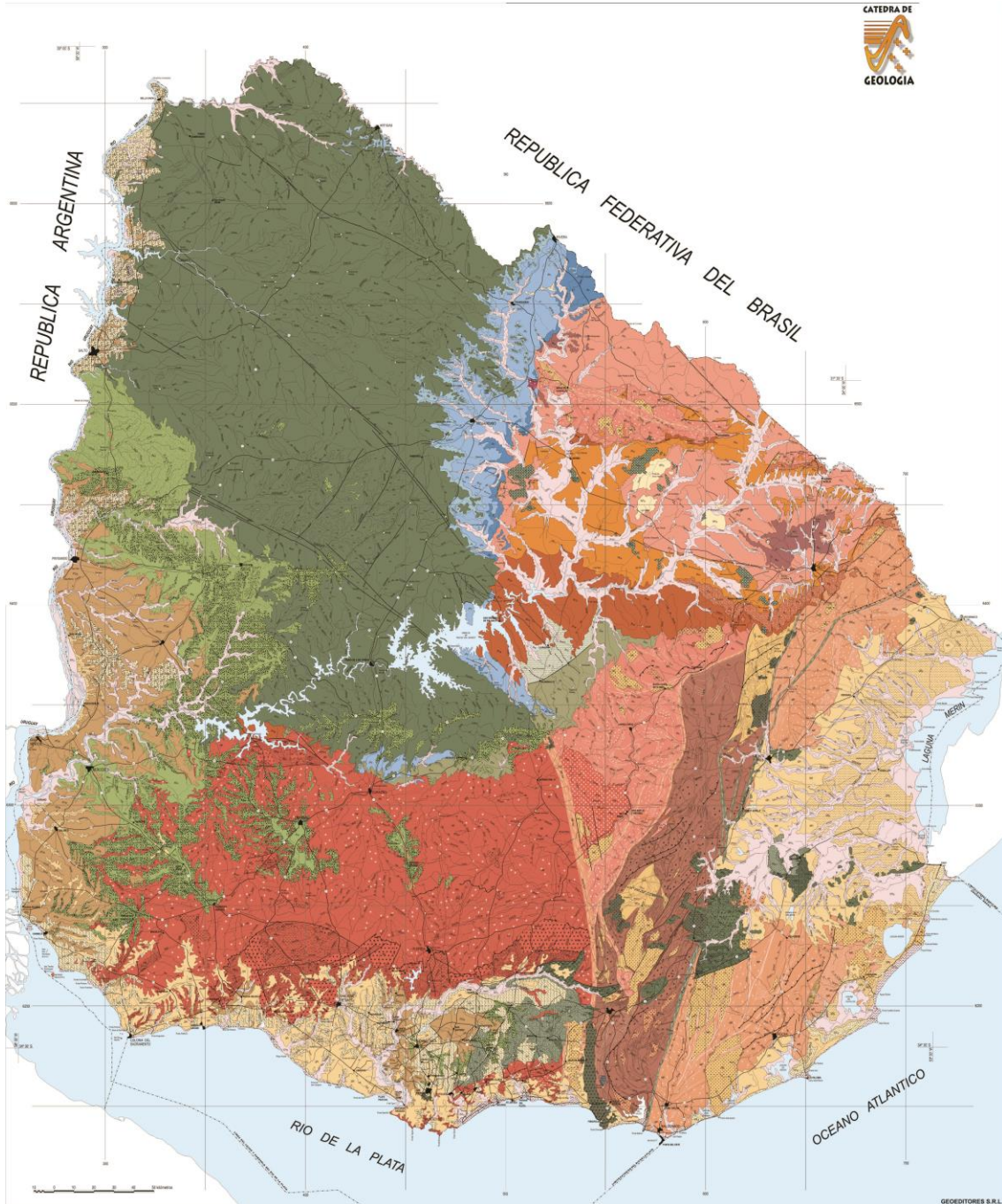
El terreno Nico Pérez definido por Bossi y Campal (1992) está delimitado al Oeste por el LSYP y al Este por la Zona de Cizalla Sierra Ballena (ZCSB), en él se encuentran diferentes tipos de rocas siendo las más características BIF, calizas - dolomías y complejos graníticos. Las edades de las rocas en el Terreno Nico Pérez varían entre 3.4 – 3.1Ga, Complejo La China (siendo las más antiguas de nuestro territorio) hasta rocas Neoproterozoicas. El Terreno en su totalidad está afectado por el evento Grenvilliano de 1.25 Ga y posteriormente por la orogenia Brasiliana – Panafricana que da origen a la ZCSB.



Fig .23 Distribución de los Terrenos Tectonoestratigráficos en Uruguay (Bossi y Gaucher, 2014). TPA: Terreno Piedra Alta, TT: Terreno Tandilia, TNP: Terreno Nico Pérez, TCD: Terreno Cuchilla Dionisio, MSY: Megatranscurrencia Sarandí del Yí, ZCSB: Zona de Cizalla Sierra Ballena y ZCC-P: Zona de Cizalla Colonia-Pavón, Bossi y Gaucher (2014) Libro de Geología del Uruguay, Cap. 1.

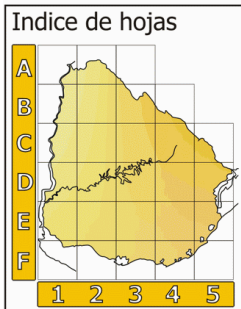


Fig.23 B Mapa con la geología de los terrenos principales.



CARTA GEOLOGICA DEL URUGUAY a escala 1/500.000

Versión 2.0 - 2001

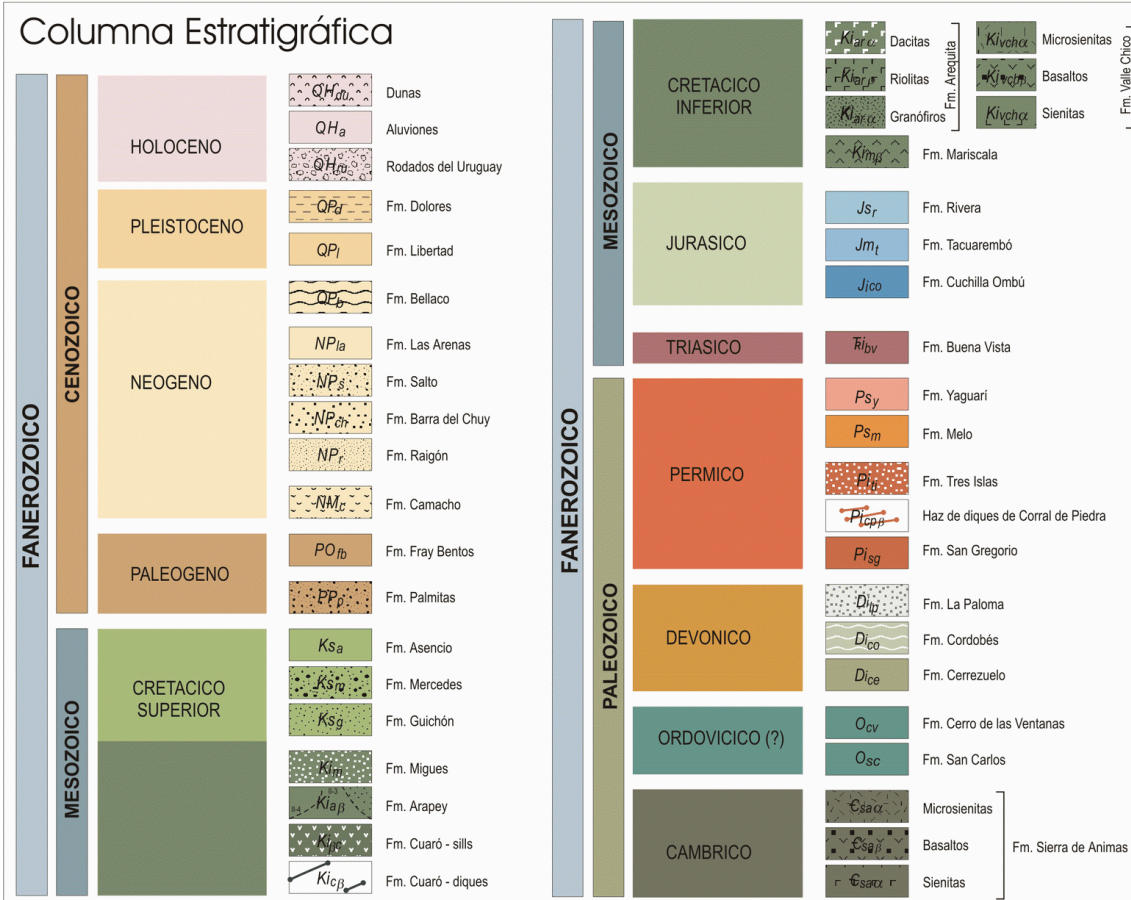


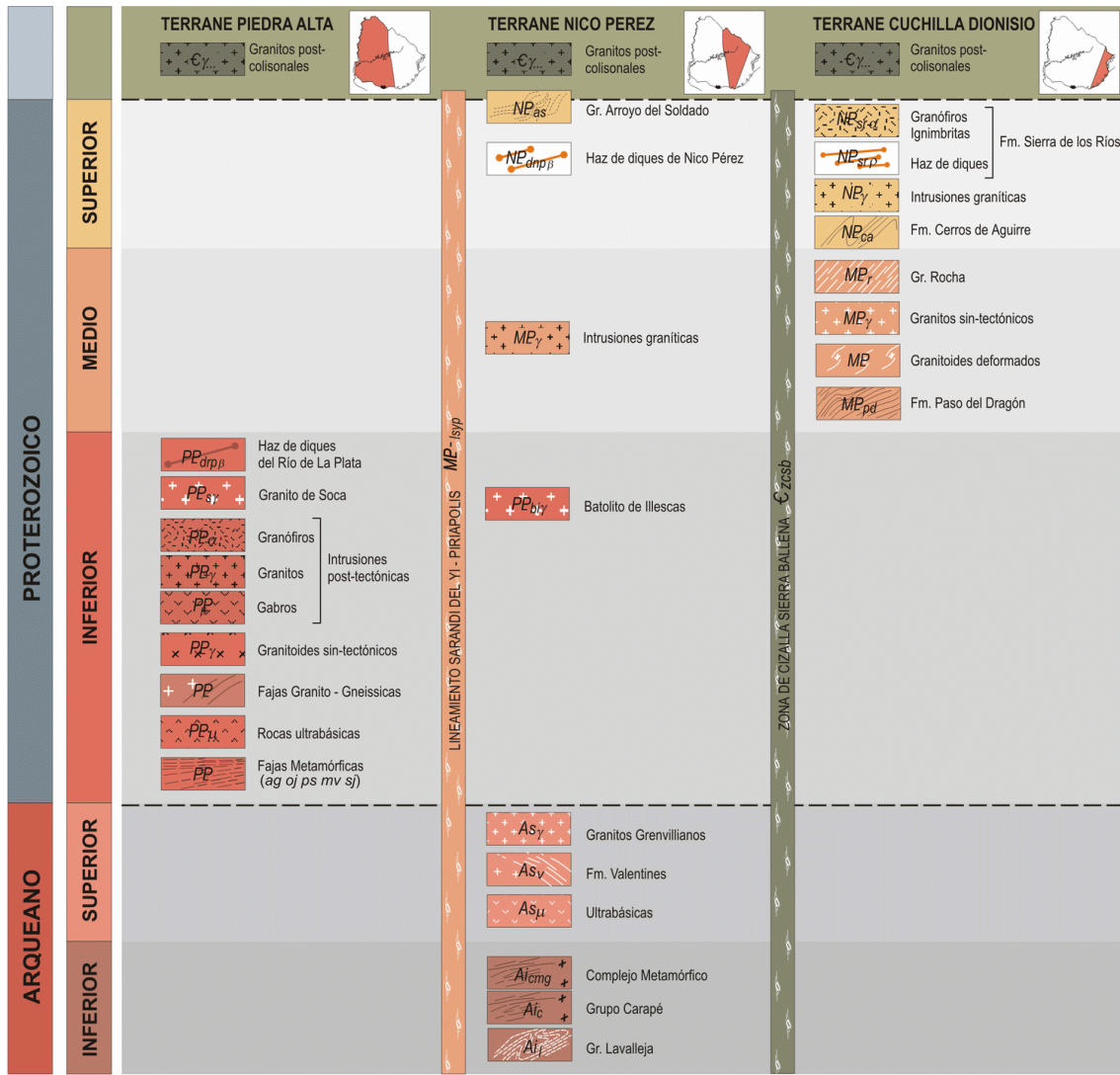
AUTORES:
BOSSI, Jorge
FERRANDO, Lorenzo



Facultad de Agronomía
Geoditores S.R.L.

Columna Estratigráfica





SIMBOLOS CONVENCIONALES

GEOGRAFICOS	
	Límite Internacional
	Rutas Nacionales
	Rutas Secundarias
	Caminos
	Vía Férrea
	La Coronilla
	Poblado
	CASTILLOS
	Ciudad
	ROCHA
	Capital Departamental
	Lago o lagunas
	Curso de agua

GEOLOGICOS	
	Límite Formacional
	Límite Intraformacional
	Fallas
	Cabalgamientos

La información técnica del Territorio Nacional ha sido visada y aprobada por el Servicio Geográfico Militar (resolución 05/98).

Elipsoide _____ Hayford 1924
Cuadrícula _____ plana cada 50 km
Proyección _____ Gauss (meridiano de contacto 62G)
Datum horizontal _____ I - Yacaré

Digitalización: Alejandro Schipilov & Néstor Campal

Fig. 24 Mapa y referencias de la Carta geológica del Uruguay Bossi & Ferrando (2001)

Geología del área de Estudio

La geología del Departamento de Montevideo está conformada por rocas ígneas y metamórficas de edad Proterozoicas que pertenecen al Cratón del Río de la Plata, definido por Almeida (1976 *in* Bossi *et al* 1998).

Las formaciones Geológicas presentes en el área de estudio son:

- Actual (Holoceno)
- Formación Dolores
- Formación Libertad
- Formación Fray Bentos
- Formación Montevideo
- Ortogneises y granitos transamazónicos indiferenciados

Depósitos Holocénicos

Ocurren sedimentos depositados en el Holoceno caracterizado por ser “sedimentos de alta variabilidad textural, limos arcillosos, arenosos a veces conglomerádicos de depósitos aluviales y coluviales, depósitos de turbas, arenas y dunas. La potencia relativa máxima es de 10m y en general la proveniencia es mixta a predominancia continental. (Spoturno et al., 2004).

Pertencientes a la época Pleistoceno 1107ka a 2,58Ma nos encontramos con la Formación Dolores y Libertad presentes en el área de estudio, (Bossi, 2016).

Formación Dolores se encuentra temporalmente en el límite Pleistoceno – Holoceno, es definida por Anton y Goso (1974 *in* Bossi *et al* 1998). Litológicamente bastante homogénea con una oscilación entre lodolitas a areniscas muy finas arcillosas, de colores generalmente pardos. La potencia máxima es de 8m y su génesis refiere a procesos eólicos y coluviales de sedimentos continentales cuyo retrabajamiento las ha redepositado en una cota más baja.

El área donde se ha podido visualizar mayor retrabajamiento de esta formación está

asociada al límite sur de la cuenca del Arroyo de las Canteras que concuerda con la calle Camino Carrasco. Esta divisoria de aguas genera la movilización del material sedimentario cuesta abajo y hacia el centro de la cuenca.

Mientras que, la **Formación Libertad** definida por Goso (1965), perteneciente al Pleistoceno medio, refiere litológicamente a lodolitas, loess y fangolitas también con carbonatos de calcio en concreciones como la Formación Dolores. Su potencia máxima es de 30m, pero no se encuentra en el área de estudio. La génesis de esta formación está dada por depósitos continentales de ambiente periglacial.

Esta formación se encuentra más extendida sobre el área de estudio, *ver Fig 27*, se encuentra recubriendo el basamento cristalino, la morfología del terreno es de pendientes suaves a suavemente onduladas, pero al encontrarse recubriendo basamento también puede encontrarse al área controlada por fuertes procesos de fracturamiento. La Formación presenta un acuñaamiento hacia los márgenes del Arroyo Carrasco donde se superponen sedimentos actuales y la Fm. Dolores.

El limo de la Formación Libertad era considerado como material madre de los suelos que figuraban en la cartografía como Formación Libertad. En el Departamento de Montevideo y Canelones los valores obtenidos por los autores anteriormente mencionado son > 50 % de fracción limo (20-63 micras) y < 2 % de arena con granos > 0,25 mm excepcionales. La mineralogía de las arcillas presenta illita netamente dominante. La arena está compuesta por 85 % de cuarzo, 12 % de feldespato, 3 % de densos. Los suelos desarrollados no son vertisoles sino brunosoles por falta de Mg^{++} y Fe^{++} en las arcillas de la fracción fina del perfil (Prandi, 1984), Bossi et al., 1997).

Sin embargo, hacia el norte del departamento de Canelones se ha diferenciado a la Fm. Libertad por presentar características genéticas, mineralógicas y texturales diferentes, brindando variaciones en los suelos que sobre ella se desarrollan.

Formación Fray Bentos

Definida inicialmente por Lambert, (1939) y posteriormente descripta por Bossi (1966). Pertenece al Cenozoico y época **Oligoceno** presenta una amplia distribución en el territorio uruguayo y se correlaciona con el mismo nombre en Corrientes y Entre Ríos, de Argentina. En nuestro territorio se distribuye desde Bella Unión hasta Colonia y hacia el Sur y Este. Los depósitos del material ocupan tanto parte de la Cuenca del Santa Lucía como la Cuenca Laguna Merín, según Martín Ubilla (2004).

Las potencias máximas de la formación se han registrado en perforaciones sobre la Cuenca del Santa Lucía (Rincón de la Bolsa) y Laguna Merín (Puerto Gómez) con 90 y 91m, respectivamente.

Litológicamente está conformada por areniscas finas, limolitas loessicas, gangolitas y niveles conglomerádicos y diamictíticos.

Esta unidad se caracteriza por la presencia de diferentes facies, entre ellas: Los depósitos fluviales (facies de canal, barras longitudinales y transversales) y facies de planicie de inundación. También facies de generación de paleosuelos por calcretización-silicificación, así como depósitos gravitacionales y depósitos eólicos.⁵

En nuestra área se encuentra ubicada al norte de la cuenca del Arroyo de las Canteras, asociada a la zona de humedal.

Formación Montevideo

Unidad geológica definida por Bossi (1965), la edad de la formación fue datada por Umpierre – Halpern (1971), mediante el método Rb - Sr, (Montaño, 1999). Esta formación incluye litologías de secuencia volcánico – sedimentaria que ha sufrido metamorfismo de grado medio y está recortada por un conjunto de plutones con relaciones geométricas y temporales respecto a los metamorfitos, (Spoturno et al., 2004).

El Cinturón Pando Incluye una Formación compuesta por litologías volcánico – sedimentaria con el mismo nombre, metamorfizada en grado medio y una serie de plutones con relaciones geométricas y temporales respecto de los metamorfitos (Bossi et al 1998).

Se trata de una faja de aproximadamente 30 km de ancho que con un rumbo general E-NE va desde Punta Espinillo en el occidente del Departamento de Montevideo hasta la localidad de Solís de Mataojo en el departamento de Lavalleja. Se hallan intruídas en el centro - oeste de esta área por rocas ígneas ácidas más modernas.

El límite norte de este Cinturón de desarrollo regional ENE está determinado por una asociación de milonitas, granitos y pegmatitas con llamativa abundancia de muscovita y granate, definida como Formación Mosquitos, Campal et al (1988 in Bossi et al 1998). Los afloramientos son abundantes a lo largo de la costa del Río de la Plata y en los lechos de cañadas y arroyos, hacia el interior del continente quedan cubiertos por depósitos sedimentarios, mantos de alteración o procesos de edafización. (Umpierre & Halpern, 1971, Spoturno et al., 2004) Donde es posible observar algunas de sus litologías más típicas como ser: gneisses, anfíbolitas, micaesquistos y cuarcitas.

En la cuenca de la Cañada las Canteras, se encuentra afloramiento de leucogranodiorita, que es una roca granítica de grano fino medio conformado por cúmulos de cuarzo, asociada con oligoclasa, biotita y microclina intersticial aflorando hacia el sur de la cuenca. (Montaño, 1999), ver fig. 25.

Antecedentes hidrogeológicos

Según la carta hidrogeológica de escala 1:1.000.000 Heizein et al (2009) el área de estudio es parte de los acuíferos caracterizado cuya conformación es de sedimentos consolidados y no consolidados, con porosidad intersticial y alta o media porosidad para el agua subterránea. Además de presentar una productividad alta (mayor a 4 m³/h/m) según la Carta hidrogeológica de Uruguay, (2003).

Asimismo, la zona del acuífero fracturado presenta una gran variabilidad respecto a sus caudales, producto de la profundidad de las fracturas y su interconectividad.

Parte de la zona de estudio se encuentra también clasificada hidrogeológicamente como, acuíferos en rocas con porosidad por fracturas: Unidad Hidrogeológica Paleo proterozoica, dominada por gneises, granitos, micaesquistos y anfibolitas. Siendo los caudales específicos de productividad, según la misma carta hidrogeológica, en un entorno de 2.0 a 0.5 m³/h/m, y con un residuo seco promedio de 500 mg/l.

Por encontrarse sobre basamento cristalino con escasa alteración el potencial hidrogeológico es aleatorio Montaña (1999) con sectores cuyo fracturamiento pueden ser portadoras muy altas ej. en zonas de fracturamiento conjugado.

La capacidad de almacenamiento hídrico de un acuífero fracturado depende de: a) El tipo y tamaño de la fractura, 2) La interconexión de fracturas, 3) del tipo de roca donde se produce la fracturación y 4) de la porosidad de la fractura.

En este trabajo se analiza el tipo de fractura por medio de la fotointerpretación, su longitud, el material al que está fracturando y sus interconexiones.

Las formaciones sedimentarias sobrepuestas tienen características hidrogeológicas variables también, asociado a su nivel de consolidación, tipo de litología y cemento. La formación Fray Bentos y Libertad por dichas características y un material limo – arcilloso se comportan como acuitardos, Montaña (1999), además sus espesores poco extensos para la posibilidad de captación de agua sobre ellos, Montaña (1999), ver fig 26.

Formación Libertad

Esta formación presenta posibilidades de reservorio de agua bajas debido a su reducida permeabilidad, que puede profundizarse con paquetes de carbonato de calcio mayores a 50 cm. La velocidad de infiltración y transmisibilidad es muy lenta como para considerar un acuífero, menor a 6mm/h, llegando a generar inconvenientes frente a obras de saneamiento o construcción, Montaña (2004).

Formación Fray Bentos

Según la Memoria de la carta geológica 1:50000, debido a las distintas litologías descritas para la formación (areniscas, loess, lutitas y brechas), la misma presenta en general de mediana a muy leve tenacidad, brindando un buen comportamiento respecto a las posibilidades de circulación del agua subterránea. Asimismo, esto se relaciona con propiedades como baja porosidad del orden del 10% debido a la presencia de granulometrías finas (arcillas, limos) en gran proporción (más del 50%). Para la infiltración se obtiene una variación entre los materiales brecha, lutita y loess en relación con las areniscas, siendo en los primeros menores a 6mm/h y en las segundas entre 6mm/h y 10mm/h.



Fig.26 Mapa hidrogeológico escala 1:1.000.000.
Mapa hidrogeológico realizado por W. Heinzen, R. Carrión, E. Massa, S. Pena y M. Stafff, (2003).

RESULTADOS

Geología del área de estudio

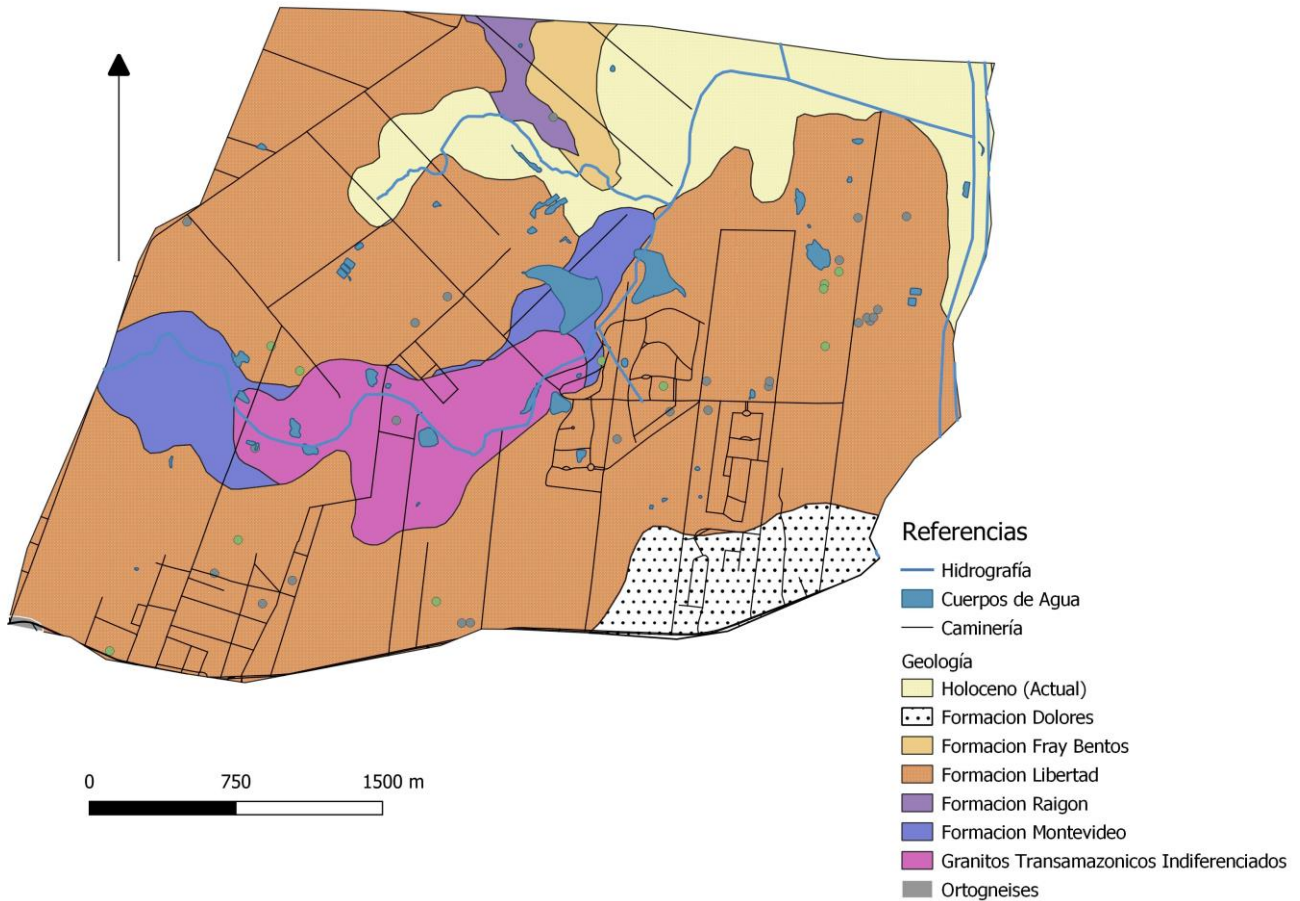


Fig.27 Carta Geológica de la Cuenca del Arroyo de las Canteras a partir del área inicial seleccionada. (Producción propia)

I) Análisis de fracturamiento

Se reconoció que el Arroyo de Las Canteras se desarrolla en continuidad a planos de fracturamiento, con una dirección principal de N40E para el brazo del curso hídrico que desembocan en el Arroyo Carrasco y una dirección más cercana a E-W para la estructura aguas arriba Fig. 28^a y fig. 28 b.

Se obtuvo del análisis un total del área 291 fracturas con un rango de longitud mínimo de 36 a un máximo de 1254m, siendo en promedio de un largo de 225.2 m.

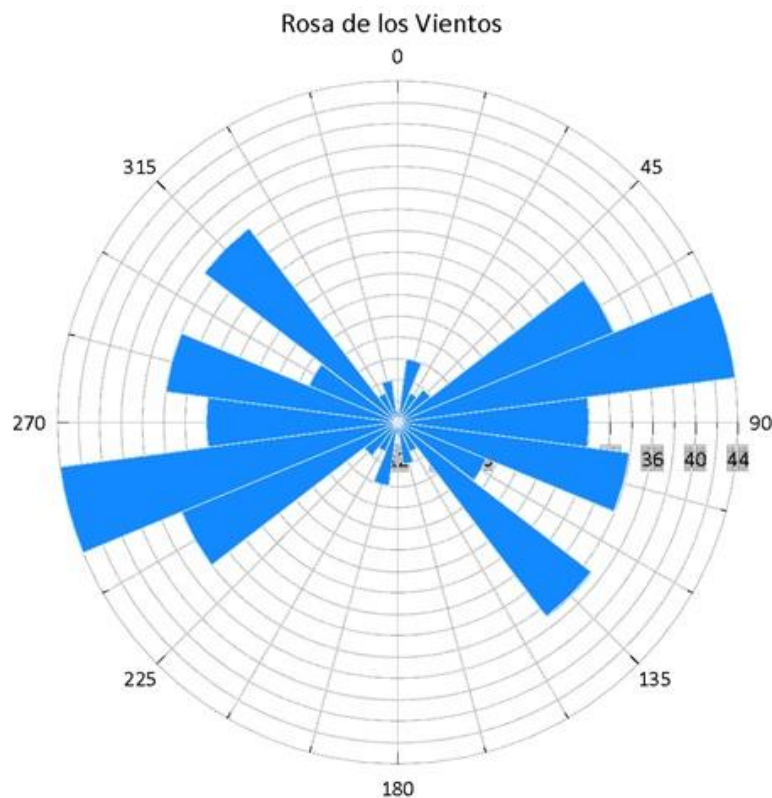


Fig. 28a. Direcciones del fracturamiento relevado acumulados en intervalo cada 15°.

