



FONTAGRO



“Difusión técnica para incrementar la productividad del agua en diferentes escenarios climáticos y en distintas cuencas hidrográficas”

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO FINAL	3
EQUIPO DE TRABAJO	7
RESUMEN EXTENDIDO DE RESULTADOS DEL PROYECTO	8
1. Diseño, edición y distribución de material de difusión	
2. Talleres y/o seminarios de difusión	
3. Seminario taller internacional de uso modelo SWAT	
4. Edición de publicaciones científicas	

ANEXOS

Anexo 1A. Manual de Estrategias de Manejo de Agua para Productores

Anexo 1B. Artículos de Difusión

Anexo 2. Material de Talleres y/o Seminarios de Difusión

Anexo 3. Programa, fotografías y presentaciones Seminario Taller SWAT

Anexo 4A. Programa/ Resúmenes SWAT 2014 Conference

Anexo 4B. Presentaciones y póster incluidos SWAT 2014 Conference.

RESUMEN EJECUTIVO FINAL

Proyecto FTG/RF-9005-RG

El Proyecto Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria “Difusión técnica para incrementar la productividad del agua en diferentes escenarios climáticos, en distintas cuencas hidrográficas del Cono Sur”, FTG/RF-9005-RG, ejecutado entre los años 2013 y 2014, permitió realizar una serie de acciones para difundir, en diferentes niveles, los resultados del proyecto “Evaluación de los cambios en la productividad del agua frente a diferentes escenarios climáticos en distintas regiones del Cono Sur” FTG-8042/08.

El proyecto contó con la participación del consorcio integrado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina), la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA, Bolivia), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, Chile) y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, Uruguay). Esta iniciativa se orientó a difundir los resultados al mayor número de beneficiarios directos (o usuarios), que corresponden específicamente a los agricultores que desarrollan actividades en cada una de las cuencas hidrográficas seleccionadas y estudiadas. Adicionalmente, se incluyeron otros beneficiarios indirectos, como profesionales y agentes de cambio que operan en dichas cuencas. También se consideran los asistentes al Taller SWAT y a los usuarios que tiene acceso a las publicaciones científicas.

Principales resultados del proyecto FTG-8042/08.

El proyecto original “Evaluación de los cambios en la productividad del agua frente a diferentes escenarios climáticos en distintas regiones del Cono Sur” FTG-8042/08 estuvo orientado a evaluar la productividad del agua de riego a nivel de predio y en diferentes cuencas del Cono Sur de América, sobre la base de la ocurrencia o estimación de distintos escenarios climáticos que condicionan la disponibilidad de agua. Los resultados concluyeron que es posible incrementar la

productividad del agua a nivel de predio o finca y a nivel de cuenca, principalmente mejorando la eficiencia de riego en dichos ambientes y en distintos escenarios climáticos; dado que en la actualidad volúmenes importantes de agua son utilizados sin generar un incremento en los niveles productivos. Por otra parte, ante la evidencia de condiciones climáticas más estresantes, se hace imperioso el uso más ajustado del recurso.

A nivel de cuenca, utilizando el Modelo Hidrológico SWAT se pudo definir para cada una de ellas y para cada uno de los escenarios determinados, el caudal disponible y las diferentes opciones de uso del agua; proponiéndose estrategias que puedan ser utilizadas por los “tomadores de decisión”. A nivel de predio, y evaluándose el comportamiento productivo de diferentes cultivos frente a restricciones de agua, se pudo constatar que con aplicaciones inferiores (25 a 50%) a las utilizadas tradicionalmente es posible incrementar la productividad del agua, a pesar de disminuciones no significativas en el rendimiento. En resumen, lo obtenido en el proyecto inicial, con una alta seguridad y con datos corroborables, propiciar un incremento de la productividad del agua, mediante una mayor capacitación de los agricultores y a su vez lograr una mayor sensibilidad sobre la importancia del recurso hídrico, a nivel de los “tomadores de decisión”.

Objetivos del Proyecto FTG/RF-9005-RG

El objetivo general de la propuesta “Difusión técnica para incrementar la productividad del agua en diferentes escenarios climáticos, en distintas cuencas hidrográficas del Cono Sur”, FTG/RF-9005-RG, es difundir los resultados tecnológicos y experiencias del proyecto FONTAGRO original, en el sentido de contribuir a incrementar la productividad del agua a nivel de predio o finca y cuenca hidrográfica, a través de informar y capacitar a un número importante de agricultores y profesionales de los países del Cono Sur de América Latina.

Como objetivos específicos se plantean:

- Editar y distribuir material de difusión, con los resultados del proyecto original, a agricultores y profesionales de las cuencas hidrográficas estudiadas en el proyecto.
- Organizar y ejecutar talleres y seminarios de difusión técnica, con apoyo del material editado, a agricultores y profesionales; y orientados a entregar elementos que les permita incrementar la productividad del agua.
- Desarrollar actividades científicas, como Seminarios y Publicaciones, que permitan fortalecer la capacidad de aplicación de modelos de simulación hidrológica de cuencas para el análisis de diferentes escenarios futuros.

Principales resultados del proyecto

Se elaboró un documento de difusión tipo Boletín o Manual, que incluye la mayor parte de la información tecnológica obtenida en el proyecto original, y que distribuirá gratuitamente a los beneficiarios. Este boletín, de 27 páginas de extensión, quedará disponible para los usuarios como material de consulta permanente.

Por medio de Talleres y/o Seminarios de Difusión, se entregó información y conclusiones pertinentes a las cuencas de cada país participante, posibilitando la discusión con expositores y ampliando los resultados a diferentes situaciones y ejemplos relacionados con el tema. Se efectuaron 6 talleres y/o seminarios de difusión, que incluyeron la asistencia de más de 300 asistentes en total.

Se realizó un Seminario Taller Internacional de uso Modelo SWAT, con la finalidad dar a conocer la experiencia obtenida con la aplicación de esta herramienta de modelación hidrológica. El Taller incluyó la participación de un expositor de cada país. A su vez cada país miembro financió, por medio de este proyecto, la capacitación de un profesional en el uso de esta herramienta.

Por último, este proyecto permitió la publicación de material científico derivado de la ejecución del proyecto original, por medio de la participación de investigadores

participantes en el “2014 International SWAT Conference” efectuado en Porto Galinhas, Pernambuco Brasil entre el 30 de Julio y el 1 de agosto de 2014. La participación de estos trabajos quedó plasmada en la publicación de 4 resúmenes en el Book of Abstracts de la conferencia.

De esta manera, las actividades de difusión permitieron:

- Aumentar el número de beneficiarios considerados en la propuesta original del proyecto, que disponen de información tecnológica de primera fuente
- Generar material escrito de difusión técnica que permite expandir los resultados del proyecto a otros usuarios de cada país, con un consecuente beneficio para incrementar la sensibilidad sobre el uso y manejo del agua
- Fortalecer los grupos de investigación responsables del proyecto en cuanto a su inserción y reconocimiento con los usuarios y con la comunidad científica, a través de los artículos científicos y la realización de Seminario Internacional de Modelamiento.
- Fortalecer las redes de intercambio de información y experiencias entre investigadores del Cono Sur de América Latina que mejora las capacidades individuales y colectivas y permita generar un incremento en la formulación y ejecución de proyectos conjuntos.

EQUIPO DE TRABAJO

El Proyecto fue liderado desde el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA – Chile, por el Ing. Agr. M.Sc. Alfonso Osorio y por el Ing. Agr. Ph.D. Alejandro Antúnez (aantunezb@inia.cl). Los organismos ejecutores fueron INTA Argentina, UMSA Bolivia (Universidad Mayor de San Andrés), INIA Chile e INIA Uruguay.

Los equipos de investigadores de cada organismo ejecutor, estuvo integrado por los profesionales de cada país, siendo Responsables Técnicos en cada unidad ejecutora:

- Ing. Agr. Dr. Daniel Prieto Garra - INTA Argentina
- Ing. Agr. Dr. René Chipana Rivera - UMSA Bolivia
- Ing. Agr. Ph.D. Alejandro Antúnez Barría - INIA Chile
- Ing. Agr. Dr. Claudio García Gallareta - INIA Uruguay

RESUMEN EXTENDIDO DE RESULTADOS DEL PROYECTO

El proyecto contempló el desarrollo de cuatro componentes principales de difusión:

5. Diseño, edición y distribución de material de difusión
6. Talleres y/o seminarios de difusión
7. seminario taller internacional de uso modelo SWAT
8. Edición de publicaciones científicas

Estas actividades, se desarrollaron con distinto énfasis en los cuatro países involucrados en el proyecto y se informan a continuación. Debido a la extensión de este contenido, se presenta en forma de Anexos, en cada punto desarrollado.

1. DISEÑO, EDICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIAL DE DIFUSIÓN

La redacción del Boletín titulado “Manual de Estrategias de Manejo de Agua para Productores”, recopila toda la información de los ensayos de campo obtenida durante el desarrollo del proyecto, este manual, permitirá aplicar en forma concreta prácticas relevantes en la mejora de la eficiencia productiva del recurso agua, tanto a nivel predial como de cuenca.

Este Boletín o Manual, redactado por INIA Uruguay con la revisión del resto de los institutos participantes, tiene 27 páginas de extensión e incluye la mayor parte de la información tecnológica obtenida en el proyecto original, y que distribuirá gratuitamente a los beneficiarios. El documento, quedará disponible para los usuarios como material de consulta permanente.

En Anexo 1A, se adjunta el “Manual de Estrategias de Manejo de Agua para Productores”, *in extenso*.

Dentro de las publicaciones generadas por la investigación en terreno, en Bolivia se generaron dos escritos: “El riego por gravedad” y “El cultivo de la papa”, ambos redactados por investigadores de la U. Mayor de San Andrés.

Como publicaciones divulgativas, INIA Chile publicó dos artículos con resultados derivados del Proyecto anterior: “Productividad del agua en vid Pisquera en la Provincia de Limarí, Región de Coquimbo” (disponible online: <http://www.redagricola.com/reportajes/riego/productividad-del-agua-en-vid-pisquera-en-la-provincia-de-limari-region-de-coquimbo>) y “En los Valles de Limarí y Aconcagua: Productividad del agua en vid de mesa” (disponible online: <http://www.redagricola.com/reportajes/agua/en-los-valles-de-limari-y-aconcagua-productividad-del-agua-en-vid-de-mesa>).

Estos artículos, se presentan *in extenso* en el Anexo 1B.

2. TALLERES Y/O SEMINARIOS DE DIFUSIÓN

En estas actividades, se entregó información y conclusiones pertinentes a las cuencas de cada país participante, posibilitando la discusión con expositores y ampliando los resultados a diferentes situaciones y ejemplos relacionados con el tema. Se efectuaron 6 talleres y/o seminarios de difusión, que incluyeron la asistencia de más de 300 asistentes en total.

En el Centro Regional de Investigación Rayentue del INIA-Chile, el día 9 de octubre del 2014, se efectuó el Seminario que incluyó las siguientes presentaciones:

- Productividad del agua en vid de mesa.
- Efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua de cuencas de Chile.

Por otra parte, en Bolivia se realizaron cinco Seminarios de Difusión de Estrategias de Manejo y Simulación de escenarios mediante SWAT, con la participación agricultores, estudiantes de las carreras de la Facultad de Agronomía y técnicos de instituciones que trabajan en ramas afines. Los aspectos generales se enmarcaron en mostrar los siguientes resultados:

- El uso adecuado de agua para riego (captación, almacenamiento, distribución y aplicación del agua de riego).
- Manejo agronómico de los diferentes cultivos (especialmente el conocimiento de la fisiología de los mismos), que permita un uso óptimo del recurso agua.
- Simulación de diferentes escenarios utilizando el programa SWAT.

En el Anexo 2, se incluye el material de difusión que se empleó en estas actividades.

3. SEMINARIO TALLER INTERNACIONAL DE USO MODELO SWAT

Con la finalidad dar a conocer la experiencia obtenida con la aplicación de esta herramienta de modelación hidrológica, se organizó un Taller que incluyó a un expositor de cada país participante. Por su parte, cada país miembro financió, por medio de este proyecto, la capacitación de un profesional en el uso de esta herramienta. El taller titulado “Usuarios latinoamericanos del modelo SWAT e introducción a la aplicación de otros modelos hidrológicos” se realizó entre los días 25 y 28 de noviembre del 2014, en dependencias del INTA, Argentina. Este taller tuvo como objetivos:

- Difusión de resultados del Proyecto FONTAGRO e intercambio de experiencias sobre la aplicación del modelo SWAT “Soil and Water Assessment Tool” en diferentes cuencas hidrográficas.
- Conformar una red de usuarios del modelo SWAT.
- Puesta en valor de otros modelos hidrológicos y su aplicabilidad con diferentes propósitos.

La documentación de respaldo del curso, se encuentra disponible on-line en <http://tallerusuarioswat.blogspot.com.ar/>. En Anexo 3, se incluye el programa, fotografías y presentaciones *in extenso* del Seminario Taller.

4. EDICIÓN DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Se difundió material científico obtenido en la ejecución del proyecto original, por medio de la participación de investigadores participantes en el “2014 International SWAT Conference” efectuado en Porto Galinhas, Pernambuco Brasil entre el 29 de Julio y el 1 de agosto de 2014.

La participación de estos trabajos quedó plasmada en la publicación de 4 resúmenes en el Book of Abstracts de la Conferencia, con la autoría de investigadores de INTA Argentina e INIA Chile. Se presentaron cuatro trabajos, tres en formato presentación oral y una en formato póster, con las siguientes citas bibliográficas:

- Havrylenko, S. B., Bodoque del Pozo, J. M., Zucarell, V., Mercuri, P. 2014. Agricultural drought analysis in the Arrecifes basin (Pampas region, Argentina) using the SWAT model. Book of Abstracts SWAT 2014 Conference, Pernambuco, Brasil. Session A2: Hydrology (p.14).
- Van Meer, H., Feler, M., Prieto Garra, D. 2014. Hydrological Response of a Mountainous Catchment to Different Climate Scenarios. Book of Abstracts SWAT 2014 Conference, Pernambuco, Brasil. Session B1: Climate Change Applications (p. 24).
- Uribe, H., Morales, L., Riquelme, F. 2014. Modeling of the Cachapoal river watershed as a tool to study precipitation change impacts on water availability for irrigation. Book of Abstracts SWAT 2014 Conference, Pernambuco, Brasil. Session G: Posters (p. 129).
- Feler, M.V., Vazquez-Amabile, G., Van Meer, H. 2014. Modelling climate change scenarios in a scarcely gauged lowlands catchment Book of Abstracts SWAT 2014 Conference, Pernambuco, Brasil. Session I2: Climate Change Applications (p. 147).

El programa de la SWAT 2014 Conference junto con los resúmenes de trabajos del Book of Abstract se incluyen en el Anexo 4A, mientras que las presentaciones y póster in extenso en el Anexo 4B.

Anexos

Anexo 1A

Manual de Estrategias de Manejo de Agua para Productores



**CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA FRENTE
A DIFERENTES ESCENARIOS CLIMÁTICOS EN
DISTINTAS REGIONES DEL CONO SUR**

FTG-8042/08

**MANUAL DE ESTRATEGIAS DE
MANEJO DE AGUA PARA
PRODUCTORES**

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CUENCAS, CULTIVOS ANALIZADOS Y METODOLOGÍA GENERAL.....	4
Aspectos generales sobre estrategia de riego.....	5
ARGENTINA.....	9
Estrategias de riego.....	9
Soja, Algodón y Maíz en Santiago del Estero.....	9
Olivo en Junín.....	10
Olivo en San Juan.....	11
Escenarios climáticos.....	11
BOLIVIA.....	13
Estrategias de riego.....	14
Papa.....	14
Tomate.....	15
Vid.....	15
Escenarios climáticos.....	16
CHILE.....	19
Estrategias de riego.....	20
Vid de mesa (cuenca del río Limarí).....	20
Vid Pisquera.....	21
Vid de mesa (cuenca del río Aconcagua).....	21
Paltos (valle del río Aconcagua).....	21
Cerezos (cuenca del río Cachapoal).....	22
Escenarios climáticos.....	22
URUGUAY.....	26
Estrategias de riego.....	27
Pasturas en la cuenca del Arroyo Tala.....	27
Olivos en la cuenca del río San Juan.....	28
Papa en la cuenca del Arroyo Pavón-Cufré.....	29
Escenarios Climáticos.....	29

INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola en América Latina está sujeta a los efectos del calentamiento global, siendo probable que este proceso se acentúe en los próximos años, a pesar de los esfuerzos internacionales por mitigarlos. Por la relevancia económica de la misma para la región, se vuelve imprescindible generar estrategias de adaptación que mitiguen los efectos negativos y eventualmente aprovechen oportunidades generadas por el incremento en la variabilidad y el cambio climático.

El riego es un instrumento clave para construir estrategias de adaptación de los sistemas agrícolas, dado que permite incrementar el nivel de control sobre uno de los factores capitales para la producción, la disponibilidad de agua en cantidad, calidad y oportunidad. Sin embargo, junto con su potencial para mitigar la variabilidad climática, el uso y expansión del riego conlleva dos desafíos crecientes: a) el aumento en la eficiencia y la productividad en el uso de un recurso progresivamente más escaso por efecto de los procesos climáticos y el aumento de la competencia entre usos y b) la adopción de prácticas que eviten o minimicen la contaminación de las fuentes de agua superficiales y subterráneas.

Dada la relevancia del riego, FONTAGRO cofinanció un ambicioso proyecto orientado a contribuir al desarrollo de estrategias que permitan incrementar la productividad del agua bajo los nuevos escenarios climáticos en diferentes zonas del Cono Sur de América. El proyecto contó con la participación del consorcio integrado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, Chile), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, Uruguay), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina), Universidad Mayor de San Andrés (UMSA, Bolivia) y el International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA, Siria).

Metodológicamente se trabajó bajo una lógica de cuencas, identificando en cada uno de los países participantes unidades de estudio relevantes desde el punto de vista productivo y en las que existiera la necesidad de profundizar el conocimiento de su funcionamiento global, el impacto sobre la disponibilidad de agua de posibles escenarios climáticos y la comprensión de los sistemas de producción involucrados, las prácticas de riego utilizadas y las respuestas de los cultivos a las diferentes condiciones de manejo. Cada cuenca fue caracterizada y se instalaron en ella ensayos de campo que permitieron elaborar funciones de producción adaptadas a cada cultivo seleccionado en las condiciones locales, elemento básico para evaluar la productividad de la tierra y del recurso agua en cada situación. Adicionalmente, utilizando modelos hidrológicos, se simuló a nivel de cuenca escenarios climáticos con déficit y excesos hídricos, considerando la interacción entre la productividad del agua y

los diferentes escenarios evaluados. A partir de este proyecto se realizó en cada uno de los países un conjunto de actividades de difusión de sus avances y resultados (presentaciones en eventos, publicaciones científicas, publicaciones de divulgación).

El presente manual, orientado a productores, constituye un importante instrumento de difusión de los conocimientos generados durante la ejecución del proyecto, que permitirá aplicar en forma concreta prácticas relevantes en la mejora de la eficiencia productiva del recurso agua, tanto a nivel de agua como de cuenca.

CUENCAS, CULTIVOS ANALIZADOS Y METODOLOGÍA GENERAL

El proyecto trabajó en 10 cuencas: Río Limarí, Río Aconcagua y Río Cachapoal en Chile; Valles del Río San Juan, Río Dulce y Río Quequén en Argentina; Arroyo Tala y Río San Juan en Uruguay y Río Keka y Río Porvenir en Bolivia.

En cada cuenca se evaluaron los siguientes cultivos:

País	Cuenca	Cultivos
Chile	Río Limarí	Vid de mesa Vid Pisquera
	Río Aconcagua	Paltos (Aguacate) Vid de mesa
	Cachapoal	Cerezos
Argentina	Río San Juan	Olivos
	Río Dulce	Algodón Soja
	Río Quequén	
Uruguay	Arroyo Tala	Forraje
	Río San Juan	Olivo
Bolivia	Río Keka	Papa
	Río Porvenir	Tomate Vid de mesa

Inicialmente se caracterizaron las diferentes cuencas, describiendo su ubicación, área, características geomorfológicas y topográficas, caudales, estructuras de riego, cultivos y sistemas de producción involucrados, así como la cantidad y características generales de los productores.

Los trabajos de campo abarcaron entre dos a tres años, según los lugares y cultivos, realizándose en algunos casos ensayos en estaciones experimentales y en otros ensayos instalados en predios comerciales. En general se seleccionaron dentro de las cuencas cultivos relevantes desde el punto de vista económico o que resultaran promisorios por su desarrollo reciente, cuya

producción se realizara predominantemente bajo riego y para los cuales existieran carencias de información validada a nivel local.

Con variantes de acuerdo a los lugares y cultivos, los ensayos de campo tuvieron como objetivo determinar: a) la función de producción y el requerimiento hídrico de los cultivos y b) el efecto de los distintos tratamientos en el rendimiento del cultivo y sus componentes, en la calidad del producto y en la productividad del agua.

Los ensayos se estructuraron mayoritariamente bajo la modalidad de Riego Deficitario Controlado (RDC). Se compararon en los mismos: a) un tratamiento en el que el agua no fue restrictiva para el desarrollo del cultivo, b) distintos tratamientos en los que se restringió el aporte de agua en diferentes porcentajes.

Para cada uno de los tratamientos, en las diferentes cuencas, años y cultivos, se realizaron mediciones de la productividad, el rendimiento, parámetros de calidad del producto y la cantidad del agua aplicada en diferentes etapas del ciclo. En base a estas medidas se calcularon para cada sitio y tratamiento la productividad de la tierra y la productividad el agua aplicada.

En general los ensayos de campo permitieron generar información valiosa para la determinación de las láminas de riego en las que se obtienen óptimos desde el punto de vista de la productividad de la tierra (máximo de kg de producto por unidad de superficie) y aquellas en las que se obtiene la máxima productividad del recurso agua (máximo de kg de producto por metro cúbico de agua ofrecida al cultivo).

Los resultados generales obtenidos muestran que existen rangos importantes de respuesta si lo que se busca es optimizar la eficiencia en el uso del agua. Esta información es especialmente valiosa si se consideran escenarios en los que se produzca en condiciones de mayor déficit de agua en las diferentes cuencas. Sin embargo, la información generada también orienta respecto a las implicancias en la disminución del resultado productivo en cantidad y calidad de producto por unidad de superficie, lo cual tiene incidencia directa en los resultados económicos que tendrán los productores.

Por último, en cada cuenca se realizaron simulaciones de diferentes escenarios climáticos que implicarían déficits o excesos de precipitaciones, impactando en los sistemas de producción. El análisis de este impacto pudo realizarse aplicando la información obtenida en los ensayos de campo, generando un conjunto de reflexiones de alto valor para la administración del recurso agua en la eventualidad de cada una de estas situaciones.

Aspectos generales sobre estrategia de riego

La realización de un uso adecuado de agua para riego supone combinar conocimientos provenientes de dos grandes áreas:

1. Captación, almacenamiento, distribución y aplicación del agua de riego (componente de ingeniería de riego)

2. Manejo agronómico de los diferentes cultivos (especialmente el conocimiento de la fisiología de los mismos), que permita un uso óptimo del recurso agua

Aunque la eficiencia en la captación, almacenamiento, distribución y aplicación de agua no fue un objeto específico del estudio del proyecto, la consideración general de la realidad de cada cuenca permitió hacer algunas recomendaciones específicas que aportan a mejorar la eficiencia global del agua, especialmente en escenarios de déficit del recurso.

Asumiendo que el agua para riego es captada, almacenada, distribuida y aplicada con una eficiencia razonable, el ajuste de las mejores estrategias de riego se basará en ajustar la provisión de agua a las necesidades de cada cultivo en las dosis y momentos óptimos para obtener el objetivo buscado.

Definir una estrategia de riego supondrá entonces:

1. Definir si el objetivo es maximizar la productividad de la tierra o el agua: la información generada en el proyecto confirma que las mayores eficiencias en el uso de la tierra no coinciden con la mayor eficiencia en el uso del agua. Es imprescindible entonces que el productor tenga claro cuál es el factor limitante, el agua o la tierra.
2. Conocer la demanda de agua del cultivo en cada etapa fenológica, la cual se estima fundamentalmente a partir de las características del cultivo (estimación de la evapotranspiración de las plantas) y las condiciones agroclimáticas del lugar.
3. Conocer el aporte de las precipitaciones para satisfacer la demanda de agua del cultivo.
4. Definir una cantidad de agua a aplicar mediante riego y establecer los momentos en los que la misma se aplica

Para definir adecuadamente esta estrategia, es necesario conocer la respuesta de cada cultivo a los diferentes niveles de disponibilidad de agua en sus diferentes etapas de crecimiento. Esta información se obtiene mediante estudios en los que esquemáticamente se procede de la siguiente manera:

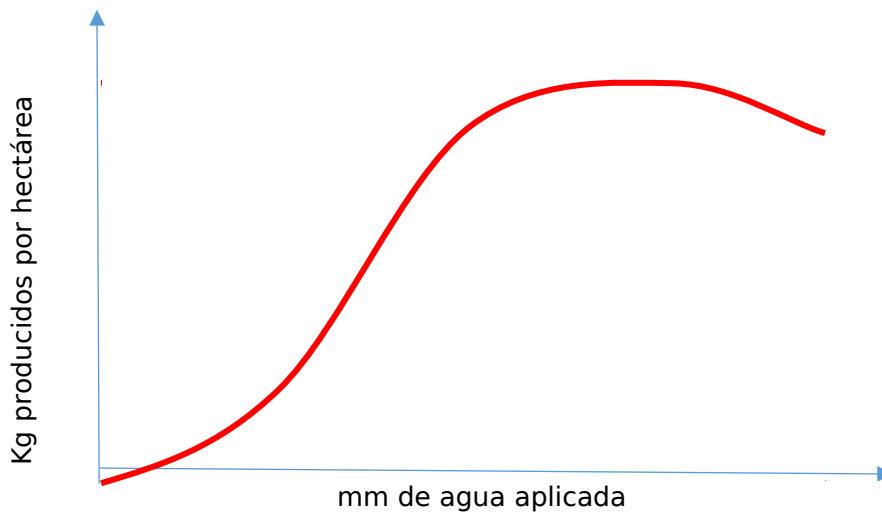
1. Se define la demanda de agua del cultivo, o sea, la cantidad de agua que el cultivo necesita evapotranspirar en una unidad de tiempo. Para estimar esta cantidad de agua se procede de la siguientes manera: a) se obtiene un valor de evapotranspiración de un cultivo de referencia (E_{To}) para un cultivo hipotético para unas determinadas condiciones meteorológicas (temperatura, radiación solar, viento, humedad del ambiente), b) dado que todos los cultivos tienen particularidades en su anatomía y fisiología, se dispone de coeficientes de cultivo (K_c) que permiten calcular la evapotranspiración de ese cultivo específico (E_{Tc}) a partir de la E_{To} . La información necesaria para estos cálculos se genera a partir de datos aportados por estaciones meteorológicas (E_{To}) y de institutos de investigación (K_c).

2. Se mide el agua aportada por las precipitaciones en el período
3. Se establecen tratamientos diferentes en los que el cultivo recibe aportes de agua diferentes. En general se parte de un tratamiento en la que el riego completa todo el agua demandada por el cultivo (ETc menos aporte por precipitaciones). A este tratamiento se le toma como “testigo” para comparar los restantes manejos o tratamientos en los que el agua se restringe a diferentes niveles del agua demandada.
4. Al fin del ciclo del cultivo, se comparan los rendimientos obtenidos, medidos en kg por hectárea, los parámetros de calidad que correspondan a cada producto y se analiza la productividad del agua aplicada.

Es necesario detenerse a considerar dos conceptos que resultan claves en el análisis de los resultados obtenidos en los ensayos y en las consideraciones sobre riego de cada cultivo.

Productividad de la tierra: se define como la cantidad de producto obtenido en cada tratamiento, por cada unidad de superficie en un ciclo del cultivo y se la denomina rendimiento o rinde (usualmente se expresa en kg de producto por hectárea). Todos los productores saben que al aumentar la cantidad de insumos (fertilizantes, aplicaciones de productos sanitarios, semillas), la producción obtenida tiende a ser mayor, hasta que en cierto punto deja de haber respuesta e incluso la aplicación excesiva de un insumo puede resultar negativa. El agua se comporta en este sentido como cualquier otro insumo. En climas secos, para algunos cultivos, resulta imprescindible hacer un aporte básico de agua de riego para posibilitar el desarrollo de las plantas. En climas húmedos algunos cultivos pueden alcanzar niveles aceptables de rendimiento sin recibir aportes de agua de riego (cultivos de secano). Sin embargo, en ambas situaciones, incrementando el aporte de agua de riego paulatinamente, en los momentos y con los caudales adecuados, se podrá observar en la mayoría de los años que el rendimiento de los cultivos aumenta progresivamente.

La respuesta que en general se obtiene al agregado de agua en un cultivo, puede graficarse como sigue:



Se puede ver en el gráfico que la respuesta en rendimiento de un cultivo al agregado de un mm de agua va cambiando en función de la cantidad que previamente se aportó mediante riego. Al inicio, el agregado de cantidades insuficientes para la demanda de las plantas, logra incrementos del rendimiento muy modestos. Al superarse un umbral determinado, cada mm que se aporta logra incrementos muy importantes en el rendimiento. Luego el cultivo comienza a responder cada vez con menores incrementos frente a nuevos agregados de agua, hasta que en cierto momento el rendimiento puede caer debido a efectos negativos del exceso hídrico.

Decimos entonces, que en diferentes etapas de esta curva (a la que se denomina en lenguaje técnico "función de producción") vamos a encontrar diferentes eficiencias o productividades del agua. Definamos con mayor precisión este concepto.

Productividad del Agua: es la relación entre la cantidad de producto obtenido en una unidad de superficie y la cantidad de agua utilizada para producirlos.

Desde la óptica de un productor, ambos conceptos, productividad de la tierra y productividad del agua, son muy importantes. Normalmente se buscará obtener la mayor cantidad de producto por unidad de área, mientras que los agregados de insumos (en este caso el agua) no impongan un costo mayor al valor de la producción adicional que se logra.

En el enfoque del proyecto, quien administra el agua debe considerar ambos elementos y proyectarlos en el largo plazo. ¿Qué pasará con la disponibilidad de agua obtenida por precipitaciones? ¿Y con el agua utilizable para sistemas de riego? Si el agua se volviera más escasa y por tanto más cara ¿Cuál debería

ser la respuesta de los productores en el manejo de los cultivos. Por el contrario, si el agua se vuelve más abundante y más barata ¿Hasta qué nivel se debería llegar en el riego de los diferentes cultivos en cada cuenca?

A responder estas preguntas se dirigió el trabajo en cinco países, involucrando prestigiosas instituciones, en situaciones muy diversas de suelos, topografías, climas, estructuras agrarias e infraestructuras de riego.

ARGENTINA

En Argentina se trabajó a nivel de tres cuencas, profundizándose en dos de ellas los ensayos de campo. Se procuró trabajar con cuencas hidrográficas diversas, dada la necesidad de considerar situaciones que respondan en forma potencialmente dispar frente a los grandes escenarios climáticos previstos por los trabajos del IPCC.

Cuenca del Río San Juan: típica cuenca de región árida del oeste de Argentina, con un régimen nival dependiente de los glaciares andinos de altura. Para esta cuenca, los modelos de cambio climático proyectan disminución de la disponibilidad de agua, lo cual es particularmente grave en una agricultura netamente dependiente de la irrigación.

Cuenca del Río Salí-Dulce: cuenca semiárida en su mayor extensión. En la Provincia de Santiago del Estero se estudiaron sistemas de producción totalmente dependientes del riego (agricultura de invierno) y aquellos en el que la irrigación es suplementaria (agricultura de verano).

Cuenca del Río Quequén Grande: ubicada en la región húmeda, el riego es todavía incipiente. Sin embargo, de cumplirse los pronósticos en cuanto a efectos del Cambio Climático, es de esperarse que los sistemas de producción con riego suplementaria seguirán una tendencia a desplazarse a este tipo de regiones.

Estrategias de riego

Soja, Algodón y Maíz en Santiago del Estero

SOJA: Se analizó el comportamiento del cultivo en tres ambientes diferentes definidos dos de ellos por las características climática del año y el tercero a través de un retraso de la fecha de siembra que expuso al cultivo a menor demanda atmosférica que aquel sembrado tempranamente. Se verificó que el rendimiento se correlacionó positivamente con la evapotranspiración real del cultivo y se construyó un modelo matemático que permite estimar el rendimiento potencial del cultivo en función de la evapotranspiración.

Esta verificación confirma que el cultivo responde con producción a incrementos en la evapotranspiración, por lo cual existirá respuesta al riego cuando el aporte de las lluvias no sea suficiente.

Los ensayos mostraron, sin embargo, que con niveles de riego moderados, se lograron rendimientos similares a los que se alcanza cuando el riego se programa para satisfacer el 100% de la evapotranspiración real. Así, cuando se restringió el agua al 75% y 50% de la ETc, el rendimiento del cultivo no disminuyó significativamente. Estos resultados tienen una gran relevancia para definir estrategias de riego en predios de productores, ya que permite reducir

las láminas de riego (y por ende los costos) en hasta un 50% sin perder potencial de rendimiento, incrementándose la productividad del agua al doble.

Así, cuando se analizó específicamente la productividad del agua (PA, medida como kg de grano por mm de agua utilizada), los tratamientos con restricciones de un 50% de la demanda potencial mostraron los más altos niveles de eficiencia. Las diferencias entre ambientes permitieron observar que la combinación de una menor evapotranspiración (lo cual podría controlarse parcialmente mediante la elección adecuada de fechas de siembra) con la práctica de riego basado en déficits hídricos controlados.

Algodón: Se trabajó en dos ambientes contrastantes (diferencias de más de 30% en la evapotranspiración potencial durante el ciclo del cultivo). La respuesta obtenida en rendimiento fue dependiente del ambiente.

Para este cultivo la respuesta al riego resultó dependiente del ambiente. En el ambiente con menor ETo (por tanto menor demanda de agua) no existieron diferencias significativas en rendimiento entre el tratamiento sin riego y el que se aplicó el 100% de la evapotranspiración del cultivo. En el ambiente con mayor potencial se verificaron diferencias, pero el rendimiento solo disminuyó significativamente cuando el aporte de agua se restringió al 25% de la demanda.

Hay que destacar de estos resultados, que los tratamientos en los que se restringió el agua aplicada al 75% y 50% de la demanda sostuvieron los rendimientos. Adicionalmente, en ambos ambientes, el % de desmote no fue afectado al aplicar un riego deficitario controlado (en niveles de 75% y 50%). Dentro de cada uno de los ambientes, el componente del rendimiento que explicó las diferencias observadas fue el número de capullos por unidad de superficie, no encontrándose diferencias en el peso del capullo.

Al igual que en el caso de la soja, los resultados obtenidos en algodón abren interesantes perspectivas de mejorar significativamente la eficiencia en el uso del agua, programando el riego de forma de cubrir parcialmente la demanda del cultivo.

Las medidas específicas de productividad del agua fueron menos robustas, aunque como tendencia general mostraron una productividad mayor en los tratamientos en que se restringió el aporte de agua a un 50% de la demanda.

Olivo en Junín

Los ensayos realizados en este cultivo confirman la mejora de la productividad del agua en estrategias de déficits controlados, aunque se observó una tendencia a la disminución de la productividad en los últimos ciclos, lo que podría resultar un indicio de baja sustentabilidad de estas prácticas, especialmente cuando los déficits son severos.

Olivo en San Juan

Los resultados de cuatro años de ensayos en condiciones ambientales diferentes (especialmente ocurrencia de heladas) abren perspectivas interesantes para la aplicación de prácticas de riego deficitario controlado (RDC) en este cultivo. En lo referente a rendimientos, los mismos se ven afectados en los primeros años de aplicación de la restricción en la oferta de agua, pero luego los cultivos tratados bajo esta modalidad se recuperan e incluso muestran una menor variación de rendimientos entre años, en comparación con aquellos que son regados cubriendo el 100% de la demanda hídrica. Esto determina que la eficiencia en el uso del agua mejore sensiblemente en el mediano plazo al utilizar RDC. Adicionalmente, aunque con cierta variabilidad en función del clima del año, la estabilidad de los aceites mejoró cuando se implementó RDC.

Los ensayos destinados a medir productividad del agua mostraron que la misma aumenta al incrementar los períodos programados de déficit hídrico.

Escenarios climáticos

Los resultados obtenidos en los ensayos ofrecen alternativas de interés para las situaciones hipotéticas que surgen de los modelos de predicción de los escenarios climáticos. Algunas situaciones pueden ser:

- En escenarios climáticos secos, las estrategias de riego con déficit controlado, que mejoraron la productividad del agua, son promisorios. Si se asume que en estos años la demanda atmosférica tiende a ser mayor, probablemente los manejos en los que se aplica un 75% de la ETc como los más adecuados.
- En escenarios medios y húmedos, en las cuencas del Río Salí-Dulce y Quequén, la abundancia relativa del agua probablemente permita priorizar la productividad de la tierra. Aún en estos escenarios, tanto en soja como en algodón, riegos deficitarios controlados a nivel del 75% de la ETc obtienen máximos de productividad de la tierra y del agua.

Conclusiones globales para Argentina

Los modelos hidrológicos permiten simular con relativa precisión los efectos previsibles en la disponibilidad de agua esperables en determinadas condiciones de cambio climático. A su vez, la capacitación de investigadores en este tipo de simulación incrementa las interrogantes que alimentan la investigación de campo en procura de un uso progresivamente más eficiente del agua.

Los ensayos realizados demuestran que las estrategias de riego deficitario controlado permiten mejorar la productividad del agua (objetivo progresivamente más relevante en la medida que se restringa la disponibilidad de agua) manteniendo niveles de rendimientos adecuados y favoreciendo la obtención de calidades óptimas de productos.

BOLIVIA

En Bolivia, dentro de las 6 grandes regiones agroproductivas existentes, se seleccionaron el Altiplano y los Valles interandinos por considerarse su dependencia del agua proveniente de los glaciares. Las cuencas específicas seleccionadas fueron:

Cuenca del Río Keka: es una cuenca importante, eminentemente productora de alimentos agrícolas y pecuarios, la cual descarga sus aguas en el lago Titicaca. La topografía de la cuenca es suavemente ondulada, alternada con serranías de pendientes moderadas a escarpadas. Térmicamente corresponde a una zona semiárida y fría, variando a templada y seca, con temperaturas anuales promedio de 7,1 °C, que varían entre 0,5 °C bajo cero y 14,6 °C. La agricultura de la cuenca tiene como cultivos principales la papa, cebada, cebolla, haba, oca, quinua, tarwi, papaliza, avena, trigo, cañahua, izaño y alfalfa. Normalmente el rendimiento de estos cultivos, predominantemente orientados al auto-consumo, es bajo. La pequeña agricultura y el minifundio dominan la estructura agraria de la cuenca. Las actividades pecuarias se diferencian en el sector central de la cuenca (cordón lechero con pequeños predios familiares) y en las faldas, donde las llamas cobran protagonismo, siempre en pequeñas explotaciones de subsistencia.

Cuenca del Río Porvenir: es una de las cuencas crítica por la disminución de los nevados, la cual viene determinando una progresiva reducción de la disponibilidad de agua para riego. Este proceso afecta potencialmente la capacidad de producción de alimentos y aún la seguridad alimentaria de la población rural de la región. Tiene dos sectores: a) en el altiplano, con alturas de 3.200 a 3.900 msnm, con clima frío (temperaturas medias de 5 a 15 °C) y humedad ambiental promedio de 50% y b) en los valles, con altitudes de entre 2.400 y 2.900 msnm, el clima se clasifica como mesotermal con temperaturas medias anuales de 18 °C y extremos de 30,8 °C y 4 °C. Desde el punto de vista agrícola, los sistemas son implementados por comunidades tradicionales de pequeños productores. En los valles se obtienen productos hortícolas (tomate, lechuga, zanahoria, cebolla, acelga y ajipa) y frutícolas (durazno, uva, pera, ciruelos). En el sector del altiplano los cultivos dominantes son papa, oca, haba, cebada, avena y alfalfa. Los sistemas de producción pecuaria son extensivos, con dominancia de la producción ovina.

Se estima que en la cuenca del Río Keka se riegan aproximadamente 3.500 há distribuidas en sistemas tradicionales comunales. La gran mayoría de la agricultura se desarrolla en condiciones de secano (más de 9.000 ha). La precipitación promedio es de 455,9 mm, distribuidos principalmente entre los meses de diciembre y marzo. Enero es el mes de máximas precipitaciones (106,8 mm) y julio el mes de mínima (6,6 mm). La Evapotranspiración de referencia varía entre 2,5 mm/día en el mes de julio y 5,1 mm/día en el mes de noviembre. El agua subterránea es utilizada en proporciones mínimas, existiendo pozos someros para el riego de cebolla. Donde existen sistemas de

riego, éstos son predominantemente tradicionales, siendo el 99% de las parcelas regadas por superficie mediante surcos o inundación. No existen embalses artificiales, desembocando en gran parte del año las aguas en el lago Titicaca. La gestión de los sistemas de riego se realiza de acuerdo a modalidades ancestrales, dominando los comités de riego. Hace más de 10 años viene funcionando la Asociación de Usuarios del Río Keka.

En la cuenca del Río Porvenir existe un gran potencial hídrico, pero se carece de estructuras hidráulicas de magnitud, no existiendo organizaciones de regantes a nivel de cuenca que permita organizar y aprovechar este potencial. Existen pozos someros que aprovechan un potencial hidrogeológico aún no caracterizado adecuadamente. La zona de los valles presenta la mayor extensión de cultivos bajo riego (hortalizas y frutales), llegando a un total de 1.579 hectáreas (90% del área cultivable de la zona). La Evapotranspiración de referencia varía entre 2,6 mm/día en el mes de julio y 5,5 mm/día en el mes de noviembre. La infraestructura de riego está constituida por obras de tomas rústicas y canales generalmente de tierra. El 97% de las parcelas son regadas por superficie. No existen en esta cuenca embalses ni sistemas de almacenamiento y regulación de agua, la cual desemboca durante todo el año en el río La Paz, integrante de la cuenca del río Amazonas. No existe asociación de regantes en esta cuenca, basándose la administración de los sistemas de riego en los cargos de “Alcalde de Aguas” o “Juez de Riego”.

Estrategias de riego

Se trabajó con tres cultivos: papa, tomate y vid. En los tres se utilizaron diseños experimentales que permitieron comparar un tratamiento con provisión no limitante de agua (T1, en el que se aplica 100% de la ETo), con dos tratamientos deficitarios: T2 (75% de la ETo) y T3 (50% de la ETo).

Papa

Se utilizó la variedad Wuaycha Paceña en experimentos que abarcaron dos gestiones agrícolas (2010-2011 y 2011-2012). Se realizaron riegos iniciales y cuando las plantas llegaron a 80% de brotación y emergencia se inició el riego diferenciado en el mes de diciembre. Se realizó cosecha manual en el mes de abril.

La productividad de la tierra resultó siempre superior en el tratamiento en el que el agua no fue restrictiva. El tratamiento T1 mostró entonces rendimientos superiores a T2 y T3 en las dos gestiones agrícolas.

También en lo referente a productividad del agua, cuando se aplicó un 100% de la ETo se obtuvieron en las dos gestiones los mejores resultados en el tratamiento no restrictivo. El cuadro siguiente resume los principales resultados alcanzados en las dos gestiones.

Tratamiento	Rendimiento (Mg/ha)		EUA (kg/m ³)	
	10-11	11-12	10-11	11-12
T1	57,9	41,12	10,2	5,63
T2	41,5	39,56	7,75	6,05
T3	37,57	28,34	7,46	4,91

Entre ambas gestiones existieron diferencias significativas de rendimiento, debido probablemente a la anoxia sufrida por el cultivo en la gestión 2011-2012 en el que existieron precipitaciones importantes sobre el fin del ciclo del cultivo.

Tomate

Se utilizó la variedad Super Río Grande en experimentos que abarcaron 2 gestiones (2010-2011 y 2011-2012). La cosecha se realizó en forma manual entre 96 y 152 días después del trasplante (9 cosechas en la primera gestión y 8 cosechas en la segunda).

Al igual que en papa, existieron diferencias entre las dos gestiones debido a las diferentes condiciones climáticas. Los rendimientos fueron inferiores en gestión 2011-2012 debido a los daños causados por la lluvia, que determinaron la realización de una cosecha menos. Por otra parte, la cantidad superior de agua aplicada en la primera gestión, al no verificarse síntomas de exceso hídricos ni en la planta ni en el suelo, parece determinar este mayor rendimiento.

Al igual que en papa, la productividad de la tierra resultó en las dos gestiones superior en el tratamiento en el que el agua no fue restrictiva.

En lo referente a la productividad del agua, mientras en la primera gestión se logró una productividad significativamente mayor cuando se restringió el agua aplicada al 50% de la ETo. En la segunda gestión, sin embargo, las diferencias entre tratamientos resultan menores y la productividad del agua disminuye en el tratamiento más restrictivo. El cuadro siguiente resume los principales resultados en estas dos variables:

Tratamiento	Rendimiento (Mg/ha)		EUA (kg/m ³)	
	10-11	11-12	10-11	11-12
T1	106,96	103,33	15,28	17,5
T2	97,37	99,17	15,93	18,63
T3	90,46	79,17	17,3	16,69

Vid

Se trabajó en dos gestiones (2010-2011 y 2011-2012) en la comunidad de El Porvenir (cuenca del Río Porvenir) con dos cepas de la variedad “Moscatel de Alejandría”. La cosecha se realizó para la primera gestión en el mes de abril y en la segunda gestión en el mes de mayo.

En el cuadro siguiente se resumen los principales resultados alcanzados en productividad de la tierra y productividad del agua para ambas campañas.

Tratamiento	Rendimiento (Mg/ha)		EUA (kg/m ³)	
	10-11	11-12	10-11	11-12
T1	52,4	60,9	7,06	8,98
T2	46,8	47,9	7,04	8,06
T3	34	49,4	5,8	9,48

Se verificaron diferencias entre ambas gestiones y entre los diferentes tratamientos. En las dos gestiones, los rendimientos se resintieron significativamente al reducir el aporte de agua al 75% y 50% de la ETo. La eficiencia del uso del agua, sin embargo no mostró una tendencia clara en la segunda gestión (los tratamientos T1 y T3 se comportaron mejor que el T2), mostrando en la primera gestión valores superiores cuando se ofrece el 100% y el 75% de la ETo, pero mostrando un deterioro significativo cuando se restringe la oferta de agua al 50%.

Debe tenerse presente que además de los resultados en rendimiento, la calidad del producto resultó diferente entre gestiones, al prolongarse en la segunda gestión el período de riego hasta el mes de abril, lo que repercutió en un diferimiento de la cosecha exponiendo las bayas a las bajas temperaturas de otoño.

Escenarios climáticos

La simulación utilizando el modelo SWAT mostró niveles adecuados de ajuste entre los caudales simulados y los observados.

Los diferentes escenarios ensayados mostraron que años con excesos hídricos en la cuenca del río Keka existirían períodos cortos de déficit hídricos en los cultivos. Para los escenarios secos, los resultados muestran que la agricultura en la cuenca solamente sería viable en caso de contar con embalses artificiales de agua de riego.

Para la cuenca del río Porvenir, por las características de los valles interandinos, los escenarios húmedos podrían asociarse con desastres naturales (inundaciones, deslizamiento de tierra, etc) debiéndose prever en estas situaciones medidas de contingencia. Los escenarios secos tienen un impacto negativo menor que en la cuenca del río Keka, dado la mayor

abundancia de los caudales en la cuenca del río Porvenir, pero también resultaría necesario contar con embalses artificiales para superar los períodos críticos (julio-noviembre).

La situación observada en las cuencas muestra que la restricción de agua es un problema, dada la buena respuesta obtenida en general al riego en los ensayos. La estrategia global de riego debería, sin embargo, incorporar prácticas como: incremento de intervalo entre riegos, uso de cobertura muerta en el suelo, labranza mínima (para reducir la erosión), riego en horarios de menor demanda hídrica, uso de barreras rompevientos, disminución de las láminas de riego por períodos fenológicos, localización del riego y quiebra de la dormancia en el cultivo de vid.

Conclusiones globales para Bolivia

En los cultivos analizados se verificó en general respuesta al riego, aunque en algunos cultivos se verificaron problemas de calidad asociados a excesos hídricos (papa y vid)

La productividad del agua mostró ciertas mejoras consistentes y significativas al aplicar estrategias de riego deficitario controlado. Adicionalmente, los productores de las cuencas estudiadas, dadas sus restricciones en superficie, optan predominantemente por priorizar la productividad de la tierra y no la del agua

A nivel de cuenca, las prioridades deberían ponerse más en la construcción de embalses que permitan incrementar la oferta de agua en períodos críticos, por sobre el ajuste de la eficiencia del uso del agua en los cultivos en sí.

Los ensayos realizados demuestran que las estrategias de riego deficitario controlado permiten mejorar la productividad del agua (objetivo progresivamente más relevante en la medida que se restringa la disponibilidad de agua) manteniendo niveles de rendimientos adecuados y favoreciendo la obtención de calidades óptimas de productos

CHILE

Chile es un país con una gran variedad climática. En el norte las condiciones son de aridez (hasta desértica) en tanto en el sur pueden superarse las precipitaciones pueden superar los 4.000 mm anuales. En la zona central existe también una variedad relevante que permite el desarrollo de una gran diversidad de cultivos, con requerimientos de riego también muy diferentes. La agricultura se desarrolla básicamente en las riberas de los cursos de agua, conformándose cuencas hidrográficas con características particulares de topografía, vegetación, topografía, pendientes y asentamientos humanos. El impacto del cambio climático se ha hecho sentir dentro de esta diversidad, disminuyendo tendencialmente las precipitaciones, lo que impacta en forma más crítica en las zonas áridas y semiáridas, y aumentando la variación en las temperaturas.

En el marco del proyecto se estudiaron tres cuencas de la zona central (donde se concentra un 80% de la fruticultura de exportación) con particularidades de escurrimiento de agua y condiciones climáticas.

Cuenca del río Limarí: tiene una extensión estimada de 11.708 km². Tiene tres tipos de clima: a) semiárido con nublados abundantes, b) semiáridos templado con lluvias invernales y c) semiárido frío con lluvias invernales. La característica global de la cuenca es la escasez de precipitaciones, presentando durante 9 meses déficits hídricos. La información de suelos de la cuenca es limitada, teniendo una participación relevante los suelos sedimentarios, ligeramente profundos de textura franco arcillosa limosa. El 85% de la superficie corresponde a capacidad de uso VI. La agricultura y la minería son las actividades de mayor relevancia económica. En el área regada la fruticultura es la actividad principal, seguida por viñas y parras, ocupando la horticultura el tercer lugar. Existe en la cuenca una vasta zona de cultivos forrajeros explotados en secano.

El régimen hidrológico del río Limarí es nivo-pluvial. En su cabecera el régimen es nival, en tanto en la parte baja, antes de su desembocadura, el régimen es claramente pluvial. Existen importantes embalses que regulan los caudales de los ríos Hurtado, Cogotí y Grande. Los embalses, interconectados entre sí, y una amplia red de canales, conforman el sistema Paloma. El microriego alcanza al 54% del área regada.

Cuenca del río Aconcagua: tiene una extensión estimada de 7.334 km². Tiene dos tipos de climas: a) templado de tipo Mediterráneo con estación seca prolongada y b) frío de altura en la Cordillera de los Andes. El suelo más importante es Lo Vázquez (LD), suelo evolucionado, moderadamente profundo a profundo, de textura franco arcillosa arenosa. En segundo lugar está la serie Pocuro (PCR) de textura franco arcillosa. La capacidad de uso dominante es tipo VII. Los suelos con mayor aptitud para regadío se ubican en el centro de la cuenca. Las actividades económicas más importantes son la minería, la

agricultura y la industria. Los frutales y las hortalizas ocupan el 75% de las tierras cultivadas.

El régimen del río Aconcagua es nivo-pluvial, dominando el régimen nival en la parte alta de la cuenca y el régimen pluvial en la cuenca baja. La infraestructura de riego está constituida de numerosos embalses pequeños y canales. La mayor proporción del riego es por goteo y cinta (36%), seguida por surco (28%), tendido (20%) y microaspersión y microproject (12,6%).

Cuenca del río Cachapoal: tiene una extensión estimada de 6.362 km². El clima predominante es templado Mediterráneo, variando el mismo en función de la topografía local dominante. En la costa es nuboso, acentuándose en el interior los contrastes térmicos. Las precipitaciones son mayores en la costa y contra la cordillera. La información de suelos más abundante corresponde a las planicies. Los suelos con aptitud de regadío 1 y 2 cubren casi el 50% de la superficie disponible para riego. Las principales actividades económicas de la cuenca son la minería, la agricultura y la industria. En agricultura destacan los frutales, cereales, viñas y parrales viníferos.

La infraestructura de riego está constituida de numerosos embalses pequeños y canales ubicados en la zona baja y media de la cuenca. El riego por surco es un 53%, seguida por goteo y cinta (22%) y tendido (20%).

Estrategias de riego

Se trabajó con cuatro cultivos: Vid de mesa (cuenca del río Limarí y cuenca del río Aconcagua), Vid pisquera (cuenca del río Limarí), Paltos (cuenca del río Aconcagua) y Cerezos (cuenca del río Cachapoal). En los ellos se utilizaron diseños experimentales que en su mayoría permitieron comparar un tratamiento con provisión no limitante de agua (T1, en el que se aplica 100% de la ETc), con dos tratamientos deficitarios: T2 (75% de la ETc) y T3 (50% de la ETc). En algunos casos particulares se modificaron estos tratamientos para adaptarlos a las hipótesis fundadas en la información preexistentes.

Vid de mesa (cuenca del río Limarí)

Se trabajó en dos locaciones (El Peñón, sector alto; La Aurora, sector bajo), con los tres tratamientos mencionados y en tres temporadas. En El Peñón, el tratamiento sin restricción de agua presentó todas las temporadas el mayor rendimiento. En la Nueva Aurora este tratamiento mostró los mayores rendimientos en la primera y tercera temporada. Sin embargo, las diferencias observadas no fueron significativas, salvo en la tercera temporada para la locación El Peñón.

En el promedio de las tres temporadas, la productividad obtenida del agua aplicada alcanzó sus valores máximos en los tratamientos en que se extremó el riego deficitario controlado (ofreciéndose al cultivo el 50% de la demanda potencial). Estos resultados se verificaron para las dos locaciones en las que se trabajó, pero son especialmente contundentes en el sector alto, en el cual la eficiencia de T3 superó en más de 50% la de T1. También considerando el

conjunto de las tres temporadas, se verifica que los tratamientos sin restricciones de agua alcanzaron los rendimientos más elevados, superando en 10% a T2 y en 20% a T3 en El Peñon y en 4% y 7% en La Aurora.

Vid Pisquera

Se trabajó en dos locaciones (Chilecito, La Cachimba), con los tres tratamientos mencionados y en tres temporadas.

En el promedio de las tres temporadas, la productividad obtenida del agua aplicada alcanzó sus valores máximos en los tratamientos en que se extremó el riego deficitario controlado (ofreciéndose al cultivo el 75% y 50% de la demanda potencial). Estos resultados se verificaron para las dos locaciones en las que se trabajó, pero son especialmente contundentes en el zona baja (La Cachimba), en el cual la eficiencia de T2 superó en casi de 20% la de T1. También considerando el conjunto de las tres temporadas, se verifica que los tratamientos sin restricciones de agua alcanzaron los rendimientos más elevados, superando en 7% a T2 y en 37% a T3 en Chilecito y en 3% y 34% en La Cachimba.

En ambos casos el tratamiento T2, con una aplicación del 75% del agua potencialmente demandada por el cultivo, presenta la mayor productividad del agua, ocupando posiciones intermedias en rendimiento. Los resultados en lo referente a rendimiento industrial (litros de alcohol por m³) se verificaron diferencias significativas entre ambientes (por adaptarse mejor el cultivo a la zona baja), pero no entre tratamientos.

Vid de mesa (cuena del río Aconcagua)

Los ensayos realizados permitieron estimar la demanda de agua durante el período setiembre-marzo en 8.000 m³/ha, más unos 500 m³/ha que aportan las precipitaciones.

Al someter el cultivo a estrategias de riego deficitario controlado, se comprobó que aportes menores al 80% de la ETc en la temporada afectan el calibre de las bayas y la producción en algunas variedades (para la variedad Thompson Seedless se verificaron estas reducciones, en tanto la variedad Seedless no mostró efectos con aplicaciones de hasta el 60% de la ETc). También se verificó en los ensayos que aportes superiores al 120% de la ETc no provocan aumentos de rendimientos.

Los ensayos muestran que para ambas variedades la productividad mayor del agua (medida en términos de kg/m³) se verifica cuando se aplica un 60% de la ETc. Niveles inferiores de riego ya afectan procesos básicos de las parras, cómo la inducción floral y la fructificación.

Paltos (valle del río Aconcagua)

En palto, los ensayos muestran que los rendimientos máximos se obtienen cuando se aplican en temporada 70 a 75% de la ETo. Por el contrario, cuando se aplicaron cantidades de agua mayores (en torno al 110% de la ETo) los

rendimientos pueden disminuir hasta en un 50%. También restricciones mayores del riego, los rendimientos pueden disminuir hasta en un 20%.

Los ensayos muestran también que los paltos en suelos de textura fina, con problemas de aereación, pueden regarse con baja frecuencia de riego (5 a 6 días de intervalos entre riego en verano).

Trabajos de campo complementario permitieron confirmar que existen prácticas habituales a nivel de campo que utilizan volúmenes de agua mayores a los requeridos (40% de 126 huertos encuestados estaban en esta situación).

Cerezos (cuenca del río Cachapoal)

Se trabajó en dos ambientes (Arcahue, sector alto; La Ponderosa, sector bajo) con dos variedades (Bing y Van). Se evaluaron las condiciones de riego, estado hídrico de las plantas, la producción de fruta y algunos parámetros de postcosecha.

En el sector alto los rendimientos fueron significativamente superiores cuando se aplicó un 100% de ETc. Los tratamientos con restricción del riego (75% y 50%) no mostraron diferencias entre ellos. En el sector bajo el T2 (75% de ETc) mostró los rendimientos superiores, mientras que el tratamiento sin restricción de agua muestra los peores rendimientos.

