



# Modelación del plaguicida clorpirifos con SWAT en la subcuenca del Estero Tijeral, Chile

Proyecto RLA7019

“Desarrollo de indicadores para determinar el efecto de los pesticidas, metales pesados y contaminantes emergentes en los ecosistemas acuáticos continentales importantes para la agricultura y la agroindustria”

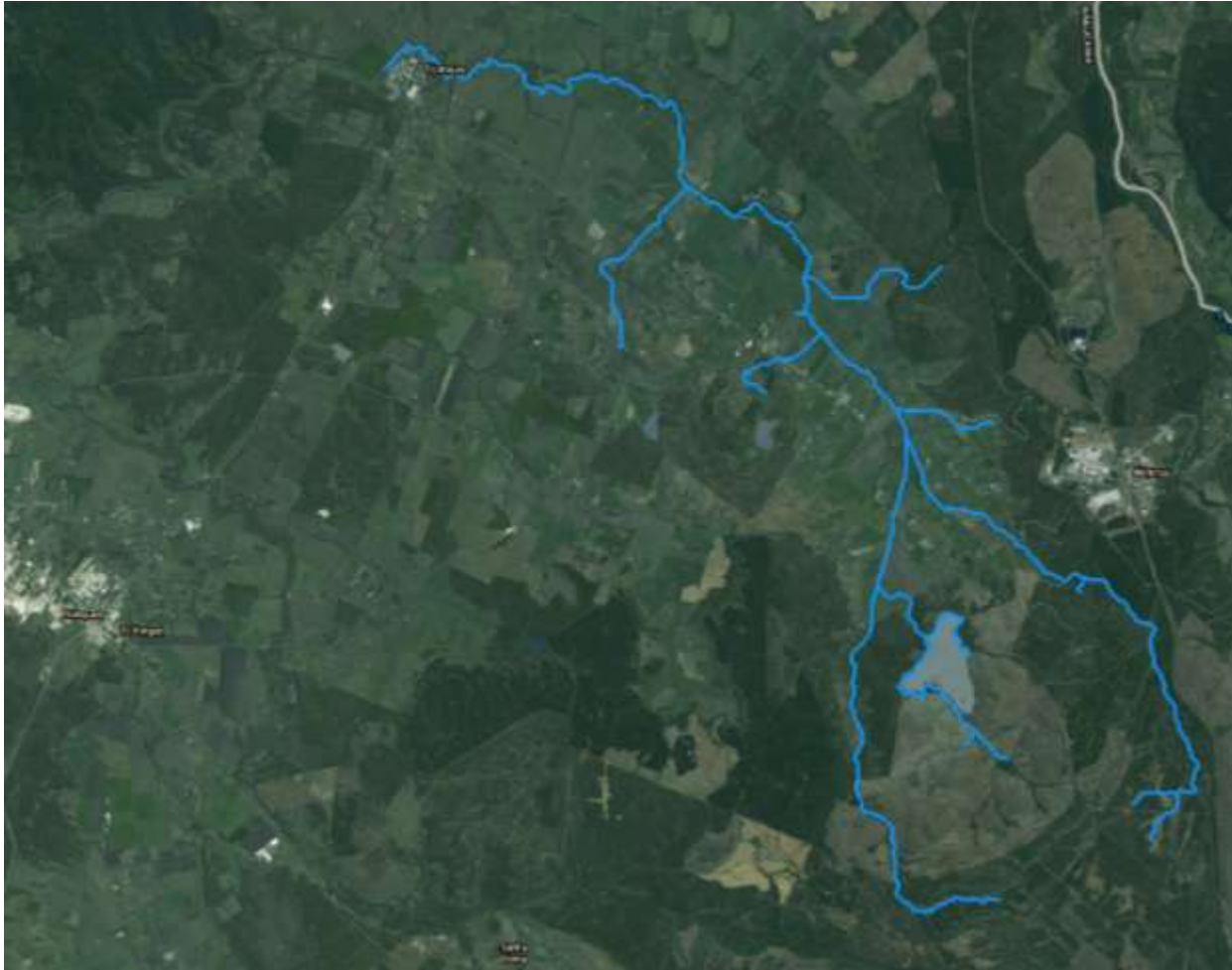
17 de abril de 2018

# Índice

- Introducción
- Área de estudio
- Variables de entrada y preparación de datos para el modelo
- Resultados
- Conclusiones

# INTRODUCCIÓN

Área de Estudio: Cuenca Hidrográfica del Estero Tijeral, Región de La Araucanía, Chile



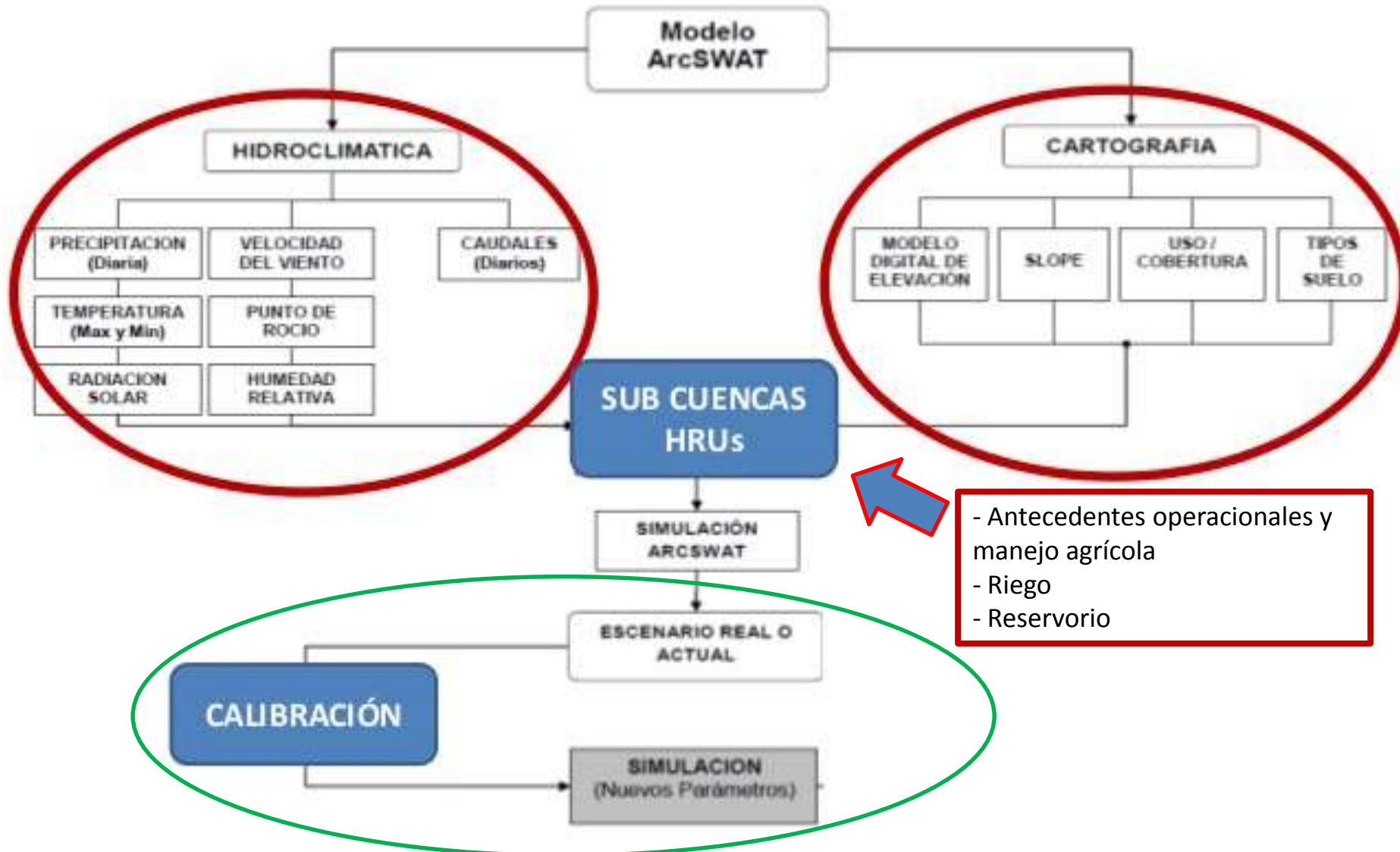
Región de la Araucanía, Provincia de Malleco y Comuna de Renaico.