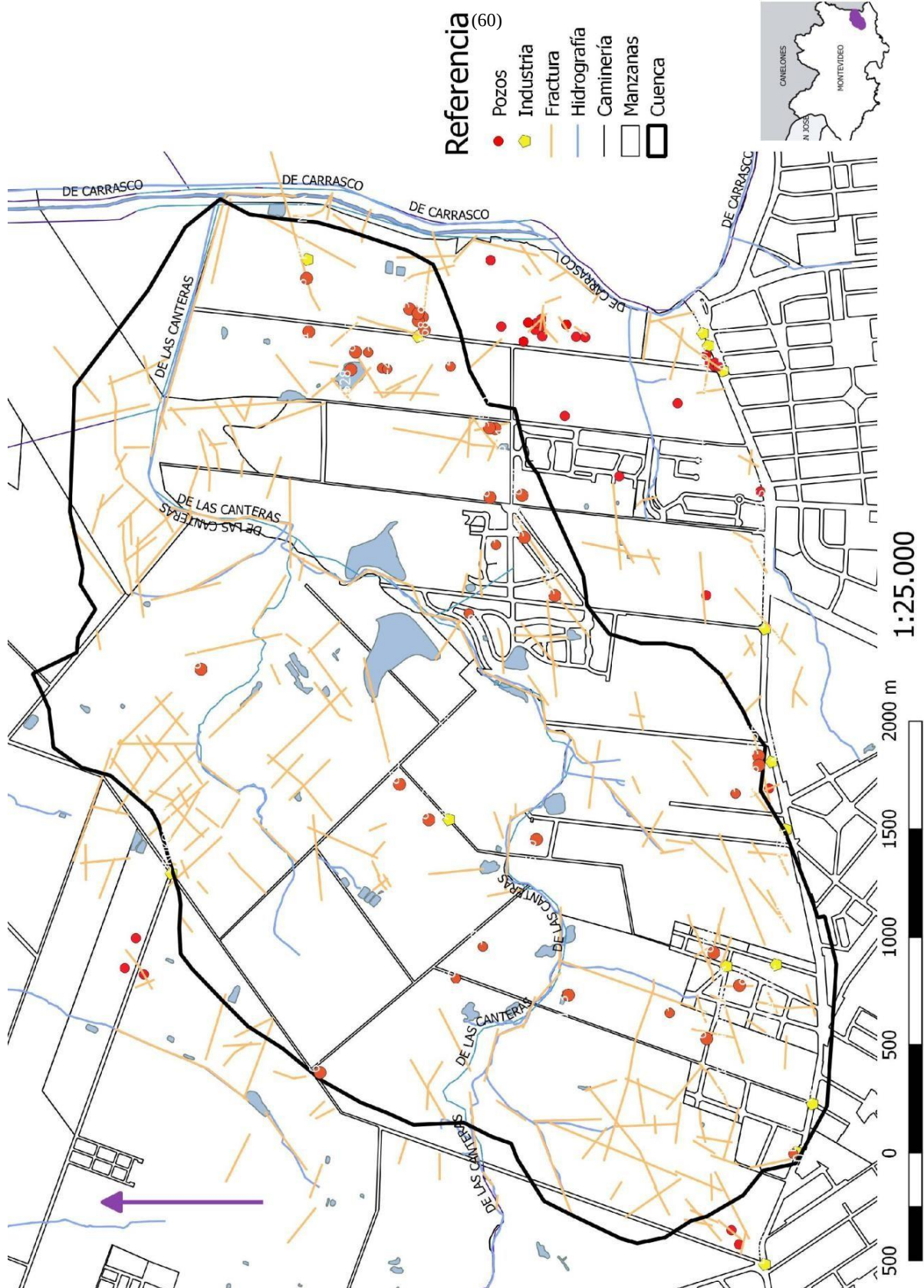


Fig.28b Mapa de fracturamiento la Cuenca del Arroyo de las Canteras, (área delimitada en negro). Se expresan los fracturamiento por fotolectura a escala 1:8.000 (fotointerpretadas de las fotos pancromático 66 y 67', brindadas por SGM)

II) Balance hídrico

La temperatura media y la mediana para el intervalo de estudio comprendido entre 1967 – 2017 es de 16.6 °C, con un rango de mínimo 15.9 y máximo 17.6 °C.

En el 2017 en particular es el valor asociado al rango máximo de temperatura del intervalo de tiempo estudiando.

La pluviometría media mensual (anual/12) para el período estudiado 1967 -2017 es de 96 mm/mes, mientras que la mediana se encuentra en los 98.4 mm/mes El rango va desde 51.4 mm a 137.3 mm.

El año de estudio 2017 el valor promedio mensual fue de 105.9 mm por tanto se puede considerar como un año con relativa mayor cantidad de precipitación para el área de estudio.

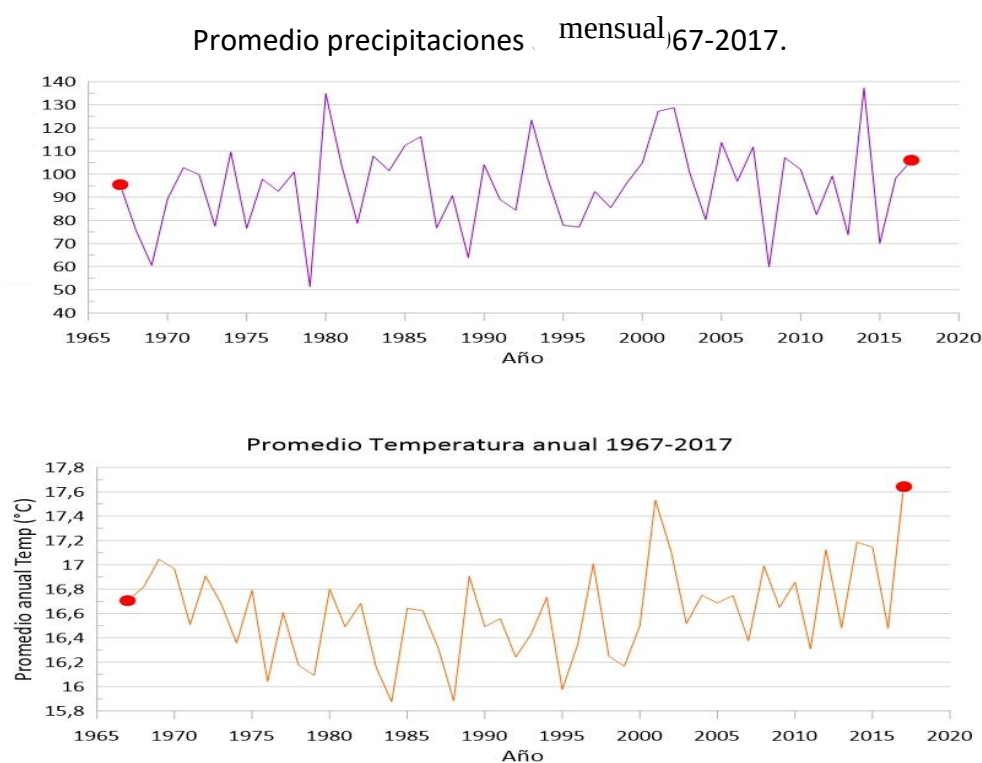


Fig. 29 Gráficos de Precipitación y Temperaturas promedio de 1967 -2017.

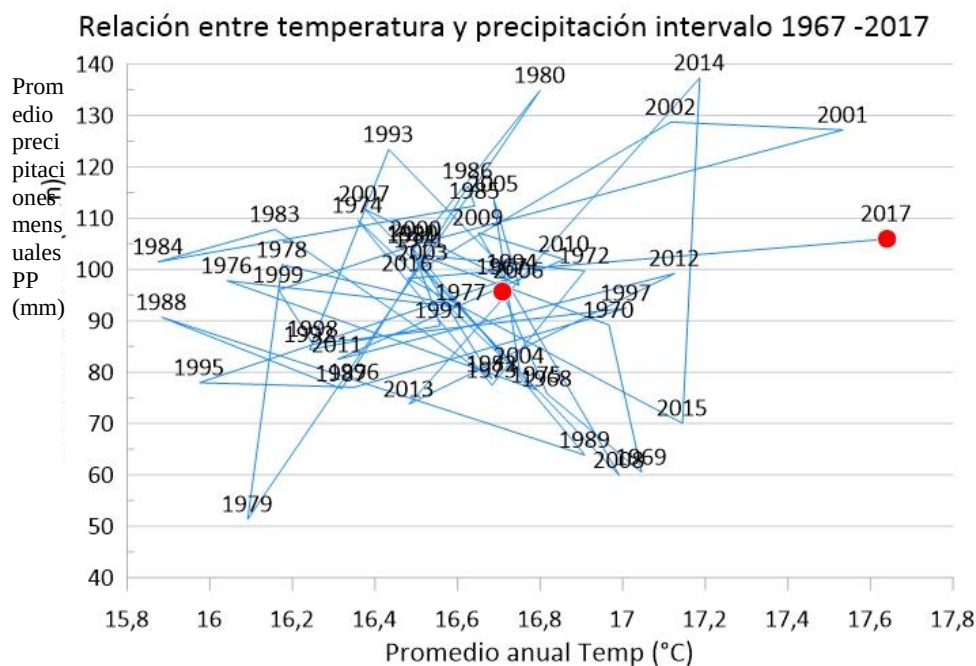


Fig. 30 Relación entre temperaturas y precipitación en el intervalo 1967 - 2017

De la relación entre las precipitaciones y las temperaturas se observa una relación estrecha y directa entre los picos de la temperatura anual y los picos de mayor precipitación Fig..30.

Para el estudio del balance hídrico en nuestra área se consideró la Formación Libertad y recientes que son las dos con mayor distribución evaluando al sustrato, conforman suelos superficiales e irregularmente distribuidos.

Con un valor de reserva inicial para el procedimiento de 100. En el diagrama puede observarse que el balance hídrico comienza a realizarse el mes de mayo.

Se observa en junio un déficit hídrico “Dh” y de julio a octubre se genera un exceso “S” con cantidades de infiltración que finalizan en noviembre hasta abril, meses donde se inicia nuevamente un déficit hídrico.

La variación en la recarga del acuífero “ΔST” se observa nula o negativamente a excepción del mes de mayo, donde puede apreciarse una variación positiva, por tanto genera procesos infiltración hacia el acuífero. Ver gráfico y Anexo.

BALANCE HIDRICO (Thornthwaite y Matter)											
Estación Aeropuerto de Carrasco; Alt.: 10m; Lat.: -34,838°											
Mes	T	P	ETP	P - ETP	ppa	ST	ΣST	ETR	Dh	S	%S(P)
Enero	23,14	101,40	126,32	-24,92	- 104,13	18,00	-7,00	108,40	- 17,92	0,00	12,47
Febrero	23,86	47,60	125,74	-78,14	- 182,27	6,00	-12,00	59,60	- 66,14	0,00	13,28
Marzo	20,93	40,90	91,15	-50,25	- 232,52	3,00	-3,00	43,90	- 47,25	0,00	7,73
Abril	18,17	54,30	64,36	-10,06	- 242,58	3,00	0,00	54,30	- 10,06	0,00	2,91
Mayo	15,13	137,50	41,69	95,81	0,00	75,00	72,00	41,69	0,00	23,8 1	9,23
Junio	13,03	12,20	30,28	-18,08	-18,08	58,00	-17,00	29,20	-1,08	0,00	52,02
Julio	12,91	146,70	30,49	116,21	0,00	75,00	17,00	30,49	0,00	99,2 1	35,98
Agosto	13,77	343,80	37,15	306,65	0,00	75,00	0,00	37,15	0,00	306, 65	52,27
Septiembre	14,99	160,20	47,69	112,51	0,00	75,00	0,00	47,69	0,00	112, 51	91,21
Octubre	16,39	117,40	61,17	56,23	0,00	75,00	0,00	61,17	0,00	56,2 3	86,18
Noviembre	17,70	31,90	75,52	-43,62	-43,62	40,00	-35,00	66,90	-8,62	0,00	100,00
Diciembre	21,65	77,20	112,79	-35,59	-79,21	25,00	-15,00	92,20	- 20,59	0,00	32,76
TOTAL	17,64	1271,10	844,35	426,75	--	--	--	672,69	- 171,6 6	598, 41	41,34

Fig. 31 Tabla del balance hídrico para el área en 2017 (año previo al estudio realizado en el área).

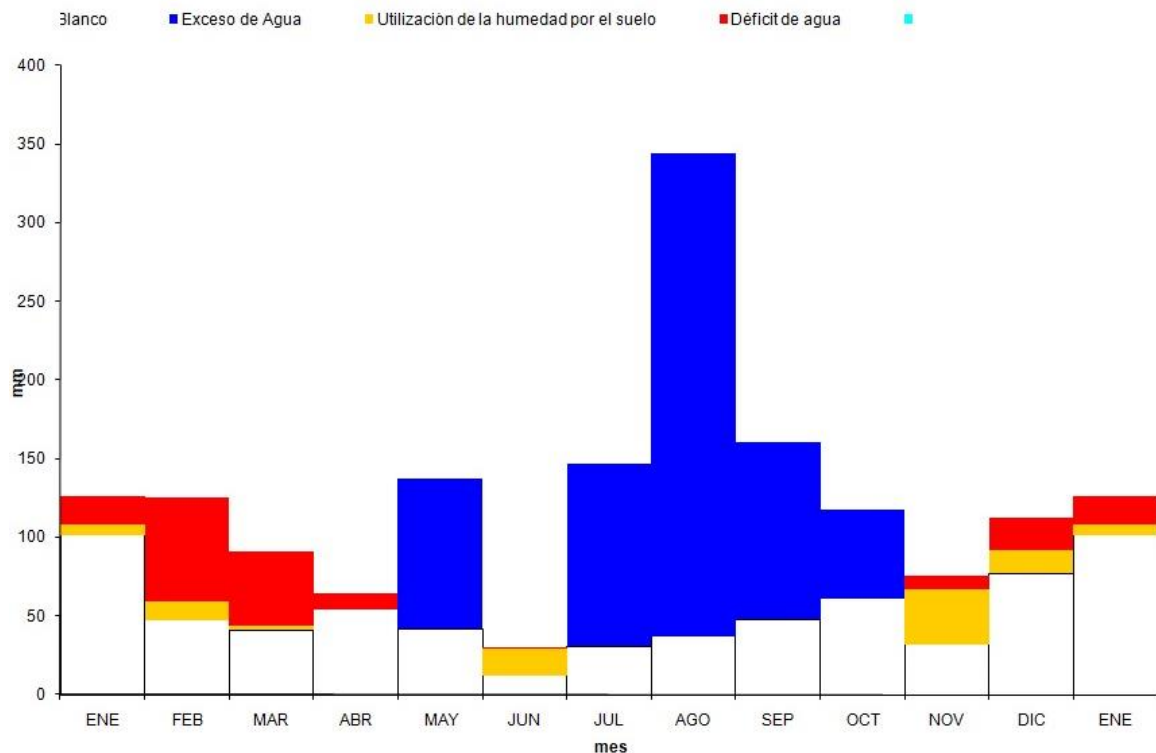


Fig. 32 Gráfico del Balance Hídrico sobre el área de trabajo, en 2017. (se tomó el año anterior al trabajo de l estudio)

Limitaciones sobre el Balance hídrico

Durante el proceso de generación del balance hídrico se puede realizar un sistema temporal para todos los años correspondientes al menos a la última década o hasta 4 décadas a partir de los datos obtenidos por INUMET, que en este trabajo no se realizan, pero puede ser algo a desarrollar para control de la carga hídrica por precipitación que sufre el sistema, así como en caso de realizar análisis de tritio (3H), reconocer el tiempo de residencia del agua en el sistema.

Por otra parte, en el proceso de cuantificación del balance hídrico no se tomó en cuenta el volumen de infiltración por agua de lluvia de acuerdo con el balance hídrico de suelos. Tampoco fue posible conocer el aporte de los ríos, lagunas y canales en los tramos en donde el comportamiento de estos cuerpos de agua sea influyente y el aporte por flujo subterráneo provenientes de las otras unidades geológicas que se encuentran aguas arriba del acuífero considerado.

III) PIEZOMETRÍA

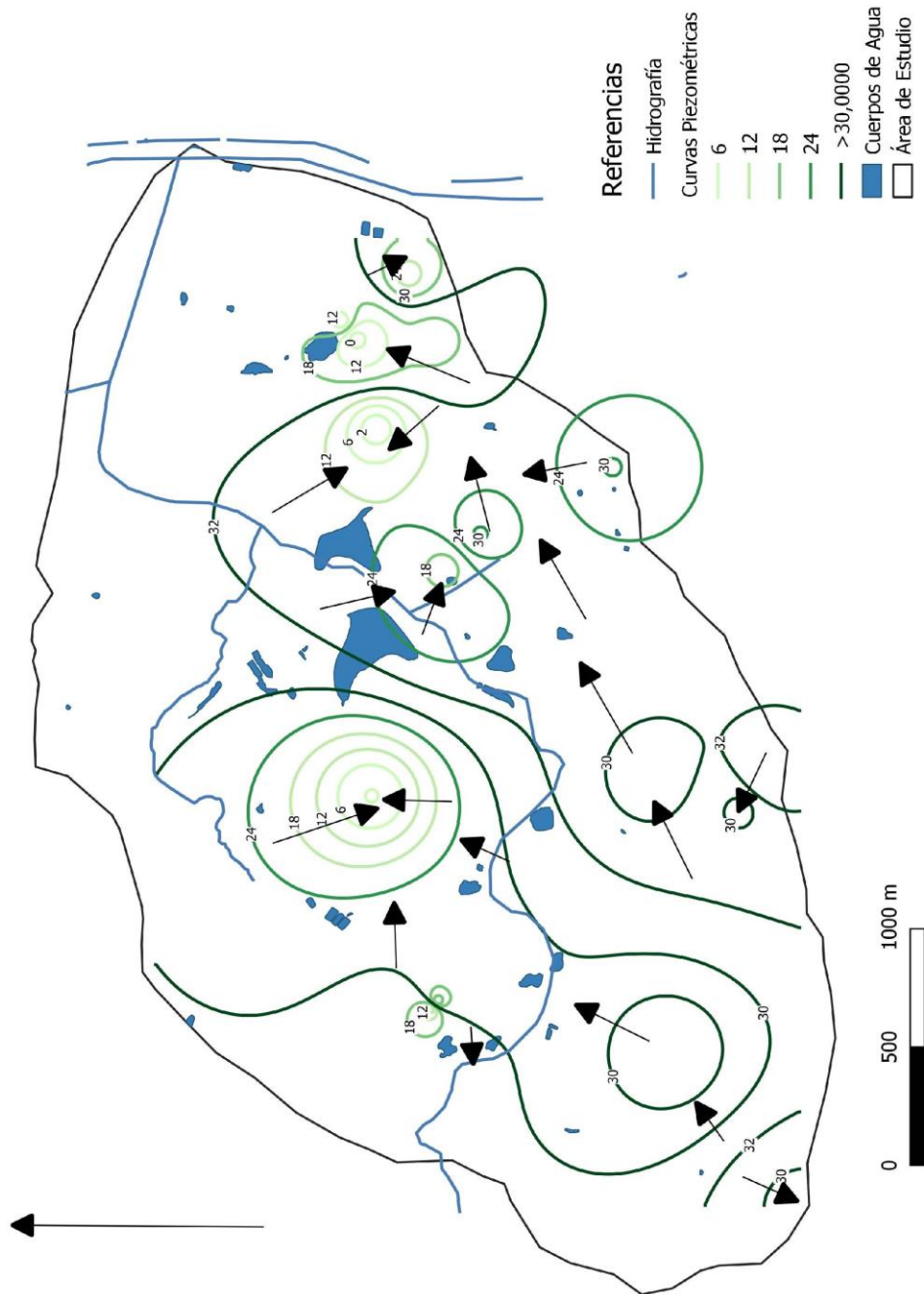


Fig. 33 Mapa de la piezometría del área. Se determinan las áreas o zonas de recarga, transporte y descarga del acuífero.

La extrapolación se realizó sobre el área sur de la cuenca, ya que dada la escasez de información de los pozos sobre el sistema fracturado no se pudo extrapolar isopiezas en la zona al norte de la cuenca del Arroyo de las Canteras.

Para los datos que se han podido medir y extrapolar la piezometría (área sur) se encontró: dos áreas de recarga que estarían relacionadas con la zona centroEste y al centroSur del acuífero y cercano al suroeste (Camino Carrasco y Av. Bolivia), ver figura 33.

Se recolectaron muestras hídricas lo más cercano a las zonas de recarga. Se muestreo la zona de recarga cercano a la zona centroSur se muestreo el pozo: Náutico, ver fig 33 y para la zona centroeste: el pozo Schmith SA.

En la zona central del área y hacia la desembocadura del Arroyo de las Cañadas se pude observar una tendencia de tránsito del agua subterránea que describe una velocidad de tránsito asociado a la pendiente y profundidad del acuífero.

Además, existen áreas de descarga, que representan el diagrama de flujo concéntrico hacia una zona del acuífero. En algún caso se identifica que el sistema subterráneo se encuentra aportando volúmenes hídricos al sistema fluvial superficial, dada la generación y preservación de lagunas sobre dichas áreas, ver fig 33

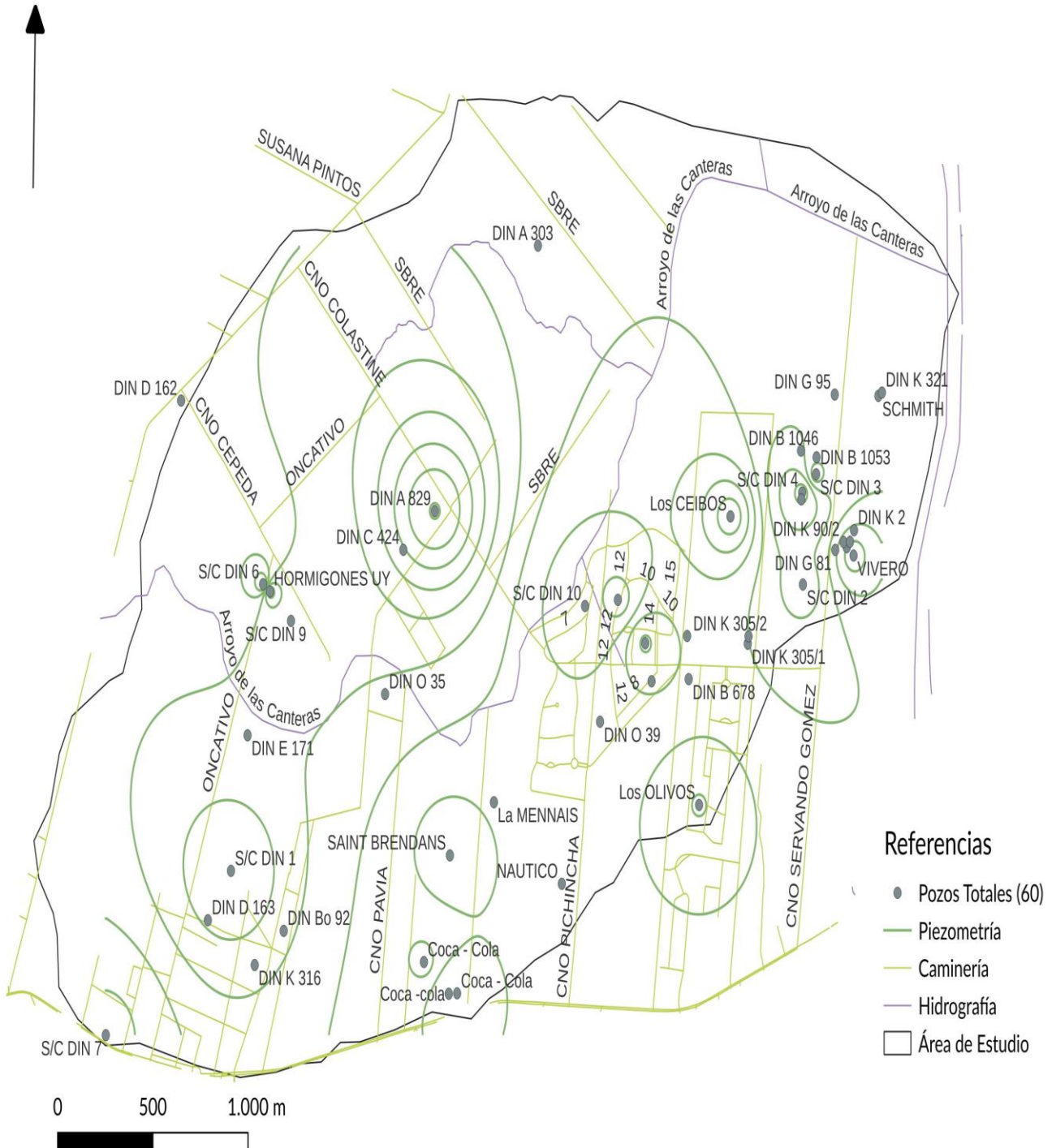
Los vectores de la dirección del flujo hidrogeológico se realizaron siguiendo la relación desde mayor potencial hidrogeológico a líneas de menos potencial.



Fig. 34 Pozo donde se pudo recabar nivel piezométrico, no presenta bomba (se había quemado), por tanto, se encontraba abierto. El mismo es un segundo pozo perteneciente al Complejo Deportivo Devoto, Club Náutico.

IV) HIDROGEOQUÍMICA

Fig. 35 Mapas de pozos relevados



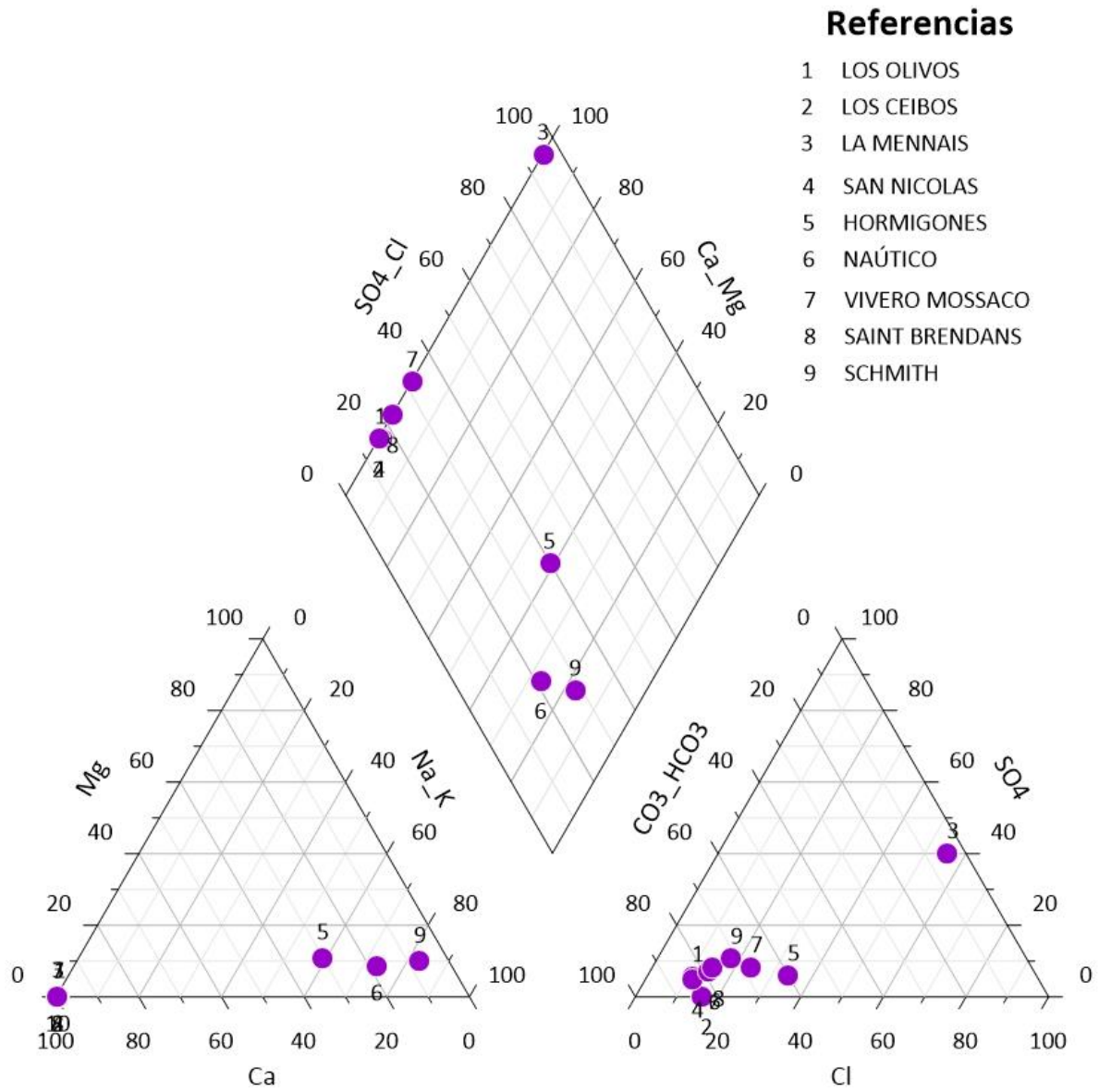


Fig. 36 Diagrama de todas las muestras en un único Piper.

