

Foro sobre Mitigación de Eutrofización y Taller sobre Cianobacterias

Experiencia del grupo interdisciplinario de SWAT en Uruguay:

Proyecto piloto para el apoyo a la gestión de los
recursos hídricos en la subcuenca del Rio Santa Lucia

27, 28 y 29 de noviembre de 2019
Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande
Argentina-Uruguay
www.saltogrande.org/jece

Foro sobre Mitigación de Eutrofización y Taller sobre Cianobacterias
27 a 29 de noviembre de 2019
Complejo Hidroeléctrico Salto Grande / Argentina - Uruguay

Experiencia del grupo interdisciplinario de SWAT en Uruguay:

Proyecto piloto para el apoyo a la gestión de los
recursos hídricos en la subcuenca del Rio Santa Lucia

Jimena Alonso

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental
Facultad de Ingeniería, Universidad de la República



THE UNIVERSITY OF
SYDNEY



MVOTMA
Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

DINAGUA
Dirección Nacional
de Aguas

DINAMA
DIRECCION NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE



Programa

1. Introducción

2. Grupo de Trabajo

3. Proyecto Piloto y resultados de SWAT

4. Conclusiones

Antecedentes

Año 2015

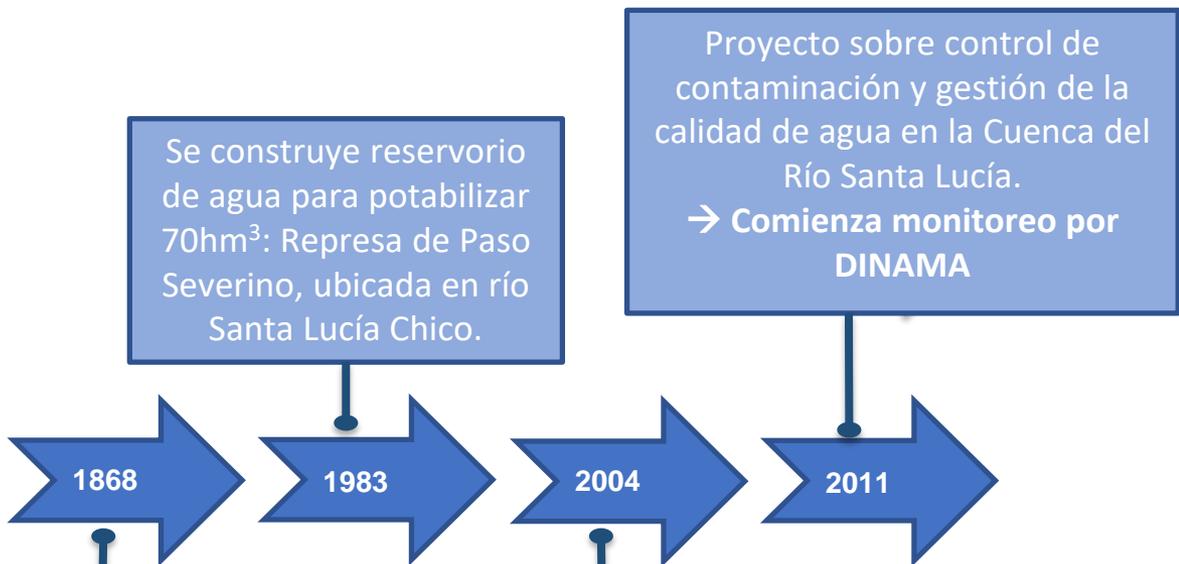
- ❖ Taller “Necesidades de Investigación en Recursos Hídricos” organizado por el proyecto IRI-INIA
- ❖ Participaron las instituciones que aportan en la gestión del agua



Año 2017

- ❖ Asistencia técnica del Banco Mundial sobre Crecimiento Verde se conformó un grupo interinstitucional que tenía el objetivo trabajar en modelación de cantidad y calidad de agua en la cuenca del río Santa Lucía.

¿Por qué la Cuenca del Santa Lucía?



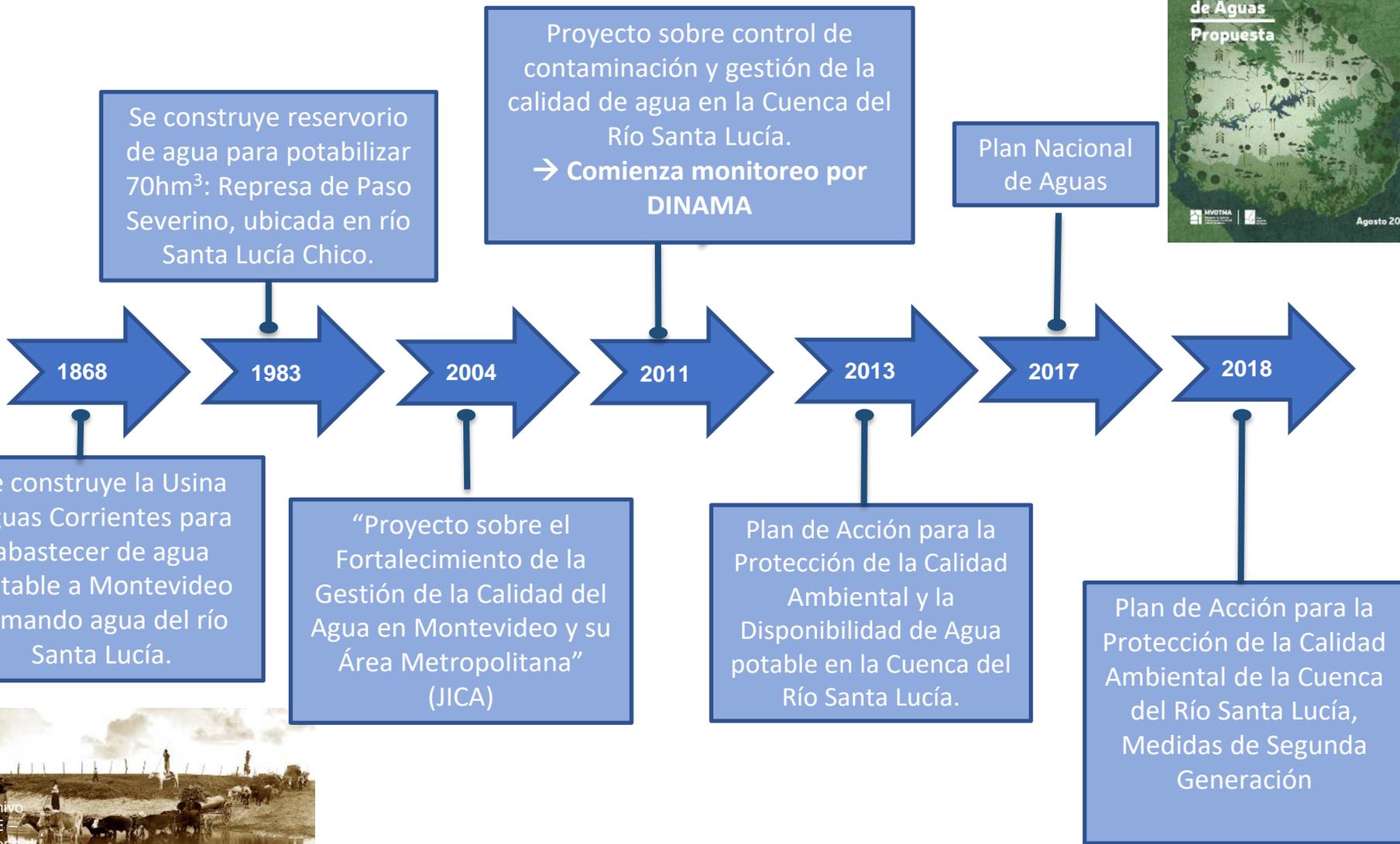
PROGRAMA DE MONITOREO



¿Por qué la Cuenca del Santa Lucía?



¿Por qué la Cuenca del Santa Lucía?



