



Università degli Studi di Torino  
Dipartimento di Scienze della Terra



Recursos hídricos subterráneos en la  
cuenca alta del Río Samalá:  
investigaciones y proyectos de monitoreo  
en el cuadro de la colaboración Turin-  
Quetzaltenango

Presentado por: ARIANNA BUCCI (aria.bucci@gmail.com)

**INTRODUCCION - CONTEXTO INSTITUCIONAL**

Hermanamiento entre los Municipios de  
TURIN y QUETZALTENANGO



**CITTA' DI TORINO**



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## INTRODUCCION - CONTEXTO INSTITUCIONAL

Hermanamiento entre los Municipios de  
**TURIN y QUETZALTENANGO**



Estos acuerdos incluyeron ayudas financieras y colaboraciones técnicas entre las instituciones académicas y de abastecimiento hídrico

-**Universidad de Turin**  
-**SMAT (Società Metropolitana Acque Torino)**

-**CUNOC**  
-**EMAX (Empresa Municipal Aguas de Xelajú)**

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## INTRODUCCION - CONTEXTO INSTITUCIONAL

En los últimos años la Universidad de Turin está implicada en primera persona en el desarrollo de proyectos en el tema de los **recursos hídricos** en el área de Quetzaltenango



Es reconocida la importancia de esta temática



Tesis de maestría estudió las aguas subterráneas de Quetzaltenango y alrededores con el apoyo de **EMAX CUNOC y Mancomunidad Metropoli de Los Altos**

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## INTRODUCCION - PROBLEMÁTICA

Aspectos cualitativos y cuantitativos de los **recursos hídricos** muy importantes a nivel global y sobretodo en los Países con altos índices de crecimientos demográficos y/o industriales como es **GUATEMALA**



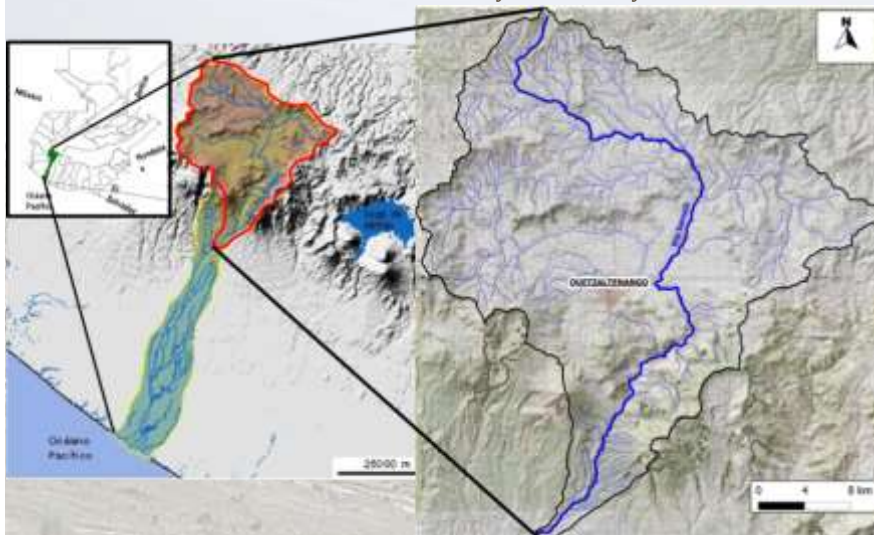
Necesidad de definir un marco adecuado de conocimientos para una **correcta planificación y gestión del ABASTECIMIENTO HÍDRICO**



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## INTRODUCCION - UBICACION DEL AREA

El area elegida por la investigación fue la cuenca alta del Rio Samalá, seleccionada porque tiene una unidad fisico-política. Se encuentra en el sur-oeste del Guatemala y es en su mayoría montanosa



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## INTRODUCCION - OBJETIVOS

- ❖ **Profundización de los conocimientos en la hidrogeología y la hidroquímica de la cuenca alta del Rio Samalà**
- ❖ **Evaluación cualitativa y cuantitativa de los recursos hídricos**