Resultados del Diagrama de Piper y Stiff para cada muestra analizada

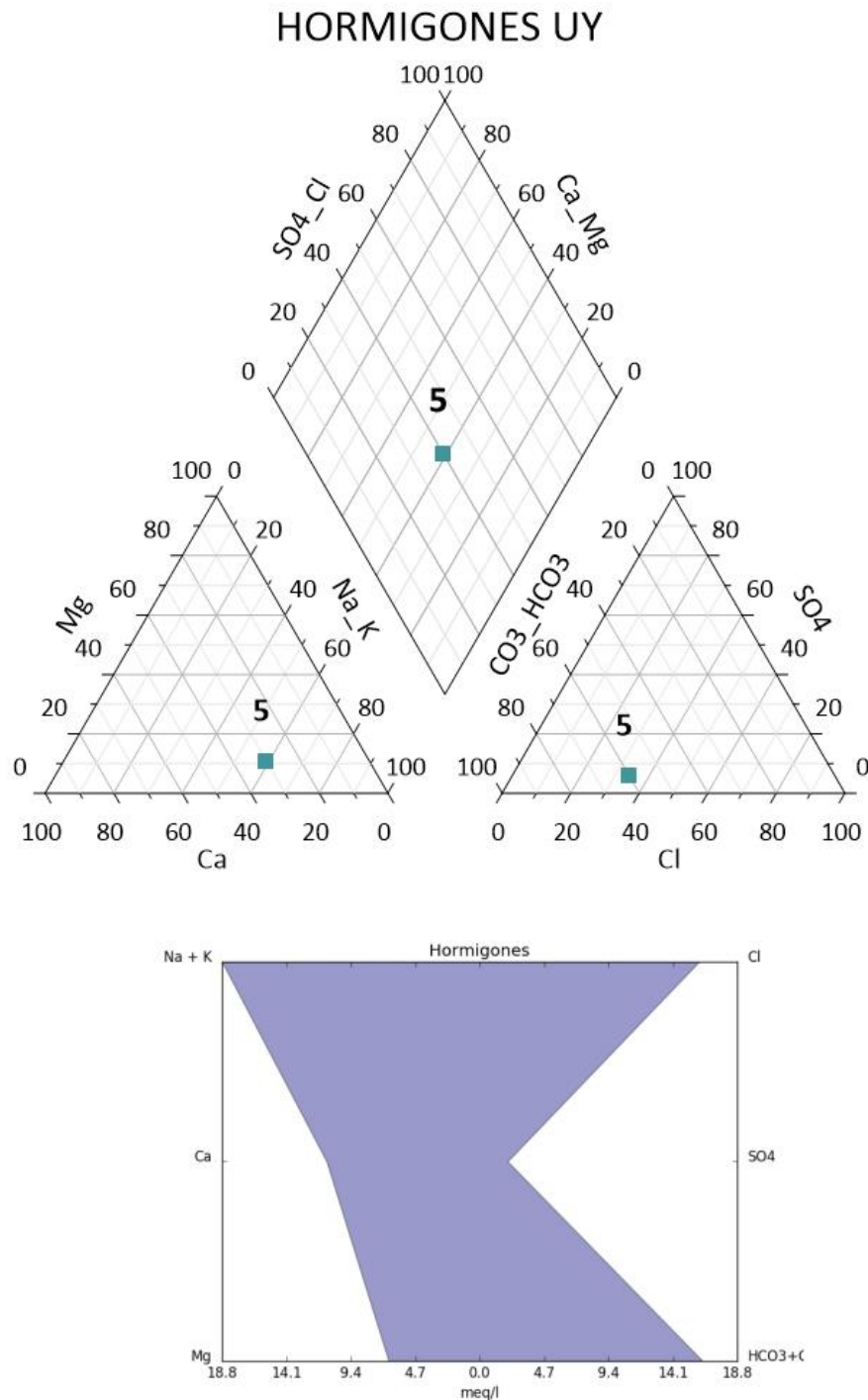


Fig. 37 El diagrama de Piper muestra para Hormigones Uy composición catiónica sódica, composición aniónica bicarbonatada y una composición química del agua subterránea de tipo bicarbonatada sódica.

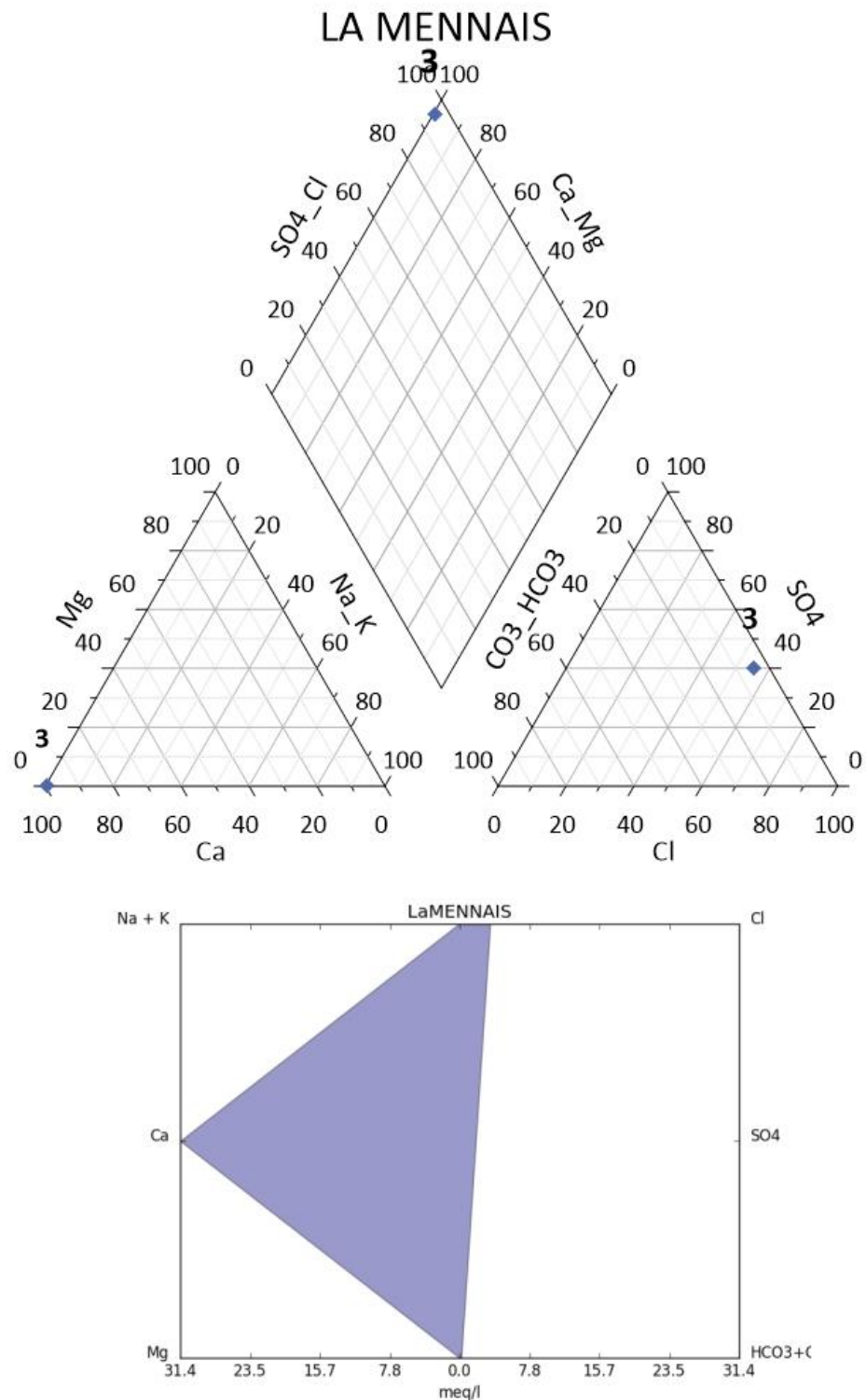


Fig. 38 Muestra del pozo La Mennais presenta una composición catiónica cálcica y aniónica clorurada. Según el diagrama de Piper se describe el agua de tipo Clorurada cálcica.

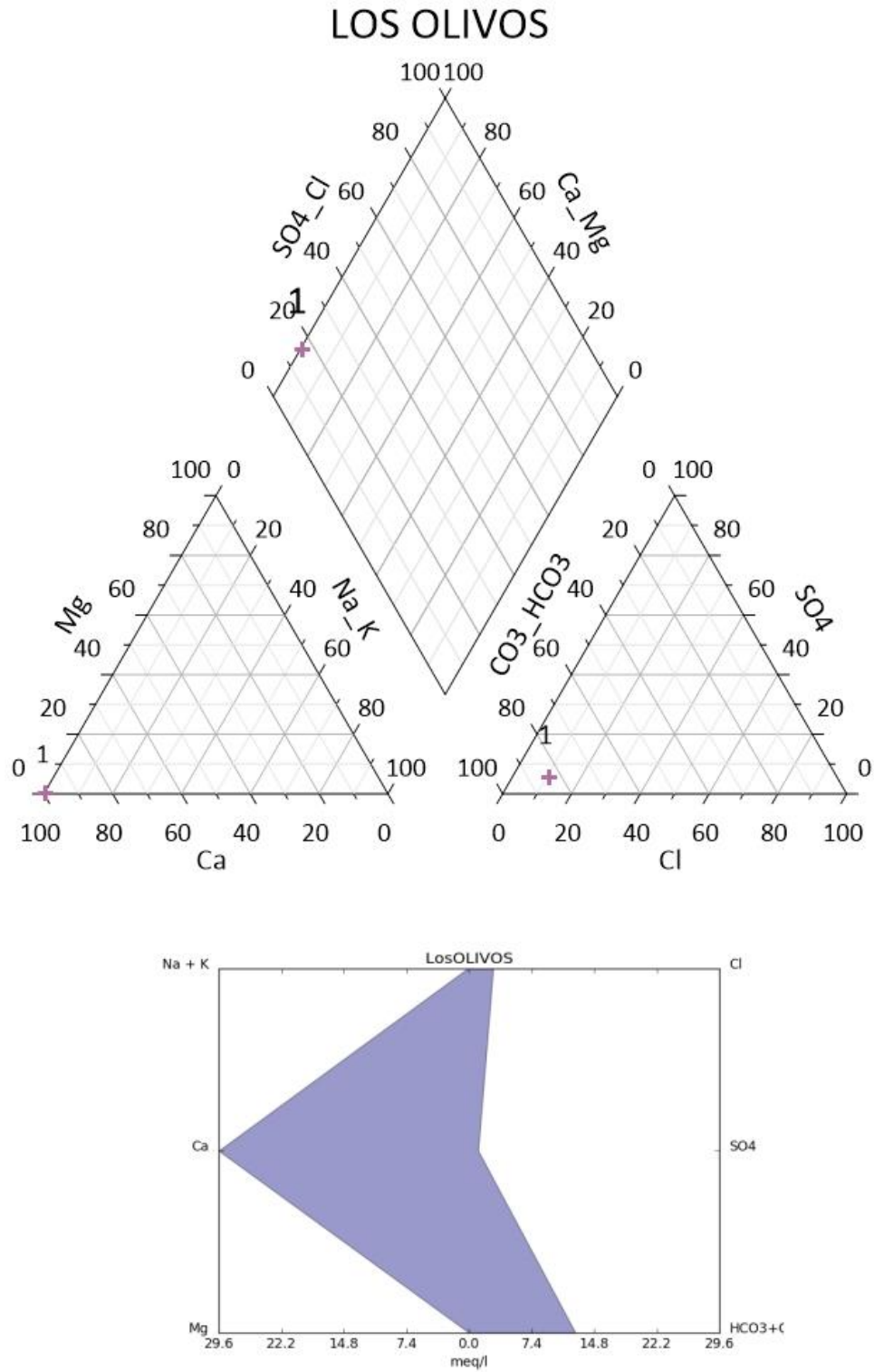


Fig. 39 Muestra en Los Olivos presenta una composición catiónica cálcica, aniónica carbonatada, describiéndose para Piper agua subterránea de tipo bicarbonatada cálcica.

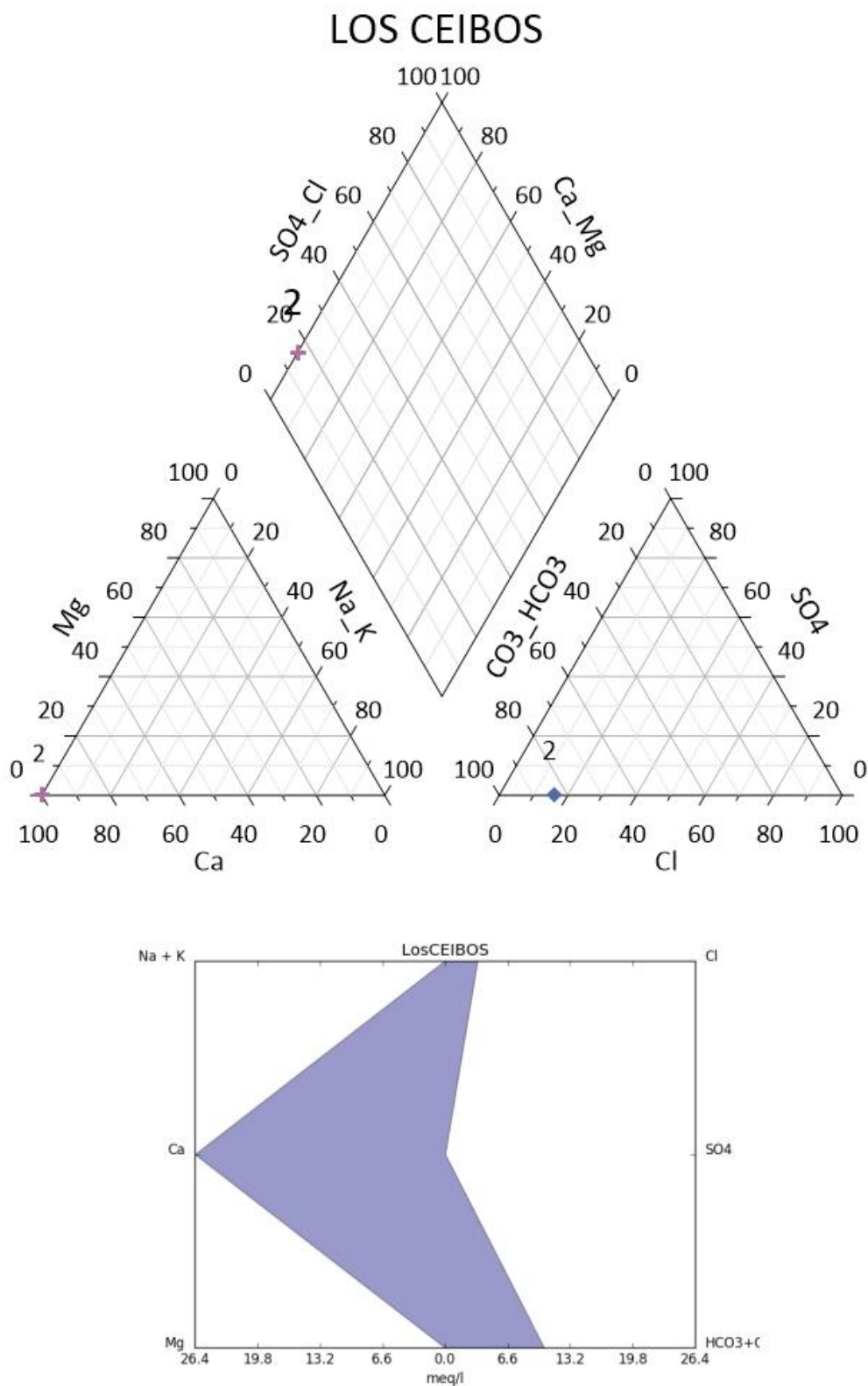


Fig. 40 La muestra analizada en Los Ceibos presenta una composición catiónica Cálctica y aniónica bicarbonatada, describiéndose para Piper de tipo Bicarbonatada cálcica.

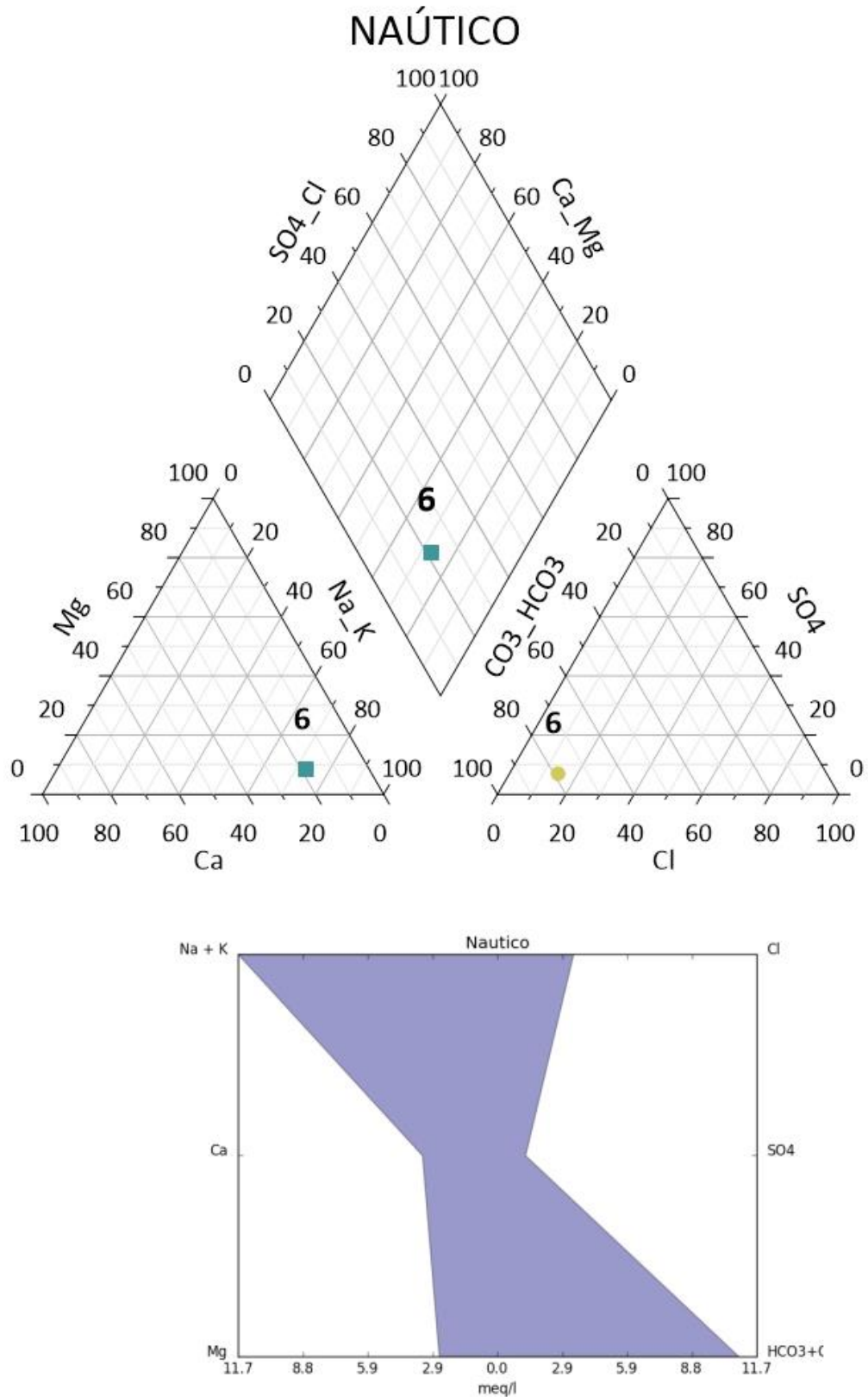


Fig. 41 La muestra extraída en el Náutico determina una componente catiónica Sódica y aniónica bicarbonatada. La muestra hídrica según Piper se describe como Bicarbonatada Sódica.

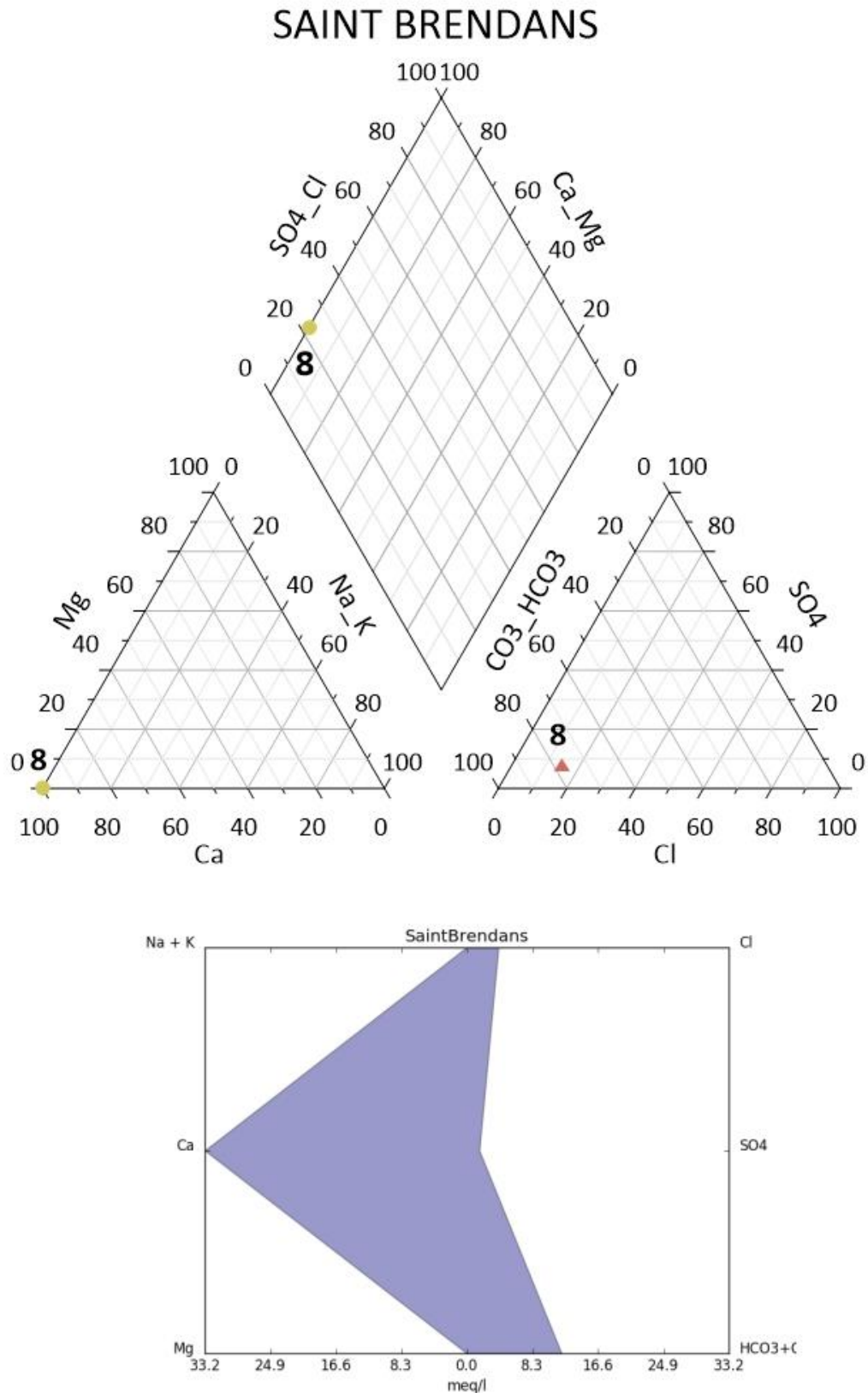


Fig. 42 La muestra extraída en el pozo Saint Brendans describe una composición catiónica Cálctica y aniónica bicarbonatada. Determinado un agua de tipo Bicarbonatada cálcica para Piper.

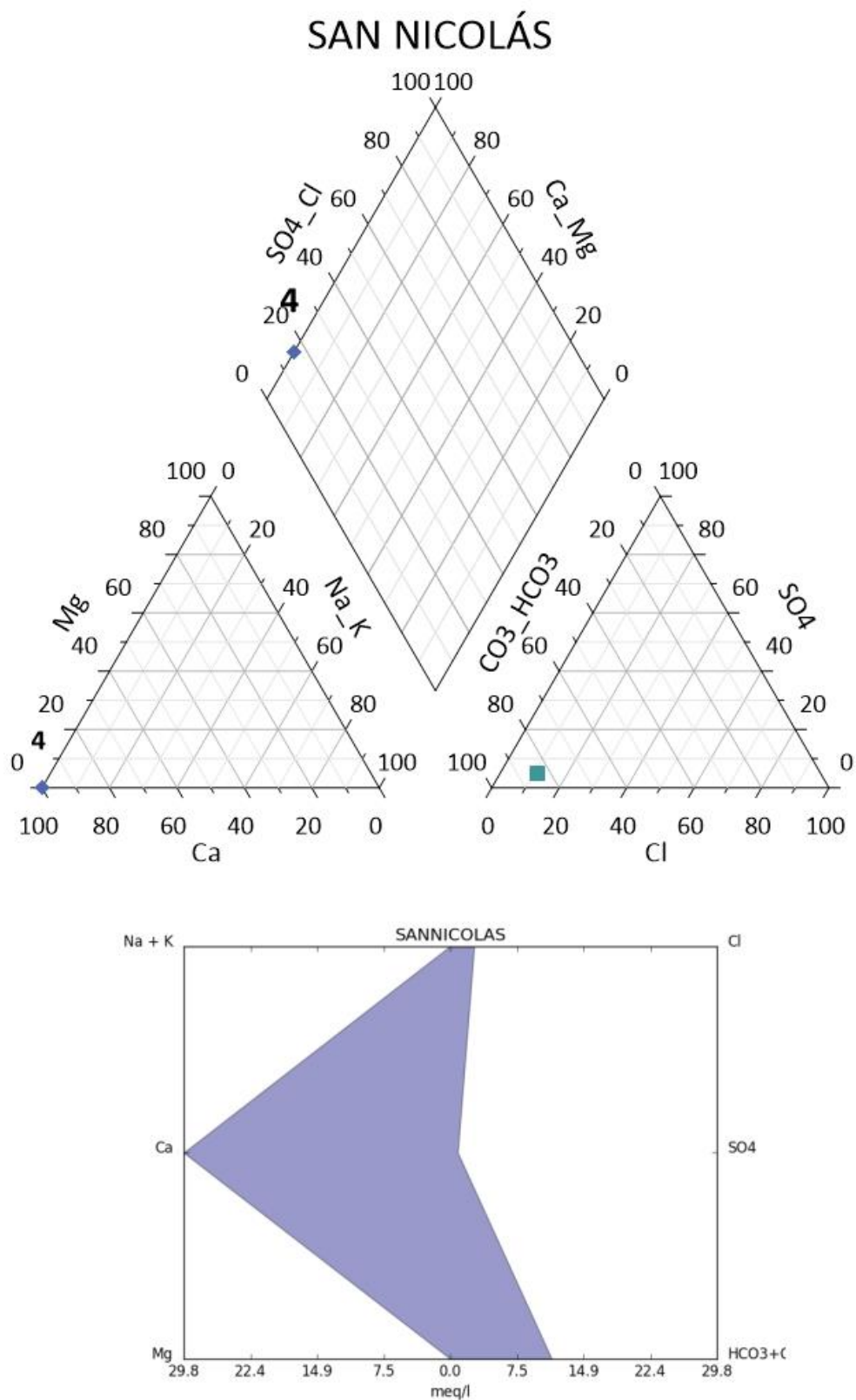


Fig. 43 La muestra extraída en el pozo de San Nicolás describe una composición catiónica cálcica y aniónica Bicarbonatada. Describiéndose para el diagrama de Piper de tipo bicarbonatada cálcica.

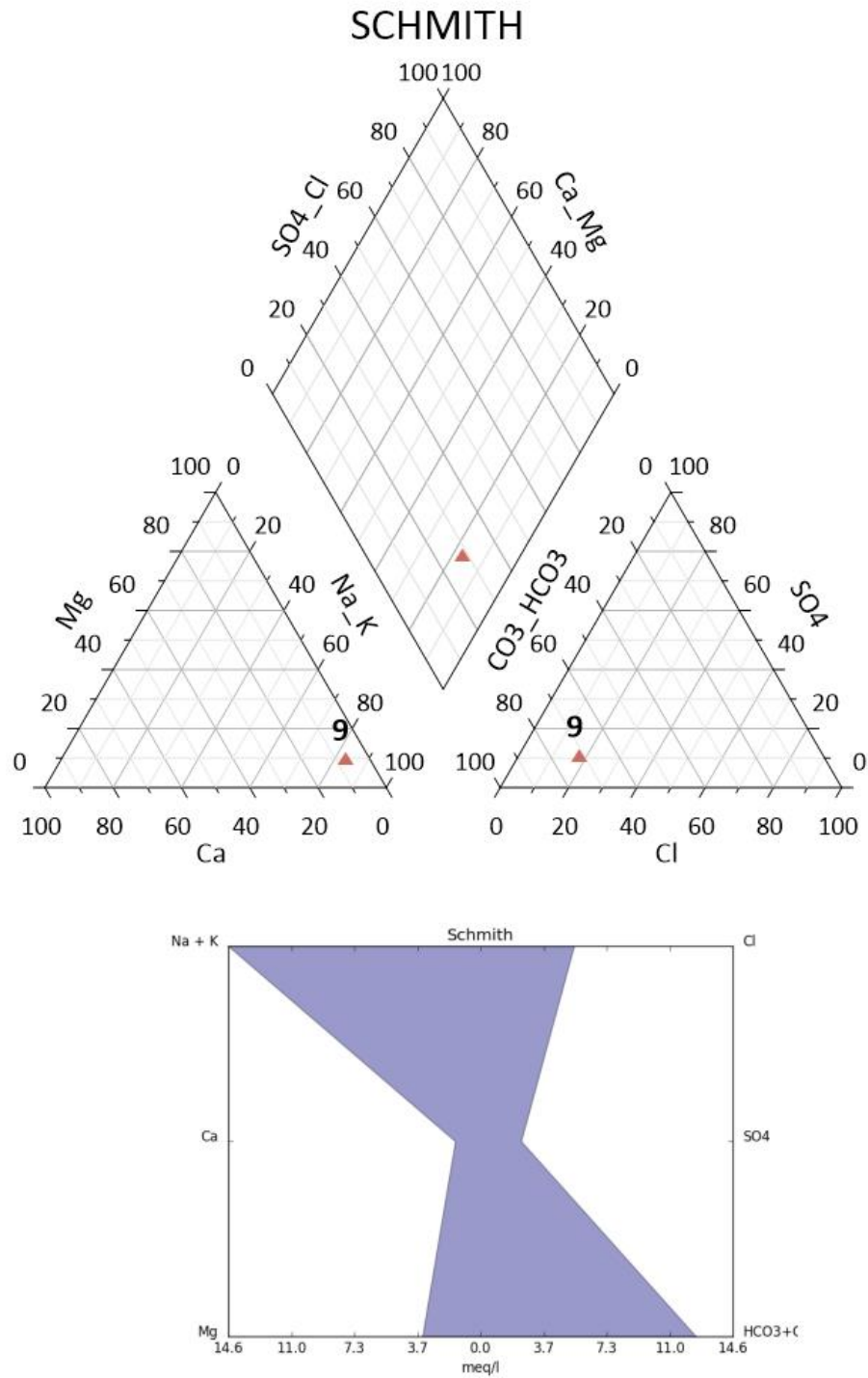


Fig. 44 La muestra extraída en el pozo Schmith SA se describe con composición catiónica sódica y aniónica bicarbonatada. Según el diagrama de Piper la muestra hídrica es bicarbonatada sódica.