Equipo de trabajo

Abordaje interdisciplinario
e interinstitucional
Reuniones semanales
Proceso documentado

Dificultades

- ✓ Disponibilidad y calidad de datos
- ✓ Conflicto de intereses
- ✓ Tiempos y plazos

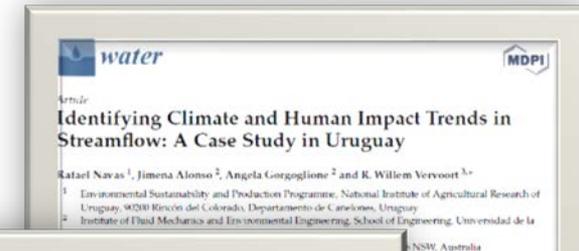
Desafíos

- ✓ Negociación de diferencias
- ✓ Comprensión integrada y profunda
- ✓ Soluciones consensuadas



Logros del equipo

- ❖ Desarrollo de un marco de trabajo para la implementación de la herramienta SWAT en Uruguay
 - Conformación del grupo de trabajo y su continuidad
 - Creación de un espacio de trabajo y discusión científica
 - Capacitación
 - Consulta con expertos
 - Recopilación y preparación de información de diferentes fuentes
 - Implementación del modelo SWAT
 - Workshops y talleres de difusión
 - Documentación del proceso: Open Science Framework
- ❖ Publicaciones y participación en congreso
- ❖ Colaboración con otros trabajos en curso
- ❖ Conformación del “Grupo interinstitucional de herramientas de modelación para la gestión de la cantidad y calidad de agua.” de conformación abierta y carácter colaborativo con otras iniciativas en la temática.



flow. However, the effects paper is to demonstrate that full-runoff simulations using full-runoff model removes the Santa Lucia river (Uruguay), 690 to 4900 km² and 35 years d to influence the streamflow, growth in water licenses was chs of land use change differe middle size catchment was

Documentos registrados y compartidos

- https://osf.io/uqb5j/?view_only=22c5acf2714e4d328c6ad0610a60dee0



SWAT Subcuenca Santa Lucía

Files

Wiki

Registrations

This project is being viewed through a private, view-only link. Anyone with the link can view this project. Keep the link safe.

SWAT Subcuenca Santa Lucia

Contributors: Flora Mer, Rutger Willem Vervoort, Luciana Badano, Natalia Neighbur, Florencia Hastings

Date created: 2019-06-19 06:28 AM | Last Updated: 2019-07-02 11:46 AM

Category: Project

Description: Documents and capacity building tools in relation to the SWAT Santa Lucia project (Uruguay)

License: MIT License

Wiki



Introducción

Este es un repositorio de los documentos, datos y archivos del proyecto piloto del Uso del modelo SWAT para planificar la gestión de los recursos hídricos en la subcuenca del Río Santa Lucía en Uruguay. Este proyecto es ejecutado por un grupo de trabajo multidisciplinario e interinstitucional, integrado por profesionales de los Institutos de Investigación, Universidad e instituciones...

[Read More](#)

Files

Filter



Name

Modified

Name	Modified
SWAT Subcuenca Santa Lucia	
- OSF Storage (United States)	
0.ReadMe.pdf	2019-06-30 03:50 PM
+ 1.Project specific documents	
+ 2."How to" documents	
+ 3.Analyze output documents	
+ Wiki images	
- Workshop Advanced SWAT: Calibration and satellite data	
- OSF Storage (United States)	
+ Workshop Files	

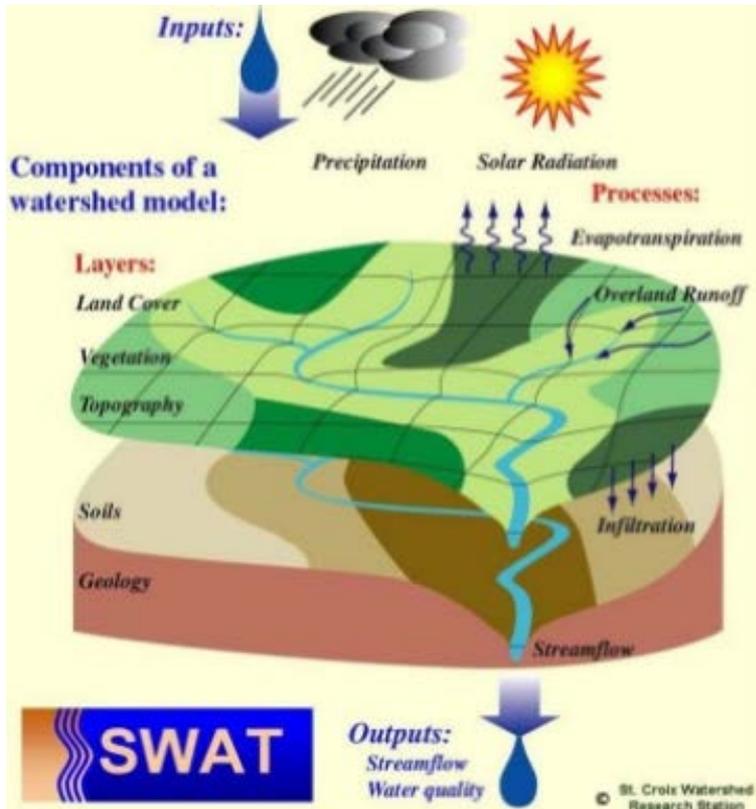
Proyecto piloto: Aplicación del SWAT en la subcuenca del Rio Santa Lucia hasta Rio Santa Lucia Chico



Objetivo : Estimar el impacto de usos del suelo en la cantidad y calidad del recurso hídrico en la subcuenca del Rio Santa Lucia hasta Rio Santa Lucia Chico usando el modelo SWAT. Capacitación.

- Usando la mejor metodología e información disponible
- Grupo de trabajo inter-institucional e inter-disciplinario
- Colaboración de especialistas locales

¿Por qué usar SWAT?



Modelo SWAT – Soil Water Assessment Tool

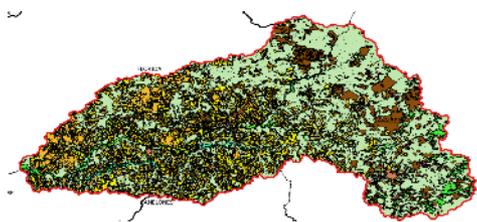
- Modelo Integral (ET; Balance H₂O; Crec. Cultivo; erosión; Transporte de Sedimentos Nutrientes y agro-químicos), **desarrollado para predecir el impacto de las prácticas de uso y manejo del suelo en la cantidad y calidad del agua de grandes cuencas con características complejas.**
- Modelo hidrológico, Continuo (diario) y semi-espacialmente distribuido
- Producto de 40 años de I+D entre USDA/NRCS y la Texas A&M University
- Interface open-source (QGIS + QSWAT)
- Contribuye a la comprensión de ecosistemas complejos, además de a la evaluación de disponibilidad y calidad del agua, efectos del cambio climático y cambios en la producción agrícola.
- Aceptado internacionalmente como una herramienta interdisciplinaria de modelación de cuencas (aplicada en 100 países) y con un fuerte respaldo de publicaciones evaluadas por pares (casi 2800 papers en 500 journals al 2016)

Implementación del SWAT

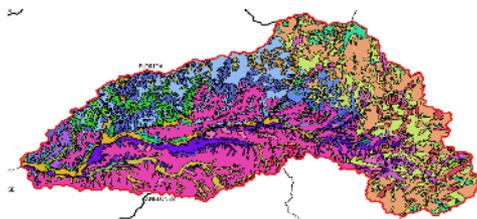
MDT:
MGAP-DGRN



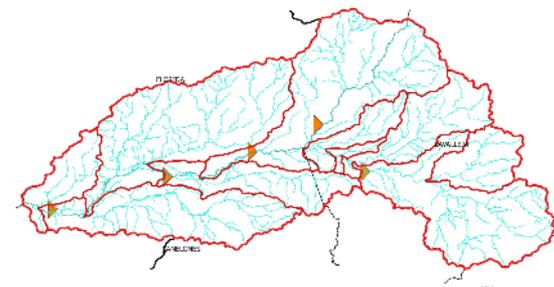
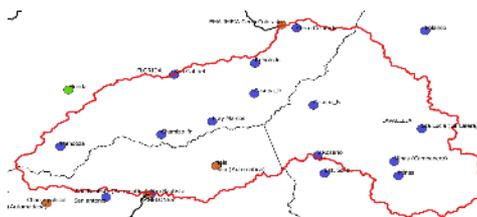
Mapa Uso y
Manejo del
Suelo:
MVOTMA y
MGAP