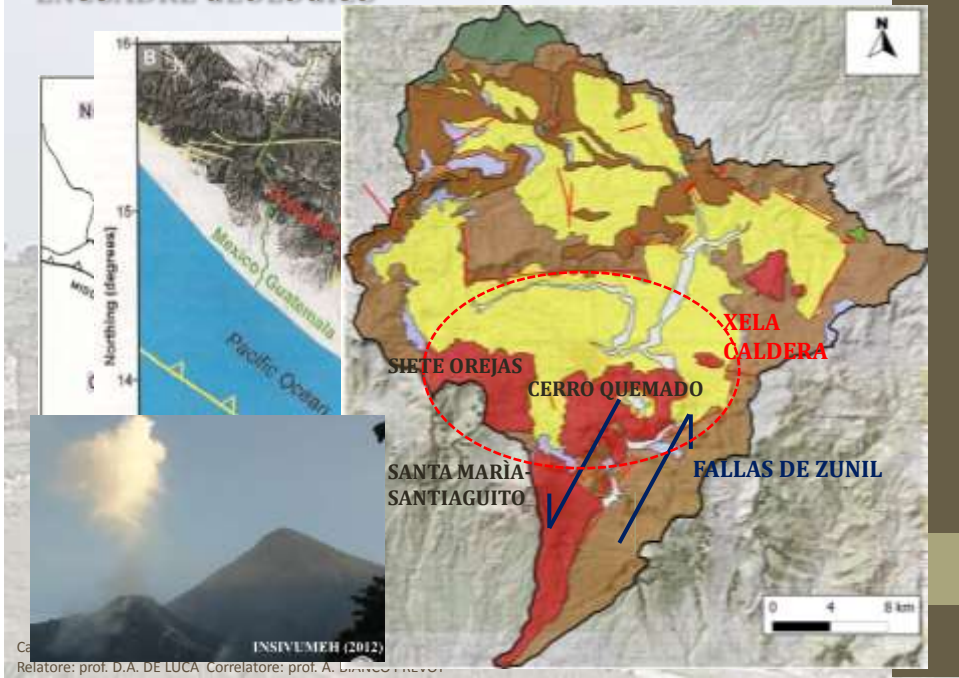
Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## INTRODUCCION - METODOLOGIAS Y FASES DEL TRABAJO

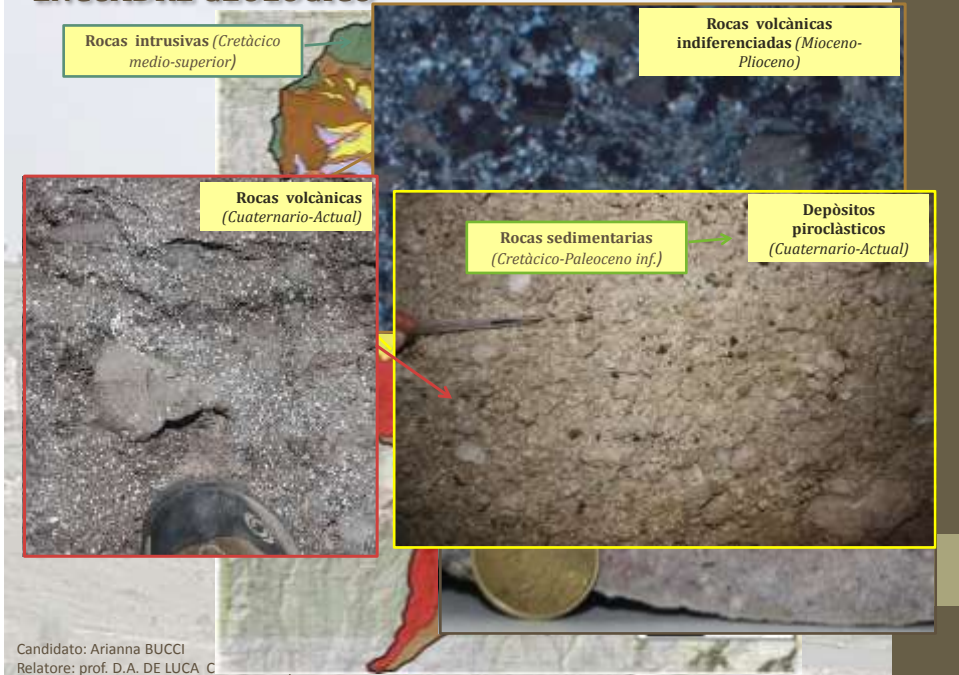
- **Determinación del cuadro general del estudio (morfológico, geológico, climático, hidrográfico)**
- **Definición del cuadro hidrogeológico (explicación de los complejos hidrogeológicos, de sus propiedades y el flujo hídrico subterráneo)**
- **Caracterización físico-química de las aguas (mediciones en campo, análisis químicas de iones principales y de unos metales)**
- **Determinación de la calidad de los recursos hídricos con respecto a los parámetros analizados (comparándoles con los límites normativos italianos y guatemaltecos)**