VIVERO MOSSACCO

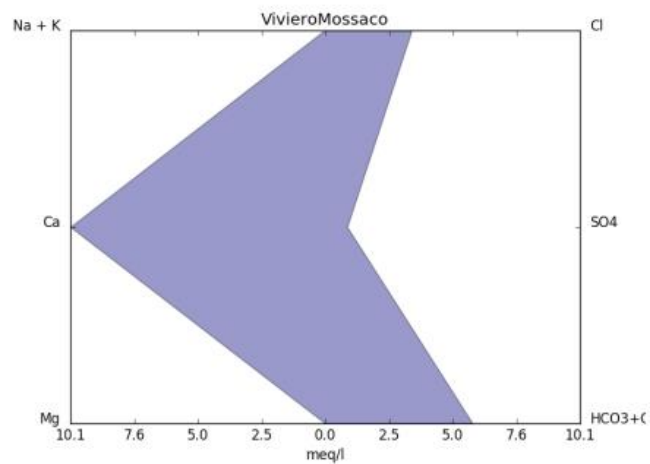
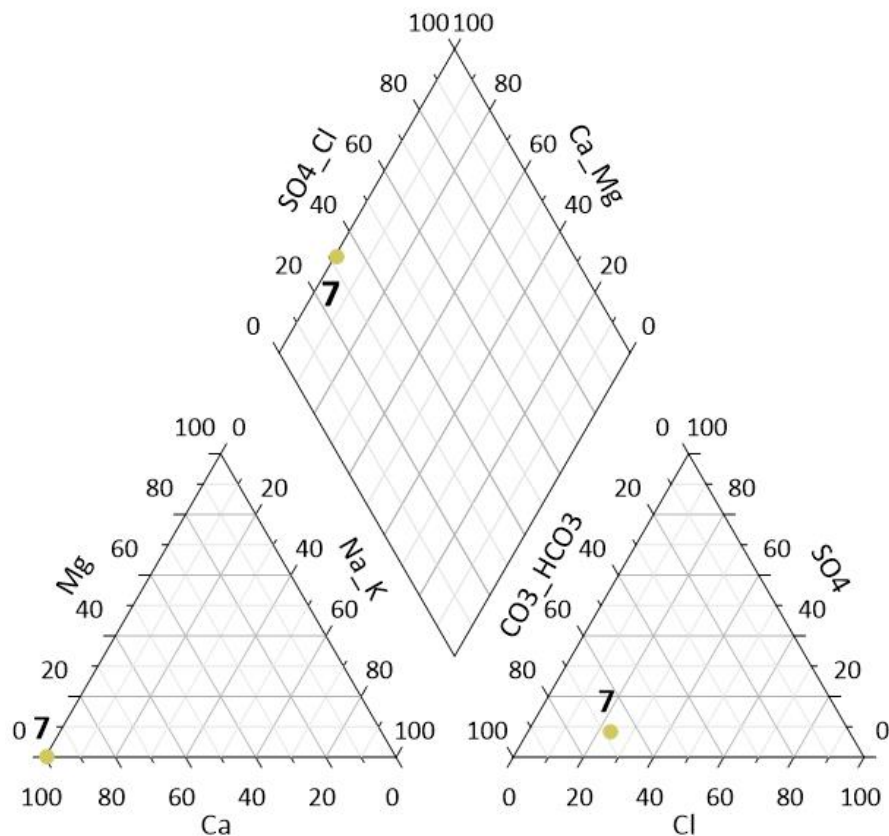


Fig. 45 La muestra que se extrajo del Viviero Mossacco describe una composición catiónica cálcica y aniónica bicarbonatada. Según el diagrama de Piper se describirá como bicarbonatada cálcica



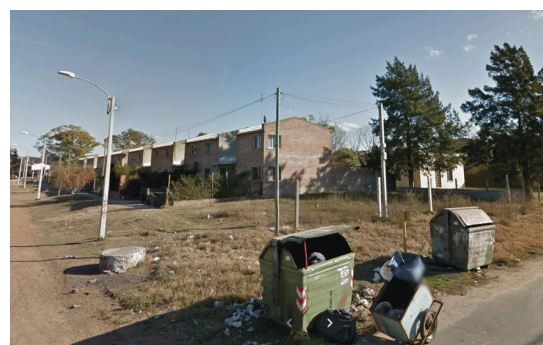
Fig.46 Entrada cárcel de Punta de Rieles. El pozo no pudo ser monitoreado por permanente uso de bomba y sistema de cañería a tanques de abastecimiento.

Fig. 47 Vertedero sobre Felipe Cardoso y Camino Carrasco.



Fig. 48 Entrada al barrio Los Olivos. Camino Dr. Miguel Rubino esq. Camino Pichincha

Fig. 49 Cooperativa de viviendas en Carrasco Norte zona oeste del área de estudio.



Los diagramas binarios (entre iones o parámetros físicos de conductividad o alcalinidad) posibilitan evaluar algún tipo de relación en la evolución química espacial del acuífero. Dicha posible relación sería expuesta para el tramo final del análisis, correspondiente a los posibles riesgos asociados.

Conductividad

Los valores de conductividad al igual que el pH deben ser evaluados preferentemente en campo, puesto que la conductividad aumenta al pasar el tiempo. Por dicha razón se evaluará el valor de campo y no el del laboratorio. Se considera según la OMS una conductividad de 250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ como límite, en la UNIT y para OSE es un valor de 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, que establece que valores mayores a los 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ deben presentar un análisis de sólidos disueltos totales no pudiendo superar estos para el estándar los 1000 mg/l, pero tampoco los 1300 mg/l por peligro para consumo humano., ver fig 49. De las muestras analizadas la única que superó la conductividad es la de Hormigos UY con un valor promedio de 3157 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y cuyo análisis en campo de sólidos disueltos brindó un valor de 900 mg/l. Sin embargo, para la OMS todas las muestras excepto la 7 (Mossacco), deberían presentar un análisis de sólidos disueltos.

Como parámetro la conductividad hidráulica implica en hidrogeología que los medios permeables de mayor relevancia están constituidos por depósitos sedimentarios no consolidados o escasamente consolidados y por rocas altamente fracturadas. Los materiales con mejor conductividad hidráulica son los depósitos sedimentarios fluviales, aluviales, coluviales, lacustres y lagunares. La conductividad hidráulica de estos depende básicamente de la cantidad de arcilla que se presente y secundariamente del grado de compactación y cementación que tengan (CONAGUA 2009).

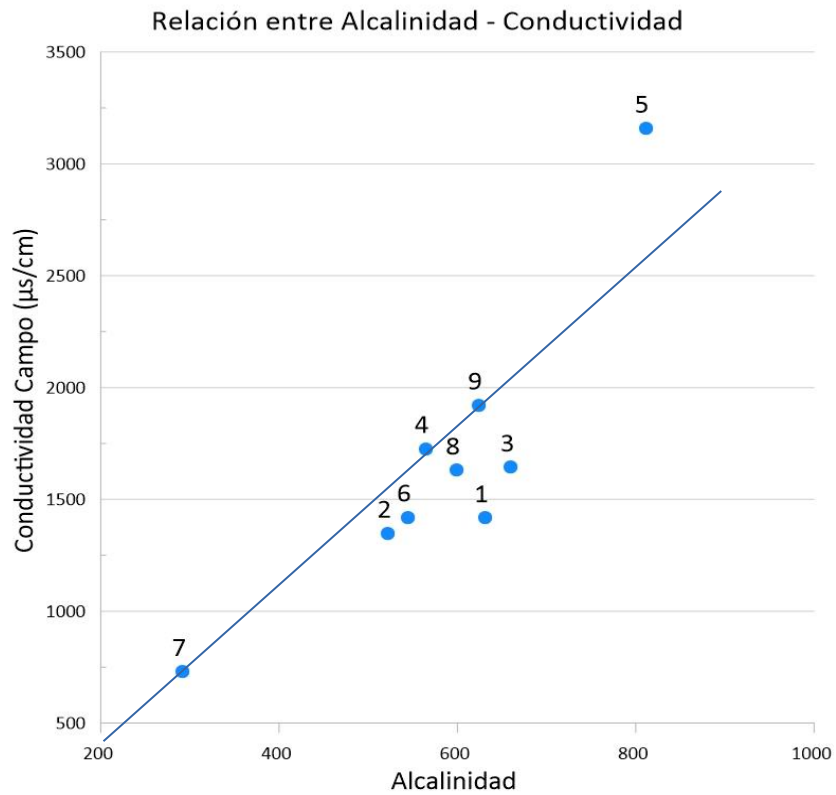


Fig. 50 Gráfico de alcalinidad en función de la conductividad puede observarse una relación bastante directa, en cuanto a sus proporciones en la mayoría de los pozos.

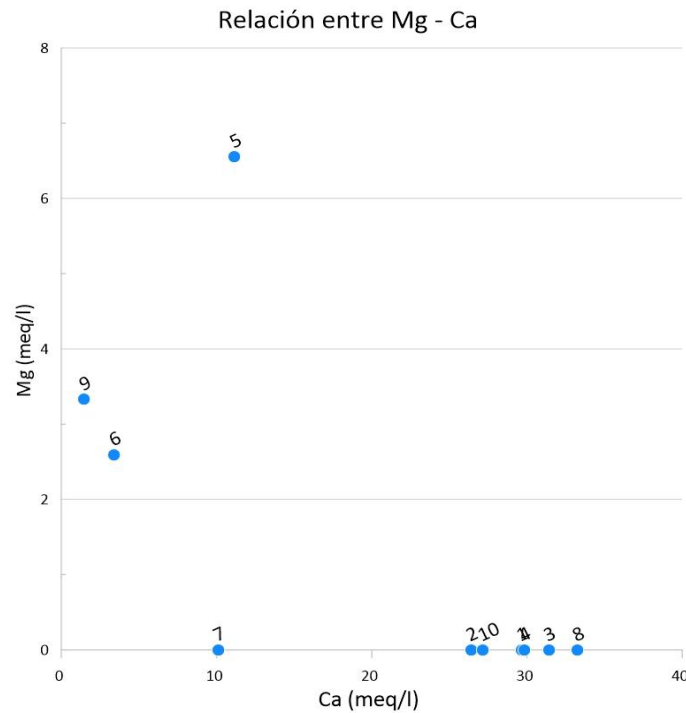


Fig. 51 En la relación Ca – Mg, se observa que las muestras con alta concentración de Mg, pertenecen a áreas de recarga, mientras que las zonas de concentración cercana a valores de cero, pertenecen a áreas de tránsito del agua por el acuífero.

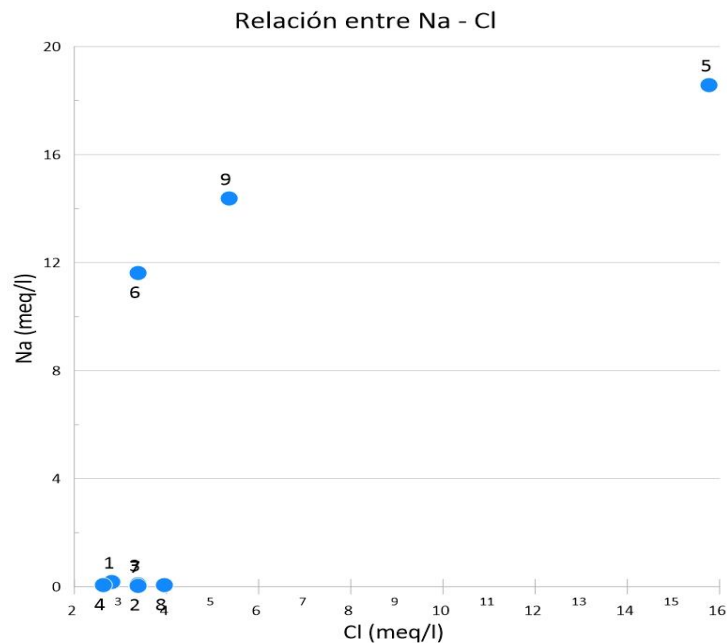


Fig. 52 Relación binaria entre Sodio y Cloro para los pozos monitoreados, en miliequivalentes sobre litro de muestra.

Análisis de elementos menor y trazas

Para el análisis de los resultados y las lecturas de las tablas se realiza la aclaración de conversión de unidades donde 1 mg/l es 1ppm (parte por millón) del elemento o compuesto analizado, mientras que 1mg/l es 1000 ppb (partes por billón) de dicho elemento o compuesto.

pH

De los datos relevados en campo generados a partir de la sonda multiparámetros permite identificar que las muestras presentan un rango de variación del pH de 6.79 a 7.5, brindando una valoración neutra con una desviación de 0.5. Sin embargo, los resultados obtenidos del análisis en el laboratorio muestran resultados en su mayoría mayores a un pH de 8, llegando a valores de 8,9. Esta diferencia se debe al tiempo transcurrido entre la toma de muestra y el análisis propiamente dicho. El peachímetro de campo fue calibrado mediante unos set de calibración para pH. Para la UNIT (2008) y OSE se aceptan variaciones de pH de 6.5 a 8.5, por tanto, el valor es aceptable.

NITRATO TOTAL: Nitrato + Nitrito

Los datos de Nitratos total fueron evaluados a partir de los test rápidos y la sonda multiparámetros (con set de calibración de pH y nitratos)obtenidos a partir del proyecto “Gradúate con Agua” brindando valores aceptables para todas las muestras analizadas. Sin embargo, también se consideraron los valores ofrecidos por el proceso analítico del laboratorio que también ofreció valores todos por debajo del máximo aceptable. Cabe destacar que en el proceso de muestreo manual de campo se obtuvieron valores de hasta 36 mg/l (posiblemente porque la muestra no era extraída directamente del pozo, sino que pasaba por cañería previa a la extracción), mientras que en las muestras brindadas por el laboratorio ninguna presentó más de 10 mg/l. De todas formas, tanto el estándar de OMS como la UNIT (2008) consideran aceptables valores de hasta 50 mg/ y Nitratos totales.

De los resultados de laboratorio también se encuentran por debajo del estándar los valores de Nitritos, siendo 0.5 mg/l su máximo aceptable.

CLORUROS

De las muestras analizadas únicamente la correspondiente a Hormigones Uruguay presentó un valor de cloruro por fuera de los estándares a analizar, con un valor de 560 mg/l, siendo el máximo tanto para la OMS (1993) como para la UNIT (2008) un valor de 250 mg/l.

SULFATOS

Ninguna de las 11 muestras analizadas presenta valores anómalos o superando los valores estándares. La muestra que presenta mayor concentración es en la zona del punto SCHMITH con un valor de 115 mg/l. Sin embargo, la norma OMS establece un valor máximo de 500 mg/l y la UNIT (2008) un valor máximo de 400 mg/l.

BROMURO

El bromo presenta ciertos valores que superan en casi todos los casos el valor límite de la OMS de 0.025 mg/l, obteniendo en casi todos los muestreos valores que superan ampliamente dicho valor como 0.77 en Los Olivos, 0.71 en Los Ceibos 0.83 en La Mennais, 3.2 en Hormigones, 0.85 en Náutico, 0.91 en Saint Brendans y 1.3 en Schmith. Cabe destacar que ni para la norma UNIT (2008) ni dentro de la reglamentación de la OSE he encontrado valores limitantes.

Relación Cl/Br

Dado que los valores en la relación de R Cl/Br presentan valores entre 92 y 175 según Custodio y Herrera (2000) se debe a posible origen marino de las precipitaciones húmedas o secas con preferencia a otro origen marino o antrópico.

FLUOR (F)

Para las muestras analizadas ninguna presentó valores de flúor fuera del estándar, puesto que ninguna muestra superó los 1,0 mg/l de concentración. El límite tanto para la OMS como para la norma UNIT (2008) y límite para la salud humana es de 1,5 mg/l.

DUREZA (Calcio + Magnesio)

La dureza se identifica con valores límites de 500 mg/l tanto en la normativa UNIT (2008) y es al valor que utiliza también la OSE.

Las muestras de los pozos Los Olivos, Los Ceibos, La Mennais, San Nicolás y Saint Brendans presentan anomalía de dureza.

ARSÉNICO (As)

El valor de arsénico presenta un valor fuera de los estándares en los pozos Hormigones Uy, Náutico y Schmith puesto que se halla una concentración de 12,2, 15,1 y 12,8 mg/l respectivamente, que son mayor a los límites de la normativa OMS (1993), que es 10mg/l sin embargo, para las normativas UNIT (2008) y la OSE se encuentra en condiciones aptas, todas las muestras, dado que su límite son 50mg/l.

BROMATO

De las normativas trabajadas únicamente presenta un límite la OMS para la cual el límite corresponde a 0.025 mg/l y las muestras hídricas de que sobrepasan este límite es Hormigones Uy con un valor de 2.54 mg/l, Náutico con un valor de 0.611 mg/l y Schmith con un valor de 0.91 mg/l. Posiblemente de un origen antrópico.

CADMIO (Cd)

Los valores aceptados por la OMS (1993), la norma UNIT (2008) y OSE es el mismo que representa valores máximos de 0.003 mg/l, lo que es decir 3 ppb. El agua muestreada

de los pozos Los Olivos, Los Ceibos, La Mennais, San Nicolás, Saint Véndanos y Mossacco Vivero, presenta valore entre 0,040 a 0,080 mg/l. Mientras que Hormigones Uy, Schmith y Náutico presentan valores por debajo a lo establecido en la normativa.

CROMO (Cr)

En valores de cromo ninguna muestra se encuentra pasada del límite de la normativa, sin embargo, la muestra de Hormigones Uy presenta 0,049.5 mg/l mientras que el límite es 0,050 mg/l. Esto implicaría una situación de riesgo al considerar la concentración de dicho metal en la zona.

MANGANESO (Mn)

Según la OMS 1993 se aceptan valores de hasta 0.3 mg/l y en la norma UNIT (2008) y para OSE valores de hasta 0.1 mg/l. Des las muestras analizadas únicamente la correspondiente a Hormigones Uy presenta una anomalía de 6.733 mg/l, lo cual se encuentra superando ampliamente el valor máximo que implica un riesgo para la salud.

SODIO (Na)

Las muestras de los pozos correspondiente a Hormigones UY, Náutico y Schmith presenta valores fuera de los estándares de sodio que van hasta a más de 500 ppm. que puede deberse a una intrusión salina, spray salino o contaminación desde paquetes sedimentarios superiores. Según la OMS (1993), OSE y la norma UNIT (2008) no debería superar las 200 ppm, límite que corresponde para mantener las propiedades sensoriales del agua.

NIQUEL (Ni)

De las muestras analizadas únicamente la correspondiente al Hormigones Uy presenta valores fuera de la normativa de este elemento que duplican el límite para riesgo sobre la salud. Con un valor de 0,040 mg/l, siendo el máximo aceptado para la OMS, UNIT (2008) y OSE de 0,020 mg/l.

PLOMO (Pb)

El agua de pozo que presenta una anomalía muy importante en este elemento corresponde a la extraída en Vivero Mossacco con un valor que supera los 241 ppm, siendo el máximo aceptado un valor de 10 ppm para la OMS (1993) y de 30 ppm para la normativa UNIT (2008) y OSE.

Las muestras de los pozos Los Olivos, Los Ceibos, La Mennais, San Nicolás y Saint Brendans presentan valores entre 17 a 25 ppm, no cumpliendo con la norma OMS, pero si dentro de la normativa de la UNIT y OSE.

ANTIMONIO (Sb)

El límite para este elemento tanto por la OMS (1993), la norma UNIT (2008) y OSE corresponde a 0,005 mg/l, siendo para las muestras de Los olivos, Los ceibos, La Mennais, San Nicolás y Saint Brendans y Vivero Mossacco un valor entre 0,013 a 0,026 mg/l.

URANIO (U)

Las muestras correspondientes a los pozos de Hormigones Uy, Náutico y Schmith

presentan anomalía de este elemento, que para la OMS (1993) presenta un límite en 1, 4 mg/l y en estos tres casos superan ampliamente el límite para el consumo humano. Con valores mayores a los 10 mg/l.

El Uranio para movilizarse en el agua subterránea debe oxidarse. Los elementos radiactivos más comunes en el agua subterránea son el radio, radón y uranio. Las concentraciones de uranio natural en agua subterránea varían en un intervalo de 0.1 a 10 $\mu\text{g l}^{-1}$. Rentare, M (2004). En el área de estudio existen asociados a la Formación Libertad depósitos de turba que pueden ser parte del material sedimentario que al oxidarse moviliza el Uranio, Villalobos (2012)

Resultados de muestras con avalores fuera de las normativas

Elemento	Hormigones - UY	Náutico	Schmith	Los Olivos	Los Ceibos	San Nicolás	Saint Brendans	La Mennais	Vivero Mossacco
CLORURO	560								
BROMURO	3,2	1,3	1,3	0,77	0,71	1,2	0,91	0,83	0,28
DUREZA				4,6					11,20
ARSÉNICO	12,2	15,1	12,8						
BROMATO	2547	611	913						
CADMIO				63,69	76,38	60,89	80,96	66,14	41029
CROMO	49,5								
MANGANESO	6733,01								
SODIO	426,50	267,1 8	330,79						
NIQUEL	44,8								
PLOMO				17	20	12	13	24	241
ANTIMONIO				17	16	13	24	26	14
URANIO	19,95	11,83	6,97						
R cl/br en solución	175	92,3	146,2	129,9	155,8	76,9	153,8	144,6	117,9

Fig. 53 Resumen de los pozos y los valores fuera de los estándares que presentan descriptas para cada muestra, ver anexo . Dada la relación Cl/Br podría deberse a la intervención de spray marino o precipitaciones marinas.

Elementos cuyo análisis no salen de los valores normativos

Elementos cuyos valores no presentan valores por fuera de la normativa para ninguno de los pozos muestreados: Aluminio (Al), Plata (Ag), Boro (B), Bario (Ba), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Molibdeno (Mo), Neodimio (Nd), Selenio (Se), Cinc (Zn) y Circón (Zr), Talio (Tl), Azufre (S), Potasio (K), Litio (Li), Estroncio (Es), Cobalto (Co) y Vanadio (V).

Conjunto de **elementos sin directrices ni valores para análisis comparativo** y que para todos los pozos muestreados presentaron **concentraciones menos a 1 ppb**. Por tanto, no se consideran la posibilidad de ser contaminantes dada su muy baja concentración. Disprosio (Dy), Erblio (Er) y Europio (Eu), Gadmio (Ga), Gadolino (Gd), Germanio (Ge), Hafnio (Hf), Mercurio (Hg), Holmio (Ho), Indio (In), Lutecio (Lu), Paladio (Pd), Praseodimio (Pr), Plata (Ag), Rubidio (Rb), Renio (Re), Rodio (Rh), Rutenio (Ru), Estaño (Sn), Terbio (Tb), Teluro (Te) y Torio (Th), Titanio (Ti), Tulio (Tl), Iodo (Y), Iterbio (Yb). **Concentraciones diferentes a 1 ppb**, el Cerio (Ce), Au (oro), Bismuto (Bi), Cesio (Cs) y Lantano (La), Niobio (Nb), Fósforo (P), Tántalo (Ta), Silicio (Si) y Samario (Sm), Wolframio (W).



Fig. 54 Entrada a empresa Schmith SA. Camino Servando Gómez.

V) VULNERABILIDAD

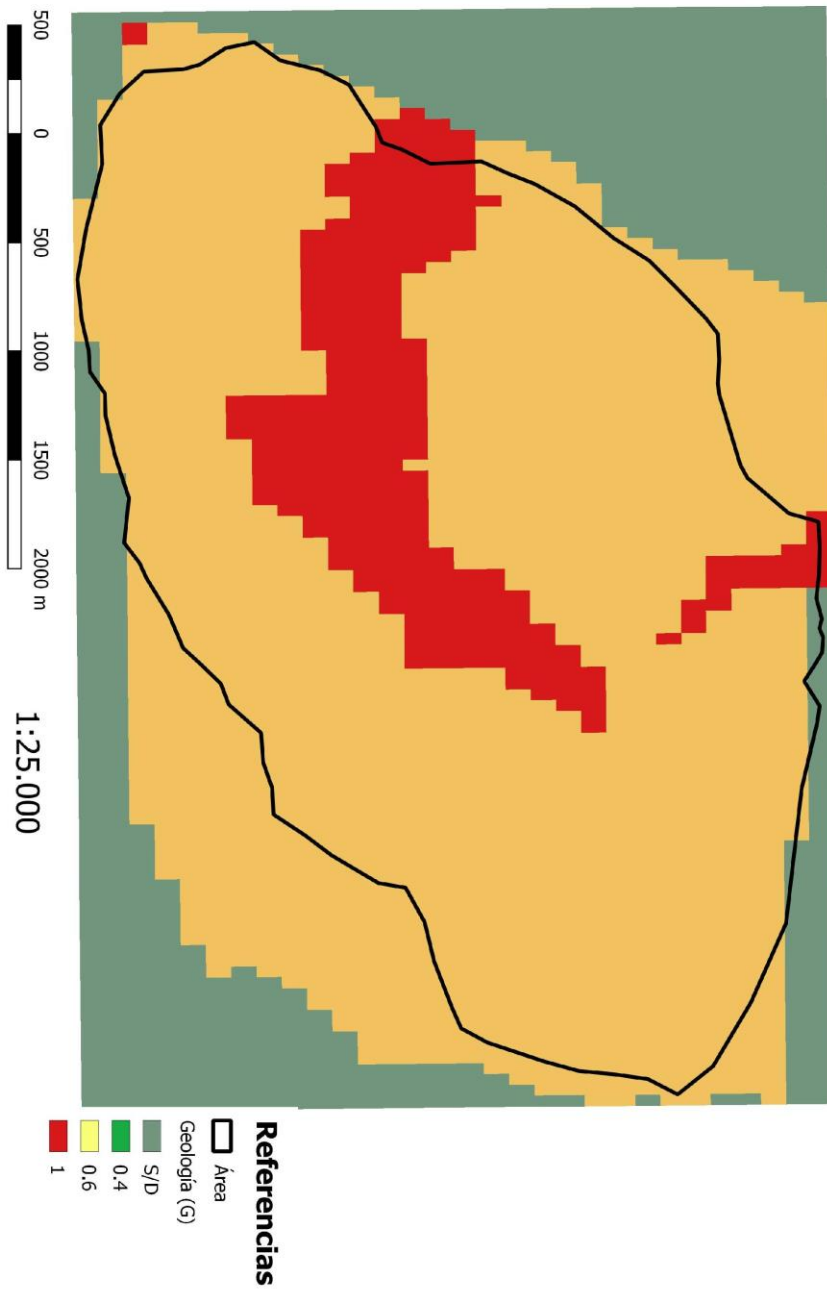


Fig. 55 Mapas parámetros G y O para vulnerabilidad

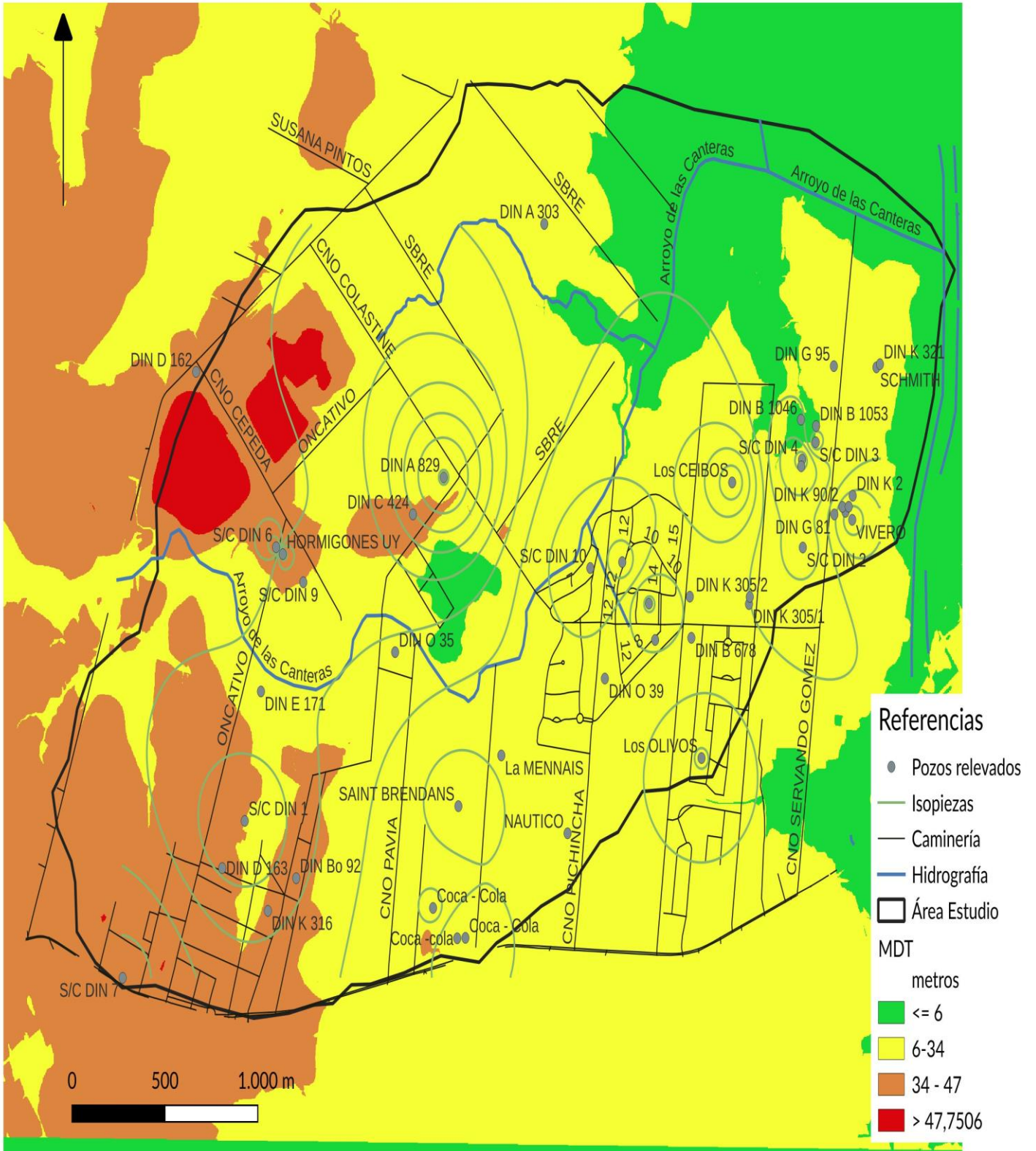


Fig.. 56 Modelo digital de Terreno (MDT) material de la IDE.uy.