Mapa de Suelos:
MGAP-DGRN



Precipitación y
variables
meteorológicas:
INIA e INUMET



CANTIDAD: DINAGUA
Monitoreo de niveles en
cauce
curvas de aforo

CALIDAD: DINAMA
Monitoreo en cauce
Sitios y cargas de los
puntos de vertido
registrados

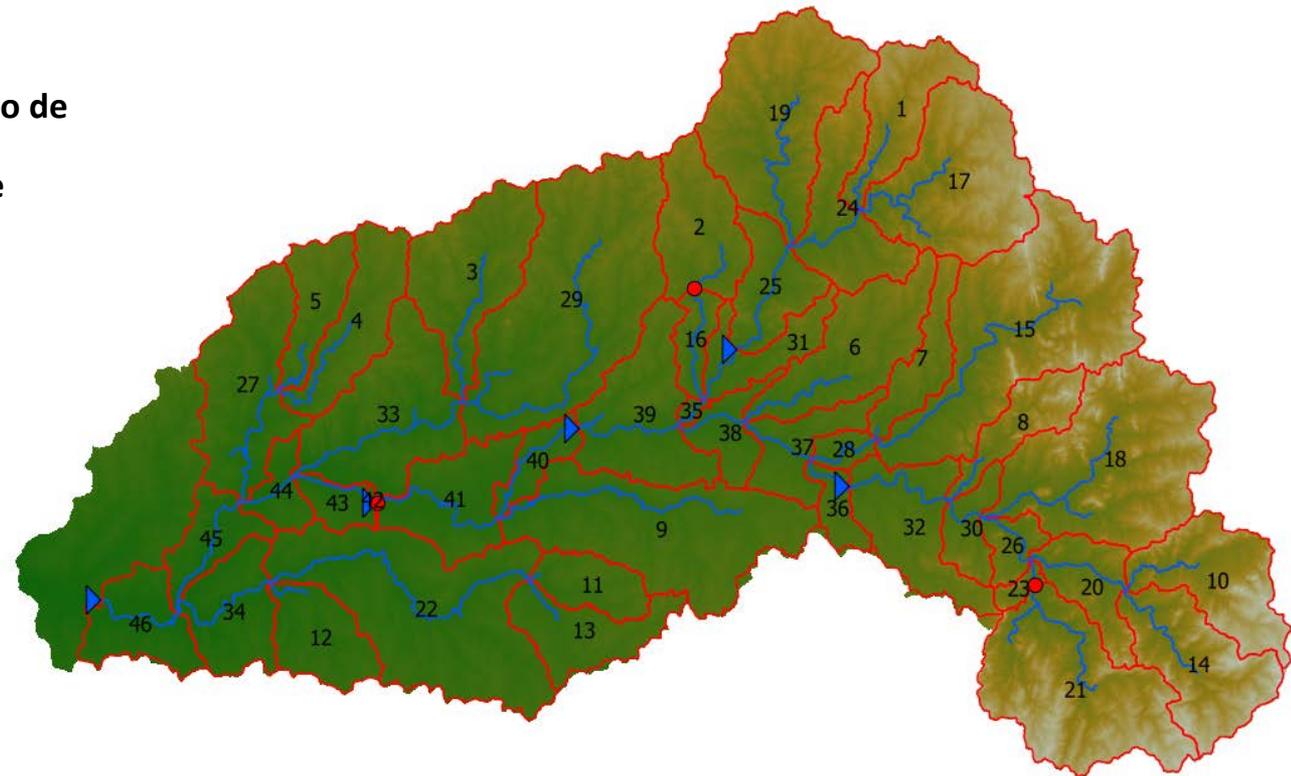


Implementación del SWAT: DEM

DEM – Altura (m)

- 0 - 138
- 138 - 276
- 276 - 415

- ▶ Estación de monitoreo de caudal
- Fuentes puntuales de contaminación



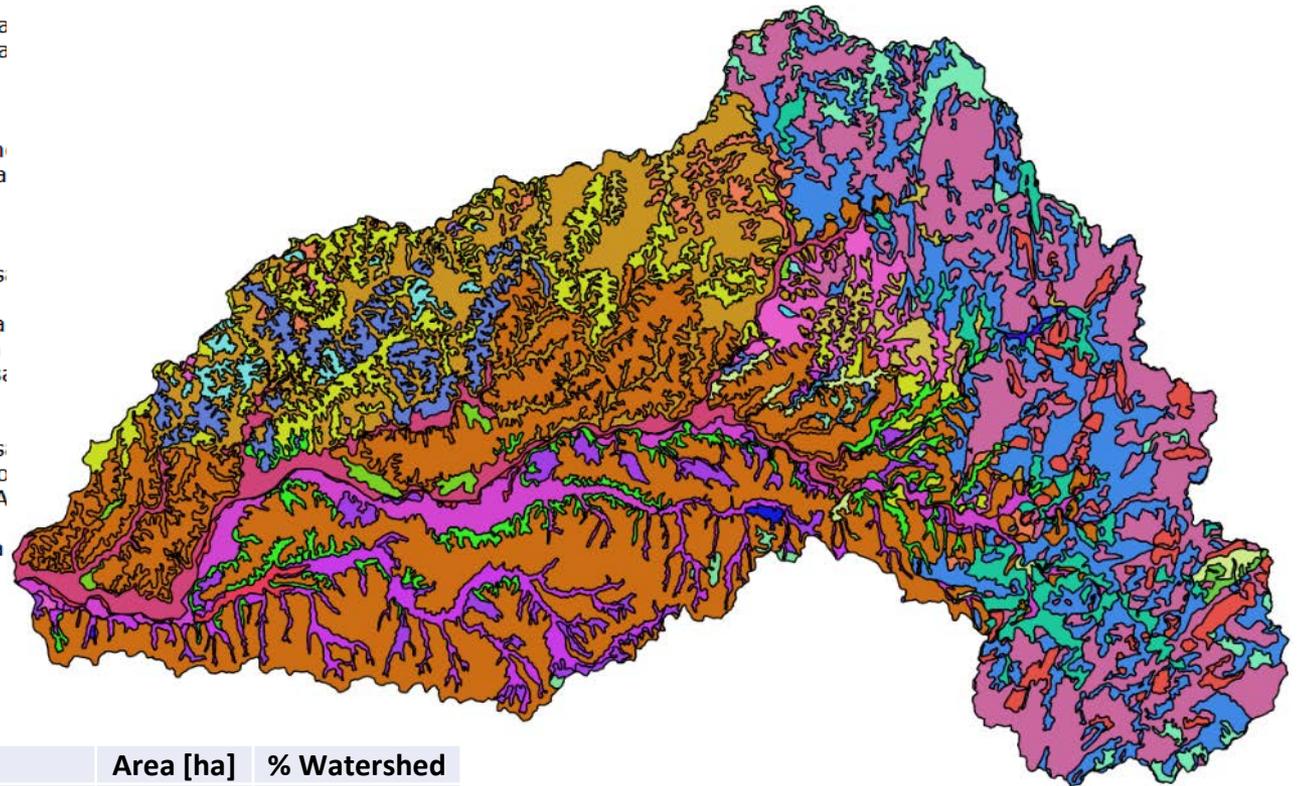
Fuente: MGAP <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-de-recursos-naturales/tramites-y-servicios/biblioteca-digital/modelo-digital-del-terreno>