# Introducción

## SWAT: Soil and Water Assessment Tool

- El SWAT es un modelo hidrológico y de calidad de agua
- Modela el transporte de agua, sedimentos y contaminantes generados y exportados desde cuencas.
- Permite predecir los impactos producidos por las prácticas de manejo de suelos sobre los balances de agua, sedimentos y calidad del agua en cuencas grandes y complejas con diferentes tipos y usos de suelo, sobre largos periodos de tiempo
- Permite trabajar en cuencas no aforadas bajo sus respectivas consideraciones

# VARIABLES DE ENTRADA AL MODELO

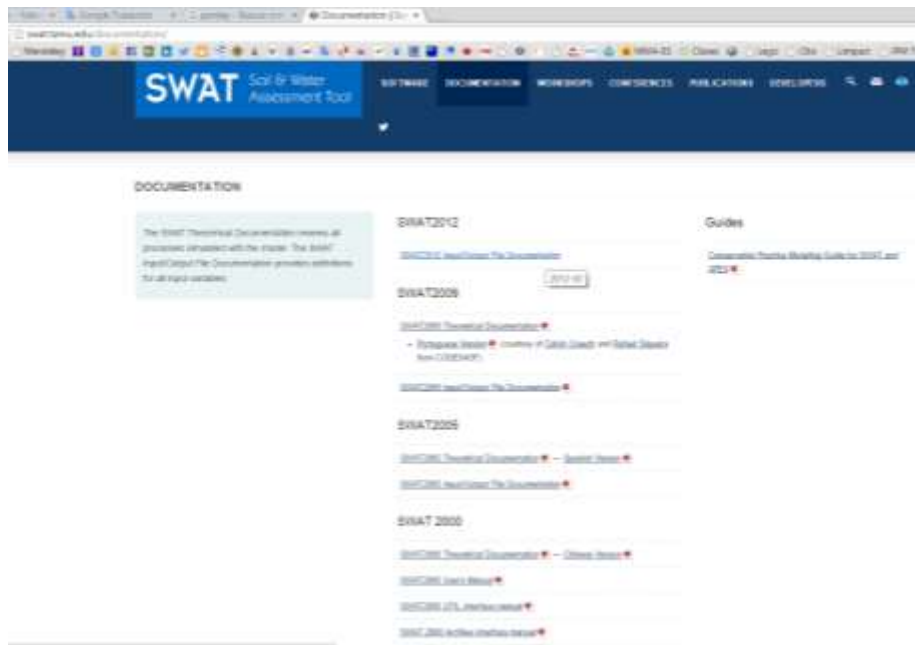


# Documentación de apoyo SWAT

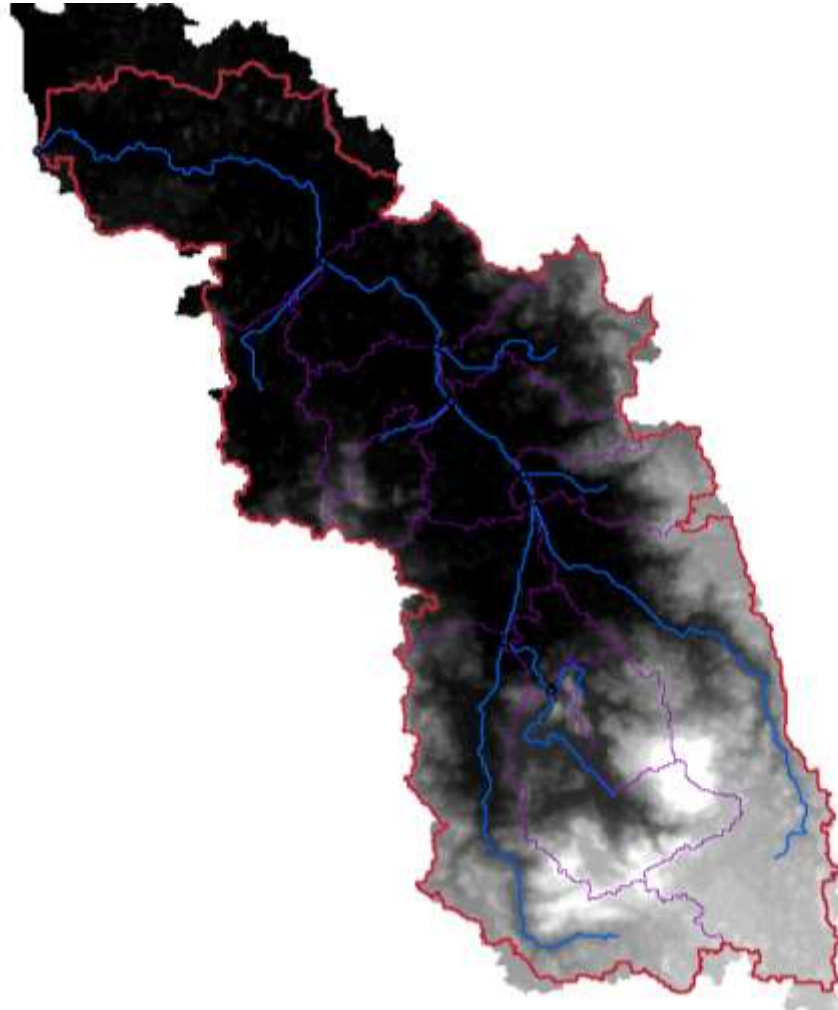
Cuando hay dudas: Revisar documentación.