La eficiencia en el uso del agua alcanzó su máximo al restringir la oferta de agua en ambos ambientes. Así, el tratamiento en que se aplica 50% de la ETc mostró incrementos de la eficiencia en relación con T1 del 28% y 120% en el sector alto y bajo respectivamente.

Los resultados obtenidos son relevantes, ya que muestran que en ambientes buenos, es válido pensar en el uso de riego deficitario controlado, mejorando la eficiencia del agua y no afectando los rendimientos. En ambientes más restrictivos, por otra parte, si se dispone de limitantes importantes de agua, convendría restringir el riego hasta niveles del 50% de la ETc sin que los rendimientos se restrinjan en comparación con el aporte de un 75% de esta.

Escenarios climáticos

Los resultados de las simulaciones realizadas permiten valorar los efectos que los cambios en las precipitaciones tendrían en la disponibilidad de agua. Los escenarios se construyeron de forma de simular años secos, medios y húmedos.

Para la cuenca del río Limarí, se estudió un área que involucra la situación en tres embalses (subcuenca 1, embalse Recoleta; subcuenca 2, embalse Paloma y subcuenca 11 y 12, tributarias del embalse Cogotí) que afecta a casi 44 mil hectáreas de riego dentro de los ríos del sistema Paloma. Con variaciones entre embalses y escenarios climáticos, surge en general que hay series de años en que la demanda de riego se satisface completamente y en otros parcialmente.

En el escenario húmedo, casi todos los años se cubre la demanda de riego del sistema.

En el escenario medio, el 70% de los años las precipitaciones son suficientes para cubrir integralmente la demanda (bajo este escenario, en el 2% de los años, las precipitaciones solo llegan a cubrir el 20% de la demanda).

La situación se torna grave en el escenario seco, en el que solamente entre el 20% y el 40% de los años se cubriría la demanda de agua.

Para la cuenca del Cachapoal se analizaron las subcuencas 3 y 4, norte y sur del río respectivamente, sub cuenca 6 y subcuenca 12 (río Claro).

Tomando un margen de seguridad de 85% para la cobertura de la demanda del agua para riego, se determinó que:

- En la subcuenca 3, el escenario seco implica una reducción de caudal promedio de 24% respecto al escenario medio (variando entre un 13% y un 32%). El período crítico es diciembre-febrero, en el que la reducción del caudal promedio alcanza al 30%. Para el escenario húmedo, el incremento promedio anual de caudal del río es de 18%, verificándose los incrementos mayores en el período noviembre-marzo, para el cual se alcanza en promedio un incremento del 20%
- En la parte sur del río Cachapoal (subcuenca 4) los niveles de reducción e incremento de caudal en los escenarios seco y húmedo, resultaron similares en términos generales (reducción del 25% en el escenario seco y aumentos del 20% en el escenario húmedo)
- En la subcuenca 6 (3ª sección del río Cachapoal) la reducción de caudal en el escenario seco fue del 21% en promedio (variando en los promedios mensuales entre el 32% y el 8%). El período crítico fue enero-febrero, con reducciones del 30% en promedio. El incremento promedio del caudal en el escenario húmedo fue del 21% (variando entre 27% y 9%), siendo el período de mayor cambio noviembre-marzo (25% de incremento)
- En la 1ª sección del río Claro (subcuenca 12) mostró los cambios más drásticos al variar los escenarios. La reducción del caudal en esta subcuenca se ubica en promedio en el 67% (variando entre 100% y 6%), con un período crítico en diciembre-marzo y abril, donde se verifica en promedio una reducción del 90% en promedio. En el escenario húmedo los incrementos de caudal fueron menores a los de las restantes tres subcuencas, alcanzando el 16% en promedio (encontrándose los mayores cambios entre mayo y noviembre, cuando el incremento alcanza al 20%).

Los resultados obtenidos por el proyecto confirman que en los escenarios secos las reducciones de caudal son de tal magnitud que supondrían, a igualdad de productividad del agua, reducir la superficie regada, exponiéndose de lo contrario a altas probabilidades de no poder cubrir las demandas de los cultivos en períodos críticos. En el escenario medio (asimilable a la situación actual), un 40% de los años no se alcanzaría a cubrir integralmente la

demanda. Por el contrario, en la situación simulada en el escenario húmedo, el 100% de los años los caudales alcanzarían a cubrir en su totalidad la demanda de agua para riego.

Conclusiones globales para Chile

Con variaciones entre zonas y destino final del producto, los ensayos realizados vid muestran que hay espacio para practicar restricciones riego deficitario controlado, dado que las productividades del agua normalmente aumentaron con restricción de la oferta de este factor. El impacto en la reducción de rendimientos cambia con el producto y los ambientes, por lo cual, frente a escenarios de restricción del recurso agua, cada uno de los negocios deberá ajustar su estrategia de riego de forma de maximizar el beneficio de los productores.

En paltos, los ensayos realizados confirman que es posible reducir los aportes de agua sin resentir los rendimientos, mejorando apreciablemente la productividad de este factor.

En cerezos, los resultados obtenidos fueron altamente dependientes del ambiente. Mientras en el sector alto teóricamente la eficiencia del agua puede aumentarse al restringir los niveles de riego, los rendimientos se ven efectivamente afectados al realizar este tipo de manejo (sin embargo, si la disponibilidad efectiva del agua resulta limitante, los tratamientos con restricciones más severas no mostraron diferencias significativas con aquellos de restricciones moderadas). En el sector bajo los mejores rendimientos se lograron cuando se restringió el aporte de agua, por lo cual este debería ser el elemento principal al diseñar las estrategias de riego aplicadas a estos ambientes.

Como elementos globales para la construcción de estrategias de riego, el proyecto permitió identificar medidas que podrían tomarse a nivel de cuenca (regulación y control de causes mediante embalses, aplicación de Tasas de Riego Referenciales por zona y cultivo, impermeabilización de red de canales de riego) y a nivel de usuario (mejora de tecnología de riego predial - tanques de regulación corta, métodos de riego de mayor eficiencia- y capacitación de productores en manejo del agua).

URUGUAY

En Uruguay, el incremento en la variabilidad climática está teniendo un efecto cada vez más relevante en la economía, cada vez que los sistemas de producción agropecuaria se intensifican. Las carencias existentes a nivel de técnicas de previsión meteorológica (baja densidad de estaciones meteorológicas, falta de vigilancia de variables climáticas, falta de equipos modernos de observación, etc.) hacen que la información disponible no coopere lo suficiente a gestionar este aumento en la variabilidad que se traduce en el incremento del riesgo para los agentes privados y para el conjunto de la sociedad. En este marco, el proyecto realizó un aporte relevante en cuantificar resultados concretos a nivel de cuenca y analizando los grandes escenarios que determinarán las condiciones de producción en los años venideros.

En el marco del proyecto se estudiaron tres cuencas contrastantes en localización geográfica y sistemas de producción.

La **cuenca del arroyo Tala** está situada en el norte (departamento de Salto) y abarca una superficie de 16.520 hectáreas. La ganadería es el rubro dominante en cuanto al uso del suelo (en régimen de pastoreo sobre praderas naturales o praderas y verdes artificiales), destacándose el arroz como rubro agrícola (realizado íntegramente bajo riego), complementado con soja, sorgo y maíz (dominantemente producidos en secano). En la cuenca existe una estación meteorológica automática con registros horarios desde 2005, cuya información se complementó con los datos obtenidos por una estación ubicada a 35 km con información automática desde 1995. En la cuenca existe una reserva de agua con un espejo de 386 hectáreas (con un volumen de 12 millones de metros cúbicos) que alimenta por desnivel un sistema de riego que cubre 5.500 hectáreas en las que se practica rotación de arroz con pasturas. Los ensayos se realizaron en riego de pasturas por gravedad, dado que el sistema de producción principal con uso de riego es la rotación de arroz con pasturas, estando éste último componente poco estudiado en cuanto a su respuesta al riego.

En el sur del país se estudiaron dos cuencas. La **cuenca del río San Juan** (departamento de Colonia) tiene una superficie de 762 km², con sistemas de producción muy diversos, involucrando una importante actividad lechera, agricultura de secano (maíz, sorgo, soja y trigo) y una incipiente y reciente incorporación del olivo para producción de aceite y aceitunas en fresco. La **cuenca del arroyo Pavón-Cufré** (departamento de San José) abarca una superficie de 746 km², y tiene similitud a la cuenca del Río San Juan en lo referente a los sistemas de producción, con la salvedad de que en esta cuenca la presencia del cultivo de olivo (en un alto porcentaje del área bajo riego por goteo) es de mayor relevancia y existe un área importante de producción de papa. Se dispone para estas cuencas de información procedente de dos estaciones meteorológicas (INIA La Estanzuela y Libertad). En el río San Juan el

riego se baja principalmente en pozos de bajo caudal (15 a 20 m³) o represas de porte medio o chico. El riego se realiza en general por aspersión móvil o por goteo (con áreas regadas por productor inferiores a 100 hectáreas). En la cuenca del río San Juan se estudió el efecto del riego en la producción de aceite. En la cuenca Pavón-Cufré los estudios se centraron en los efectos del exceso de agua en el cultivo de papa.

Estrategias de riego

Pasturas en la cuenca del Arroyo Tala

Se estudió la respuesta de pasturas integradas dentro de un sistema arroz-pasturas. En estos sistemas, la infraestructura montada para el riego del arroz permite acotar el costo de riego en la pastura en función de los gastos variables derivados de la operación de riego sí. Los experimentos realizados en el marco del proyecto tuvieron por objetivo:

- Desarrollo de tecnología de riego por melgas¹ con el objetivo de aumentar la eficiencia en el uso del agua, en la utilización de la mano de obra y mejorar la uniformidad del riego
- Evaluar la respuesta en producción de materia seca al agregado de agua vía riego

Se trabajó en un predio comercial (El Junco), sobre un suelo de alto contenido de materia orgánica, alto porcentaje de saturación de bases, textura arcillosa, drenaje moderadamente bueno a bueno, con un horizonte A de 80 cm de profundidad. La pastura sobre la que se realizaron los ensayos estaba compuesta por raigrás (*lolium multiflorum*), lotus (*lotus corniculatus*), trébol blanco (*trifolium repens*) y fue sembrada en marzo de 2009.

En la evaluación de los diferentes anchos de melga se aplicó una lámina promedio de 508 mm, distribuidos en 9 riegos (lámina promedio por riego de 65 mm). Se utilizaron tres anchos de melgas diferentes: a) 6 m, b) 9 m y c) 12 m. Se realizaron 5 cortes para evaluar la producción de la pastura. Los resultados mostraron que no existió diferencia de rendimiento en de materia seca en los tratamientos con riego (el testigo que recibió solo agua de lluvia rindió significativamente menos), lo cual estaría indicando que anchos de melga mayores (al menos hasta 12 m) resultarían más convenientes, dado que alcanzan la misma producción con menores costos de preparación de melgas, compuertas y facilidad de operación.

Para evaluar la respuesta al riego en producción de materia seca, se establecieron 4 tratamientos. Un tratamiento recibió solamente el aporte del agua de lluvia. Los restantes tratamientos recibieron riego cuando la evapotranspiración alcanzó a 20, 40 y 60 mm. El largo de melga promedio fue de 45 m. Los resultados para el año 2011/12 muestran una respuesta

¹También denominadas “bordos”

contundente al riego para el período octubre-marzo (verano en Uruguay), triplicando los tratamientos regados la producción de la pastura que recibió solo agua de lluvia (aprox. 2600 kg/ha en las parcelas regadas vs 900 en la parcela en secano). Completados dos años de experimentos, el efecto de riego en el período octubre marzo fue un incremento del 50% de la producción total de materia seca (considerando la producción de todo el período). La eficiencia de aplicación del agua por superficie fue del 65% y la eficiencia en el uso del agua fue de 7 kg de materia seca por mm aplicado.

Olivos en la cuenca del río San Juan

El objetivo de los ensayos fue evaluar la producción de olivo, cultiva “Arbequina” aplicando diferentes láminas de riego, buscando específicamente cuantificar el efecto del riego deficitario sobre la demanda de agua de las plantas, basado en la evapotranspiración máxima del cultivo. Se estudiaron las respuestas frente a diferentes láminas de riego, midiendo: a) tasa de luminosidad según la posición dentro de la copa del olivo a lo largo del año, b) crecimiento de las circunferencia del tronco de los árboles, c) producción de aceite. En los ensayos se siguió la humedad del suelo a diferentes profundidades.

Durante tres zafras (2010/11, 2011/12 y 2012/13), comenzando en noviembre de 2010, se evaluaron a estos efectos dos predios comerciales (La Primavera y San Pedro) del departamento de Colonia. En ambas locaciones existieron precipitaciones significativas y se trataba de árboles relativamente jóvenes.

Los tratamientos consistieron en la reposición del 50%, 100% y 150% de la Evapotranspiración del cultivo (ETc) y un testigo que recibió solamente el agua de lluvia. Es sistema de riego fue por goteo, variando el caudal en función de los tratamientos (4; 8 y 12 litros/hora). La cosecha se realizó en forma manual.

En la zafra 2010/11 se verificaron diferencias en el diámetro ecuatorial de las aceitunas, el cual fue significativamente mayor para el caso en que se aplicó una lámina del 150% de la ETc. Este efecto se asoció a una mayor humedad en el suelo (la cual no mostró diferencias en los tratamientos en que se restringió la lámina al 50% y 100%). También para la producción de aceite, el único tratamiento con riego que mostró una respuesta significativa fue en el que se proporcionó el 150% de la ETc.

Al repetir los ensayos durante tres años y en las dos locaciones, se logró determinar las funciones de respuesta al agua vía riego, encontrándose incremento en la producción de aceitunas y aceite a medida que se incrementa el agua proporcionada, hasta el 100% de la ETc.

Papa en la cuenca del Arroyo Pavón-Cufré

En papa se evaluó la respuesta en producción mediante cuatro tratamientos (solo lluvia, aporte de 50% de la ETc, 100% de la ETc, y 150%) durante tres zafras que abarcaron desde 2009 a 2012. En los ensayos se midió humedad en el suelo mediante sensores FDR (siglas en inglés de

FrequencyDormainReflectometry). En este cultivo los caudales entre tratamiento se hicieron variar en función del número de goteros colocados en cada línea, de forma de mantener uniforme el tiempo de aplicación. La temporada de riego abarcó desde finales de octubre hasta fin de febrero.

En los ensayos realizados se verificó un incremento de la producción de papa hasta niveles de 80 a 85% de la ETC (obtenido por regresión en función de los resultados de las distintas zafras y tratamientos). Cuando las cantidades de agua proporcionada alcanzaron el 100% y 150% de la ETC los rendimientos disminuyeron significativamente. Algo similar ocurre cuando se proporciona una lámina que no cubre el 60% de la demanda.

Los resultados del proyecto indican que el cultivo de papa puede ser regado partiendo de una evapotranspiración máxima de 35 mm, reponiendo una lámina del 70 a 80% de la ETC. Con este aporte se permite una aeración adecuada del suelo, favoreciendo la infiltración en el caso de ocurrencias de lluvia durante la zafra.

Escenarios Climáticos

Utilizando el programa SWAT se simuló la producción de agua y sedimentos en la cuenca del río Arapey (Norte de Uruguay, en el departamento de Salto) y en la cuenca del río San Juan en tres escenarios alternativos: seco, medio y húmedo. Los trabajos realizados durante el proyecto financiado por FONTAGRO permitieron incorporar la metodología para la elaboración de las simulaciones y su validación mediante la comparación entre series de años simulados y registros reales.

En la cuenca del río Arapey (Salto) se apreciaron diferencias en el escenario seco, en el que el caudal en los picos (valores máximos) se redujo en más de un 15%, lo cual se acentúa en el período octubre-noviembre.

En el río San Juan, aunque existieron importantes diferencias a nivel de resultados anuales y mensuales y de la ubicación, en términos generales se verificó que para los tres escenarios analizados no existieron diferencias significativas en disponibilidad promedio de caudal ni tampoco en los picos máximos. En los picos mínimos pudo verificarse diferencia.

Las condiciones generales de ambas cuencas muestran que en los distintos escenarios, todavía resulta en general prioritario el objetivo de maximizar la productividad por hectárea, aprovechando aquellos cultivos que responden más al riego. Esto es debido a que en ambas cuencas se cuenta con mucha superficie disponible para aumentar área irrigada. Sin embargo, los resultados de los ensayos muestran que en determinados cultivos, independientemente del escenario climático de que se trate, es promisorio el uso de déficit controlado para optimizar los rendimientos.

Conclusiones globales para Uruguay

Trabajando con pasturas regadas por gravedad (en el marco de una rotación arroz-pasturas), se pudo verificar que la producción de materia seca responde significativamente al riego, obteniéndose producciones 50% superiores a la de los testigos en seco. En los tratamientos con riego no existió diferencia en la producción aplicando diferentes láminas, lo que muestra que hay un gran espacio para ajustar productividades del agua en estos sistemas de producción. Ajustando las alternativas para el manejo del agua, se determinó que no existía diferencia entre anchos de melga para conducción del agua, por lo cual (al menos en el rango entre 6 a 12 metros) habría que probar tratamientos con anchos mayores de faja que podrían implicar menores costos de energía y mano de obra.

Los ensayos realizados en una cuenca del sur de Uruguay muestran que el olivo con riego por goteo responde significativamente al agregado de agua vía riego hasta alcanzar el 100% de la ETC. Con aplicaciones mayores el cultivo no mostró respuesta.

También trabajando con riego por goteo en la cuenca sur, el proyecto permitió determinar que el cultivo de papa responde significativamente al riego, hasta aplicaciones del 70-80% de la ETC. Sobre esos niveles, el riego provoca posiblemente problemas derivados de la falta de aeración que afectan el rendimiento y la calidad de los tubérculos.

La simulación de diferentes escenarios climáticos para cuencas del sur y el norte de Uruguay no muestra graves limitaciones en la disponibilidad de agua para riego, debido especialmente al bajo desarrollo del riego en las mismas, pero en la cuenca norte (río Arapey) en escenarios secos se aprecian reducciones de magnitud en el caudal para los picos máximos (especialmente de octubre a diciembre).

Anexo 1B

Artículos de Difusión

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROYECTO FONTAGRO



“Evaluación de los Cambios en la Productividad del Agua Frente a Diferentes Escenarios Climáticos en Distintas Regiones del Cono Sur”

EL RIEGO POR GRAVEDAD



Elaborado por:

Ing. Rolando Céspedes Paredes
DOCENTE INVESTIGADOR FACULTAD DE AGRONOMIA

OCTUBRE - 2014

EL RIEGO POR GRAVEDAD EN COMUNIDADES CAMPESINAS

PRESENTACION

FONTAGRO presenta esta cartilla denominado “El riego por gravedad en comunidades rurales de Bolivia” con la finalidad de compartir los conocimientos sobre el mejor manejo y uso adecuado del agua para riego, donde pretendemos mostrar las diferentes técnicas relacionados al método por superficie.

Además en esta cartilla se intenta combinar los conocimientos ancestrales y el conocimiento científico dentro del contexto de la realidad de los valles interandinos.

INTRODUCCION

El agua es un elemento vital e importante para la vida de los seres humanos, animales y plantas.

Por tanto la agricultura y la ganadera dependen de la mayor o menor disponibilidad del agua para su utilización y cada vez es más restringida su uso debido a la escasez de la misma.

En ese sentido el hombre desde la antigüedad a manejado el agua en forma adecuada y cuidando de que este recurso sea distribuido equitativamente en toda la superficie terrestre

En la actualidad debido a la escasez del agua se trata de manejar con mucha precisión para aumentar la producción agropecuaria. Por esta razón se ha introducido diferentes métodos de riego los cuales cada día son desarrollados con mayor eficiencia en los países. En este caso hablaremos sobre un método denominado RIEGO POR SUPERFICIE

3. DEMOSTRACION Y PUESTAS A PRUEBA DEL MANEJO DEL AGUA DENTRO DE LAS PARCELAS

En esta fase queremos hacerles participes a ustedes compañeros con la experiencia y la sapiencia de todos los que vivimos en los Valles Interandinos y Altiplano, para lo cual demostraremos en forma teórica y posteriormente en forma práctica lo que es manejo del agua dentro de las parcelas.

El proyecto Fontagro desarrolla diversos trabajos de investigación entre ellos está la Productividad del agua en los cultivos de la papa, vid y tomate en las comunidades de las Cuencas del río Keka y el río Luribay.

En los cuales el manejo del agua durante el riego difiere de comunidad a comunidad pero en esta cartilla trataremos de uniformizar el manejo del agua para lo cual realizaremos demostraciones e intercambios con campesinos, para que así puedan ver los usuarios según sus propias palabras VER PARA CREER que es factible regar en forma adecuada y en menos tiempo.

Lo que pretende es una transferencia de capacidades entre usuarios y/o regantes y tendrá seguramente un impacto mucho más real que la capacitación vertical que actualmente se vienen utilizando en otros trabajos y proyectos de nuestro país.

A continuación explicaremos las formas de manejar el agua de riego, lo que se denomina RIEGO POR GRAVEDAD O SUPERFICIAL

PRINCIPIOS BASICOS DEL RIEGO SUPERFICIE

El riego por superficie incluye una variedad de tipos de riego que tienen la característica común de que el agua se aplica en la superficie del suelo y se distribuye en el campo por gravedad, de modo que el caudal de riego disminuye a lo largo del campo debido a la infiltración del terreno.

Aprovechando la fuerza de gravedad del agua se realiza la distribución del mismo, permitiendo de esta manera de no construir

complejas estructuras de riego para la distribución, como ser por ejemplo instalación de tuberías como es el caso de los sistemas de riego por aspersión y goteo.

El sistema de riego por superficie tiene ventajas económicas claras en relación a otros:

- No necesitan de equipos complejos
- Tampoco es necesario bombear el agua por encima del nivel de parcela

Cuando los sistemas de riego por superficie están bien diseñados y son manejados en forma adecuada, el riego por superficie es muy eficiente y permite el riego uniforme de las parcelas.

Sin embargo cuando los sistemas están mal diseñados, estas ventajas se ven anuladas por otros costes que pueden estar ligados al sistema como mayor mano de obra y con ello la disminución en la producción.

El reto actual es de conseguir una alta eficiencia y uniformidad del riego y se disminuya las pérdidas por escorrentía superficial y percolación profunda.

CONCEPTO BASICO DEL RIEGO POR SUPERFICIE

El objeto principal es suministrar al cultivo el agua adicional que hace falta por la poca precipitación que existe en nuestras zonas de producción. Este aumento de agua adicional es para su crecimiento óptimo y cubrir necesidades del cultivo y así asegurar la buena producción.

MOVIMIENTO DEL AGUA DE RIEGO DENTRO DE LA PARCELA

INFILTRACION DEL AGUA DE RIEGO

Cuando realizamos el riego uno de los movimientos es de forma vertical y a este tipo de movimiento lo denominan Infiltración del agua hacia la capa arable del suelo.

Esta infiltración hacia las capas del suelo debe ser de forma adecuada y controlada. En caso de que no se realice un adecuado riego podemos ocasionar problemas, como ser el lavado de nutrientes que se encuentran en el suelo.



Como ejemplo podemos citar: si echamos mucho agua a una plantita entonces la tierra que lo sostiene será lavado en forma total y las raíces de la plantita quedaran al descubierto y no podrán alimentarse y por tanto se marchitarán.

La cantidad de agua infiltrada en cada punto de la parcela se puede medir (haciendo la apertura de calicatas en diferentes sectores de la parcela o el surco, antes y después del riego).



EL RIEGO DENTRO DE LA PARCELA

La terminología utilizada para describir el comportamiento del riego incluye frecuentemente los términos de EFICIENCIA y UNIFORMIDAD, que son utilizados con mucha frecuencia.



Lamentablemente no existe ningún parámetro que por sí solo sea suficiente para describir el comportamiento del riego por lo que siempre se valora varios indicadores a la vez.

Conceptualmente, la eficiencia y uniformidad del riego depende de:

- El incremento del agua almacenada en la zona radicular del cultivo.
- Las pérdidas por percolación profunda.

- Las pérdidas por escorrentía superficial.

La eficiencia de aplicación del riego se expresa en índices porcentuales y se refiere a la proporción del agua utilizada por el riego de una parcela que queda almacenada en el suelo y es utilizado por el cultivo.

Como ejemplo podemos señalar que una parcela se ha regado durante 5 horas pero la eficiencia solamente se ha alcanzado al 60% lo que significa que por cada 10 litros de agua utilizado para el riego solamente 6 litros de agua se ha infiltrado a la capa arable del suelo y los restantes 4 litros se han perdido por escurrimiento superficial o percolación profunda.

RIEGO POR INUNDACION O ANTES DE LA SIEMBRA DE PAPA

En este caso la parcela se divide en pequeñas proporciones de terreno formados por acequias, los que forman pequeños diques o camellones y mediante el se realiza y/o practica el riego.

La característica de estas acequias es que no están niveladas y el tamaño es variable y la construcción está en función del tamaño de las parcelas. En la siguiente imagen se muestra la disposición de las acequias para el manejo del agua de riego dentro de la parcela.



El riego por inundación generalmente es practicado antes de la siembra de los cultivos de la papa, maíz y algunos cereales. En las que se remueve el suelo con la ayuda de herramientas menores caso de picotas, palas y *chontillos* (herramienta propia del altiplano) y con el apoyo de la herramienta se hace la remoción del suelo y con ello ayudamos a que la lámina de agua tenga mayor infiltración.



Realizando la evaluación a este tipo de riego se tuvo experiencias no muy buenas ya que las pérdidas alcanzan hasta valores del orden del 60%, las mayores pérdidas se producen en parcelas con pendientes mayores al 5% y donde no existe mano de obra suficiente por tanto no es muy adecuado el manejo del agua en estas condiciones.

Para solucionar problemas de erosión se debe recortar el caudal en las parcelas que tienen pendientes mayores a 5% y en las parcelas con mayor superficie y de menor pendiente se debe aumentar el caudal, pero estará en función de la mano de obra.

RIEGO DESPUES DE LA SIEMBRA

La labor del riego durante la época de crecimiento del cultivo es importante debido a que las plantas fisiológicamente aumentan en tamaño y necesitan agua para poder desarrollar de forma adecuada y de esta manera cumplir con las funciones fisiológicas de cada una de las etapas.

Normalmente en los cultivos sembrados en hileras, la forma de aplicación del riego se realiza por surcos con la característica de que el surco está construido a favor de la pendiente (pendiente evaluada en los surcos están en el orden de 1 a 3% de pendiente), y por otra parte el suelo con el cultivo implementado está mucho más suelto debido al movimiento que ha tenido durante la siembra y el agua que se aplica escurre con mayor soltura teniendo mayor infiltración en relación al anterior riego de preparación.

Uno de los primeros riegos en el cultivo de la papa se realiza a los 30 días después de haber realizado la siembra, la experiencia de los agricultores nos enseña en campo, cuando tienen de 2 a 3 hojas verdaderas debemos aplicar el primer riego, la misma es con el objetivo de fortalecer y darle más fuerza al cultivo y de esta manera tengan una emergencia todas las plántulas.

Luego de efectuar el riego y esperar un día se debe realizar el desyerbe del cultivo con el propósito de airear el suelo y de quitar las malezas que han crecido en la parcela y son competencia para el cultivo.

RIEGO POR SURCOS

El riego se realiza por este método hasta la finalización del ciclo vegetativo del cultivo, con lo que se evita construir canales y/o acequias para cada labor de riego.

En la figura que se ilustra a continuación se puede ver la construcción de un sistema de riego por el método por surco, y durante el riego estos surcos se llenan de agua y por la pendiente asignada el agua se desliza hasta la parte baja del mismo.



La longitud de los surcos puede llegar hasta 50 metros, generalmente los surcos tienen pendientes longitudinales con pendientes mínimos. Una vez aplicado el agua por este método los regantes no suelen construir sistemas de desagüe para el drenaje. Ya que el agua de escorrentía que sobra o puede provocar erosión y arrastrar materiales hacia las parcelas aguas abajo lo que traerá consecuencias en lo futuro con los vecinos.







El riego por surcos agrónomicamente es aconsejable para algunos cultivos que son muy sensibles al encharcamiento, ya que al sembrarse en los camellones del surco se evita mojar el cuello de la planta y con ello no existen problemas de enfermedades en los cultivos provocadas por el agua.

También podemos indicar el riego por surcos permite ser manejado en suelos de mala estructura, donde existe compactación principalmente, pero si el agricultor o regante tendrá que hacer muchos trabajos de nivelación para que el agua de riego pueda infiltrarse de forma adecuada y con ello tendremos mayor humedecimiento del perfil del suelo.

El método de riego por surcos es utilizado en la mayoría de las parcelas con cultivo de papa y del maíz, principalmente en el Altiplano y Valles interandinos.

FACTORES QUE AFECTAN EL BUEN RIEGO POR SUPERFICIE

Los factores más importantes que afectan al buen desarrollo del riego por superficie son:

-  El caudal utilizado en el riego
-  La nivelación de la parcela
-  La pendiente de la parcela
-  El tipo de suelo
-  El tiempo de utilización del agua (corte)
-  El tamaño de la parcela

Para conseguir una alta uniformidad y eficiencia de riego es necesario que todos estos factores sean considerados conjuntamente.

Así si disponemos de un alto caudal de riego, la parcela a regar podrá ser de mayor tamaño en un suelo arcilloso con baja tasa de infiltración que en un suelo arenoso con alta tasa de infiltración

TECNICAS DE MEJORA DEL RIEGO POR SUPERFICIE

En Bolivia una gran parte de los regadíos utilizan riego por superficie y sin duda estos regadíos requieren de agua dulce. La mayoría de los regadíos no están siendo manejados de manera óptima. En muchas ocasiones las acequias no son capaces de llevar los caudales que serian necesarios para un riego eficiente. En otros casos las parcelas no están niveladas, existen también zonas de regadíos con turnos fijos de riego demasiado frecuente o demasiado espaciados en el tiempo (caso de Cochabamba, Tarija).

Estos problemas enumerados se traducen en una serie de perjuicios, como el aumento del agua utilizado en riego, aumento de la mano de obra, lo que origina el descenso en la producción de los cultivos.

Por estas razones la mejora de los sistemas de riego por superficie es un objetivo prioritario para nuestra sociedad.

La mejora del riego por superficie supone una contribución a la conservación del agua, mantenimiento y mejora de su calidad y conservación del medio ambiente.

EVALUACION DEL RIEGO POR SUPERFICIE







Una evaluación del riego permite conocer la situación actual de la práctica del riego y de esta manera determinar los cambios que son necesarios para introducir mejoras en el manejo del riego con sus siguientes ventajas económicas.

Estas mejoras en las prácticas de riego tienen como fin el conseguir un riego más adecuado y uniforme y se traducen en un ahorro de agua, ahorro de mano de obra y mejora de los rendimientos de los cultivos.

En muchos casos las modificaciones necesarias para las mejoras son muy simples y no requieren fuertes inversiones de capital. En algunos casos la evaluación del riego nos puede indicar la existencia de una condición actuales cuya mejora resulta muy difícil debido a los fallos en el diseño u organizaciones del riego que aconsejan la realización de fuertes inversiones de capital en construcción de acequias concentración parcelaría (agrupamiento de parcelas por riego), etc.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es que los cambios necesarios para mejorar el manejo requieren flexibilidad en cuanto a la frecuencia del suministro y duración del riego que por desgracia es muy poco frecuente en los regadíos por gravedad.





Las medidas más importantes que se incluyen en una evaluación de riego son las siguientes:

-  Caudal de riego (cantidad de agua)
-  Tiempo de riego
-  Características de la infiltración
-  Tamaño y estado de la parcela (estructura del suelo)
-  Escorrentía superficial
-  Humedad del suelo antes de riego (ha sido regado o no)

Con todas estas características queremos que ustedes tomen muy en cuenta el manejo del agua en una parcela ya que el agua desde todo punto de vista es un recurso muy importante.




EFFECTO DEL RIEGO POR SUPERFICIE EN EL MEDIO AMBIENTE

Un regadío por superficie requiere una serie de infraestructura para su funcionamiento. Entre ellas se incluye fundamentalmente:

-  Obras de captación de agua (toma de agua)
-  Embalses o estanques
-  Redes de canales y acequias (canales principales)
-  Redes de camino (caminos para la limpieza)

La incidencia sobre el área de los sistemas de riego por superficie puede ser discutida desde múltiples puntos de vista. De manera general solo puede concluir que el riego de superficie tiene un impacto bajo pero que en este impacto se produce en un área geográfica amplia.

El funcionamiento del regadío puede producir problemas medio ambientales como:

-  Alteración del régimen hidrológico de los ríos
-  Sobre explotación de acuíferos
-  Alteración de las zonas húmedas naturales

- ✚ Salinización del suelo
- ✚ Salinización del agua
- ✚ Erosión del suelo
- ✚ Como consecuencia se da tierras abandonadas

Para evitar estos problemas medioambientales la explotación del regadío debe efectuarse de una forma óptima.

Los problemas ambientales producidos por el manejo incorrecto del riego excesivo producen pérdidas de agua por percolación profunda y por escorrentía.

La percolación profunda ocasiona una movilización de las sales del sub suelo aumentando la salinidad de la aguas de retorno de los regadíos.

Por otro lado la percolación ocasiona una pérdida de nutrientes principalmente nitratos que son arrastrados por el agua de percolación. Las aguas de percolación también pueden arrastrar productos fitosanitarios contribuyendo a la contaminación de la aguas de retorno.

La escorrentía superficial también puede ser un problema ya que suele ir asociada a procesos de erosión de la capa superficial del suelo arable.

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROYECTO FONTAGRO



“Evaluación de los Cambios en la Productividad del Agua Frente a Diferentes Escenarios Climáticos en Distintas Regiones del Cono Sur”

EL CULTIVO DE LA PAPA



Elaborado por:

Ing. Rolando Céspedes Paredes
DOCENTE INVESTIGADOR FACULTAD DE AGRONOMIA

OCTUBRE - 2014

EL CULTIVO DE LA PAPA

INTRODUCCION

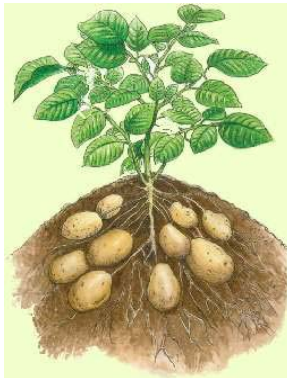
El cultivo de la papa es uno de los más importantes que se realizan en nuestro país; ya que constituye el alimento básico de la familia del área rural.

El proyecto Fontagro perteneciente a la Facultad de Agronomía de la UMSA, a través de esta cartilla quiere llegar a usted hermano agricultor, con información que resume todo el proceso del cultivo de la papa.

El objetivo de la misma, es el de contribuir a que mejores tu producción y tus ingresos, en base a un buen y mejor rendimiento.

EL CULTIVO DE LA PAPA

1. PRODUCCION



La papa es una de las especies de mayor consumo, constituyéndose en alimento básico para la población de nuestro país. El cultivo de la papa juega un rol importante por su amplia adaptación a diferentes medios ecológicos.

Los rendimientos promedio en las zonas tradicionales de cultivo son muy bajos (5 a 8 toneladas/hectárea), frente a los conseguidos por los países europeos (30 a 40 toneladas/hectárea).

Las causas principales son; suelos inadecuados (suelos cansados con monocultivos), calidad de semilla, estado sanitario de la semilla, deficiente fertilización y comercialización desfavorable al productor.

Esta situación induce a pensar a que los agricultores tengan un amplio margen para aumentar la productividad del cultivo, mejorando el manejo del suelo, semilla y otras actividades relacionadas al mismo.

2. LA PLANTA DE LA PAPA



Dentro de las labores culturales del manejo del cultivo de la papa están las siguientes actividades.

3. PREPARACION DEL TERRENO

Tiene los siguientes objetivos:



- Aflojamiento y aeración del suelo
- Incorporación de materia verde y rastrojos para su descomposición
- Favorece la retención de humedad
- Provoca la muerte de larvas y pupas de insectos

La preparación de un terreno se realiza con las últimas lluvias del año (aproximadamente en el mes de marzo).

Hay varios sistemas de preparación: Mecanizado, tracción animal y manual.



Todos ellos incluyen tres labores principales, las cuales son:

- la aradura

- el rastrado y
- la nivelación.

3.1 ARADURA

Consiste en la roturación de la capa superior del suelo con 25 a 35 centímetros de profundidad. Esta labor comprende una o varias cruzadas.

3.2 RASTRADO

Se efectúa para mullir o pulverizar los terrones de suelo para, de esta forma, facilitar labores posteriores. En el altiplano se realiza después de la segunda arada

3.3 NIVELACION

Es la formación de una superficie uniforme del campo destinado al cultivo. Esta práctica permite aprovechamiento del agua de riego o lluvia y evita el encharcamiento



4. SUELOS

Con preferencia deben ser terrenos sueltos, mayor contenido de materia orgánica y sobre todo descansada o con una rotación de tres o más años en que no se haya cultivado papa

5. FERTILIZANTES O ABONAMIENTO

Es la incorporación al suelo de productos orgánicos y/o químicos que contienen elementos nutritivos para las plantas.



5.1. ABONO ORGANICO

Proporciona nutrientes a la planta y mejora el suelo. Entre ellos tenemos

- Abono verde (plantas y restrosjos)
- Estiércol de animales
- Compost (desechos vegetales descompuestos)



5.2. ABONO QUIMICO

Contiene nutrientes de fácil aprovechamiento para la planta, si tenemos:

- Fertilizantes químicos de diversa formulación o composición

Por razones de disponibilidad se utiliza el triple 15 - 15 - 15 en una cantidad de 8 bolsas/hectárea en las parcela experimentales.

5.3. APLICACIÓN DEL FERTILIZANTE QUIMICO

El fertilizante se aplicara 15 a 20 días antes de la siembra en días sin lluvias y tres a cuatro días antes de que se registren lluvias de esta manera se desintegra el fertilizante y se hace aprovechable para la planta.

6. NUTRIENTES DE LA PLANTA

Los principales son el NITROGENO (N), EL FOSFORO (P) y el POTASIO (K).

Los nutrientes desempeñan las siguientes funciones

- Nitrógeno: ayuda al crecimiento de la planta
- Fosforo: interviene en la formación del almidón y maduración temprana
- Potasio: participa en la formación de tubérculos, resistencia a enfermedades y evita la caída de las plantas.

7. SEMILLAS



7.1. SELECCIÓN

- Se debe seleccionar semilla sana, madura y de una sola variedad
- Las semillas debe ser de tamaño grande con 60 a 90 gramos de peso, porque tienen mayor número de brotes que pueden reemplazar a los afectados por las heladas.



7.2. DESINFECCIÓN DE SEMILLA

La desinfección se realiza para eliminar las esporas de enfermedad adheridas al tubérculo (sarna, verrugas y otras)



Esta práctica se efectúa después de la selección, o sea antes de guardar en el almacén y antes de la siembra.

7.3. VERDEO DE LA SEMILLA

El verdeo es la formación de clorofila y solanina en la cascara de la papa por acción de luz indirecta.

La solanina da el sabor amargo y es tóxica por eso las semillas verdeadas no son preferidas por los insectos y resisten a las enfermedades

La semilla verdeada origina mayor número de brotes vigorosos.

Para verdear la semilla se coloca en capas de 10 cm en ambientes frescos y bajo luz indirecta.

8. SIEMBRA



Puede realizarse a mano o con maquinaria en terrenos inclinados es aconsejable el surcado en sentido cruzado a la pendiente, considerando además el régimen de lluvias.



8.1 EPOCA DE SIEMBRA

La época varía de acuerdo a la región. En el altiplano es del 15 de octubre al 15 de noviembre.

8.2. DISTANCIA DE SIEMBRA

Para semilla, es de 80 centímetros entre surcos y de 25 a 30 entre plantas.



Para papa de consumo con 80 centímetros entre surcos y de 30 a 35 centímetros entre plantas

8.3 PROFUNDIAD Y DENSIDAD

La profundidad adecuada es de 15 centímetros. La densidad varía con el tamaño de la semilla. Generalmente, es de 30 a 32 quintales por hectárea.

9 LABORES DEL CULTIVO

9.1 DESHIERBE



Es la eliminación de malas hierbas con el fin de evitar competencia por luz, humedad y nutrientes, además de anular fuentes de contagio de enfermedades e insectos

Las hierbas se deben arrancar desde la raíz, sacarlas y luego quemar

9.2 APORQUE

Es la acumulación de tierra hacia el cuello de la planta para dar cobertura a los tubérculos en formación y yemas que originaran nuevos tubérculos. Se recomienda realizar dos o más apoques.



9.3 CONTROL FITOSANITARIO

Consiste en los tratamientos preventivos y curativos contra plagas y enfermedades con producto químicos

La aplicación se puede realizar en el suelo o la parte foliar (de las hojas).

Los tratamientos en el follaje se realizan con pulverizadores manuales o moto aspersores.

Los insecticidas y fungicidas son tóxicos o venenosos para plantas, animales y el hombre por eso se debe tener máxima precaución para su empleo.

Las manos y utensilios en contacto directo con el producto químico deben lavarse con agua y detergente.

10 COSECHA

Se realiza cuando la planta ha completado su madurez o sea cuando el follaje comienza a secarse y las papas tenga cascara bien fija o adherida y que no se desprenda por presión de los dedos.



La cosecha debe efectuarse en su debido tiempo para prevenir del ataque de gusanos, contagio de enfermedades y efecto de heladas.



La recolección de papa se realiza manualmente o con maquinaria teniendo cuidado de no maltratar los tubérculos y de esta forma no tengan puntos de contagio de enfermedades.

RECOMENDACIONES

Considerando el valor que tiene el cultivo de la papa para nuestras culturas compañero agricultor es bueno que estés atento a todos los puntos que se señalan en esta cartilla.

La preparación del suelo el uso de fertilizantes y abonos así como la selección de una buena semilla contribuirán a que tu trabajo de campo alcance mayores índices de producción.

Sin embargo en esta cartilla se ha enfatizado en la selección desinfección y verdeo de la semilla de papa esto con el fin de que logres una producción independiente.

Recuerda la importancia de la labores y del control fitosanitario que impedirán que tus cultivos sean atacados por plagas y enfermedades que solo merman nuestra producción y perjudican nuestro trabajo.





Mayo 2015

- Publicidad
- Suscripción
- Contacto

Productividad del agua en vid Pisquera en la Provincia de Limarí, Región de Coquimbo

Alfonso Osorio U., Ing. Agr. M.Sc., Marcela Burgos Ing. Agr., Rodolfo Poblete T. Ing. Agr., INIA Intihuasi

Alejandro Antúnez B., Ing. Agr. Ph.D., INIA La Platina

La búsqueda de la maximización de la eficiencia del uso del agua, ha permitido desarrollar estrategias para sobrellevar los efectos de una sequía, y en casos extremos, evitar la pérdida de la inversión en un cultivo o la programación de éstos, de acuerdo al régimen hídrico de la temporada.



La Provincia de Limarí, en la Región de Coquimbo, se caracteriza por tener escasas precipitaciones, en un rango entre 109 mm (cerca de la costa) y 286 mm (en la zona cordillerana) y una demanda evaporativa anual (Evapotranspiración de Referencia, ETo) en un rango entre 1.100 mm y más de 1.700 mm, en una gradiente de costa a cordillera. En la Región, las precipitaciones durante los últimos años, han presentando disminuciones importantes que afectan fuertemente los volúmenes de agua disponibles para la agricultura.

En esta provincia se cultivan aproximadamente 6.380 ha de vid pisquera, equivalentes al 60% de la superficie nacional cultivada (Censo Agropecuario, 2007). El destino de la producción es principalmente la agroindustria, para la producción de Pisco, elaborado a partir de variedades Moscatel, que entregan aromas característicos a este producto chileno con denominación de origen.

Con el objetivo de evaluar el comportamiento fenológico y productivo de vid pisquera en distintas condiciones climáticas y su relación con la aplicación de agua en la cuenca del río Limarí, se realizó un estudio enmarcado en el proyecto **"Evaluación de los cambios en la productividad del agua frente a diferentes escenarios climáticos en distintas regiones del cono sur"**, ejecutado con financiamiento del Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, FONTAGRO (www.fontagro.org).

En este proyecto, en la Región de Coquimbo, se estableció dos ensayos de vid pisquera variedad Moscatel Rosada: uno ubicado en la zona alta del Valle, en la localidad de Chilecito, y otro en la zona baja del mismo, en el sector de la Chimba. Los ensayos se evaluaron durante tres temporadas consecutivas, entre los años 2009 y el 2012. En el Cuadro 1, se presenta las características de ambos sectores y en la Figura 1, se indica la ubicación geográfica de ellos.

Cuadro 1. Características de las localidades seleccionadas.

	Zona Alta Chilecito	Zona Baja La Chimba
Localidad	Chilecito	La Chimba
Altura m.s.n.m	569	286
Distancia a la Costa (km)	83	47
Clima	Estepa con gran sequedad atmosférica, que se manifiesta hacia el interior de la Región. No presenta influencia costera, cielos predominantemente despejados, baja humedad relativa y temperaturas elevadas durante el día, descendiendo de forma importante en la noche.	Estepa con nubosidad abundante. Presenta frecuentes nieblas y lloviznas que tienden a disipar a mediodía, lo cual se asocia a gran cantidad de días nublados y alta humedad relativa. Este clima se presenta bordeando la costa, pero se extiende por varios kilómetros al interior de los valles transversales; y por su cercanía del mar, genera amplitudes térmicas bajas.
Evapotranspiración de Referencia Anual (ETo, mm)	1.772	1.280
Evapotranspiración del periodo productivo (ETc, mm)	1.470	972

Figura 1. Ubicación geográfica de los ensayos en la Provincia de Limarí. En amarillo Chilecito, y en rojo el ensayo de La Chimba.



Los tratamientos de riego se aplicaron sobre la base de la altura de agua habitual repuesta por los agricultores en cada predio. Se evaluó la respuesta de las vides regadas con el criterio de reposición de agua del agricultor (T1), y otros restringido al 75% y 50% del volumen aplicado por el agricultor (T2 y T3, respectivamente).

Aforos periódicos del caudal de riego, permitieron calcular el volumen de agua aplicado a cada tratamiento (Cuadro 2). Se observó que el agricultor aplicó (T1), en promedio, cerca de $4.400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ anuales en La Chimba, y alrededor de $5.600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ anuales en el sector de Chilecito, para el riego de la vid pisquera. Estas tasas de riego son comúnmente usadas por los agricultores en cada zona estudiada. Al comparar el agua aplicada con la demanda atmosférica promedio para las tres temporadas en cada localidad (Cuadro 3), se observó que, independientemente de la posición geográfica en el Valle, los tratamientos cubrieron porcentajes similares de la evapotranspiración de referencia (ET_o). En el Cuadro 3, también se presenta la fracción de agua repuesta por el riego, en relación con la ET_o de la vid pisquera en crecimiento activo (excluyendo el período de dormancia) acumulada, para la temporada en estudio.

Cuadro 2: Volumen de agua por unidad de superficie ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) aplicado, en cada temporada, en los tres tratamientos de riego en vid pisquera.

Localidad	Tratamiento	Agua Riego $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$			Promedio $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$
		2009-2010	2010-2011	2011-2012	
Chilecito	T1	5.903	5.997	5.136	5.679
	T2	5.104	5.186	4.238	4.843
	T3	3.969	3.482	3.251	3.567
La Chimba	T1	4.416	4.849	3.958	4.408
	T2	3.765	3.750	3.289	3.601
	T3	2.707	2.533	2.183	2.474

Cuadro 3: Proporciones de la ET_o, anual y del período, respuestas por el riego en ambos ensayos.

Tratamientos	Chilecito			La Chimba		
	% ET _o anual	% ET _o período	% T1	% ET _o anual	% ET _o período	% T1
T1	32%	39%	100%	34%	45%	100%
T2	27%	33%	85%	28%	37%	82%
T3	20%	24%	63%	19%	25%	56%
Precipitaciones (mm)	159,0			128,1		

En las Figuras 2 y 3 se presenta la distribución mensual del riego de los distintos tratamientos para las localidades de Chilecito y La Chimba, respectivamente. Además, se incluyó la demanda atmosférica (ET_o) y la evapotranspiración del cultivo (ET_c). A pesar de que los mayores volúmenes de agua por unidad de superficie se aplican en los meses de mayor demanda del cultivo, éstos se encuentran por debajo de la demanda mensual calculada.

Es conveniente destacar que el coeficiente de cultivo (K_c) utilizado para el cálculo de ET_c en estos ensayos, no fue representativo respecto a la condición de vigor del cultivo. Por lo tanto, la demanda real de la vid pisquera variedad Moscatel Rosada fue subestimada, justificando en parte los menores volúmenes de riego aplicados al cultivo (Figuras 4a y 4b).

Figura 2. Distribución mensual del agua aplicada en el ensayo de Chilecito y su relación con la ETo y la ETc del sector.

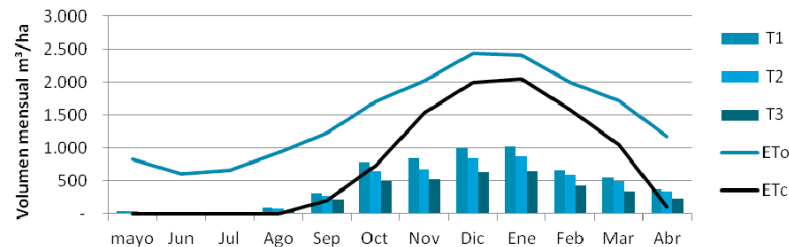
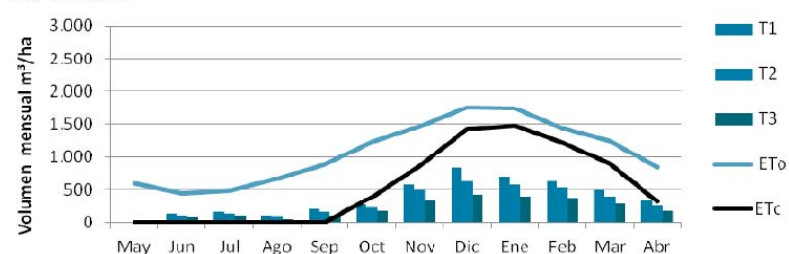


Figura 3. Distribución mensual del agua aplicada en el ensayo de La Chimba y su relación con la ETo y ETc del sector.



Fotos 4a y 4b. Ensayo en localidad de Chilecito y la Chimba en máximo desarrollo foliar, demostrando la condición de menor vigor de los huertos.



Los rendimientos alcanzados en Chilecito y La Chimba, se situaron en rangos similares a los reportados para parrones pisqueros en las zonas estudiadas de la provincia de Limarí. Al evaluar los rendimientos de cada temporada (Figuras 5 y 6), es posible concluir que la localidad de La Chimba mostró una mayor productividad por unidad de superficie.

En ambas localidades, se obtuvo los menores rendimientos con el tratamiento más deficitario (T3, 50% de lo aplicado por el agricultor), el cual recibió alturas de agua equivalentes al 20% de ETo y 25% de la ETc. En las Figura 5 y 6, se observa que no hubo diferencias significativas de rendimiento por unidad de superficie entre T1 y T2 (100% y 75% del riego del agricultor, respectivamente), en ninguna de las tres temporadas, en ambos predios en estudio. Sin embargo, el manejo del riego al 50% de lo aplicado por el agricultor (T3,) tuvo un impacto en el rendimiento evidenciado en la tercera temporada de evaluación, tanto en Chilecito como en La Chimba. En otros términos, la aplicación de un 25% menos de la altura de agua aplicada por el agricultor en ambas zonas del Valle de Limarí, no tuvo efectos sobre el rendimiento de la vid pisquera. Al contrario, reducciones del orden de 50% de la altura de riego aplicada por el agricultor, tuvo efectos que pueden reflejarse en una reducción del rendimiento a mediano plazo en la vid pisquera.

Figura 5. Rendimiento obtenido durante las tres temporadas evaluadas, en Chilecito. Sobre cada barra, la letra en minúscula representa grupos sin diferencias estadísticas significativas (p <0,05).

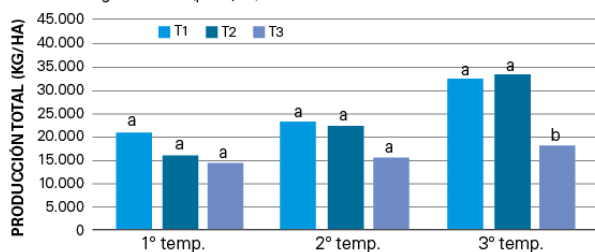
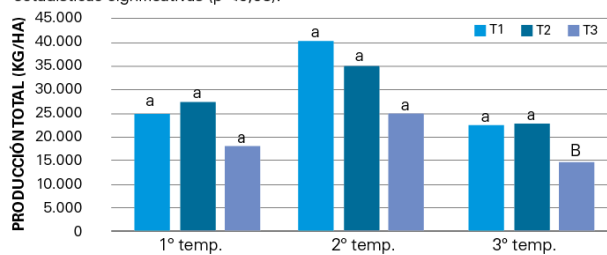


Figura 6: Rendimiento obtenido durante las tres temporadas evaluadas, en La Chimba. Sobre cada barra, la letra en minúscula representa grupos sin diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).



En el Cuadro 4, se presenta la productividad del agua que se obtiene a partir de la relación entre el rendimiento obtenido y el volumen de agua aplicado por unidad de superficie (kg m^{-3}). Además, se presenta la productividad económica del agua ($\$ \text{m}^{-3}$), que resulta de la relación entre el valor comercial de la producción y el volumen de agua aplicado por unidad de superficie. También en el Cuadro se incluye la productividad industrial del agua ($\text{L alcohol } 35^\circ \text{ m}^{-3}$), como la relación entre el volumen de alcohol 35° obtenido y el volumen de agua aplicado por unidad de superficie. En la última columna se incluyó además un indicador que expresa la cantidad de agua aplicada por unidad de producto obtenido, y que equivale al inverso de la productividad del agua.

Cuadro 4: Valores medios de productividad del agua obtenidos en ambos ensayos evaluados, para las tres temporadas de evaluación.

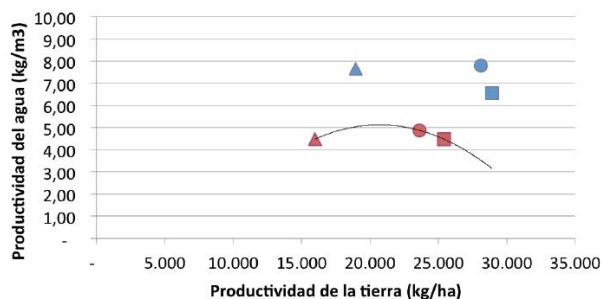
Ensayo	Tratamiento	Volumen de agua aplicado	Rendimiento	Productividad del agua aplicada	Productividad económica del agua	Productividad industrial del agua	Agua aplicada por unidad de producto
		$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	kg ha^{-1}	$\text{kg m}^{-3} \text{ aplicado}$	$\$ \text{ m}^{-3} \text{ aplicado}$	$\text{L alcohol } 35^\circ \text{ m}^{-3}$	L kg^{-1}
Chilecito	T1	5.679	25.409	4,47	536,90	1,00	223,50
	T2	4.843	23.608	4,87	584,95	1,09	205,14
	T3	3.567	15.980	4,48	537,59	1,01	223,22
La Chimba	T1	4.408	28.911	6,56	787,05	1,47	152,47
	T2	3.601	28.109	7,81	936,71	1,75	128,11
	T3	2.474	18.948	7,66	919,06	1,72	130,56

La mayor productividad del agua se registró en la localidad de La Chimba, asociado al mayor rendimiento de uva pisquera y a la menor demanda atmosférica de la zona, lo cual se tradujo en una mayor producción por unidad de agua utilizada, tanto en kilos de fruta como en alcohol e ingreso obtenido de la misma.

Existiendo diferencias en la productividad del agua entre los tres tratamientos ensayados, al disminuir la tasa de riego bajo condiciones de sequía, evidentemente se afectaría la productividad por unidad de superficie.

Al relacionar la productividad del agua con la productividad de la tierra (rendimiento por unidad de superficie), se observó que el huerto de vid pisquera evaluado en la localidad de La Chimba resultó más eficiente para ambos indicadores, con respecto al sector de Chilecito (Figura 7). Lo anterior probablemente asociado a condiciones climáticas que permiten obtener mejores rendimientos y el riego con menores volúmenes de agua. Esta situación podría verse compensada por un mayor valor de la uva pisquera aprovechando la condición de cosecha más temprana que ofrece la zona alta del Valle.

Figura 7. Relación entre la productividad del agua y productividad de la tierra (rendimiento). En rojo los valores promedios de los tratamientos de Chilecito y en azul los de La Chimba. Los cuadrados corresponden a T1, los círculos a T2 y los triángulos a T3.



En síntesis, frente a condiciones de sequía, es posible reducir el volumen agua aplicada a vides pisqueras, tanto en sectores bajos y altos del Valle, reduciendo el rendimiento y la productividad de la tierra. En contraste con este manejo deficitario, también es posible incrementar o al menos mantener la productividad del agua, obteniendo una mayor eficiencia en el uso del recurso.



En los Valles de Limarí y Aconcagua

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN VID DE MESA

En uva de mesa no sólo interesa la producción total, sino también la calidad y condición de la fruta. Es decir, el calibre de bayas, su color y firmeza. Frente a restricciones de disponibilidad hídrica que signifiquen aportes de riego inferiores a 80% de la ETc, se propone reducir la superficie regada, concentrándose en los mejores cuarteles del huerto, que aplicar agua restringida a toda la superficie.

Alfonso Osorio U., Ing. Agr. M.Sc., INIA Intihuasi
Gabriel Selles van Sch., Ing. Agr. Dr., INIA La Platina
Rodolfo Poblete T., Ing. Agr., INIA Intihuasi
Alejandro Antúnez B., Ing. Agr. Ph.D., INIA La Platina

Ante la incertidumbre del cambio climático que impacta de manera directa en la disponibilidad del recurso hídrico para la producción agropecuaria, es necesario conocer la productividad de los recursos suelo y agua, con el objetivo de tomar mejores decisiones en cuanto a políticas y estrategias que contribuyan a su utilización sostenible.