Implementación del SWAT: Suelos

Suelos

- Argisol Subeútrico Melánico abruptico, Familia Francosa
- Argisol subeutrico ocrico
- Brunosol Eutrico Lúvico, Familia Francosa
- Brunosol Eutrico Lúvico, Familia Limo Arcillosa
- brunosol eutrico tipico familia limo arcillosa
- Brunosol eutrico tipico familia limo arcillosa
- Brunosol Eutrico Típico, Familia Limo Arcillosa
- Brunosol Éutrico Típico, Familia Limo Arcillosa
- brunosol ssubeutrico tipico
- brunosol subeutrico luvico familia francosa
- brunosol subeutrico haplico
- brunosol subeutrico haplico familia areno fran
- Brunosol Subeútrico Lúvico, Familia Areno Fra
- brunosol subeutrico luvico, familia francosa
- Brunosol Subeutrico luvico, familia francosa
- Brunosol Subeútrico Lúvico, Familia Francosa
- brunosol subeutrico tipico familia limo arcillos
- Brunosol Subeutrico Típico, Familia Francosa
- Burnosol Subeutrico Háptico, Familia Francosa
- gleysol haplico melanico familia limo arcillosa
- gleysol haplico ocrico familia limosa a francos:
- gleysol luvico melanico familialimosa
- Inceptisol Úmbrico, Familia Arenoso Franco
- litosol subeutrico ocrico, familia areno francos
- Planosol Éutrico Melánico, Familia Limo Arcillo
- Planosol Saubéutrico Melánico, Familia Limo A
- vertisol haplico familia arcillosa
- Vertisol Rúptico Lúvico, Familia Limo Arcillosa

Definición del mapa con la ayuda de los expertos del departamento de suelo del MGAP
MGAP 1:40000, Molfino and Califra (2001)

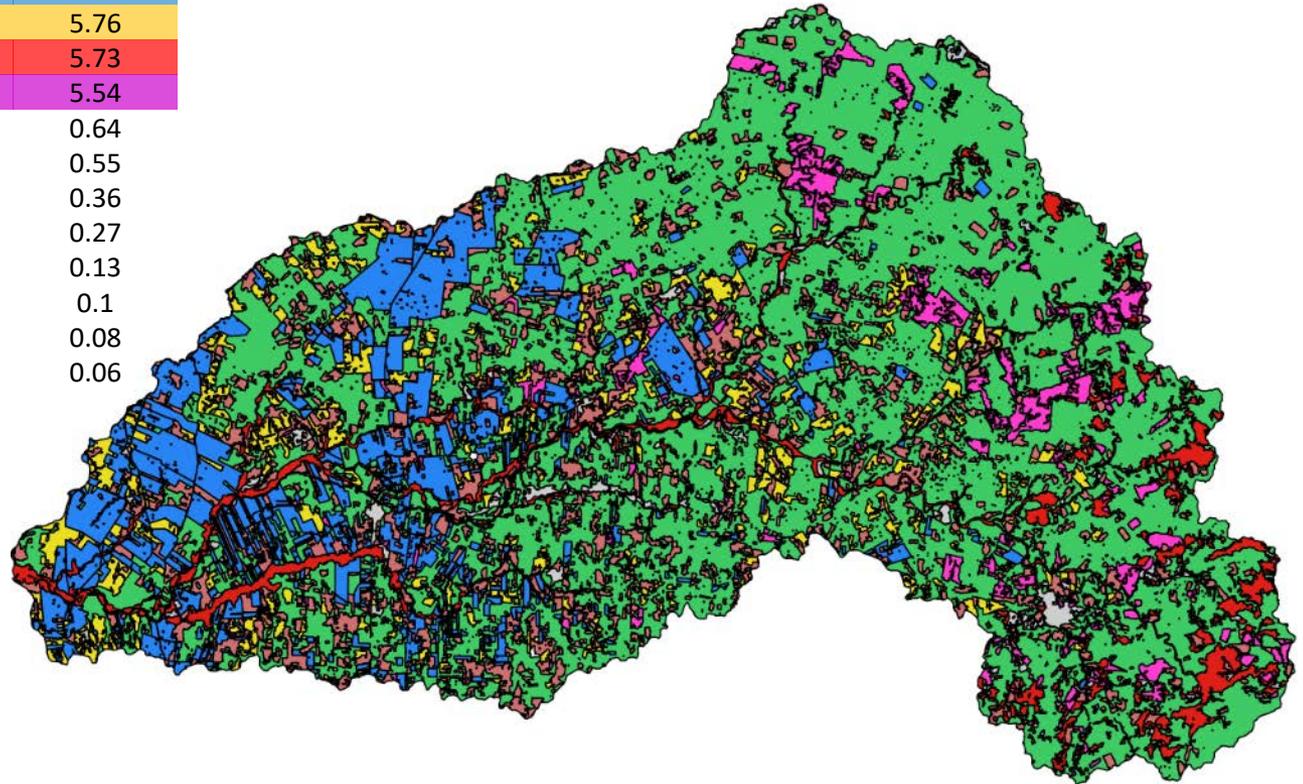


Soil type	Area [ha]	% Watershed
Brunosol eutrico Tipico, Familia Limo Arcillosa	115420	23.6
Brunosol subeutrico haplico	75218	15.4
Brunosol Subeutrico Tipico, Familia Francosa	59252	12.1
Brunosol subeutrico haplico familia areno francosa	54349	11.1

62% de la subcuenca presenta estos 4 tipos de suelo.

Implementación del SWAT: Uso del Suelo

Uso del suelo	Codigo SWAT	%Cuenca
Campo natural	GRAS	56.43
Agricultura con pastura	AGRP	14.51
Lecheria	LECH	9.83
Agricultura continua	AGRC	5.76
Monte nativo	MONT	5.73
Eucalipto	EUCA	5.54
Areas Naturales inundables	WETL	0.64
Arbustos	SHRB	0.55
Areas Urbanas	URML	0.36
Agua	WATB	0.27
Areas desnudas	BARR	0.13
Frutas	APPL	0.1
Areas Urbanas Dispersas	URLD	0.08
Industrial	UIDU	0.06



LCCS 2015 DINOT, Metodología FAO
Planes lecheros SNIG
Visita de campo y imágenes satelitales

Elegimos usar el mapa de uso del suelo del año 2015 para implementar el modelo y así realizar la calibración sobre el período de mayor disponibilidad de datos de calidad (2010 a 2015)

Implementación del SWAT: Manejo de Suelo

Rotación agrícola (AGRC)

Cultivo	Crop	Año
MAÍZ	CORN	3-1
AVENA	OATS	1
SOJA	SOYB	1-2
AVENA	OATS	2
SOJA	SOYB	2-3
AVENA	OATS	3
MAÍZ	CORN	3-1

Rotación agrícola con pasturas (AGRP)

CORTE 1			CORTE 2		
Cultivo	Crop	Año	Cultivo	Crop	Año
PASTURA	PAST	1	PASTURA pastoreo	PAST	1
MAÍZ	CORN	1-2	PASTURA pastoreo	PAST	2
AVENA	OATS	2	PASTURA pastoreo	PAST	3
MAÍZ	CORN	2-3	PASTURA pastoreo	PAST	3
PASTURA pastoreo	PAST	3	MAÍZ	CORN	3-4
PASTURA pastoreo	PAST	4	AVENA	OATS	4
PASTURA pastoreo	PAST	5	MAÍZ	CORN	4-5
PASTURA pastoreo	PAST	5	PASTURA	PAST	5

Rotación lechería (LECH)

CORTE 1			CORTE 2		
Cultivo	Crop	AÑO	Cultivo	Crop	AÑO
AVENA pastoreo	OATS	1	PASTURA pastoreo	PAST	1
SORGO FORRAJERO	SGHY	1-2	PASTURA pastoreo	PAST	2
PASTURA pastoreo	PAST	2	AVENA pastoreo	OATS	3
PASTURA pastoreo	PAST	3	SORGO FORRAJERO	SGHY	3-4
PASTURA pastoreo	PAST	4	PASTURA pastoreo	PAST	4