También al final está el

[Appendix A - Model Databases](#)



# Modelo Digital de Elevación y delimitación de subcuencas



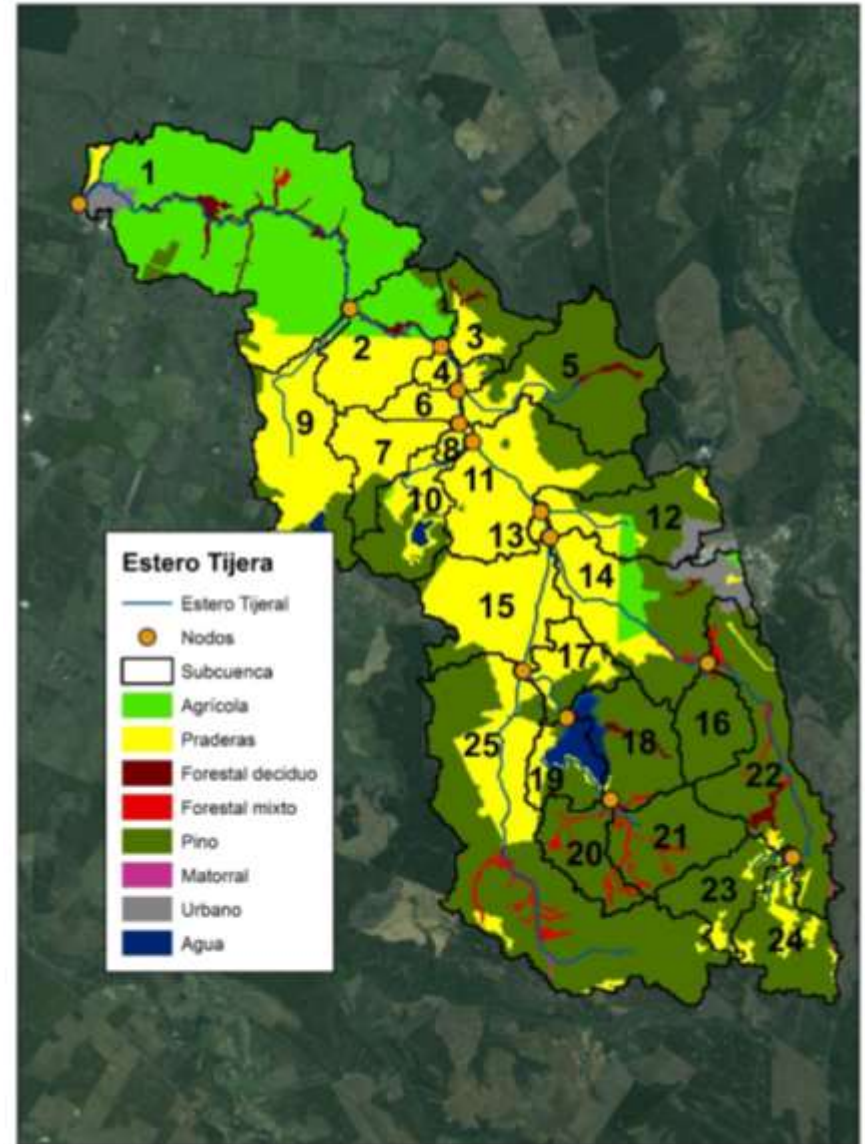


# Uso del suelo

## Preparación de los datos de coberturas de la tierra

### Clasificación general del usos de suelo

N°	Uso de suelo para el área de estudio	Codificación del uso de suelo para SWAT
1	Agrícola	AGRL
2	Pradera	BROM
3	Forestal deciduo	FRSD
4	Forestal mixto	FRST
5	Pino	PINE
6	Matorral	RNGB
7	Urbano	URLD
8	Agua	WATR