El problema de escasez del recurso hídrico impacta con mayor magnitud en zonas áridas y semiáridas del país. Este es el caso de las Regiones de Coquimbo y Valparaíso, las que concentran un porcentaje relevante de la superficie frutícola del país. Cerca del 40% de la superficie y exportación nacional de uva de mesa, se ubica en los Valles del Limarí y del Aconcagua, siendo relevantes allí las variedades Crimson, Thomson y Flame Seedles, que representan sobre el 60% de la superficie plantada a nivel nacional, con más de 50.000 ha en producción.

Dada la importancia de la producción de uva de mesa en las zonas mencionadas, se realizaron ensayos con el objetivo de evaluar el comportamiento fenológico y productivo frente a diferentes condiciones climáticas y de aplicación de agua, enmarcados en el proyecto "Evaluación de los cambios en la productividad del agua frente a diferentes escenarios climáticos en distintas regiones del cono sur", apoyado por FONTAGRO (www.fontagro.org).

Los ensayos en uva de mesa se desarrollaron en las localidades de El Peñón

y Nueva Aurora de la Región de Coquimbo, y de Curimón en la Región de Valparaíso. En el Cuadro 1, se resume la localización, altura, régimen de precipitación, características del clima y de evapotranspiración en las tres zonas ensayadas.

UVA DE MESA EN LA CUENCA DEL LIMARÍ

En la cuenca del río Limarí, se realizaron dos ensayos en vid de mesa var. Crimson seedless. En cada ensayo, se aplicó tratamientos sobre la base de riego utilizado por los agricultores. Los tratamientos correspondieron al 100% de lo aplicado por el agricultor (T1), el 75% de lo aplicado por el agricultor (T2) y un tercero más restrictivo, con 50% de lo aplicado por el agricultor (T3).

Los caudales aplicados por cada tratamiento se presentan en el Cuadro 1. El volumen anual de agua aplicado fue de aproximadamente 10.000 m³ ha⁻¹ en el parronal del sector El Peñón y 11.500 m³ ha⁻¹ en el ensayo de Nueva Aurora. En el Cuadro 3, se aprecia que el agua aplicada en el ensayo de Nueva Aurora cubre el 100% de la demanda atmosférica (ETo), en cambio en el sector El Peñón el riego sólo repone el 82% de la demanda del período del cultivo.

En las Figuras 1A y 1B, se presenta la distribución mensual de agua de riego aplicada a las vides de mesa ensayadas en las zonas de El Peñón y Nueva Aurora, respectivamente. En el ensayo de El Peñón, la reposición del riego fue inferior a la demanda atmosférica (ETo). Sin embargo, en los meses de mayor

CUADRO 1. Localización, altura, régimen de precipitación, características del clima y de evapotranspiración de El Peñón, Nueva Aurora y Curimón.

	Valle del Limarí (Zona Alta)	Valle del Limarí (Zona Baja)	Valle del Aconcagua
Localidad	El Peñón	Nueva Aurora	Curimón
Altura m.s.n.m	569	286	703
Distancia a La Costa (km)	83	47	76
Clima	Estepa con gran sequedad atmosférica, que se manifiesta hacia el interior de la Región, no presenta influencia costera, cielos predominantemente despejados, baja humedad relativa y temperaturas elevadas durante el día, descendiendo de forma importante en la noche.	Estepa con nubosidad abundante, presenta frecuentes nieblas y lloviznas que tienden a disipar a mediodía, lo que se asocia a gran cantidad de días nublados y alta humedad relativa. Este clima se presenta bordeando la costa, pero se extiende por varios kilómetros al interior de los valles transversales; y por su cercanía del mar genera amplitudes térmicas bajas.	Mediterráneo subtropical semiárido. Las temperaturas máximas del mes más cálido superan los 32°C, con acumulación térmica primavera – verano de 1.400 a 1.500 días – grado (base 10°C). La precipitación media anual alcanza a 350 mm, concentrándose en los meses de invierno.
Evapotranspiración de Referencia, ETo Anual (mm)	1596	1288	1272
ETo periodo productivo (mm)	1217,4	1069	976

actividad del cultivo, el riego aplicado tiene un buen ajuste a la demanda del este (ETc).

En general, el agua aplicada en el parronal ubicado en Nueva Aurora (Figura 3), fue superior a la demanda atmosférica (ETo), principalmente en los meses de mayor demanda del cultivo. El tratamiento de riego restrictivo (T3, 50%) tuvo un mejor ajuste a la demanda del cultivo (ETc).

En las Figuras 2 y 3, se presenta los rendimientos obtenidos (Kg ha⁻¹), de acuerdo a los diferentes tratamientos aplicados para El Peñón y Nueva Aurora, respectivamente. En el sector de El

Peñón (Figura 2), las vides regadas con el régimen T1 alcanzaron los mayores rendimientos, mientras que aquellas regadas con T3, se registró la menor producción, con diferencias estadísticas significativas evidenciadas sólo en la tercera temporada de ensayo.

En las vides de mesa ensayadas en Nueva Aurora, para ninguna de las temporadas evaluadas se presentó diferencias estadísticas en producción total entre tratamientos (Figura 3).

UVA DE MESA EN LA CUENCA DEL ACONCAGUA

En el Valle de Aconcagua, se ha realizado estudios de productividad del agua

CUADRO 2. Volumen de agua anual aplicado, en las tres temporadas de riego y en promedio, en tres tratamientos de riego en ensayos ubicados en El Peñón y Nueva Aurora, Región de Coquimbo.

Localidad	Tratamiento	2009-2010	2010-2011	2011-2012	Promedio
El peñón	T1	11.415	9.932	8.778	10.042
	T2	9.434	7.575	6.896	7.968
	T3	6.878	5.392	4.682	5.651
Nueva Aurora	T1	11.696	11.398	11.268	11.454
	T2	9.265	8.735	8.922	8.974
	T3	7.578	7.207	7.580	7.455

CUADRO 3. Proporciones de la demanda atmosférica cubiertas por el riego en cada tratamiento y ensayo de riego. Se incluye el registro de precipitaciones promedio de las tres temporadas, para cada localidad en estudio.

Tratamientos	El peñón				Nueva Aurora			
	ETo anual	ETo periodo	ETc	T1	ETo anual	ETo periodo	ETc	T1
%								
T1	63%	82%	114%	100%	89%	107%	171%	100%
T2	50%	65%	91%	79%	70%	84%	134%	78%
T3	35%	46%	46%	56%	58%	70%	112%	65%
Precipitaciones (mm)	159				128,1			

FIGURA 1A. Distribución mensual del agua de riego aplicada en vides de mesa variedad Crimson seedless en El Peñón, en los distintos tratamientos.

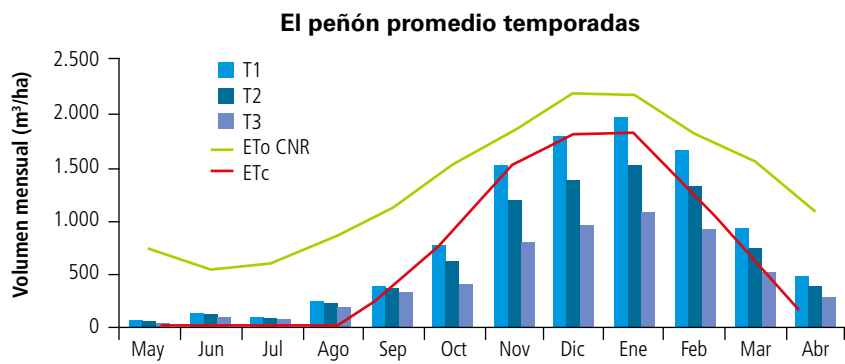
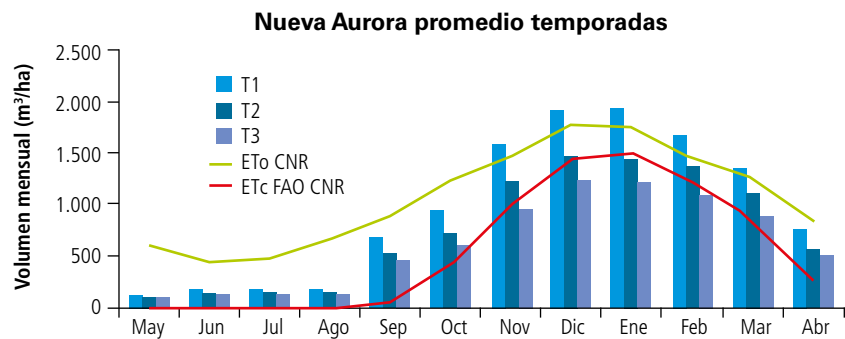


FIGURA 1B. Distribución mensual del agua de riego aplicada en vides de mesa variedad Crimson seedless en Nueva Aurora, en los distintos tratamientos.



en dos variedades de uva de mesa de importancia económica: Flame Seedless y Thompson Seedless.

Para ello se estableció dos ensayos en la localidad de Curimón. Los ensayos consistieron en aplicar volúmenes de agua equivalentes a un porcentaje de la ETc del cultivo, que variaron en un rango entre 0,6 ETc y 1,5 ETc. Los ensayos se realizaron en parronales comerciales durante cuatro temporadas en Flame Seedless y durante cinco temporadas en Thompson Seedless.

Los volúmenes de agua aplicados en los ensayos en la cuenca del Aconcagua, se presentan en los Cuadros 4 y 5. En ellos se puede apreciar que, en promedio, se aplicaron volúmenes entre 4.000 y 11.000 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en ambas variedades, correspondientes a un 57 y 150% del valor de la ETc.

La producción exportable estimada en Flame Seedless (Cuadro 6), no presentó diferencias estadísticas, aunque plantas regadas con T1 (0,57 ETc) y T4 (1,52 ETc) presentaron una tendencia

FIGURA 2. Producción total (Kg ha⁻¹), obtenida durante las tres temporadas por tratamiento en El Peñón. Sobre cada barra, la misma letra en minúsculas representa grupos sin diferencias estadísticas significativas (p < 0,05).

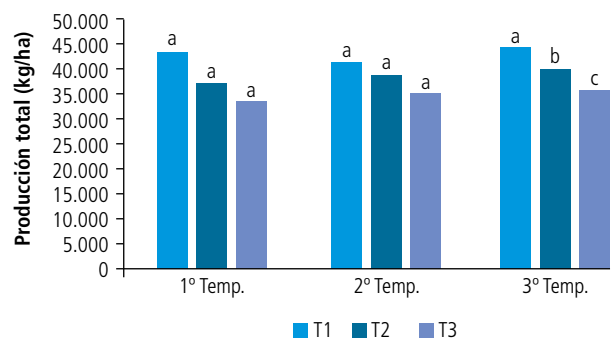
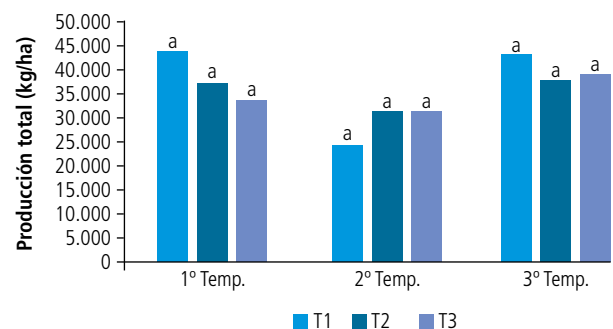


FIGURA 3. Producción total (Kg ha⁻¹) obtenida durante las tres temporadas por tratamiento en Nueva Aurora. Sobre cada barra, la misma letra en minúsculas representa grupos sin diferencias estadísticas significativas (p < 0,05).





Extractos de Alga Nutrafeed®

Extractos de alga, hidrolizados de *Durvillaea antarctica*. Ricos en fitohormonas, carbohidratos, proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales.



- **Nutrafeed Algae** (Bioestimulante, des-estresante)
- **Nutrafeed Algae Plus** (Promotor de la elongación celular)
- **Nutrafeed Pluto** (Promotor de la división celular)
- **Terrafeed Nutrasoil** (Bioestimulante radicular)

www.nutrafeed.cl
info@nutrafeed.cl

Matriz: 02 - 2841 4335

- Región de Coquimbo: 6-8320090 / 9-3218308 / 8-4391300
- Región de Valparaíso: 9-3236215
- Región Metropolitana: 7-4762791 / 8-4391557 / 7-3337669
- Región de O'Higgins: 9-2207572 / 6-8320091
- Región del Maule: 7-4788535

a menores producciones que los tratamientos que recibieron cantidades de agua intermedia (T2 y T3).

En Thompson Seedless, el tratamiento que presentó menor producción exportable, fue T1 y aplicaciones equivalentes a 1,48 de ETc no significaron incrementos de producción respecto a una aplicación de 0,88 o 1,22 veces la ETc (Cuadro 7).

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN VID DE MESA

En el Valle del Limarí, el tratamiento con mayor restricción de agua (T3), presentó una mayor productividad del agua, tanto en el ensayo de la parte alta como en la parte baja de la cuenca. Es decir, en dicho tratamiento se logró producir más fruta por metro cúbico de agua aplicado. Por otra parte, T1 fue el tratamiento que generó un mayor rendimiento por unidad de superficie, pero produjo menos fruta por unidad

de agua aplicada; siendo en definitiva menos eficiente que T3.

Si se analiza el agua aplicada por unidad de producto, el tratamiento que utilizó menos agua fue el T3. Por otra parte, si se comparan las zonas agroecológicas, fue la parte alta la que presentó los mayores rendimientos, la mayor productividad del agua, así como los menores valores de agua aplicada por unidad de producto.

Por otra parte, en los ensayos realizados en el Valle de Aconcagua en los cultivares Thompson Seedless y Flame Seedless, se pudo observar que la cantidad de agua aplicada tuvo efectos sobre la producción, particularmente en la primera variedad (Cuadro 8). De esta forma, aplicaciones del 60% del ETc en Thompson Sedless y Flame Seedless, provocaron una disminución de rendimiento. Mientras que aplicaciones de agua por sobre

CUADRO 4. Precipitación (Pp en mm), evapotranspiración de cultivo (ETc en mm), cantidad total de agua aplicada (m³ ha⁻¹) y agua aplicada como fracción de la evapotranspiración (ETc) en cada tratamiento de riego durante las temporadas 2007/2008 a 2010/2011 para la variedad Flame Seedless.

Temporada	Pp mm	ETc mm	Agua aplicada m³ ha⁻¹				Agua aplicada como fracción de ETc			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
2007/08	116,	826,	5,32	8,35	9,258	11,96	0,64	1,01	1,1	1,45
2008/09	242,	782,	4,59	7,19	8,992	12,09	0,59	0,92	1,1	1,55
2009/10	182,	660,	3,40	5,45	7,413	10,51	0,52	0,83	1,1	1,59
2010/11	141,	728,	3,80	5,99	7,829	10,71	0,52	0,82	1,0	1,47
Promedio	170,	749,	4,28	6,74	8,373	11,32	0,57	0,90	1,1	1,52

CUADRO 5. Precipitación (Pp en mm), evapotranspiración de cultivo (ETc en mm), cantidad total de agua aplicada (m³/ha) y agua aplicada como fracción de la evapotranspiración (ETc) en cada tratamiento de riego durante las temporadas 2007/2008 a 2011/2012 para la variedad Thompson seedless.

Temporada	Pp (mm) mm	ETc (mm) mm	Agua aplicada (m³/ha) m³ ha⁻¹				Agua aplicada como fracción de ETc			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
2007/08	116,	799,	5,27	7,64	9,705	11,79	0,66	0,96	1,2	1,48
2008/09	242,	741,	4,71	6,33	9,387	11,21	0,64	0,86	1,2	1,51
2009/10	182,	658,	3,59	5,75	7,865	10,80	0,55	0,87	1,2	1,64
2010/11	141,	690,	3,99	5,78	8,395	11,49	0,58	0,84	1,2	1,67
2011/12	111,	674,	2,66	3,61	6,171	7,293	0,4	0,54	0,9	1,08
Promedio	158,	712,	4,04	5,82	8,304	10,52	0,57	0,81	1,1	1,48

CUADRO 6. Producción exportable estimada de Flame Seedless en Ton ha⁻¹. Temporadas 2007/2008 a 2010/2011.

Tratamientos	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	Promedio
Ton ha⁻¹					
T1	18,14	18,70	24,35	26,84	22,01
T2	21,29	19,03	25,88	25,30	22,88
T3	24,98	22,68	27,77	28,84	26,07
T4	26,42	20,59	23,59	23,49	23,52

CUADRO 7. Producción exportable estimada en Thompson Seedless. Temporadas 2007/2008 a 2011/2012.

Tratamientos	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	Promedio
Ton ha⁻¹						
T1	23,58	24,24	20,49	18,84	19,80	21,39 b
T2	25,22	26,28	24,40	23,27	20,50	23,93 ab
T3	26,19	28,32	25,69	25,89	21,30	25,47 a
T4	27,92	28,08	26,51	24,53	23,06	26,00 a

el 100% de la ETc, no implicaron aumentos significativos de rendimiento e incluso existió una tendencia a una reducción de los mismos.

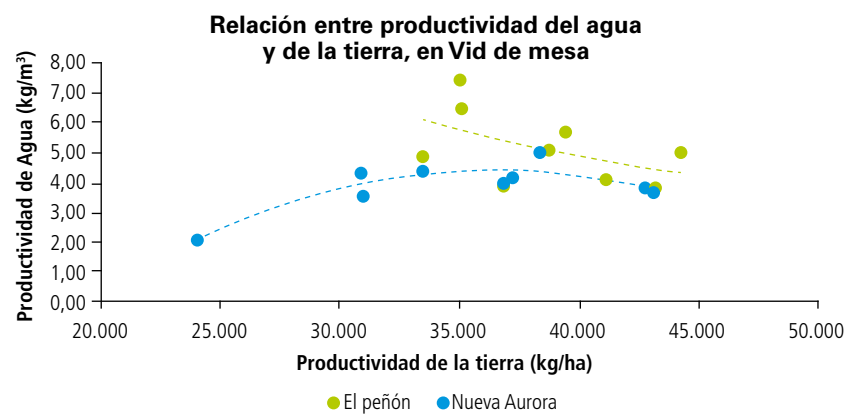
En las Figuras 4 y 5, se presenta la relación entre productividad de la tierra y del agua en los Cuencas de Limarí y Aconcagua, respectivamente. En el ensayo de El Peñón, a mayor rendimiento, menor fue la productividad del agua; mientras que en el ensayo de Nueva Aurora, a menores rendimientos la productividad del agua también fue menor, El punto de estabilización de la curva de relaciones, correspondiente al punto 4,5 kgm⁻³, representa el valor óptimo de productividad del agua, lográndose en tales condiciones una

productividad de la tierra de 35.000 kg ha⁻¹, aproximadamente. En general, el ensayo de El Peñón presentó mayores valores de productividad del agua, que el ensayo de Nueva Aurora.

La literatura señala que incrementos en los volúmenes de agua aplicados tienen como respuesta un aumento en la producción de uva de mesa, pero esta relación no es lineal, puesto que a partir de un determinado porcentaje de la reposición de la demanda hídrica de las plantas (% de ETc), los incrementos de producción son menores frente a cantidades de agua crecientes.

Aplicaciones de agua bajo el 80% de la ETc aumentaron considerablemen-

FIGURA 4. Relación entre Productividad del agua y de la tierra en Vid de Mesa, en la cuenca del Limarí.





ENERGÍA PARA HACER CRECER TU EMPRESA

Te ofrecemos 3 grandes áreas de servicio para que desarrolles tus proyectos de riego de la mejor forma.

- ✓ Construcción y habilitación de pozos.
- ✓ Riego tecnificado y pivotes.
- ✓ Servicio eléctrico integral para tu riego.

Fono: (073) 2222444 - (073) 2634002
www.riegoluz.cl




FIGURA 5. Relación entre Productividad del agua y de la tierra en Vid de Mesa, en la cuenca del Aconcagua.

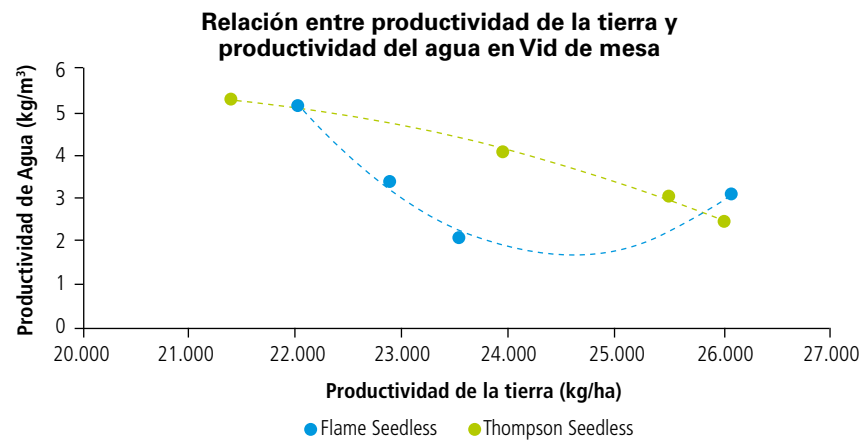
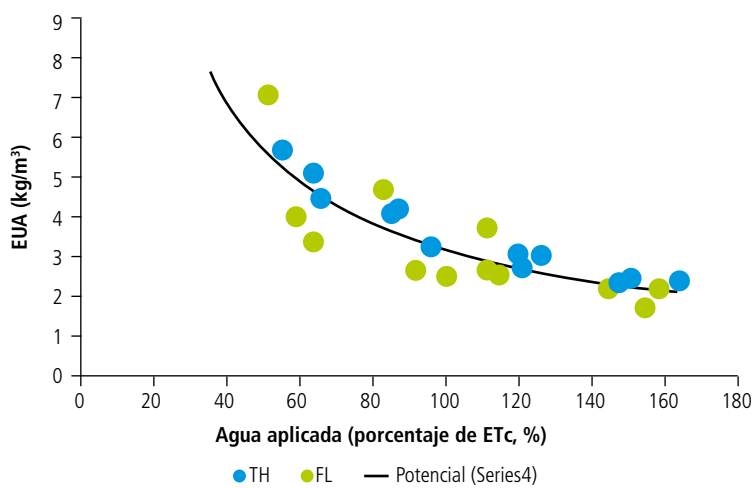


FIGURA 6. Productividad del agua (EUA), expresada como kg de fruta exportable por m³ de agua utilizado (kgm⁻³) en relación al porcentaje de la ETC aplicado en las diferentes temporadas de ensayos en las variedades Thompson Seedless (TH) y, Flame Seedless (FL).



CUADRO 8. Valores de productividad del agua y agua aplicada por unidad de productos, obtenidos en los ensayos evaluados.

Ensayo	Tratamiento	Volumen de agua aplicado	Producción	Productividad del agua aplicada	Agua aplicada por unidad de producto
		m³ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg m ⁻³ aplicado	L kg ⁻¹
Crimson El peñón	T1	10.075	42.891	4,31	235,29
	T2	7.968	38.362	4,92	208,69
	T3	5.651	24.502	6,28	164,38
Crimson Nueva Aurora	T1	11.454	36.666	3,2	336,17
	T2	8.974	35.033	3,9	257,6
	T3	7.455	34.225	4,59	219,22
Flame Seedless Aconcagua	T1	4.284	22.010	5,14	194,6
	T2	6.747	22.880	3,39	294,9
	T3	8.373	26.070	3,11	321,2
	T4	11.320	23.520	2,08	481,3
Thompson Seedless Aconcagua	T1	4.049	21.390	5,28	189,3
	T2	5.837	23.934	4,1	243,9
	T3	8.307	25.476	3,07	326,1
	T4	10.522	26.002	2,47	404,7

te la EUA (Figura 6). Sin embargo, al menos en la variedad Thompson Seedless, disminuyó el calibre de bayas al declinar los aportes de agua. Aplicaciones restringidas de agua, de la misma magnitud, disminuyeron el porcentaje de sombreado del parrón, lo cual aumentó la proporción de fruta con el golpe de sol, provocando amarillamiento de ésta (Sellés et al., 2010).

En uva de mesa no sólo interesa la producción total, sino también la calidad y condición de la fruta. Es decir, el calibre de bayas, su color y firmeza. Frente a restricciones de disponibilidad hídrica que signifiquen aportes de riego inferiores a 80% de la ETC, se propone reducir la superficie regada, concentrándose en los mejores cuarteles del huerto, que aplicar agua restringida a toda la superficie. **Ra**



Válvulas KSB: le ofrecen la mejor relación precio-calidad del mercado

Entre nuestra gran diversidad de modelos disponibles, la válvula de mariposa Boax-B, además de su versatilidad y confiabilidad probada por años en el mercado chileno, reúne las mejores cualidades en su relación precio-calidad, con lo cual ayudamos de mejor manera a satisfacer sus necesidades. Sumando a esto, la garantía que en KSB le entregamos y el gran stock que mantenemos en nuestras bodegas, hacemos que las válvulas KSB sean su mejor opción. Descubra más en www.ksb.cl

Bombas • Válvulas • Servicio



Anexo 2

Material de Talleres y/o Seminarios de Difusión

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN VID DE MESA

Gabriel Selles
Ing. Agrónomo Dr
INIA- La Platina

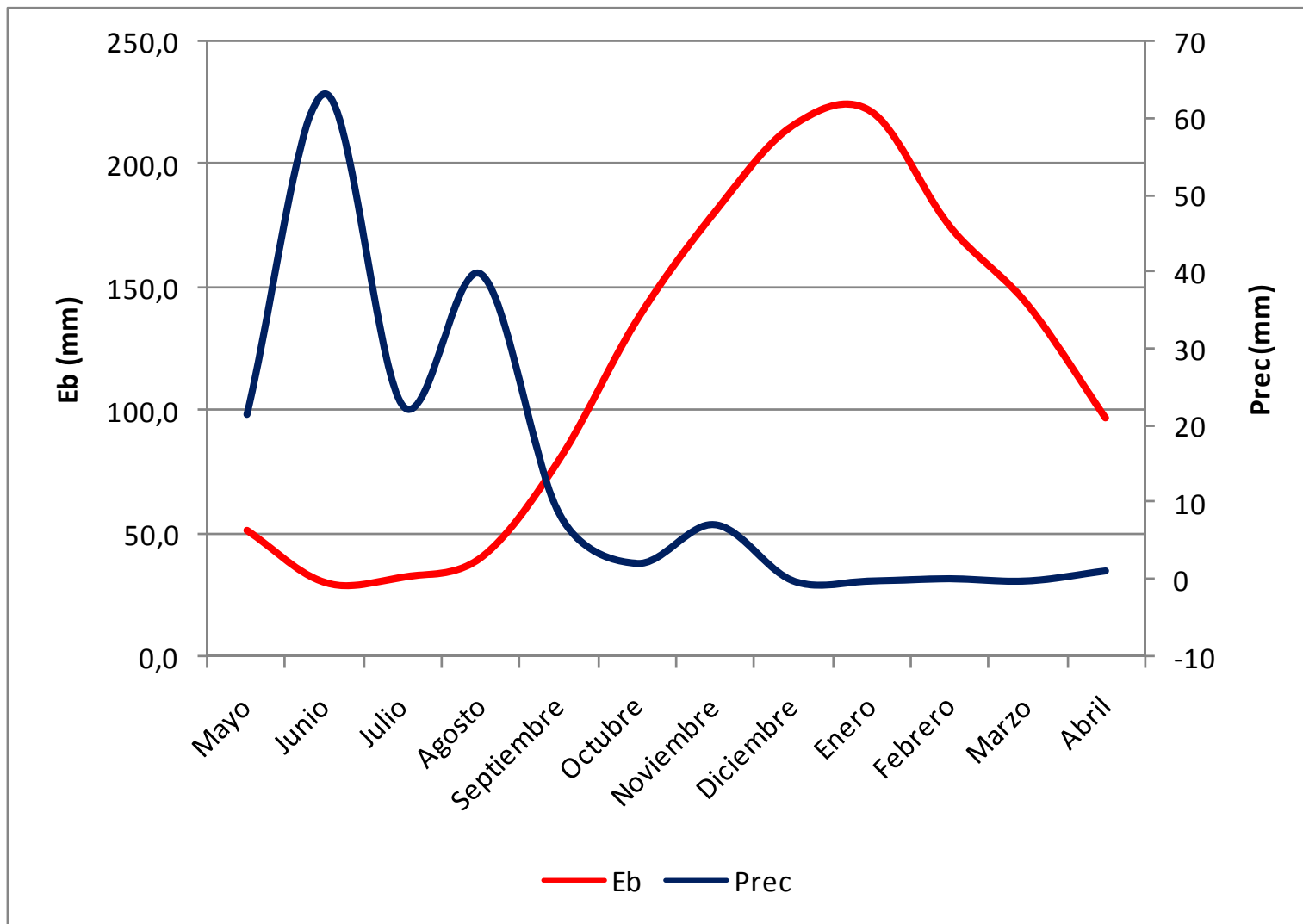


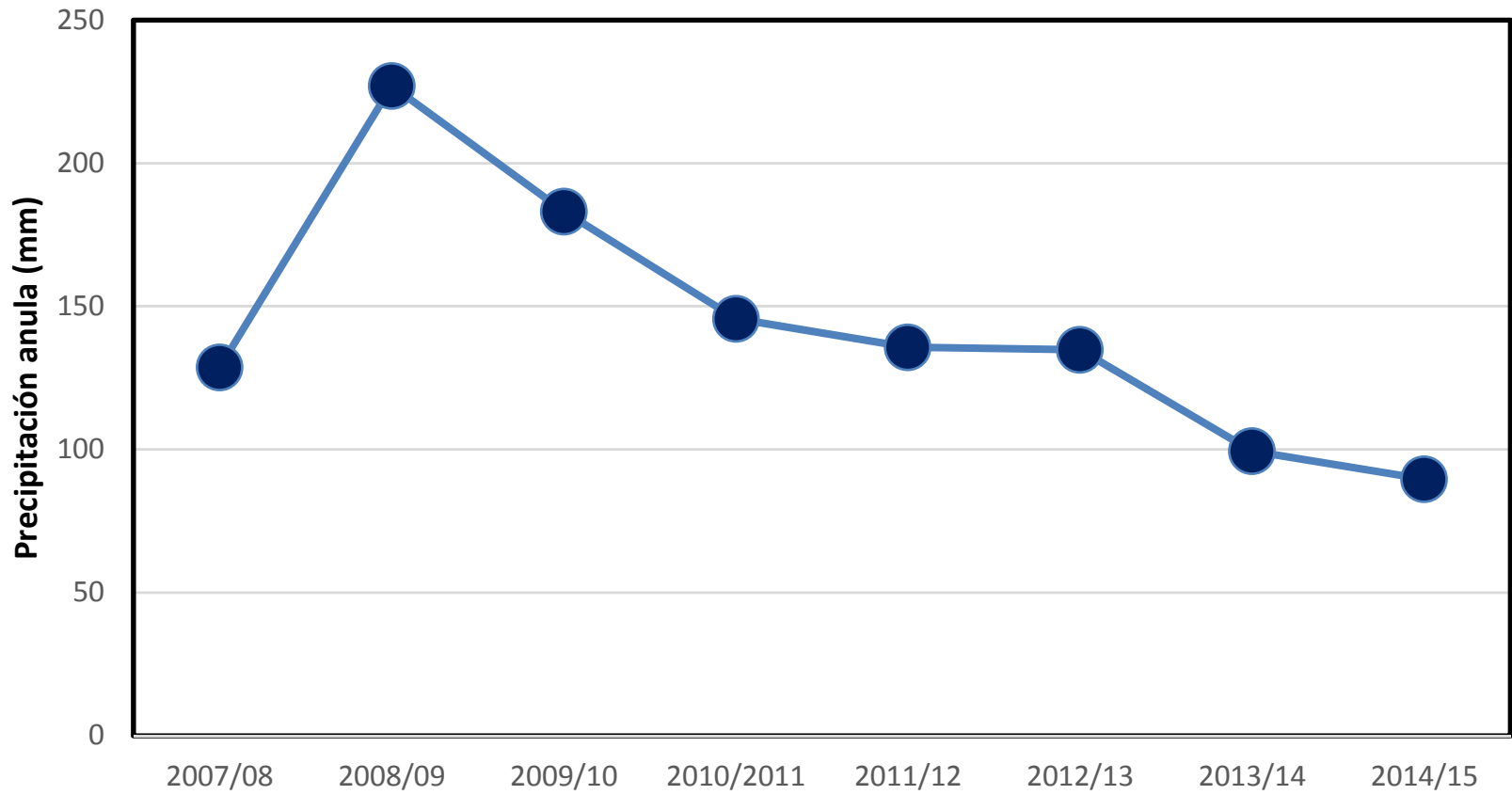
INIA
Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile

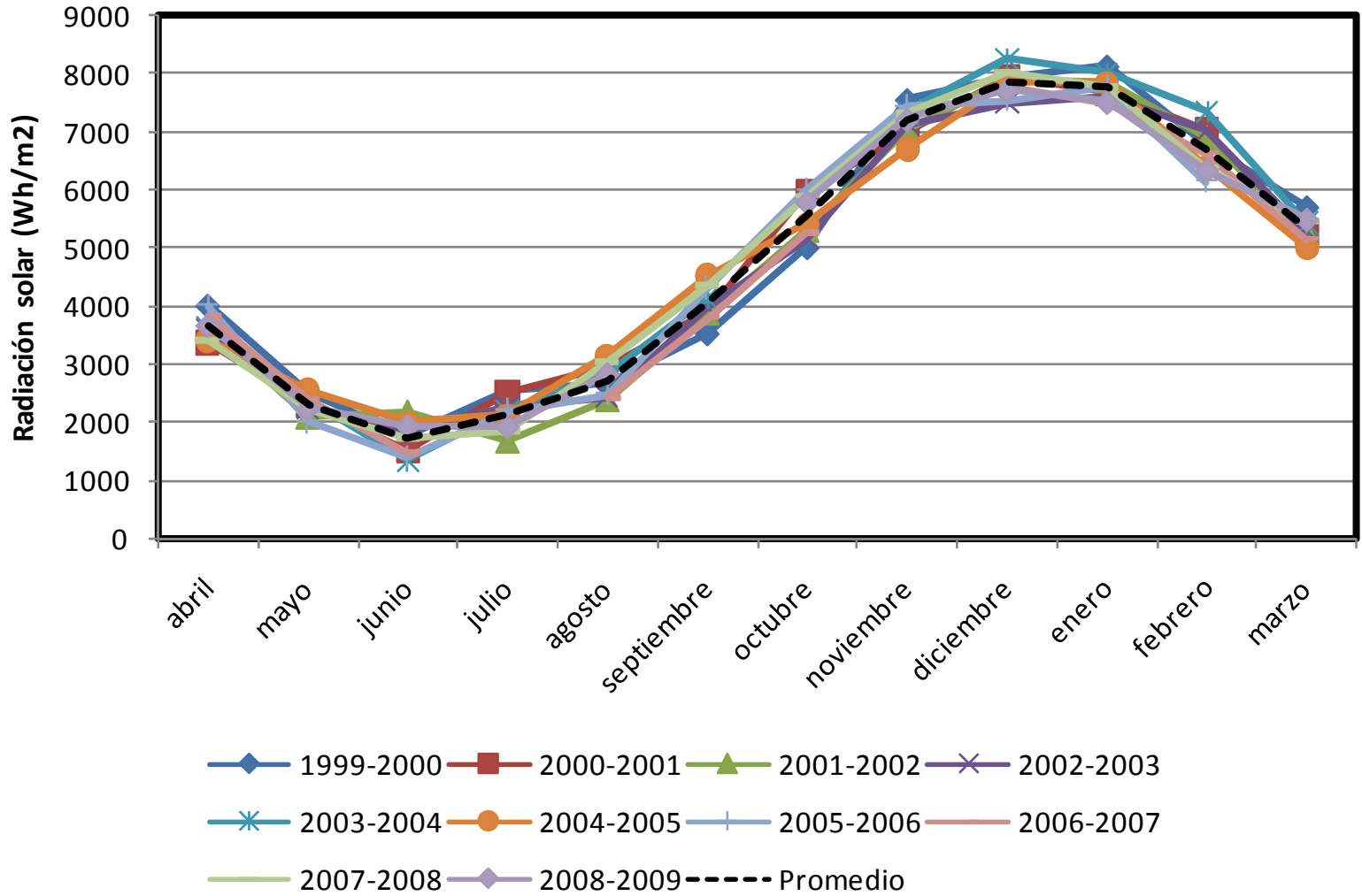


Distribución de precipitaciones y demanda hídrica de la uva de mesa en la zona central





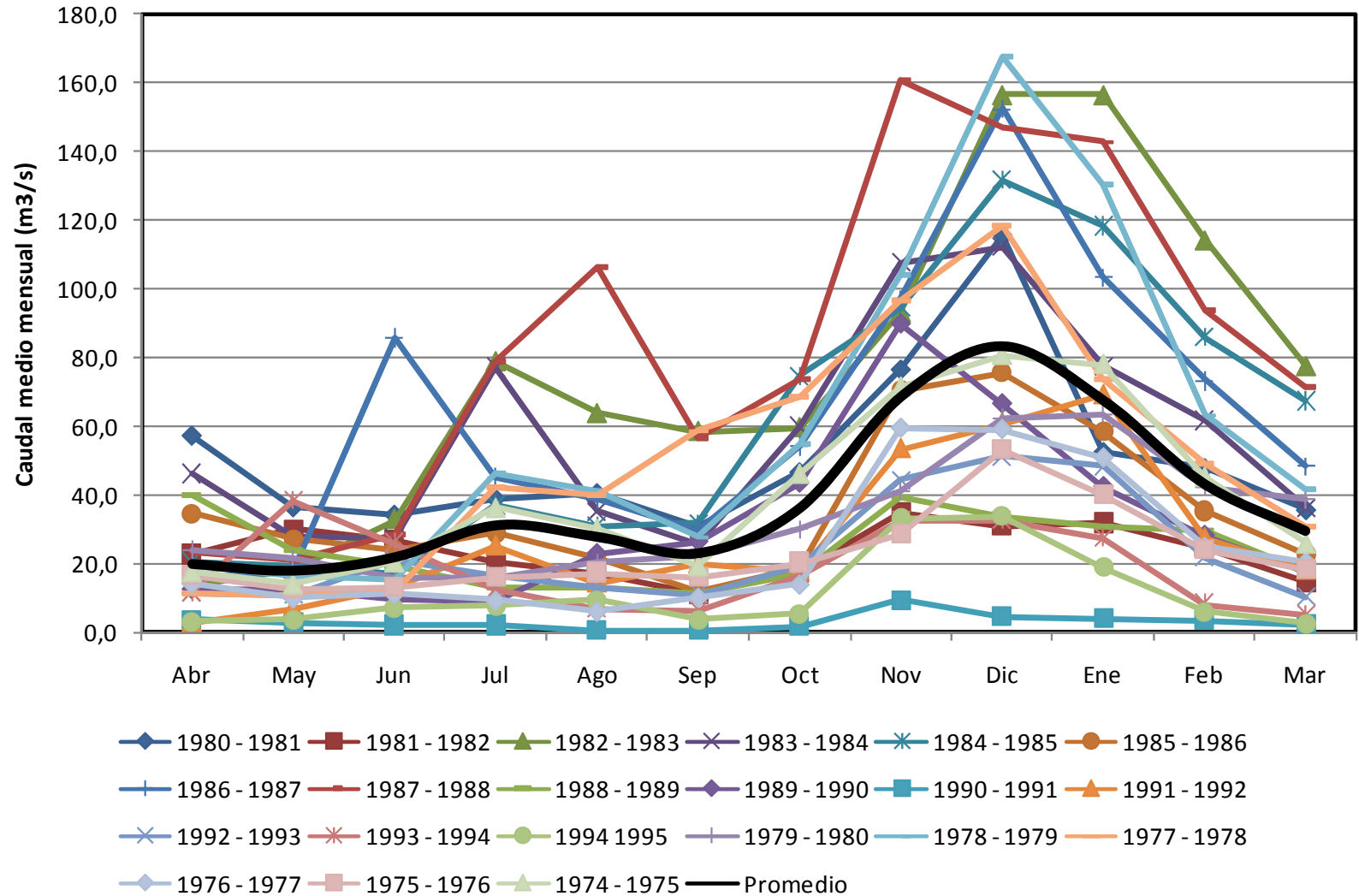
VARIACION INTERANUAL DE LA RADIACION SOLAR



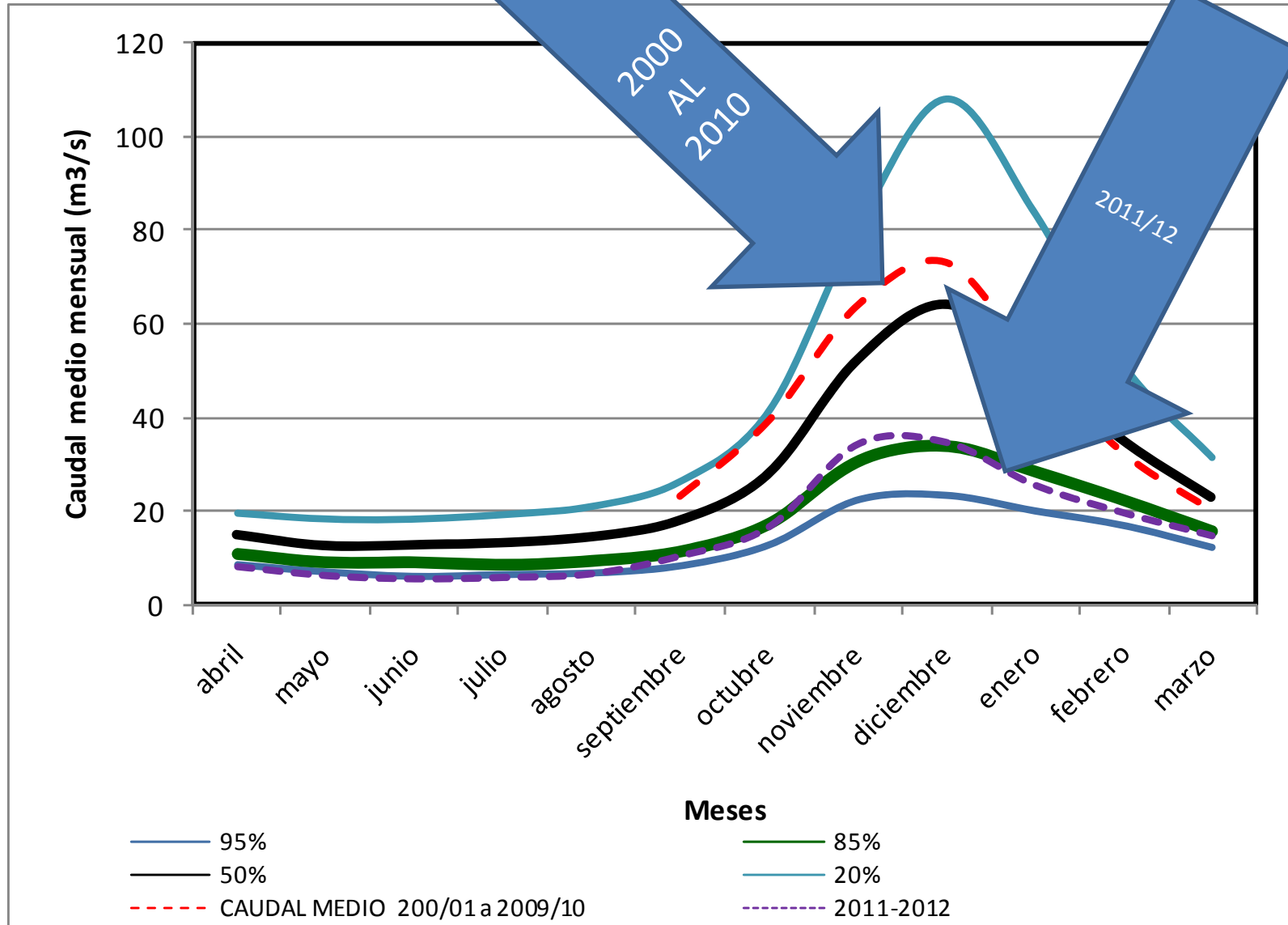
Precipitación histórica y de los últimas 6 temporadas en Aconcagua (Estación San Felipe)

Mes	Precipitaciones (mm)						2014/15
	prom.hist	2009/10	2010/2011	2011/12	2012/13	2013/14	
MAY	49.2	0.9	40	0.3	34.5	58.3	8.5
JUN	58.5	89	54.7	52.7	42.5	18.2	51.4
JUL	49	13	25.3	38	2	0	7.6
AG	41	69.8	4.7	16	21	17.1	22.2
SEP	18	10.4	17.1	4.2	0.4	1.5	-
OCT	11	0	2.5	0	34.4	0	-
NOV	6.4	0	0	0	0	4.4	-
DIC	4.5	0	0	0	0	0	-
ENE	3.7	0	0	0	0	0	-
FEB	4	0	1.4	0	0	0	-
MAR	6.1	0	0	0	0	0	-
ABR	14.3	0	0	24.5	0	0	-
Prec.total	265.7	183.1	145.7	135.7	134.8	99.5	89.7
EB (mm)		1418.4	1367.6	1348.4	1548.1	1570.5	

Variación interanual del caudal medio mensual del río Aconcagua (1ª sección)



Caudal del río Aconcagua para diferentes probabilidades de ocurrencia, PO (Aconcagua Macabuquito, 1ª sección)



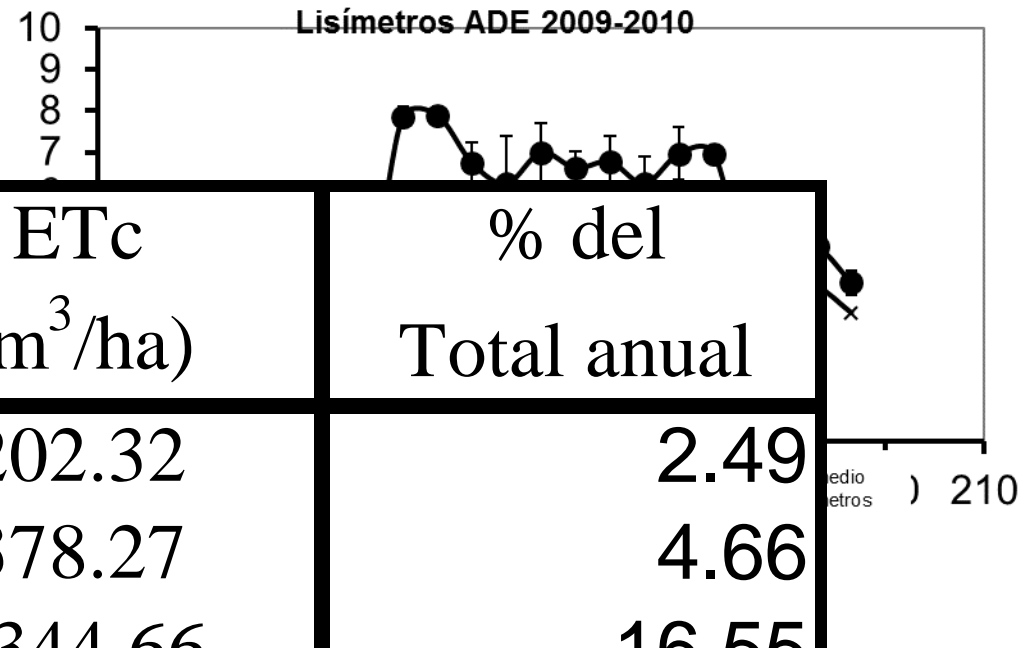
RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO (RDC)

- **Esta técnica consiste en aplicar agua al cultivo en una cantidad inferior a su demanda , sin afectar en forma significativa los rendimientos y la calidad del producto final.**

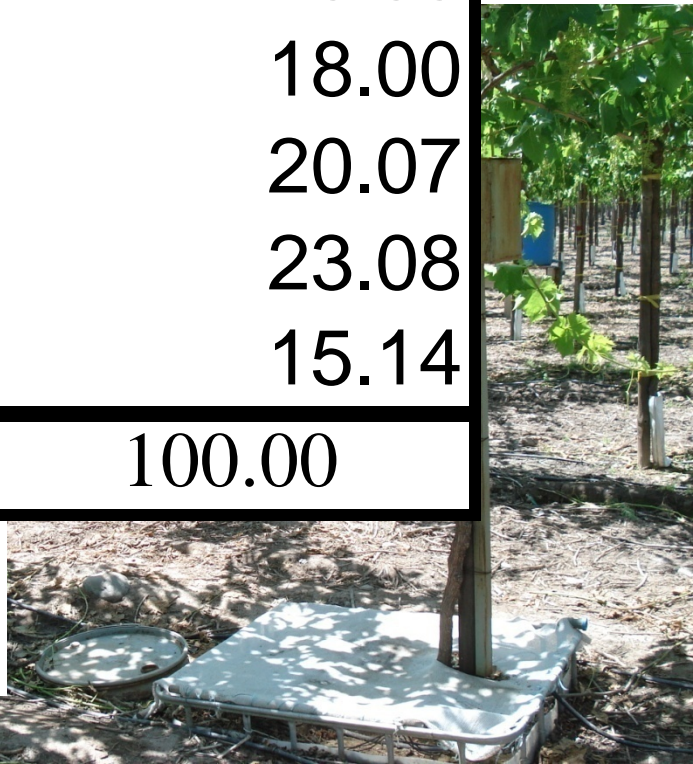
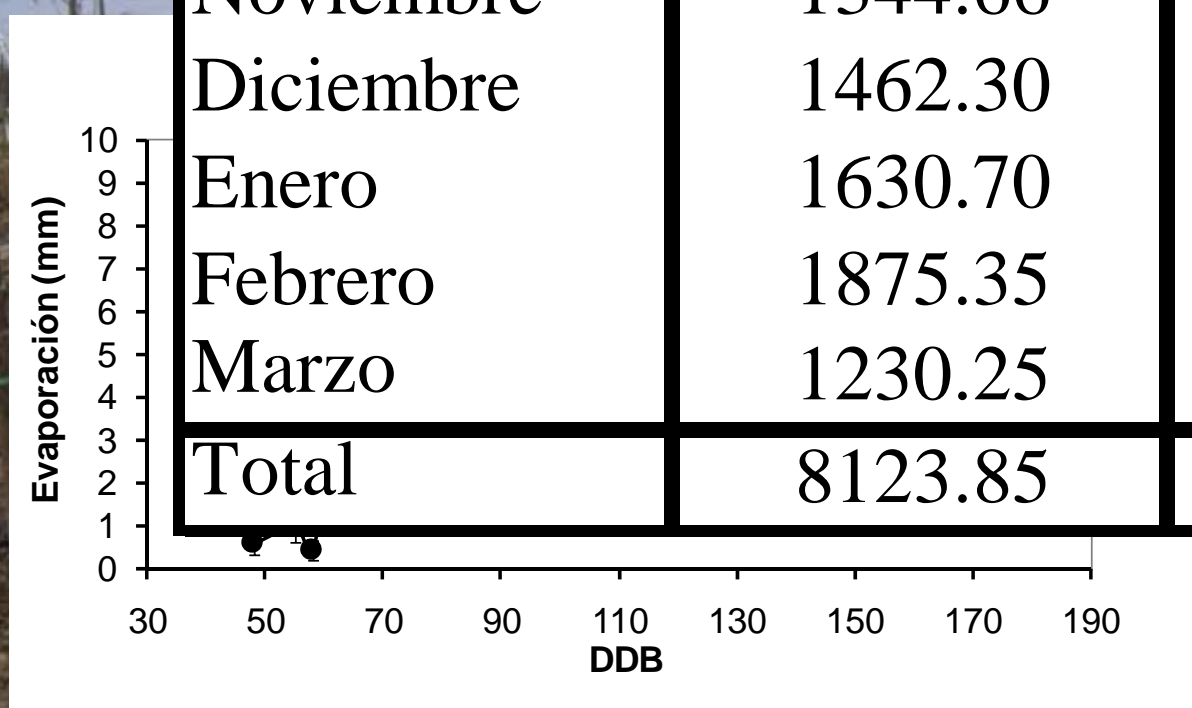
PREGUNTAS

- CUAL ES LA DEMANDA DE AGUA DE LA UVA DE MESA?
- CUAL ES LA CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA DEL SUELO ?
- CUAL ES EL UMBRAL DE RIEGO(AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE DEL SUELO)
- CUAL ES AREA DE SUELO MOJADO (1 o 2 líneas de riego?)
- RESPUESTA DE LA UVA DE MESA FRENTE A ESTRÉS HIDRICO

**¿CUAL ES LA DEMANDA DE
AGUA DE LA UVA DE MESA?**

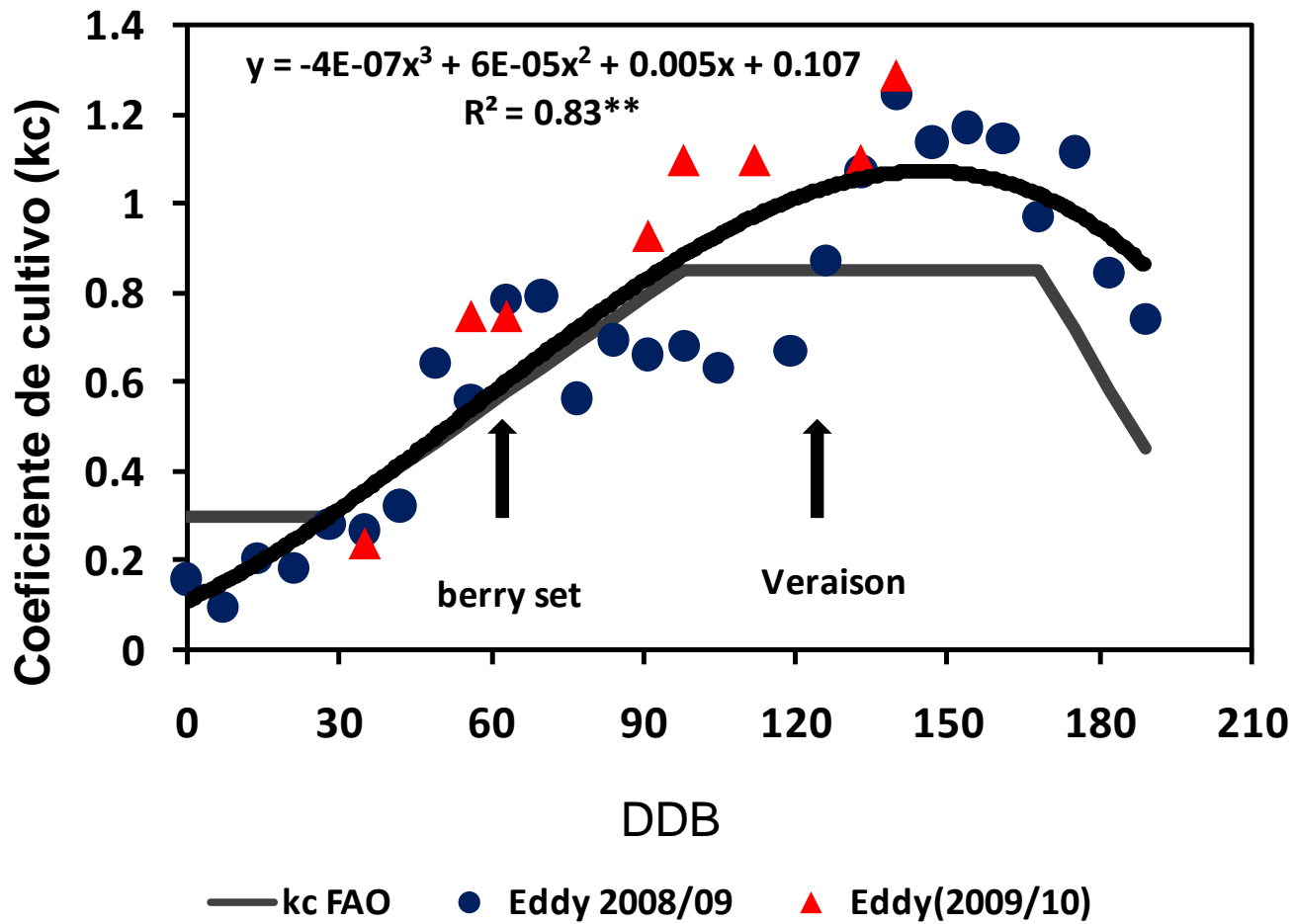


Mes	ETc (m ³ /ha)	% del Total anual
Septiembre	202.32	2.49
Octubre	378.27	4.66
Noviembre	1344.66	16.55
Diciembre	1462.30	18.00
Enero	1630.70	20.07
Febrero	1875.35	23.08
Marzo	1230.25	15.14
Total	8123.85	100.00



CUANTA AGUA CONSUME UN
PARRONAL

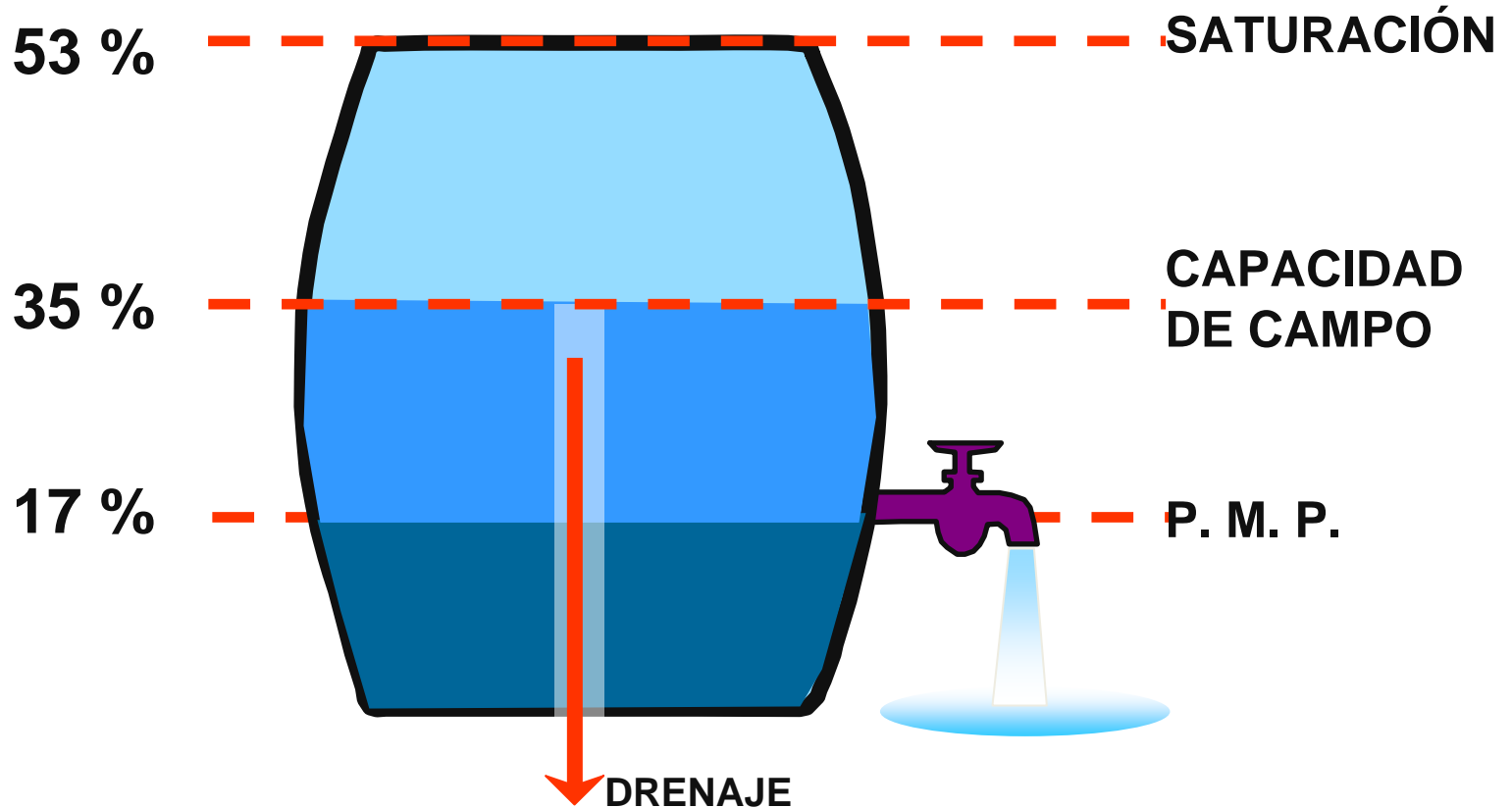
$$ET_c = ET_o * K_c$$



02/11/2009

**¿CUAL ES LA CAPACIDAD DE
RETENCION DE AGUA DEL
SUELO?**

EL ESTANQUE SUELO



AGUA = GRAVITACIONAL DISPONIBLE NO DISPONIBLE

Textura	Porosidad Total (%)	Densidad Aparente (Da)(g/cc)	Capacidad de campo CC	Punto de Marchitez Permanente PMP	CR (mm de agua/m suelo)
Arenoso	38 (32 – 42)	1.65 (1.55– 1.80)	9 (6 – 12)	4 (2 – 6)	80 (60 – 100)
Franco Arenoso	43 (40 – 47)	1.50 (1.40– 1.60)	14 (10 – 18)	6 (4 – 8)	120 (90 – 150)
Franco	47 (43 – 49)	1.40 (1.35– 1.50)	22 (18 – 26)	10 (8 – 12)	170 (140– 200)
Franco Arcilloso	49 (47 – 51)	1.35 (1.30– 1.40)	27 (23– 31)	13 (11– 15)	190 (160– 220)
Arcillo Arenoso	51 (49 – 53)	1.30 (1.25– 1.35)	31 (27– 35)	15 (14– 16)	210 (180– 230)
Arcilloso	53 (51 – 55)	1.25 (1.20– 1.30)	35 (31 – 39)	17 (15 – 19)	230 (200 – 250)

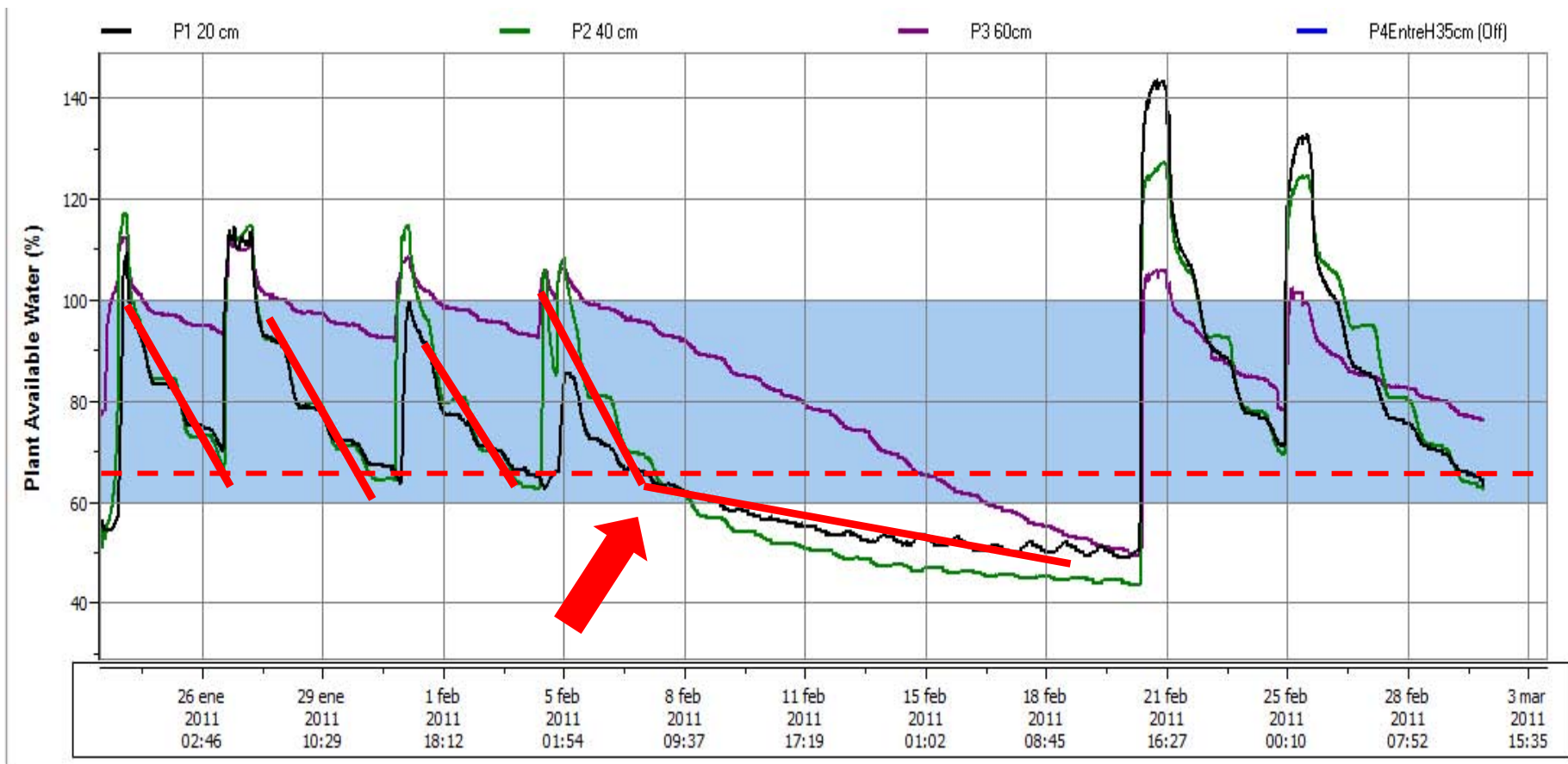
¿CUAL ES EL UMBRAL DE RIEGO?