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

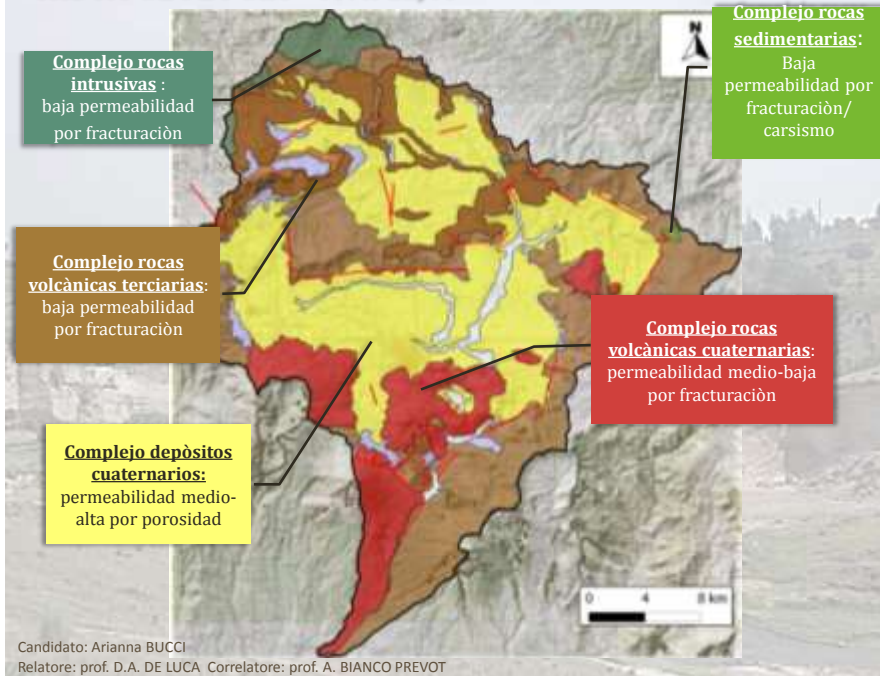
### ENCUADRE GEOLOGICO



### ENCUADRE GEOLOGICO



## HIDROGEOLOGIA - COMPLEJOS

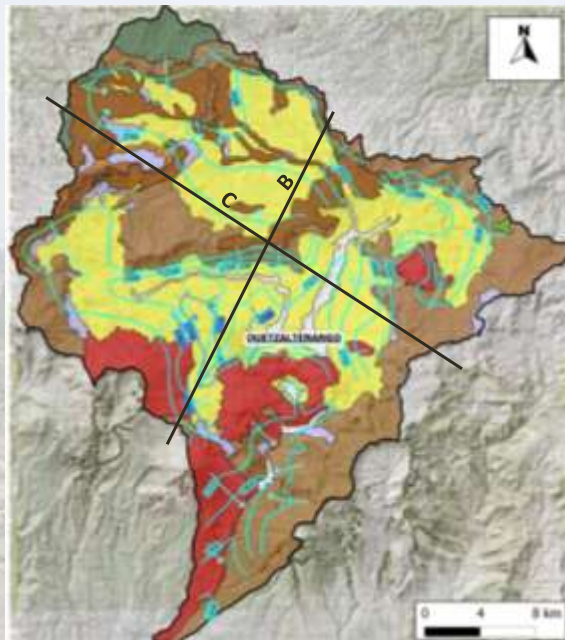


## HIDROGEOLOGIA - FLUJO SUBTERRANEO

Según los datos proporcionados por **INSIVUMEH** y **EMAX**:

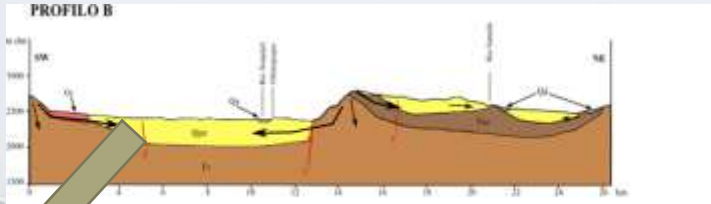
Rilievos montuosos constituidos por rocas volcánicas poco permeables se comportan como vertientes

Gradientes hidráulicos elevados en los sectores pedemontanos en disminución hacia los sectores centrales de las llanuras

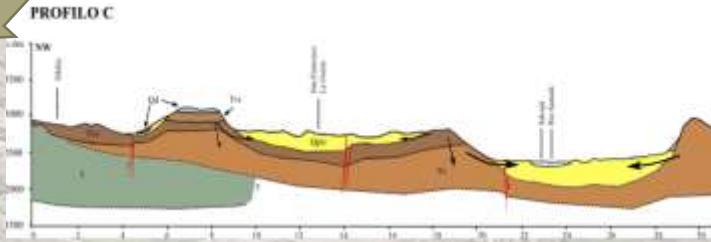


# HIDROGEOLOGIA - FLUJO SUBTERRANEO

Flujo directo hacia los sectores que por depósitos piroclásticos, que representan importantes acuíferos