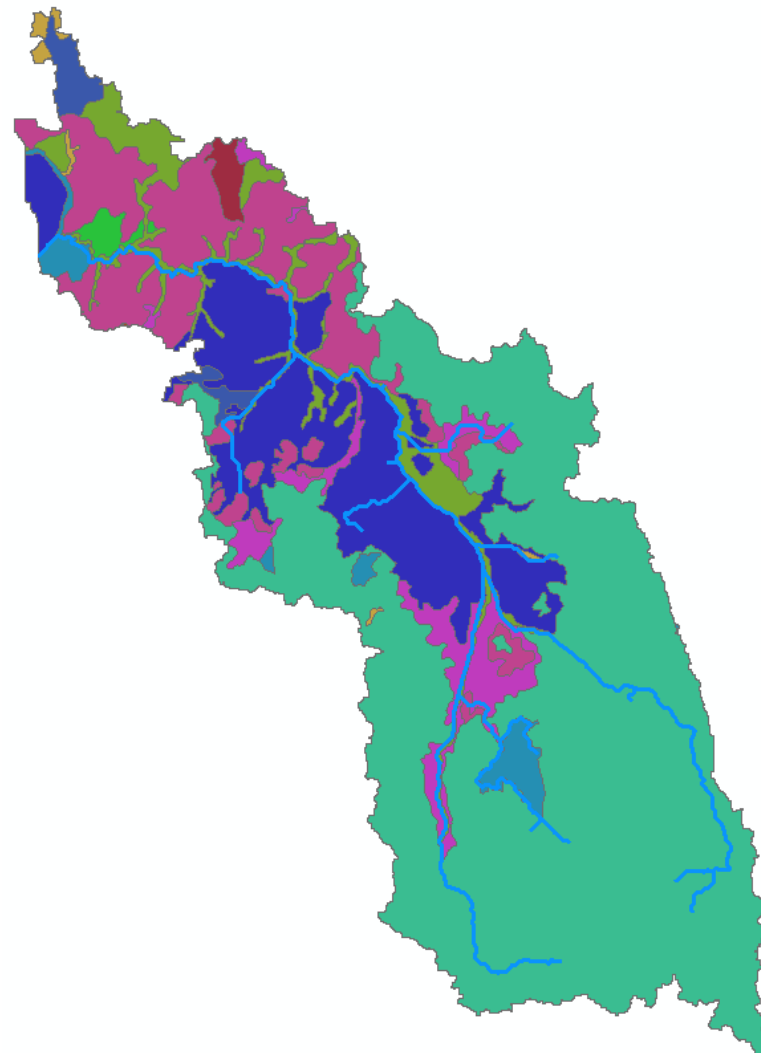


# Clasificación dentro del uso agrícola

<b>% Cobertura</b>	<b>Uso de suelo para AGRL</b>	<b>Uso de suelo SWAT</b>
<b>20%</b>	Cultivo en filas	AGRR
<b>1%</b>	Cerezo	Almond
<b>50%</b>	Manzanos	Apple
<b>1%</b>	Resto de chacra	Orchard
<b>2%</b>	Papas	Potato
<b>18%</b>	Raps	Spring canola-Ar
<b>5%</b>	Trigo	Spring wheat
<b>2%</b>	Strawberry	Strawberry
<b>1%</b>	Remolacha	Sugarbeet

# Tipos de suelos: Distribución de los tipos de suelo en la cuenca

## IV - South America

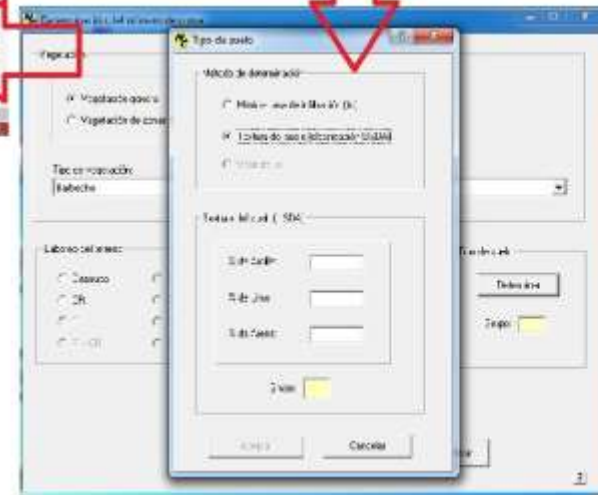
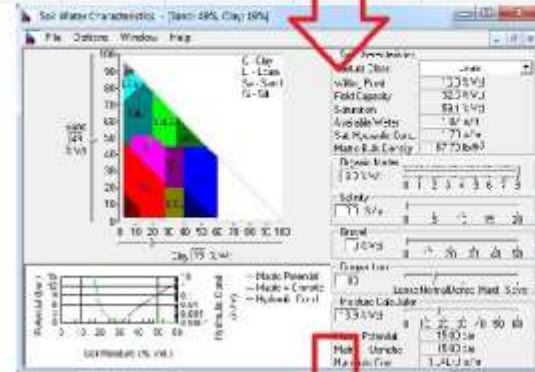
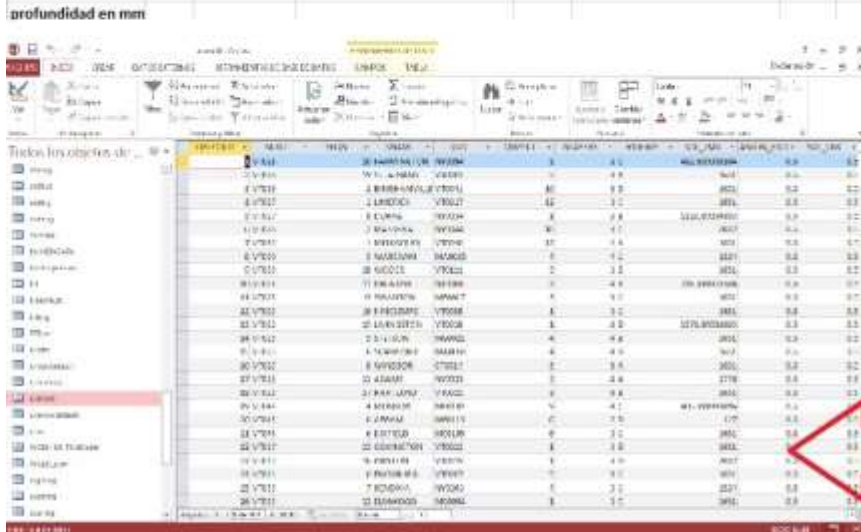


### Legend

Ap Oligo Arenosa	Fv Wado Ferralsola	Al Oligo Fluvisola	Nd Oligo Nitisola	Tu Humo Andosola	Wt Haplo Ferralsola
As Oligo Andosola	Fy Andiso Ferralsola	Am Eutro Fluvisola	Ne Eutro Nitisola	Tu Molle Andosola	Wt Catzo Nitisola
Ap Pseudo Andosola	Gc Catzo Oxisola	Ak Pseudo Fluvisola	O HISTOSOLS	Tu Hilo Andosola	Wt Luro Nitisola
Ad Oligo Cambisola	Gd Oligo Oxisola	Wt Haplo Kalkpseudosola	U-BAMBERS	Wt Hilo Pseudosola	Wt Haplo Ferralsola
Ne Eutro Cambisola	Gd Eutro Oxisola	Wt Catzo Kalkpseudosola	U-ALBUQUERQUE	Wt Oligo Vertisola	Wt Luro Nitisola
Wt Humo Cambisola	Gd Humo Oxisola	Wt Luro Kalkpseudosola	U-FERRAL	Ug Pudo Vertisola	Zp Oligo Solonchaka
Wt Catzo Cambisola	Gd Molle Oxisola	Lu Oligo Luvisola	Ug Ferral Regosola	Wt Oligo Pseudosola	Zp Oligo Solonchaka
Fv Ando Ferralsola	Wt Haplo Pseudosola	Ug Ferral Luvisola	Wt Eutro Regosola	Wt Eutro Pseudosola	Water bodies (SW)
Fv Humo Ferralsola	Wt Luro Pseudosola	Lu Oligo Luvisola	Wt Molle Regosola	Wt Molle Pseudosola	Dieters (D)
Fv Oligo Ferralsola	U-BAMBERS	Lu Pseudo Luvisola	Wt Molle Solonchaka	Wt Solonch Pseudosola	Dieters (D)
					Salt flat (SF)
					Land boundaries