(AGOTAMIENTO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE DEL SUELO)

UMBRAL DE RIEGO

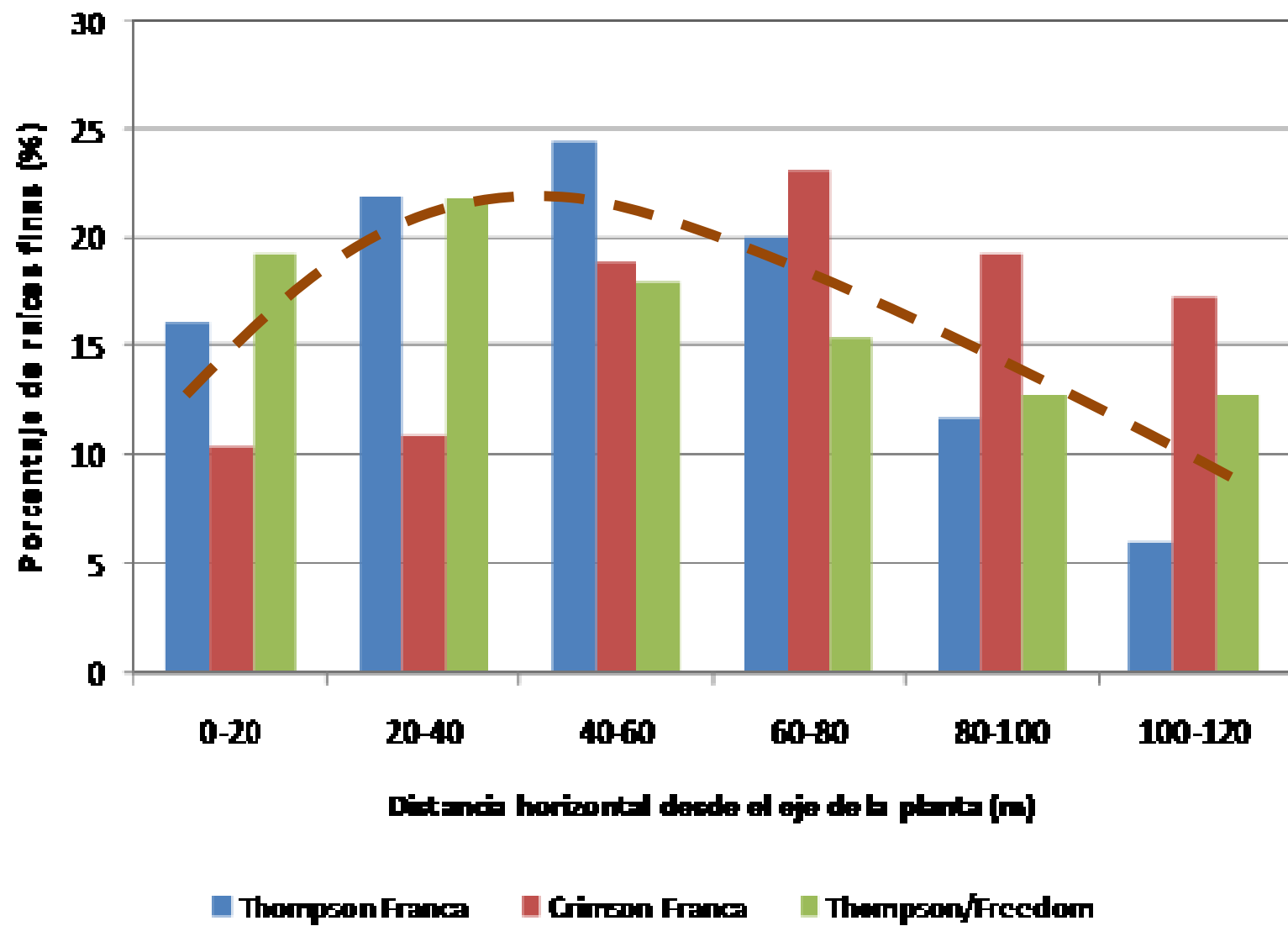


DETERMINACIÓN DE UMBRA DE RIEGO EN THOMSON S., UTILIZANDO SONDA CONTINUA DE HUMEDAD DE SUELO



**¿CUAL ES AREA DE SUELO
MOJADO?**

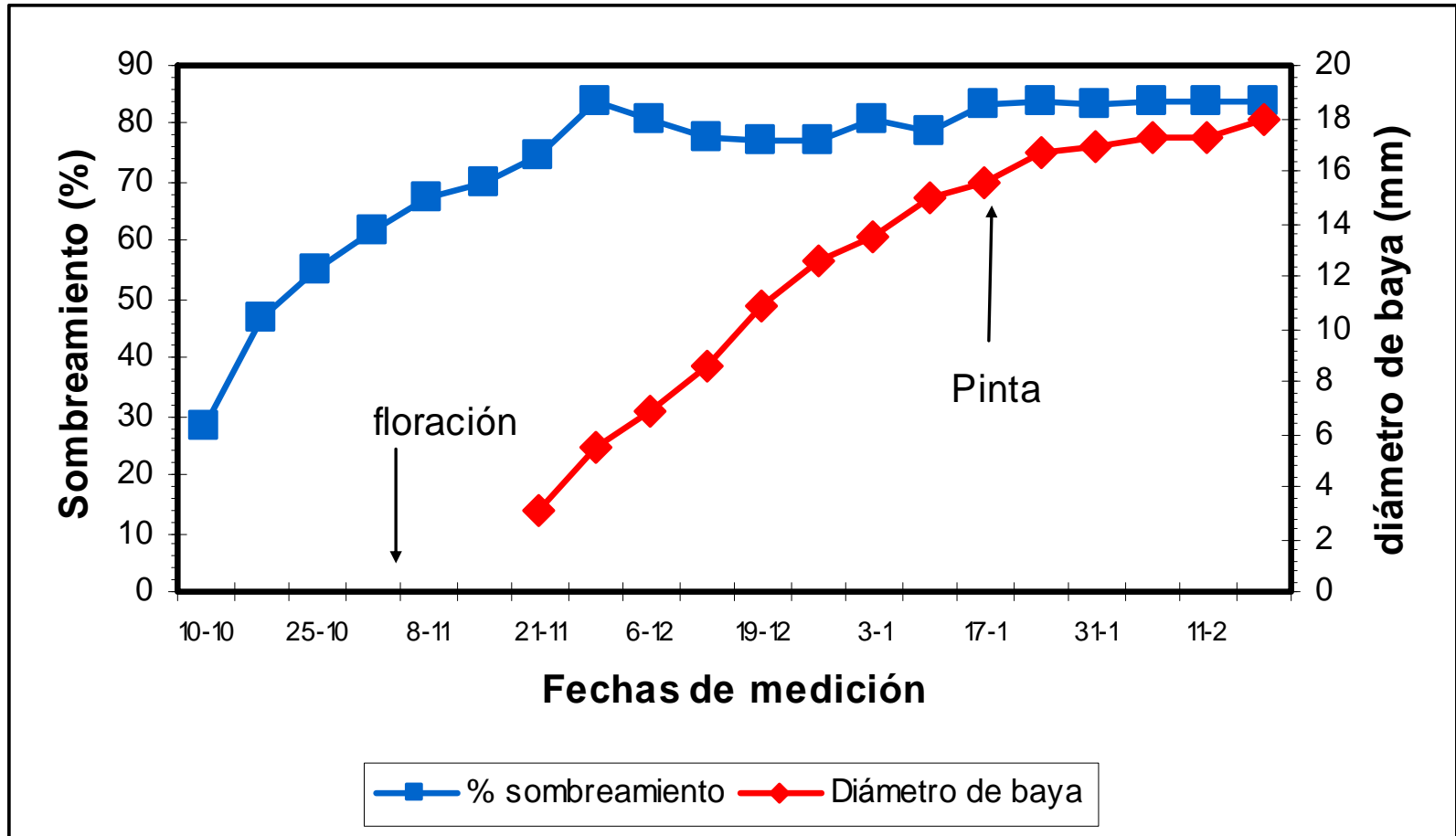
¿1 o 2 líneas de riego?

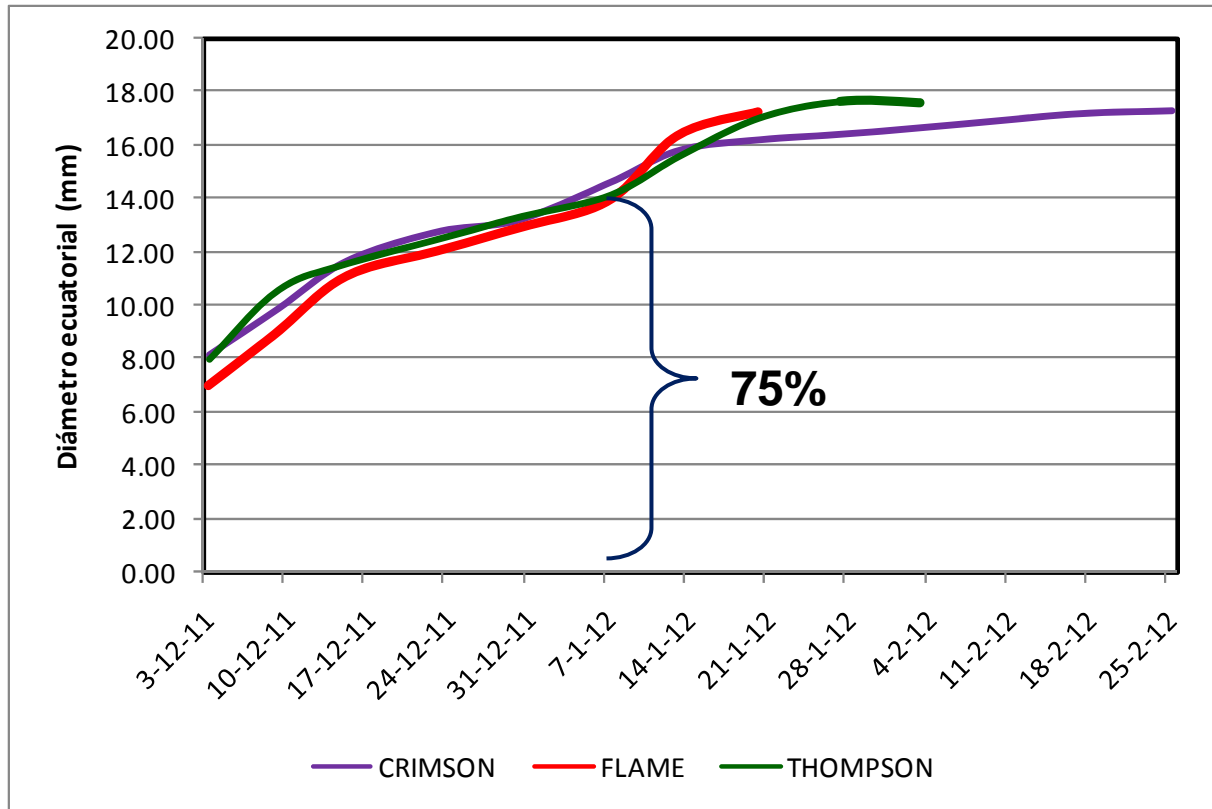




RESPUESTA FRENTE A RIEGO DEFICITARIO

Crecimiento de brote y del fruto en vid cv. Crimson Seedless Aconcagua

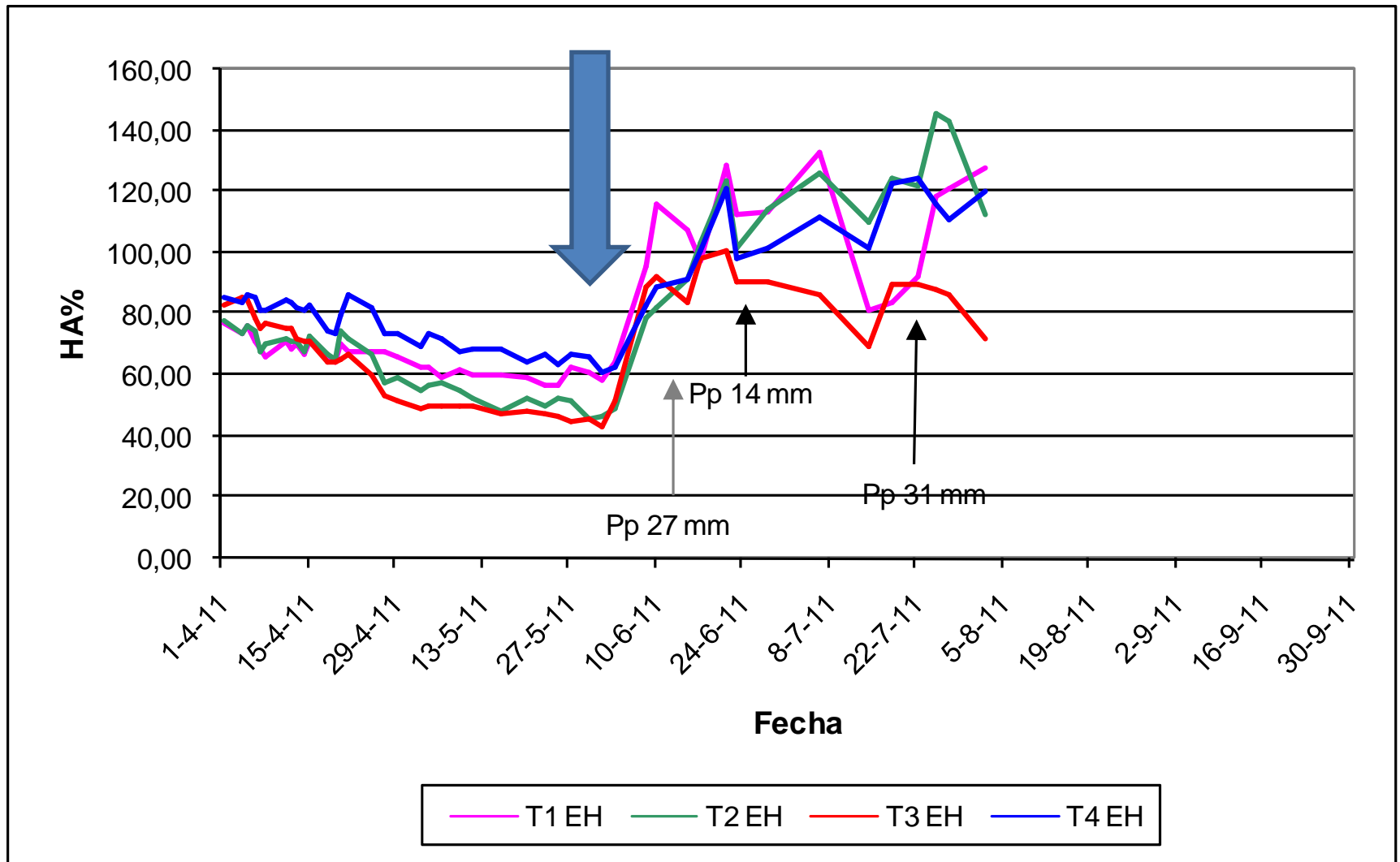




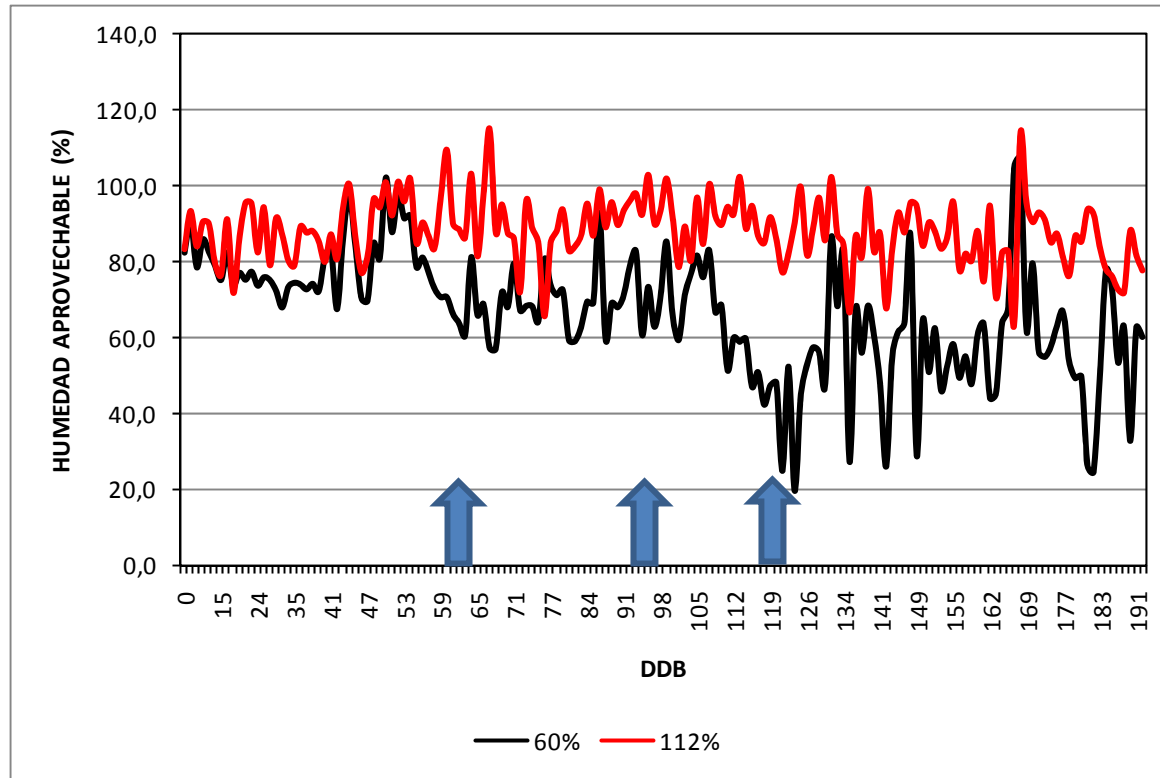
CRECIMIENTO DE BAYAS TRES VARIEDADES (Valle de Aconcagua)

	CR	FL	TH
Cuaja	08-nov	13-nov	16-nov
Pinta	31-ene	25-dic	11-ene
Cosecha	02-mar	15-feb	10-feb

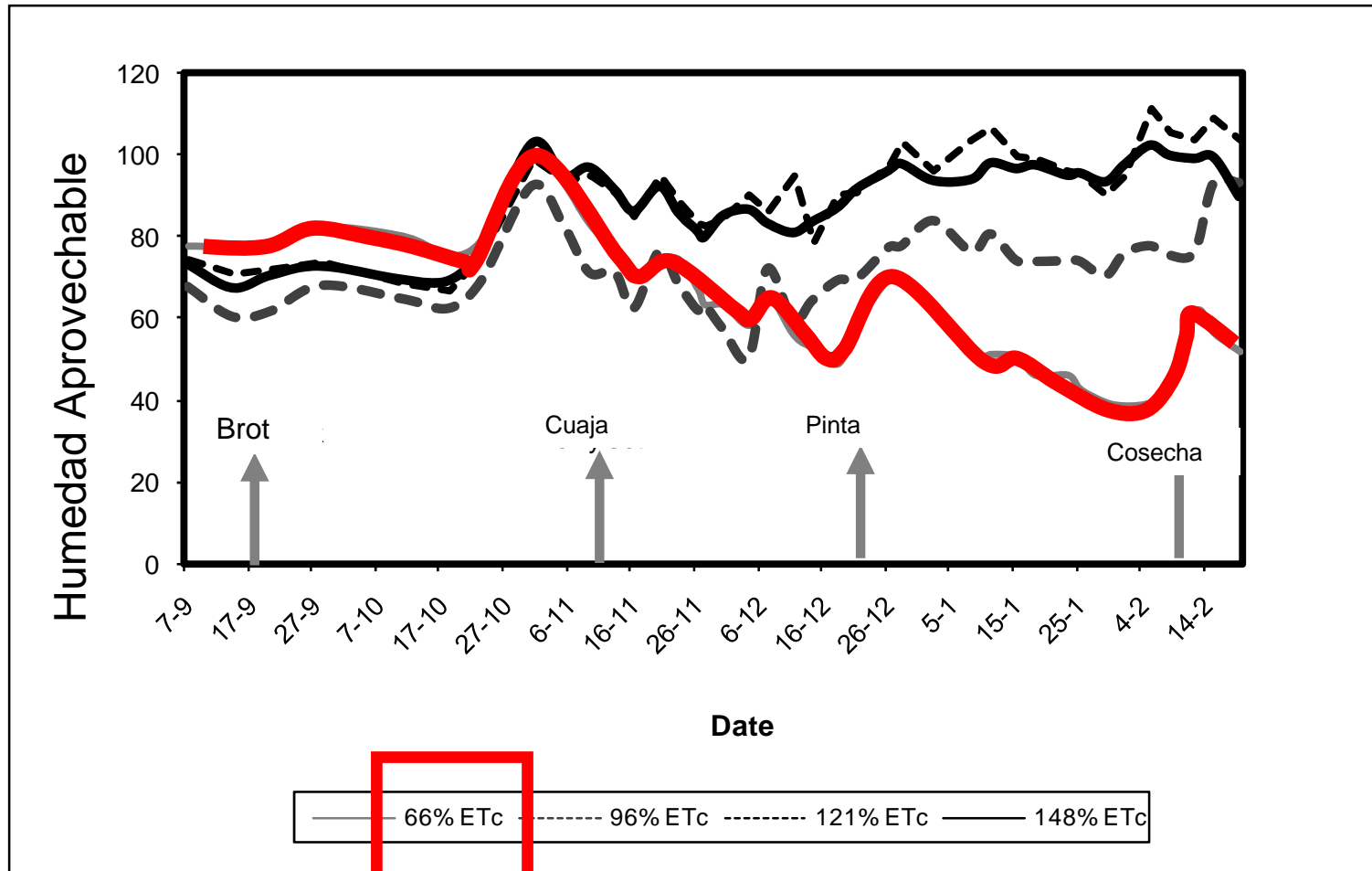
DEJAR EN INVIERNO EL ESTANQUE LLENO LLUVIA, sino RIEGO ¡¡¡¡¡



Flame



THOMPSON



ENSAYOS DE APLICACIONES DE AGUA EN UVA DE MESA (Valle de Aconcagua)

CRIMSON(Franco)

- 100 % ETc.
- 75% ETc.
- 50% ETc
- 30% + 75% ETc

AGRICOLA CABRINI HNOS
FUNDO EL SILO

THOMPSON Y FLAME(Freedom)

- 140% ETc
- 120% ETc
- 90% ETc
- 60% ETc

AGRICOLA EL MAITENAL
FUNDO SANTA ELIANA

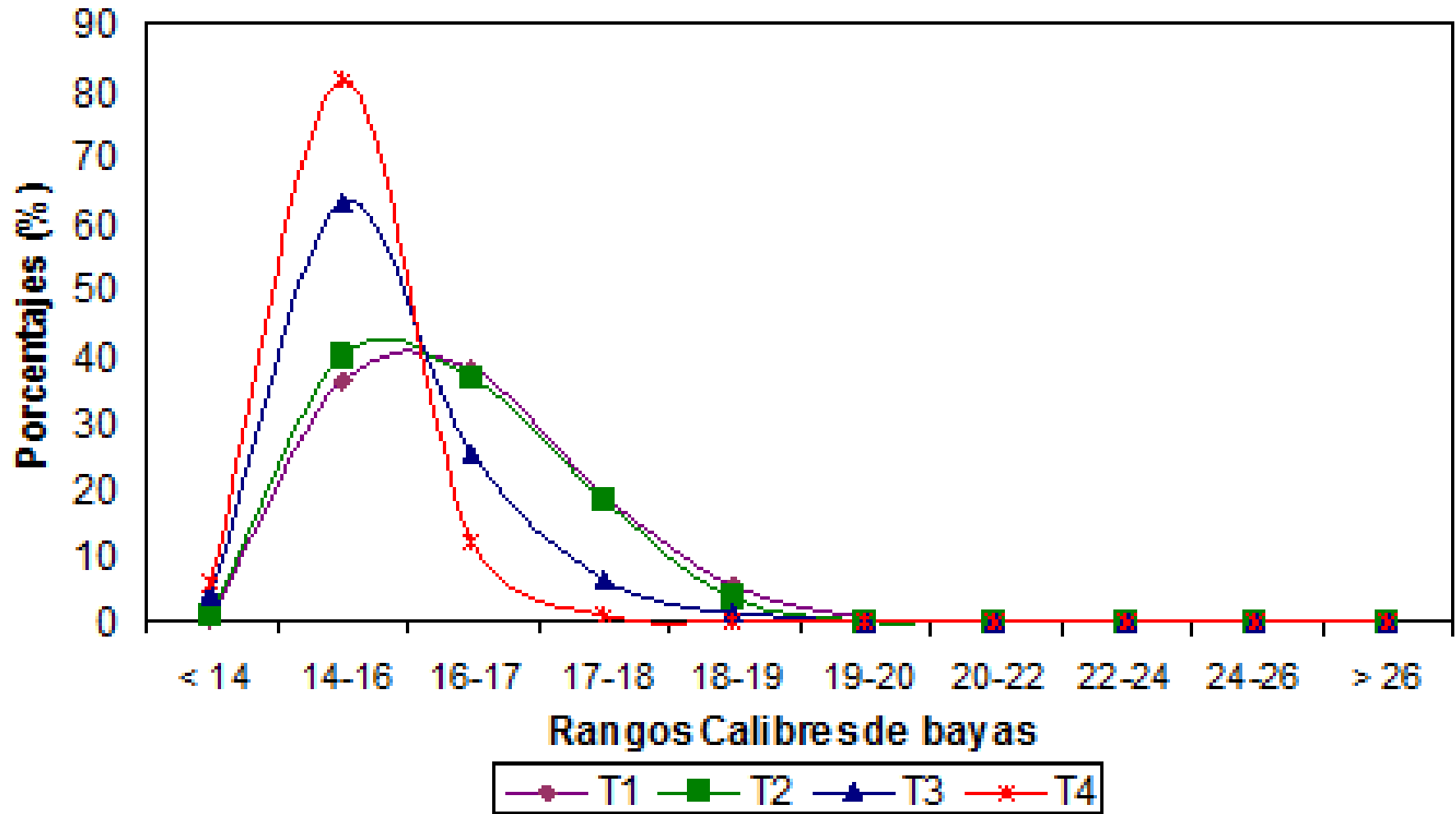


CRIMSON SEEDLESS

Respuesta de Crimson S.

Tratamientos		Producción exportable (T/ha)			
(m3/ha)	Tratamientos	2002/2003	2003/2004	2004/2005	PROMEDIO
8,500	100%	17,14 a	24,14,0 a	25,02 a	22,1 a
6,381	75%	18,77. a	21, 44 ab	23,29 a	21,17 a
4,146	50%	16,4 a	19,35 bc	17,35 b	17,7b
5,587	30+75	10,66 a	16,21,0 c	8,83 b	11,9 c
	Prec. (mm)	446	119	160	

2003/04



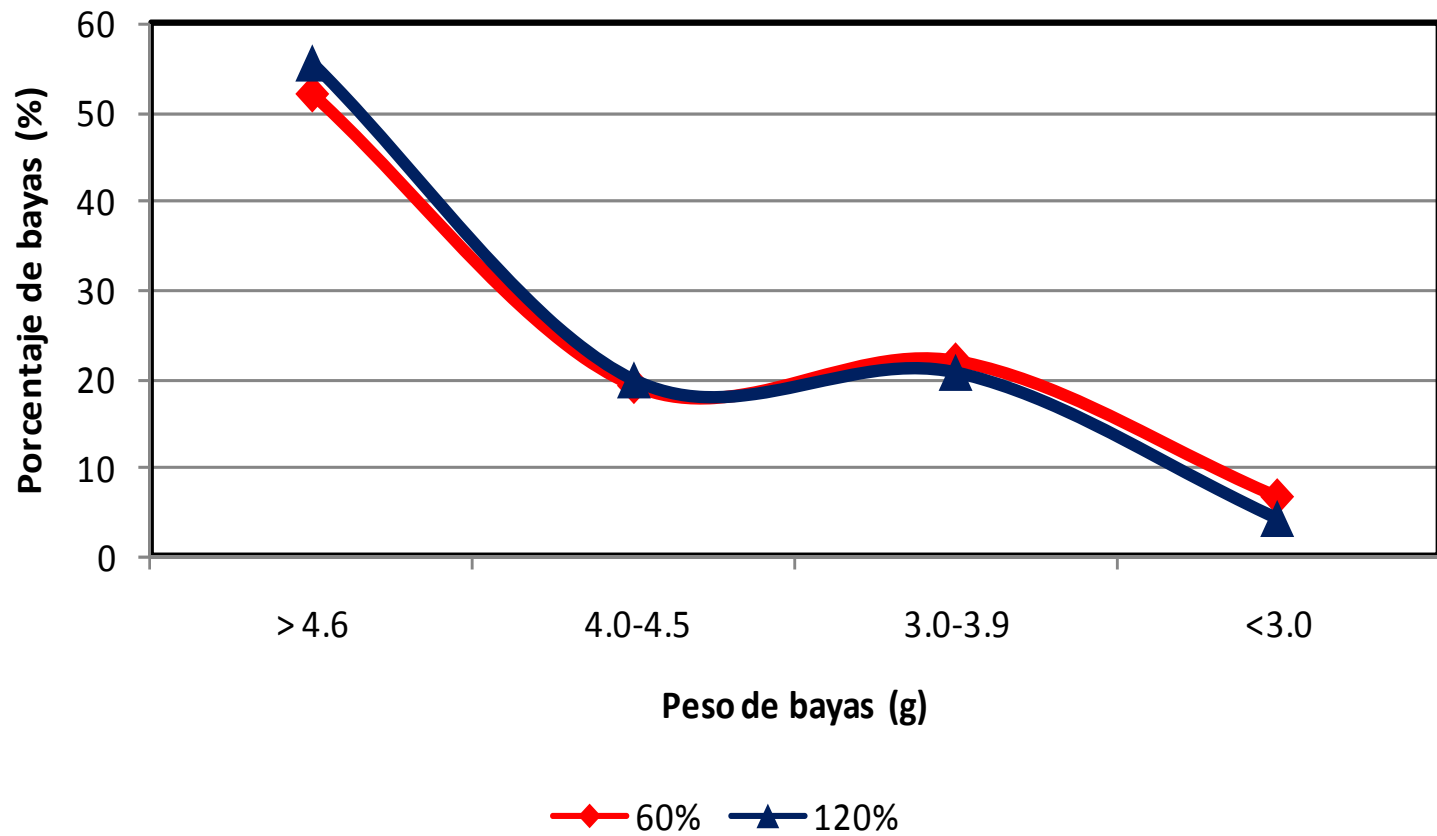


FLAME SEEDLESS

Respuesta de Flame S./Freedom

Trat.		Producción exportable (T/ha)				
m3/ha	% ETc	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	PROMEDIO
4262	60%	18.14 b	18.7 a	24.35 a	26.84 a	22.01 a
6747	90%	21.21 ab	19.03 a	25.88 a	25.2 a	22.87 a
8373	120%	24.98 ab	22.68 a	27.77 a	28.84 a	26.06 a
11321	150%	26.42 a	20.59 a	23.59 a	23.49 a	23.52 a
	pp (mm)	116	243	182	142	

Distribución de calibre Flame S. (4 temporadas)



Porcentaje de partiduras

Tratamientos	Bayas Partidas Porcentaje bayas /racimo			
	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11
60%	21.5 a	12.44 a	9.34 a	10.93 a
90%	15.45 ab	9.01 a	5.93 a	8.31 a
112%	6.22 b	5.91 a	7.26 a	9.73 a
150%	8.58 ab	10.12 a	5.26 a	7.69 a

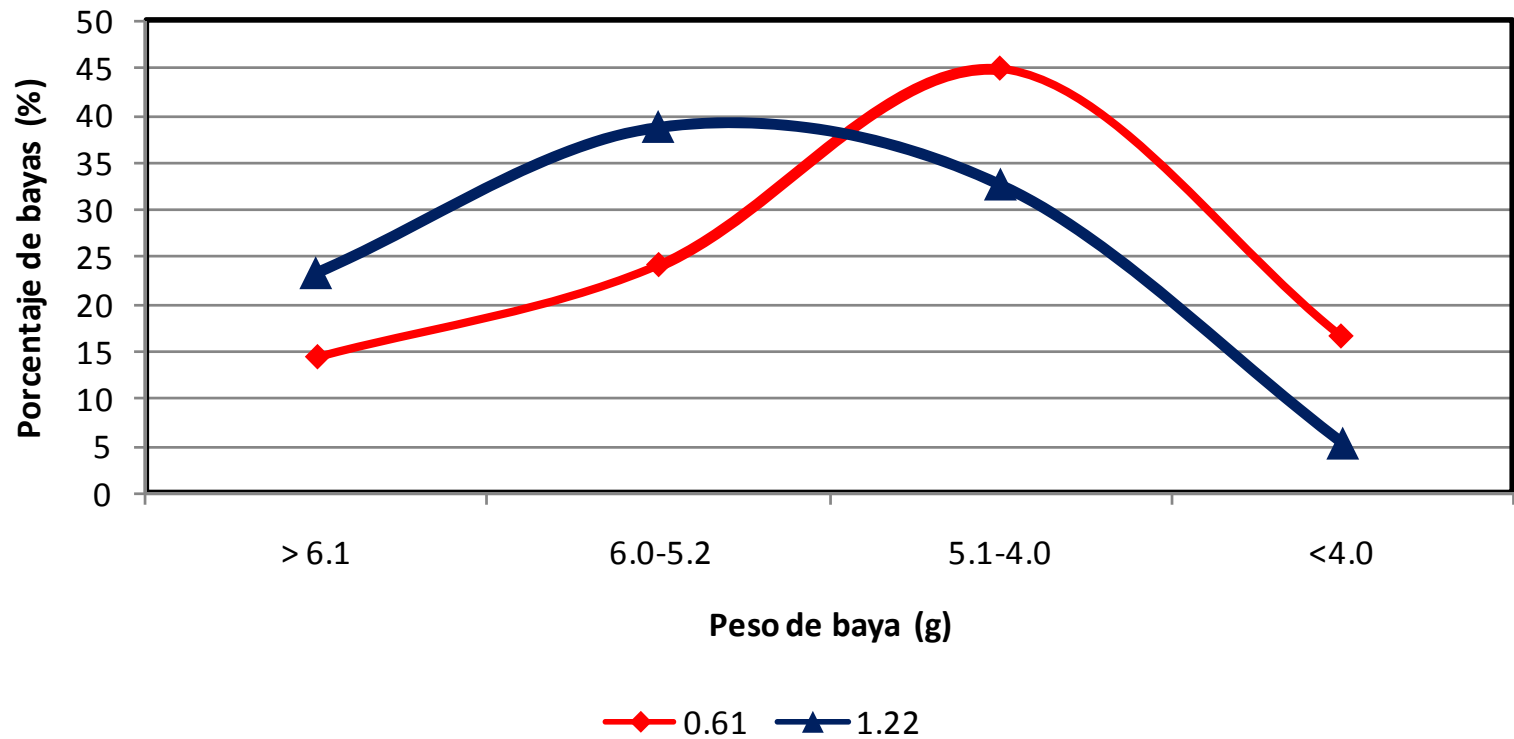


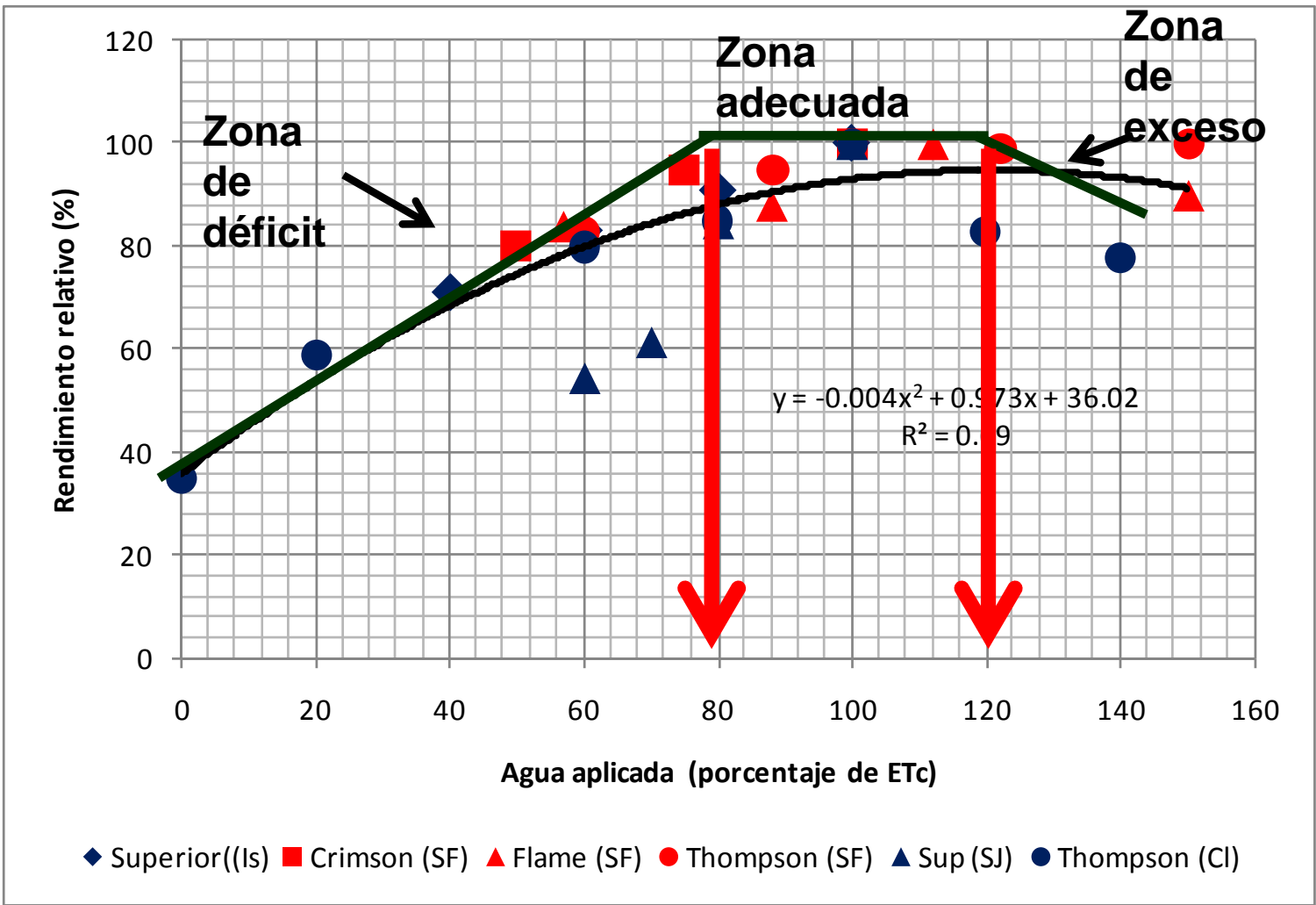
THOMPSON SEEDLESS

Respuesta de Thompson S./Freedom

Tratamientos		Producción exportable (T/ha)				
m3/ha	%ETc	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	PROMEDIO
4396	60%	23.73 b	24.24 b	20.49 b	18.84 a	21.8 b
6393	90%	25.22 ab	26.31 ab	24.40 ab	23.27 a	24.8 ab
8841	120%	26.40 a	28.35 a	24.03 ab	25.89 a	26.17 a
11329	150%	27.92 a	28.1 a	25.74 a	23.12 a	26.22 a
	pp (mm)	116	243	182	142	

Distribución de calibres Thompson S. (4 temporadas)

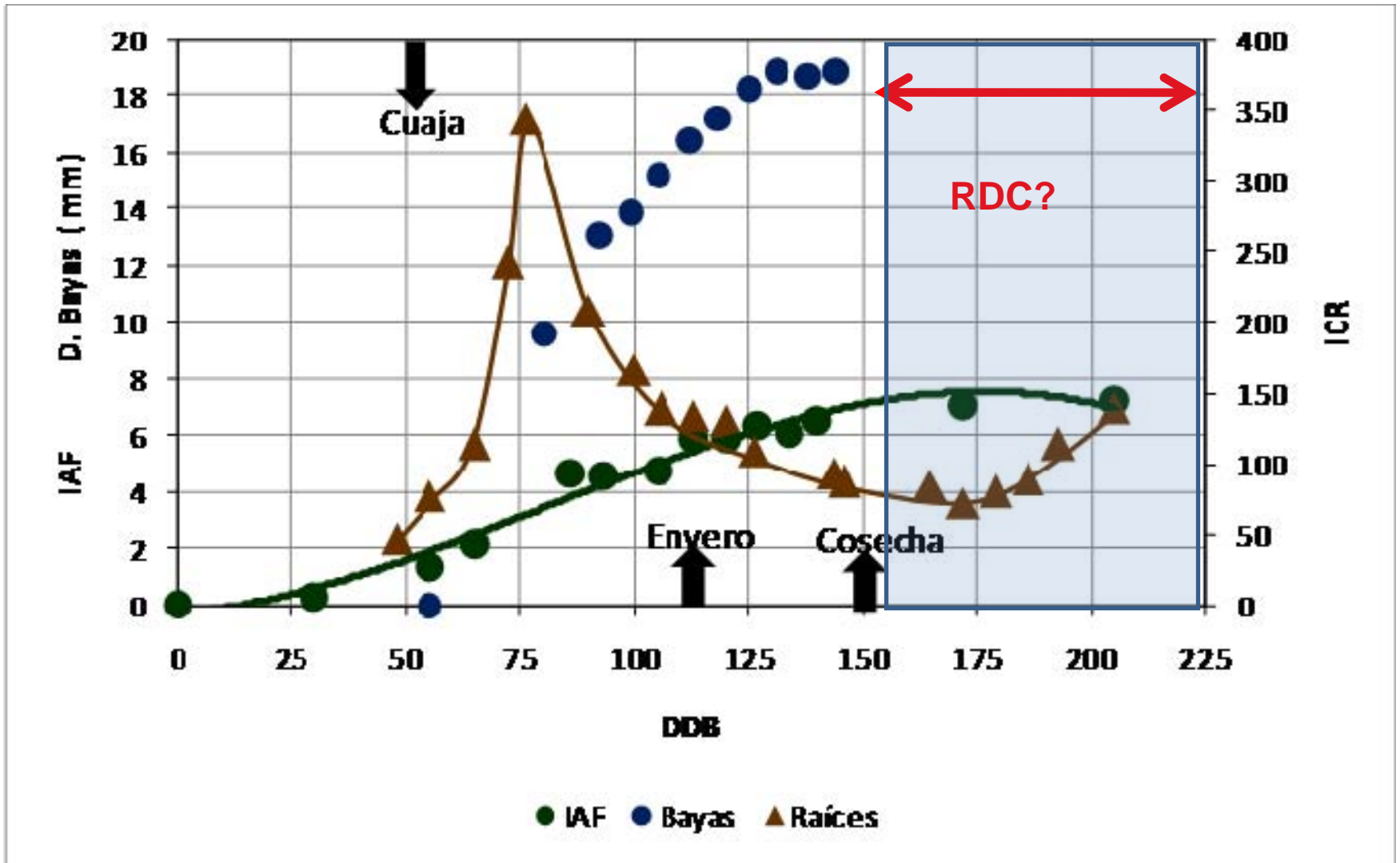




Superior (Is) , Israel, promedio 5 años
 Crimson, (SF) Aconcagua, promedio 3 años
 Thomson, (SF) Aconcagua, promedio 4 años
 Flame, (SF) Aconcagua, promedio de 4 años
 Superior (SJ), San Juan, 1 año
 Thompson (Cal) , promedio 4 años

Suelos FA
 Etc Israel 1200 mm; pp 350 mm
 Etc Aconcagua 923 mm; pp 170 mm
 Etc California, 800 mm, pp 270 mm

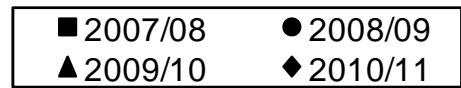
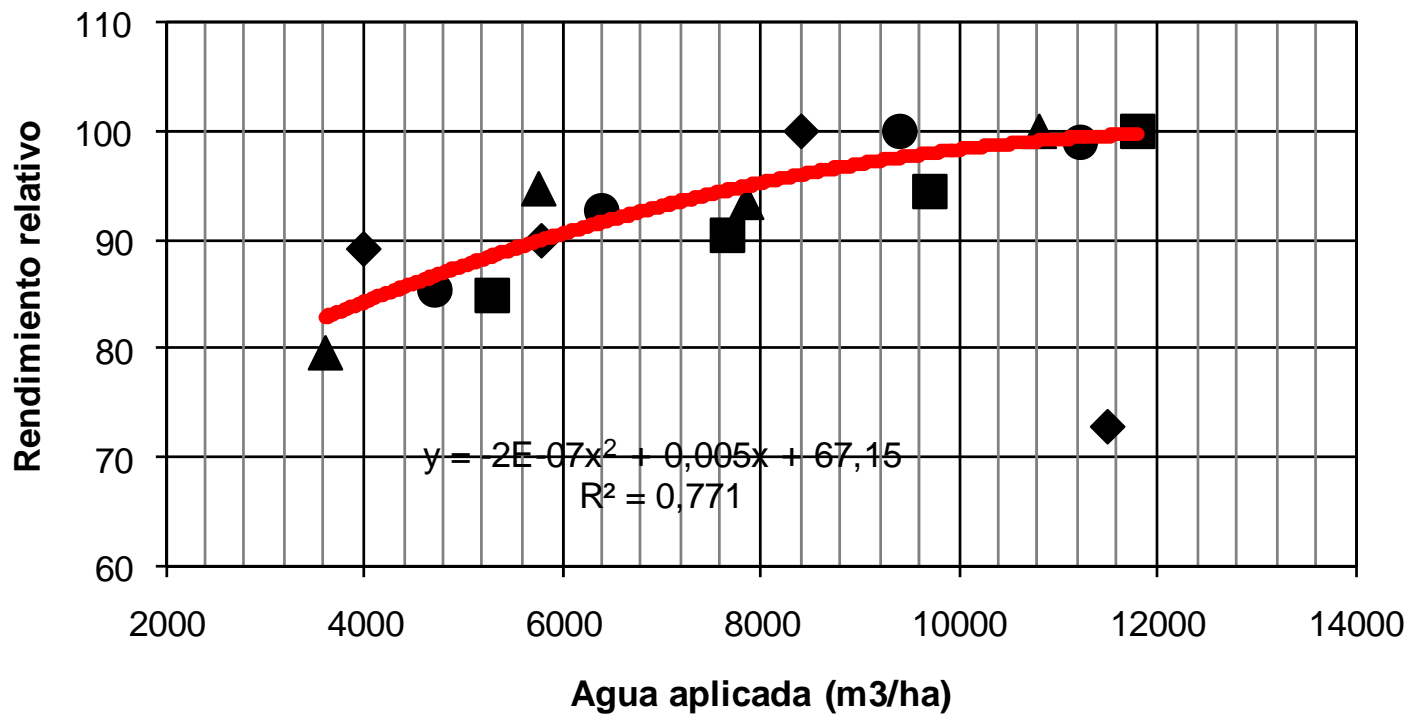
CICLO DE CRECIMIENTO ANUAL, UVA DE MESA VAR. THOMPSON S. (Valle de Aconcagua)

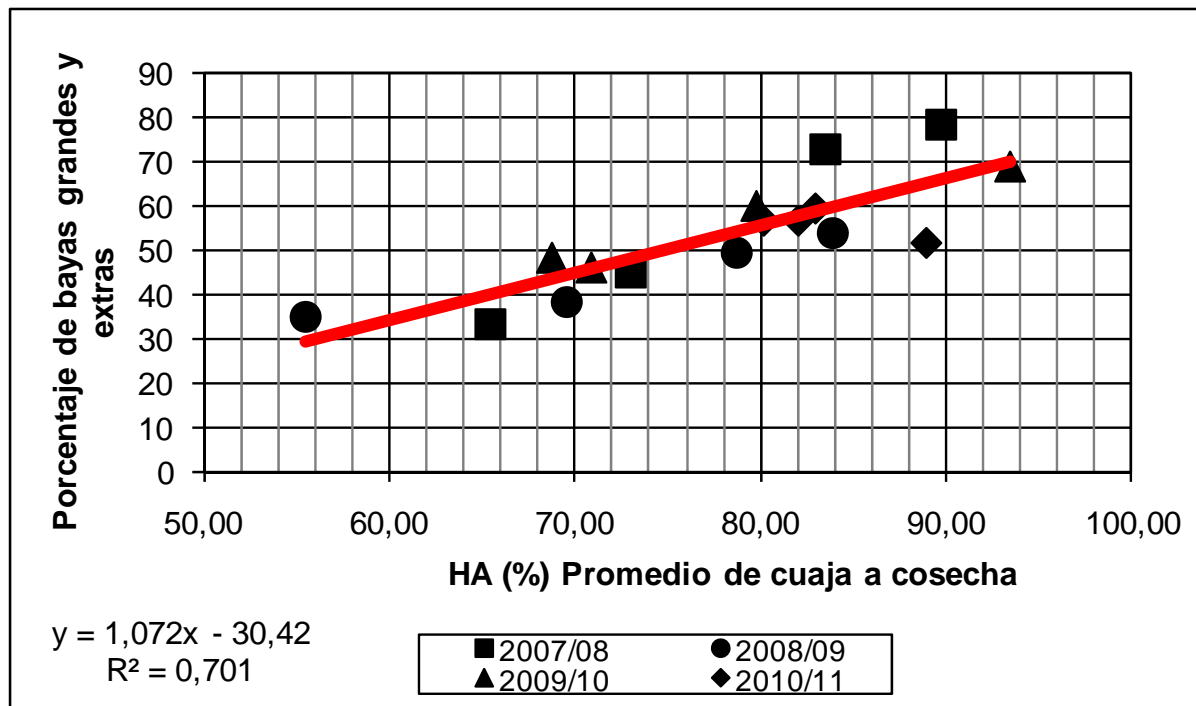


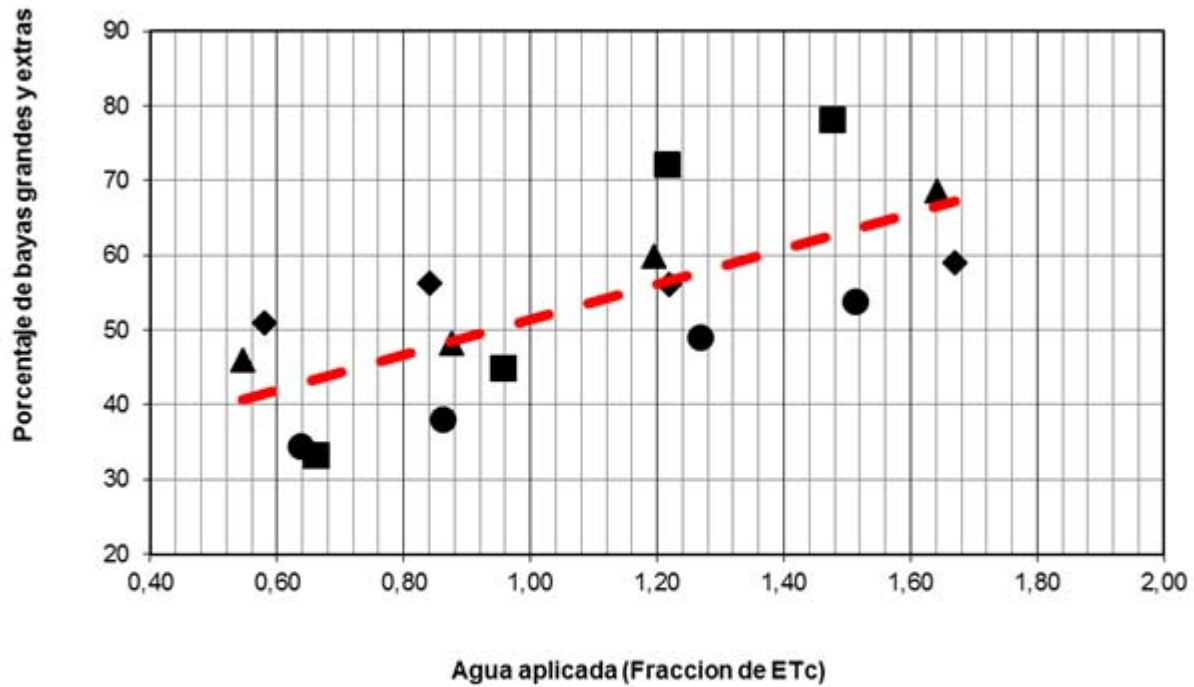
Reservas nutricionales de la raíces (Almidón)

Regimen de Riego	Reservas de Almidón	
	1999	2000
100% ETc	31% a	28,9 a
40% ETc	24,8 b	23,2 b
Sin Riego entre Pinta y Cosecha	19,1 b	16,1 c

Variedad Chardonay







$$y = 23,753x + 27,632$$
$$R^2 = 0,4957$$

■ 2007/08 ● 2008/09 ▲ 2009/10 ◆ 2010/11



GRACIAS

www.inia.cl/uvaconcagua





Efecto de cambios en el clima sobre la disponibilidad de agua en cuencas de Chile

Hamil Uribe C.
Investigador INIA

Rayentue, 9 de octubre de 2014



www.inia.cl



Cambio Climático

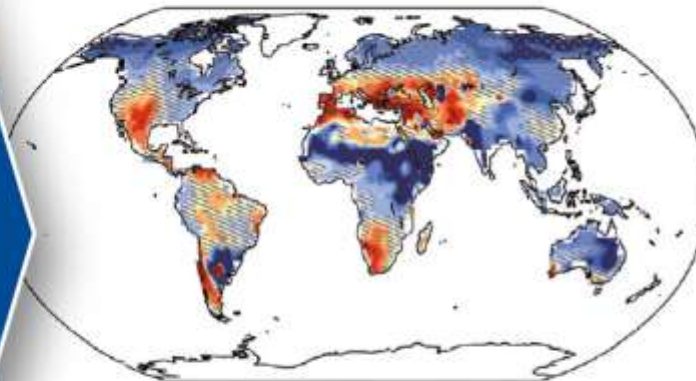
- ▶ El cambio climático está teniendo lugar ya y continuará en las próximas décadas y siglos (IPCC, 2013)
- ▶ Genera graves consecuencias en la disponibilidad de agua para producir alimentos y en la productividad de los cultivos (FAO, 2011)
- ▶ Está ocurriendo una aceleración del ciclo hidrológico del planeta, ya que las temperaturas en alza incrementarán la tasa de evaporación de la tierra y el mar.
- ▶ Mayor frecuencia de sequías e inundaciones, pero se espera que las zonas del mundo que sufren ya de escasez de agua se vuelvan más secas y calurosas.
- ▶ Es difícil hacer estimaciones con certeza sobre la recarga de los acuíferos bajo los efectos del cambio climático, pero es previsible que el incremento de la frecuencia de sequías promueva un mayor uso del agua subterránea para amortiguar el riesgo para la producción de los agricultores.