32 mln m<sup>3</sup>/año  
Tasa de infiltración eficaz en el Valle de Quetzaltenango  
-> recursos hídricos renovables



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

# HIDROGEOLOGIA - COMPLEJOS



POZZO	LOCALITA'	UBICAZIONE			PROFONDITA' POZZO [m]	PORTATA EMUNTA [l/s]	PROFONDITA' POMPA [m]	LIVELLO PIEZOMETRICO STATICO [m]	LIVELLO PIEZOMETRICO DINAMICO [m]	ABBASSAMENTO [m]	SPESORE CAPTATO DAL POZZO [m]	TRASMISSIVITA' [m <sup>2</sup> /s]	CONDUCIBILITA' IDRICA [m/s]	COEFFICIENTE DI IMMAGAZZINAMENTO	DATA	TIPOLOGIA DI PROVA
		X UTM [m]	Y UTM [m]	Z [m s.l.m.]												
Cementerio	San Juan Ostuncalco	648274	1644301	2519	183	20,57	187,51	91,44	98,70	7,26	91,56	2,54E-03	2,78E-05	0,00029	19/07/2008	pompaggio
Casero los Alamos	San Juan Ostuncalco	-	-	-	-	-	187,45	195,00	-	-	-	1,96E-03	-	0,00011	19/07/2008	pompaggio
La Cenega	San Juan Ostuncalco	-	-	-	100,31	-	100,31	-	-	-	-	6,05E-03	-	0,00037	19/07/2008	pompaggio
Ruena Vista	San Juan Ostuncalco	547233	1640017	2526	213	16,40	213,43	105,16	108,00	2,84	107,84	3,81E-03	3,53E-05	0,00058	19/07/2008	pompaggio
Sigüalá	San Juan Ostuncalco	650431	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01E-05	0,00004	19/07/2008	pompaggio
Samalá I	Labor Ovalle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03130	0,00018	07/11/1979	pompaggio
Las Rosas	Quetzaltenango	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00046	0,00046	19/05/1981	pompaggio
Samalá 5	Quetzaltenango	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00018	0,00018	14/06/1981	pompaggio
Chimres I	Quetzaltenango	660311	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,10E-04	-	-	21/07/2011	risalita
La Ciprésada	Quetzaltenango	657562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,39E-05	-	-	03/06/2011	risalita
Choqui Bajo	Quetzaltenango	661304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,13E-04	-	-	04/07/2011	risalita
Choqui Bajo Nuevo	Quetzaltenango	661415	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,10E-06	-	-	19/07/2011	risalita
Tierra Colorada	Quetzaltenango	661609	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,58E-05	-	-	08/08/2011	risalita
Las Rosas	Quetzaltenango	662835	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,76E-04	-	-	10/08/2011	risalita
Xehul	Quetzaltenango	661898	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,12E-05	-	-	03/08/2011	risalita
Llano del Pinal	Quetzaltenango	660702	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,55E-05	-	-	06/07/2011	risalita
Ceniza 2	Quetzaltenango	660340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,34E-05	-	-	03/07/2011	risalita
Zona Media	Quetzaltenango	656435	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,69E-05	-	-	13/07/2011	risalita
Choqui Alto	Quetzaltenango	660081	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,66E-05	-	-	13/07/2011	risalita
Las Rosas	Quetzaltenango	662835	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,67E-05	-	-	27/11/1997	risalita
San Isidro	Quetzaltenango	657150	1643473	2402	187	12,76	85,34	73,76	74,98	0,98	113,24	1,68E-02	1,48E-04	-	-	-
												8,37E-03	1,48E-04			