Campo natural (GRASP)

Cultivo	Crop
Campo Natural pastoreo	GRAS

A partir de los Planes de uso y manejo responsable de suelos (MGAP-DGRN), se definieron 2 rotaciones típicas: **AGRC & AGRP**

A partir de los Planes de Lechería Sostenible, se definió la rotación **LECH**

La rotación **GRASP** se definió a partir de cifras promedio del Uruguay

*El CORTE se refiere a una misma rotación pero con un desfase temporal en el inicio, para representar la variabilidad espacial del manejo en la cuenca

Implementación del SWAT: Variables meteorológicas

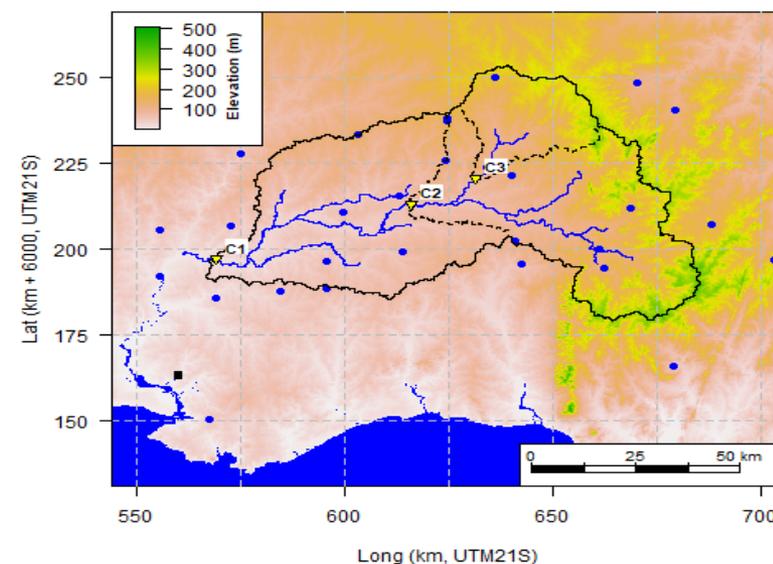
Temperatura , radiación, humedad, velocidad del viento

- De la estación INIA Las Brujas
- Datos disponibles desde 1983
- <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

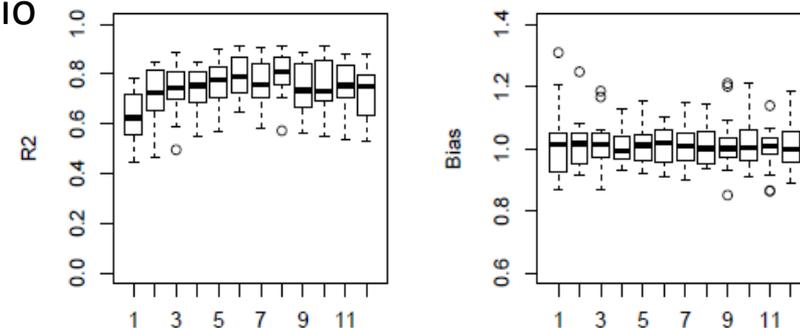
Precipitación

De INUMET para las estaciones mostradas en el mapa
A partir de los pluviómetros que tienen al menos las tres cuartas partes del registro completo, se calculó la precipitación media diaria para cada subcuenca del río Santa Lucía (Krigging y validación cruzada) .

Red de estaciones



Validación cruzada del kriggado de precipitación

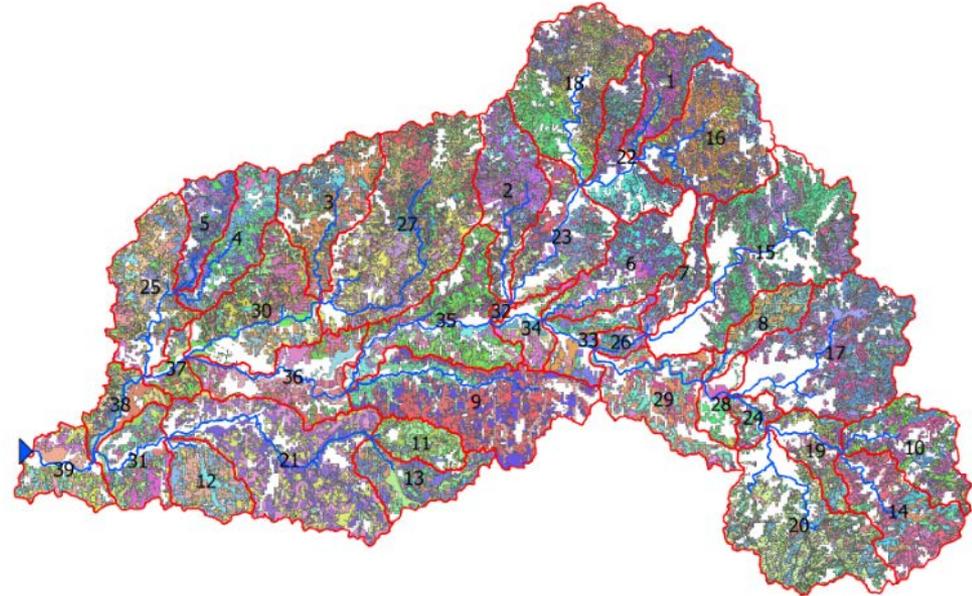


Implementación del modelo

Recopilación de información necesaria para el modelo SWAT (mapas uso del suelo, plan de uso y manejo, tipo de suelo, relieve, información agro-climática).



Construcción de la estrategia de modelación SWAT (subdivisión en sub-cuencas, definición de HRU, escalamiento de la información).



Principales Usos del Suelo año 2015

	Area [ha]	%Watershed
GRAS		
AGRP		
LECH		
AGRC		
EUCA		
MONT		

Implementación del modelo

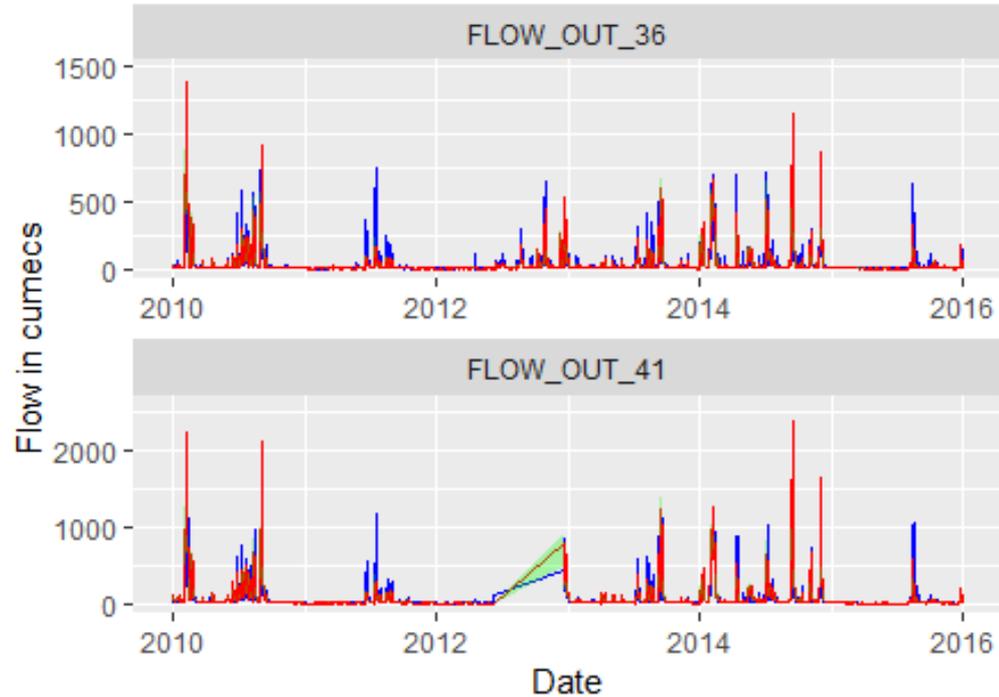
Recopilación de información necesaria para el modelo SWAT (mapas uso del suelo, plan de uso y manejo, tipo de suelo, relieve, información agro-climática).