Efecto de cambios en el clima sobre la disponibilidad de agua

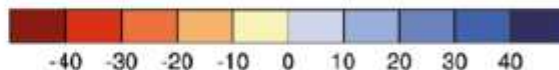
- ▶ La lluvia aumentará en los trópicos y a latitudes más altas, pero **disminuirá en las zonas que tienen ya carácter seco y semiárido** y en el interior de los grandes continentes.
- ▶ Existe disminución de la escorrentía de los ríos y de la alimentación de los acuíferos en el Mediterráneo y las **zonas semiáridas en América**, Australia y África meridional, regiones que ya sufren de estrés hídrico.

Cambios en escorrentía y humedad del suelo a finales del siglo XXI (media entre 2081 y 2100) respecto a la actualidad (media entre 1986-2005) para el escenario RCP8.5.

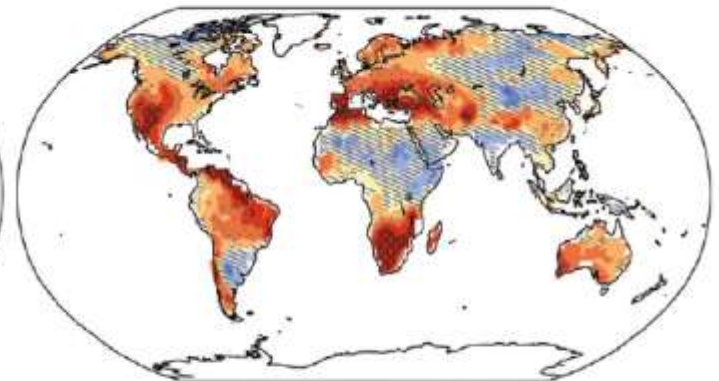
Cambio en escorrentía



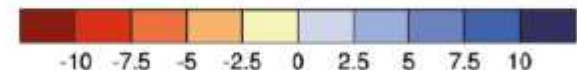
(%)



Cambio en humedad del suelo



(%)

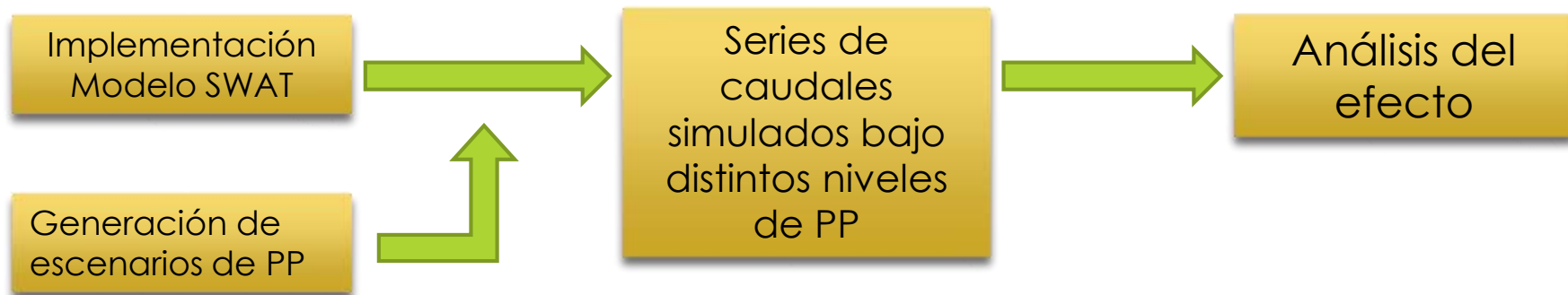


Evaluación de los Cambios en la Productividad del Agua Frente a Diferentes Escenarios Climáticos en Distintas Regiones del Cono Sur

Objetivo:

Determinar el efecto de cambios en el clima sobre la agricultura regada. Específicamente sobre la disponibilidad de agua.

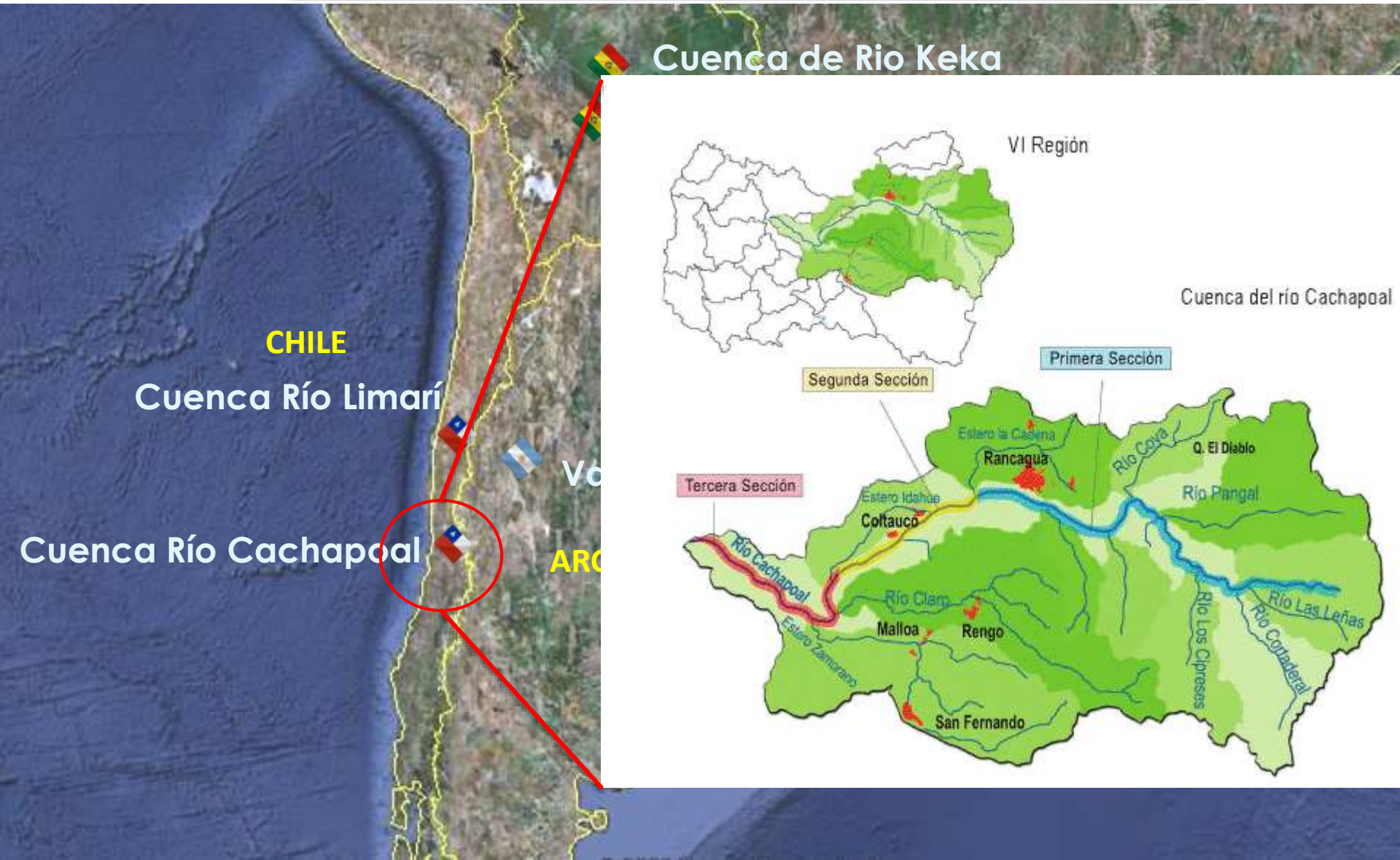
Metodología



Evaluación de los Cambios en la Productividad del Agua Frente a Diferentes Escenarios Climáticos en Distintas Regiones del Cono Sur

1. Localización del área de estudio.
2. El modelo SWAT.
3. Implementación del modelo.
4. Calibración.
5. Generación de escenarios climáticos.
6. Resultados de la simulación de Q con escenarios de PP.
7. Análisis a nivel de riego.

Localización del área



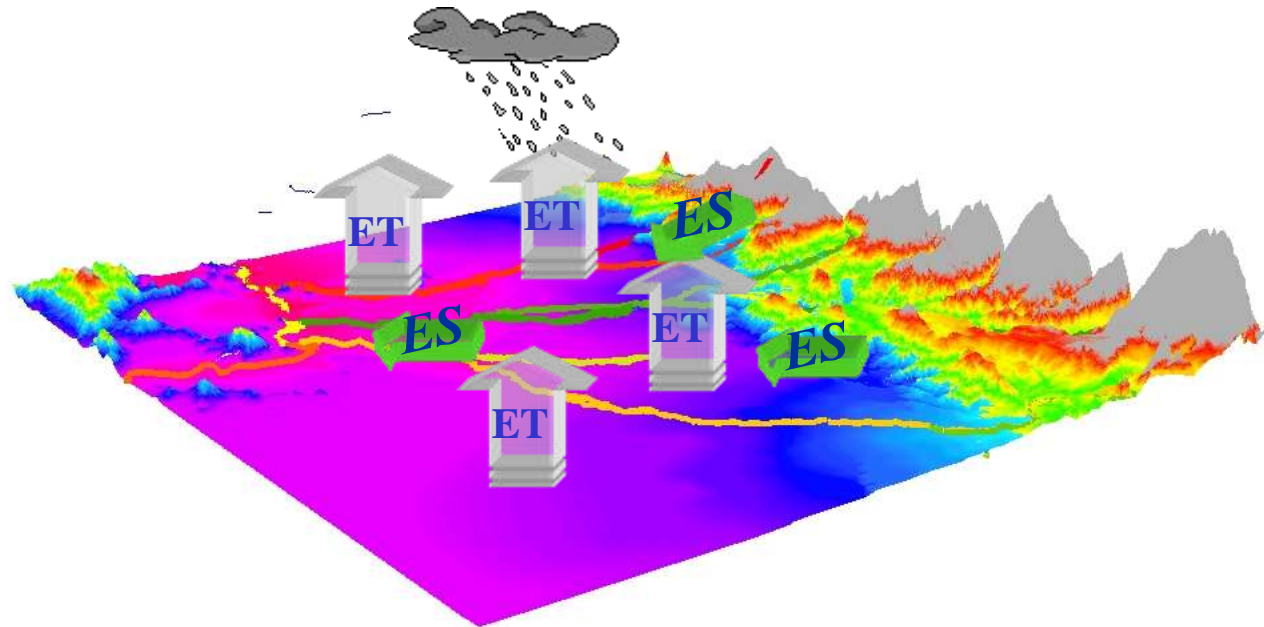
Caracterización general del área

- ▶ La cuenca hidrográfica del río Cachapoal está ubicada en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins
- ▶ Abarca 18 comunas y 584.000 habitantes; se inicia en la Cordillera de los Andes y termina en la unión con el río Tinguiririca, donde comienza el río Rapel y se ubica el embalse del mismo nombre
- ▶ Cuenta con una superficie aproximada de 6.250 km², correspondiente al 38% de la región

El modelo SWAT

- ▶ Desarrollado por el USDA-ARS (United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service).
- ▶ Es un modelo continuo, semi-distribuido y basado en procesos naturales que suceden en cuencas hidrográficas
- ▶ La cantidad de escorrentía es estimada aplicando la metodología del número de la curva del SCS, con datos de lluvia diarios. Basada en que la escorrentía está determinada por el suelo, la cobertura de suelo y la práctica de manejo.