# Preparación de base de datos del suelo

Suelo	SNAM	# capa/estrato	Profundidad maxima (Sol ZMX)	capa (#)	Profundidad horizonte (Sol Z)	MO (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Rock (%)	Grupo Hidrológico
Suelo 1	UTFG	2	1300.00	1	950.00	13.0	19.50	31.50	49.0	1.75	
				2	1300.00	1.30	14.00	52.00	34.00	1.00	
Suelo 2	LMSO	1	800.00	1	800.00	5.8	57.30	26.70	16.00	0.00	
Suelo 3	LEPL	1	750.00	1	750.00	6.0	56.00	33.30	10.70	3.83	
Suelo 4	UTES	1	650.00	1	650	18.4	18.30	54.80	26.90	5.67	



Excel

SPAW

NumCur

# Preparación de los datos meteorológicos

- 2 estaciones meteorológicas presentes (725 y 728)
- Datos **diarios** disponibles:
- Precipitación
- Temperatura mínima
- Temperatura máxima
- Velocidad del viento
- Humedad relativa
- Radiación solar

**Global Weather Data for SWAT**

The National Centers for Environmental Prediction (NCEP) Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) was completed over the 32-year period of 1979 through 2010. The CFSR was designed and executed as a global, high resolution, coupled atmosphere-ocean-land surface and ice system to provide the best estimate of the state of these coupled domains over this period. The current CFSR will be extended as an operational, real-time product into the future.

This website allows you to download daily CFSR data (precipitation, wind, relative humidity, and more) in SWAT file format for a given location and time period.

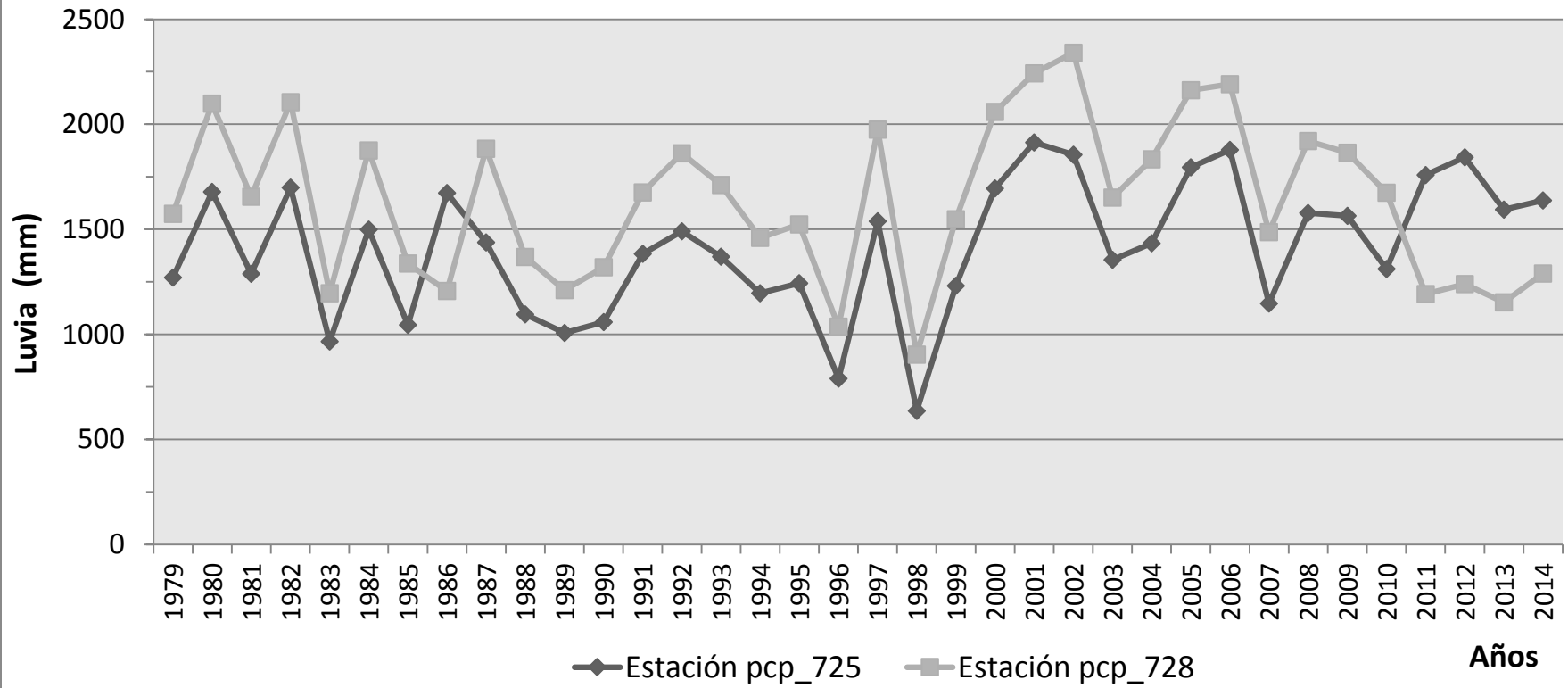
 This website is provided as a free service. You are limited to 3 requests per day and 10 per month for one email address. We ask that you please respect these limitations as a courtesy to other users. If you need to make a larger request, please contact [slu.ceb@tamu.edu](mailto:slu.ceb@tamu.edu) and we will do our best to assist you.

**Step 1: Select your bounding box**

Hold the **SHIFT** key and drag to select your bounding coordinates on the map. Or, type your latitude/longitude coordinates below. Your bounding coordinates must not exceed 8 decimal degrees latitude and 8 longitude.