Construcción de la estrategia de modelación SWAT (subdivisión en sub-cuencas, definición de HRU, escalamiento de la información).

Calibración y validación de CANTIDAD (SWATCUP) a paso diario

Período de calibración: 2010-2015, con 4 años de calentamiento.

Calibración conjunta en dos estaciones: Paso Pache y Fray Marcos



Calibración caudales (2010-2015)

Subcuenca	R2	NS	VOL_FR
Fray Marcos	0.76	0.74	1.09
Paso Pache	0.71	0.68	1.02

Validación caudales (2016-2018)

Subcuenca	R2	NS	VOL_FR
Fray Marcos	0.69	0.66	1.21
Paso Pache	0.64	0.63	1.04

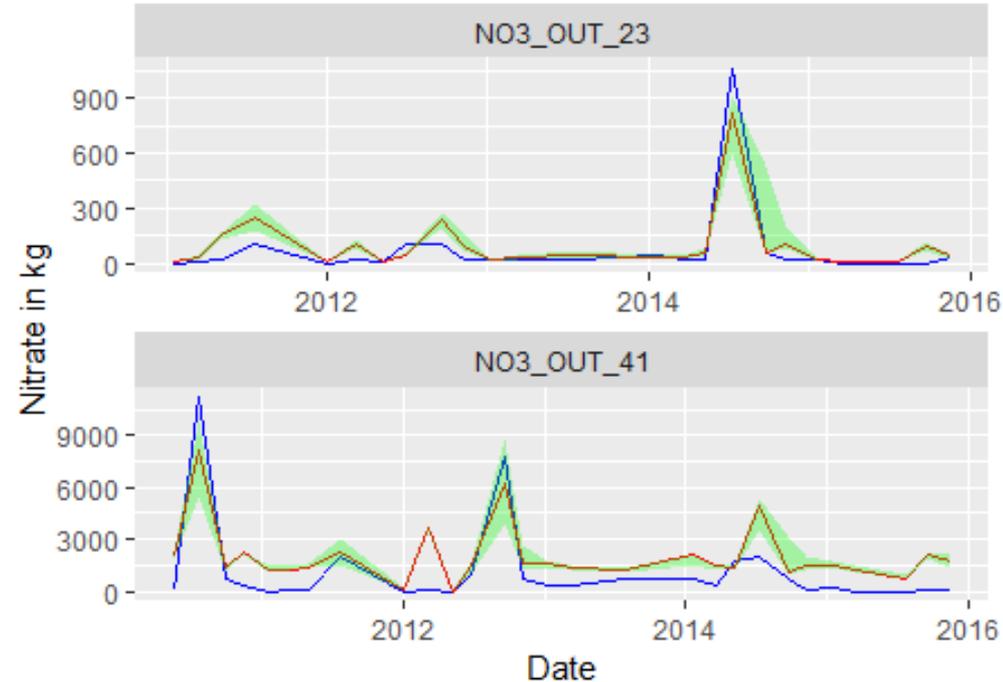
Implementación del modelo

Recopilación de información necesaria para el modelo SWAT (mapas uso del suelo, plan de uso y manejo, tipo de suelo, relieve, información agro-climática).

Construcción de la estrategia de modelación SWAT (subdivisión en sub-cuencas, definición de HRU, escalamiento de la información).

Calibración y validación de CANTIDAD (SWATCUP) a paso diario

Calibración y validación de CALIDAD (SWATCUP) a paso diario **-EN PROGRESO-**



Calibración NO3 (2010-2015) **Preliminar**

Subcuenca	R2	NS
Paso de los troncos	0.89	0.85
Paso Pache	0.78	0.60

2 estaciones de calibración de NO3 y PTOT: Paso Pache y Paso de los Troncos
 Información disponible muy escasa para NO3 y PTOT (alrededor de 25 datos para cada variable en cada estación)

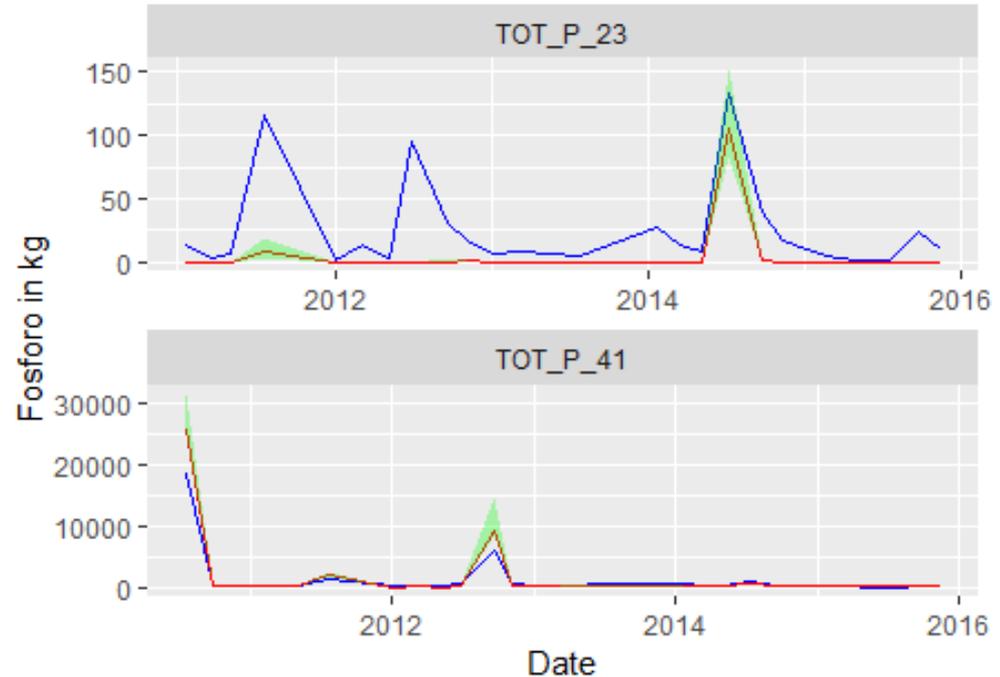
Implementación del modelo

Recopilación de información necesaria para el modelo SWAT (mapas uso del suelo, plan de uso y manejo, tipo de suelo, relieve, información agro-climática).

Construcción de la estrategia de modelación SWAT (subdivisión en sub-cuencas, definición de HRU, escalamiento de la información).

Calibración y validación de CANTIDAD (SWATCUP) a paso diario

Calibración y validación de CALIDAD (SWATCUP) a paso diario **-EN PROGRESO-**



Calibración PTOT (2010-2015) **Preliminar**

Subcuenca	R2	NS
Paso de los troncos	0.46	0.15
Paso Pache	1.00	0.81

2 estaciones de calibración de NO₃ y PTOT: Paso Pache y Paso de los Troncos
 Información disponible muy escasa para NO₃ y PTOT (alrededor de 25 datos para cada variable en cada estación)

Simulación de Escenarios

Definición de escenarios a partir del taller del 02/2019 con las instituciones participantes



3 escenarios definidos:

- **Impacto de la zona buffer, acción definida en el Plan de acción de 2da generación de la cuenca Santa Lucia**
- **Impacto de la producción lechera.**
- **Análisis del caudal ambiental reglamentado)**

Simulación de Escenarios

Definición de escenarios a partir del taller del 02/2019 con las instituciones participantes



Implementación del primer escenario usando QGIS y SWATCUP



Zonas de amortiguación entre áreas productivas y los cursos de agua de la cuenca del Santa Lucía