VULNERABILIDAD GOD

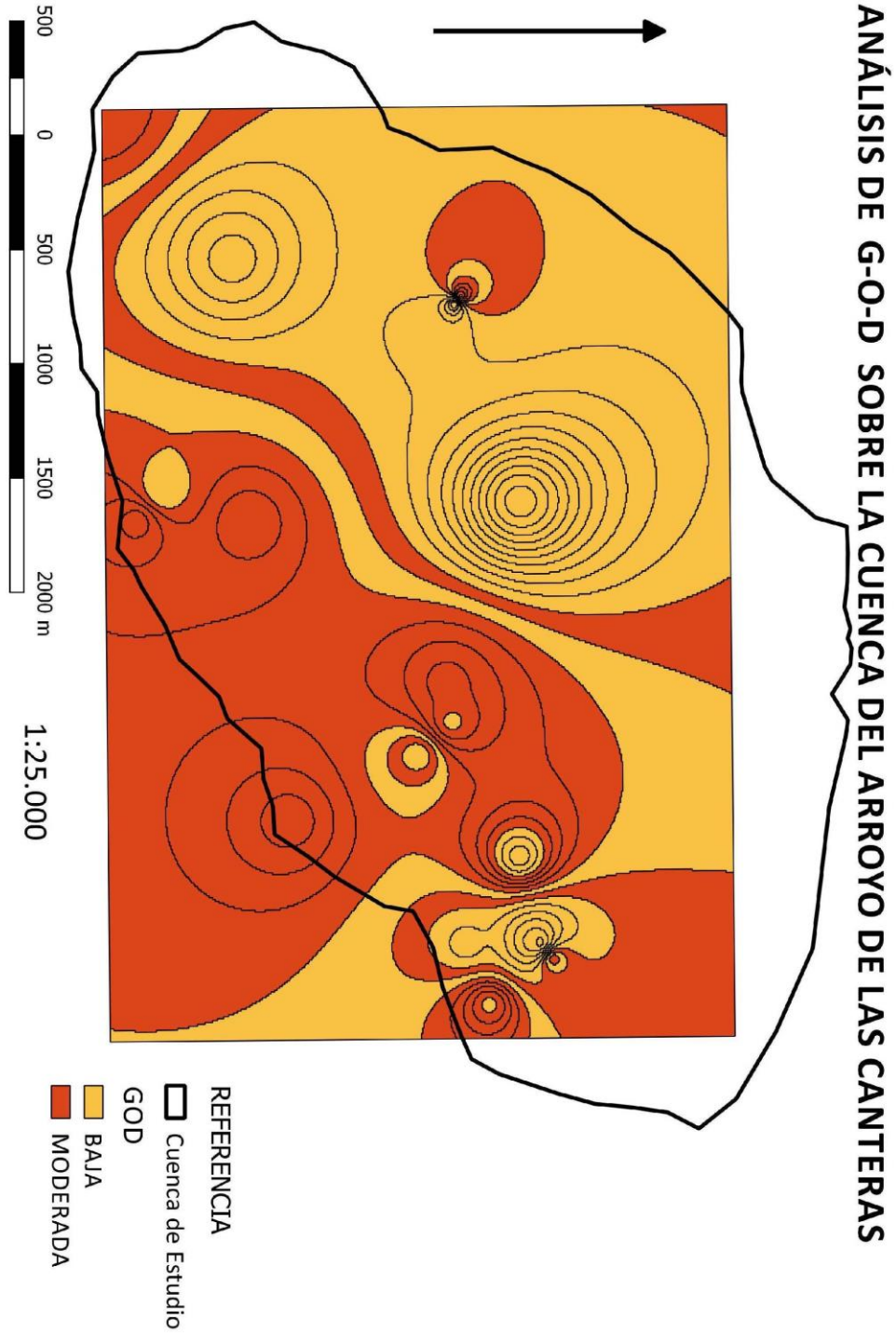


Fig. 57 Mapa Vulnerabilidad G-O-D

VULNERABILIDAD GODS

ANÁLISIS DE G-O-D-S SOBRE LA CUENCA DEL ARROYO DE LAS CANTERAS

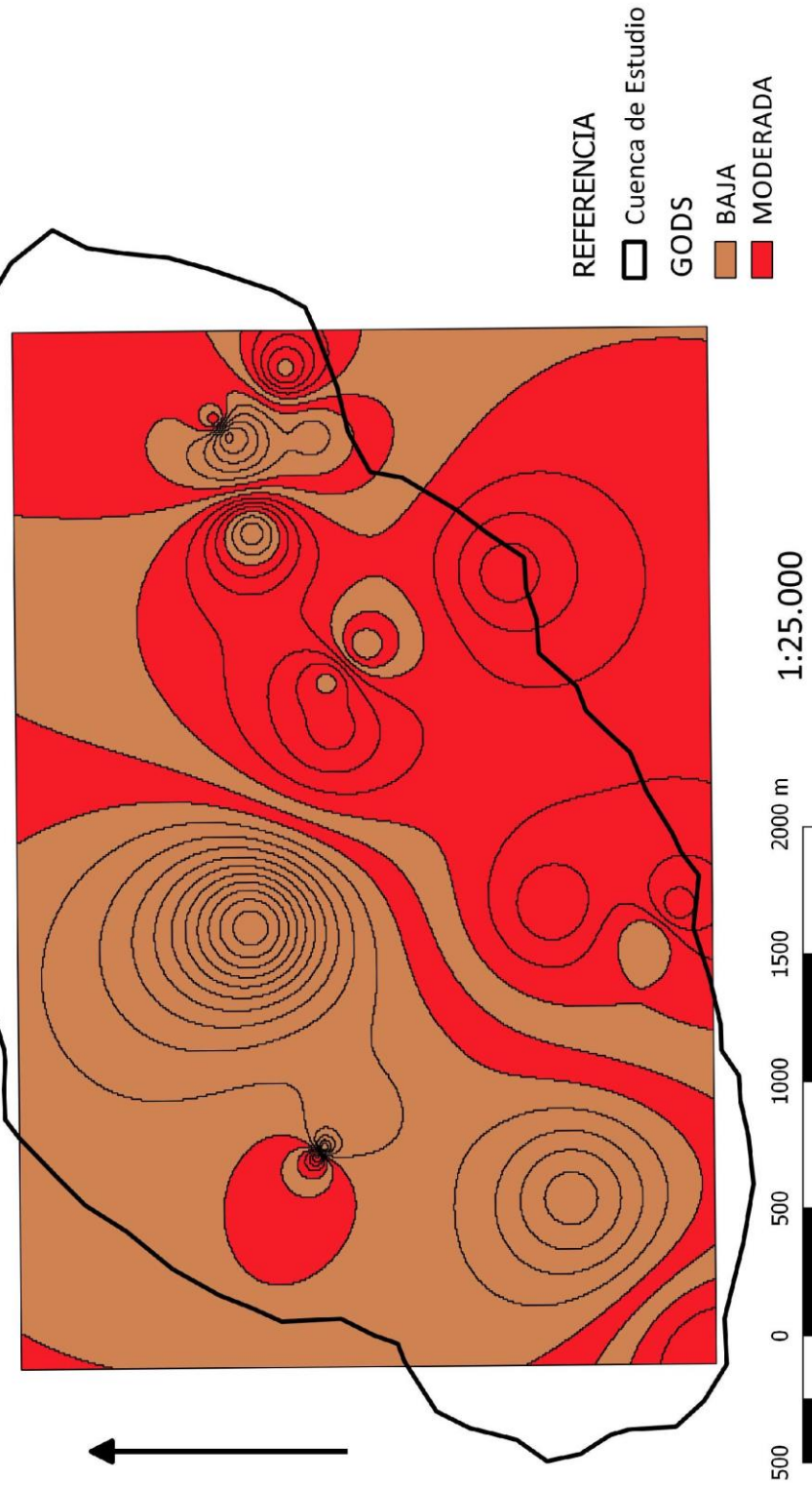


Fig. 58 Mapa Vulnerabilidad G –O-D-S



Fig. 59 Área depósito de contenedores de la Usina 6/7. Cno. Felipe Cardoso esq. Camino Colastine.

Fig. 60 Estado de vegetación nativa en el área de Felipe Cardoso y Susana Pintos.



VI) Análisis del Riesgo

<i>Parámetro</i>	<i>Información mínima para calcular índice del peligro potencial</i>	<i>código</i>	<i>Información adicional para estimar carga de contaminante al suelo</i>
Tipo 1	Fuente difusa		
A	Área Urbano – Residenciales		
1A 1	Densidad de población	1	Infiltración de precipitación
1A 2	Cubierto alcantarillado	2	Uso de agua per cápita
B	Cultivo agrícola		
1B1	Tipo de suelo	1	Exceso de precipitación + irrigación
1B2	Tipo de sistema de cultivo	2	Continuidad del cultivo
		3	Uso y control de fertilizantes y pesticidas
		4	Eficacia de la irrigación
		5	Frecuencia de arado
		6	Intensidad de pasteo
Tipo 2	Fuentes puntuales		Almacenamiento químico
2A	Actividad industrial <ul style="list-style-type: none"> Ubicación Tipo de industria Uso del agua 	1	tipo y contenido
		2	lagunas de efluentes
		3	tratamiento de efluente
2B	Lagunas de efluentes <ul style="list-style-type: none"> Ubicación y extensión Origen del efluente 	4	método de disposición de efluentes
		5	método de disposición de residuos
		6	detalles de construcción
2C	Disposición de residuos sólidos <ul style="list-style-type: none"> Ubicación Origen del efluente Precipitación e irrigación artificial 	7	régimen de operación
		8	métodos operacionales
		9	condiciones hidrogeológicas
2D	Arroyo superficial contaminado <ul style="list-style-type: none"> Localización Clasificación de calidad 	10	tasa de infiltración por el cauce
		11	detalles de construcción
		12	origen de efluentes

Fig. 61 Requerimientos de datos para evaluar las actividades contaminantes en términos de rango del peligro potencial y de carga contaminante al subsuelo. Foster e Hirata (1988)

El ICC (índice de carga de contaminante) será puntualizado según las variables mencionadas de fuente, tipo de fuente, origen y grado de incorporación que podría tener al sistema subterráneo. Cabe destacar que, para nuestro proceso de análisis del acuífero, se han reconocido los tipos de fuentes y su nivel de presión sobre el sistema. La puntuación que se brinda a las amenazas (tanto Tipo 1 como Tipo 2) varía en un rango de 0 a 1, donde cero había alusión a que no existe la presencia de una amenaza, mientras que 1 representaría el valor más alto. Por tanto, se cuantificará: 0 – 0.2 es una carga de contaminante Muy Baja, de 0.2 – 0.4 es Baja, la carga de 0.4-0.6 es Moderada, 0.6-0.8 es Alta y de 0.8 a 1 es una carga de contaminación Muy Alta, ver anexo.

Clasificación y ponderación de los contaminantes para el área de estudio:

Fuente	Características (Código)	ICC
Asentamientos	1A1 1	0.6
Complejos de viviendas con piscinas	1A1 2	0.6
Área Urbana	1A11 y 1A11	0.4
Área Industrial	1A 11 y 1A23	1
Instalaciones deportivas	1A 1 y 1A2	0.2
Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto	2A	1
Lagos, Embalses y Tajamares	2D	0.6
Cultivo Regado < 4-5 has	1B2	0.4
Monte Nativo	1B1	0
Plantación Forestal > 5 has	1B2	0.2
Pradera Natural	1B1	0.2
Usina	2C	0.8

Fig. 62 Datos generados a partir del análisis de los elementos considerados amenazas para el área de estudio, condicionados por los códigos de la tabla (47) y ponderado el análisis de la cuenca del Arroyo de las Canteras en cuestión.

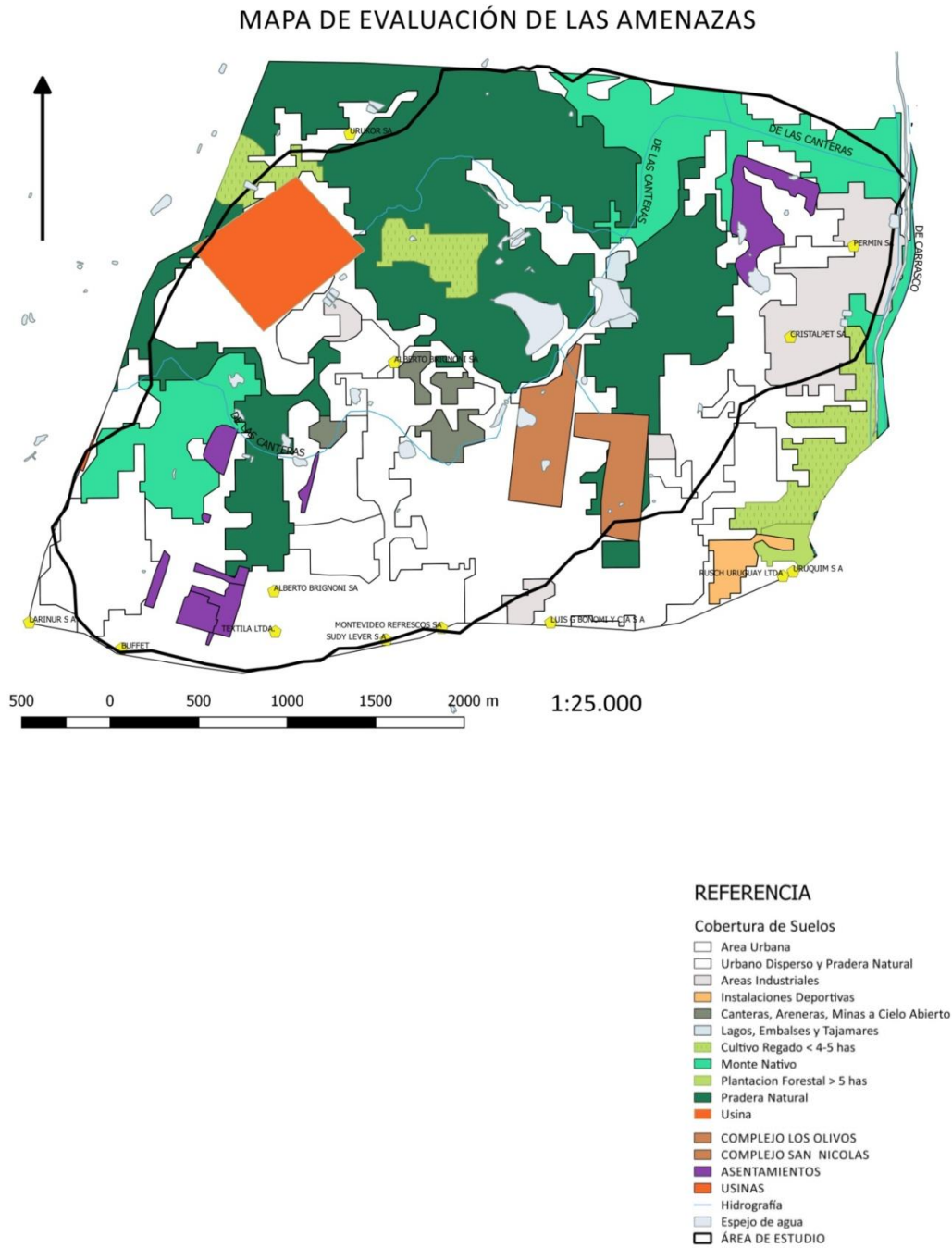


Fig. 63 Mapa de amenazas modificado y diferenciado ponderado según la carga de contaminante ICC

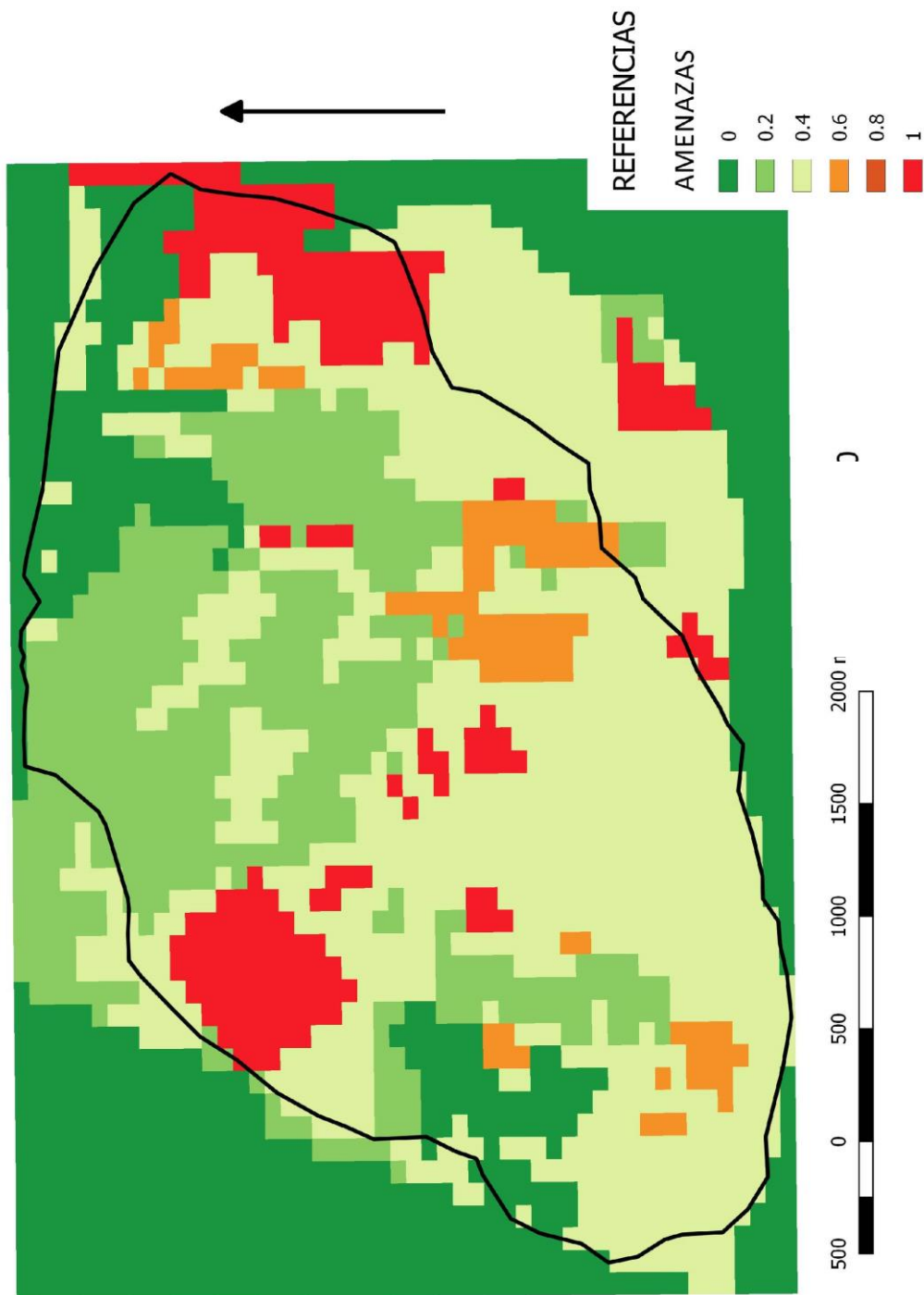


Fig. 64 Mapa Riesgo ponderado según la carga de contaminantes ICC.

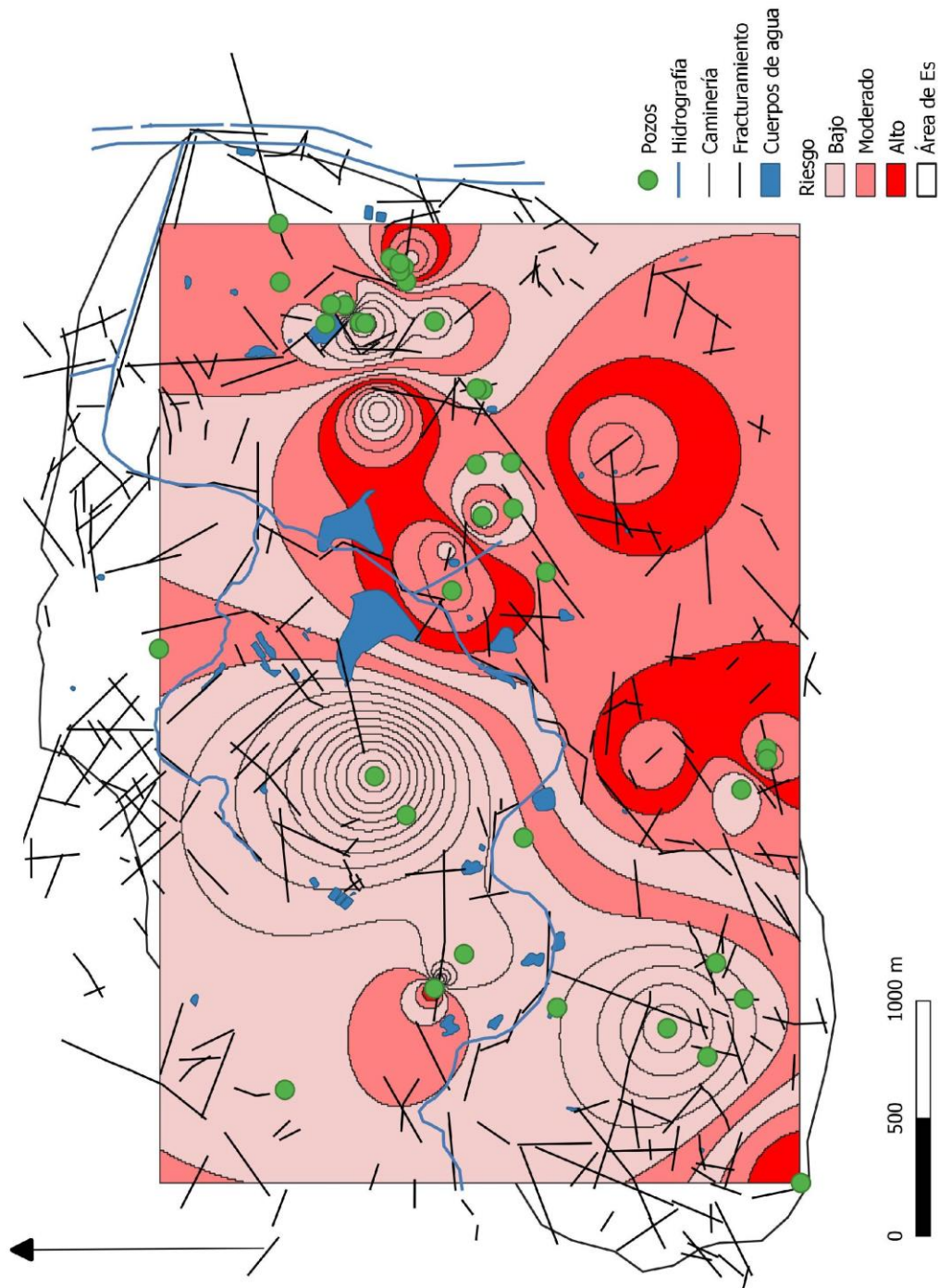


Fig. 65 Mapa de riesgo y fracturamiento en la cuenca fotointerpretadas (ver resultados del fracturamiento)

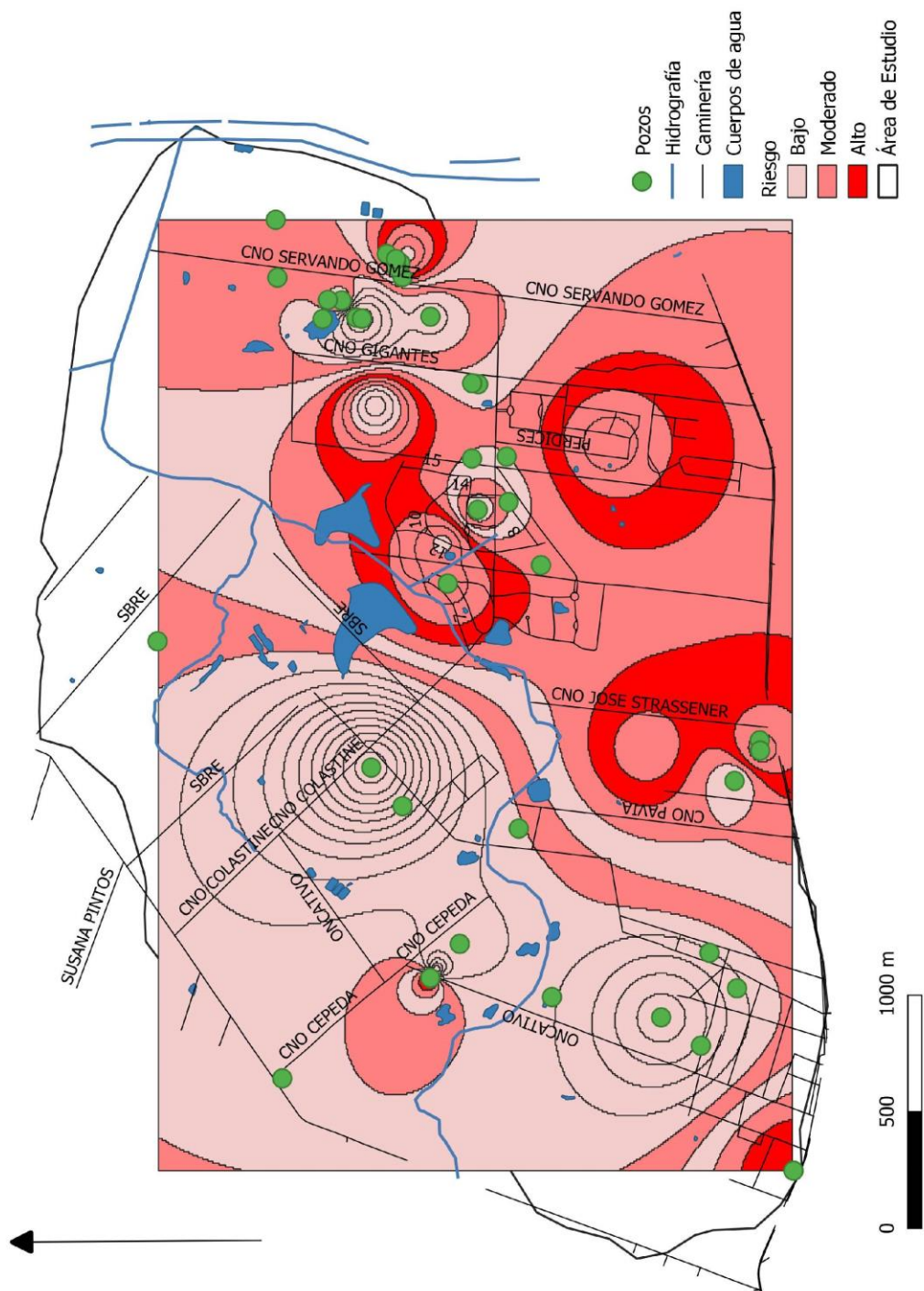


Fig. 66 Mapa riesgo con la hidrografía y la caminería del área de estudio

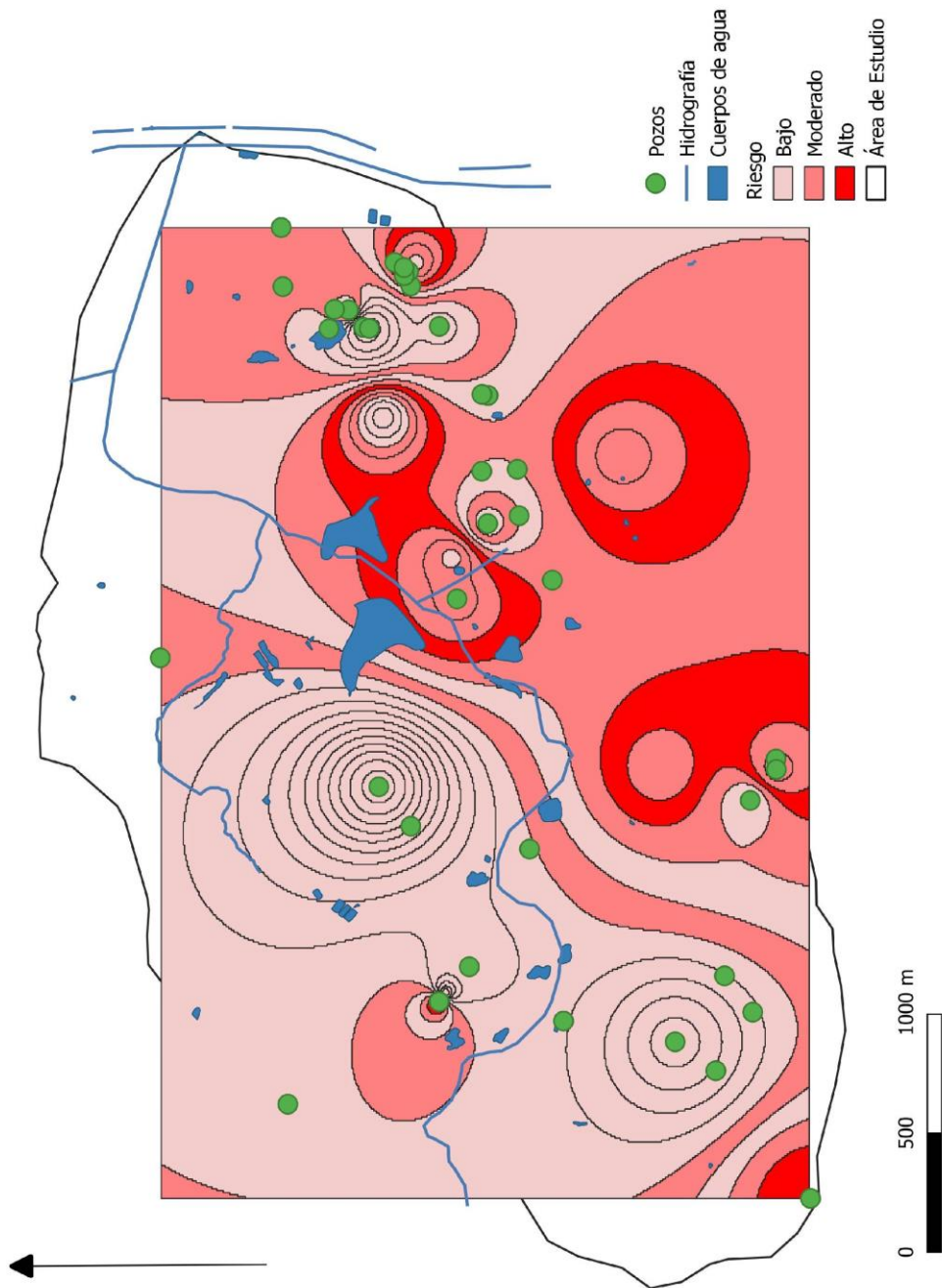


Fig. 67 Mapa de Riesgo



Fig. 68 Pozo con derrumbe lateral, capaz, generador de infiltración de posibles contaminantes directamente al agua subterránea. Falta de losa sanitaria. Pozo Campus Deportivo, Santa Rita.