## Pluviometría anual en cuenca del Estero Tijeral



## Estadística descriptiva

Parámetros	Estación pcp_725	Estación pcp_728
Promedio	1415.5	1634.1
Mínimo	635.6	904.3
Máximo	1913.2	2340.1
DS	317.4	378.9

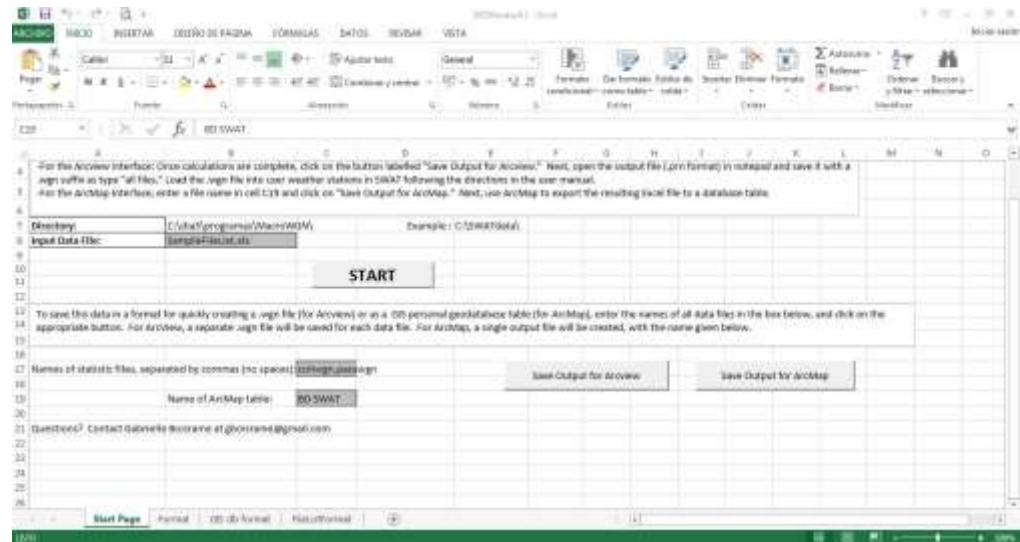
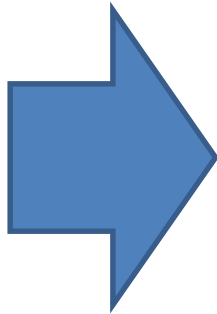
# Preparación de los datos meteorológicos para ejecución de MacroWGN (Estadístico Climático)

TMP

```
Text
1/1/1980
12/31/2011
15.5,7.3
15.3,6.8
15.3,7.6
13.9,7
11.5,6.7
16.4,6.7
14.5,7.9
16.8,7.1
14.5,7.1
13.3,7.7
12.1,8.5
13.5,8.2
```

PCP

```
Text
1/1/1980
12/31/2011
0.1
0
0
0
1.6
0
0.1
0
1.1
0
4.4
0
```



SLR – HHR – WND - HMD

```
Text
1/1/1978
12/31/1983
```



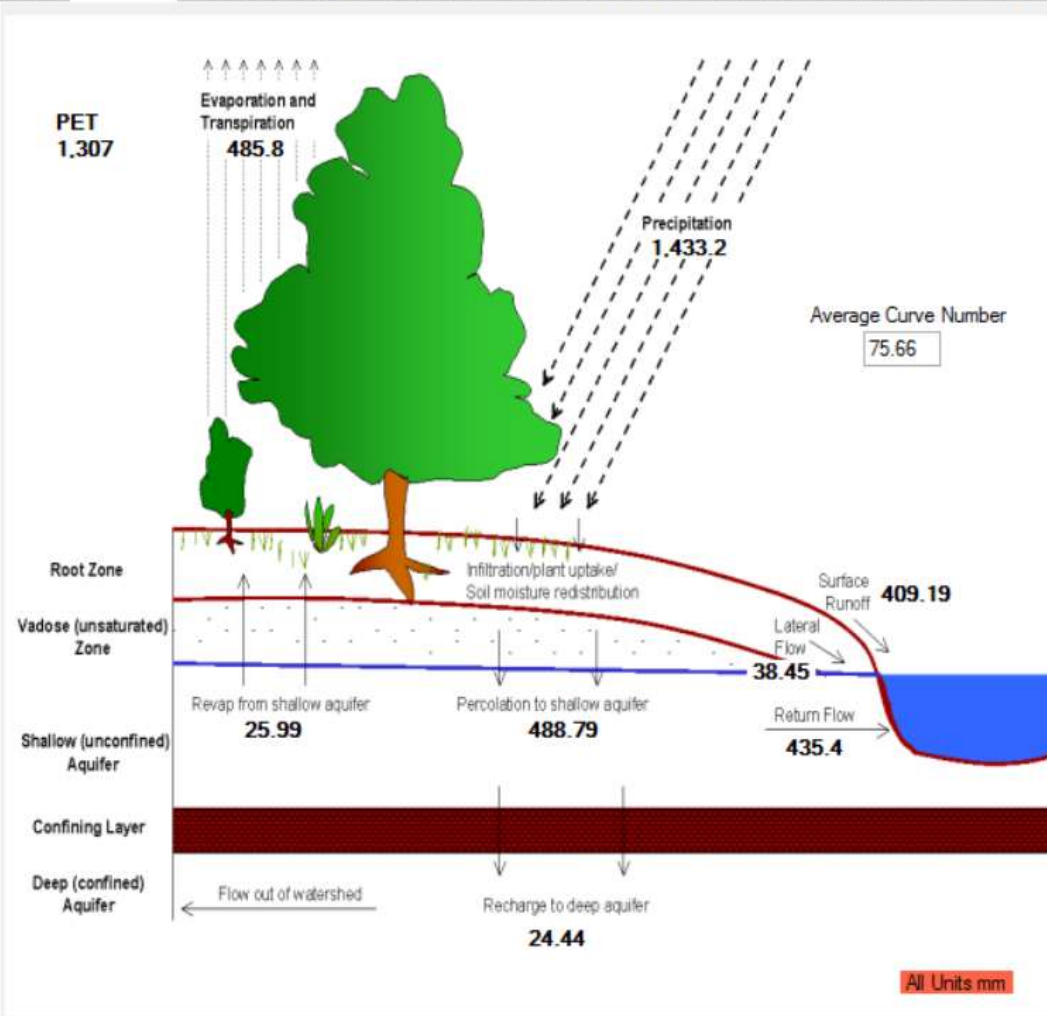


# Calendario de aplicación de CLP

- Las concentraciones modeladas corresponden a clorpirifos (CLP) bajo el siguiente calendario de aplicación:
  - Dos aplicaciones en Raps de 0,96 kg/ha el 1 de noviembre y de 0,54 kg/ha 15 de diciembre.
  - Una aplicación para manzano de 0,06 kg/ha con fecha 2 de agosto.
  - Este calendario de aplicaciones fue repetido para cada año simulado, por tanto, las diferencias que se generan entre años son producto de las condiciones climáticas.
  - La simulación fue considerando que el plaguicida se infiltra hasta 10 cm de profundidad del suelo.