Balance Hidrológico



Modelo Zona Vadosa

El modelo SWAT

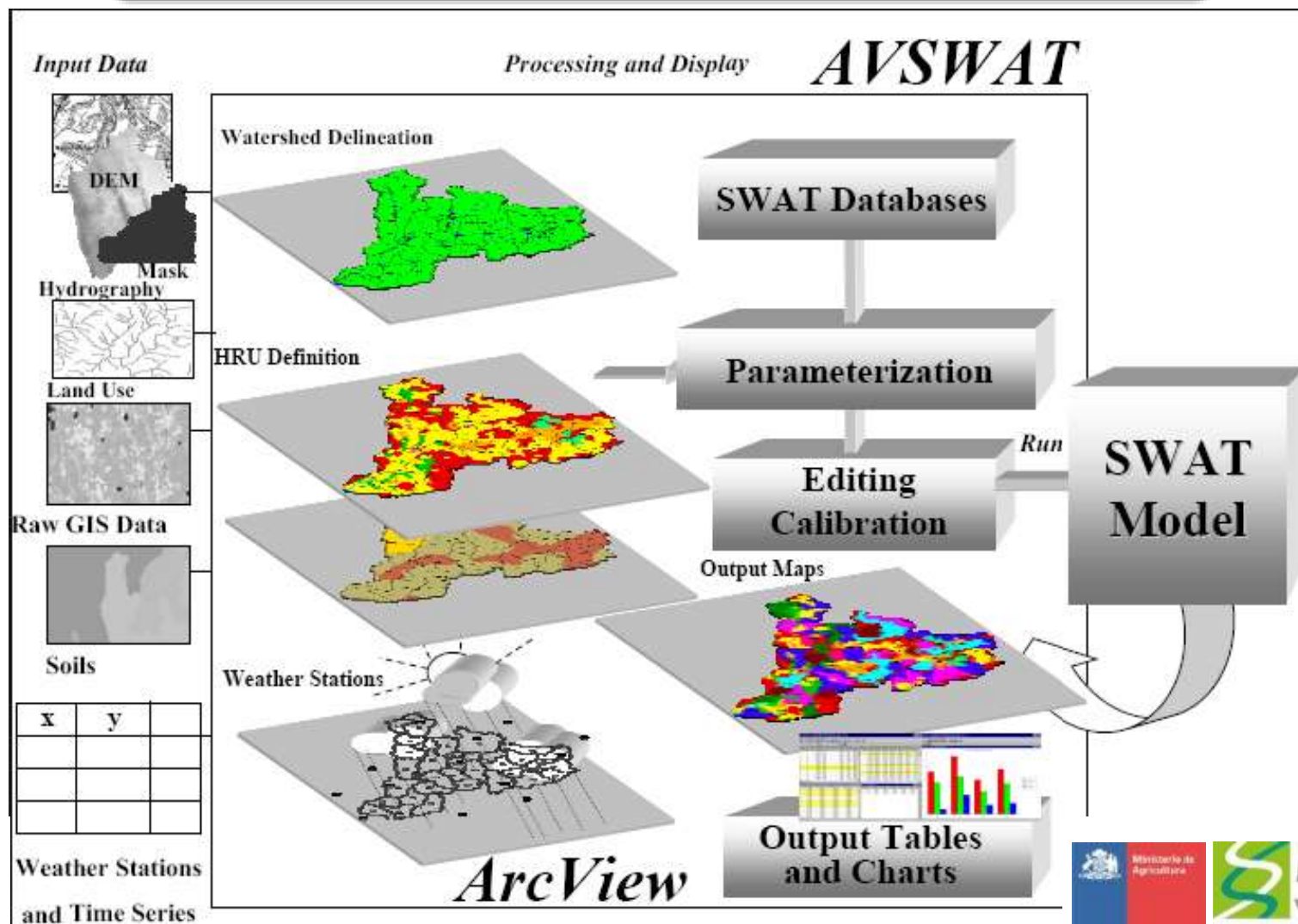


Figure 1.1

El modelo SWAT

$$SW_t = SW + \sum_{i=1}^t (Ri - Qi - ETi - Pi - QRI)$$

SW_t : contenido de agua en el suelo el día t ,

SW : contenido de agua inicial en el suelo,

t : tiempo en días,

Ri : precipitación diaria,

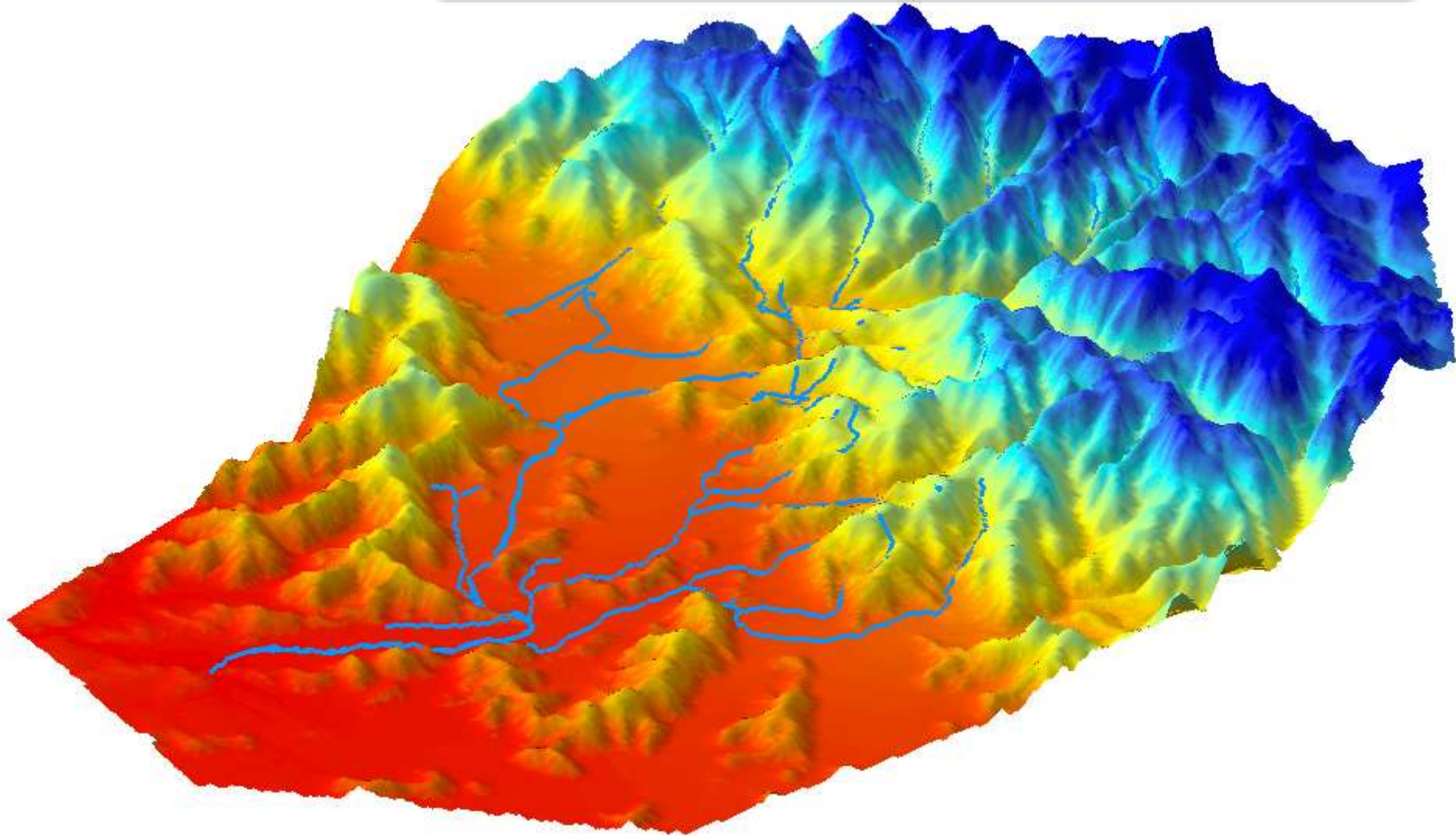
Qi : escorrentía diaria,

ETi : evapotranspiración diaria,

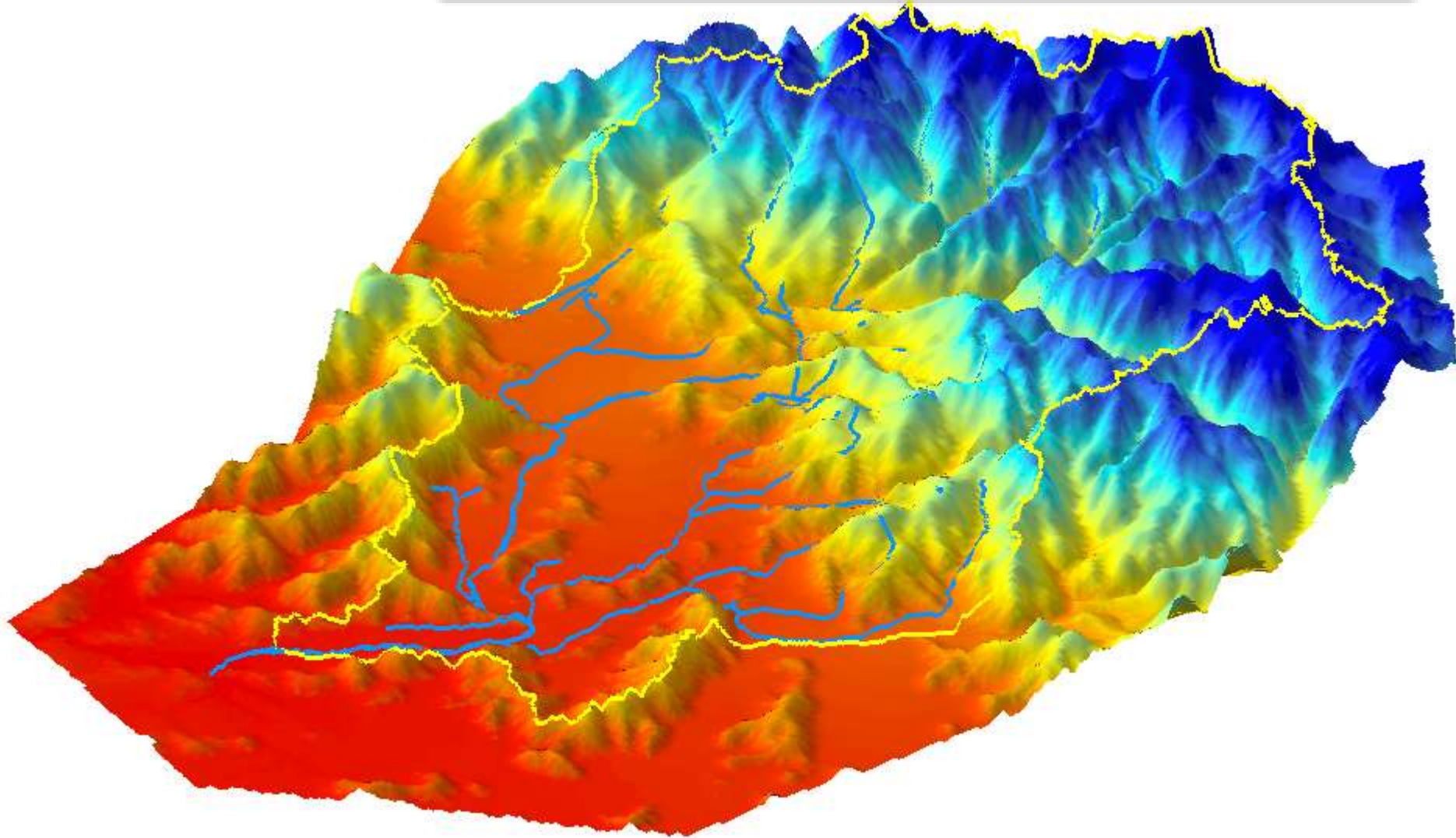
Pi : percolación diaria y

QRI : flujo de retorno

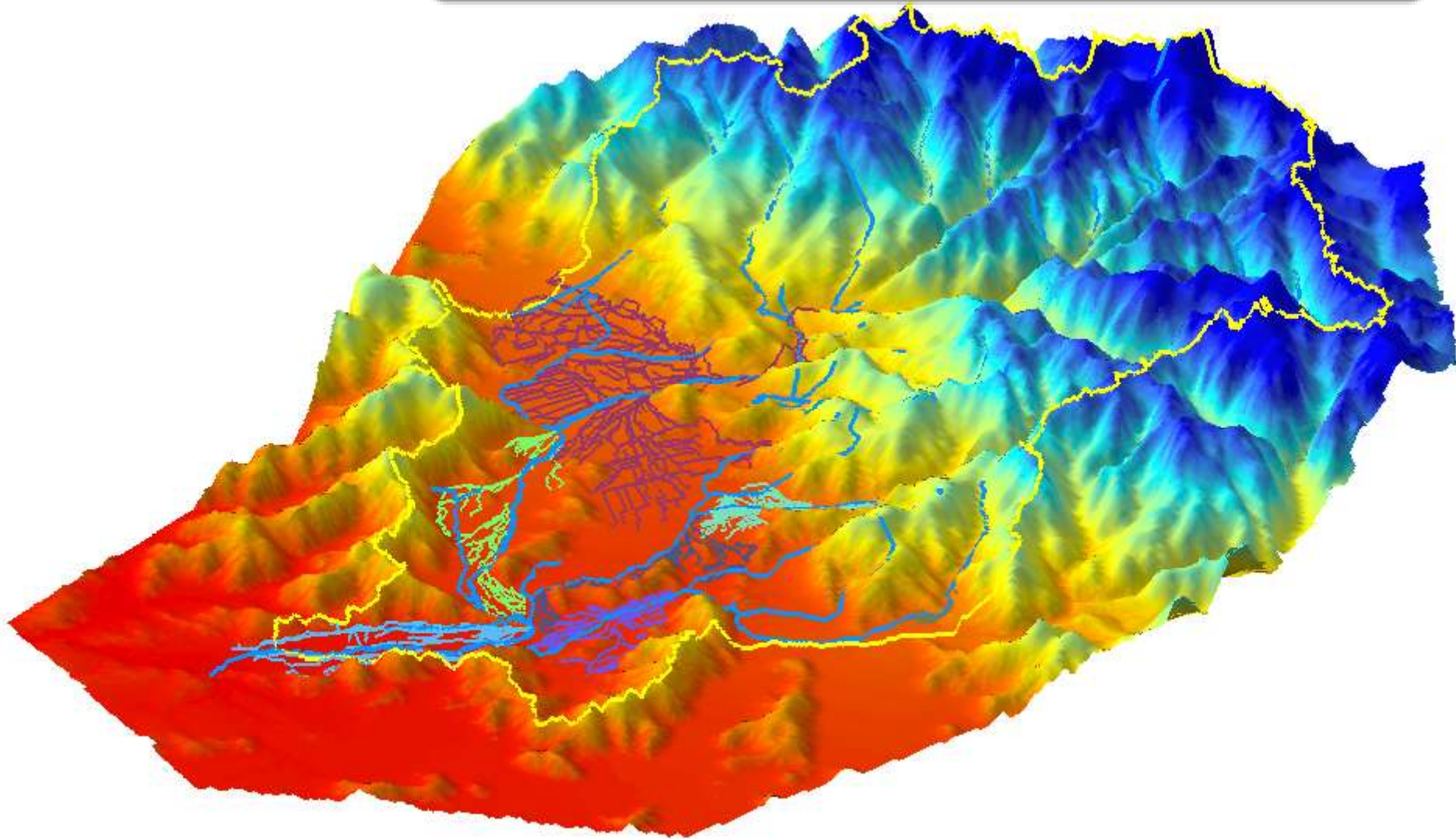
Implementación del modelo



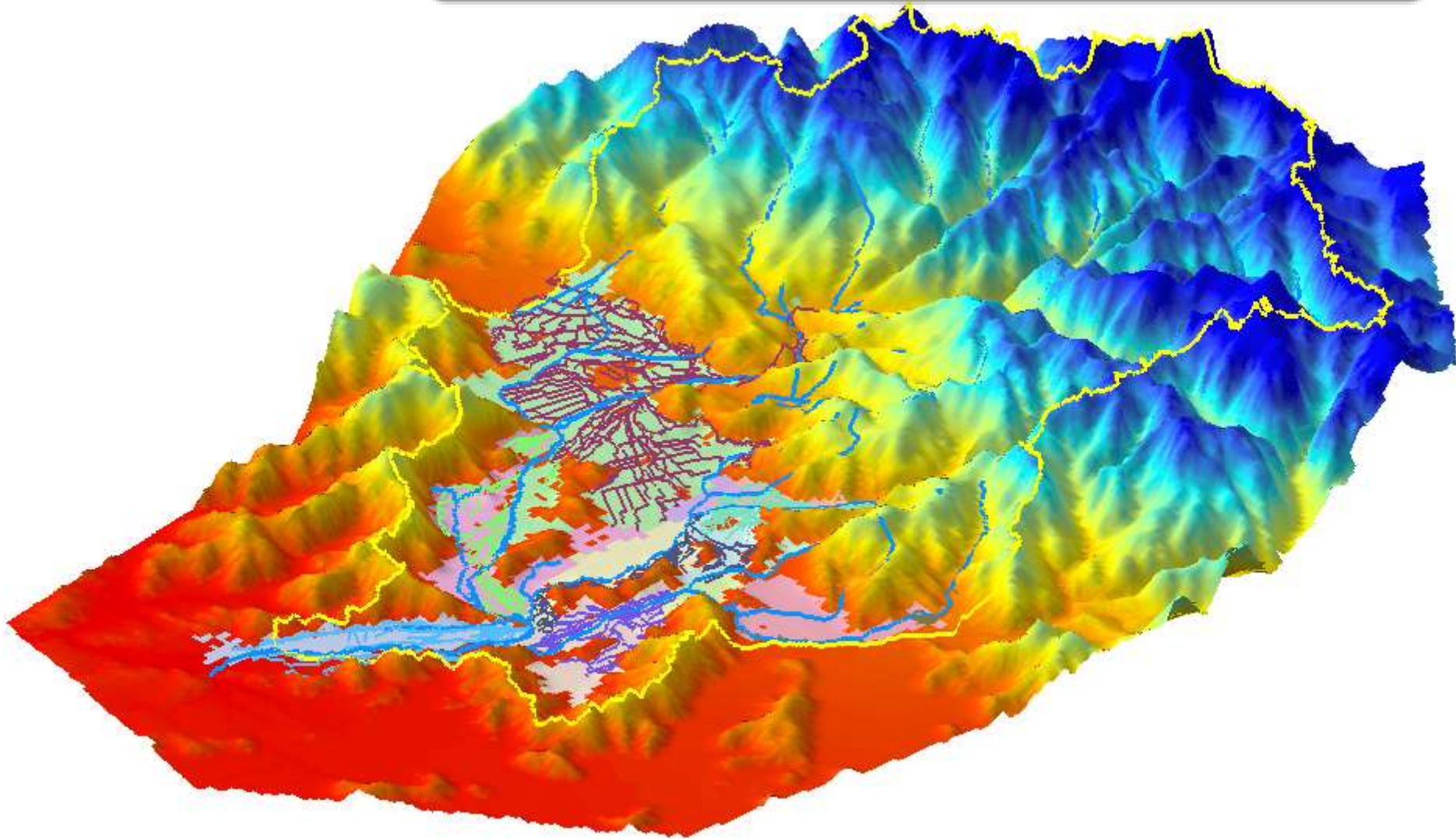
Implementación del modelo



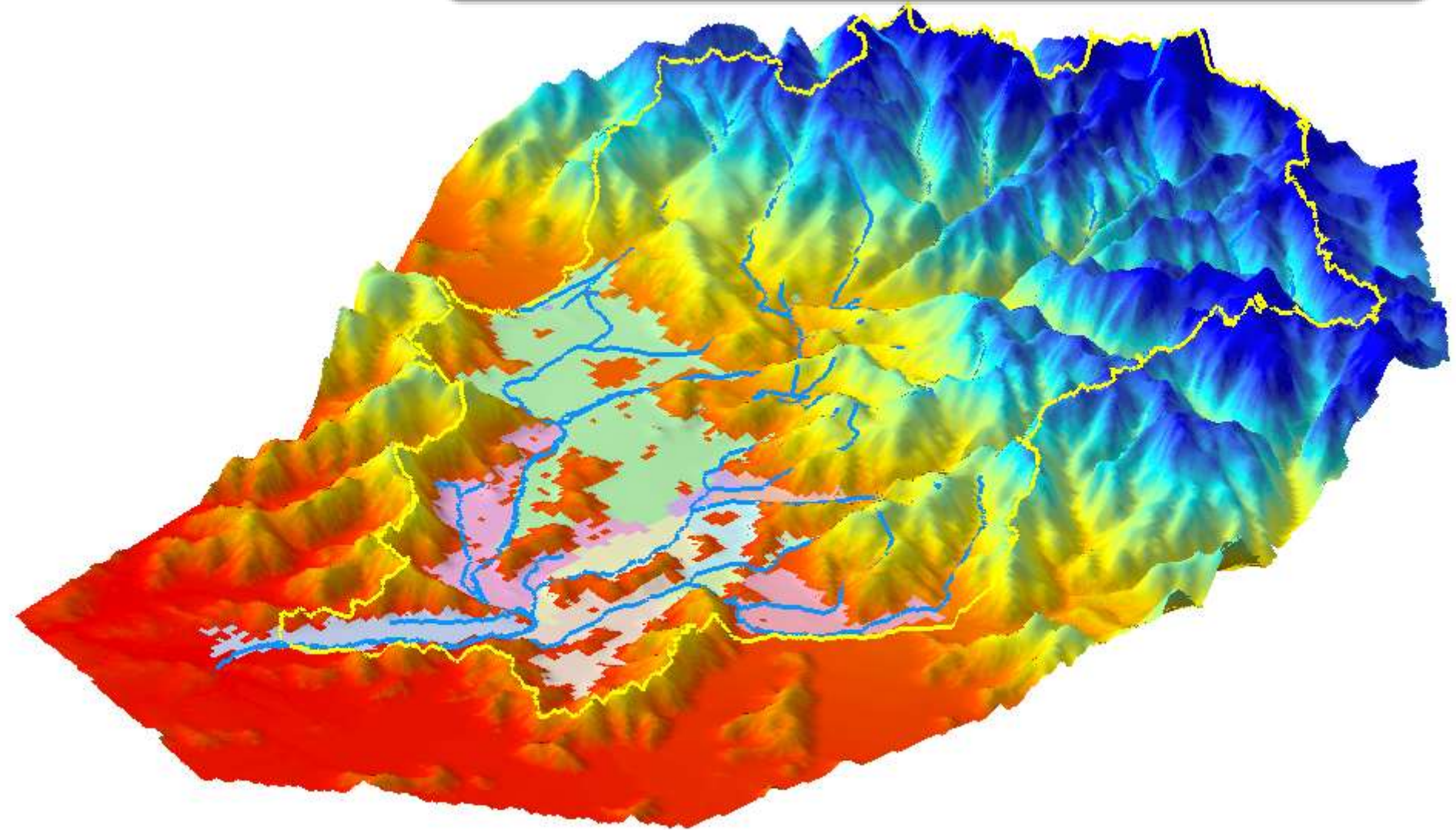
Implementación del modelo



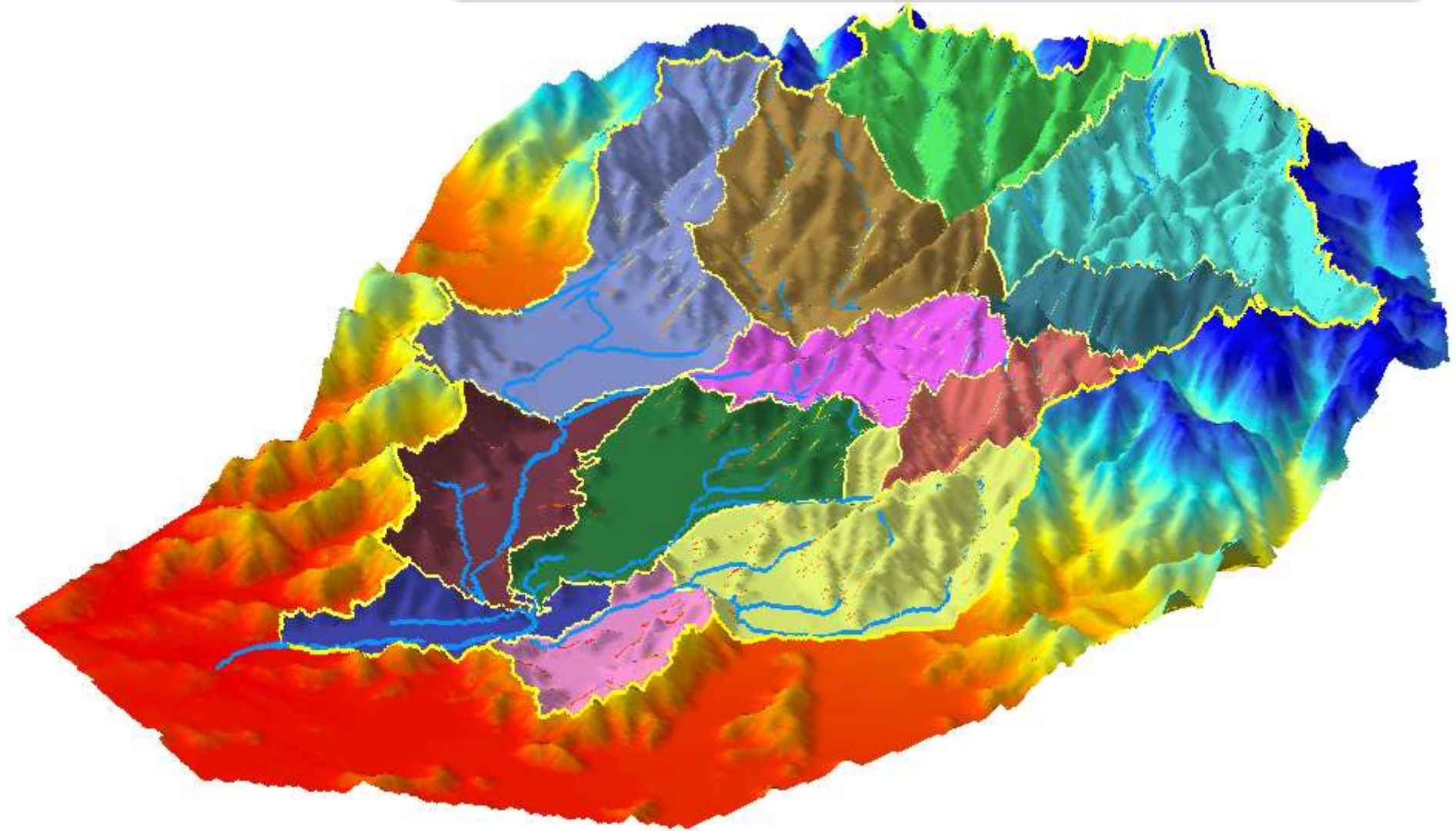
Implementación del modelo



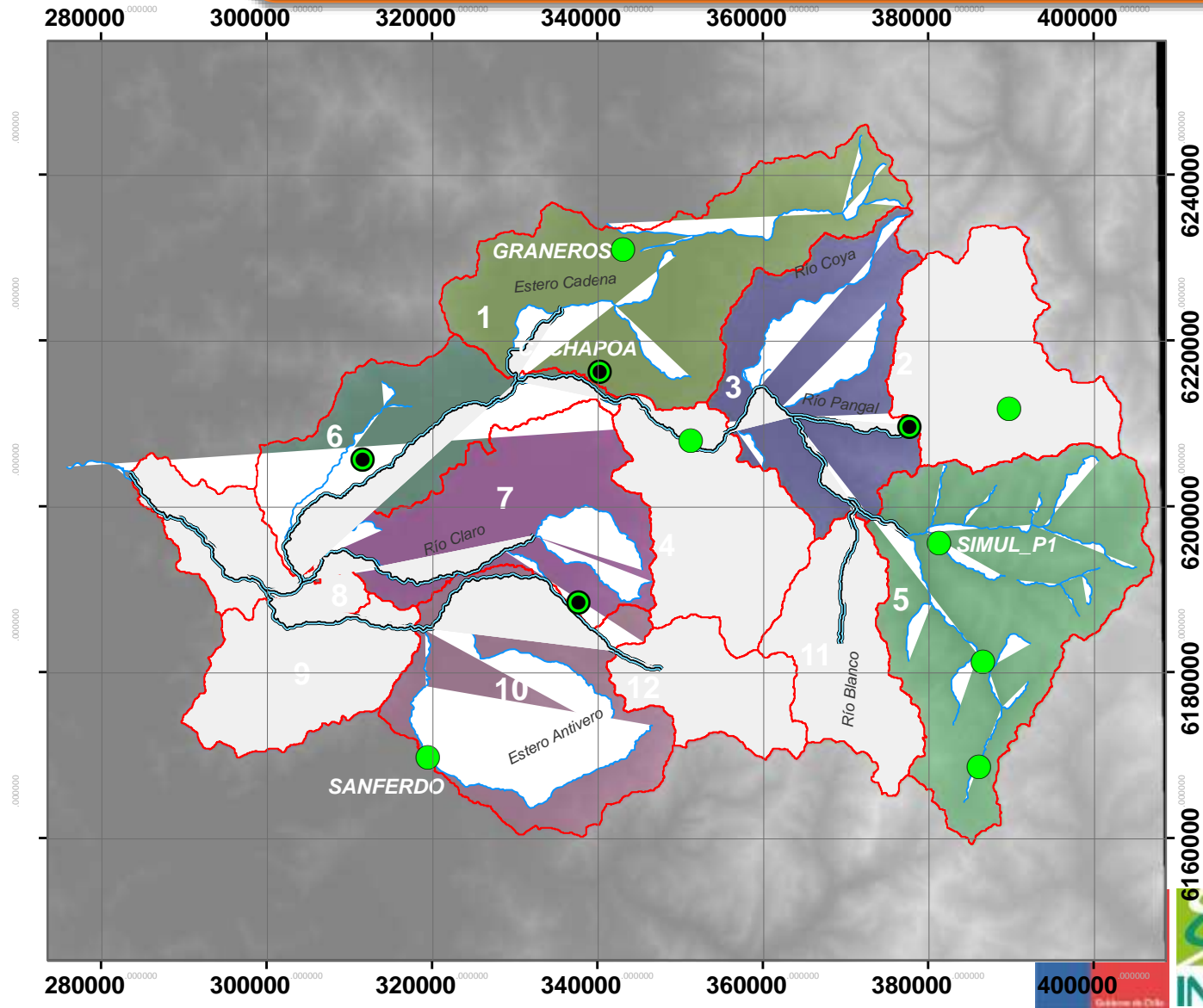
Implementación del modelo



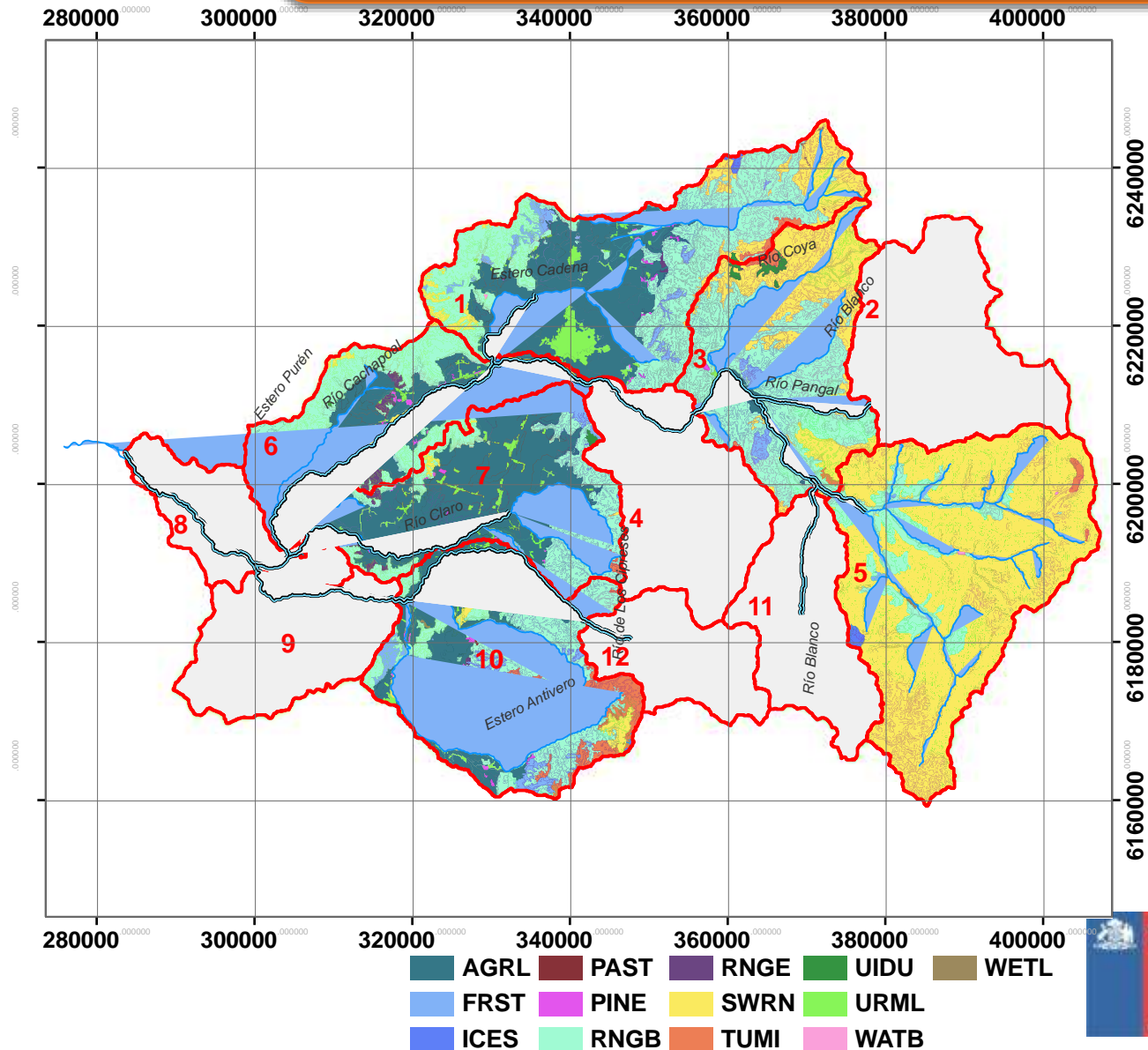
Implementación del modelo



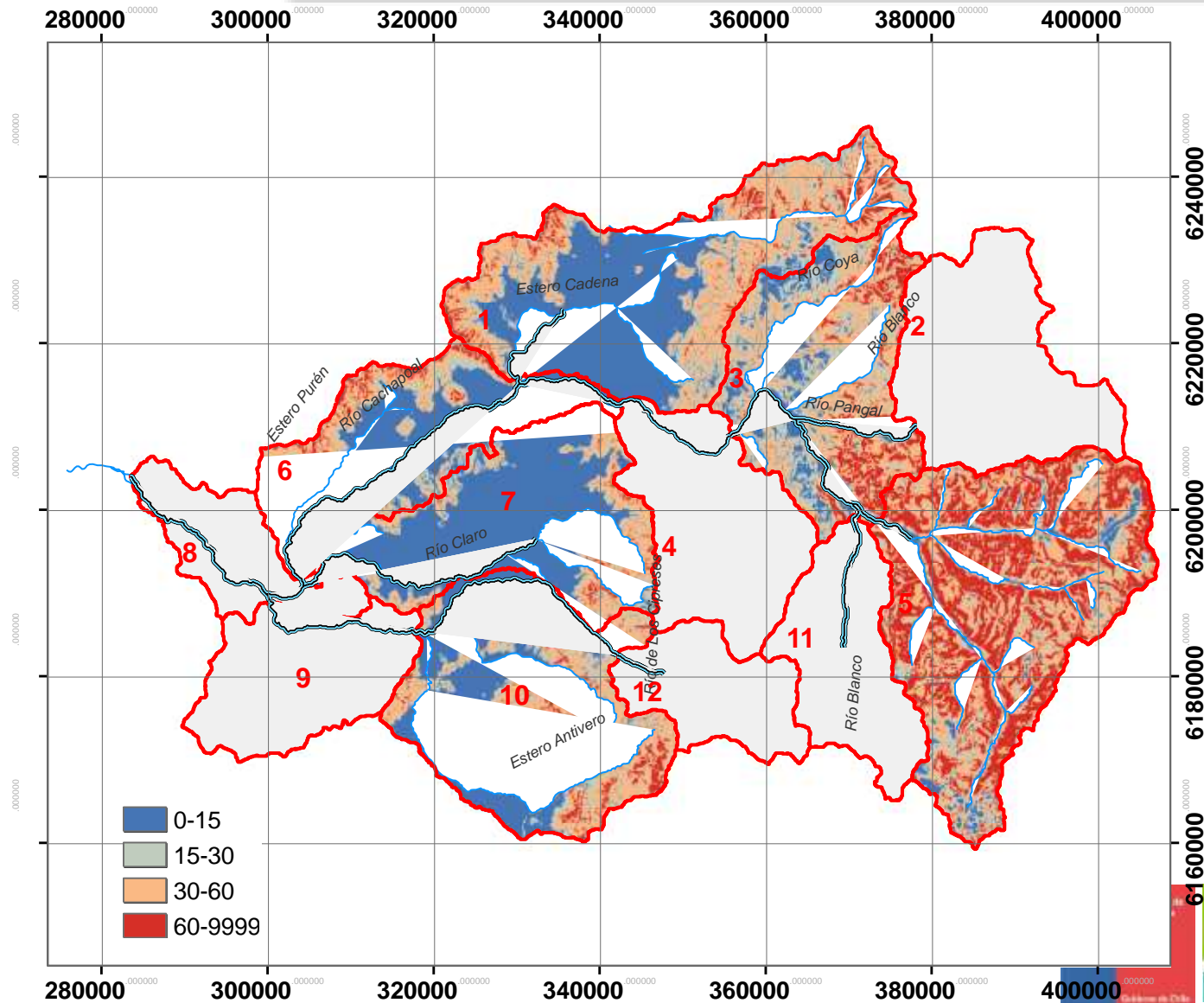
Sub Cuencas y Estaciones climáticas



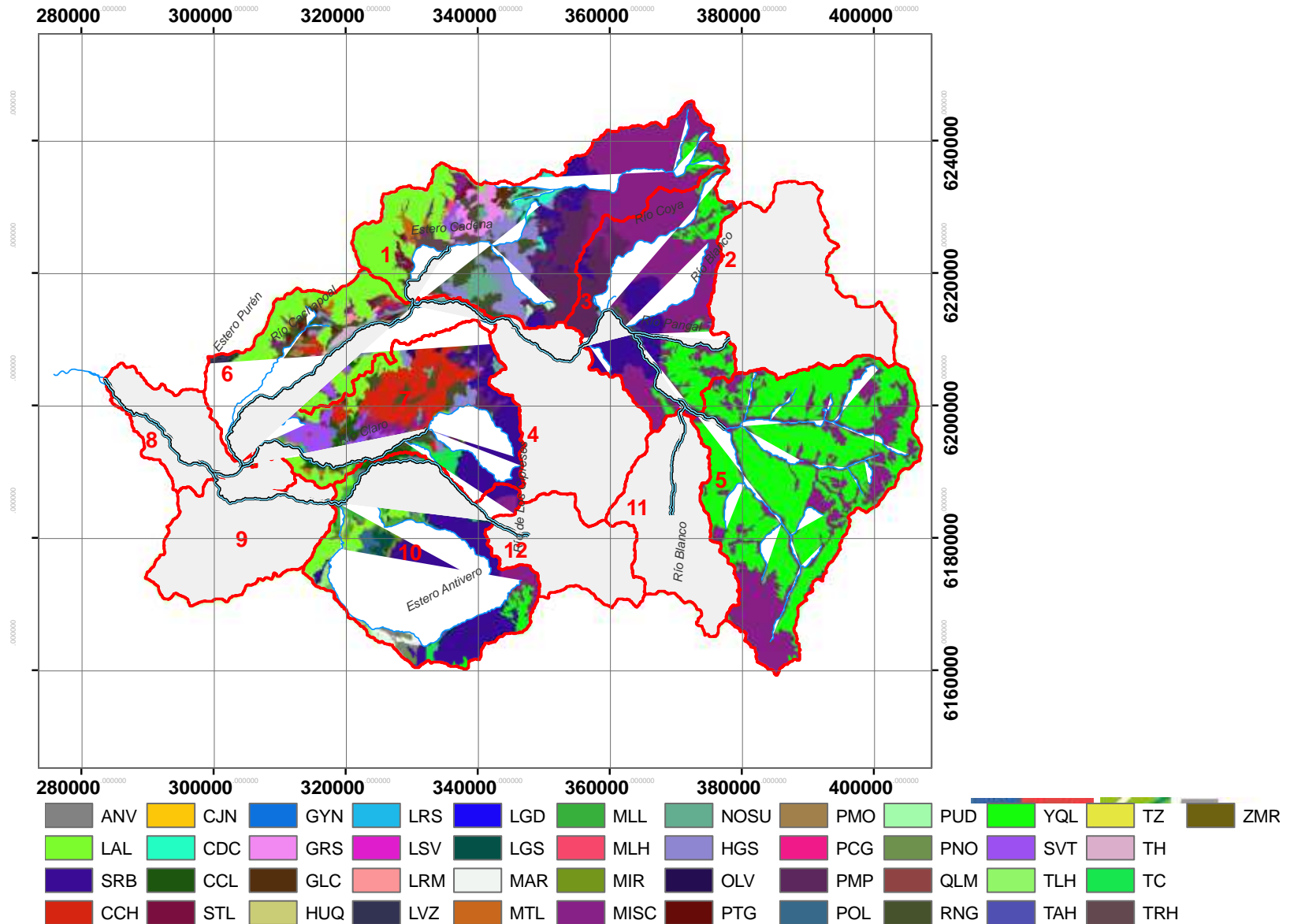
Uso del Suelo



Clasificación de Pendiente

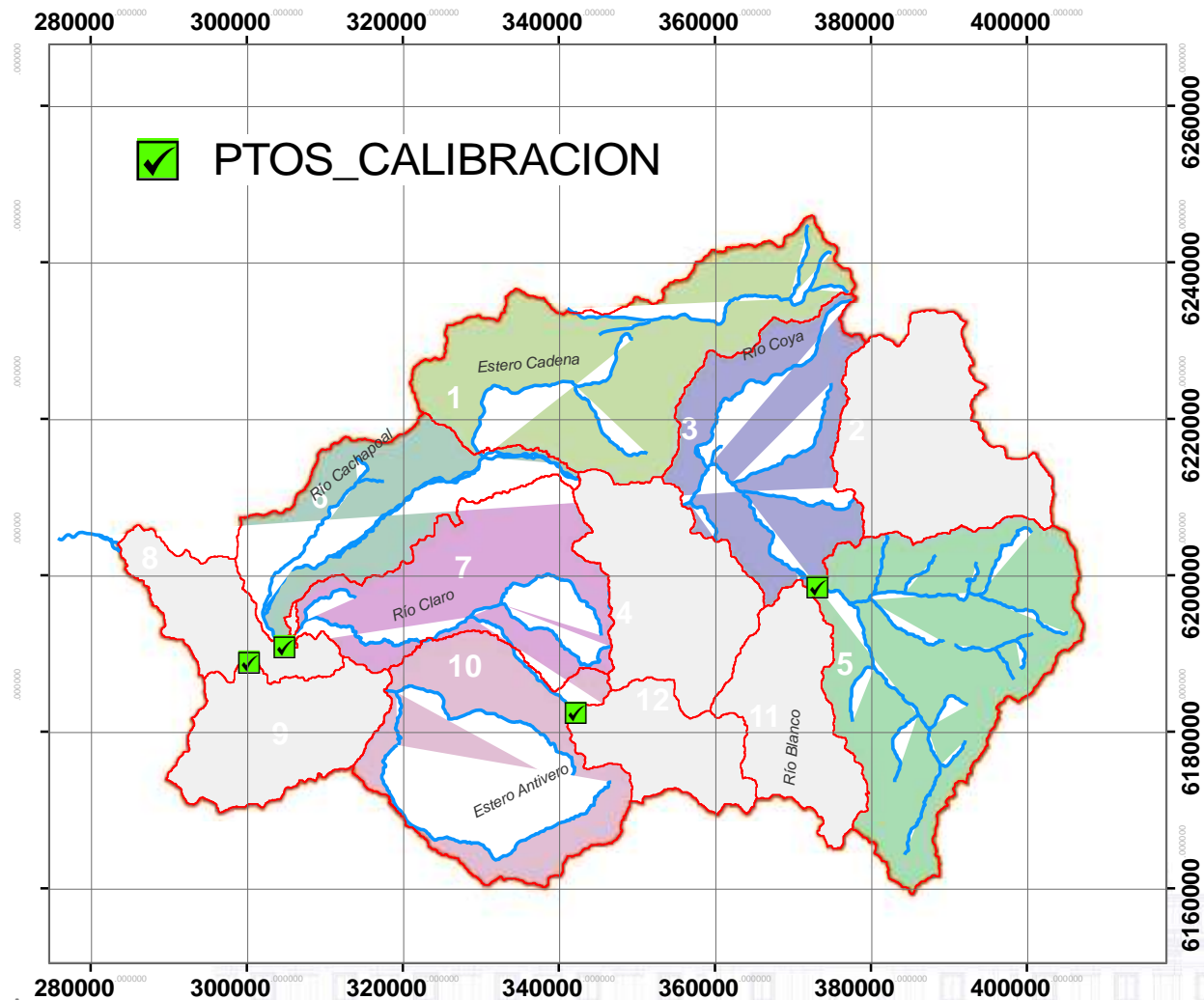


Tipo de suelo





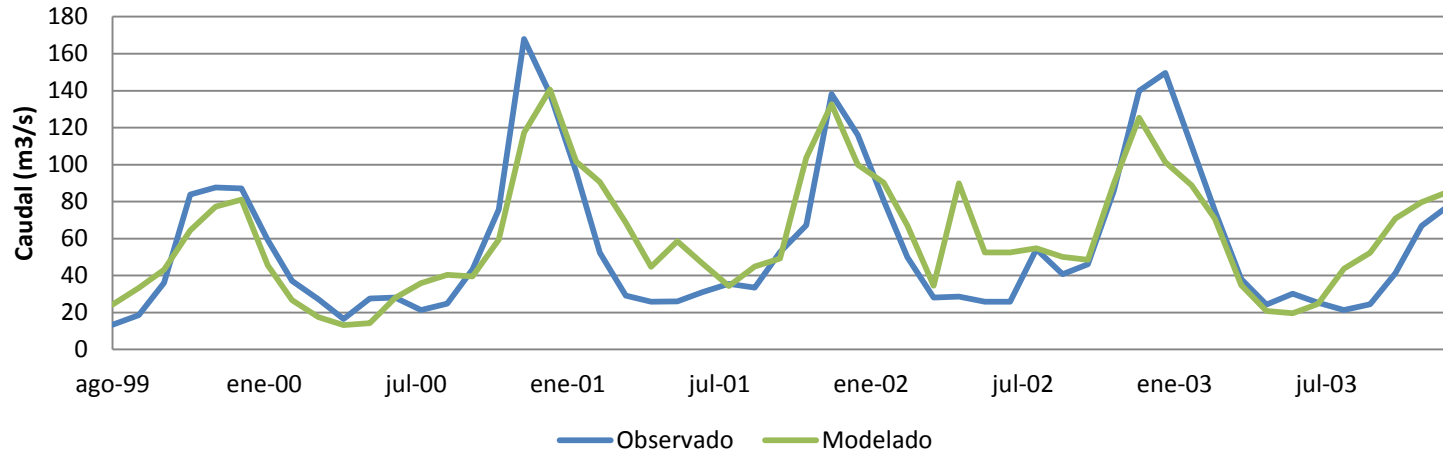
Calibración



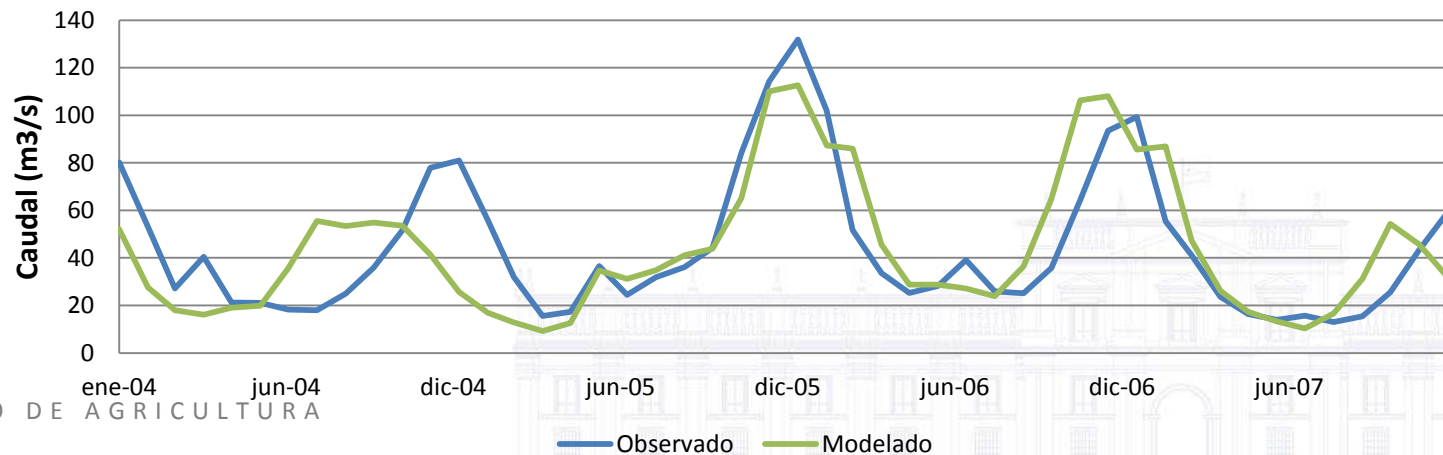


Calibración

SC 5



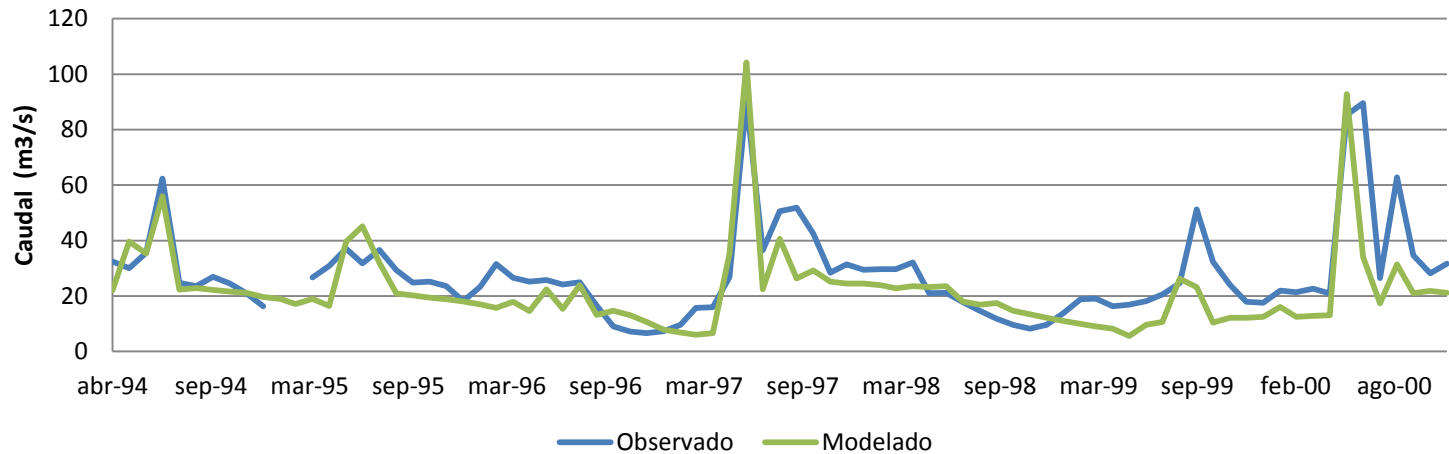
SC 5



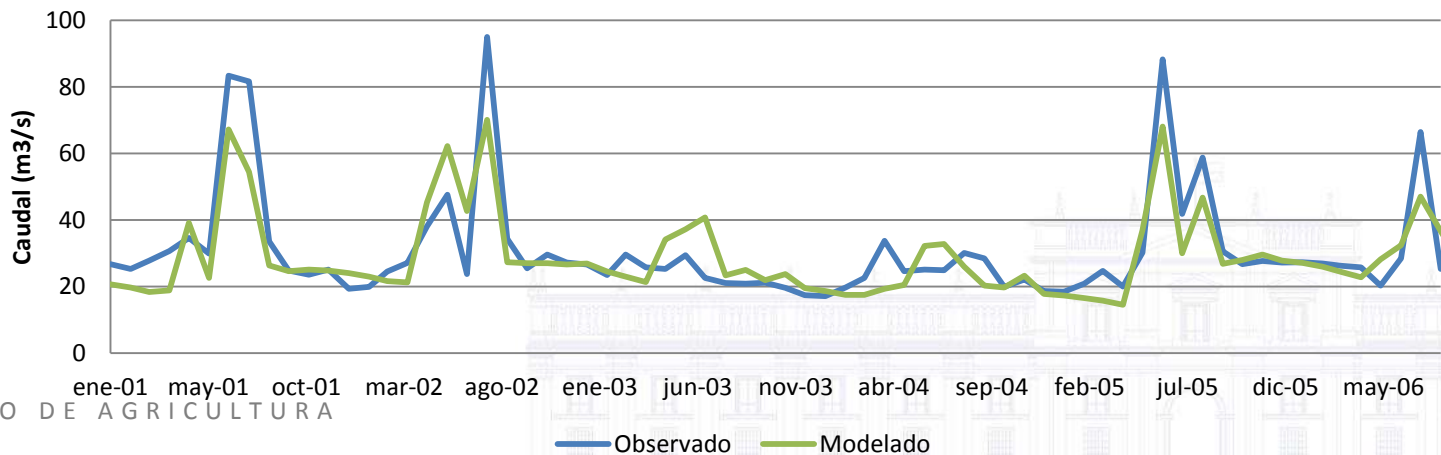


Calibración

SC 7



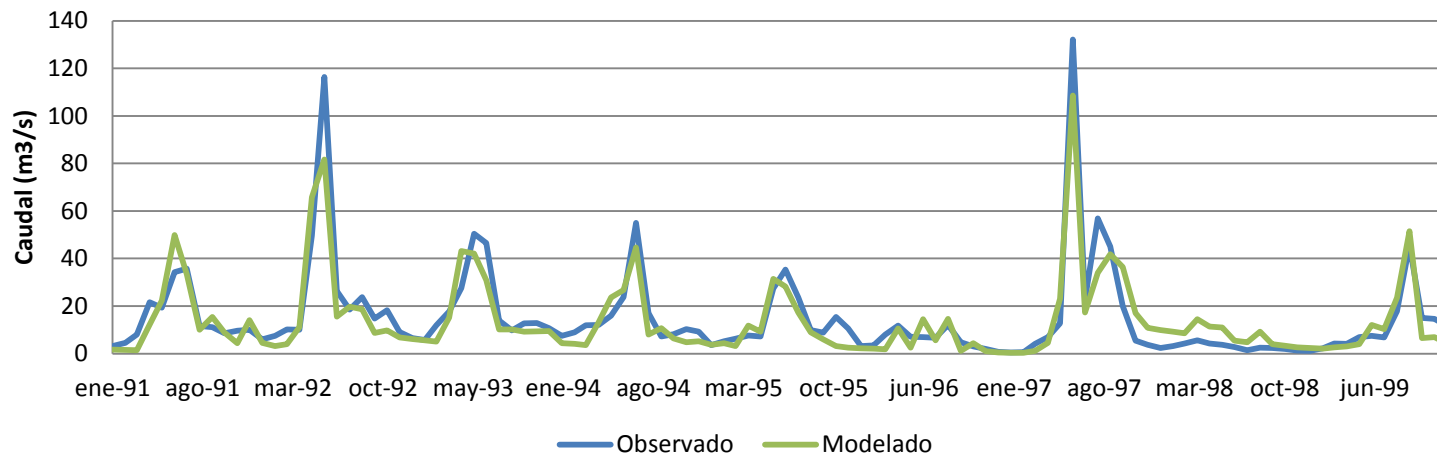
SC 7



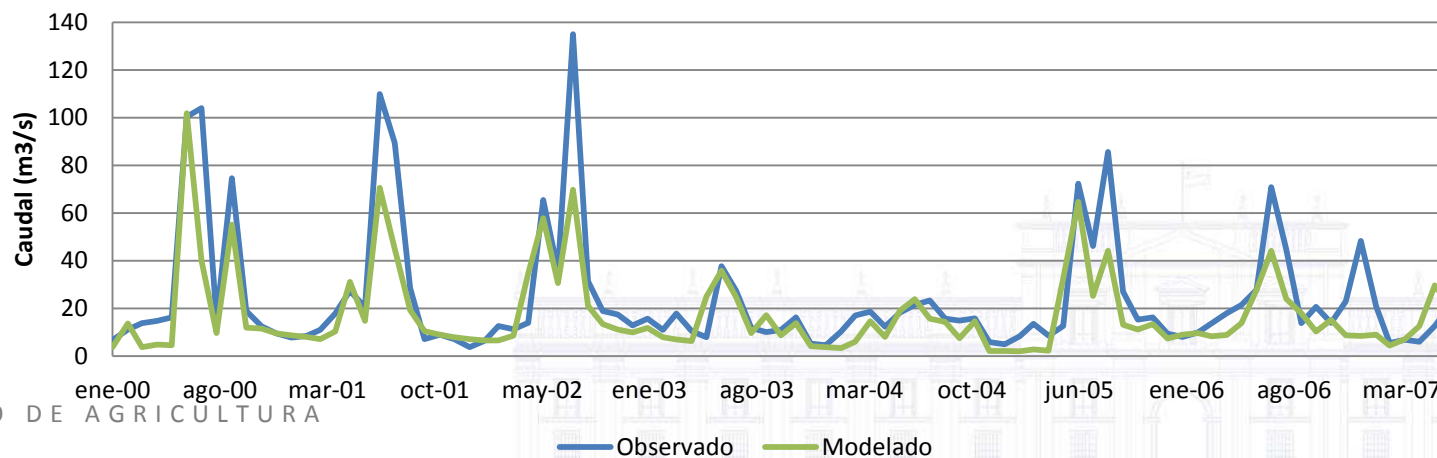


Calibración

SC 9



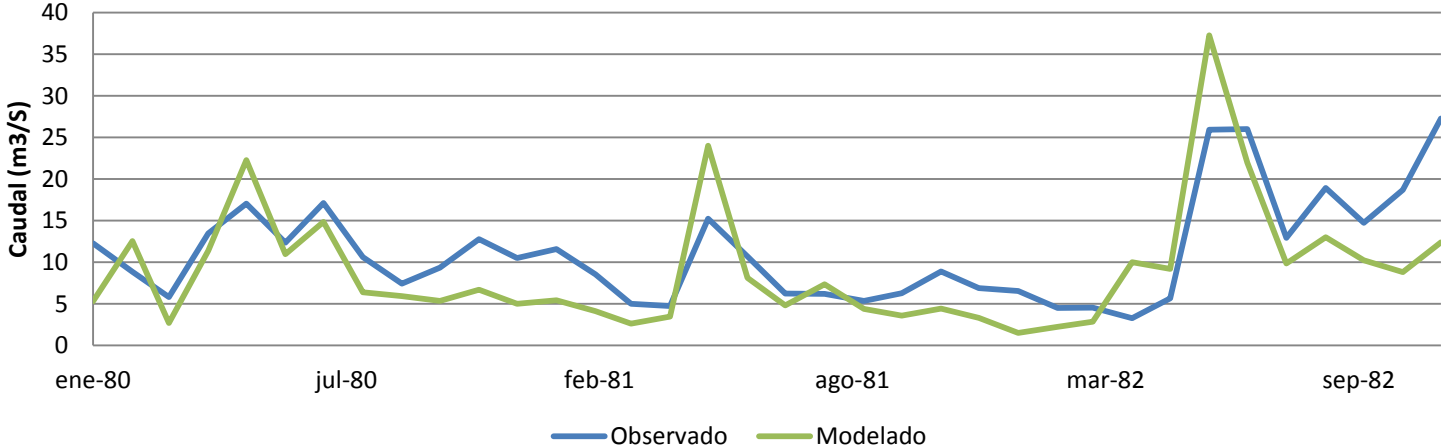
SC 9



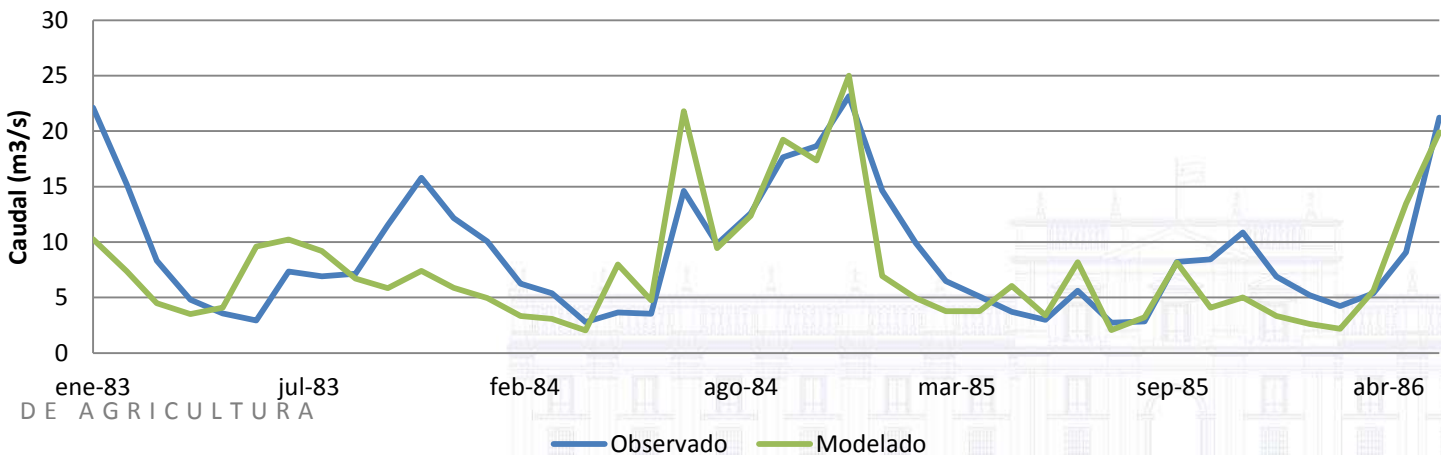


Calibración

SC 12



SC 12



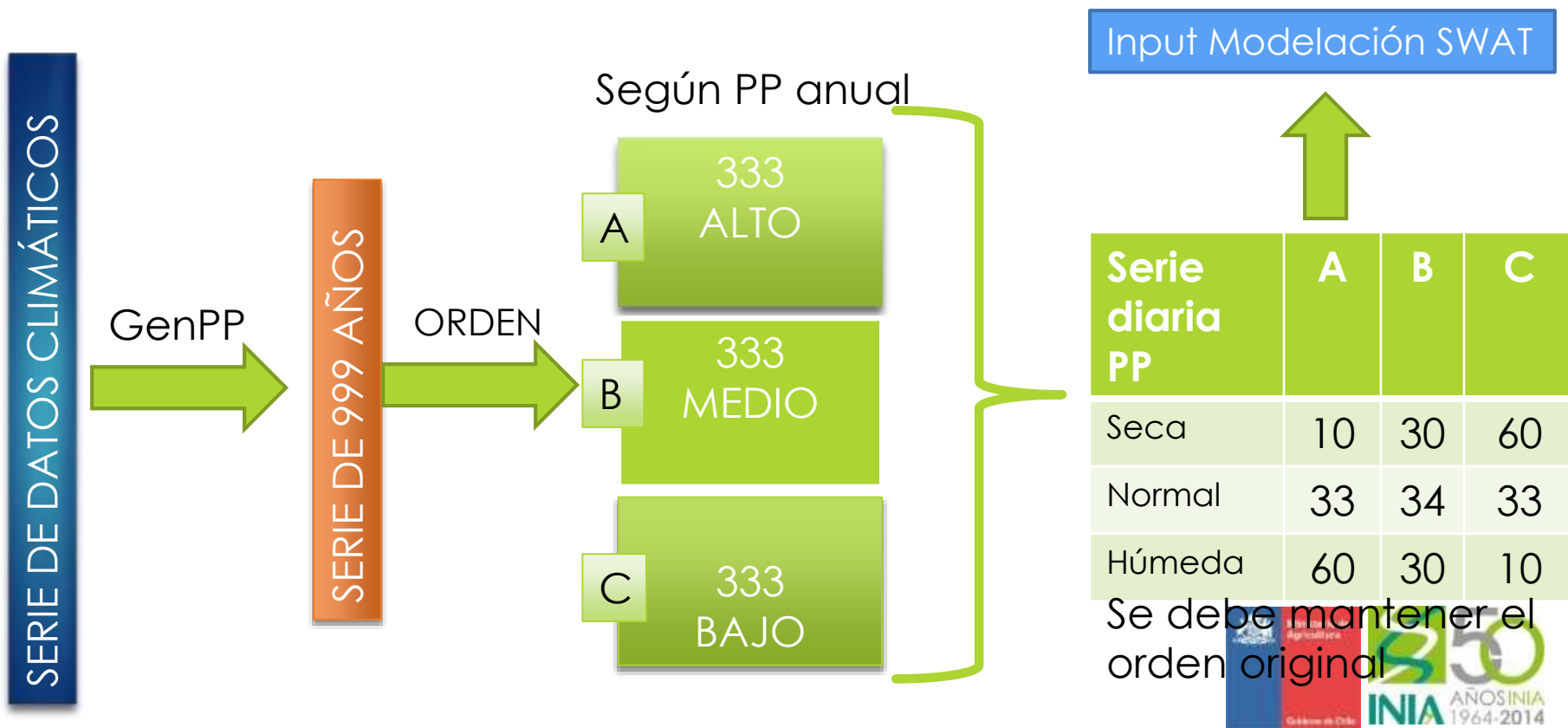
Escenarios de lluvia

► Generador climático

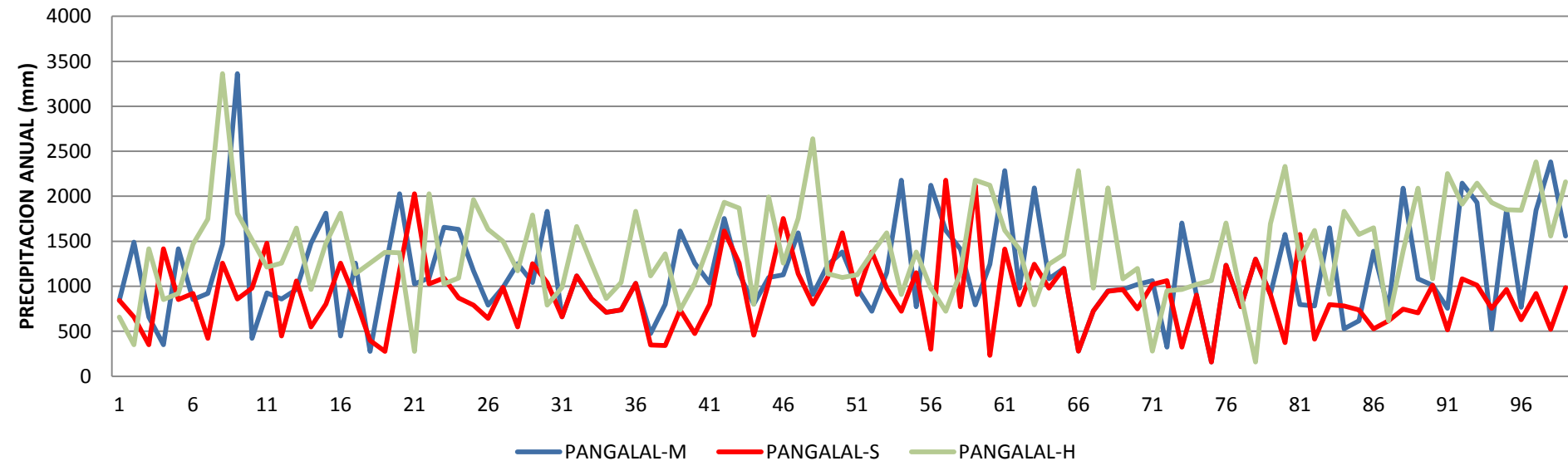
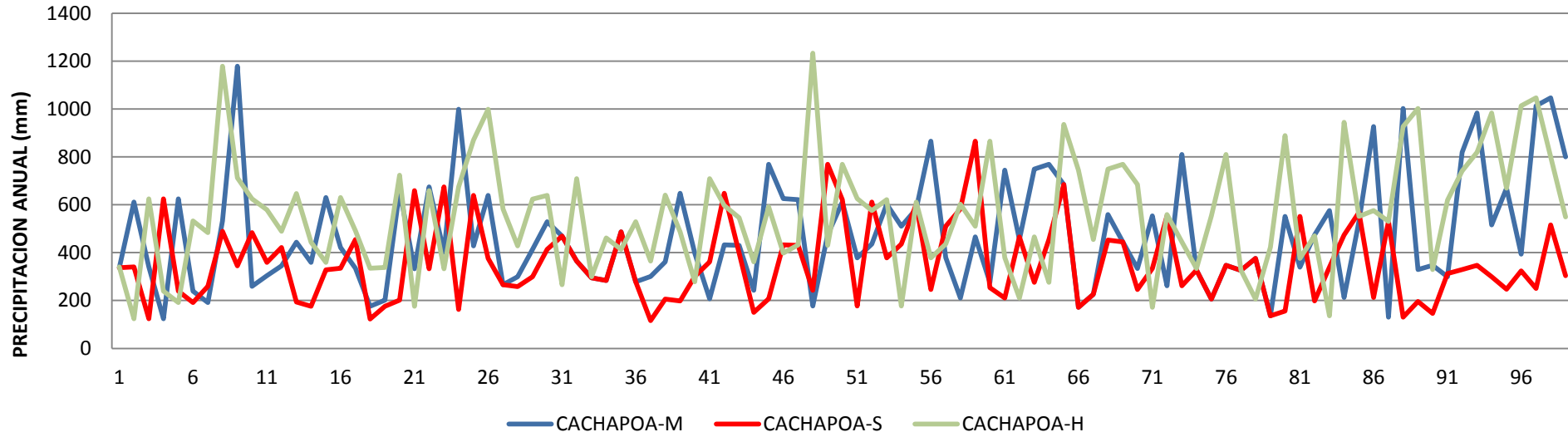
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	GENERADOR PRECIPITACION DIARIO															
2				GenMeteo			Avance	100	%							
3	Numero de estaciones	14														
4	Numero de años	999														
5																
6	Variables	LAT	LON	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
7	coltauui	-34,27304	-71,04650	0,400	2,290	6,620	26,840	124,960	175,940	153,340	106,110	45,270	14,160	8,330	4,680	
8	popetaii	-34,43333	-70,76668	1,100	3,100	5,700	33,240	98,480	149,170	145,700	79,900	54,770	23,030	16,880	5,970	
9	pangalii	-34,05460	-70,32511	1,960	5,530	10,170	59,320	175,760	266,220	260,030	142,600	97,750	41,100	30,130	10,650	
10	CACHAPOA	-34,18334	-70,73333	0,452	3,136	6,103	23,742	83,474	103,129	93,097	68,307	44,000	18,119	9,067	3,404	
11	GRANEROS	-34,05000	-70,70000	0,250	3,674	6,110	33,150	106,021	131,500	139,869	74,231	49,526	19,560	7,789	5,378	
12	POPETATA	-34,43333	-70,76667	0,858	3,013	6,043	34,750	107,946	151,964	142,486	87,851	57,321	21,346	15,286	6,615	
13	PANGALAL	-34,24749	-70,32813	10,000	4,088	26,250	51,250	211,625	254,500	173,750	239,857	79,857	35,714	54,429	0,143	
14	COLTAUCO	-34,27304	-71,04650	0,400	2,284	6,640	27,233	125,668	173,833	156,969	107,115	45,700	14,349	8,467	4,772	
15	SAUZALAL	-34,25887	-70,61537	0,214	0,142	9,071	34,571	135,500	140,714	171,857	103,929	62,857	19,786	10,929	5,643	
16	SIMUL_P1	-34,37434	-70,29117	10,000	4,088	26,250	51,250	211,625	254,500	173,750	239,857	79,857	35,714	54,429	0,143	
17	SANFERDO	-34,59888	-70,96872	0,710	4,032	9,591	36,129	129,619	187,903	175,009	111,471	59,613	23,605	14,968	5,490	
18	SIMUL_01	-34,50470	-70,23505	0,966	5,388	15,567	64,133	295,167	408,900	372,367	257,700	107,600	33,867	19,867	11,267	
19	SIMUL_02	-34,22985	-70,19707	1,032	5,785	16,800	68,600	315,967	437,633	394,767	269,400	115,367	36,233	21,400	12,033	
20	SIMUL_03	-34,61837	-70,24239	1,265	7,008	20,333	82,667	379,867	525,700	478,133	329,733	138,967	43,733	25,867	14,533	
21																
22																

Escenarios de lluvia

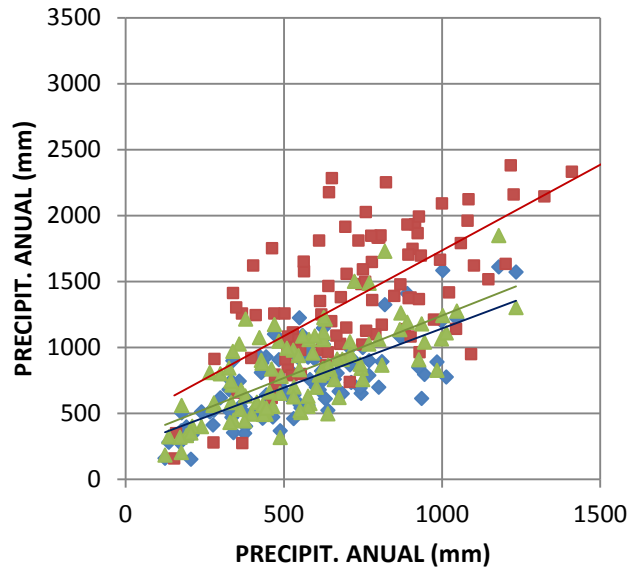
- ▶ Se basan en información estadística real diaria de precipitación



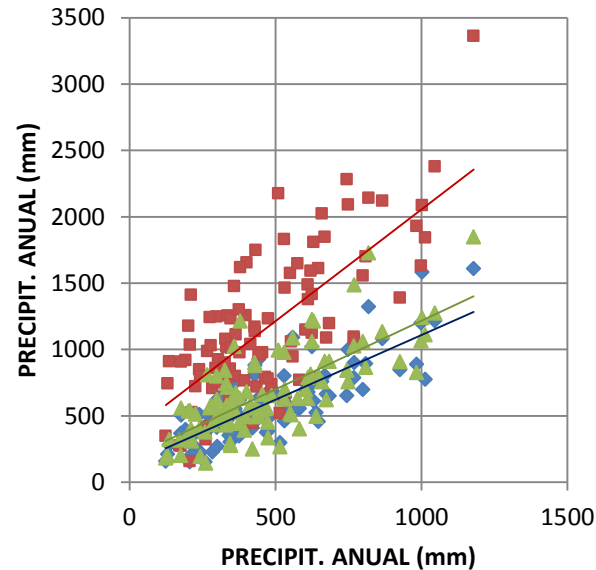
Escenarios de lluvia



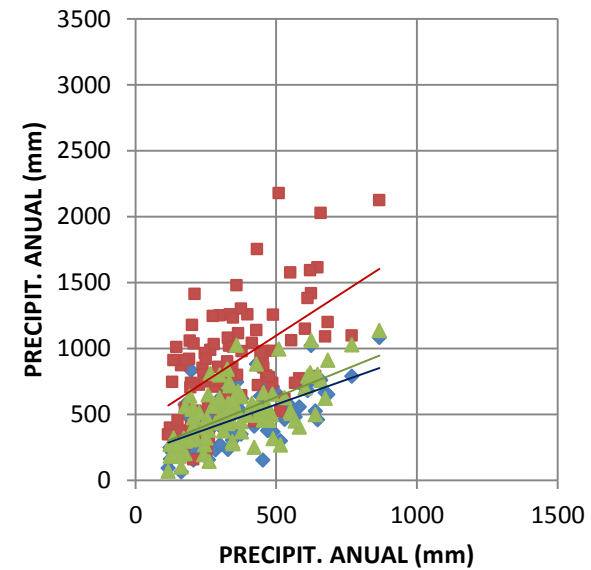
Escenarios de lluvia



◆ POPETATA-H ■ PANGALAL-H ▲ COLTAUCO-H



◆ POPETATA-M ■ PANGALAL-M ▲ COLTAUCO-M

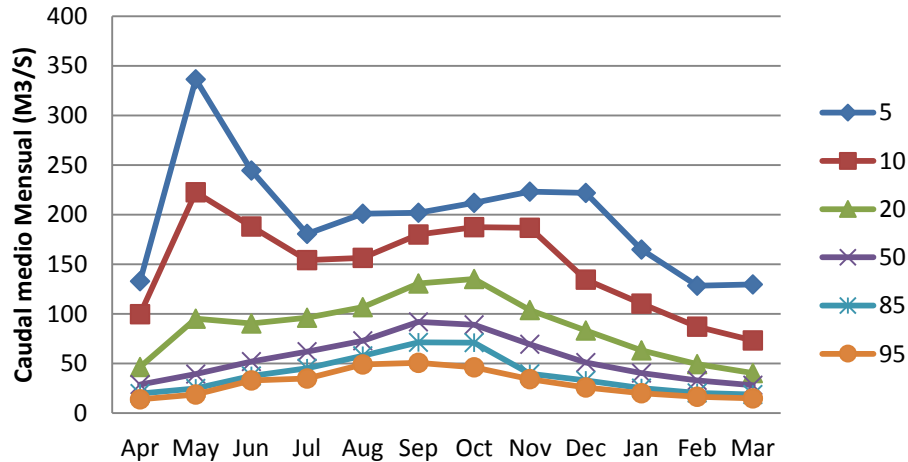


◆ POPETATA-S ■ PANGALAL-S ▲ COLTAUCO-S

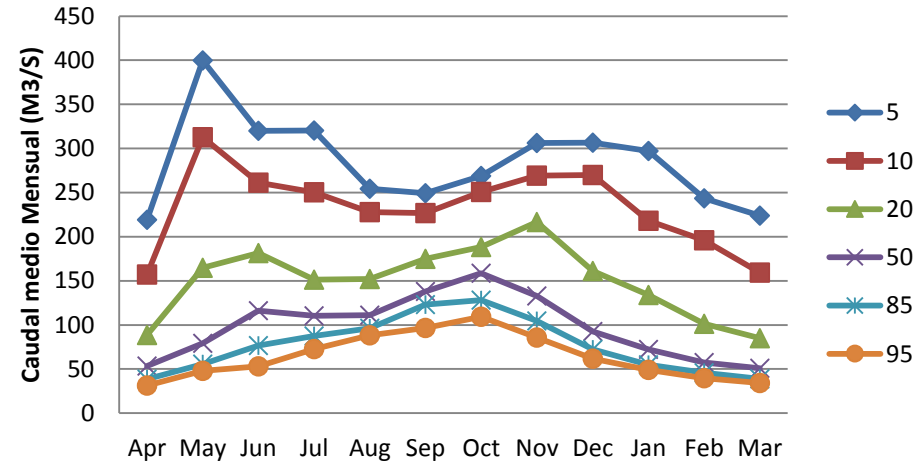
EJE X: ESTACION CACHAPOAL

Resultados de la modelación

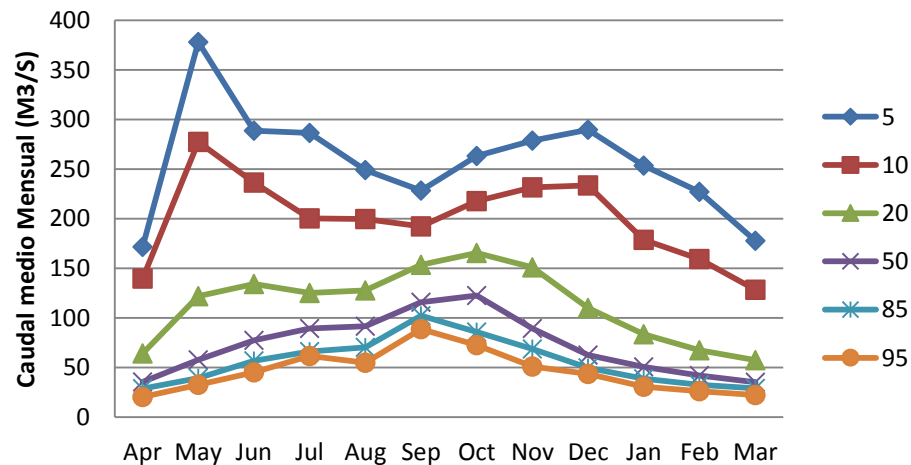
Variación Estacional SC4-Seco



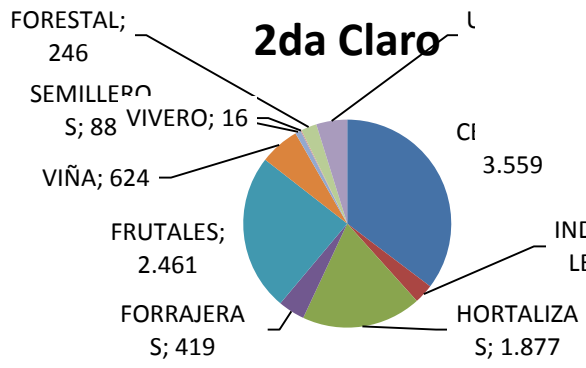
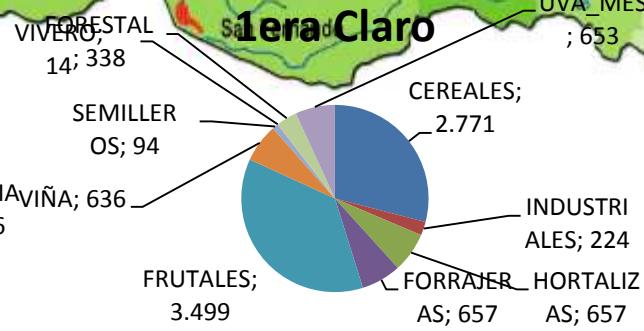
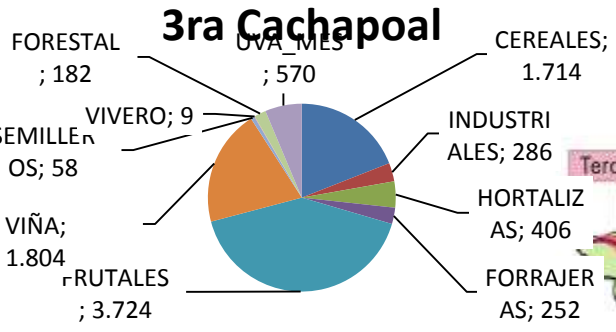
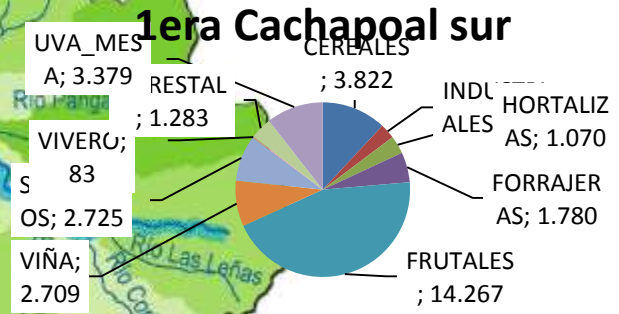
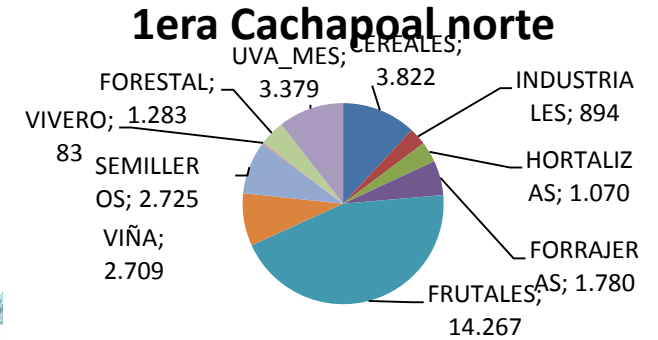
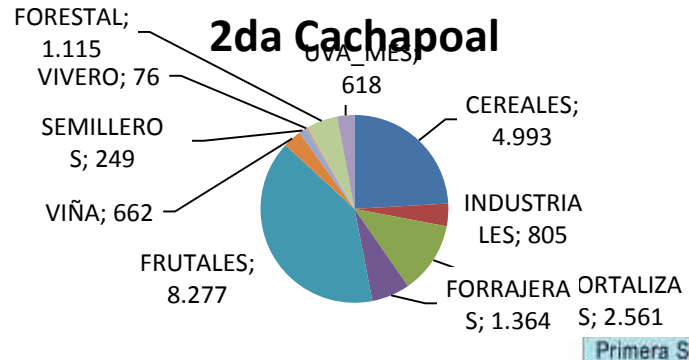
Variación Estacional SC4-Humedo



Variación Estacional SC4-Medio

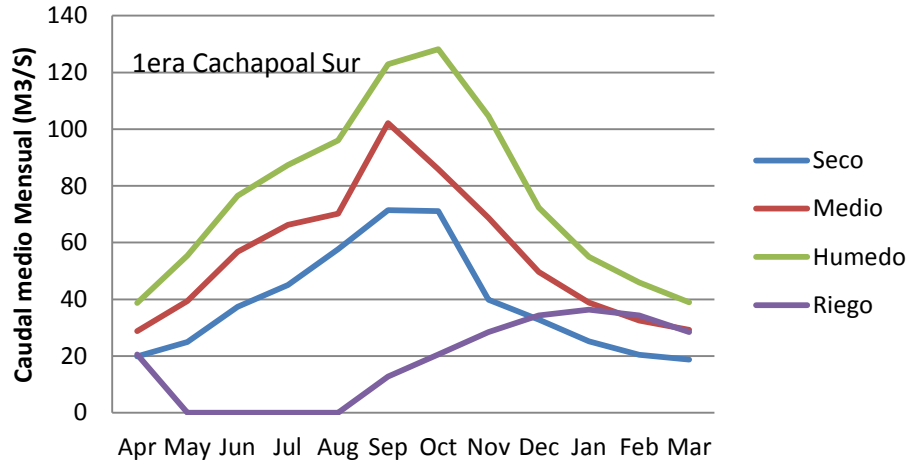


Análisis

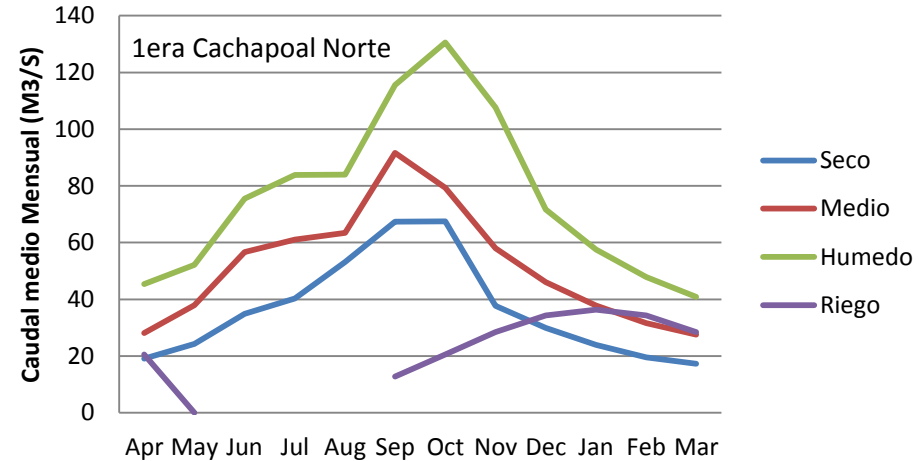


Análisis Q 85%

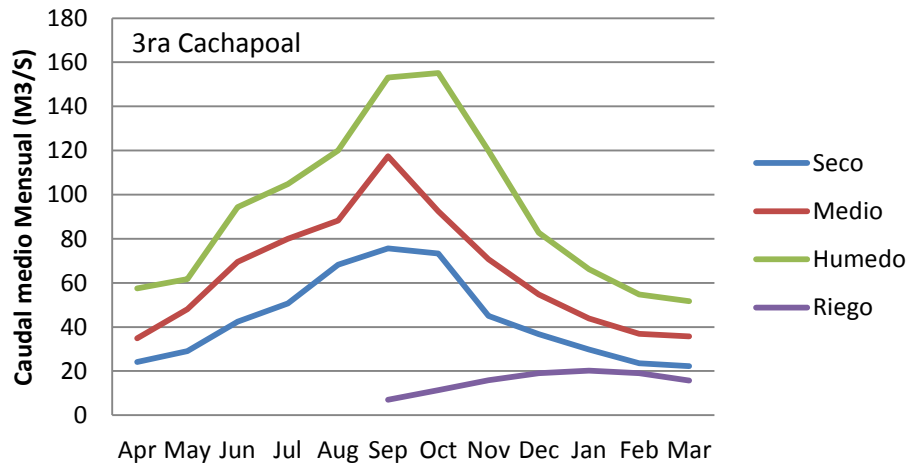
Q 85% - SC 4



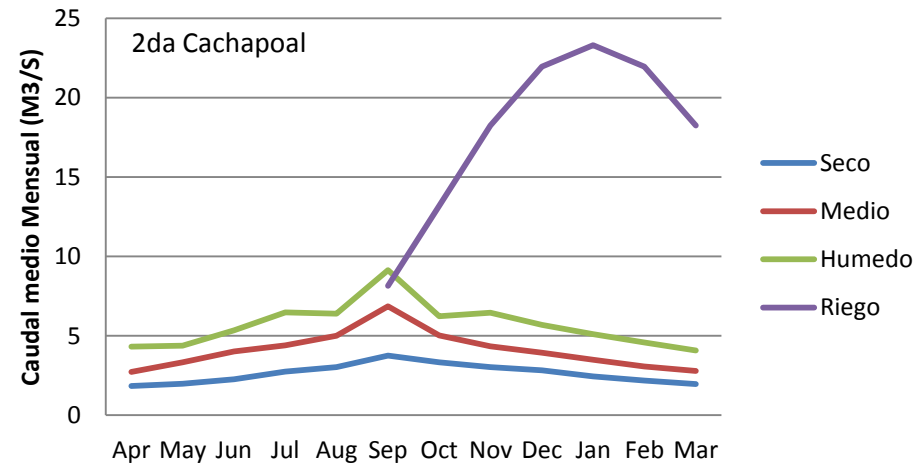
Q 85% - SC 3



Q 85% - SC 6



Q 85% - SC 1



Conclusiones

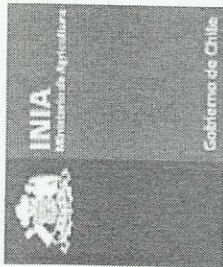
- ▶ En escenarios de baja probabilidad de precipitación en todas las sub cuencas se produjeron reducciones de flujo en un promedio anual superior al 20%, siendo los meses de verano más críticos, alcanzando 30% de déficit.
- ▶ En escenarios de alta probabilidad de precipitación todas las sub cuencas aumentan el flujo promedio anual cerca del 20%, siendo máxima el efecto en verano en las cuencas bajas, sin nieve.

Muchas gracias



1° sección del río Cachapoal

- ▶ Presentó una reducción de caudal promedio anual de 25%, respecto al escenario medio,
 - ▶ a nivel de promedio mensual varió entre 32% y 13%,
 - ▶ Periodo crítico de diciembre a febrero, con valores sobre el 30% de reducción de la disponibilidad de agua.
-
- ▶ El escenario húmedo dio como resultado un aumento del promedio anual de caudal de 18%, con variaciones de promedios mensuales máximo y mínimo de 24% y 7%



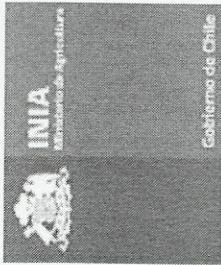
LISTA DE ASISTENCIA

"Productividad del agua en vid de mesa"
 "Efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua de cuencas de Chile"

Dr. Gabriel Sellés
 Dr. Hamil Uribe

FECHA: JEVES 09 DE OCTUBRE DE 2014, AUDITORIUM RAYENTUE

	NOMBRE	INSTITUCIÓN	TÉLEFONO	CORREO ELECTRÓNICO	FIRMA
1	Jorge Pinera Soto	AGROZALVALA	81788982	jorgepinera@ceaf.cl	
2	Cristian Jorjce Ramirez	DESTILERIA LOS ANDES SPA	6288201		
3	Sofie Felner	INIA	2521686	sfelner@inia.cl	
4	CAROL RUIZADA	REGTA INIA-CEAF	2521600	carlos.guiron@inia.cl	
5	ALITA SALAMANCA	REGTA INIA-CEAF	84789322	alita.salamanca@inia.cl	
6	SEBASTIÁN YAZAN	FUNDA LINDOS	81765660	sebastian.yazan@fmv.cl	
7	Angel Sabaterra	CEAF	89013601	angel.sabaterra@ceaf.cl	
8	Simón Solís	CEAF	8262812	ssolis@ceaf.cl	
9	Josefina Mujica	CEAF	77977157	jmfujica.ceaf@pmv.cl	
10	Marcelo Rivera	CEAF	56635192	MRivera@ceaf.cl	
11	Ismael Opazo	CEAF	9-7166167	i.opazo@ceaf.cl	
12	Patricia Silva	CEAF	99448630	psilva@ceaf.cl	



LISTA DE ASISTENCIA

"Productividad del agua en vid de mesa"

Dr. Gabriel Sellés

"Efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua de cuencas de Chile"

Dr. Hamil Uribe

FECHA: JEVES 09 DE OCTUBRE DE 2014, AUDITORIUM RAYENTUE

	NOMBRE	INSTITUCIÓN	TELÉFONO	CORREO ELECTRÓNICO	FIRMA
1	Anichelle Morales	CEAF	73769116	mmorales@ceaf.cl	
2	MAURICIO ORTIZ L.	CEAF	95496943	mortiz@ceaf.cl	
3	YENIFER VASQUEZ V.	SAG	66621757	YENIFER.VASQUEZ@SAG.GOB.CL	
4	PATRICIA RIVAS APENAS	SAG	72221955	patricia.rivas@prof.gob.cl	
5	Blunzo Catelan F	SAG	99180629	blunzo.catelan@Sag.gob.cl	
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Nombre: Alejandro Antúnez B.
Cargo: Investigador INIA La Platina
FONTAGRO
Organización: INIA – La Platina
Dirección: Av. Santa Rosa N° 11610, La Pintana - Santiago, Chile
País: Chile
Tel. directo: +56-2-25779283
Fax: +56-2-25779283
E-mail: aantunezb@inia.cl

INFORME DE ACTIVIDADES

DIFUSION DE LAS ESTRATEGIAS y

“Evaluación de los Cambios en la Productividad del Agua Frente a Diferentes Escenarios Climáticos en Distintas Regiones del Cono Sur”

INTRODUCCION

La actividad agrícola en Bolivia viene pasando efectos negativos del cambio climático, siendo que este proceso se acentúe en los próximos años. Por la importancia de este fenómeno en la región, se vuelve imprescindible generar estrategias de adaptación que mitiguen los efectos negativos y eventualmente aprovechen oportunidades generadas por el incremento en la variabilidad del clima.

En ese entendido el riego es un instrumento clave para construir estrategias de adaptación de los sistemas agrícolas, dado que permite incrementar el nivel de control sobre uno de los factores capitales para la producción. Sin embargo, junto con su potencial para mitigar la variabilidad climática, el uso del riego conlleva dos desafíos crecientes:

- a) el aumento en la eficiencia y la productividad en el uso de un recurso progresivamente más escaso y
- b) la adopción de prácticas que eviten o minimicen la contaminación de las fuentes de agua y las napas freáticas.

Dada la importancia del riego, en esta última parte del proyecto FONTAGRO ha desarrollado varios talleres de difusión en Bolivia dentro de los escenarios donde se ha trabajado.

El proyecto en esta parte contó con la participación de varios actores como son estudiantes de la Universidad Boliviana, Agricultores y técnicos de Instituciones involucrados en el rubro.

A partir de esta difusión se plantearon realizar en cada una de las cuencas un conjunto de actividades de difusión de sus avances y resultados (presentaciones nuevas en eventos y publicaciones de divulgación).

OBJETIVOS

El presente trabajo de difusión estaba orientado a productores, estudiantes de últimos semestres y técnicos de campo y profesionales del ramo, que constituye un importante instrumento de difusión de los conocimientos generados durante la ejecución del proyecto, que permitió aplicar en forma concreta prácticas relevantes en la mejora de la eficiencia productiva del recurso agua, tanto a nivel de agua como de cuenca.

De la misma manera se ha buscado capacitar en el manejo práctico del software SWAT y sus usos en el manejo de cuencas y la agricultura.

METODOLOGIA

Metodológicamente se trabajó bajo una lógica de cuencas, identificando en cada uno de ellos los escenarios de los cambios climáticos con el apoyo del programa SWAT, para ello se mostró los resultados relevantes desde el punto de vista productivo y en las que existiera la necesidad de profundizar el conocimiento de su funcionamiento y la comprensión de los sistemas de producción involucrados, las prácticas de riego utilizadas y las respuestas de los cultivos a las diferentes condiciones de manejo.

Cada cuenca fue caracterizada en base a los ensayos de campo realizados que permitieron elaborar funciones de producción adaptadas a cada cultivo seleccionado en las condiciones locales, elemento básico para evaluar la productividad de la tierra y del recurso agua en cada situación. Adicionalmente, utilizando modelos hidrológicos, se simuló a nivel de cuenca escenarios climáticos con déficit y excesos hídricos, considerando la interacción entre la productividad del agua y los diferentes escenarios evaluados.

En **Bolivia** se trabajó en el Altiplano y Valles interandinos del Departamento de La Paz, comunidades que abastecen de tubérculos, frutas y hortalizas a la ciudad de La Paz. Los cultivos fueron:

- Frutales (uva de mesa de origen local) y
- Hortalizas (tomate y papa).

Abordándose el trabajo con investigadores especialistas en riego, hidrología, climatología, fisiología vegetal y cambio climático, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

RESULTADOS

Inicialmente se caracterizaron las diferentes cuencas, describiendo su ubicación, área, características geomorfológicas y topográficas, caudales, estructuras de riego, cultivos y sistemas de producción involucrados y cantidad y características generales de los productores.

Los trabajos de campo abarcaron tres años, según los lugares y cultivos, realizándose en algunos casos ensayos en estaciones experimentales y en otros ensayos instalados en predios de agricultores en las comunidades de estudio. En general se seleccionaron dentro de las cuencas cultivos relevantes desde el punto de vista económico o que resultaran promisorios por su desarrollo reciente, cuya producción se realizara predominantemente bajo riego y para los cuales existieran carencias de información validada a nivel local.

Con variantes de acuerdo a los lugares y cultivos, los ensayos de campo tuvieron como objetivo determinar:

- la función de producción y el requerimiento hídrico de los cultivos y
- el efecto de los distintos tratamientos en el rendimiento del cultivo y sus componentes, en la calidad del producto y en la productividad del agua.

Los ensayos se estructuraron mayoritariamente bajo la modalidad de Riego Deficitario Controlado (RDC). Se compararon en los mismos:

- un tratamiento en la que el agua no tenga restricciones para el desarrollo del cultivo,
- distintos tratamientos en los que se restringe el aporte de agua en diferentes porcentajes.

Para cada uno de los tratamientos, en las diferentes cuencas, años y cultivos, se realizaron mediciones de la producción, el rendimiento, parámetros de calidad del producto y la cantidad del agua aplicada en diferentes etapas del ciclo. En base a estas medidas se calcularon para cada sitio y tratamiento la productividad de la tierra y la productividad el agua aplicada.

En general los ensayos de campo permitieron generar información valiosa para la determinación de las láminas de riego en las que se obtienen óptimos desde el punto de vista de la productividad de la tierra (máximo de kgs de producto por unidad de superficie) y aquellas en las que se obtiene la máxima productividad del recurso agua (máximo de kgs de producto por metro cúbico de agua ofrecida al cultivo).

Los resultados generales obtenidos muestran que existen rangos importantes de respuesta si lo que se busca es optimizar la eficiencia en el uso del agua. Esta información es especialmente valiosa si se consideran escenarios en los que se produzca en condiciones de mayor déficit de agua en las diferentes cuencas. Sin embargo, la información generada también orienta respecto a las implicancias en la disminución del resultado productivo en cantidad y calidad de producto por unidad de superficie, lo cual tiene incidencia directa en los resultados económicos que tendrán los productores.