Fig. 69 Pozo con tapa hermética, sin losa sanitaria y gran cantidad de cables en la toma de agua. Complejo deportivo Devoto, Club Náutico. Se espera extraer muestra hídrica.

Fig. 70 Movimiento diario permanente de camiones. Cno. Felipe Cardoso.



Fig. 71 Estado bañado y arroyo de las Canteras a la altura de Susana Pintos y Cno. Felipe Cardoso. Con faja costera sobre el cause preservado parcialmente.

Fig. 72 Predio de uso recreativo. Cno. Rubino y Cno. Servando Gómez. Eliminada la



vegetación natural de bañado sobre esa zona.



Fig. 73 Estado de las veredas sobre Camino Oncativo y Monzoni.

Discusión de resultados

Diagrama de Piper y Stiff: y diagramas binarios

Por ser un sistema fracturado, no se debe únicamente pensar en términos de litologías sino también en profundidades y planos de migración del flujo hídrico subterráneo Fig 37,

El análisis de los cationes determinó que la mayoría de las muestras son de tipo Cálcidas a excepción de las muestras 5, 6 y 9 que son de tipo Sódicas.

Sin embargo, para el diagrama ternario de aniones a excepción de la muestra 3, todos los análisis denotan una predominancia bicarbonatada.

Las muestras de Hormigones Uy, Náutico y Schmith (5,6,9) expondrían una composición química hídrica de tipo Bicarbonatada sódica.

Estas muestras 6 y 9 se caracterizan por encontrarse en zonas de recarga del acuífero, por tanto, podría suponerse que la composición antes del proceso de migración tendería a ser sódica y comenzar a realizar un intercambio a un proceso de calcificación que se visualiza en la zona de tránsito.

La muestra número 3, correspondiente a la Mennais presenta composición clorurada cálcica., a diferencia de las de su entorno.

El resto de las muestras analizadas son del tipo bicarbonatadas cálcicas. Los resultados de las relaciones binarias permiten reconocer que existe una relación directamente proporcional entre la conductividad y la alcalinidad en el acuífero.

Para el análisis comparativo entre iones se podrían determinar que en las zonas establecidas como áreas de recarga (6,9) existe una relación iónica similar entre sí (bicarbonatada sódicas), que difiere con la composición hídrica para la zona de tránsito del acuífero. Esto podría describir que, a pesar de ser un comportamiento de un sistema fracturado, el agua dentro del mismo sufre procesos de intercambio iónico similares entre sí, para las zonas de tránsito del agua subterránea.

Las áreas de recarga presentan una concentración de sódico (Na) que para las muestras que conforman el área de tránsito no se estaría preservando. Aumentando la

concentración de Cloro (Cl-) también aumenta el sodio (Na+).

De la misma forma, se puede apreciar en la relación binaria entre el calcio y el magnesio que las muestras, inicialmente no presentarían una relación iónica fácilmente apreciable. Sin embargo, las muestras (6,9) corresponden a las áreas de recarga y son las mismas que presentan concentraciones de magnesio que para las muestras caracterizadoras del tránsito del agua por el acuífero, dichas concentraciones tienden a cero.

Discusión de vulnerabilidad tipo GOD y GODS

Según lo establecido en la tesis doctoral de Montaña (2004) se realizaron dos clasificaciones para el análisis de la vulnerabilidad, según la zona no saturada y según la relación entre la cobertura y la dinámica hidrogeológica.

Estas dos clasificaciones hacen alusión directa a los parámetros cuantificados en el modelo GOD y GODS.

Para nuestro estudio, también se toma un parámetro extra relevante en el análisis del proceso hidrodinámico y de la vulnerabilidad que es, la pendiente.

Clasificación 1: Zona no saturada (Amortiguación Geológica)

En función del estado del basamento cristalino frente a la fracturación se pueden presentar tres situaciones:

- a) Zonas no afectadas por fracturación.
- b) Zonas afectadas por fracturación sin porosidad de fractura (micasquistos).
- c) Zonas afectadas por fracturación con desarrollo de porosidad de fractura (gneises, anfíbolitas y cuarcitas).

Clasificación 2: Respecto a la relación entre el sistema hidrogeológico discontinuo y la cobertura sedimentaria, se tienen los siguientes casos:

- a) Aflorante.

- b) Cubierto por suelo.
- c) Cubierto por suelo y Formación Libertad.
- d) Cubierto por suelo, Formación Libertad y Formación Fray Bentos.

Para el análisis de la vulnerabilidad se ha reconocido que existe una zona de basamento cristalino cubierto por la formación principalmente Libertad y Fray Bentos que por ser de material con una componente limo – arcillosa o arena fina permiten un amortiguamiento relativamente importante del sistema pluvial a pesar de no presentar en el área una potencia relativamente importante (la zona donde aparentemente presenta mayor profundidad no supera los 5m).

Por otra parte, el sistema hidrogeológico es fracturado razón por la cual se podría suponer o reconocer que no hay homogeneidad en el flujo del agua en profundidad y en subsuperficie una vez iniciado el proceso de infiltración, como se propuso en la metodología de trabajo.

Según la clasificación 1, se define al área dentro de la delimitación C. Donde se caracteriza el área como una zona afectada por fracturación con desarrollo de porosidad de fracturas en (gneises, anfíbolitas y cuarcitas).

Según la clasificación 2, se describe al área dentro de los parámetros de A, B y C.

El tipo A, se encuentra escasamente sobre el área y se presenta mayoritariamente en zonas donde alguna actividad productiva (minería o producción de caminería o cemento) han removido la capa de suelo suprayacente.

Estas zonas presentarían una vulnerabilidad más alta puesto que no existe capa de amortiguación sobre el sistema hídrico subterráneo. Sin embargo, se presentan poco distribuidas en el área.

En el área de estudio se describe mayoritariamente una zona tipo B “Basamento Cristalino con cobertura de suelo”, conformada por roca ígnea aflorante o únicamente

con un desarrollo de suelo escaso, pero de composición brunosoles y planosoles. Estas zonas son reconocidas por presentar la mayor vulnerabilidad tanto para el método GOD como GODS.

La vulnerabilidad en el área es mayoritariamente baja para el modelo GOD y Moderada para el método GODS.

La mayoría del área se encuentra bajo la condición C, de “Basamento cristalino con cobertura geológica y de suelos”. En la mayoría del área se encuentra el basamento cristalino recubierto por la formación Libertad. Esta formación presenta una composición de granulometría fangosa, implicando una baja permeabilidad y por tanto una fuerte amortiguación para el sistema hídrico subterráneo.

La zona presenta pendientes que no superan el 4%, siendo la mayoría del área una zona de lomadas suaves con pendientes alrededor del 1%, la zona del Bañado de Carrasco hacia la zona Este del área de estudio. Este es un factor que profundiza el amortiguamiento del acuífero, para el método G-O-D.

En el método G-O-D-S existen áreas de vulnerabilidad moderada extendida en la zona central de la cuenca del Arroyo Las Canteras, producto de la presencia de suelos muy poco desarrollados y la ausencia o muy escasa formación geológica sedimentaria que recubre el basamento cristalino fracturado.

Discusión y resultados del análisis de riesgo

A pesar que la zona presenta un sistema hídrico fracturado y que en general el mismo posee una vulnerabilidad relativamente moderada, los paquetes sedimentarios supra yacientes y el tipo de desarrollo de suelo en las áreas donde están presente, estaría conformando un potencial alto de mitigación de las amenazas, puesto que a pesar de en varias zonas es posible encontrar amenazas ponderadas de forma relativamente alta (0.8 y 1 como máxima), la gran mayoría de la cuenca del Arroyo de las Cañadas presenta riesgo bajo a moderado.

Se reconoce que al ponderar las amenazas analizadas en el área de estudio se observa una predominancia en la zona sur y norte de una vulnerabilidad moderada, hacia los márgenes sureste un riesgo baja a muy bajo que podría estar caracterizado por una deficiencia de información piezométrica o a una heterogeneidad propia de un acuífero fisurado (como se resalta en Montaña (1999)), mientras que noroeste presenta muy baja presencia de asentamiento humano y relativamente baja actividad antrópica en general (por no presentar aún urbanización), es por ello que el bajo riesgo en dicha zona no implicaría necesariamente, escasez de información piezométrica.

Los riesgos moderados - altos están concentrados en zonas de alta vulnerabilidad con actividad antrópica de alto impacto como son: la minería, vertederos e industrias en áreas donde el acuífero no se encuentra confinado o semiconfinado o donde el desarrollo del suelo se presentaría menos desarrollado.

Las áreas extensas que presentarían un alto riesgo están conformadas por la zona noroeste de la cuenca donde existe la presencia de la Usina municipal 6/7 y hacia la zona de la desembocadura de la Cañada hacia el Arroyo Carrasco, allí se encuentra una actividad industrial relativamente alta y se ha eliminado el tipo de vegetación característica de los bañados que funciona como depurador natural hídrico. La eliminación de la vegetación se debe a: Predios industriales y centros deportivos.

La zona con amenazas moderadas está compuesta principalmente por la vinculación entre el asentamiento humano y su impacto tanto: frente a la cantidad de residuos y fosas sépticas como son las zonas de asentamientos irregulares que no presentan condiciones de saneamiento, pero también las zonas de complejos de viviendas donde se corta la vegetación natural del humedal, así como el gran consumo de agua subterránea para piscinas y riego de jardines.

La zona correspondiente a la planta de Refrescos S. A presenta un riesgo moderado, relacionado en parte a la actividad productiva, al hecho de presentar una piscina de

relave y la presencia de importante fracturamiento sobre el que se encuentra. La planta presenta 4 pozos hídricos (actualmente ninguno en funcionamiento) pero si pertenecientes a una posibilidad de extracción hídrica relativamente importante.

Asimismo, se encuentra sobre una zona piezométrica que implicaría un área de recarga para el acuífero relacionado con la dinámica presente de las isopiezas. Esto implicaría parte del riesgo que presenta la actividad industrial para el sistema hídrico en general.

Resumen de Discusión

- 1) El área de estudio comprende un total de aproximadamente 11km², en su totalidad se encuentra el acuífero fracturado de la Formación Montevideo, recubierto por formaciones Cenozoicas como Libertad, Fray Bentos, Holoceno, entre otras., el relieve presenta una pendiente inferior al 4%, conformando al área como un terreno suavemente ondulado, a planicie, con cotas que varían entre 2 a 46m sobre el nivel del mar, vinculado a los bañados de Carrasco.
- 2) Las isopiezas del área determinaron la existencia de tres **zonas de recarga** para el área donde la cantidad de mediciones de niveles freáticos permitió su delimitación. En las tres zonas, se reconocen comportamientos geoquímicos similares en cuantos, a los parámetros físico – químicos, así como los elementos mayores que caracterizan el agua subterránea. Siendo según los diagramas de Piper de tipo **Bicarbonatadas sódicas**. Esto permite reconocer que la metodología planteada de conceptualizar el sistema fracturado como homogéneo debido a su malla de interconectividad de fracturas es válido para el sistema estudiado.
- 3) Para los pozos muestreados correspondientes a la **zona de tránsito** del acuífero se reconocieron también características físico – químicas similares entre sí. Se identifican según Piper a las muestras hídricas de tipo bicarbonatadas cálcicas a excepción de una única muestra “La Mennais” que presentó composición **clorurada cálcica**.
- 4) Los diagramas binarios permiten reconocer que entre las áreas de recarga del acuífero y las de tránsito ocurren un intercambio catiónico posibles que podrían llegar a ser analizado con mayor profundidad, que es Magnesio (Mg²⁺) por Calcio (Ca²⁺).
- 5) La relación entre la alcalinidad y la conductividad es directamente proporcional para las muestras analizadas y dada su variabilidad en términos espaciales podría identificarse que dicha condición se mantiene a lo largo del acuífero fracturado. Esto sugiere que el acuífero se comporta de manera análoga a un acuífero homogéneo.

- 6) Las características fisicoquímicas permitirían reconocer que, a pesar de ser un sistema fracturado, el alto nivel del fracturamiento podrían generar un comportamiento relativamente homogéneo a lo largo de todo el paquete rocoso de la Fm. Montevideo para el área de estudio. Pero, debería tomarse un número mayor de muestras, así como la identificación quizás de un monitoreo multitemporal del mismo.
- 7) El análisis de balance hídrico determinó que de mayo a octubre el acuífero pudo haber sufrido procesos de recarga. Sin embargo, durante los meses de noviembre a mayo propiamente, hubo un déficit hídrico.
- 8) La calidad del agua subterránea asociada a contaminantes de Nitratos y nitritos dio negativo para todas las muestras analizadas.
- 9) La contaminación con flúor y sulfatos sobre las muestras analizadas fue nula, puesto que ninguna superó los valores límites.
- 10) El pH y la conductividad hídrica presentó valores aceptables para todas las muestras analizadas. A excepción de la analizada en Hormigones Uy con una conductividad anómala mayor a 3000 ms/s, posiblemente producto de contaminación de metales y alta salinidad que presenta ese pozo.
- 11) Los elementos trazas y menores analizados de las muestras hídricas en comparación con la OMS (1993) la norma UNIT (2008) y las recomendaciones de OSE para consumo humano brindaron dos comportamientos disímiles entre los pozos muestreados correspondientes a la zona de recarga del acuífero y la zona de tránsito hídrico. La zona de recarga está comprendida por los pozos Schmith SA cercano a la desembocadura del Arroyo las Canteras al Arroyo Carrasco, el pozo Hormigones Uy área de recarga en la zona noroeste (cercana a la Usina 6/7 y actividad minera) y el pozo de Náutico, área de recarga cercana a actividad industrial, presentan anomalías de Arsénico, Níquel, Sodio, Uranio y Bromato. Posiblemente asociados a contaminación antrópica, de origen electrónico y vertederos en el caso de los metales pesados.
- 12) El pozo correspondiente a Hormigones Uy debería ser monitoreado regularmente para evaluar el nivel de metales que allí se alojan, puesto que su fractura está comunicada con el sistema de Aborgama SA, quien presenta

piscina de relave de material médico y pozo de bombeo sobre la misma familia de fracturas., ya que presenta anomalías únicas y relativamente importantes determinando la imposibilidad de uso para consumo y riego del agua subterránea allí dispuesta.

- 13)** Los pozos correspondientes al área de tránsito del acuífero Los Olivos, San Nicolás, Los Ceibos, La Mennais, Mossacco y Saint Brendans presenta anomalías diferentes a las del área de recarga, en este caso son: bromo, alta dureza, cadmio, plomo y antimonio, de origen principalmente antropogénico.
- 14)** La vulnerabilidad del sistema para el método G-O-D fue baja para la mayoría del área de estudio, debido a que existen parámetros de amortiguación frente a fuentes puntuales de contaminación, pero siendo en zonas sin presencia de cobertura sedimentaria o escasa cobertura de suelo, moderado a alta.
- 15)** El método G-O-D-S permitió reconocer algunas áreas con mayor vulnerabilidad al cuantificar las características de escaso desarrollo de suelo en comparación con las zonas de suelos arcillosos o pelíticos desarrollados.
- 16)** Las amenazas en el área de estudio fueron cuantificadas con valores de 0 a 1, reconociendo su magnitud y la presión sobre el sistema superficial para el desarrollo de la infiltración de un posible contaminante. Detectándose una amplia variación de actividades antrópicas, industriales, recreativas y agropecuarias en el área de estudio, que implicaban una amenaza elevada, sin embargo, están asociadas en general a lugares con potencial de amortiguamiento natural alto.
- 17)** El riesgo determinado sobre el sistema fracturado para la mayoría del área fue moderado a bajo. Sin embargo, en zonas con alta amenazas a pesar de presentar baja vulnerabilidad, la presión sobre el acuífero y las capas supadyacentes del sistema son elevadas, Montañó (1999).
- 18)** Los sistemas fracturados, se caracterizan por una alta variabilidad debido a la posibilidad de generar grandes escorrentías en cortos períodos de tiempo. Pero sería valioso lograr capturar en forma numérica o de datos dichas variaciones, a partir de un monitoreo periódico.
- 19)** Durante el relevamiento se pudo observar actividades de profundización de las canaletas aledañas a los caminos y pavimentación de calles, ambos

aspectos negativos para el sistema subterráneo, puesto que fomentan la erosión de los suelos por aumento de la escorrentía superficial (imagen en Anexo).

- 20)** Dado que la mayoría de los pozos no contaban con losa sanitaria se espera en estudios posteriores generar alguna instancia de educación o divulgación sobre las condiciones en que debe encontrarse los pozos
- 21)** Para un análisis más exhaustivo de la geoquímica y comportamiento hídrico subterráneo sería necesario la realización de un sondeo con mayor cantidad de pozos principalmente sobre la zona norte de la cuenca del Arroyo de las Canteras.
- 22)** Además del balance hídrico se puede realizar el análisis de tritio (3H) a modo de reconocer el tiempo de resiliencia del agua en el sistema.

CONCLUSIONES

- 1- Se encuentran en el área tres zonas de recarga cuya geoquímica las describe como bicarbonatadas sódicas, mientras que en la zona de tránsito del acuífero se caracteriza por una geoquímica bicarbonatada cálcica.
- 2- Dada la relación directa entre la alcalinidad y la conductividad, así como el alto nivel de fracturamiento presente en todo el paquete rocoso, puede considerarse el sistema fisurado como un acuífero homogéneo. Es decir que, dadas las características de áreas de carga y descarga se establece que la metodología de conceptualizar el sistema fisurado como homogéneo debido a la interconectividad del mallado de fracturas es válido (Montaño, 1999)
- 3- La contaminación por Nitrato, Nitrito, Flúor o sulfatos, el pH y la conductividad es despreciable o aceptable para las muestras analizadas.
- 4- Las anomalías de elementos trazas y metales deberían ser monitoreadas regularmente, puesto que se encuentran en la zona de recarga, pero también en las zonas de descarga del acuífero.
- 5- En la mayoría del área de estudio la vulnerabilidad medida mediante los métodos de GOD y GODS dio media a baja, puesto que a pesar de existir fuentes importantes de contaminantes existe un área de amortiguamiento, asociado a paquetes superficiales de suelo. Siendo alta la vulnerabilidad en las zonas donde existe la presencia de fuertes contaminantes, pero no los paquetes sedimentarios o de suelo que funcionan de amortiguación.
- 6- El riesgo determinado sobre el sistema fracturado para la mayoría del área fue moderado a bajo.

RECOMENDACIONES

- a) Dado que las zonas con una actividad antrópica sobre el basamento cristalino o de alto impacto sobre zonas de moderada vulnerabilidad implicaron en su totalidad un riesgo alto a muy alto para el área, implica que estos son factores a tener en cuenta frente a alguna planificación de ordenamiento territorial sobre las áreas en cuestión.
- b) Existe alguna anomalía cercana a los pozos en el área de descarga o la desembocadura del arroyo donde se encuentra un área industrial, allí se muestreó Schmith S. A y también un vivero Mossacco. Ambos presentan anomalía química asociada a metales que podrían ser fruto de una concentración por migración hacía la desembocadura, que pueden seguir siendo monitoreadas.
- c) Realizar el balance hídrico a nivel multitemporal y realizar comparaciones con un monitoreo de los niveles piezométricos para generar posible evolución de caudales a nivel temporal. Así como el reconocimiento de las fluctuaciones del sistema hídrico en subsuperficie.
- d) El Análisis bacteriológico asociado a la boca de los pozos hídricos que se esperaba poder realizar en coordinación con el CENUR, no se pudo gestionar en términos de tiempo para la extracción de la muestra y el arribo de estas en tiempo y forma. Por tanto, es una actividad que se recomienda realizar en estudios posteriores sobre el área.



Fig. 74 Pala mecánica sobre pila de basura en vertedero y curso hídrico aledaño. Cno. Cepeda esq. Felipe Cardoso.

Fig. 75 CECAD. Predio de uso equino. Cno. Miguel Rubino esq. Camino Adolfo Brunel.



Fig. 76 Curso hídrico canalizado en Camino Servando Gómez



BIBLIOGRAFÍA

- Agüero , J; Messalles Pujol (2000) “Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de una sección de los acuíferos del Valle central de costa Rica “ VII Conferencia Anual Latinoamericana de Usuarios Esri /Erdas y VI Conferencia Internacional de Topografía, Setiembre, p. 20-22.
- Agudelo C, (2005) “El agua, recurso estratégico del siglo XXI” Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, Vol. 23 No. 1.
- Alfaro, P; Martínez P; Castaño, S (2006) “Fundamento de Hidrogeología” Editorial Mundi Prensa Libros S.A, México – Barcelona.
- Aller, L; Bannett, T; Lehr, H; Petty, RJ (1985) “Drastic: A standardized System for evaluating ground water pollution potential using hidrogeologic setting”, National Water Well Association, Worthington, Ohio.-
- Auge. M. (2004). Vulnerabilidad de Acuíferos. Conceptos y Métodos. Universidad de Buenos Aires. CONICET:
- Bateman (2007), “Hidrología básica y aplicada” grupo de investigadores en transporte de sedimentos, UPC.
- Bossi; J; Gaucher, C (2004) “The Cuchilla Dionisio Terrane, Uruguay: An Allochthonous Block Accreted in the Cambrian to SW-Gondwana”. Gondwana Research, 661-674.
- Bossi, J; Ferrando, L; Montaña, J; Campal, N; Morales, H; Gancio, F; Schipilov, A; Piñeyro, D; Sprechmann, P (1998). Carta Geológica del Uruguay a escala 1:50.000. Ed. Facultad de Agronomía en CD-ROM
- Bossi, J; Celio, A; Mármol, S (2016) “Formación Libertad: su reformulación” Agrociencia Uruguay, Vol. 20 n.º1, jun ISSN 2301-1548, Montevideo
- Bossi Jorge, Celio Antonella, Mármol Sebastián (2016) “Formación Libertad: su
- CONAGUA (2009) “Programa detallado de acciones para el proyecto emblemático saneamiento integral de la cuenca del Río Duero. Comisión Nacional del Agua, México, 142pp.
- CIDE Centro de Estudiantes de Ciencias Económicas y de Administración (1965-1974) “Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social”, Compendio Montevideo.
- Custodio , E y Herrea, C (2000) “Utilización de la relación Cl/Br como trazador hidrogeoquímico en hidrogeología subterránea” Boletín Geológico y Minero, Vo. 111-4, 49 68 ISSN 03660176 pág.10.
- Custodio, E. y Llamas M. R. 1983. Hidrología subterránea. Ed. Omega. Barcelona.
- Durán et al (1976) “Carta de Suelos de la República Oriental del Uruguay”, Ministerio de agricultura y Pesca, Dirección de suelos y fertilizantes, Escala: 1:1.000.000.
- Espinoza, C. (2005), “Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos comparación

entre GOD y BGR” XI Congreso Geológico Chileno 7 al 11 de Agosto, Actas Vol.2 simposio Hidrogeología.

- Estudio (1992) “Uruguay - Estudio Ambiental Nacional-OEA” en concordancia OPP, OEA y BID.

- Freeze, AR; Cherry, J (1979) “Groundwater”, Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ

- Foster, S. (1987). Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution, risk and protection strategy. TNO Committee on Hydrogeological Research, Proceedings and Information 38: 69-86.

- Foster, S; Hirata, R (1988) “Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes” OPS-CEPIS. Lima., p80.

- García, F (2010), “Evaluación del peligro potencial de contaminación de las aguas subterráneas en la provincia de Talagante”, Chile. Tesis de posgrado Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100216>

- Guevara, JM (2006) “La fórmula de Penman-Monteith FAO (1998) para determinar la evapotranspiración de referencia” ETo Terra Nueva Etapa, vol. XXII, núm. 31, pp. 31-72 Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela

- Fawell, J.K; Giddings, M; Magara, Y; Ohanian, E; Toft, P (2003) “Guías para la calidad del agua potable” [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. ISBN 92 4 154696 4 https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

- Llamas, R y Custodio, E (1999) “Aguas subterráneas” CIDOB, revista Afers Internacionals, núm. 45-46 pp. 35-37

- Martínez Bengochea, P; Menara, R; Bervejillo, F; Sotelo, M; Sienra, M; Méndez, M; Larnaudie, D 2007) “Plan estratégico de gestión integrada de la Cuenca del Arroyo Carrasco (PECAC)”, Intendencia de Montevideo, Intendencia de Canelones y Ministerio de Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente en marco de Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

- Montaña, J (1999) “Caracterización y vulnerabilidad de sistemas hidrogeológicos discontinuos. Cuenca del Arroyo Carrasco” – Tesis doctoral -Montevideo - Uruguay. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

- Montaña, J; Hernandez, M; Álvarez, M; Montaña, M; Califra, A; Bonjour, M; “Análisis de Sensibilidad Ambiental en sistemas acuíferos fisurados de la cuenca del río Santa Lucía, Uruguay” – Agua subterránea recurso estratégico p.234-239 docplayer.es/212712661-Analisis-de-sensibilidad-ambiental-en-sistemas-acuiferos-fisurados-de-la-cuenca-del-rio-santa-lucia-uruguay.html

- Montaña, J; Guérèquiz, R; Apratto, M; Pérez, A; Morales, H; Collazo, P; Martínez, S. (2004) “Memoria de la Carta Geológica del Área Metropolitana de Montevideo”,

Facultad de Ciencias, Uruguay.

- Norma UNIT (2008) “Agua potable. Requisitos” revisión de Norma UNIT 833 “Agua potable. Parámetros indicadores de calidad” publicada 1990, a la cual sustituye.
- Oleaga (2005) informe “Evaluación, uso y gestión de agua subterránea en Montevideo Refrescos, S.A” A. Rivera 2213/203. – Montevideo – Uruguay
- OMS, (2003) “Aluminium in drinking-water” Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/53).
- OSE, Norma Interna para la Calidad de Agua potable, diciembre (2006).
- Palacios, R; Enríquez H, Enríquez, G, Mercedes M; Márquez, M; Jairo, J; Maratón, H (2005) “*Modelación de acuíferos para el aprovechamiento sostenible del agua subterránea – caso de estudio: Valle del Cauca (Colombia).*” Artículo - Article. XXI Congreso latinoamericano de hidráulica. Sao Pedro, Brasil. .
- Panario, D. (1988). Geomorfología del Uruguay. Facultad de Ciencias, Universidad de la República, pp. 32 (Avances de Investigación).
- Pérez Ceballos, Rosela; Pacheco Ávila, Julia Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán Ingeniería, vol. 8, núm. 1, enero-abril, 2004, pp. 33-42 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México
- Renteria, M (2004) “Estudio del uranio total en agua subterránea en la ciudad de Jiménez, Chihuahua” Congreso Internacional Conjunto Cancún. LAS/ANS – SMN – SMSR – 11 al 14 Junio.
- Sánchez L., Peel E.; Masquelin E. (2010) “Neoproterozoic tectonic synthesis of Uruguay” International Geology Review, 52:51–78
- Schulz, CJ; García, R.F (2015) “Balance hídrico y recarga de acuíferos” Asociación internacional de hidrogeólogos, grupo chileno. Universidad nacional de la Pampa y Universidad Nacional de Salta.
- Segura, Luis Alberto; Saracho, Marta Alicia; Nieva, Nadia Yanina (2011) “Riesgo de contaminación de los recursos hídricos por actividades antropogénicas en el Departamento capital, provincia de Catamarca, República Argentina” Revista Geográfica de América Central, vol. 2, julio-diciembre pp. 1-15 Universidad Nacional Heredia, Costa Rica
- Simmers (1997) Recharge of Phreatic Aquifers in (Semi-)Arid Areas. IAH Int. Contrib. Hydrogeol. 19, AA Balkema, Rotterdam, 277 p.
- Suematsu, G (1995) “Parámetros de calidad para el uso de aguas residuales, guía de calidad de efluentes para la protección de la salud” CEPIS – OPS
- Veroslavsky, G; Ubiclla, M; y Martínez, S (2004), “Cuencas Sedimentarias de Uruguay”, DIRAC, Facultad de Ciencias, Montevideo – Uruguay, pág. 83-87.
- Villalobros, R (2012) “Influencia del Hierro en la remoción de Uranio por membranas Proyecto Facultad de Ciencias – Centro Tecnológico del Agua – 2018-2019

de triacetato de celulosa con carbono activado” Centro de Investigaciones en materiales avanzados S.C, posgrados. Doctorado. Chihuahua, chih. Noviembre.