# Run Model

Setup Hydrology Sediment Nitrogen Cycle Phosphorus Cycle Plant Growth Landscape Nutrient Losses Land Use Summary Instream Processes Point Sources Reservoirs About



Realistic hydrology is the foundation of any model. Pay particular attention to evapotranspiration, baseflow and surface runoff ratios. Baseflow/streamflow ratios for the US are provided by the USGS, these data are accessible via the button below. The ranges specified here are general guidelines only, and may not apply to your simulation area.

Show Avg. Monthly Basin Values

Show US Baseflow Map

## Messages and Warnings

Water yield may be excessive  
Surface runoff may be excessive

## Water Balance Ratios

Streamflow/Precip	0.62
Baseflow/Total Flow	0.54
Surface Runoff/Total Flow	0.46
Perc/Precip	0.34
Deep Recharge/Precip	0.02
ET/Precipitation	0.34

# Resumen de salida por uso de suelo

Setup Hydrology Sediment Nitrogen Cycle Phosphorus Cycle Plant Growth Landscape Nutrient Losses **Land Use Summary** Instream Processes Point Sources Reservoirs About

Summary By Reported Landuse

	LULC	AREA km2	CN	AWC mm	USLE_LS	IRR mm	PREC mm	SURQ mm	GWQ mm	ET mm	SED th	NO3 kgh	ORGN
▶	AGRR	3.89	80.82	195.31	1.01	0.00	1,433.22	481.11	377.76	514.71	15.15	3.94	
	APPL	10.74	70.52	195.81	1.00	0.00	1,433.22	282.81	526.96	553.16	0.05	0.32	
	BERM	0.42	81.09	190.10	1.91	0.00	1,433.22	560.88	341.05	476.92	1.48	8.69	
	BROM	32.93	74.38	166.10	0.95	0.00	1,433.22	404.90	561.82	396.79	1.07	2.66	
	PINE	55.37	76.90	190.05	2.53	0.00	1,433.22	433.70	419.53	519.19	0.35	1.14	
	SWHT	3.50	76.21	195.39	1.01	0.00	1,433.22	399.70	520.39	449.05	2.04	2.34	
	WATR	0.41	92.00	0.25	4.87	0.00	1,433.22	0.00	0.00	1,408.93	0.00	0.00	

[View HRU Level Warnings](#)

## Messages and Warnings

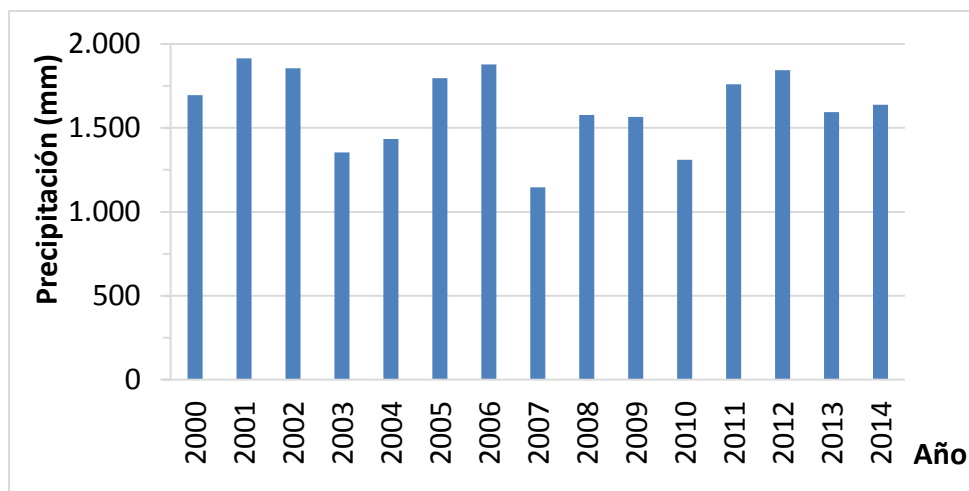
Model errors are often isolated to a particular land use type. If the land use is relatively minor, these issues may go unnoticed at the basin outlet during calibration. Often, these minor land uses are the focus of scenario development, and errors become apparent after the investment of much calibration effort.

The table above contains a few important predictions summarized by land use. These should be reviewed carefully. The button to the right provides HRU level warnings, these data are provided only to help isolate problem HRUs within a particular land use. We do not recommend that these data be used during routine checking of model output.

Crop AGRR: surface runoff may be excessive  
 Crop AGRR: biomass may be too low 0.45 mg/ha  
 Crop BERM: surface runoff may be excessive  
 Crop BERM: biomass may be too low 0.70 mg/ha  
 Crop BROM: ET less than 31% of irrigation water + precip  
 Crop BROM: surface runoff may be excessive  
 Crop BROM: biomass may be too low 0.23 mg/ha  
 Crop PINE: surface runoff may be excessive  
 Crop SWHT: surface runoff may be excessive