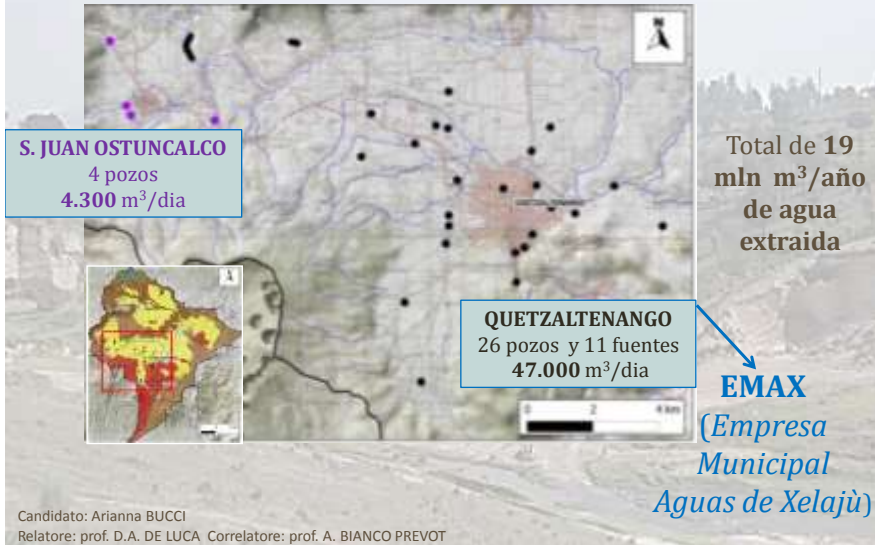
Conductividad hidráulica:  $K_{media} = 1,48 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$   
 Transmisividad:  $T_{media} = 8,37 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$   
 Valores típicos de un acuífero bastante bueno



Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## HIDROGEOLOGIA - RECURSOS HIDRICOS

Situación del **ABASTECIMIENTO HIDRICO** para el consumo humano -> mas datos disponibles en el **VALLE DE QUETZALTENANGO**, donde se encuentra la mayoría de pozos



## IDROGEOLOGIA - RECURSOS HIDRICOS





## HIDROQUIMICA - MODALIDAD DE INVESTIGACION

### PARAMETROS QUIMICO-FISICOS DE CAMPO:

- temperatura
- pH
- conductividad electrolítica
- O<sub>2</sub> disuelto

### ANALISIS QUIMICAS

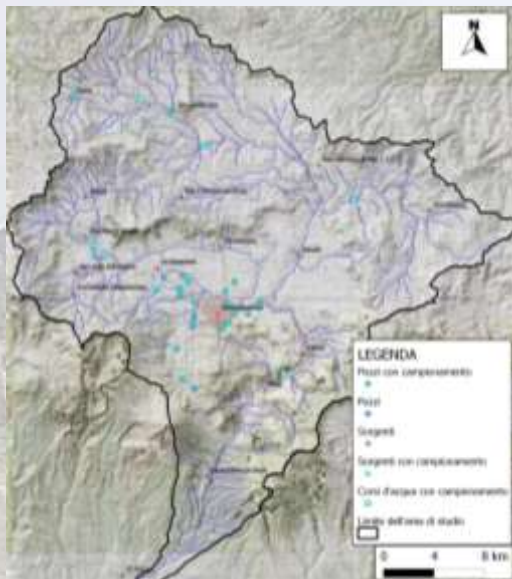
(Universidad de Turin):

- iones principales (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)
- otras especies químicas (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, F<sup>-</sup>,

C  
R

OT

## HIDROQUIMICA - MODALIDAD DE INVESTIGACION



Se hicieron mediciones y muestreos en **pozos y nacimientos municipales** y en unos puntos de los rios principales

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

### HIDROQUIMICA - RESULTADOS

**TEMPERATURA**

FUENTES  
valores mínimos

POZOS  
valores máximos

V. Cerro Quemado

Candidato: Arianna  
Relatore: prof. D.A.

INSIVUMEH (2012)

### HIDROQUIMICA - RESULTADOS

**OXIGENO DISUELTO mg/l**

Valores bajos dispersos

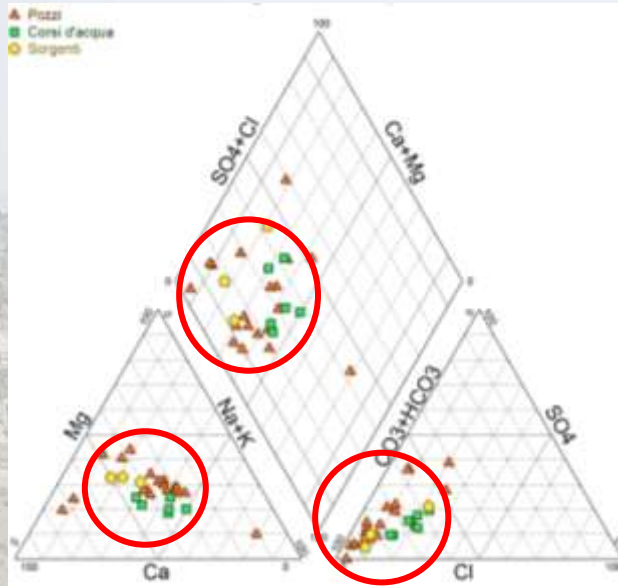
En algunos sectores se observa disminución

Rio Samalá  
(Quetzaltenango)