- Villarroya, F (2009) “Jornadas técnicas sobre aprovechamiento de aguas subterráneas para riego” Torrejón de Ardoz (Madrid), Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), curso del 2 a 4 de junio

ANEXO

Se encuentra en este apartado:

- a. Los datos del Relevamiento realizado en las salidas exploratorias, el registro de nuevos pozos que no se encontraban en la información brindada por organismos gubernamentales, la medición piezométrica de los pozos a los que se accedió, características de la situación de los pozos y fotografías de los mismos.
- b. Los datos relevados de pozos a nivel bibliográfico, tanto por parte de la DINAMA (Dirección Nacional de Medio Ambiente) como por la DINAMIGE (Dirección Nacional de Minería y Geología), así como en el trabajo realizado por Oleaga, 2005.
- c. Descripción geológica de pozos y cortes sobre la zona de la empresa Montevideo Refrescos S. A, Oleaga, 2005.
- d. Los datos relevados sobre las empresas sobre el área inicial y la cuenca de trabajo.
- e. Tablas de datos generados para el análisis de GOD y GODS.
- f. Los resultados hidrogeoquímicos e isotópicos generados por la empresa ACMELab S. A de Canadá.
- g. Cálculo en meq/l y de error de los resultados físico – químicos dispuestos por el laboratorio Acme lab, para la realización de los diagramas de Piper y Stiff.
- h. Valores de precipitación y temperaturas dispuestos por INUMET (Instituto Nacional de Meteorología) para el análisis del Balance Hídrico.
- i. Análisis de los datos para la calidad hídrica por OMS (1993) (Organización Mundial de la Salud), UNIT (2008) para el agua potable y los límites y sus limitantes para la OSE en cuanto a las condiciones físicas y químicas del agua apta para consumo.

Propietario	Nº	Profundidad (m)	Prof. Nivel estático (m)	Prof. Nivel dinámico (m)	Caudal (l/h)	Nivel de succión (m)
Fellisatti	1	42	8	20	9000	25
Brignoni	2	62	-	-	600	-
Club San Nicolás	3	45	-	-	10000	-
La Menais	4	40			7000	30
Maginor	5				5000	
QUINTA	6				10000	
Club Hípico	7	40			10000	
Saint Brendans	8	25			10000	
Parque Loyola	10	36.8	-	-	9700	-
Riciardi	11	40	8.60	11.60	12000	
J.J.Olivera	12	60	18.75	47.50	7900	
MONRESA (centro)	13	70	13	59	9900	
Santa Rita	14	70	-	-	9000	53
Defensor Sporting	15	61	15	45	12000	
Devoto	16	65	10		10000	27
Vivero Tarino	17	25	-	-	15000	
San Luis Tenis	18	11	-	-	2000	
La Academia	19	15	-	-	1000	
Estadio Charrúa	20	55	-	-	3500	
Comp.Dpt. Portones	21	60	-	-	2000	
Tienda Inglesa	22	87	-	-	1500	
Benimar	23	38	-	-	12000	

Fig. 77 Datos de las perforaciones relevadas en el informe de Oleaga, 2005

ID	X_UTM	Y_UTM	Caudal (m3)	Volumen	Uso	Destino	Tipo De acuífero	Profundidad	Diámetro (cm)	Caudal Ensayo	Nivel Estático	Nivel Dinámica	Caudal Máxima
1	582605,8124	6141443,152	9	23,760.00	Otros usos	Control de Ir		80	150		18	65	9
2	585610,91	6142432,915	6	12,960.00	Industrial	Otros		30	152	0,55	15	26	6
3	585680,4556	6142813,989	12	25,920.00	Industrial	Otros		77	152	0,24	11	60	12
4	585606,7183	6142750,887	5	10,800.00	Industrial	Otros		91	150		19	86	5
5	585602,4327	6142726,944	7	15,120.00	Industrial	Otros		38	150	0,58	18	30	7
6	582774,6339	6142433,877	12	17,280.00	Industrial	Otros	AMBOS	63	160	12	7,3	44,2	12
7	585811,5219	6142070,603	15	40,500.00	Industrial	Otros		66	150	0,49	18	59	15
8	585723,8075	6142092,648	15	40,500.00	Industrial	Otros		92	150	0,4	35	85	15
9	585800,3951	6141892,78	20	45,000.00	Industrial	Otros		66	150				20
10	581948,1779	6140875,174	3,5	7,560.00	Industrial	Alimentos		61	150	0,08	9,5	40,5	3,5
11	584782,6846	6142229,883	5	1,500.00	Riego	Otros		54	160	0,65	14,2	23,4	5
12	582921,0792	6142307,156	6	21,600.00	Otros usos	Comercial		68	160		15	56	6
13	584466,3055	6142358,64	8,5	8,160.00	Otros usos	Otros		54	140	0,38	8	30	8,5
14	585652,67	6141244,709	10	18,000.00	Riego	Hortalizas		33	4				10
15	583619,7812	61411243,805	3	1,080.00	Otros usos	Comer		40	280	0,18	12,5	29,5	3

Fig. 79 Datos de los pozos dispuesta por la (DINAMA), 2018

Id	NumPozo	CoordX	CoordY	CoordZ	IdPozo	UltimoCaud	Profundidad	CODIGO
16	1149	586101,9912	6142241,852	0	DIN K 117/2	1	39	16
17	2368	586101,9912	6142241,852	0	DIN K 117/1	0	27,5	17
18	6546	582343,9921	6143068,624	0	DIN D 162	2,8	60	18
19	6547	582484,4402	6141272,443	0	DIN D 163	8	21,7	19
20	8133	583677,025	6142686,769	0	DIN A 829	0,8	50,75	71
21	8141	584218,848	6143604,03	0	DIN A 303	0	0	70
22	8333	585002,467	6142255,016	0	DIN B 101	3,3	32,4	69
23	8369	581596,4199	6141165,109	0	DIN B 129	4	60,89	68
24	8402	585615,0127	6141229,957	0	DIN B 283	4,4	15	67
25	8476	585010,6796	6142105,958	0	DIN B 678	12	45	66
26	8528	585600,9648	6142895,676	0	DIN B 1046	7,5	70,6	65
27	8530	585682,6661	6142872,704	0	DIN B 1053	0	6,63	64
28	8605	583511,4695	6142552,788	0	DIN C 424	6,1	56,6	63
29	8612	585602,7785	6141210,109	0	DIN C 465	0	0	62
30	8613	585602,7785	6141210,109	0	DIN C 470	0,6	83	61
31	8614	585602,7785	6141210,109	0	DIN C 475	0	80,8	60
32	8615	585602,7785	6141210,109	0	DIN C 477	0	61,2	59
33	8616	585602,7785	6141210,109	0	DIN C 479	0	77,1	58
34	8619	585617,7122	6141204,932	0	DIN C 495	0	54	57
35	8621	585600,552	6141191,141	0	DIN C 503	0	18	56
36	8622	585600,552	6141191,141	0	DIN C 504	0	20	55
37	8692	585095,2431	6141654,068	0	DIN E 81	1,8	65,25	54
38	8750	582882,8815	6141235,68	0	DIN Bo 92	0,8	23,7	53
39	8876	583642,5064	6140972,654	0	DIN E 806	9,7	36,75	52
40	8911	585430,8647	6141380,122	0	DIN E 134	3,2	74	51
41	8983	582836,6423	6143970,475	0	DIN G 27	7	14,6	50
42	9003	585780,8051	6142552,615	0	DIN G 81	3,5	62	49
43	9004	585377,162	6141904,624	0	DIN G 82	33	38	48
44	9021	585778,2342	6143089,501	0	DIN G 95	26	38	47
45	9080	585018,4332	6141000,165	0	DIN K 49	16	38	46
46	9183	582693,0353	6141911,767	0	DIN E 171	5	40,8	45
47	9225	585879,5884	6142620,414	0	DIN K 2	7,5	30	44
48	9336	583794,0268	6141019,826	0	DIN H 315	2,4	60	43
49	9338	583750,0221	6141018,354	0	DIN H 319	2,1	74	42
50	9406	584539,6352	6141255,831	0	DIN K 289	10	72	41
51	9407	585743,381	6141848,253	0	DIN K 290/1	25	63,05	40
52	9408	585740,8792	6141806,294	0	DIN K 290/2	25	53,55	39
53	9409	584815,6446	6142098,295	0	DIN K 291	13,5	70,15	38
54	9414	585747,259	6142005,164	0	DIN K 295/1	25	42,3	37
55	9415	585793,299	6142009,612	0	DIN K 295/2	20	40,5	36
56	9416	585776,6294	6142036,804	0	DIN K 295/3	5	48,9	35

57	9467	585840,8988	6142561,893	0	DIN K 90/1	0	38,6	34
58	9468	585824,1215	6142580,089	0	DIN K 90/2	6	27,65	33
59	9469	585858,1188	6142580,682	0	DIN K 91	27	41,05	32
60	9540	583415,5257	6142054,075	0	DIN O 35	0,6	65	31
61	9544	584545,0503	6141958,574	0	DIN O 39	0,4	35	30
62	9547	585808,5678	6142032,423	0	DIN K 295/4	5	56,4	29
63	9548	585827,2843	6142009,205	0	DIN K 295/5	28	71	28
64	9554	585321,0534	6142228,208	0	DIN K 305/1	6	107,3	27
65	9555	585325,3628	6142254,149	0	DIN K 305/2	12	87,2	26
66	9558	585794,5253	6142195,547	0	DIN K 308	6	66,4	25
67	9567	582730,5116	6141117,538	0	DIN K 316	4	52	24
68	9568	586026,2469	6143096,53	0	DIN K 321	1,2	62	23
69	9569	581530,0303	6141130,914	0	DIN P 2	5	30	22
70	10562	582974,9712	6143917,834	0	DIN LL 3	2	100	21
71	10563	582806,5905	6143881,86	0	DIN LL 4	5,5	96	20

Fig. 80 Atributos de pozos dispuestos por la DINAMIGE (Dirección Nacional de Minería y Geología).

Id	RAZONSOC	CODE MPLEO	EMPLEO	CODRAMA	RAMA	FECHARELEV
1	CRISTALPET SA	3	100 O MAS TRABAJADORES	3560	PRODUCTOS DEL PLASTICO	2004
2	MONTEVIDEO REFRESCOS SA	3	100 O MAS TRABAJADORES	3134	BEBIDAS SIN ALCOHOL	2004
3	PERMIN SA	2	50 A 99 TRABAJADORES	3699	FABRICACION DE PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS	2004
4	RUSCH URUGUAY LTDA	3	100 O MAS TRABAJADORES	3560	PRODUCTOS DEL PLASTICO	2004
5	SUDY LEVER S A	2	50 A 99 TRABAJADORES	3523	ARTICULOS DE LIMPIEZA Y TOCADOR	2004
6	TEXTILA LTDA.	1	20 A 49 TRABAJADORES	3219	TEXTILES N.E.P.	2004
7	URUQUIM S A	1	20 A 49 TRABAJADORES	3523	ARTICULOS DE LIMPIEZA Y TOCADOR	2004
8	BUFFET	2	50 A 99 TRABAJADORES	3113	ENVASADO Y CONSERVACION DE FRUTAS Y LEGUMBRES	2004
9	ALBERTO BRIGNONI SA	2	50 A 99 TRABAJADORES	3699	FABRICACION DE PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS	2004
10	ALBERTO BRIGNONI SA	2	50 A 99 TRABAJADORES	3699	FABRICACION DE PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS	2004
11	LARINUR S A	3	100 O MAS TRABAJADORES	3117	PAN, REPOSTERIA, PASTAS, GALLETERIA	2004
12	LUIS G BONOMI Y CIA S A	2	50 A 99 TRABAJADORES	3121	PRODUCTOS ALIMENTICIOS DIVERSOS	2004
13	URUKOR SA	2	50 A 99 TRABAJADORES	3412	ENVASES Y CAJAS PAPEL Y CARTON	2004

Fig. 81 Datos sobre los emprendimientos industriales sobre el área de estudio.

Nombre	ID	Día	Hora (am)	Geología	Profundidad	Nivel Estático (m)	Nivel Dinámico (m)	Nivel de bombeo	Caudal (m ³ /h)	Diametro tubería (mm)	Temp (°C) campo	Conductividad Campo (	Conductividad Lab (	PH campo	PH Lab	Turbidez (TNU)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Resistividad (HW/s)	Total Sólidos Disueltos	FSU
Los OLIVOS	1	27/2/2019		De 0 a 12 metros Arcilla De 12 a 64 metros Roca	70	8,38			8	160	23,13	1416,5		7,33	8,3	0	6,67	0,0007	726	0,73
Los CEIBOS	2	28/2/2019				4,91					20,18	1348		7,36	8,2	2,1	3,93	0,0007	700	0,7
La MENNAIS	3	27/2/2019	9:45 a. m.								19,5	1643		7,19	8,22	0,2	2,59	0,0006	8,67	0,88
SAN NICOLAS	4	29/1/2019	9:40		40	7,17					20,84	1726,5		7,17	8,25	0,2	0,95	0,0006	900	0,92
Hormigones	5	28/2/2019			19,83	0,3					20,3	3157,5		6,79	7,98	0,1	1,5	0,0003	1638	1,72
Nautico	6	27/2/2019	10:20												8,27					
Viviero Mossaco	7	28/2/2019			s/n	7,17					20,52	729,5		7,02	8,6	0,2	2,75	0,0013	383	0,38
Saint Brendans	8	27/2/2019													8,22					
Schmith	9	28/2/2019	10:10								20,22	1921		7,08	8,23	0,7	3,36			
Defensor Sporting	10	27/2/2019	11:15																	
Náutico pozo 2		29/1/2019		sin bomba	76	12,39														
Los olivos	Pozo antiguo					7,93														
Aborgama SA	Dinagua	20/2/2017		Lit: 5m libertady luego granito gris alterado de 5 a 63	63	18,16			50	160	18,9									
Canteras montevideo	NO presenta pozo, retira material del granito gris alterado y fracturado.																			
Hormigones UY	Análisis 2013													6,95						2400 (rango para hormigón de 3500 a 5000)
Los olivos	Análisis 2018 (año de construcción)					1	58	60												
Aborgama	Año 2017					18,3						1130		7,14						

Fig. 82 Datos de campo tanto para los puntos que fueron muestreados para química como aquellos que fueron relevados inicialmente.

Generación del análisis de GOD y GODS

ID	PROFUNDIDAD	G GOD	O GOD	D GOD	S	G-O-D	GOD-S	AMENAZAS	RIESGO	RIESGO
1	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
2	11	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,40	3,90	MODERADO
3	14	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
4	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
5	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
6	15	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
7	16	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
8	19	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
9	18	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
10	24	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
11	5	0,8	0,70	0,60	1	2,10	3,10	0,20	3,30	MUY BAJO
12	17	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
13	16	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
14	6	0,8	0,70	0,60	1	2,10	3,10	0,20	3,30	MUY BAJO
15	23	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
16	7	0,8	0,70	0,60	1	2,10	3,10	0,20	3,30	MUY BAJO
17	22	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
18	8	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
19	21	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
20	7	0,8	0,70	0,60	1	2,10	3,10	0,20	3,30	MUY BAJO
21	9	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
22	20	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
23	8	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
24	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
25	11	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,40	3,90	MODERADO
26	19	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
27	10	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	1,00	4,50	MUY ALTO
28	9	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
29	9	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
30	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
31	8	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
32	7	0,8	0,70	0,60	1	2,10	3,10	0,20	3,30	MUY BAJO
33	14	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
34	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
35	15	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
36	16	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
37	9	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
38	11	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,40	3,90	MODERADO
39	15	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
40	10	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	1,00	4,50	MUY ALTO
41	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
42	16	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
43	10	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	1,00	4,50	MUY ALTO
44	11	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,40	3,90	MODERADO
45	15	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
46	18	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
47	11	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,40	3,90	MODERADO
48	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
49	16	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
50	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
51	14	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
52	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
53	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
54	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
55	15	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
56	18	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
57	10	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	1,00	4,50	MUY ALTO
58	19	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
59	17	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
60	18	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO

ID	PROFUNDIDAD	G. GOD	O. GOD	D. GOD	S	G-O-D	GOD-S	AMENAZAS	RIESGO	RIESGO
61	17	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
62	7	0,8	0,70	0,60	1	2,10	3,10	0,20	3,30	MUY BAJO
63	17	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
64	16	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
65	14	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
66	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
67	16	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
68	8	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
69	11	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,40	3,90	MODERADO
70	9	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
71	14	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
72	15	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
73	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
74	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
75	10	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	1,00	4,50	MUY ALTO
76	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
77	8	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
78	9	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
79	9	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
80	18	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
81	17	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
82	16	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
83	10	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	1,00	4,50	MUY ALTO
84	15	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
85	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
86	14	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,60	3,90	MODERADO
87	8	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
88	13	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,60	4,10	ALTO
89	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
90	11	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,40	3,90	MODERADO
91	10	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	1,00	4,50	MUY ALTO
92	9	0,8	0,80	0,70	1	2,30	3,30	0,40	3,70	MODERADO
93	11	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	0,40	3,90	MODERADO
94	12	1	0,70	0,60	1	2,30	3,30	0,40	3,70	BAJO
95	10	1	0,80	0,70	1	2,50	3,50	1,00	4,50	MUY ALTO

Fig. 83 GESTIÓN DE PONDERACIÓN DE LAS VARIABLES PARA: GOD, GOD y análisis del Riesgo

Resultados de parámetros físico – químicos obtenidos en laboratorio

Maxxam ID		VN2594			VN2595		VN2596		VN2597		
Sampling Date		27/2/2019			2019/02/28 11:40		27/1/2019				
COC Number		08469925			08469925		08469925		08469925		
	UNITS	LOS OLIVOS	RDL	QC Batch	LOS CEIBOS	QC Batch	LA MENAIS	QC Batch	SAN NICOLAS	RDL	QC Batch
ANIONS											
Nitrite (N)	mg/L	<0.0050	0.0050	9384242	<0.0050	9384242	<0.0050	9384242	<0.0050	0.0050	9384242
Calculated Parameters											
Nitrate (N)	mg/L	3.26	0.040	9382008	8.07	9382008	6.69	9382008	5.10	0.20	9382008
Misc. Inorganics											
Fluoride (F)	mg/L	0.800	0.020	9385160	0.480	9385157	0.580	9385160	0.630	0.020	9385157
Alkalinity (Total as CaCO3)	mg/L	631	1.0	9384227	522	9384227	660	9384227	564	1.0	9384227
Alkalinity (PP as CaCO3)	mg/L	4.6	1.0	9384227	<1.0	9384227	<1.0	9384227	<1.0	1.0	9384227
Bicarbonate (HCO3)	mg/L	758	1.0	9384227	636	9384227	806	9384227	689	1.0	9384227
Carbonate (CO3)	mg/L	5.5	1.0	9384227	<1.0	9384227	<1.0	9384227	<1.0	1.0	9384227
Hydroxide (OH)	mg/L	<1.0	1.0	9384227	<1.0	9384227	<1.0	9384227	<1.0	1.0	9384227
Anions											
Dissolved Bromide (Br)	mg/L	0.77	0.010	9385588	0.71	9385588	0.83	9385588	1.2	0.010	9385588
Dissolved Sulphate (SO4)	mg/L	51.8	1.0	9385757	51.7	9387212	86.9	9385757	39.5	1.0	9385749
Dissolved Chloride (Cl)	mg/L	100	1.0	9385756	120	9385747	120	9385756	93	1.0	9385747
Nutrients											
Nitrate plus Nitrite (N)	mg/L	3.26 (1)	0.040	9384240	8.07 (1)	9384240	6.69 (1)	9384240	5.10 (1)	0.20	9384240
Physical Properties											
Conductivity	uS/cm	1490	2.0	9384226	1410	9384226	1700	9384226	1360	2.0	9384226
pH	pH	8.33		9384224	8.20	9384224	8.22	9384224	8.25		9384224

Maxxam ID		VN2598		VN2599		VN2600		VN2601		VN2602		
Sampling Date		28/2/2019				2019/02/27 14:00		2019/02/28 12:15		2019/02/28 10:00		
COC Number		08469925		08469925		08469925		08469925		08469925		
	UNITS	HORMIGONES	RDL	NAUTICO	QC Batch	VIVERO MOSSACO	SAINT BRENDANS	QC Batch	SMITH	RDL	QC Batch	
ANIONS												
Nitrite (N)	mg/L	0.0248	0.0050	0.0143	9384242	0.0065	0.0092	9384242	0.0071	0.0050	9384242	
Calculated Parameters												
Nitrate (N)	mg/L	2.96	0.10	9.71	9382008	10.2	8.58	9382008	6.91	0.20	9382008	
Misc. Inorganics												
Fluoride (F)	mg/L	0.460	0.020	0.610	9385160	0.310	0.570	9385160	0.420	0.020	9385157	
Alkalinity (Total as CaCO3)	mg/L	811	1.0	544	9384227	292	599	9384227	624	1.0	9384227	
Alkalinity (PP as CaCO3)	mg/L	<1.0	1.0	<1.0	9384227	11.2	<1.0	9384227	<1.0	1.0	9384227	
Bicarbonate (HCO3)	mg/L	990	1.0	663	9384227	329	731	9384227	761	1.0	9384227	
Carbonate (CO3)	mg/L	<1.0	1.0	<1.0	9384227	13.5	<1.0	9384227	<1.0	1.0	9384227	
Hydroxide (OH)	mg/L	<1.0	1.0	<1.0	9384227	<1.0	<1.0	9384227	<1.0	1.0	9384227	
Anions												
Dissolved Bromide (Br)	mg/L	3.2 (1)	0.020	0.85	9385588	0.28	0.91	9385588	1.3	0.010	9385588	
Dissolved Sulphate (SO4)	mg/L	97.6	1.0	60.5	9385757	41.8	75.6	9385749	115	1.0	9385749	
Dissolved Chloride (Cl)	mg/L	560 (1)	10	120	9385756	33	140	9385747	190	1.0	9385747	
Nutrients												
Nitrate plus Nitrite (N)	mg/L	2.99 (1)	0.10	9.72 (1)	9384240	10.2 (1)	8.59 (1)	9384240	6.91 (1)	0.20	9384240	
Physical Properties												
Conductivity	uS/cm	3180	2.0	1490	9384226	774	1630	9384226	1960	2.0	9384226	
pH	pH	7.98		8.27	9384224	8.60	8.22	9384224	8.23		9384224	

Fig. 84 Resultados brindados por el Bureau Veritas, Acme Lab de Canadá, de las características físico – químicas de las muestras.

Tablas de los análisis de químicos para elementos menores y trazas presentes en el agua por el bureau Veritas, Acme Lab de Canadá.

	Method	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200
	Analyte	Dilution	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Ca
	Unit	NONE	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPM
	MDL	1	0.05	1	0.5	0.05	5	0.05	0.05	0.05	5	0.05
Sample	Type											
LOS	OLIVOS	Water	1	<0.05	<1	12.7	<0.05	257	49.46	<0.05	<0.05	593
LOS	CEIBOS	Water	1	<0.05	<1	15.5	<0.05	253	132.22	<0.05	<0.05	528
LA	MENAI	Water	1	<0.05	<1	20.1	<0.05	304	76.50	<0.05	<0.05	628
SAN	NICOLAS	Water	1	<0.05	<1	15.1	<0.05	220	47.96	<0.05	<0.05	596
HORMIGON	Water	1	<0.05	<1	12.2	<0.05	296	776.89	0.08	<0.05	2547	223.29
NAUTICO	Water	1	<0.05	<1	15.1	<0.05	282	107.00	<0.05	<0.05	611	67.75
VIVERO	MOSSACO	Water	1	<0.05	<1	5.1	<0.05	163	88.54	<0.05	<0.05	202
SAINT	BRENDANS	Water	1	<0.05	<1	16.3	<0.05	275	151.02	<0.05	<0.05	665
SMITH	Water	1	<0.05	2	12.8	<0.05	236	57.81	<0.05	<0.05	913	29.38
Pulp	Duplicates											
LOS	CEIBOS	Water	1	<0.05	<1	15.5	<0.05	253	132.22	<0.05	<0.05	528
LOS	CEIBOS	REP	1	<0.05	<1	16.3	<0.05	250	136.24	<0.05	<0.05	543
Reference	Materials											
STD	TMDA-70.2	STD (Estándar)	1	9.14	421	41.0	<0.05	34	314.88	16.07	6.82	19
BLK	BLK	(Blanco de comparación)	<0.05	<1	<0.5	<0.05	<5	<0.05	<0.05	<0.05	<5	<0.05

Fig. 85 Resultados Plata, Aluminio, Arsénico, Oro, Bromo, Baladio, Berilo, Bismuto, Bromo y Calcio.

	Method	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200
	Analyte	Dilution	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu
	Unit	NONE	PPB	PPB	PPM	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB
	MDL	1	0.05	0.01	1	0.02	0.5	0.01	0.1	0.01	0.01	0.01
Sample	Type											
LOS	OLIVOS	Water	63.69	<0.05	<0.01	88	0.03	30.8	0.01	0.9	<0.01	<0.01
LOS	CEIBOS	Water	76.38	<0.05	<0.01	108	<0.02	28.2	<0.01	0.7	<0.01	<0.01
LA	MENAI	Water	66.14	<0.05	<0.01	103	0.09	35.0	<0.01	0.7	<0.01	<0.01
SAN	NICOLAS	Water	60.89	<0.05	<0.01	79	<0.02	31.0	<0.01	0.3	<0.01	<0.01
HORMIGON	Water	1	0.10	0.03	563	26.61	49.5	<0.01	8.5	<0.01	<0.01	<0.01
NAUTICO	Water	1	<0.05	<0.01	105	0.06	30.1	<0.01	1.1	<0.01	<0.01	<0.01
VIVERO	MOSSACO	Water	41.29	<0.05	<0.01	31	0.13	19.3	<0.01	0.8	<0.01	<0.01
SAINT	BRENDANS	Water	80.96	<0.05	<0.01	125	0.22	33.4	<0.01	0.7	<0.01	<0.01
SMITH	Water	1	<0.05	<0.01	195	0.10	24.1	<0.01	1.6	<0.01	<0.01	<0.01
Pulp	Duplicates											
LOS	CEIBOS	Water	76.38	<0.05	<0.01	108	<0.02	28.2	<0.01	0.7	<0.01	<0.01
LOS	CEIBOS	REP	77.11	<0.05	<0.01	108	<0.02	30.9	<0.01	0.8	<0.01	<0.01
Reference	Materials											
STD	TMDA-70.2	STD (Estándar)	20.64	134.42	<0.01	17	286.84	379.7	<0.01	392.3	<0.01	<0.01
BLK	BLK	(Blanco de comparación)	<0.05	<0.01	<1	<0.02	<0.5	<0.01	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01

Fig. 86 Resultado Cadmio, Cerio, Cloro, Cobalto, Cromo, Cesio, Cobre, Disproso, Erblio y Europio

	Method	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	
	Analyte	Dilution	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	In	K	La	
	Unit	NONE	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPM	PPB	
	MDL		1	10	0.05	0.01	0.05	0.02	0.1	0.01	0.01	0.05	0.01
Sample	Type												
LOS	OLIVOS	Water	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.12	0.04	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	2.65
LOS	CEIBOS	Water	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.12	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	5.16
LA	MENAI	Water	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.10	0.03	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	3.06
SAN	NICOLAS	Water	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.09	<0.02	0.1	<0.01	<0.01	<0.01	2.98
HORMIGONI	Water		1	<10	0.06	<0.01	0.08	<0.02	0.1	<0.01	<0.01	8.14	<0.01
NAUTICO	Water		1	<10	<0.05	<0.01	0.06	<0.02	0.1	<0.01	<0.01	3.38	<0.01
VIVERO	MOSSACO	Water	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	6.13
SAINT	BRENDANS	Water	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.11	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	3.15
SMITH	Water		1	<10	<0.05	<0.01	0.11	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	10.30	<0.01
Pulp	Duplicates												
LOS	CEIBOS	Water	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.12	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	5.16
LOS	CEIBOS	REP	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.10	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	5.14
Reference	Materials												
STD	TMDA-70.2	STD (Estándar)	<0.01		321	0.08	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	0.98
		(Blanco de comparación)	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01
BLK	BLK	(Blanco de comparación)	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01

Fig. 87 Resultados de Hierro, Gadmio, Gadolino, Germanio, Hafnio, Mercurio, Holmio, Indio, Potación y Lantano.

	Method	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	
	Analyte	Dilution	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni	P	
	Unit	NONE	PPB	PPB	PPM	PPB	PPB	PPM	PPB	PPB	PPB	PPB	
	MDL		1	0.1	0.01	0.05	0.05	0.1	0.05	0.01	0.01	0.2	10
Sample	Type												
LOS	OLIVOS	Water	<0.01	18.9	<0.01	20.46	1.01	4.1	299.78	0.23	<0.01	<0.2	
LOS	CEIBOS	Water	<0.01	20.6	<0.01	33.46	0.09	1.1	232.62	0.12	<0.01	<0.2	
LA	MENAI	Water	<0.01	22.8	<0.01	30.19	0.17	1.8	336.43	0.07	<0.01	0.6	
SAN	NICOLAS	Water	<0.01	21.6	<0.01	27.68	<0.05	1.4	250.53	0.03	<0.01	<0.2	
HORMIGONI	Water		1	28.1	<0.01	79.67	6733.01	5.9	427.50	0.05	<0.01	44.8	50
NAUTICO	Water		1	20.4	<0.01	31.55	0.36	1.5	267.18	0.03	<0.01	0.7	20
VIVERO	MOSSACO	Water	<0.01	6.6	<0.01	10.36	0.17	0.7	141.68	<0.01	<0.01	0.3	
SAINT	BRENDANS	Water	<0.01	23.9	<0.01	36.64	0.13	1.2	297.73	0.02	0.01	2.6	
SMITH	Water		1	20.8	<0.01	40.50	0.19	2.1	330.79	0.02	<0.01	0.8	<10
Pulp	Duplicates												
LOS	CEIBOS	Water	<0.01	20.6	<0.01	33.46	0.09	1.1	232.62	0.12	<0.01	<0.2	
LOS	CEIBOS	REP	<0.01	21.0	<0.01	34.20	0.09	1.1	235.45	0.10	<0.01	<0.2	
Reference	Materials												
STD	TMDA-70.2	STD (Estándar)	<0.01	22.0	<0.01	5.11	316.24	246.7	8.74	<0.01	<0.01	334.4	
		(Blanco de comparación)	<0.1	<0.01	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.01	<0.01	<0.2	<10	
BLK	BLK	(Blanco de comparación)	<0.1	<0.01	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.01	<0.01	<0.2	<10	

Fig. 88 Resultados de Litio, Lutecio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Niobio, Neodimio, Níquel, Fósforo.