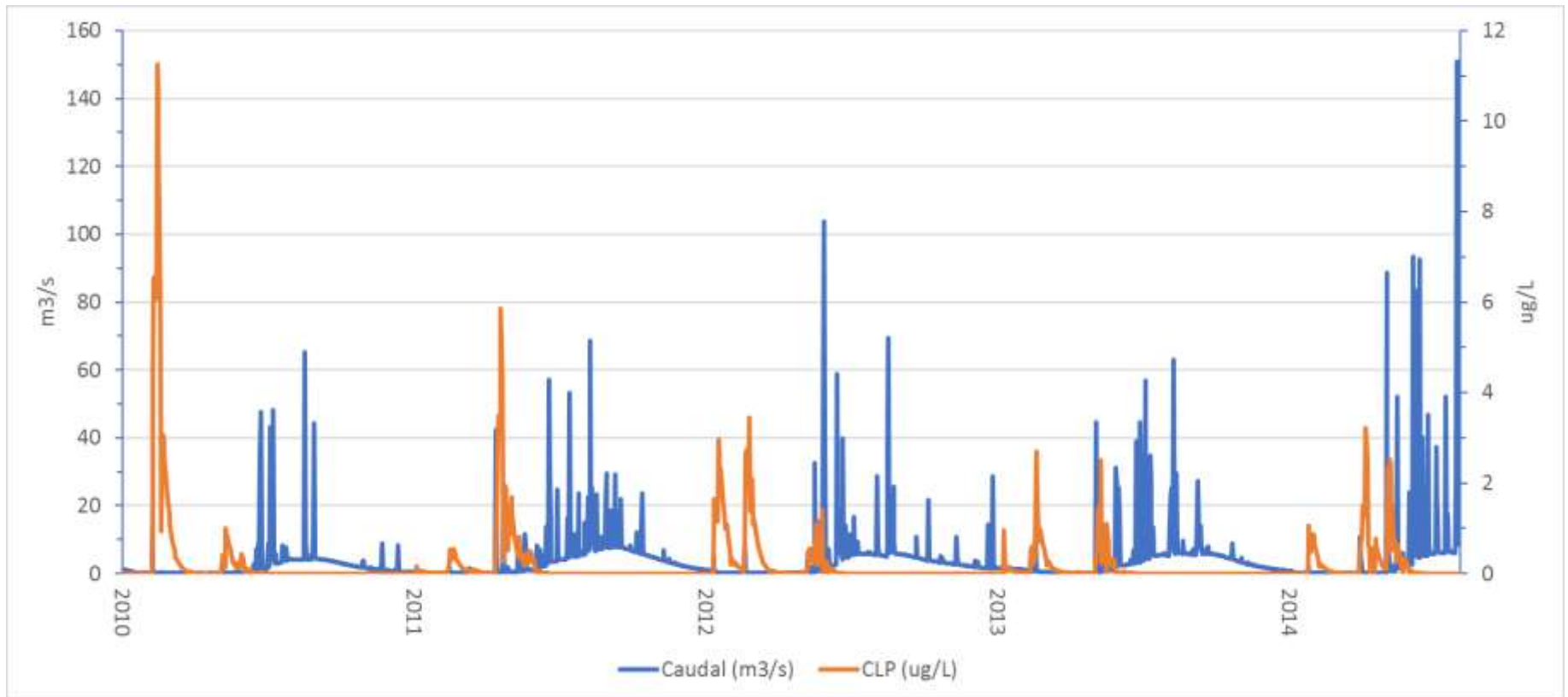
# Resultados

- Sólo las subcuencas 1 y 2 presentaron descargas de plaguicidas, ya que en ellas se distribuían aquellos cultivos con presencia de manzanos y de raps, a los cuales se les aplica el pesticida clorpirifos (CLP).
- La subcuenca 1 es aquella que mayores concentraciones de plaguicida recibe y la subcuenca más cercana a la desembocadura en el río Vergara.
- Respecto a las variaciones anuales, estas son atribuibles a las diferencias climáticas presentes cada año, en especial a la pluviometría.



Pluviometría anual en milímetros para cada uno de los años simulados

# Valores promedios mensuales estimados del caudal en $m^3/s$ y de las concentraciones de clorpirifos en $\mu g/L$ para la subcuenca 1





# Resultados:

## Concentraciones de CLP anuales

Año	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx	P(90)	P(80)
2000	CLP (ug/L)	366	0.100	0.900	0	<b>13.9400</b>	0.0200	0.0011
2001	CLP (ug/L)	365	0.090	0.480	0	5.1700	0.0300	0.0039
2002	CLP (ug/L)	365	0.110	0.570	0	7.0600	0.0600	0.0100
2003	CLP (ug/L)	365	0.005	0.040	0	0.6100	<b>0.0004</b>	0.0000
2004	CLP (ug/L)	366	0.090	0.400	0	3.8400	0.1000	0.0100
2005	CLP (ug/L)	365	0.070	0.250	0	1.6800	0.1000	0.0022
2006	CLP (ug/L)	365	0.120	0.380	0	2.8300	0.3500	0.0400
2007	CLP (ug/L)	365	0.200	0.550	0	3.6300	0.6700	0.0900
2008	CLP (ug/L)	366	0.210	0.730	0	5.2600	0.5300	0.0100
2009	CLP (ug/L)	365	0.070	0.260	0	1.5800	0.0200	0.0005
2010	CLP (ug/L)	365	0.330	1.320	0	<b>11.2600</b>	0.4400	0.0800
2011	CLP (ug/L)	365	0.180	0.630	0	5.8500	0.4100	0.0800
2012	CLP (ug/L)	366	0.220	0.540	0	3.4600	0.8100	0.1900
2013	CLP (ug/L)	365	0.100	0.310	0	2.7000	0.2700	0.0500
2014	CLP (ug/L)	212	0.260	0.520	0	3.2100	0.6900	0.4800

# Resultados:

## Concentraciones de CLP mensuales

Mes	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx	P(90)	P(80)
1	CLP (ug/L)	465	0,11	0,37	0,00	2,97	0,11	0,03
2	CLP (ug/L)	424	0,49	1,52	0,00	<b>13,94</b>	1,30	<b>0,36</b>
3	CLP (ug/L)	465	0,14	0,58	0,00	<b>7,06</b>	0,27	0,08
4	CLP (ug/L)	450	<b>0,50</b>	1,02	0,00	<b>5,85</b>	1,96	<b>0,58</b>
5	CLP (ug/L)	465	0,41	0,47	0,00	2,52	1,10	<b>0,76</b>
6	CLP (ug/L)	450	0,02	0,08	1,1E-05	0,76	0,04	0,02
7	CLP (ug/L)	465	8,7E-05	1,9E-04	2,0E-08	1,9E-03	2,1E-04	8,5E-05
8	CLP (ug/L)	434	1,9E-05	5,4E-05	0,00	3,1E-04	2,2E-05	1,4E-05
9	CLP (ug/L)	420	2,7E-05	6,0E-05	0,00	3,0E-04	1,3E-04	2,9E-05
10	CLP (ug/L)	434	6,9E-06	2,3E-05	0,00	1,4E-04	1,5E-05	2,0E-08
11	CLP (ug/L)	420	9,4E-05	6,5E-04	0,00	0,01	5,2E-07	1,5E-07
12	CLP (ug/L)	434	7,9E-05	8,4E-04	0,00	0,01	2,1E-07	2,0E-08

# Conclusiones

1. Las cuencas 1 y 2 son aquellas con descarga de clorpirifos, pero la subcuenca-1 es aquella con valores más altos.
2. Durante los meses de febrero a mayo es conveniente realizar los muestreos y en las áreas próximas a la salida de la cuenca "1", ya que en 20% de los valores más altos se presentan durante esos meses.
3. La aplicación del modelo tiene utilidad como un indicador de aquellas áreas y períodos en los cuales medir, pero requiere ser validado y con el tiempo ir dando mayor precisión a las características incluidas en el modelo, especialmente respecto al manejo agrícola.

# Agradecimientos

- IAEA
- SAG
- CATIE
- ARCAL
- CCHEN
- Universidad Austral