REVOT

## HIDROQUIMICA - RESULTADOS

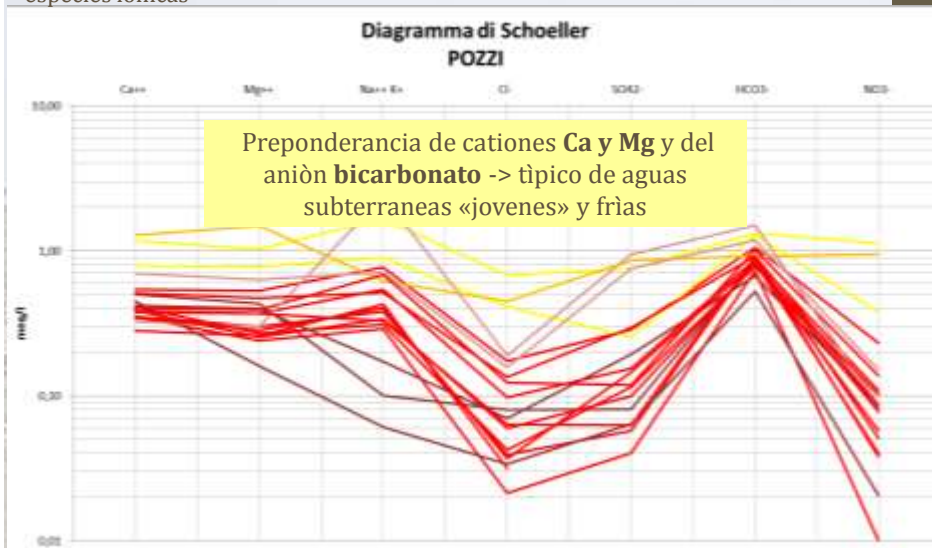
DIAGRAMA DE PIPER-> Determinación gràfica del los grupos hidroquimicos



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## HIDROQUIMICA - RESULTADOS

DIAGRAMA DE SCHOELLER-> Visualización gràfica de las proporciones entre las especies iónicas

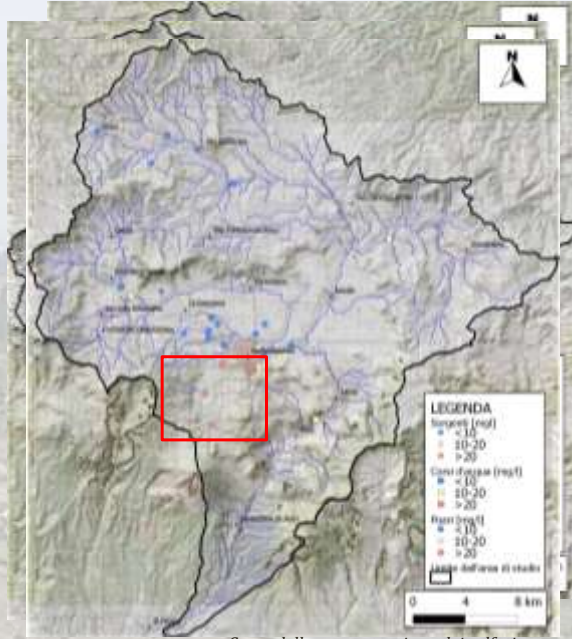


Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## HIDROQUIMICA - RESULTADOS

### MAPAS HIDROQUIMICAS->

Se analizò la  
distribuciòn de las  
concentraciones de  
los iones principales  
y de las  
proporciones  
caracteristicas



Candidato: Arianna BUCCI

Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## HIDROQUIMICA - RESULTADOS

ESPECIES QUIMICAS MENORES (=algunas son potencialmente nocivas tambien en bajas concentraciones) -> no se encontraron casos significativos