Sin zonas de amortiguación

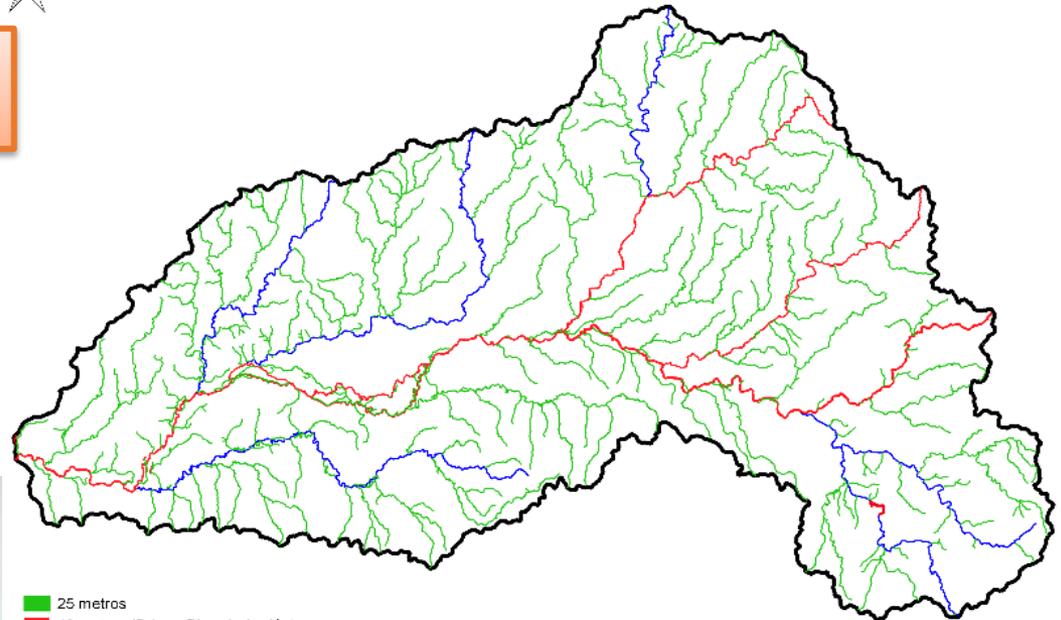
El avance de actividades productivas hasta los cursos de agua y la falta de vegetación natural que ofrece de barrera agrava los procesos de erosión y pérdida de suelo.

Más nutrientes y contaminantes pasan del suelo al agua por escorrentía superficial afectando la calidad de la misma.



Con zonas de amortiguación

La vegetación natural ayuda a mantener la estructura del suelo y evita la erosión que favorece el traslado de agroquímicos por escorrentía superficial al curso de agua. Al tiempo que ofrece de barrera natural disminuyendo los nutrientes como fósforo y nitrógeno que llegan al agua.



- 25 metros
- 40 metros (Primer Plan de Acción)
- 40 metros

0 10 20 30 40 km

MEDIDA 8: Instaurar una zona de amortiguación o buffer en la cuenca hidrográfica declarada sin laboreo de la tierra y uso de agroquímicos (para la conservación y restitución del monte ribereño como forma de restablecer la condición hidromorfológica del río).

Simulación de Escenarios

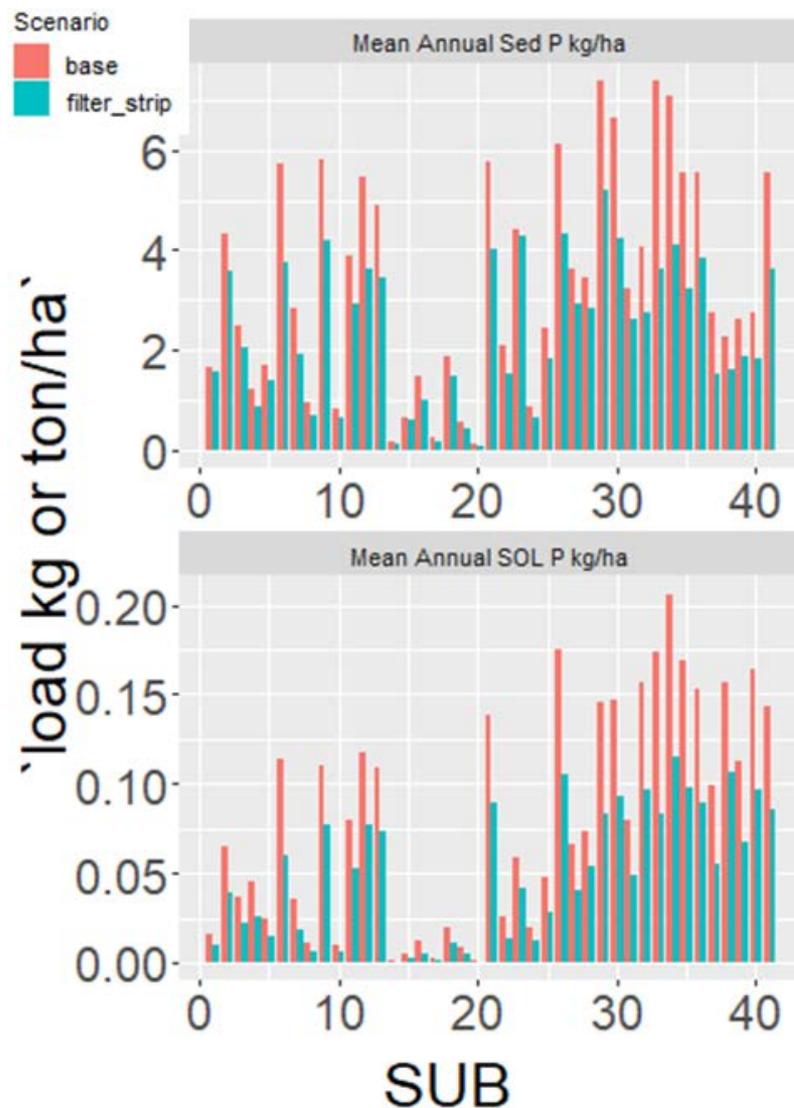
Definición de escenarios a partir del taller del 02/2019 con las instituciones participantes



Implementación del primer escenario usando QGIS y SWATCUP



Comparación del escenario simulado con la situación actual (baseline)