Por último, en cada cuenca se realizaron simulaciones de diferentes escenarios climáticos que implicarían déficits o excesos de precipitaciones, impactando en los sistemas de producción. El análisis de este impacto pudo realizarse aplicando la información obtenida en los ensayos de campo, generando un conjunto de reflexiones de alto valor para la administración del recurso agua en la eventualidad de cada una de estas situaciones.

En ese entendido los aspectos generales para la difusión de las estrategias de riego se enmarcaron en la realización de talleres de difusión para mostrar estos resultados, sobre:

- El uso adecuado de agua para riego (Captación, almacenamiento, distribución y aplicación del agua de riego.)
- Manejo agronómico de los diferentes cultivos (especialmente el conocimiento de la fisiología de los mismos), que permita un uso óptimo del recurso agua.
- Simulación de diferentes escenarios utilizando el programa SWAT

TALLERES REALIZADOS PARA LA DIFUSION					
Nº	NOMBRE DEL EVENTO	FECHA	LUGAR	Nº DE PARTICIPANTES	OBSERVACIONES
1	Curso de SWAT	04/10/2014	Auditorium Carrera de Ingeniería Agronomica (CIA)	34	Estudiantes CIA y técnicos
2	Curso de SWAT, estrategias de manejo	11/10/2014	Est. Exp. Choquenaira	49	Agricultores y técnicos
3	Curso de SWAT, estrategias de manejo	25/10/2014	Est. Exp. Choquenaira	32	Estudiantes CIPyCA y técnicos
4	Curso de SWAT, estrategias de manejo	13/11/2014	Est. Exp. Choquenaira	30	Estudiantes otras Universidades
5	Curso de SWAT, estrategias de manejo	26, 27 - 11-14	Est. Exp. Choquenaira	64	Estudiantes CIPyCA, CIA e Instituciones
			total participantes	209	

De acuerdo a reportes se tuvo una participación de 209, entre ellos estuvieron agricultores, estudiantes de las carreras de la facultad de Agronomía y técnicos de instituciones que trabajan en ramas afines.

Como conclusión se puede manifestar que los eventos de difusión fueron bien recibidos por la población beneficiaria, es decir que el trabajo realizado por el Fontagro tuvo impacto dentro de la región de los Valles Interandinos de nuestro país.

Es cuanto puedo informar para fines consiguientes del caso.

Atte.

Ing. Rolando Céspedes Paredes
DOCENTE INVESTIGADOR
FACULTAD DE AGRONOMIA

NOTA.- EN ANEXOS ENVIAMOS LAS FOTOS Y LISTAS DE PARTICIPANTES

ANEXOS

FOTOGRAFÍAS DE LOS TALLERES REALIZADOS







Curso - SWAT

4 de Octubre 2014

Nombre y Apellido

Nombre y Apellido	C. I.	Correo
1. Jorge Luis Mamani Nina	6992684 LP.	coqui_24.10@hotmail.com
2. Orhuela Nina Estefany.	8402355 LP.	tefy.orhuela@gmail.com
3. Mamani Poma Luis Gonzalo	6854434 LP	lsmp_2009@hotmail.com
4. Isaac Ivan Mamani Yujca	6058018 LP.	isaac.lvan 11@gmail.com
5. Cesar Lino Mamani Yujca	6831304 LP	Cesar.Lino@gmail.com
6. Bruzo Sampedo Beatriz	8318951 LP	beita.mbs@gmail.com
7. Huanca Choque Cecilia	8312779 LP	Cecilia-hch@hotmail.com
8. ORTEGA CALLE GLADYS PLACIDA	6767157 LP.	ortega-calle@hotmail.com
9. Quispe Torres Jimena	8394977 LP.	Jimetorres-91@hotmail.com
10. Atahuachi Mamani Wilmer Tito	8302830 LP.	witi.atma@gmail.com
12. Beltrán Quispe Micaela	6750362 LP.	rnitry001@hotmail.com
13. Flores Blanco Ayda Dayna	7024407 LP.	luzdayna_20@hotmail.com
14. Quenallata Alraga Alvaro f	6950263 LP	alvariora_159@hotmail.com
15. Ilver Baltazar Poma Poma	6144484 LP.	pomapomailver@gmail.com
16. Adorian Ramos Paye	3396462 LP.	aramospaye@yahoo.com
17. ROGER HUAYGUA SARAVIA	6877708 LP.	rhuaygua_31oct@hotmail.com
18. FABRIKA A. SARAVIA HUANCA	83415002 L.P.	gabi-07oct@hotmail.com
19. Carla Luisa Choque Hidalgo	4925736 LP.	lcarlytahes@gmail.com
20. Olga Trina Guanto	7031810 L.P.	taycon-127tg@hotmail.com
21. Rosana Céspedes Aparca	4887148 L.P.	rosasus_28@gmail.com
22. David Erick Ramirez Ochoa	6171578 LP	ramirezdav4@yahoo.com
23. SHIGLER TORREZ ELAINE SAYURI	6031699 LP	
24. Poroma Beltran Marcelo.	8347187 LP.	
25. Mamani Alvarez Lizzeth lola	8321177 LP.	lola-soalvarez@hotmail.com

Ing. Rolando Céspedes Paredes
COORDINADOR ALTERNO
PROY. FONTAGRO - FAC. AGRO. - U.M.S.A.

Ing. Ph. L. Pérez Ch. García Rivera
DIRECTOR CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA
FACULTAD DE AGRONOMIA U.M.S.A.



NOMINA DE INSCRITOS ESTUDIANTES CIPYCA

TALLER DE CAPACITACION SABADO 04/10/14

E.E. CHOQUENAIRA

1. BORIS ORLANDO CHAVEZ CANAVIRI C.I. 4987466 L.P.
2. FANNY ROSSIO FLORES MANZANEDA C.I. 6900334 L.P.
3. RAQUELIN ROSEMERY BURGOS POMA C.I. 4855584 L.P.
4. RICHARD MAMANI LOPEZ C.I. 6996287 L.P.
5. ROLANDO RAMOS TORREZ C.I. 4787369 L.P.
6. MONICA CALLE VASQUEZ C.I. 7081045 L.P.
7. EFRAIN IVAN MERLO QUISPE C.I. 10008255 L.P.
8. PAOLA CALLISAYA MIRANDA C.I. 6059382 L.P.
9. LIDIA GUTIERREZ COPA C.I. 9217504 L.P.


Ing. Rolando Céspedes Paredes
COORDINADOR ALTERNO
PROY. FONTAGRO - FAC. AGRO. - UMSA


Ft. E. Elena C. Bana Rivera
DIRECTOR CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA
FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA





Estación Experimental Choquenaira - Facultad de Agronomía - UMSA

Facilitador(es): hombres mujeres total

Objetivo:

Nombre del taller: CURSO CWA7 Fecha desde 25 - Oct - 2014
 Hasta 25 - Oct - 2014

No.	Nombre Estudiante	Firma	e-mail
1	Fabiola Acosta Rojas	<i>[Signature]</i>	
2	Gaby Fabiola Poma Copa	<i>[Signature]</i>	
3	Paola Andrea Ortiz Jimenez	<i>[Signature]</i>	
4	Jasmani Casas Estrada	<i>[Signature]</i>	
5	Juan Carlos Quispe Poma	<i>[Signature]</i>	
6	Cristian Quispe Chico	<i>[Signature]</i>	
7	Bergio Daniel Mengoa A	<i>[Signature]</i>	
8	Rudy Rodrigo Poma Choque	<i>[Signature]</i>	
9	Rodrigo Gonzalez Romero	<i>[Signature]</i>	
10	Sida Perez Quispe	<i>[Signature]</i>	
11	Rodrigo Avaranza Aro	<i>[Signature]</i>	
12	Coraly Villameal Bernabe	<i>[Signature]</i>	
13	Rosa Roxana Calsina Abelo	<i>[Signature]</i>	
14	Luz Karen Yarniguez Zúñiga	<i>[Signature]</i>	

[Signature]
 Ing. Rolando Cepeda Patrodes
 COORDINADOR ALTERNATIVO
 PROJ. FONTAGRO - AC. AGRO. - UMSA

[Signature]
 Ing. Rolando Cepeda Patrodes
 COORDINADOR ALTERNATIVO
 PROJ. FONTAGRO - AC. AGRO. - UMSA



No.	Nombre Estudiante	Firma	e-mail
15	Jorge Luis Mamani Nina		
15	Paola Callizaya Miranda		
16	Rolando Ramos Torres		
17	Lidia Quiroz Coza		
18	Choque Mayta Rosmery		
19	QUINO QUIROE PABLO DANIEL		
20	Noel Bruno Casillas		
21	Rosario Carita Targui		
22	Wlma Silvia Yujra		
23	Yolanda Machaca Illanes		
24	Rene Lonata Ticona		
25	Elsa Valdivia Gueraqui		
26	Ximena Monica Onofre Quenta		
27	Shon Erick Mollo Poma		
28	Lizzeth Lola Mamani Alvarez		
29	Mariela Huanca Ticona		
30	Victor Rodas Arano		
31	Fanny R. Flores Manzaneda		
32	ADRIAN RAMOS RAQUE		

Ing. Rolando Caspades Paredes
COORDINADOR ALTERNIVO
PROY. FONTAGRO - FAC. AGRO. - UMSA

Dr
Ing. E. T. B. G. Rivera
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRONOMICA
FACULTAD DE AGRICULTURA Y GANADERIA





Estación Experimental Choquenaira - Facultad de Agronomía - UMSA

Objetivo: hombres mujeres total

Nombre del taller: CURSO SWAT Fecha desde 13 - Nov. - 2014
 Hasta 13 - Nov. - 2014

No.	Nombre y Apellido	Firma	e-mail
1	Cristal Taboada B		cristal_taboada@hotmail.com
2	Felipe Borja		felipeborja@yahoo.com
3	FELIX MAMANI R.		programa@yahoo.es
4	Ana Huigosa		huigosaana@hotmail.com
5	Katia Onoste		konostec@yahoo.es
6	Wilson P. Alcon S.-pa.		wil_sae@hotmail.com
7	E. Omar Condori Mamani		osmarf103000@gmail.com
8	Freddy Porco Chiri		f_p_c_pc@hotmail.com
9	René Chipare Rivas		
10	Ada C. Gamon Llano		adacaima@hotmail.com
11	JUAN APARICIO P		iiaren.aparicio@gmail.com
12	René T. Condori Equie		E.E. Choquenaira
13	Zenon Martinez F		martinezzenon@yahoo.es
14	Bernardo Soliz G.		E.E. Choquenaira

Ing. Rolando Cespedes Paredes
 COORDINADOR ALTERNATIVO
 PROJ. FONTARRÓ - FAC. AGRO - UMSA



No.	Nombre y Apellido	Firma	e-mail
15	Mario Antonio Echevarría Quezada		monmaeq@gmail.com.
15	Silvia Aliaga Zeballos		etelolizg@aol.com
16	Milán Macías Villalobos		maciasmilt@hotmail.com
17	Rodríguez Huallpa Choque		rodrepxhuallpa@gmail.com
18	Germán José Conderi Layme		German-jose9@hotmail.com
19	Jonathan Hinojosa Vilca		perfect10@hotmail.com
20	Jacqueline Chambi Nina		leyuventa@msn.com
21	Olga Tuona Guanto		taycon-127tg@hotmail.com
22	Ilver Baltazar Poma Poma		pomapomailver@gmail.com
23	ROGER HUAYGUA SARAVIA		osito-31oct@hotmail.com
24	Dora Tambo Laine		dotata_16@hotmail.com
25	Gabriela Laura Apaza		gablawapa@gmail.com
26	Choque Hidalgo Carla Luisa		lcarlylah@gmail.com
27	Rosens Cespedes Apaza		onesur.28@gmail.com
28	Nicolás Herrera Martínez		Adm. E. E. Choq
29	Gimena Yujra Cari		gimenayujra@hotmail.com
30	ADRIAN RAMOS PAYE		aramospaye@yahoo.es.
31			
32			

Ing. Rolando Cespedes Paredes
 COORDINADOR ALTERNIO
 PROJ. FONTAGRO - FAC. AGRO. - UMSA

1^{er} P. P. Paredes
 INGENIERO CARRERA INGENIERIA AGRICOLA
 FACULTAD DE AGRICULTURA



No.	Nombre Estudiante	Firma
14	DAVID QUISPE FARQUINO	
15	Henry R. Calle Chuque	
16	Luisa Maldonado Bautista	
17	Adriana Valenzuela Vargas	
18	Lizeth V Benito Valdivia	
19	Beatriz Villa Villazon	
20	Viviana Cadena Salazar	
21	Maribel Fernandez Quispe	
22	Luis Carlo Mamani Velasco	
23	Alejandra Sanchez Calle	
24	DANIEL GARCIA TICORA	
25	MARIELA DAYANA GOMEZ	
26	Vanica Michelle Paye Ariza	
27	Mavelin Misto Segarra	
28	Erika R. Gutierrez Callisaya	
29	Verónica Huallpa Condori	
30	Dayna Noelia Couzo Yujia	
31	Leydi Aydee Mamani Huiza	
32	Akin Casias Maras	

DR. Rolando Cepeda
 COORDINADOR ALTERNOS
 PROY. FONTEAGRO - FAC. AGRO. - UMSA

INSTITUCIÓN EDUCATIVA
 FACULTAD DE AGRICULTURA
 PROYECTO FONTEAGRO



No.	Nombre Estudiante	Firma
33	Herbert Miranda Chavez.	
34	Daniela Machado Callizaya	
35	Elias Chura Calle	
36	JESUS ROBERTO BENTHO CHAVEZ ALCOA	
37	Arif Messid Poppe T.	
38	RUDOX GUISBERT VALERO	
39	Blanca Quispe Nayd Tania	
40	Borda Alvarado Sanddy Anny	
41	Vargas Luna Kimberly	
42	Ticona Pari Henry Rolando	
43	Tarqui Auentos Poli David	
44	Javier Coaguira Yujra	
45	Karel R. Rodriguez Murillo	
47	Carlos R. Rivera A. Saizpe	
48	Nagonia Pallarico Sirpa	
49	Pilar Naysha Pomacahua Palli	
50	Anahi Bernal Calle	
51	MAURICIO ORMPERTEGUI G.	
52	Winston Marcelo Chény Vera	

Ing. Rolando Céspedes Paredes
COORDINADOR ALTERNO
PROY. FORTALEZCO - FAC. AGRO. UMSA

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
CARRERA DE INGENIERIA EN AGRICULTURA
La Paz - Bolivia



- 53 SARAVIA CAMEO JUNIA PAOLA
- 54. Garcia Saenz Alejandra Emma
- 55. † Garcia Brogués Ingri del
- 56 Rosario Avendaño Fernández
- 57. Nascimento Dora Clarissa Renata
- 58. Chavez Silva Katherine Jeanne
- 59. Venegas Burgos Mauricio Lot
- 60. Abel Christopher Chambi Castaños
- 61. Jhoseline Huabos Tinta
- 62. Juana Katherine Quisber Coca
- 63. Helen Mendiola Barrios
- 64. Mariana Condorana Conde












 Ing. Rolando Céspedes Paredes
 COORDINADOR ALTERNO
 PROJ. FONTAGRO - FAC. AGRO. - U.M.S.A.


 Ing. María Rivera
 COORDINADOR ALTERNO
 FACULTAD DE AGRICULTURA - U.M.S.A.

Anexo 3

Programa, fotografías y presentaciones del Seminario Taller SWAT

14th November 2014 Invitación "Taller de usuarios
latinoamericanos del modelo
SWAT - Proyecto FONTAGRO
FTG 8042/08"








**TALLER DE USUARIOS LATINOAMERICANO DEL MODELO SWAT
E INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN DE OTROS
MODELOS HIDROLÓGICOS.**

Fecha: 25 al 27 de Noviembre de 2014.
Lugar: Auditorio INTA, calle Chile 460, C.A.B.A.

OBJETIVOS:

- *Difusión de resultados e Intercambio de experiencias sobre la aplicación del modelo SWAT "Soil and Water Assessment Tool" en diferentes cuencas hidrográficas.
- * Conformar una red de usuarios del modelo SWAT.
- *Puesta en valor de otros modelos hidrológicos y su aplicabilidad con diferentes propósitos.

PAÍSES PARTICIPANTES DEL PROYECTO FONTAGRO FTG 8042/08 : Chile, Bolivia, Uruguay y Argentina.

Contacto: damiano.francisco@inta.gov.ar





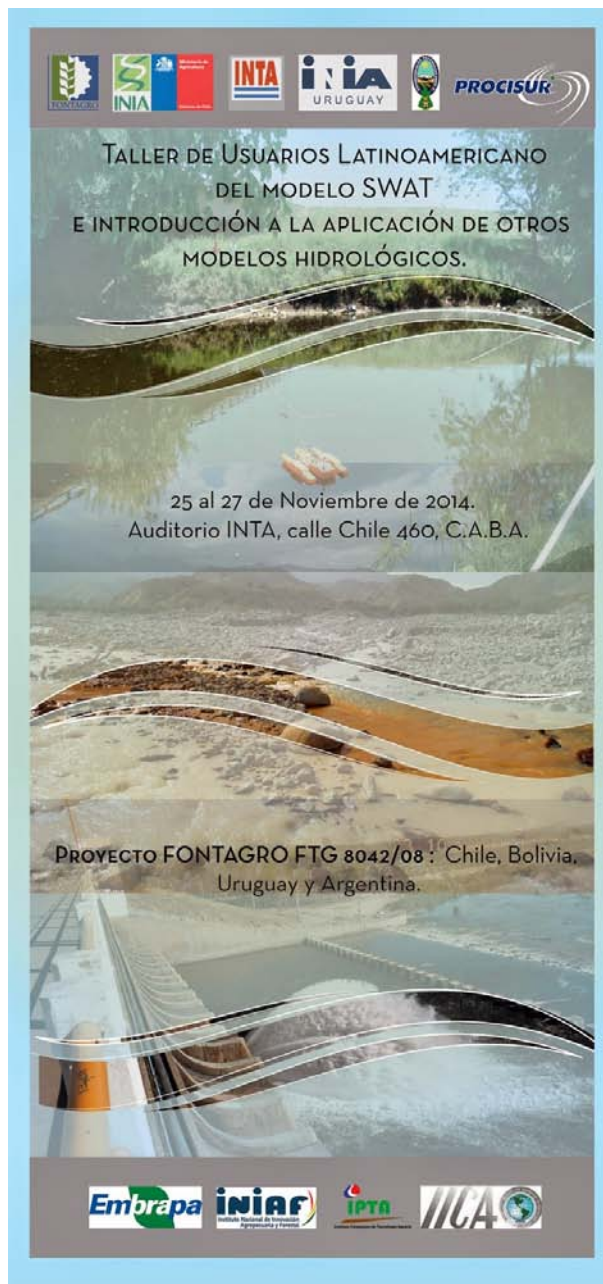

[<http://4.bp.blogspot.com/-ZB65KbUI4p0/VGXvOxIQca/AAAAAAAAAI4/zUIOR49S-xk/s1600/Invitacion.jpg>]

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres

0 Añadir un comentario

14th November 2014

Taller de usuarios latinoamericanos del modelo SWAT e introducción de otros modelos hidrológicos



[http://1.bp.blogspot.com/-7OP0haVewdk/VGXxjfxGRI/AAAAAAAAAJE/Fc6GK7iEfhg/s1600/7559_banner_90x190.jpg]

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres

14th November 2014

Objetivos

Difusión de resultados del Proyecto FONTAGRO e intercambio de experiencias sobre la aplicación del modelo SWAT “Soil and Water Assessment Tool” en diferentes cuencas hidrográficas.

Conformar una red de usuarios del modelo SWAT.

Puesta en valor de otros modelos hidrológicos y su aplicabilidad con diferentes propósitos.

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres



Añadir un comentario

14th November 2014 Organización y Participantes

Organiza: INTA, Programa Nacional Agua

Financia: FONTAGRO (FONdo Regional de Tecnología AGROpecuaria)

Países participantes del Proyecto FONTAGRO FTG 8042/08:

- Chile
- Bolivia
- Uruguay
- Argentina

Invitados: Participantes del Proyecto FONTAGRO, profesionales del Instituto de Hidrología de Llanura, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Subsecretaría de Recursos Hídricos, Instituto Nacional del Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres

0 Añadir un comentario

14th November 2014

Programa del Taller

Día 25 (Mañana: 8:30-12:30)

Recepción y Apertura del Taller

Presentación del Proyecto FONTAGRO: INIA Uruguay e INTA Argentina

Modalidad del Taller

Intervalo: Café

Módulo: Cuencas Hidrográficas de Argentina (Moderador F. Damiano)

- Cartografía de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina - Atlas 2010. Dr. Miguel A. Giraut, SsRH. C.A.B.A.
- Sistema Jurídico para la Gestión de las Cuencas Hidrológicas de Argentina: códigos y desafíos jurídicos para enfrentar la crisis del agua. Dr. Juan C. Acuña, Presidente del Consejo Local Asesor de la EEA Pergamino.

Día 25 (Tarde: 14:00-16:30)

Módulo: Modelo SWAT (Moderadora M. Amarilla)

- Aplicación del Modelo SWAT en la cuenca del Río Arrecifes de la Región Pampeana. Sofía Havrylenko. Instituto de Clima y Agua, INTA-Castelar.
- Respuesta hidrológica ante diferentes escenarios climáticos en la Cuenca del Salí Dulce usando SWAT. Howard van Meer, INTA-Santiago del Estero.
- Validación del modelo SWAT en la Cuenca del Río Quequén Grande y evaluación de cambios potenciales en el uso de tierras. María V. Feler. Instituto de Clima y Agua, INTA-Castelar.

Día 26 (Mañana: 9:00-12:30)

Recepción y Café

Módulo: Modelo SWAT Cuencas Latinoamericanas (Moderadores C. García/H. Uribe)

- Modelación de la cuenca del Río Cachapoal como herramienta para el estudio del impacto del cambio de la precipitación en la disponibilidad del agua para riego. Hamil Uribe INIA – Chile.
- Aplicación del modelo hidrológico-SWAT en las micro cuencas del río El Porvenir y río Keka del Departamento La Paz – Bolivia. Ing. Yuridia Céspedes Apaza. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Variabilidad de la disponibilidad de agua en distintos escenarios climáticos en dos cuencas hidrográficas de Uruguay. Ing. Agr. Dr. Claudio García, INIA Las Brujas, Uruguay.

Día 26 (Tarde: 14:00-16:30)

Módulo: Modelos hidrológicos e hidráulicos (Moderador E. Flamenco)

- Análisis de sequías e inundaciones en la cuenca del arroyo del Azul por medio de SWAT. Cristian Guevara Ochoa, IHLLA-Azul.
- Modelos hidrológicos matemáticos para áreas de llanura: Cuenca Los Saladillos, Santa Fe. Carlos Scioli, FICH, Santa Fe.
- Estudio de la dinámica del escurrimiento superficial del Delta Medio del río Paraná. Martín Sabarots Gerbec, INA-Ezeiza.
- Río Colorado. Modelación hidrodinámica de apoyo a la delimitación de la línea de ribera. Juan Borús, SiyAH, INA-Ezeiza.

Día 27 (Mañana: 9:00-12:30)

Recepción y Café

Módulo: Trabajo Grupal modelo SWAT

Consignas:

- Experiencias adquiridas en el uso, manejo y aplicación del modelo SWAT.
- Conformar una red de usuarios del modelo SWAT Latinoamericano (Foro:

dropbox, Google, Blog).

Conclusiones y cierre del taller

Descarga de programa:

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Programa_Taller_SWAT_2014.pdf

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres



Añadir un comentario

14th November 2014

Presentaciones

Módulo: Cuencas Hidrográficas de Argentina (Moderador F. Damiano)

- Cartografía de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina - Atlas 2010. Dr. Miguel A. Giraut, SsRH. C.A.B.A.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_garcia.pdf

- Sistema Jurídico para la Gestión de las Cuencas Hidrológicas de Argentina: códigos y desafíos jurídicos para enfrentar la crisis del agua. Dr. Juan C. Acuña, Presidente del Consejo Local Asesor de la EEA Pergamino.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/TallerSWAT2014_Acu%C3%B1a.ppsx

Día 25 (Tarde: 14:00-16:30)

Módulo: Modelo SWAT (Moderadora M. Amarilla)

- Aplicación del Modelo SWAT en la cuenca del Río Arrecifes de la Región Pampeana. Sofía Havrylenko. Instituto de Clima y Agua, INTA-Castelar.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_havrylenko.pdf

- Respuesta hidrológica ante diferentes escenarios climáticos en la Cuenca del Salí Dulce usando SWAT. Howard van Meer, INTA-Santiago del Estero.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_van%20meer.pdf

- Validación del modelo SWAT en la Cuenca del Río Quequén Grande y evaluación de cambios potenciales en el uso de tierras. María V. Feler. Instituto de Clima y Agua, INTA-Castelar.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_van%20meer_.pdf

Día 26 (Mañana: 9:00-12:30)

Módulo: Modelo SWAT Cuencas Latinoamericanas (Moderadores C. García/H. Uribe)

- Modelación de la cuenca del Río Cachapoal como herramienta para el estudio del impacto del cambio de la precipitación en la disponibilidad del agua para riego. Hamil Uribe INIA – Chile.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_hamil.pdf

- Aplicación del modelo hidrológico-SWAT en las micro cuencas del río El Porvenir y río Keka del Departamento La Paz – Bolivia. Ing. Yuridia Céspedes Apaza. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_apaza.pdf

- Variabilidad de la disponibilidad de agua en distintos escenarios climáticos en dos cuencas hidrográficas de Uruguay. Ing. Agr. Dr. Claudio García, INIA Las Brujas, Uruguay.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_garcia.pdf

Día 26 (Tarde: 14:00-16:30)

Módulo: Modelos hidrológicos e hidráulicos (Moderador E. Flamenco)

- Análisis de sequías e inundaciones en la cuenca del arroyo del Azul por medio de SWAT. Cristian Guevara Ochoa, IHLLA-Azul.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_guevara.pdf

- Modelos hidrológicos matemáticos para áreas de llanura: Cuenca Los Saladillos, Santa Fe. Carlos Scioli, FICH, Santa Fe.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_scioli.pdf

- Estudio de la dinámica del escurrimiento superficial del Delta Medio del río Paraná. Martín Sabarots Gerbec, INA-Ezeiza.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT2014_sabarots.pdf

- Río Colorado. Modelación hidrodinámica de apoyo a la delimitación de la línea de ribera. Juan Borús, SiyAH, INA-Ezeiza.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller_INTA_2014nov26-Bor%C3%BAs-Sabarots.pdf

Día 27 (Mañana: 9:00-12:30)

Módulo: Trabajo Grupal modelo SWAT

Consignas:

- Experiencias adquiridas en el uso, manejo y aplicación del modelo SWAT.
- Conformar una red de usuarios del modelo SWAT Latinoamericano (Foro: dropbox, Google, Blog).

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT%20grupo%201.docx

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT%20grupo%202.doc

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Taller%20SWAT%20grupo%203.doc

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres



Añadir un comentario

14th November 2014

Fotos



[<http://3.bp.blogspot.com/-7PmRolsQU5k/VHyXUsqbiRI/AAAAAAAAALU/B4ZUd2g7p1o/s1600/DSCN1814.JPG>]



[<http://1.bp.blogspot.com/-J83OBNY7wao/VHyWPJ9v1yI/AAAAAAAAAJU/UcVcGpfD-3Y/s1600/DSCN1796.JPG>]



[http://4.bp.blogspot.com/-_xahApCnpqE/VHyWPnYfjRI/AAAAAAAAAJk/UGmWPxAFlq4/s1600/DSCN1797.JPG]



[<http://1.bp.blogspot.com/-U2IglFgCv0o/VHyWPy7ROHI/AAAAAAAAAJY/4dch7jMCzBU/s1600/DSCN1798.JPG>]

Taller de usuarios lati...

buscar

Classic Flipcard Magazine Mosaic Sidebar Snapshot Timeslide



[<http://2.bp.blogspot.com/-k7qk0Ein3k8/VHyWW93zBLI/AAAAAAAAAJs/K2yNIC2B0x8/s1600/DSCN1799.JPG>]



[<http://1.bp.blogspot.com/-A-EqgpGioOs/VHyWcuBvcBI/AAAAAAAAAJ0/cPUovF7QOuw/s1600/DSCN1801.JPG>]



Plantilla Dynamic View s. Con la tecnología de Blogger.



[http://2.bp.blogspot.com/-WZdIU9-6YI0/VHyWmhIVWzI/AAAAAAAAAKE/-_YtIX-0PGU/s1600/DSCN1803.JPG]



[http://2.bp.blogspot.com/-MfC_BwD7kjl/VHyWtsJgr5I/AAAAAAAAAKQ/-iNAu1FU4Qk/s1600/DSCN1804.JPG]

[http://1.bp.blogspot.com/-dai_RAUmAdI/VHyWtDiEN0I/AAAAAAAAAKM/yWYGSh1EsQc/s1600/DSCN1805.JPG]

[<http://4.bp.blogspot.com/-5r3nhN-Wpy8/VHyWyUT1vsI/AAAAAAAAAKc/RBibKU3qH7o/s1600/DSCN1806.JPG>]

[<http://2.bp.blogspot.com/-WPC1IjomPeQ/VHyW7rR433I/AAAAAAAAAKk/MPceEXRahIE/s1600/DSCN1807.JPG>]

[<http://2.bp.blogspot.com/-xMe-UsrCRJ8/VHyW9u4V2II/AAAAAAAAAKs/muFPVQx3XGE/s1600/DSCN1808.JPG>]

[<http://1.bp.blogspot.com/-rQjb97WaoTk/VHyXAzzOdfI/AAAAAAAAAK0/P7yxTvi47yw/s1600/DSCN1809.JPG>]

[http://4.bp.blogspot.com/-CXnbp7KJo_o/VHyXFitdpKI/AAAAAAAAAK8/GOj63Jbk2R8/s1600/DSCN1810.JPG]

[<http://3.bp.blogspot.com/-2uQt8CV8RZs/VHyXQm-ibzI/AAAAAAAAALM/LRYe7Waxsa/s1600/DSCN1812.JPG>]

[<http://1.bp.blogspot.com/-RGN29rs5-EQ/VHyXPmtzaI/AAAAAAAAALE/8CSz0vcdB-Y/s1600/DSCN1813.JPG>]

[<http://1.bp.blogspot.com/-lWuWbSCLHRc/VHyYLHpOBSI/AAAAAAAAALc/mt9AUVpBpk/s1600/DSCN1811.JPG>]

[http://1.bp.blogspot.com/-m14d0p_ynws/VHyw_gZ2e3I/AAAAAAAAAL0/iaj5sQeraP4/s1600/Capital%2BFederal-20141125-00007.jpg]

[http://2.bp.blogspot.com/-ZpQ_NI01LaQ/VHyw_YWrBOI/AAAAAAAAALs/ryHFijNLkgs/s1600/Capital%2BFederal-20141125-00008.jpg]

[http://4.bp.blogspot.com/-LLMJsYhwQnQ/VHyw_tjpocI/AAAAAAAAALw/PMcCAm8ADGw/s1600/Capital%2BFederal-20141126-00009.jpg]

[<http://3.bp.blogspot.com/-MXg5msmZNpo/VHyxA1oqGzI/AAAAAAAAAME/-iJEa9KDBR8/s1600/Capital%2BFederal-20141126-00012.jpg>]

[<http://2.bp.blogspot.com/-JOmyxDzy71c/VHyxCikw-EI/AAAAAAAAAMM/4Xf-h1L04vg/s1600/Capital%2BFederal-20141126-00014.jpg>]

[<http://2.bp.blogspot.com/-HMHAccZqKyw/VHyxEy20ZNI/AAAAAAAAAMU/ohtOOSc4mag/s1600/Capital%2BFederal-20141126-00017.jpg>]

[<http://4.bp.blogspot.com/-Z1JIMdOGea8/VHyxG5edLMI/AAAAAAAAAMc/JQTuLJZJFSc/s1600/Capital%2BFederal-20141126-00018.jpg>]

[<http://2.bp.blogspot.com/-Ic84in9o5i0/VHyxJJMRp9I/AAAAAAAAAMk/qccYCs53SEE/s1600/Capital%2BFederal-20141126-00025.jpg>]

[<http://2.bp.blogspot.com/-Wnv-kI3Wfys/VHyxK2raiYI/AAAAAAAAAMs/7tv9u5VmXTI/s1600/IMG-20141125-00003.jpg>]

[<http://2.bp.blogspot.com/-RiQmrl7EWTY/VHyxM3oNbEI/AAAAAAAAAM0/8Mq2uCCGOg8/s1600/IMG-20141125-00004.jpg>]

[<http://3.bp.blogspot.com/-75vAkGoQ8Yk/VHyxOph0KII/AAAAAAAAAM8/mDRTKkT5PPQ/s1600/IMG-20141125-00006.jpg>]

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres



Añadir un comentario

14th November 2014 Documentos disponibles para descarga

- Una metodología para el manejo integral de extremos hídricos en una cuenca rural en zona de llanura. Caso de estudio: cuenca arroyo santa catalina, provincia de buenos aires. Resumen. Cristian Guevara Ochoa.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Cristian%20Guevara%20Ochoa.docx

- Atlas Digital de Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la República Argentina - Versión 2010. Resumen. Miguel Ángel Giraut – Sebastián Gabriel Ludueña.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/RESUMEN%20ATLAS_2010.pdf

- Aplicación del modelo SWAT para evaluar sequías agropecuarias en la cuenca del río Arrecifes (prov. Buenos Aires). Trabajo. Havrylenko et al.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/IFRH2014_havrylenko_et al.pdf

[<http://www.minagri.gob.ar/>]

[file:///C:/Users/Equipo/AppData/Local/Temp/msohtmlclip1/02/clip_image001.jpg]

[file:///C:/Users/Equipo/AppData/Local/Temp/msohtmlclip1/02/clip_image001.jpg]

Modelización hidrológica para planificación de cuencas: zonas de llanuras. Trabajo. Stieben et al.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Microsoft%20Word%20-%20182.pdf

[https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Microsoft%20Word%20-%20182.pdf]

- Validación del modelo SWAT en la cuenca del río Quequén Grande y evaluación de potenciales cambios a nivel de cuenca. Trabajo. Feler et al.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/2_175_e.pdf

- Respuesta hidrológica ante diferentes escenarios climáticos en la cuenca del salí dulce usando SWAT. Trabajo. Van Meer et al.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Microsoft%20Word%20-%20431.pdf

- Estudio de la dinámica superficial de la red de canales del Delta Medio del río

Paraná. Resumen. Martín Sabarots Gerbec.

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Sabarots%20Gerbec%200-%20Modelaci%C3%B3n%20Delta%20Medio.odt

- Modelación de la cuenca del Río Cachapoal como herramienta para el estudio del impacto del cambio de la precipitación en la disponibilidad del agua para riego

https://dl.dropboxusercontent.com/u/103904365/taller_swat/Resumen%20Argentina.doc

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres



Añadir un comentario

14th November 2014

Nota Publicada por INTA

Se realizó un taller sobre el uso de SWAT en cuencas de la región

El taller sobre la utilización del modelo hidrológico SWAT, su funcionalidad y sus dificultades, fue organizado por el INTA y su Programa Nacional del Agua, junto a los integrantes del proyecto FONTAGRO. El principal objetivo de las jornadas fue la conformación de una red de usuarios latinoamericanos.

Ver nota [<http://inta.gob.ar/noticias/se-realizo-un-taller-sobre-el-uso-del-modelo-swat-en-las-cuencas-de-la-region>]

[[http://4.bp.blogspot.com/-](http://4.bp.blogspot.com/-XOdCQRaHEJ4/VldBKZA1tII/AAAAAAAAANQ/u0dHCfOtYR0/s1600/foto.jpg)

[XOdCQRaHEJ4/VldBKZA1tII/AAAAAAAAANQ/u0dHCfOtYR0/s1600/foto.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-XOdCQRaHEJ4/VldBKZA1tII/AAAAAAAAANQ/u0dHCfOtYR0/s1600/foto.jpg)]

Claudio García del INIA Las Brujas, Daniel Prieto y Francisco Damiano, del PNA del INTA.

[<http://www.minagri.gob.ar/>]

[file:///C:/Users/Equipo/AppData/Local/Temp/msohtmlclip1/02/clip_image001.jpg]

[file:///C:/Users/Equipo/AppData/Local/Temp/msohtmlclip1/02/clip_image001.jpg]

**Centro de Investigación en Recursos Naturales -
CIRN**

De los Reseros y Nicolás Repetto S/N (1686),
Hurlingham, BA
Tel: (011-4621-6569)

cim.comunicaciones@inta.gob.ar

[<mailto:cim.comunicaciones@inta.gob.ar>]

www.inta.gob.ar/ [<http://www.inta.gob.ar/>]

[<http://www.minagri.gob.ar/>]

[file:///C:/Users/Equipo/AppData/Local/Temp/msohtmlclip1/02/clip_image001.jpg]

[file:///C:/Users/Equipo/AppData/Local/Temp/msohtmlclip1/02/clip_image001.jpg]

<http://inta.gob.ar/noticias/se-realizo-un-taller-sobre-el-uso-del-modelo-swat-en-las-cuencas-de-la-region>

Publicado 14th November 2014 por Cursos y Talleres



Añadir un comentario



Se realizó un taller sobre el uso del modelo SWAT en las cuencas de la región

El taller sobre la utilización del modelo hidrológico SWAT, su funcionalidad y sus dificultades, fue organizado por el INTA y su Programa Nacional del Agua, junto a los integrantes del proyecto FONTAGRO. El principal objetivo de las jornadas fue la conformación de una red de usuarios latinoamericanos.

02 de Diciembre de 2014



En el Auditorio INTA, tuvo lugar “Taller de Usuarios Latinoamericano del modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) e introducción a la aplicación de otros modelos hidrológicos”.

Participaron países del Proyecto FONTAGRO FTG 8042/08 (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria), entre ellos Chile, Bolivia, Uruguay y Argentina. El taller fue destinado a profesionales de ciencias hídricas y fue organizado por el INTA y su Programa Nacional Agua (PNA).

Daniel Prieto y Claudio García representantes por Argentina y Uruguay del proyecto FONTAGRO respectivamente, dieron inicio a la apertura del taller. Prieto afirmó que el taller tiene el objetivo de “difundir los resultados de lo que se ha trabajado en las distintas cuencas de los países que conforman el proyecto, y constituir un grupo que de ahora en adelante trabaje con el SWAT y siga en contacto”. Por su parte, García hizo una síntesis de la gestión realizada en las diferentes cuencas hidrográficas seleccionadas por los países participantes del proyecto.

A continuación, Francisco Damiano -coordinador del Integrador Cuencas Hidrográficas del PNA- indicó que la reunión “es una acción conjunta entre un proyecto FONTAGRO y el PNA”.

El taller comenzó con Miguel A. Giraut de la Subsecretaría de Recursos Hídricos y la presentación “Cartografía de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina - Atlas 2010”. Además de hacer una puesta al día de la cartografía de cuencas, Giraut remarcó la importancia de disponer para todo público los límites de cuencas en formato digital y bajo normas y protocolos cartográficos del IGN, único organismo oficial responsable de los mapas de Argentina.

Luego Juan C. Acuña, presidente del Consejo Local Asesor de la EEA Pergamino, expuso sobre los desafíos jurídicos para enfrentar la crisis del agua. Hizo un análisis exhaustivo y pormenorizado sobre Argentina y el sistema jurídico para la gestión de cuencas hidrológicas.

La jornada continuó con las exposiciones de Sofía Havrylenko del Instituto de Clima y Agua de INTA Castellar quién mostró los resultados de la aplicación del Modelo SWAT en la cuenca del Río Arrecifes de la Región Pampeana; Howard van Meer del INTA Santiago del Estero con las Cuencas del Salí Dulce de Santiago del Estero y río Quequén de Buenos Aires; Hamil Uribe de INIA – Chile con la cuenca del Río Cachapoal; Yuridia Céspedes Apaza de Universidad Mayor de San Andrés Bolivia con la aplicación del modelo en las micro cuencas del río El Porvenir y río Keka del Departamento La Paz; Claudio García de INIA Las Brujas, Uruguay presentó la variabilidad de la disponibilidad de agua en dos cuencas hidrográficas de dicho país; y Cristian Guevara Ochoa, expuso sobre las sequías e inundaciones en la cuenca del arroyo del Azul, IHLLA-Azul.

A la hora de poner en valor otros modelos hidrológicos y su aplicabilidad con diferentes propósitos, Damiano presentó el trabajo preparado por Carlos Scioli de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH-UNL) sobre “Los modelos hidrológicos matemáticos para áreas de llanura: Cuenca Los Saladillos, Santa Fe”. Luego Martín Sabarots Gerbec, Laboratorio Hidráulica, INA-Ezeiza presentó el estudio de la dinámica del escurrimiento superficial del Delta Medio del río Paraná; Juan Borús, SiyAH, INA-Ezeiza expuso sobre el Río Colorado; y Eduardo Flamenco, coordinador de Proyecto Especifico PNA, presentó los pronósticos estaciones de caudales en la cuenca del río Jachal (San Juan).

Damiano expresó que el taller “dio el marco participativo a la presentación de estudios realizados en cuencas hidrográficas latinoamericanas financiados con fondos de FONTAGRO e INTA”. A su vez, “puso en conocimiento de los usuarios de modelos hidrológicos el alcance y la importancia del uso de la cartografía oficial de cuencas superficiales de la República Argentina”. Asimismo, “se expuso cual es la visión jurídica y las normativas para la gestión de cuencas hidrográficas de nuestro país y países limítrofes”. Por último, el coordinador del Integrador hizo hincapié en “la firme convicción de todos los participantes de abordar la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) en unidades de cuencas naturales, territoriales y geológicas”.

Prieto, por su parte, dijo que “el taller cumplió ampliamente con los objetivos que nos planteamos, de difundir los resultados de su aplicación en 10 cuencas del Cono Sur en el marco de un proyecto de estudio de los cambios esperados en la productividad del Agua bajo diferentes escenarios climáticos”. Y concluyó diciendo que se busca “acercar, capacitar y entusiasmar a potenciales nuevos usuarios para generar un trabajo en red de los investigadores de la región que por su similitud de condiciones, puede constituir un subgrupo activo de la gran comunidad de usuarios”.



Ficha del contenido

Temas

- Clima y agua
- Ambiente

Unidades

- CENTRO DE Investigación de Recursos Naturales (CIRN)
- INST. Clima y Agua

Personas involucradas

- Daniel PRIETO GARRA
- Francisco DAMIANO
- Sofía Beatriz HAVRYLENKO
- Eduardo FLAMENCO
- Howard VAN MEER
- Claudio GARCIA
- Miguel GIRAUT
- Juan ACUÑA

Áreas geográficas alcanzadas Argentina

Publicado en el sitio
02 de Diciembre de 2014

Palabras clave

Agua, Cuencas, Hidrografía, Ríos

RESPUESTA HIDROLÓGICA ANTE DIFERENTES ESCENARIOS CLIMÁTICOS EN LA CUENCA DEL SALÍ DULCE USANDO SWAT



Howard van Meer
María Victoria Feler
Daniel Prieto Garra

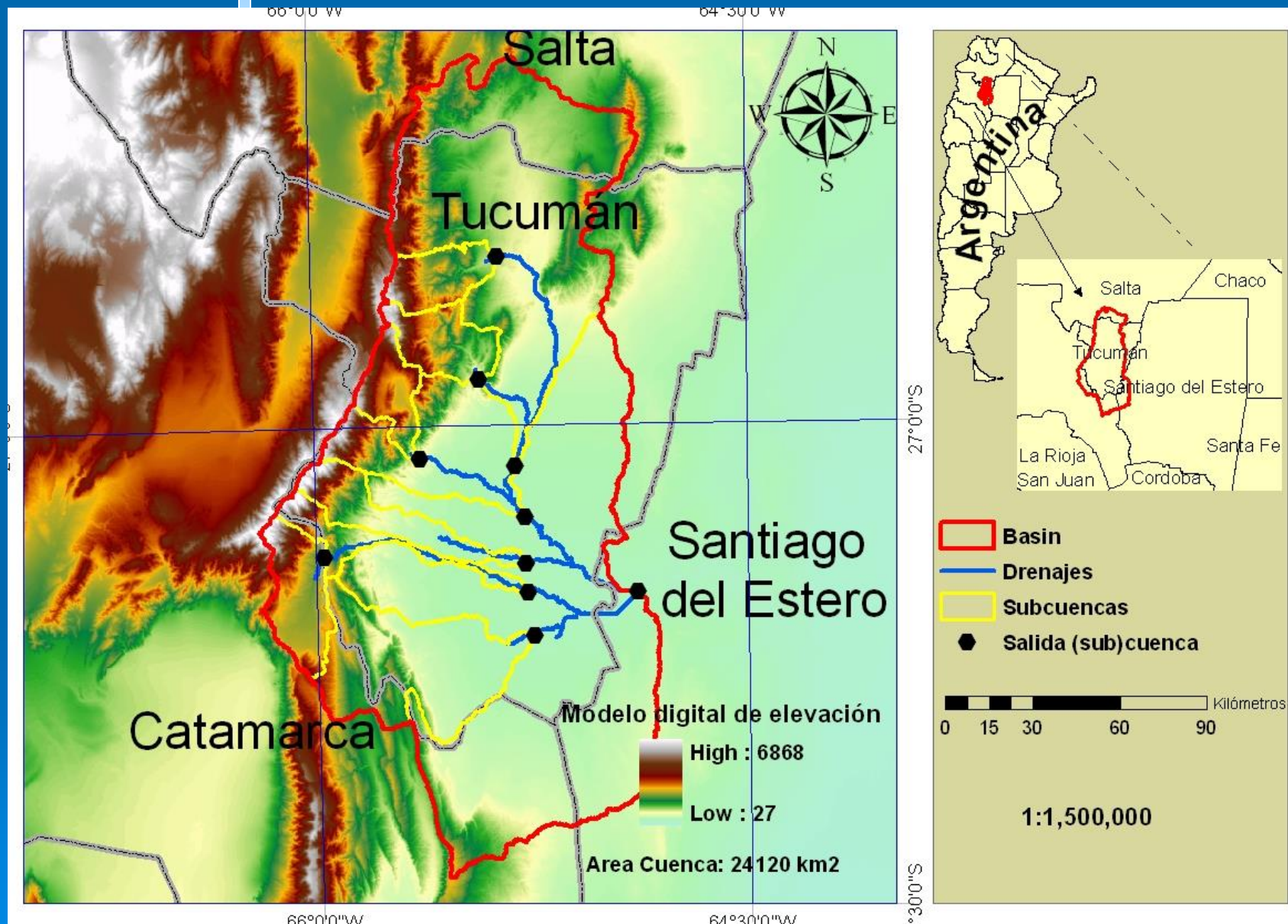


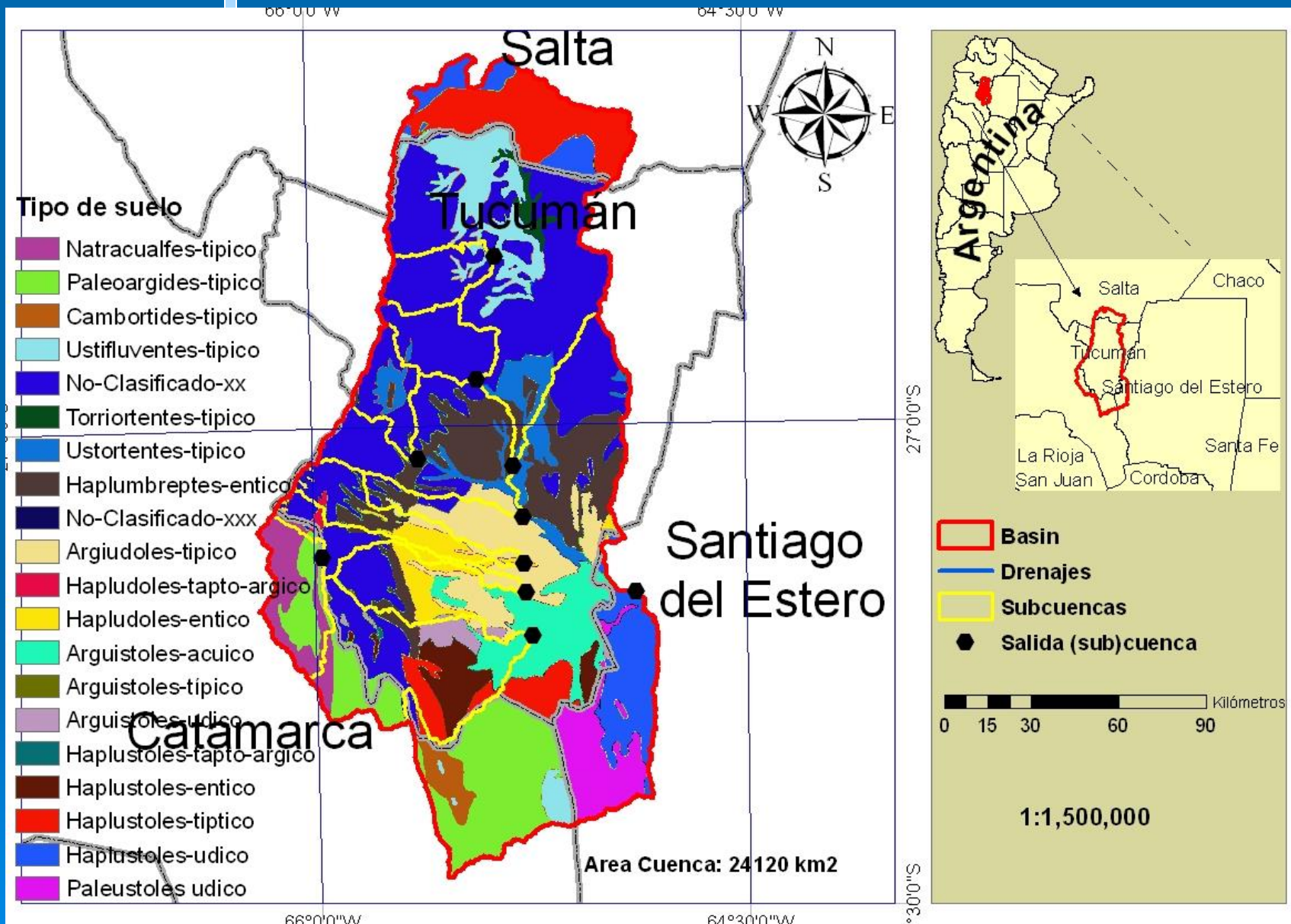
Taller usuarios SWAT - Buenos Aires 25-27 de
noviembre de 2014

Modelizar la cuenca Salí-Dulce empleando el modelo SWAT como herramienta.