Nome	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	F	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br	Fe	Cu	Zn	Pb	Mn
Pozo Cefe Merq	90	61	0	0	0	0	2	0	1
Pozo Cenizal 1	0	114	101	38	0	0	0	0	1
Pozo Cenizal 2	0	74	0	0	0	0	0	6	2
Pozo Chirriez	0	39	91	0	0	13	0	0	2
Pozo Chitux	0	100	0	0	0	0	8	0	1
Pozo Floresta	0	66	50	0	0	0	4	0	1
Pozo Las Rosas	0	68	0	0	0	3	112	0	2
Pozo Llano del Pinal	0	196	76	0	0	0	0	0	1
Pozo mecanico (S. C. Sija)	0	105	0	0	81	10	5	1	19
Pozo Pacajà	0	85	0	0	0	0	0	0	1
Pozo La Rotonda	0	71	0	0	0	2	19	14	3
Pozo San Isidro	0	55	0	0	0	32	6	0	1
Pozo mecanico (Sibilia)	0	28	0	0	0	1	153	0	1
Pozo nuevo Tierra Colorada 2	257	142	0	0	0	0	0	0	2
Pozo Xehul	0	121	0	0	6	1	2	0	1
Pozo Zona Media	0	70	0	0	67	1	1	0	2
Pozo Zona 6	0	66	0	0	20	14	8	1	2
Pozo Zona 8	0	49	0	0	0	1	21	3	2
Pozo Zoologico	0	65	0	0	0	0	1	0	1
Rio Siguilà 1	0	61	0	0	3	3	7	0	1
Rio Siguilà 2	0	105	0	0	0	9	16	0	2
Rio Samalà 1	0	105	0	0	0	0	0	0	1
Rio Samalà 2	0	74	0	34	0	4	16	0	1
Rio San José (Samalà 3)	0	95	0	59	0	2	6	0	1
Rio Totonicapàn	0	72	0	0	0	0	2	0	1
Molino Viejo 5	0	37	46	0	0	1	7	0	1
Ojo de Agua	0	33	0	0	0	1	33	0	1
Santa Rita	0	35	0	0	0	6	6	0	1

Candidato: Arianna BUCCI

Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

ANIONES

METALES

## HIDROQUIMICA - FACTORES DE INFLUENCIA

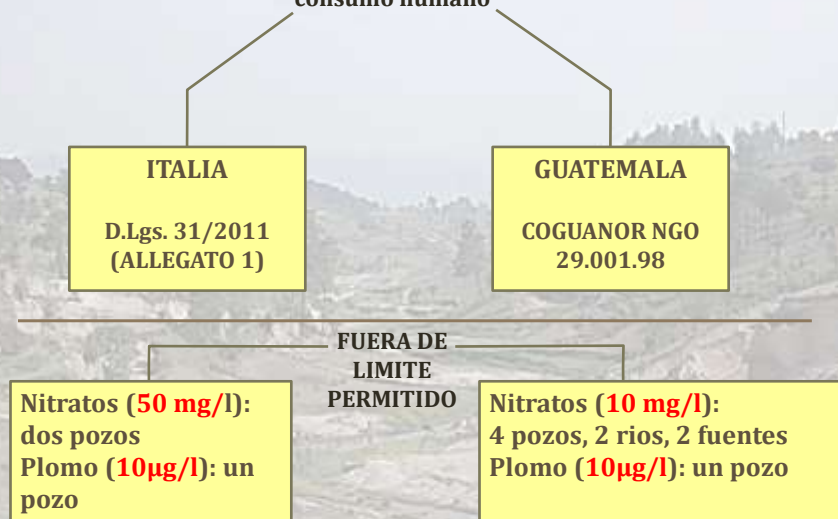
A partir de los datos químicos y físicos encontrados se individualizaron los factores más probables de influencia acerca de estas características:

- ❑ **QUIMICA DE ROCAS** y depósitos que aportan iones y sustancias en las aguas circulantes
- ❑ **EVOLUCION QUIMICA** y procesos de modificación en el acuífero
- ❑ **PRESENCIA DE COMPLEJOS VOLCANICOS ACTIVOS**
- ❑ **PRESENCIA ANTROPICA** con sus actividades productivas y centros urbanos

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## HIDROQUIMICA - CALIDAD DE AGUAS

Los parámetros analizados se compararon con los límites normativos de las legislaciones que se ocupan de **calidad de aguas destinadas al consumo humano**



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## IDROQUIMICA - CALIDAD DE LAS AGUAS

Las **situaciones fuera** de la normativa COGUANOR NGO 29.001.98 se encuentran en el Valle del Rio Siguilà, en los rios y en unos pozos de la zona urbana de



Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## CONCLUSIONES

- ❖ Este estudio ha proveido un cuadro general de los conocimientos geològicos, hidrogèologicos y hidroquímicos del area investigada
- ❖ Se ha descrito la geología y, a partir de esa, la hidrogeología y la organizaciòn del flujo subterràneo
- ❖ Se ha analizada la situaciòn de la explotaciòn de los recursos hídricos en el Valle de Quetzaltenango
- ❖ Se han caracterizado los principales parametros químico-físicos y individualizadas sus posibles orígenes
- ❖ Se han definido unos aspectos cualitativos con respecto a los limites normativos de Italia y Guatemala