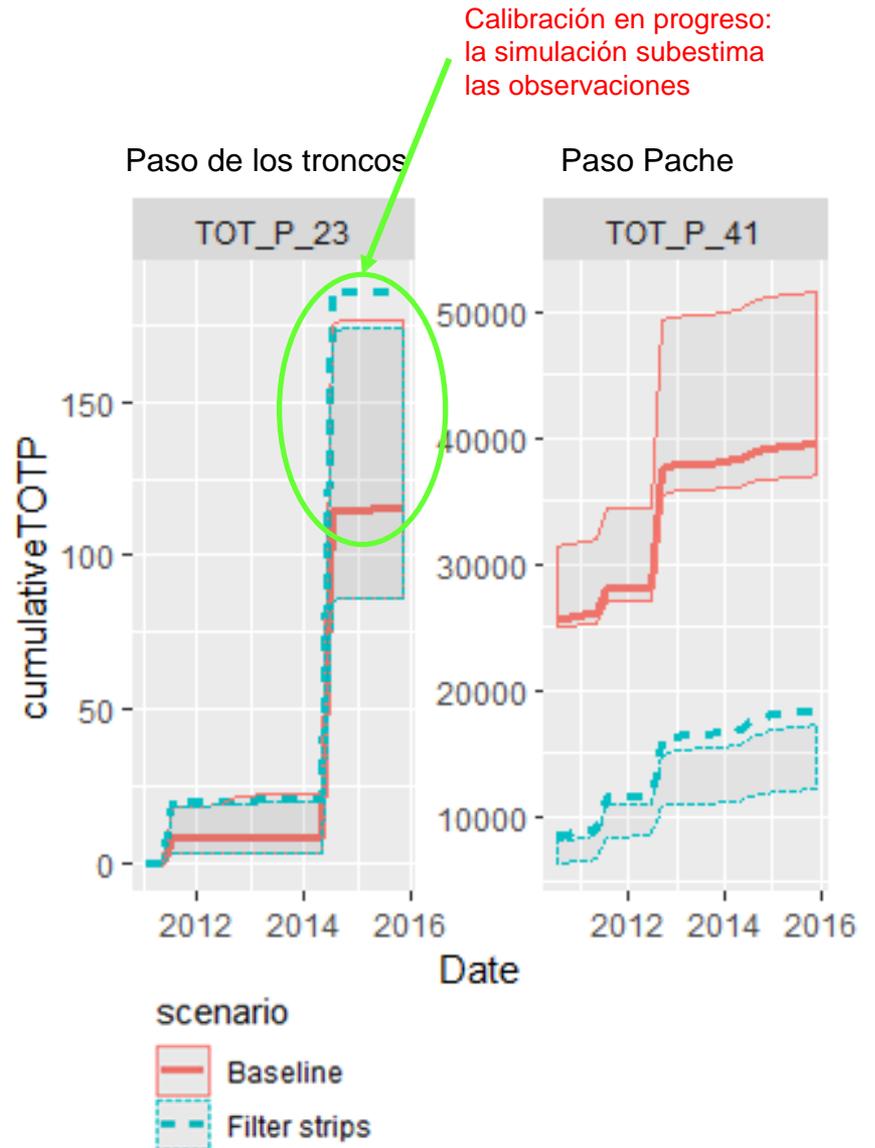


Simulación de Escenarios

Definición de escenarios a partir del taller del 02/2019 con las instituciones participantes

Implementación del primer escenario usando QGIS y SWATCUP

Comparación del escenario simulado con la situación actual (baseline)



Simulación de Escenarios

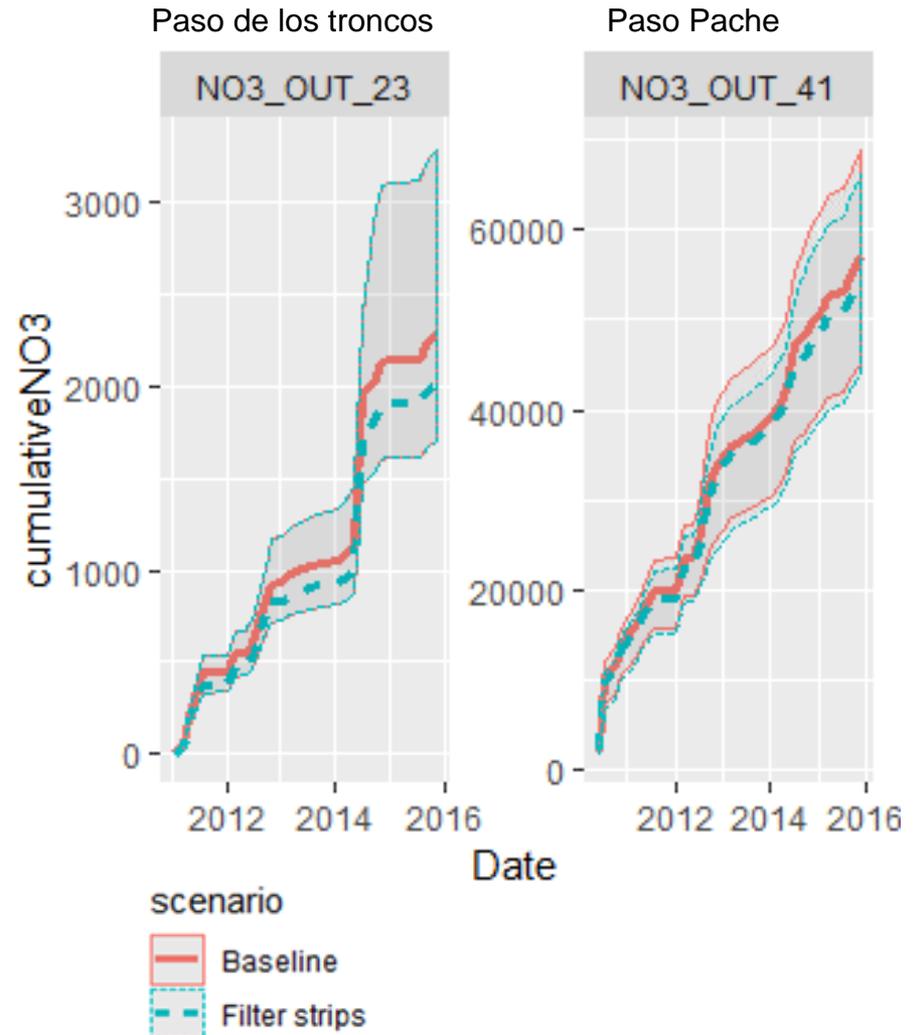
Definición de escenarios a partir del taller del 02/2019 con las instituciones participantes



Implementación del primer escenario usando QGIS y SWATCUP



Comparación del escenario simulado con la situación actual (baseline)



CONCLUSIONES

Desarrollo de la herramienta de modelación

- Desarrollo un marco metodológico de trabajo para la implementación de la herramienta SWAT en Uruguay
- Construcción de confianza en la herramienta, vía comunicación abierta y registrando todas las etapas del proceso (enlace abierto OSF).
- Ajuste de parámetros utilizando variables internas mediante “softdata”: ET, biomasa de cultivos, erosión potencial, IAF, etc.
- Se calibró y validó la componente de cantidad de agua, logrando un ajuste satisfactorio a paso diario con los caudales observados en dos estaciones.
- Se calibró la componente de calidad de agua, mediante el ajuste de las variables NO₃ y PTOT a paso diario, logrando un ajuste satisfactorio para la primera en dos estaciones y para la segunda solo en el cierre (en revisión).
- Se implementó la metodología para el estudio de escenarios y se evaluaron los primeros resultados.

CONCLUSIONES

Conformación del grupo de trabajo

- Proyecto a largo plazo exitoso: se estableció un ámbito de interacción y trabajo conjunto entre instituciones gubernamentales y centros de investigación con el apoyo de las autoridades.
- Capacidades institucionales fortalecidas.
- Proceso documentado: la guía metodológica consensuada permitirá replicar el trabajo, colaborar e intercambiar material con otros trabajos en curso.
- Continuidad del espacio generado como un espacio de trabajo e intercambio acerca de la implementación de SWAT en otras cuencas, coordinación de tareas, sinergia cuando hay objetivos comunes, apoyo para la resolución de problemas (sujeto a firma de acuerdo interinstitucional y financiación de propuestas específicas).
- Apoyo a la gestión desde las propias instituciones y la academia. Se pretende que la herramienta generada contribuya a diseñar políticas alineadas en torno al uso de suelo y la gestión del agua para lograr los objetivos de calidad deseados.



¡Muchas gracias!



Contactos

Nombre	email	Institución
Flora Mer	flora@iri.columbia.edu	IRI
Florencia Hastings	fhastings@mgap.gub.uy	DGRN - MGAP
Rafael Navas	rnavas@inia.org.uy	INIA
Jimena Alonso	jalonso@fing.edu.uy	IMFIA - UdelAR
Pablo Kok	pablo.kok@mvotma.gub.uy	DINAMA - MVOTMA
Luciana Badano	luciana.badano@mvotma.gub.uy	DINAMA - MVOTMA
Natalia Neighbor	natalia.neighbor@mvotma.gub.uy	DINAMA - MVOTMA
Mercedes Gelós	mercedes.gelos@mvotma.gub.uy	DINAMA - MVOTMA
Mario Pérez Bidegain	mperezb@fagro.edu.uy	FAGRO - UdelAR
Alberto Baccino	abaccino@mvotma.gub.uy	DINAGUA - MVOTMA
Fernando Diaz	fdiaz@mvotma.gub.uy	DINAGUA - MVOTMA
José Valles	jvalles@mvotma.gub.uy	DINAGUA - MVOTMA
Willem Vervoort	willem.vervoort@sydney.edu.au	The University of Sydney
Walter Baethgen	baethgen@iri.columbia.edu	IRI

“Open Science Framework”abierto :

https://osf.io/uqb5j/?view_only=22c5acf2714e4d328c6ad0610a60dee0



THE UNIVERSITY OF
SYDNEY