	Method	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200
	Analyte	Dilution	Pb	Pd	Pr	Pt	Rb	Re	Rh	Ru	S	Sb
	Unit	NONE	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPM	PPB
	MDL		1 0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05		1 0.05
Sample	Type											
LOS	OLIVOS	Water		17 <0.2	0.02	<0.01	<0.01	0.51	<0.01	<0.01	<0.05	17
LOS	CEIBOS	Water		20 <0.2	0.02	<0.01	<0.01	0.22	<0.01	0.01	<0.05	16
LA	MENAI	Water		24 <0.2	<0.01	<0.01	0.01	0.37	<0.01	0.01	<0.05	26
SAN	NICOLAS	Water		12 <0.2	<0.01	<0.01	0.01	0.21	<0.01	<0.01	<0.05	13
HORMIGON	Water		1 <0.2	0.04	<0.01	0.01	0.77	<0.01	0.03	<0.05		33 0.09
NAUTICO	Water		1 <0.2	0.01	<0.01	0.01	0.41	<0.01	0.02	<0.05		19 <0.05
VIVERO	MOSSACO	Water		241 <0.2	0.01	<0.01	<0.01	0.80	<0.01	<0.01	<0.05	14
SAINT	BRENDANS	Water		13 <0.2	0.02	<0.01	0.01	0.30	0.01	0.01	<0.05	24
SMITH	Water		1 <0.2	0.01	<0.01	<0.01	0.16	<0.01	0.01	<0.05		37 <0.05
Pulp	Duplicates											
LOS	CEIBOS	Water		20 <0.2	0.02	<0.01	<0.01	0.22	<0.01	0.01	<0.05	16
LOS	CEIBOS	REP		18 <0.2	<0.01	<0.01	0.02	0.20	<0.01	<0.01	<0.05	16
Reference	Materials											
STD	TMDA-70.2	STD (Estándar)	<10	439.0	0.11	<0.01	<0.01	0.68	<0.01	0.02	<0.05	6
BLK	BLK	(Blanco de comparación)	<0.2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<1	<0.05

Fig. 89 Resultados de Plomo, Paladio, Praseodimio, Plata, Rubidio, Renio, Rodio, Rutenio, Azufre, Antimonio.

	Method	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200
	Analyte	Dilution	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te	Th
	Unit	NONE	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB
	MDL		1	0.5	40	0.02	0.05	0.01	0.02	0.01	0.05	0.05
Sample	Type											
LOS	OLIVOS	Water	0.08	<1	3.2	31695	<0.02	<0.05	516.66	0.06	<0.01	<0.05
LOS	CEIBOS	Water	<0.05	<1	2.6	34656	<0.02	<0.05	721.51	0.04	<0.01	<0.05
LA	MENAI	Water	<0.05	<1	2.8	36644	<0.02	0.08	660.89	0.02	<0.01	<0.05
SAN	NICOLAS	Water	<0.05	<1	2.5	34150	<0.02	<0.05	574.53	<0.02	<0.01	<0.05
HORMIGON	Water		1 <1	7.1	33985	<0.02	<0.05	1938.45	0.03	<0.01	<0.05	<0.05
NAUTICO	Water		1 <1	2.4	32410	<0.02	<0.05	651.74	<0.02	<0.01	<0.05	<0.05
VIVERO	MOSSACO	Water	0.05	<1	2.7	35070	<0.02	<0.05	238.30	<0.02	<0.01	<0.05
SAINT	BRENDANS	Water	<0.05	<1	2.0	35598	<0.02	<0.05	809.08	<0.02	<0.01	<0.05
SMITH	Water		1 <1	3.3	32144	<0.02	<0.05	698.57	<0.02	<0.01	<0.05	<0.05
Pulp	Duplicates											
LOS	CEIBOS	Water	<0.05	<1	2.6	34656	<0.02	<0.05	721.51	0.04	<0.01	<0.05
LOS	CEIBOS	REP	<0.05	<1	2.3	34209	<0.02	<0.05	749.07	0.03	<0.01	<0.05
Reference	Materials											
STD	TMDA-70.2	STD (Estándar)	21.81	<1	25.9	371	<0.02	0.07	448.98	<0.02	<0.01	0.05
BLK	BLK	(Blanco de comparación)	<1	<0.5	<40	<0.02	<0.05	<0.01	<0.02	<0.01	<0.05	<0.05

Fig. 90 Resultados de Escandio, Selenio, Silicio, Samario, Estaño, Estroncio, Tántalo, Terbio, Teluro y Torio.

	Method	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200	SO200
	Analyte	Dilution	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
	Unit	NONE	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB
	MDL	1	10	0.01	0.01	0.02	0.2	0.02	0.01	0.01	0.5	0.02
Sample	Type											
LOS	OLIVOS	Water	<0.05	<10	<0.01	<0.01	17.11	45.2	0.07	<0.01	0.01	118.6
LOS	CEIBOS	Water	<0.05	<10	<0.01	<0.01	7.13	36.6	0.02	<0.01	0.01	10.5
LA	MENAI	Water	<0.05	<10	<0.01	<0.01	20.28	47.9	0.04	<0.01	0.02	2.2
SAN	NICOLAS	Water	<0.05	<10	<0.01	<0.01	7.48	36.8	0.03	<0.01	<0.01	4.0
HORMIGON	Water	1	<10	<0.01	<0.01	15.95	36.8	0.14	0.02	0.01	2.6	0.22
NAUTICO	Water	1	<10	<0.01	<0.01	11.83	38.2	0.03	<0.01	<0.01	5.5	<0.02
VIVERO	MOSSACO	Water	<0.05	<10	<0.01	<0.01	0.35	11.6	0.02	<0.01	0.01	1.0
SAINT	BRENDANS	Water	<0.05	<10	<0.01	<0.01	16.29	41.5	<0.02	<0.01	<0.01	2.3
SMITH	Water	1	<10	<0.01	<0.01	6.97	16.7	0.02	<0.01	<0.01	<0.5	0.03
Pulp	Duplicates											
LOS	CEIBOS	Water	<0.05	<10	<0.01	<0.01	7.13	36.6	0.02	<0.01	0.01	10.5
LOS	CEIBOS	REP	<0.05	<10	<0.01	<0.01	7.54	37.2	<0.02	<0.01	0.02	8.5
Reference	Materials											
STD	TMDA-70.2	STD (Estándar)	<0.05	<10	21.28	<0.01	58.57	317.0	0.08	<0.01	<0.01	492.6
BLK	BLK	(Blanco de comparación)	<10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.2	<0.02	<0.01	<0.01	<0.5	<0.02

Fig. 91 Resultados de Titanio, Talio, Tulio, Uranio, Vanadio, Wolframio, Iodo, Iterbio, Cinc y Cirkón.

Análisis matemático para los diagramas de Piper y Stiff según los resultados Físico – Químicos dispuestos por el laboratorio.

Nombre	ID	Na (meq/l)	k (meq/l)	Na + K	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Ca + Mg
Los OLIVOS	1	0,17826087	0,00025641	0,17851728	29,65	0,000823045	29,650823
Los CEIBOS	2	0,04782609	0,00025641	0,0480825	26,4	0,000823045	26,400823
La MENNAIS	3	0,07826087	0,00025641	0,07851728	31,4	0,000823045	31,400823
SAN NICOLAS	4	0,06086957	0,00025641	0,06112598	29,8	0,000823045	29,800823
Hormigones	5	18,5869565	0,20871795	18,7956745	11,1645	6,557201646	17,7217016
Nautico	6	11,6165217	0,08666667	11,7031884	3,3875	2,596707819	5,98420782
Viviero Mossaco	7	0,03043478	0,00025641	0,03069119	10,1	0,000823045	10,100823
Saint Brendans	8	0,05217391	0,00025641	0,05243032	33,25	0,000823045	33,250823
Schmith	9	14,3821739	0,26410256	14,6462765	1,469	3,333333333	4,80233333

Fig. Fig. 92 Cationes en meq /l

Nombre	ID	CO3 (meq/l)	HCO3 (meq/l)	HCO3 + CO3	SO4 (meq/l)	SO4 + (HCO3 + CO3)	Cl (meq/l)	Alcalinidad	Conductividad Campo (µs/cm)
Los OLIVOS	1	0,18333333	12,4262295	12,6095628	1,0780437	13,68760655	2,81690141	631	1416,5
Los CEIBOS	2	0,03333333	10,4262295	10,4595628	0,02081165	10,4803745	3,38028169	522	1348
La MENNAIS	3	0,03333333	0,14098361	0,17431694	1,80853278	1,982849718	3,38028169	660	1643
SAN NICOLAS	4	0,03333333	11,295082	11,3284153	0,82206035	12,15047565	2,61971831	564	1726,5
Hormigones	5	0,03333333	16,2295082	16,2628415	2,03121748	18,29405901	15,7746479	811	3157,5
Nautico	6	0,03333333	10,8688525	10,9021858	1,2591051	12,16129089	3,38028169	544	1420
Viviero Mossaco	7	0,45	5,39344262	5,84344262	0,86992716	6,713369782	3,38028169	292	729,5
Saint Brendans	8	0,03333333	11,9836066	12,0169399	1,57336108	13,59030097	3,94366197	599	1630
Schmith	9	0,03333333	12,4754098	12,5087432	2,35171696	14,86046013	5,35211268	624	1921

Fig. 93 Aniones en meq/l

Nombre	ID	∑ cat	∑ ani	∑ cat - ∑ ani	∑ cat + ∑ ani	(%) Error = ((∑ cat - ∑ ani) / (∑ cat + ∑ ani)) * 100 en meq/l
Los OLIVOS	1	29,8293403	16,504508	13,3248324	46,3338483	28,7583114
Los CEIBOS	2	26,4489055	13,8606562	12,5882494	40,3095617	31,22894126
La MENNAIS	3	31,4793403	5,36313141	26,1162089	36,8424717	70,88614767
SAN NICOLAS	4	29,861949	14,770194	15,0917551	44,632143	33,81364651
Hormigones	5	36,5173761	34,0687069	2,44866922	70,586083	3,469053832
Nautico	6	17,6873962	15,5415726	2,14582364	33,2289688	6,457689542
Viviero Mossaco	7	10,1315142	10,0936515	0,03786277	20,2251657	0,187206208
Saint Brendans	8	33,3032534	17,5339629	15,7692904	50,8372163	31,01918549
Schmith	9	19,4486098	20,2125728	-0,763963	39,6611826	-1,926223441

Fig. 94 Cálculo del error en valor meq/l de análisis.

Balance Hídrico del área de estudio:

Me	Ener	Febrer	Marz	Abri	May	Juni	Juli	Agost	Setiembr	Octubr	Noviembr	Diciembr	Promedi anua PP(mm)
1967,	9,	42,	41,	64,	70,	167,	192,	116,	78,	277,	78,	7,	95,
196	14,	124,	37,	21,	32,	67,	75,	39,	58,	94,	111,	232,	75,
196	5,	31,	66,	36,	187,	128,	83,	39,	38,	40,	31,	37,	60,
197	110,	36,	101,	109,	116,	83,	85,	100,	50,	166,	29,	79,	89,
197	237,	147,	49,	32,	117,	104,	81,	11,	212,	44,	35,	157,	102,
197	30,	57,	118,	49,	71,	123,	98,	238,	160,	85,	50,	113,	99,
197	97,	122,	76,	122,	26,	75,	198,	11,	20,	130,	20,	26,	77,
197	334,	64,	112,	18,	179,	10,	73,	229,	140,	73,	42,	38,	109,
197	183,	146,	45,	33,	109,	31,	65,	136,	63,	13,	51,	38,	76,
197	114,	82,	118,	52,	54,	63,	185,	76,	59,	144,	103,	118,	97,
197	62,	0,	95,	86,	227,	57,	53,	52,	232,	128,	65,	49,	92,
197	105,	111,	157,	8,	50,	130,	111,	36,	179,	107,	163,	50,	100,
197	2,	36,	66,	47,	34,	9,	52,	136,	64,	59,	48,	57,	51,
198	68,	174,	187,	319,	125,	179,	99,	83,	65,	114,	166,	35,	134,
198	117,	75,	117,	104,	289,	38,	85,	66,	108,	89,	65,	87,	103,
198	41,	74,	65,	36,	103,	188,	102,	74,	107,	60,	56,	34,	78,
198	58,	84,	27,	64,	33,	72,	30,	225,	132,	334,	191,	37,	107,
198	101,	140,	47,	140,	125,	86,	133,	32,	64,	234,	72,	37,	101,
198	54,	42,	179,	154,	203,	144,	27,	52,	103,	182,	186,	17,	112,
198	117,	11,	40,	91,	80,	149,	67,	317,	125,	115,	222,	56,	116,
198	49,	195,	197,	35,	37,	1,	143,	40,	43,	60,	47,	70,	76,
198	183,	53,	309,	18,	33,	6,	64,	63,	41,	141,	87,	86,	90,
198	21,	39,	97,	112,	33,	25,	68,	156,	30,	20,	67,	92,	63,
199	143,	147,	133,	174,	64,	44,	29,	14,	63,	97,	204,	131,	104,
199	56,	44,	11,	116,	73,	106,	172,	135,	70,	144,	88,	49,	89,
199	72,	110,	63,	152,	101,	145,	53,	72,	64,	101,	65,	10,	84,
199	95,	164,	20,	339,	74,	61,	58,	42,	70,	225,	160,	168,	123,
199	39,	108,	122,	97,	144,	52,	134,	40,	81,	157,	124,	77,	98,
199	46,	83,	136,	144,	69,	108,	48,	19,	36,	59,	132,	51,	78,
199	61,	46,	152,	165,	4,	61,	75,	34,	95,	65,	95,	66,	77,
199	49,	111,	59,	40,	84,	116,	38,	127,	29,	83,	61,	307,	92,
199	113,	34,	142,	128,	64,	33,	92,	14,	86,	33,	123,	159,	85,
199	210,	102,	137,	61,	51,	102,	101,	101,	102,	61,	43,	76,	96,
200	17,	37,	85,	145,	238,	92,	114,	135,	118,	95,	60,	117,	104,
200	164,	146,	237,	53,	73,	162,	100,	91,	68,	206,	174,	48,	127,
200	90,	56,	507,	75,	149,	38,	78,	80,	82,	107,	145,	133,	128,
200	76,	159,	27,	47,	140,	119,	81,	70,	154,	66,	163,	97,	100,
200	131,	70,	23,	191,	58,	68,	29,	84,	46,	127,	99,	33,	80,
200	253,	64,	56,	179,	154,	170,	170,	73,	108,	65,	37,	30,	113,
200	159,	44,	161,	25,	14,	251,	76,	42,	58,	121,	90,	116,	96,
200	33,	143,	239,	197,	87,	72,	22,	92,	165,	185,	70,	30,	111,
200	65,	162,	54,	44,	51,	94,	77,	60,	31,	28,	25,	22,	59,
200	70,	149,	161,	8,	94,	127,	108,	61,	113,	186,	165,	37,	107,
201	124,	190,	68,	85,	89,	80,	187,	98,	190,	45,	33,	30,	102,
201	43,	45,	75,	80,	42,	138,	149,	99,	23,	63,	107,	120,	82,
201	33,	109,	103,	45,	56,	78,	35,	183,	116,	236,	34,	158,	99,
201	37,	117,	38,	117,	94,	15,	61,	32,	173,	6,	176,	16,	73,
201	288,	275,	89,	126,	48,	50,	108,	47,	185,	110,	195,	123,	137,
201	112,	15,	55,	27,	27,	29,	28,	246,	16,	99,	55,	126,	70,
201	19,	91,	122,	228,	67,	11,	203,	106,	69,	107,	49,	102,	98,
201	101,	47,	40,	54,	137,	12,	146,	343,	160,	117,	31,	77,	105,

Fig. 95 Datos de precipitación

tación media anuales y promedio anual en milímetros, PP (mm)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Promedio anual
1951	22,7	20,2	18,9	16,6	15,8	13,8	13,3	13,2	13,6	14,6	18,6	20,6	16,8
1952	23,7	22,8	22,8	16,1	14,4	9,8	11,4	11,6	12,7	15,0	18,1	19,8	16,5
1953	22,6	22,2	21,2	16,6	14,4	11,6	8,9	14,0	13,8	15,6	18,2	20,2	16,6
1954	22,4	22,4	21,6	17,0	12,7	11,2	9,8	12,8	12,4	15,2	18,0	21,6	16,4
1955	22,8	21,3	19,7	16,8	12,6	9,9	8,3	10,7	12,3	13,2	20,6	22,0	15,9
1956	20,9	21,2	21,0	15,2	10,8	11,1	10,5	11,0	12,6	16,4	19,0	20,8	15,9
1957	25,0	20,1	20,2	17,2	17,6	10,9	10,4	10,2	12,0	16,3	17,2	21,7	16,6
1958	22,6	20,2	20,2	16,8	14,9	11,9	11,8	11,4	15,4	17,2	18,2	20,2	16,7
1959	21,2	23,0	20,8	16,5	12,6	10,8	12,4	10,9	13,0	16,2	18,2	21,2	16,4
1960	23,6	23,6	20,8	16,4	13,2	10,7	10,6	11,4	12,6	16,7	18,9	20,2	16,6
1961	23,3	22,3	21,0	15,8	15,4	11,5	10,8	13,0	12,6	16,7	19,0	21,4	16,9
1962	20,6	21,2	22,3	16,4	12,5	11,0	8,7	10,9	13,8	14,7	18,8	21,6	16,0
1963	23,2	23,5	21,6	19,0	14,6	12,4	12,4	10,6	13,0	14,8	17,4	21,1	17,0
1964	23,1	22,1	20,7	17,8	14,6	10,5	10,2	11,2	13,4	14,7	16,5	20,4	16,3
1965	22,8	22,8	18,3	16,6	12,4	14,6	10,3	12,0	13,1	17,1	18,6	19,8	16,5
1966	22,8	21,5	20,6	18,0	14,8	12,4	11,9	9,7	11,8	14,2	17,9	20,5	16,3
1967	22,6	22,1	19,3	16,8	16,6	8,0	9,9	11,6	14,0	16,8	20,1	22,7	16,7
1968	21,7	22,8	20,4	15,2	11,9	10,3	13,0	13,4	14,4	16,3	21,2	21,2	16,8
1969	23,1	22,7	21,0	18,2	14,7	12,2	12,2	10,4	13,7	14,8	18,7	22,9	17,0
1970	22,9	24,1	21,4	19,1	13,8	11,0	11,0	12,6	14,2	15,2	17,2	21,1	17,0
1971	22,4	20,8	20,2	15,7	12,2	8,7	11,7	12,4	14,4	16,4	20,3	22,9	16,5
1972	23,5	22,5	20,2	17,2	15,4	13,2	10,4	11,1	14,3	15,5	18,1	21,5	16,9
1973	23,1	22,4	21,9	18,0	13,6	12,5	10,6	10,9	13,8	16,1	16,5	20,8	16,7
1974	22,9	21,3	21,0	17,8	15,6	9,9	12,4	11,1	11,3	15,2	17,8	20,0	16,4
1975	21,9	21,5	20,7	17,2	15,2	12,7	9,6	11,0	14,1	16,1	18,8	22,7	16,8
1976	23,2	22,6	18,9	16,3	14,0	10,4	10,0	10,9	12,8	15,2	17,7	20,5	16,0
1977	23,7	22,0	20,3	17,1	11,9	11,5	10,8	10,3	14,1	17,2	19,0	21,4	16,6
1978	21,8	21,3	20,4	15,9	13,0	9,7	11,7	11,5	13,8	16,1	17,7	21,2	16,2
1979	21,9	22,5	19,7	16,8	12,9	10,2	11,7	12,2	12,2	15,7	17,3	20,0	16,1
1980	22,6	21,8	22,7	19,5	15,8	10,8	9,5	11,0	12,9	15,4	17,8	21,8	16,8
1981	22,3	22,6	19,1	16,9	16,9	9,9	10,4	12,8	12,7	15,4	17,9	21,0	16,5
1982	21,9	21,4	21,6	19,0	15,3	11,5	10,4	11,5	14,5	15,4	16,7	21,0	16,7
1983	23,6	21,8	19,9	16,8	13,3	9,5	9,0	11,0	12,3	16,4	18,9	21,4	16,2
1984	23,7	23,2	20,9	15,3	13,2	9,5	9,2	9,4	12,8	18,0	17,4	17,9	15,9
1985	21,3	22,6	19,6	16,0	13,8	11,9	11,7	11,2	16,6	15,7	19,1	20,2	16,6
1986	23,0	22,3	19,1	18,3	13,5	12,8	11,1	11,2	14,2	15,3	18,2	20,5	16,6
1987	22,6	22,9	21,5	17,5	11,5	10,8	12,2	11,3	11,4	15,1	18,7	20,3	16,3
1988	22,9	21,0	22,1	15,5	11,5	9,4	9,7	11,7	11,7	14,4	18,6	22,1	15,9
1989	23,6	23,6	20,6	17,6	14,4	11,5	10,0	13,7	11,7	15,1	18,6	22,5	16,9
1990	23,7	22,9	19,3	17,3	13,1	10,2	9,8	13,8	11,5	17,4	19,2	19,7	16,5
1991	21,7	21,2	21,2	17,5	15,9	10,7	10,1	12,4	14,6	14,7	17,5	21,2	16,6
1992	21,1	22,8	21,5	16,9	13,3	12,0	9,2	11,4	13,4	16,4	16,4	20,5	16,2
1993	23,7	21,7	21,6	18,4	13,8	10,6	9,4	11,3	12,1	15,9	18,2	20,5	16,4
1994	21,2	21,9	20,7	16,8	15,5	12,6	10,4	11,2	14,5	15,2	18,5	22,3	16,7
1995	21,9	21,0	20,0	17,4	13,2	9,8	10,0	10,0	13,1	14,9	19,0	21,4	16,0
1996	21,5	21,9	21,1	17,2	12,8	9,9	8,1	13,4	12,3	16,6	19,5	21,9	16,4
1997	23,8	22,0	20,2	18,6	15,2	11,7	12,9	13,7	12,5	16,0	18,2	19,3	17,0
1998	20,9	20,6	18,9	17,6	14,4	11,4	12,2	11,5	12,4	16,4	17,8	20,9	16,3
1999	20,8	21,4	21,4	15,9	13,3	10,6	10,4	12,3	13,5	15,6	17,9	21,2	16,2
2000	22,8	22,9	20,2	18,0	14,2	13,1	8,8	10,9	12,6	15,7	17,5	21,3	16,5
2001	23,5	23,5	22,5	17,7	14,5	13,1	11,5	14,9	13,7	17,1	18,2	20,2	17,5
2002	22,3	22,1	21,8	17,0	16,0	10,7	10,9	13,9	13,2	17,7	19,3	20,8	17,1
2003	23,3	22,0	21,3	16,7	15,1	12,1	9,9	11,0	13,0	16,7	17,9	19,4	16,5
2004	22,3	21,3	21,4	19,2	13,4	12,0	11,3	13,0	13,6	15,1	17,6	21,1	16,8
2005	23,5	21,7	20,2	16,2	14,3	13,5	11,8	12,6	12,7	15,1	19,8	19,1	16,7
2006	21,6	21,8	19,8	17,6	13,1	12,1	13,6	10,6	13,1	17,1	18,3	22,4	16,7
2007	22,6	23,4	21,9	18,7	12,1	9,9	8,1	9,5	15,8	17,3	16,6	21,0	16,4
2008	22,7	22,8	20,6	17,2	14,4	10,0	13,1	11,7	12,3	16,1	21,6	21,4	17,0
2009	23,0	22,45	21,55	17,75	15,4	10,25	9	13,6	12	14,9	19,25	20,7	16,7
2010	23,6	23,4	21,0	16,6	15,5	12,2	10,5	11,2	13,5	15,3	17,4	22,35	16,9
2011	23,0	22,0	20,5	17,4	13,2	10,7	09,7	10,7	13,6	15,3	19,7	20,0	16,3
2012	23,1	23,6	20,7	16,9	16,0	10,7	07,9	13,3	13,8	16,5	20,1	22,8	17,1
2013	22,9	21,9	18,6	17,2	13,7	10,9	10,3	10,7	13,3	15,7	18,9	23,7	16,5
2014	23,5	21,9	19,5	17,2	13,8	11,4	11,8	13,0	14,8	18,5	19,2	21,7	17,2
2015	22,5	22,8	21,5	18,8	15,8	12,2	11,1	14,3	12,5	14,3	18,1	21,9	17,1
2016	23,4	24,1	19,8	17,3	11,9	09,7	10,6	11,9	12,7	15,7	18,6	22,1	16,5
2017	23,1	23,9	20,9	18,2	15,1	13,0	12,9	13,8	15,0	16,4	17,7	21,7	17,6
2018	23,2												

Fig 96 Promedios temperaturas (°C)

	OMS (1993)	Norma UNIT (2008)	OSE	Limitantes
Conductividad	250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Si la conductividad es mayor a 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C, se debe determinar sólidos disueltos.
Color	No hay directriz	15	15 (U. Pt – Co)	
Oxígeno disuelto	No hay directriz	-----	-----	-----
Turbiedad	-----	2.0 NTU	1.0 NTU (agua tratada)	-----
Sólidos disueltos totales	No hay directriz	1000 mg/L	1000 mg/l	Si la conductividad es mayor a 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C, se debe determinar sólidos disueltos.
Dureza	No hay directriz	500	500 mg/l	EL VMP establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
pH	No hay directriz	6.5 – 8.5	6.5 a 8.5	-----
Aluminio (Al)	0,2 mg/l	0.2 mg/l	0.2 mg/l	-----
Amonio (NH₄)	No hay directriz	1.5 mg/l	1.5 mg/l	-----
Antimonio (Sb)	0,005 mg/l	0.005 mg/l	0.005 mg/l	-----
Arsénico (As)	0,01 mg/l	0.02 mg/l	0.05 mg/l	EL VMP se establece por riesgo a la salud. Valor objetivo 0.01 mg/l
Bario (Ba)	0,3 mg/l	0.7 mg/l	0.7 mg/l	EL VMP se establece por riesgo a la salud
Berilio (Be)	No hay directriz	0.004 mg/l	0.004 mg/l	-----
Boro (B)	0,3 mg/l	0.5 mg/l	0.5 mg/l	-----
Bromato (Br)	No se menciona	-----	-----	-----
Cadmio (Cd)	0,003 mg/l	0.003 mg/l	0.003 mg/l	EL VMP se establece por riesgo a la salud.
Cromo (Cr)	0,05 mg/l	0.05 mg/l	0.05 mg/l	El VMP se establece considerando un riesgo para la salud
Cobre (Cu)	2 mg/l	1 mg/L	1 mg/l	El VMP se establece considerando un riesgo para la salud, propiedades mayores a 2 mg/l
Hierro (Fe)	No hay directriz	0.3 mg/l	0.3 mg/l	EL VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
Plomo (Pb)	0,01 mg/l	0.03	0.03 mg/l	El VMP se establece considerando un riesgo para la salud Valor objetivo 0.01 mg/l
Manganeso (Mn)	0,5 mg/l	0.1	0.1 mg/l	Concentraciones mayores de 0.4 mg/l presenta riesgo para la salud.
	OMS 1993	Norma UNIT	OSE	Limitantes

		(833.2008)		
Mercurio (Hg)	0,001 mg/l	0.001	0.001 mg/l	El VMP se establece considerando un riesgo para la salud.
Molibdeno (Mo)	0,07 mg/l	0.07 mg/l	0.07 mg/l	EL VMP se establece por riesgo a la salud
Níquel (Ni)	0,02 mg/l	0.02 mg/l	0.02 mg/l	EL VMP se establece por riesgo a la salud
Nitrógeno total (N total)	50 mg/l		53 mg/l	
Estroncio (Es)			2 mg/l	
Selenio (Se)	0,01 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	EL VMP se establece por riesgo a la salud
Plata (Ag)	No hay directriz	0.1 mg/l	-----	
Sodio (Na)	200 mg/l	200 mg/l	200 mg/l	EL VMP se establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
Estaño (Sn)	No hay directriz	-----	-----	-----
Litio (Li)			0.075 mg/l	
Cobalto (Co)			1 mg/l	
Uranio (U)	1,4 mg/l	-----	-----	-----
Talio (Ta)		0.002 mg/l		
	OMS 1993	Norma UNIT (833.2008)	OSE	Limitantes
Zinc (Zn)	3 mg/l	4 mg/l	5 mg/l	El VMP establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
Cloruro (Cl)	250 mg/l	250	250 mg/l	El VMP establece considerando las propiedades sensoriales del agua.
Cianuro (CN)	0,07 mg/l	0.07 mg/l	0.1 mg/l	EL VMP se establece por riesgo a la salud
Flúor (F)	1,5 mg/l	1.5	1.5 mg/l	El VMP se establece considerando un riesgo para la salud.
Vanadio (V)			0.1	
Sulfato (SO4)	500 mg/l	400 mg/l	400 mg/l	Concentraciones mayores de 500 mg/l puede presentar propiedades laxantes para la población sensible.
Sulfuro	0.05 mg/l	-----	-----	EL VMP se establece por riesgo a la salud
Nitrato (NO3)	50 mg/l	50	-----	El VMP se establece considerando un riesgo para la salud
Nitrito (NO2)	) 0,50 mg/l	0.2	-----	El VMP se establece considerando un riesgo para la salud

Fig. 97 Relación entre OMS, UNIT (2008) para la comparación de los resultados físico – químicos.