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## CONCLUSIONES

- Las aguas subterráneas son vitales para el desarrollo de la cuenca alta del Rio Samalà porque representan la tipología de recursos más utilizada para el consumo humano
- Hay potencialmente abundantes recursos renovables, pero hay también riesgo de sobreexplotación
- No existe un daño cualitativo significativo de los recursos hídricos pero solo en los parámetros analizados: efectivamente la situación de la cuenca es muy compleja y existen muchos factores que pueden modificar la calidad de las aguas
- Ahora no existen monitoreos de aguas excepto en el área de Quetzaltenango (por parte de Emax). Estos se necesitarían en toda la cuenca, debido a los problemas que se encuentran en el territorio y que son ligados al rápido desarrollo social y económico (manejo de los desechos y de las aguas residuales, actividades productivas, explotación minera..)
- Es importante el conocimiento de las características geológicas, morfológicas y hidrogeológicas de la región para evaluar las posibilidades de impactos de la actividad minera sobre los recursos naturales

Candidato: Arianna BUCCI

Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO - CONTEXTO



Universidad de Turin sigue interesada en el tema de los recursos hídricos y de la cooperación en el área de Quetzaltenango; entonces financió una beca **UNICOO (Unito por la Cooperación)**



Por tal razón se elaboró un plan para darle seguimiento al tema de los recursos hídricos y a los objetivos que emergieron del estudio anterior



El proyecto se pone el objetivo de crear una **red de monitoreo de las aguas subterráneas** en la cuenca alta del Rio Samalà



Candidato: Arianna BUCCI

Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO - CONTEXTO

Este proyecto cuenta con el apoyo de insituciones de Quetzaltenango:



CUNOC (*Centro Universitario de Occidente*)



EMAX (*Empresa Municipal Aguas de Xelajú*)

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO - AREA DE INTERES

El area de interes sigue siendo la cuenca alta del Rio Samalà y en particular los Municipios activos de la Mancomunidad Metrópoli de los Altos (San Carlos Sija, Sibilia, Olinstepeque, Salcajá, La Esperanza, Quetzaltenango, San Juan Ostuncalco, San Mateo,...) y otros que se puedan adherir al proyecto



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT



## PROYECTO - OBJETIVOS

Definición de una red de encargados de recursos hídricos (uno cada Municipio) que puedan:

- coordinar las acciones de monitoreo en sus territorios municipales
- ser gestores con las instituciones locales implicadas en el proyecto (otros Municipios, encargados de mediciones y muestreos, laboratorios de análisis)

Definición de una red de monitoreo constituida por pozos, nacimientos municipales y los rios principales de la cuenca



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO - OBJETIVOS

Definición base de la calidad de las aguas a través de **mediciones en campo** y **análisis de muestras**

-pH  
-temperatura  
-oxígeno disuelto  
-conductividad eléctrica  
-nivel freático (donde posible)

Turbiedad, color, alcalinidad, sólidos disueltos (TDS), cloruros, fluoruros, sulfatos, dureza, hierro, calcio, magnesio, nitratos, coliformes,...



Estos son los principales parámetros químico-físicos que definen la calidad de las aguas y que son analizados de *routine* en los laboratorios

El monitoreo del nivel freático puede indicar si hay bajamiento excesivo del manto freático y luego sobreexplotación del acuífero

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO – METODOLOGIAS Y FASES DE TRABAJO

1) Se està haciendo una primera etapa de socializaciòn, de presentaciòn del proyecto a los Municipios e individuaciòn de un encargado de referencia para la red de coordinaciòn



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO – METODOLOGIAS Y FASES DE TRABAJO

2) Se determinaran los puntos de monitoreo , se harà su georeferenciaciòn, mediciòn de parametros de campo (**pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad electrica, nivel freàtico**) y muestreo de aguas



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO – METODOLOGIAS Y FASES DE TRABAJO

3) Las muestras serán llevadas a los laboratorios de análisis de EMAX y CUNOC y en parte serán analizadas en Italia



Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO – METODOLOGIAS Y FASES DE TRABAJO

4) Se organizará un archivo de los puntos de monitoreo, se socializarán los resultados de las análisis y se dejarán unas recomendaciones para el futuro para una gestión integrada del recurso hídrico de la región

Candidato: Arianna BUCCI  
Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## PROYECTO – RESULTADOS ESPERADOS

- Se dejarà una red de monitoreo georeferenciada que podrà ser utilizada en el futuro gracias a la precisa individuaciòn de los puntos
- Se entregaràn datos de base en Municipios estudiados
- Los Municipios involucrados , a través de los encargados de recursos hídricos, podràn coordinar acciones comunes y tener éxito de las análisis
- Se dejarà una coordinaciòn de instituciones que pueden dar seguimiento al proyecto en sus diferentes fases

Candidato: Arianna BUCCI  
 Relatore: prof. D.A. DE LUCA Correlatore: prof. A. BIANCO PREVOT

## GRACIAS POR SU ATENCION