Objetivos específicos:

- Adaptar los archivos de entrada con la información regional
- Calibrar y validar el modelo
- Generar escenarios climáticos





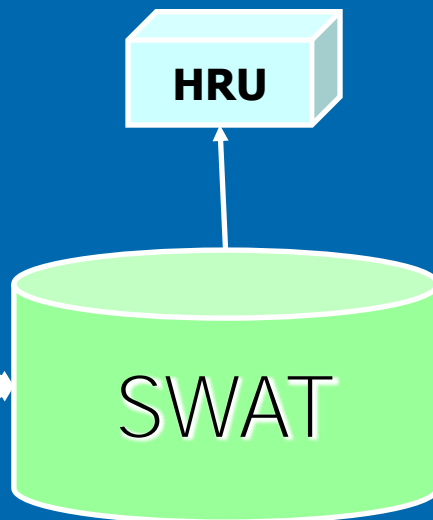
Datos de entrada

Mapa de Cotas

Mapa de Suelos

Usos del Suelo

CLIMA



HRU

Datos de salida

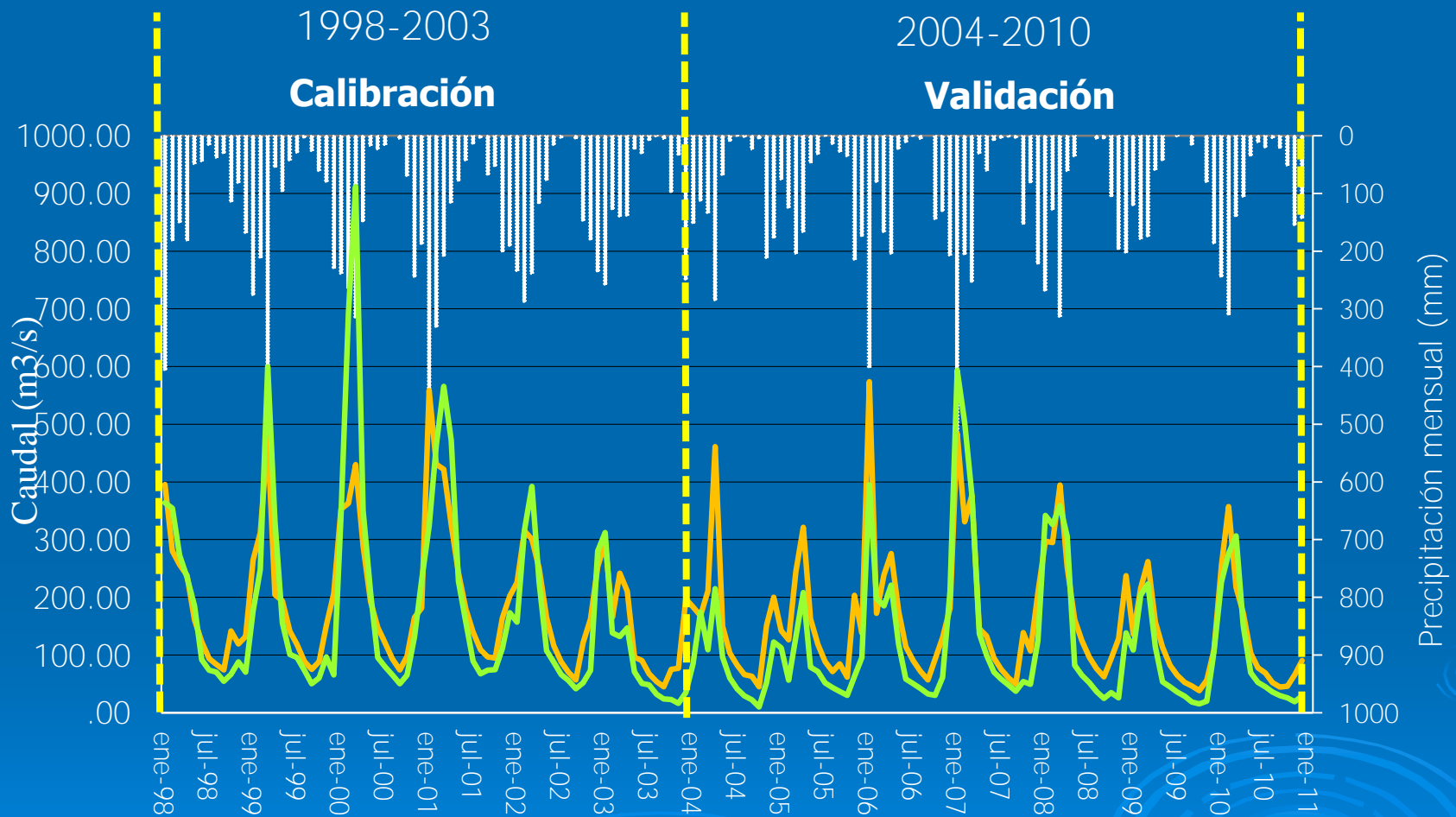
**Caudal (m³/s)
"Dique Frontal Río Hondo"**

	Umbral %
Uso	20
Suelo	10
Pendiente	20

Proyección: Gauss Kruger
Esferoide: Internacional 1909
Datum: WGS 84
Faja: 4 (meridiano central -63°)

Soil and Water Assessment Tool
(Arnold et al., 1998)

Gráfico de calibración y Validación



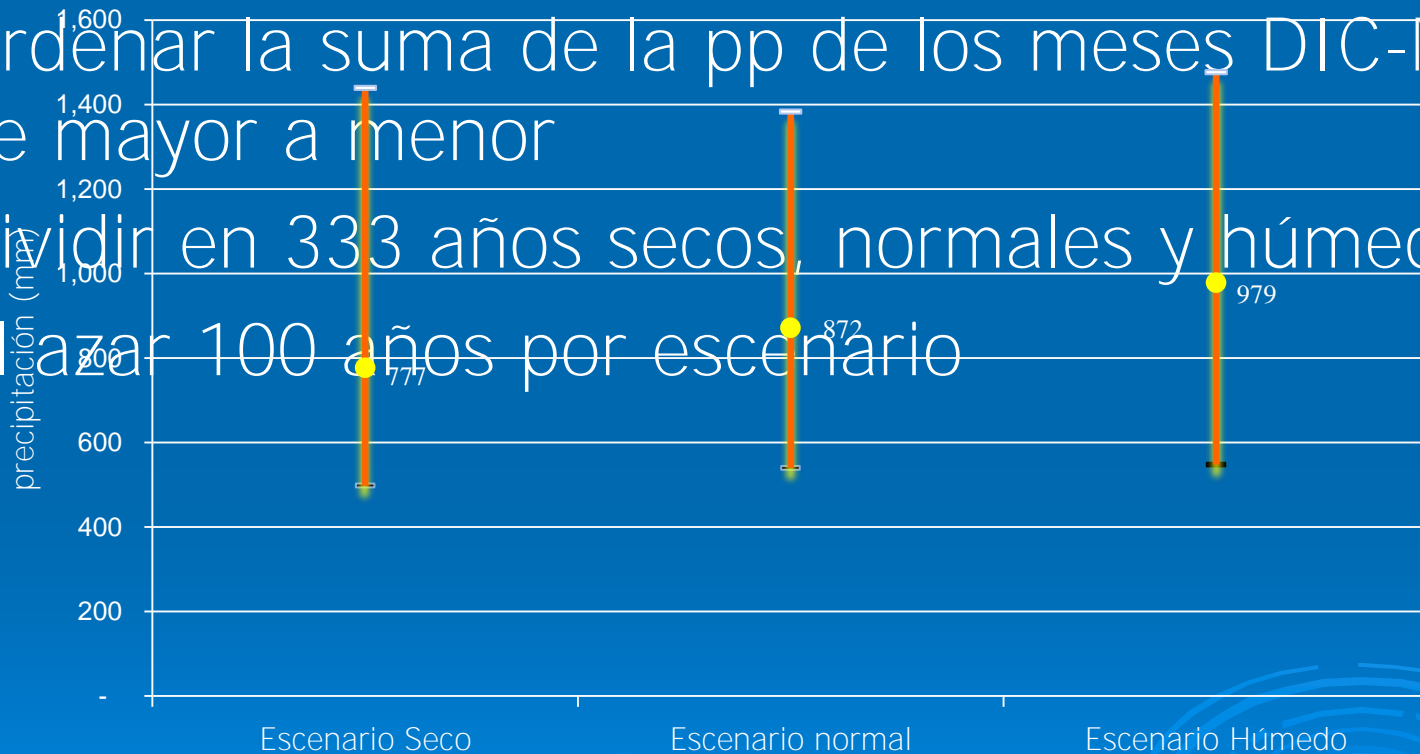
Resultados de la calibración y validación mensual para caudal en embalse de Río Hondo

Parámetro	Descripción	Escala de importancia
AWC_SOL	Contenido de agua disponible en el suelo	1
BLAI	Índice del área foliar	5
GQMIN	Profundidad mínima para reflujos del acuífero freático	3
CN2	Curva número	2
RCHRG_DP	Porcentaje de percolación hacia acuífero profundo	4

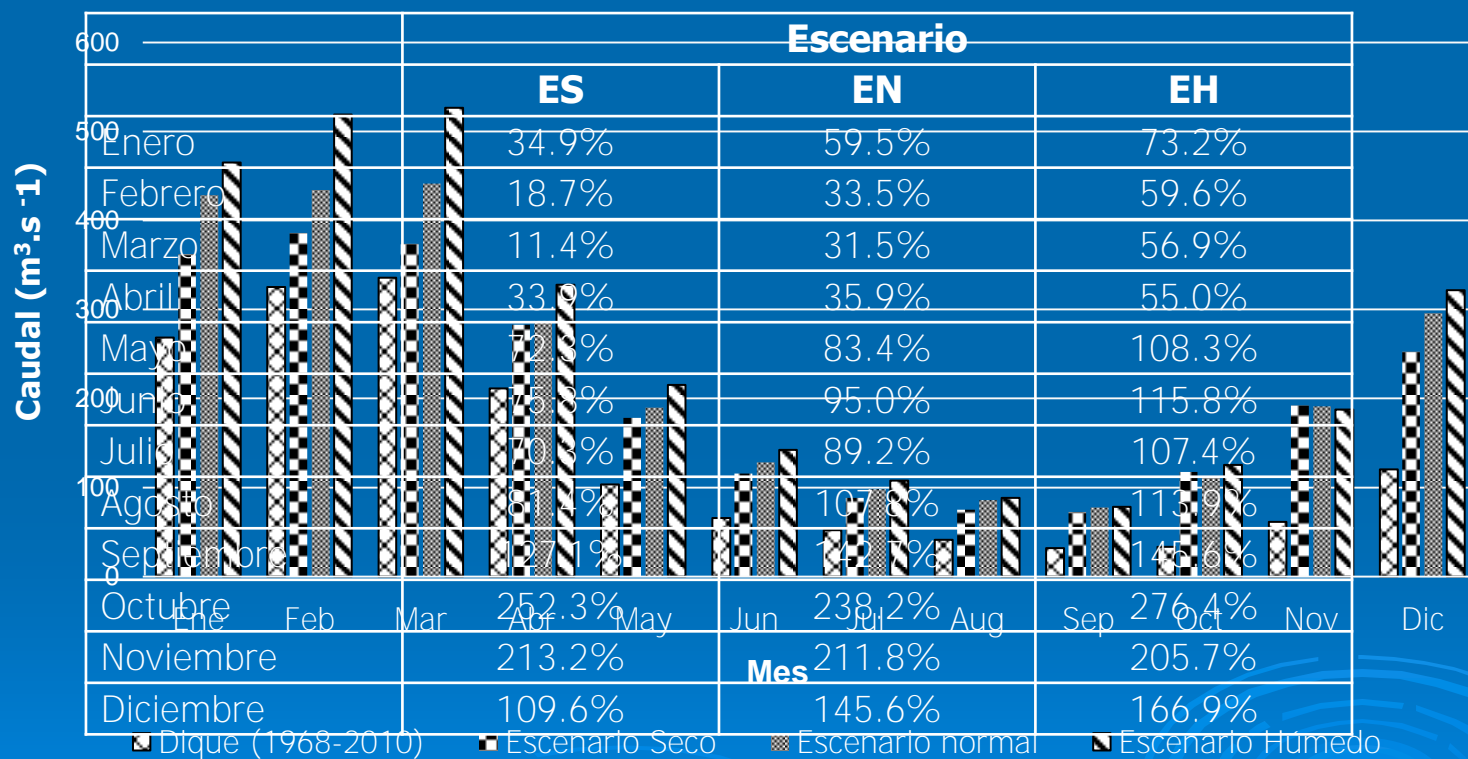
	Calibración	Validación
	1998-2003	2004-2010
Caudal medio Río Hondo ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	179.0	116.4
Caudal medio modelado ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	189.3	156.3
Coeficiente de Nash y Sutcliffe (NS)	0.69	0.74
R^2	0.74	0.79
RMSE ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	94.3	67.1

Escenarios climáticos

- 1000 años hipotéticos usando LARS-WG
- Ordenar la suma de la pp de los meses DIC-MAR de mayor a menor
- Dividir en 333 años secos, normales y húmedos
- Alazar 100 años por escenario



Escenarios climáticos futuros



Conclusiones

- Datos de entrada adaptados al entorno SWAT
- Ajuste aceptable
- Aumento de caudales para cada escenario
- Mejorar datos de entrada y aumentar puntos de observación



Muchas gracias por su atención

Email:

vanmeer.howard@inta.gob.ar

feler.maria@inta.gob.ar

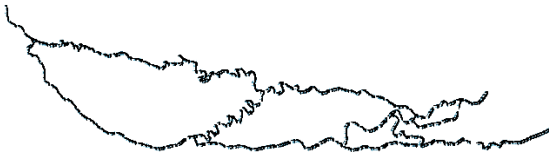
prietogarra.daniel@inta.gob.ar

Brindamos nuestro más sincero agradecimiento al proyecto FONTAGRO FTG 8042/08 que hizo posible la realización y culminación de este trabajo



ESTUDIO DE LA DINÁMICA SUPERFICIAL DE LA RED DE CANALES DEL DELTA MEDIO DEL RÍO PARANÁ

Sabarots Gerbec, Martín
Programa de Hidráulica Computacional





Introducción:

- Ubicación: Delta del río Paraná
- Importancia económica
 - Vía navegable
 - Ganadería en zona de islas
- Herramienta de estudio: modelo hidrodinámico 1D en red de canales
- Aplicaciones
 - Pronóstico, tareas operativas
 - Eventos extremos
- Mejor comprensión de la dinámica del Delta Medio

Ubicación:

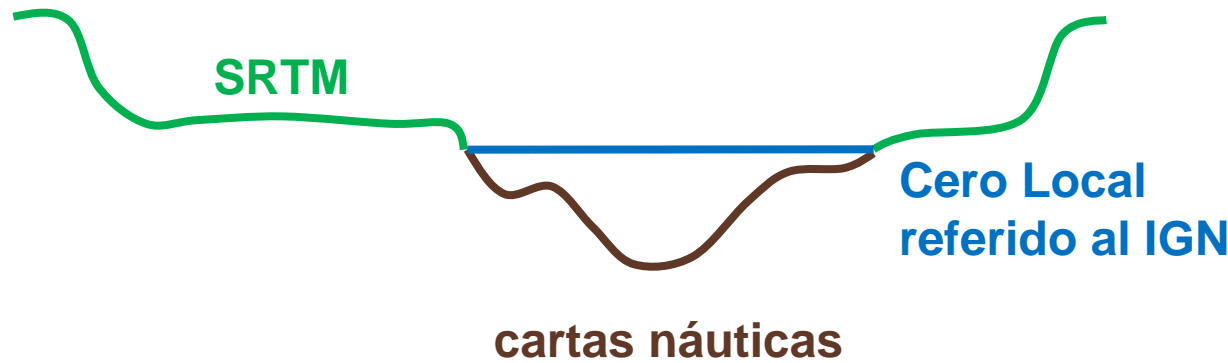
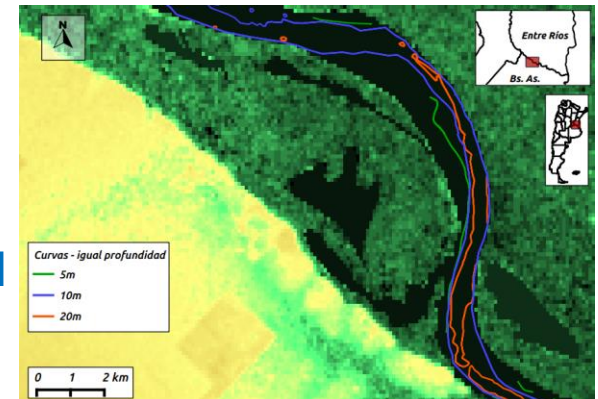
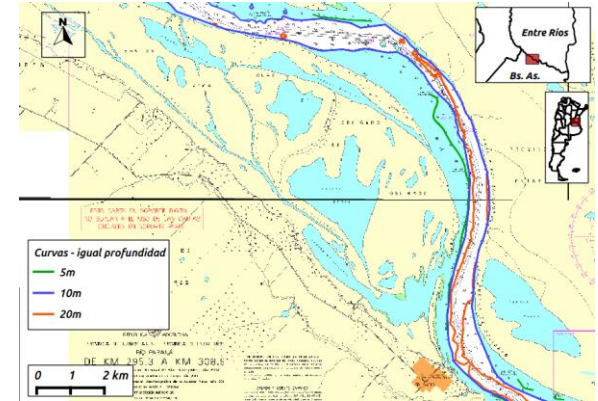


Metodología: Modelo numérico 1D

- Generación de MDE topobatimétrico
- Definición de la red de canales y trazas de secciones del modelo
- Geometría del modelo, determinación de “ n ” y forzantes
- Calibración del modelo
- Evaluación de errores y performance

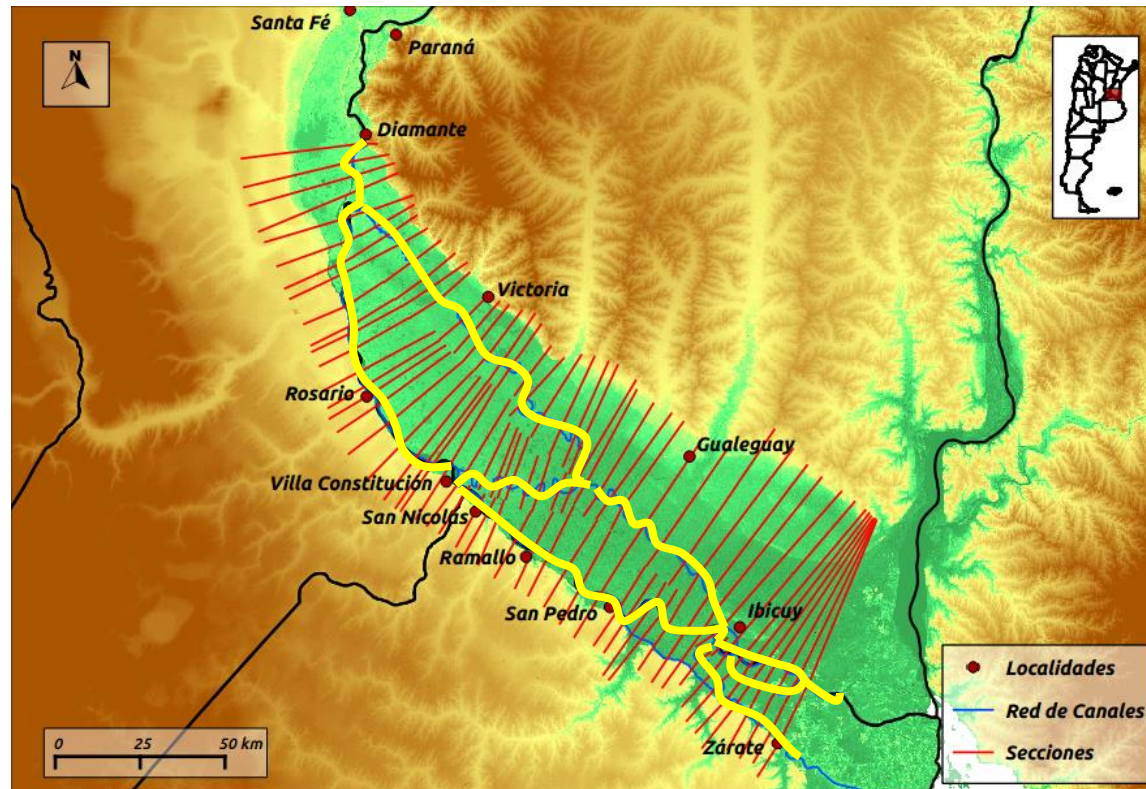
Metodología:

- Generación de MDE topobatimétrico:



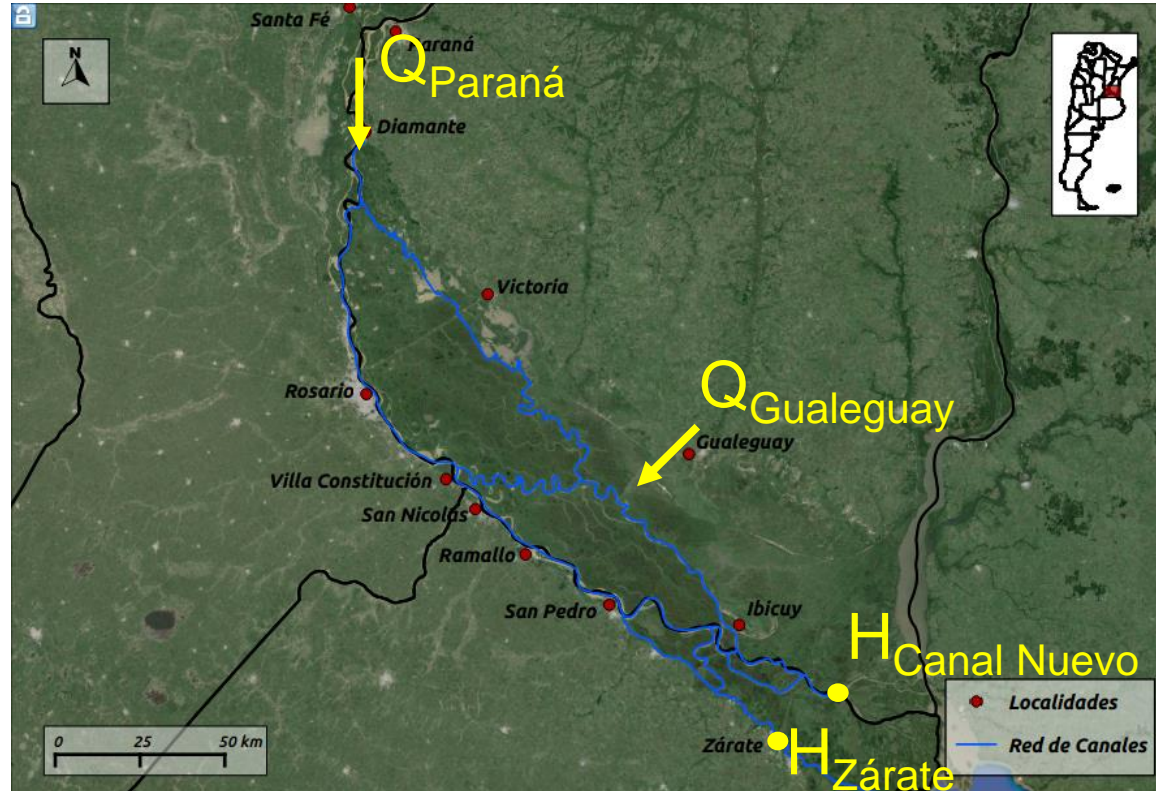
Metodología:

- Definición de la red de canales y trazas de secciones del modelo



Metodología:

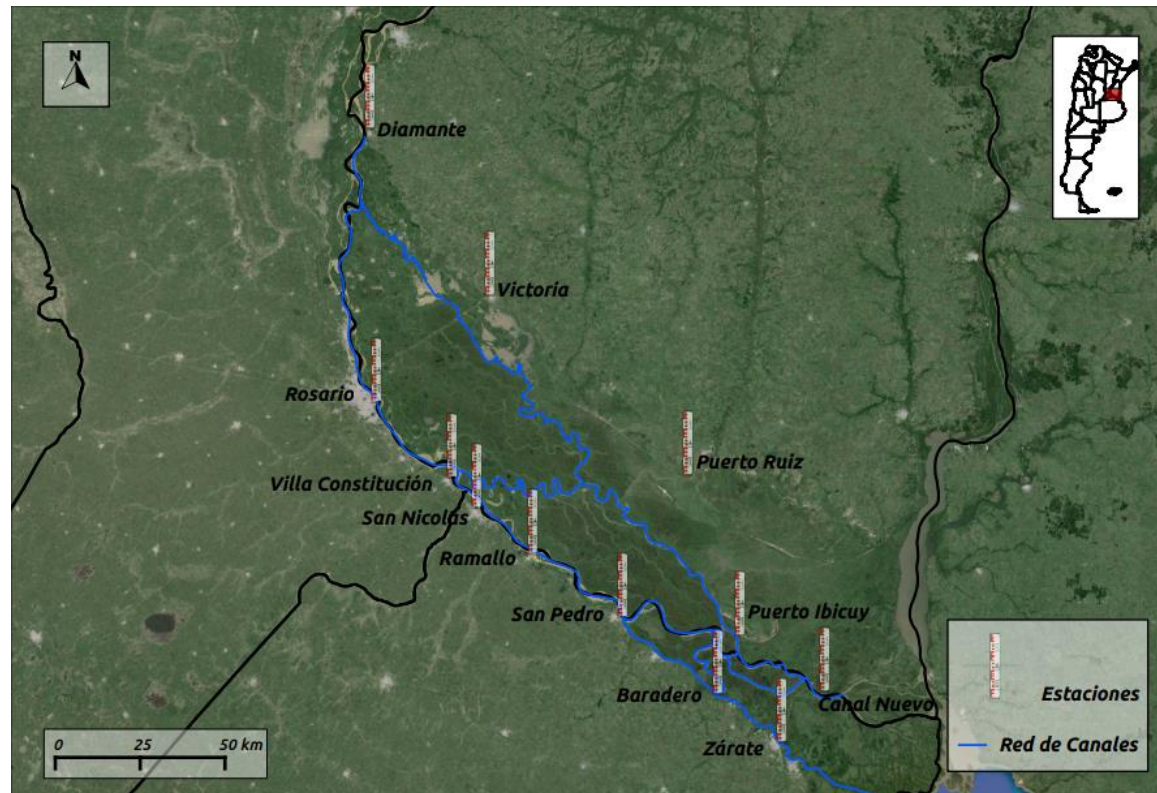
➤ Forzantes



Metodología:

➤ Validación

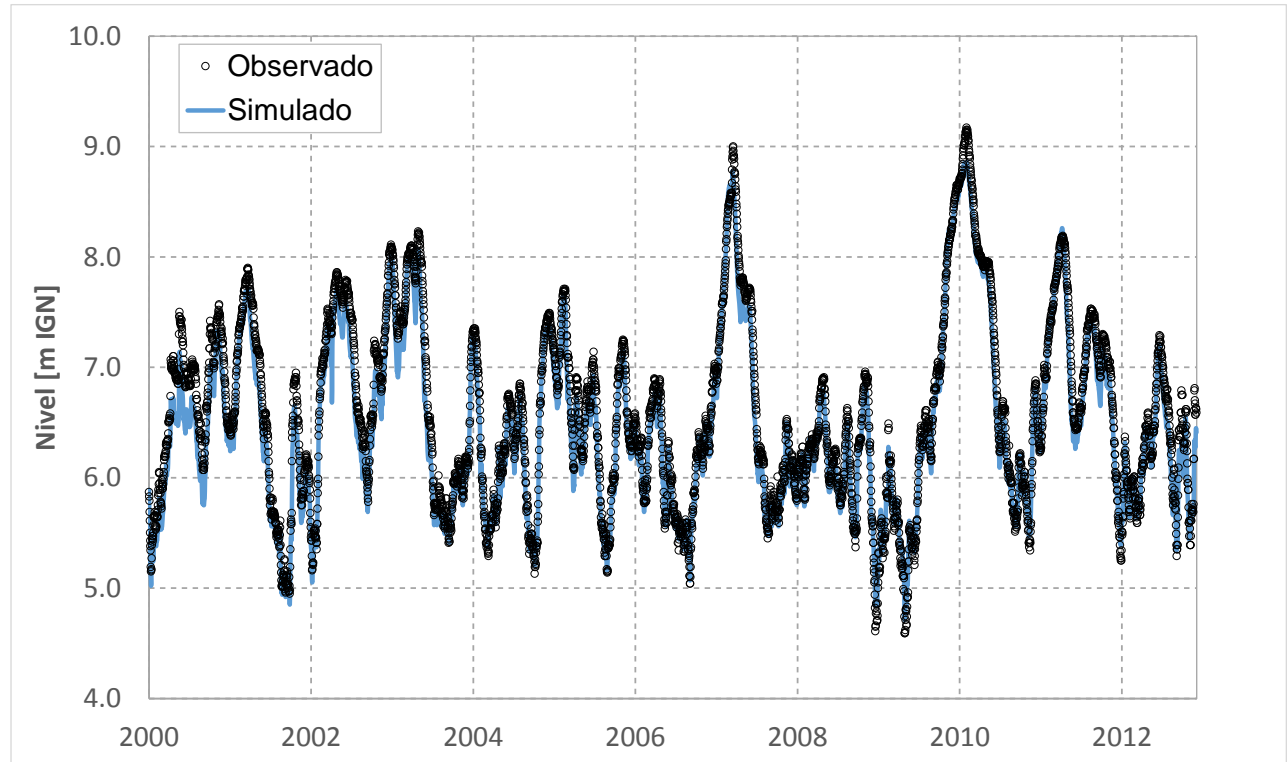
2000-2013



Metodología:

➤ Validación

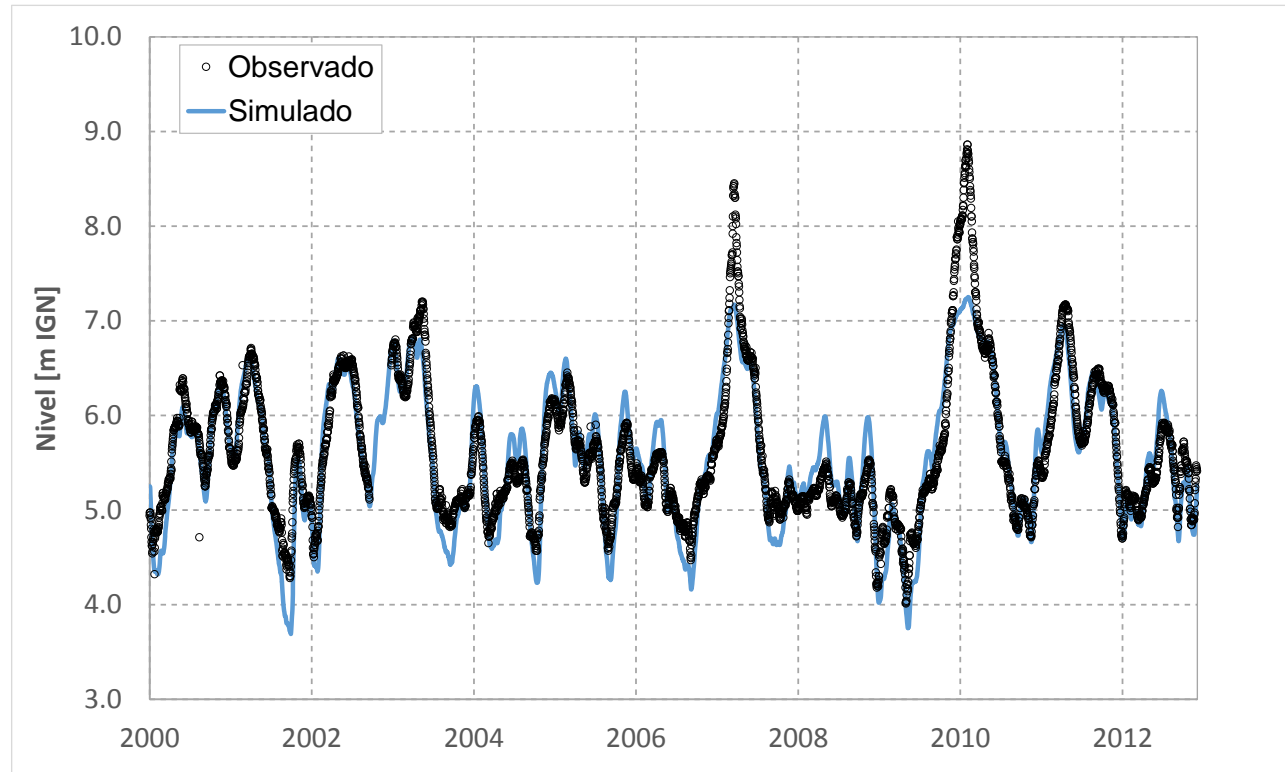
Rosario



Metodología:

➤ Validación

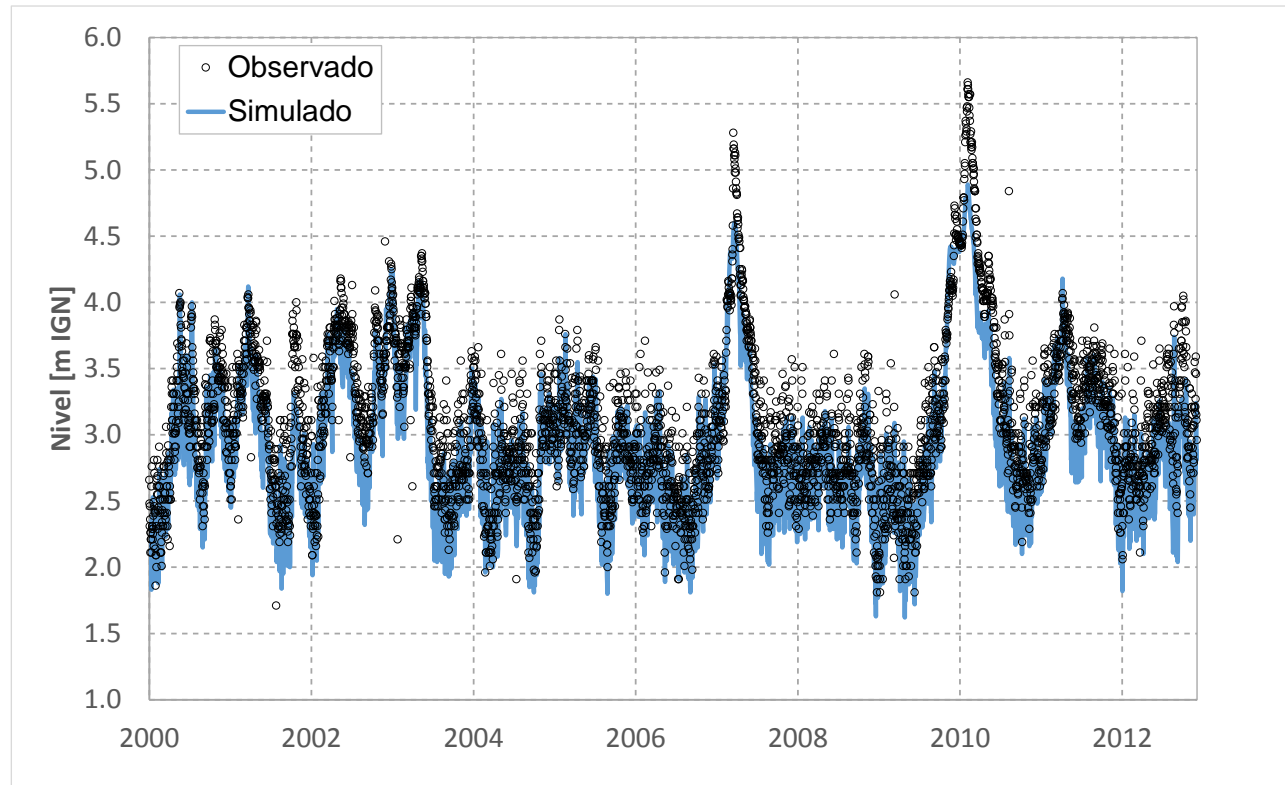
Victoria



Metodología:

➤ Validación

Puerto Ibicuy





Conclusiones

- ✓ **Implementación** del modelo
- ✓ **Resultados satisfactorios** en relación a escasa información de base
- ✓ Posibilidad de **mejoras** (+ información)
- ✓ Análisis de **dinámica** de red de canales



ESTUDIO DE OPTIMIZACION HIDRAULICA DEL
VERTEDERO GATUN MEDIANTE MODELACION CFD



Gracias!!



Metodología:

➤ Performance

Estación	<i>RMSE</i>	<i>NSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MINE</i>	<i>MAXE</i>
Rosario	0.155	0.982	0.123	-0.390	0.220
Villa Constitución	0.233	0.955	0.158	-0.780	0.360
San Nicolás	0.277	0.930	0.219	-0.650	0.650
Ramallo	0.297	0.916	0.243	-0.750	0.680
San Pedro	0.459	0.725	0.411	-0.390	0.980
Baradero	0.395	0.775	0.343	-1.370	0.320
Victoria*	0.526	0.807	0.322	-1.620	0.570
Puerto Ruiz**	0.947	0.603	0.725	-2.360	0.820
Puerto Ibicuy**	0.209	0.915	0.152	-1.070	1.000

Aplicación del modelo SWAT para evaluar sequías agropecuarias en la cuenca del río Arrecifes (prov. Buenos Aires)

Mag. Sofia B. Havrylenko, Dr. José María Bodoque del Pozo,
Mag. Graciela V. Zucarelli, Ph. Dr. Pablo A. Mercuri

e-mail: havrylenko.sofia@inta.gob.ar

Contenidos

1. Introducción
2. Materiales and Métodos
 - Area de estudio
 - Datos de entrada
 - Aplicación del modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool)
 - Series de humedad de suelo simulada (HSS) y NDVI
3. Resultados
 - Evaluación de la performance del modelo
 - Correlación y análisis temporal de la variación entre HSS y NDVI
4. Discusión y Conclusiones



1. Introducción

- Las sequías son una amenaza climática que tiene lugar en casi todas las regiones del mundo (Mavi y Tupper, 2004); cuyas características de intensidad y frecuencia de ocurrencia dependen de cada región (Ravelo et al., 1999).
- **Vulnerabilidad del sector agrícola.**
- **La sequía agrícola.**
- **Factores que afectan la sequía agrícola:** meteorológicos, agrícolas, ambientales, riego y antropogénicos asociados a las prácticas agrícolas y uso del suelo.

Objetivo

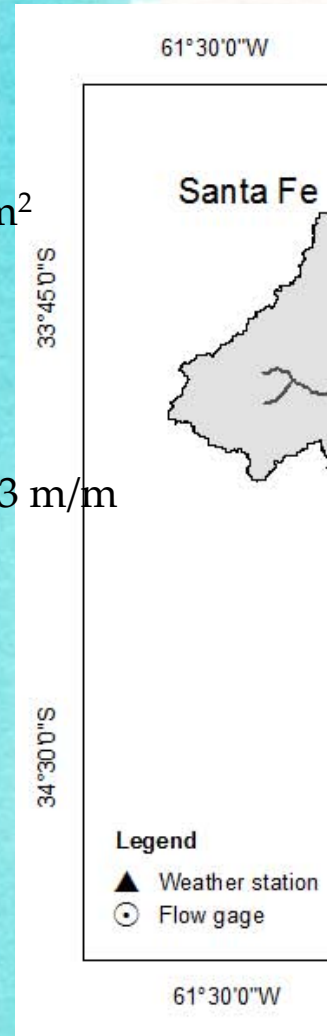
Explorar la capacidad del modelo SWAT en la estimación del contenido de agua en el suelo, en una cuenca de la región pampeana.

Objetivos específicos: desarrollar una serie a largo plazo de HSS usando SWAT, determinar la correlación entre la anomalía de HSS (aHSS) y la anomalía del NDVI-3g (aNDVI).



2. Materiales y Métodos

- Área a la sección de control: 8,740 km²
- Diferencia de altitud: 77.5 m
- Pendiente: 0.4 m/m
- Pendiente del canal principal: 0.00043 m/m
- Paisaje: pampa ondulada alta



Area de Estudio

Estación "río Arrecifes" N° HL 4035

Uso del suelo:

- Actividad agrícola: área más productiva de la región.
- Oleaginosas (soja y girasol) y cereales (maíz y trigo).
- Actividad ganadera (cerca de los cauces y cañadas).

Tipo de Suelo - Soil Taxonomy (a nivel de subgrupo):

- Argiudol típico (75,4%)
- Hapludol típico (5,6 %)
- Argiudol abruptico (2,8 %)
- Complejos indiferenciados (9,7 %)

Capacidad de uso es del tipo I-1: óptima e Índice de productividad agrícola alto entre 85 y 95.

Exhibe una moderada susceptibilidad a la erosión en zonas débiles.

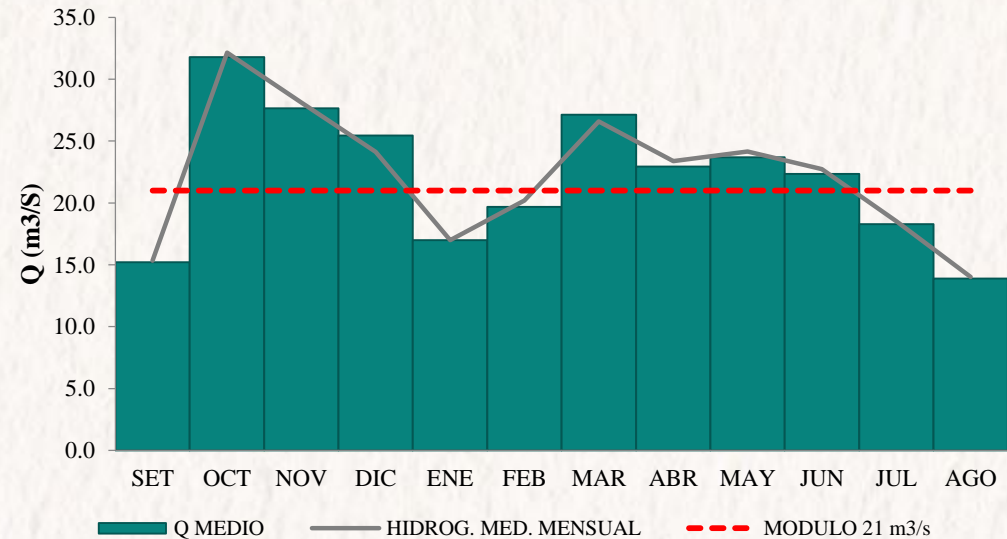
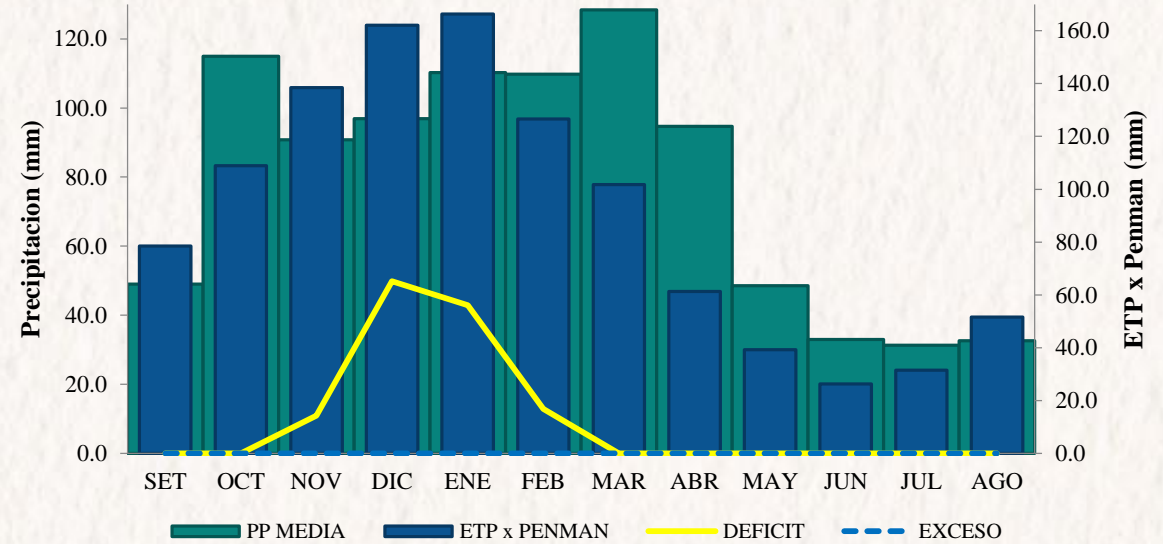


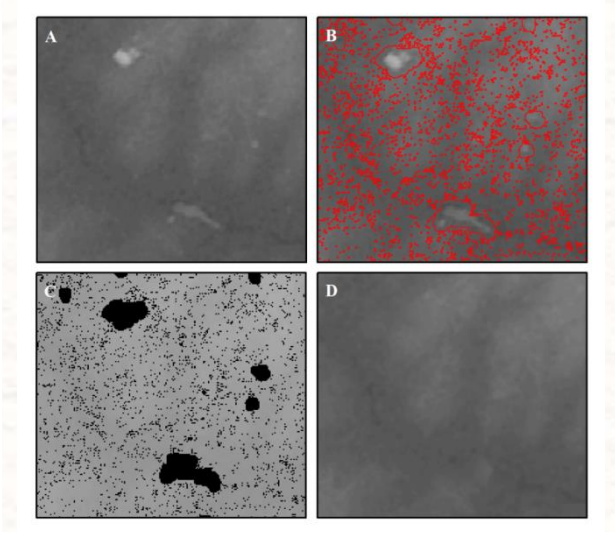
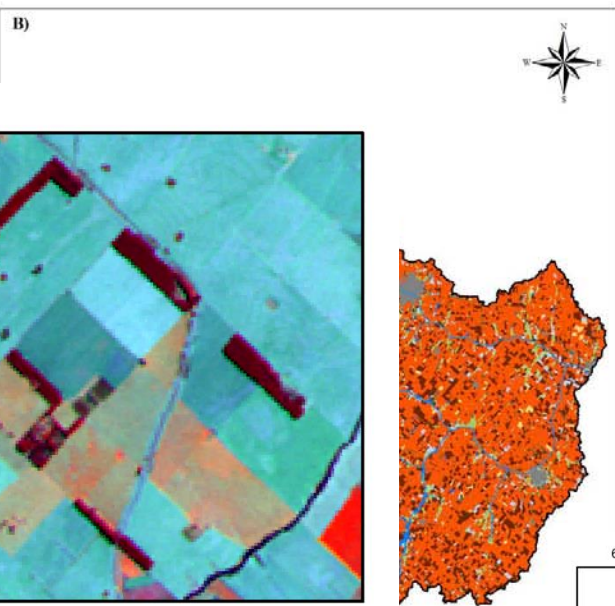
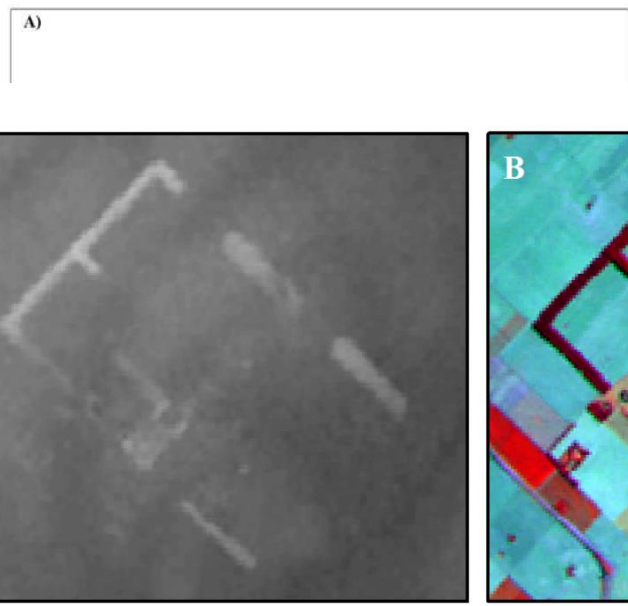
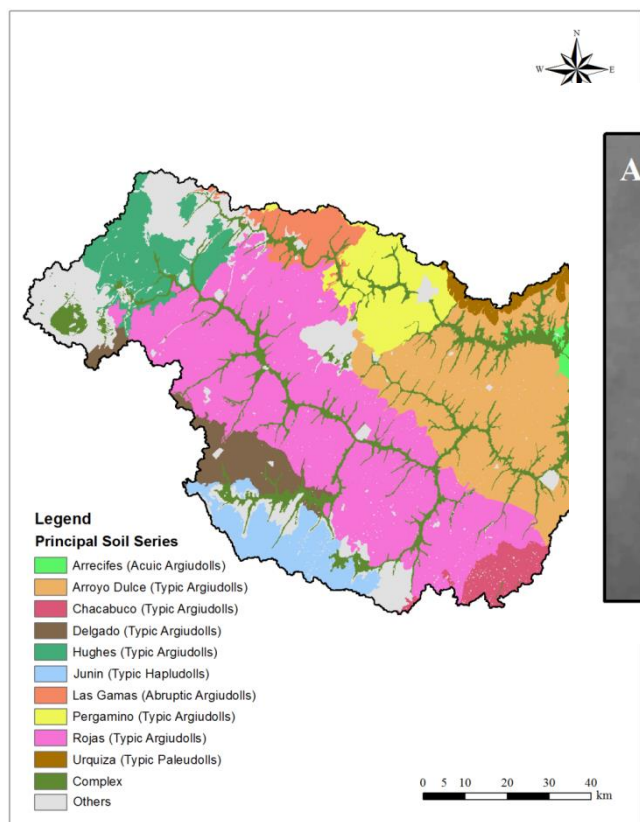
Clima

- Clasificación de Köppen : clima subtropical húmedo
- Precipitación anual: 900 ~ 1100 mm
- Temperaturas medias : 11°C ~ 23 °C
- Déficit hídrico: final de primavera y principios de verano
- Evapotranspiración: 1000 ~ 1200 mm

Sección de control

- Salida: estación “río Arrecifes” N° HL 4035
Series de descarga (incompleta): 1963-2002
- Modulo: 21 m³/s
- Aportación annual media: 579 Hm²/year



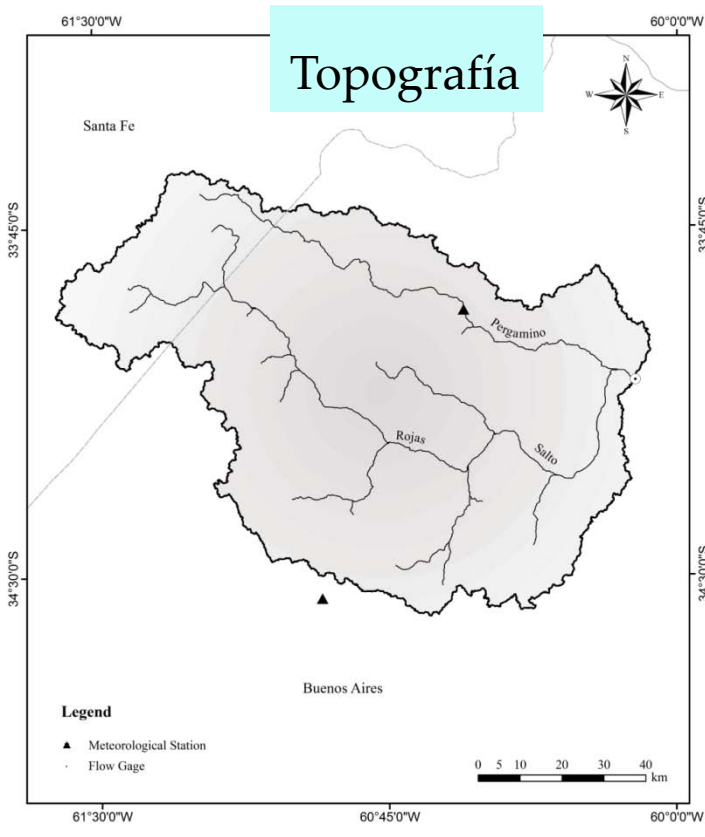


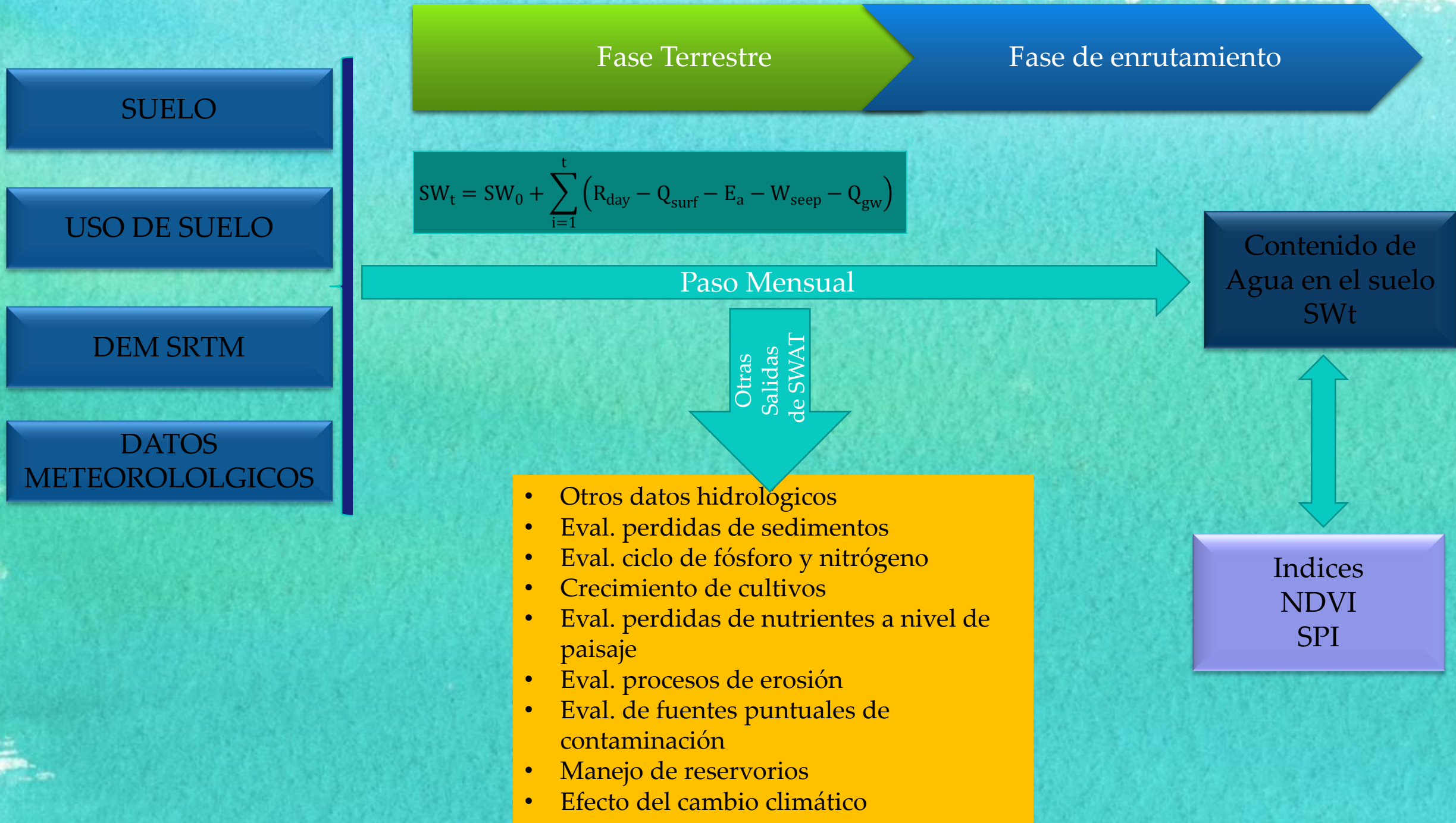
Tipo de suelo

Uso del suelo

*Datos de entrada
a SWAT*

Datos climáticos





SUELO

USO DE SUELO

DEM SRTM

DATOS METEOROLOGICOS

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

Paso Mensual

Contenido de Agua en el suelo SWt

Otras Salidas de SWAT

- Otros datos hidrológicos
- Eval. pérdidas de sedimentos
- Eval. ciclo de fósforo y nitrógeno
- Crecimiento de cultivos
- Eval. pérdidas de nutrientes a nivel de paisaje
- Eval. procesos de erosión
- Eval. de fuentes puntuales de contaminación
- Manejo de reservorios
- Efecto del cambio climático

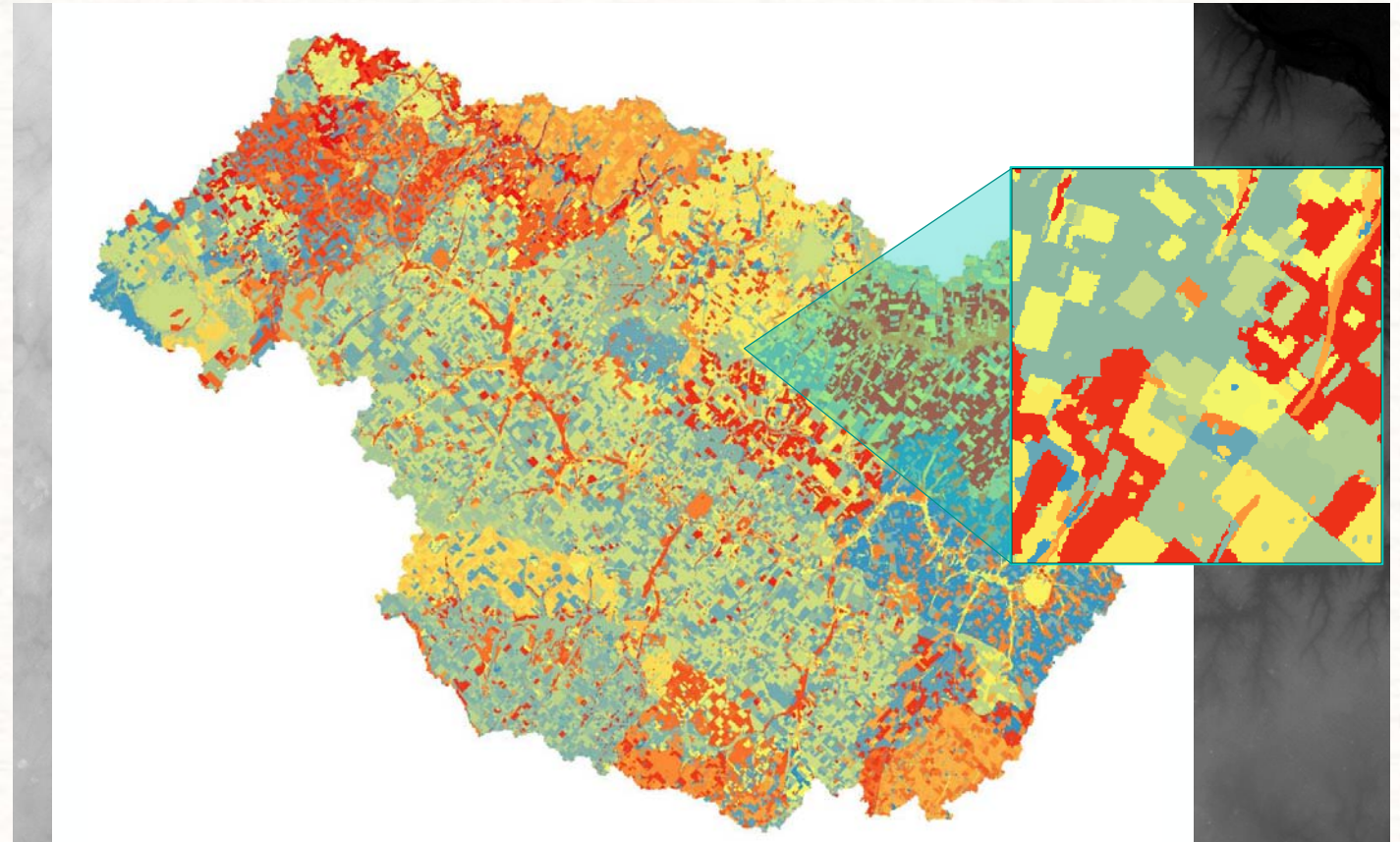
Indices NDVI SPI

Aplicación del Modelo SWAT

- Discretización: subcuenca
- Salidas de subcuenca: puntos manuales (límites de principales seies de suelo)
- Unidades de respuesta hidrológica (HRUs): umbral de 2% (uso de suelo), 5% (tipo de suelo), pendiente uniforme.
- Totales: 20 subcuencas y 337 HRUs
- Paso de tiempo: mensual

Prácticas de manejo en cada HRU:

- I. Se concideraron cultivos en secano;
- II. Se definieron fechas de siembra y cosecha;
- III. Operaciones de labranza mínimas.
- IV. Se asumió una rotación clasica de 3 años.



Calibración y validación

- SWAT-CUP4, Sequential Uncertainty Fitting ver. 2 (SUFI-2).
- Series de caudal agregadas a valor mensual (1963-2002).
- Calibración: período de 9 años (1992-2000)
$$aHSS = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{St}$$
- Validación: período de 6 años (1995-2000)
- Función objetivo: Nash – Sutcliffe, NS

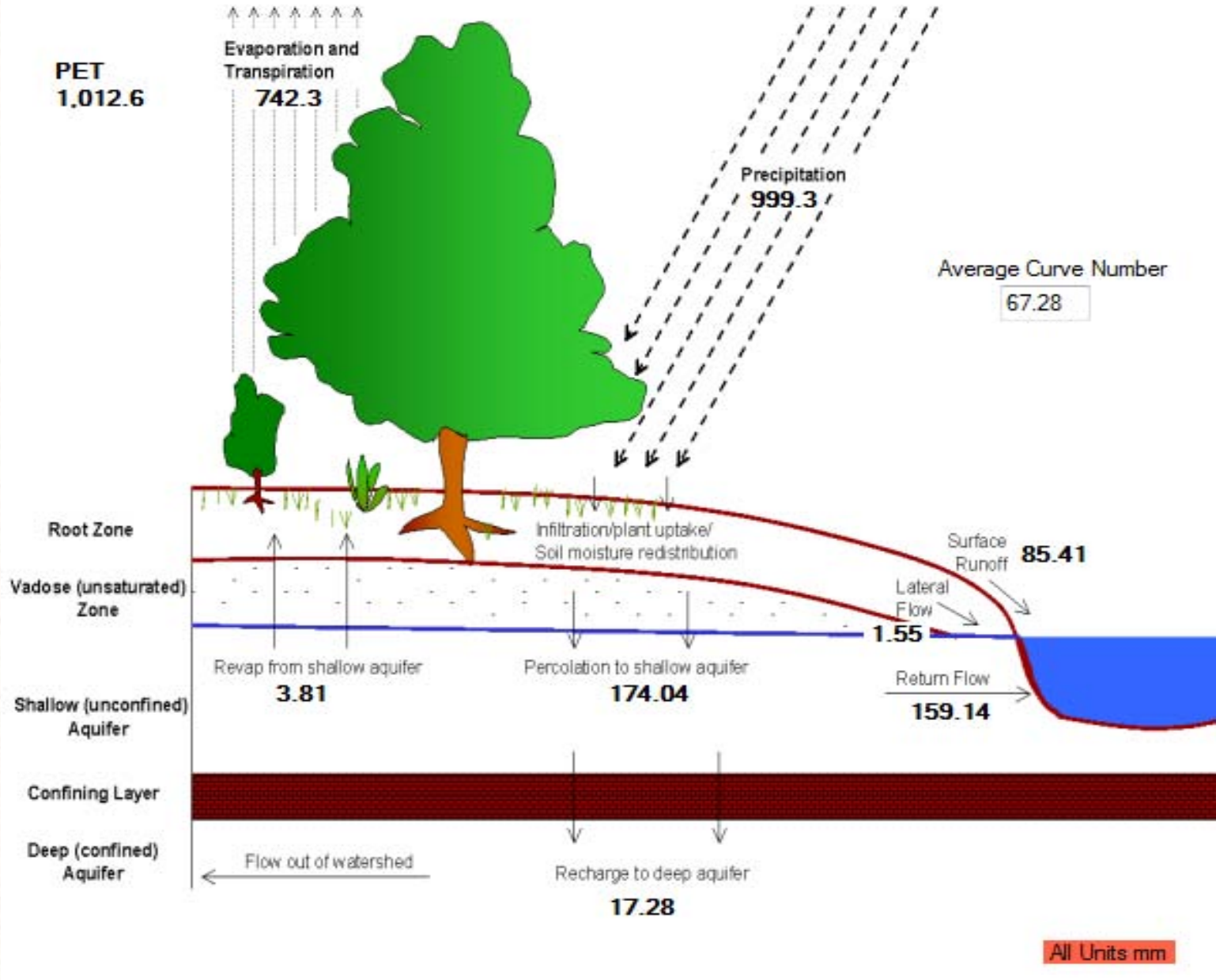
Series HSS y NDVI

- Corrió SWAT: período de 36 años (1975-2011).
- Extracción a nivel de subcuenca HSS: período de 30 años (1981-2011).
- Filtro de datos mediante el cálculo de anomalía estandarizada (aHSS).
- NDVI: imágenes se promediaron mensualmente por subcuenca para los 30 años (1981-2011).
- NDVI se filtraron mediante el cálculo de anomalía estandarizada (aNDVI).
- Valores de anomalía: negativos indican (aHSS/ aNDVI) que es más bajo que valores medios, positivos superan los medios.



GIMMS-3g NDVI (Pinzón y Tucker, 2014)
<http://ecocast.arc.nasa.gov/data/pub/gimms/3g/>

3. Resultados



Evaluación de la performance del modelo

- Análisis de sensibilidad (*one-at-a-time*): 14 de 25 parámetros iniciales.
- Primera iteración: R^2 0.52, y NS 0.41.
- Optimización final: 8 iteraciones de 100 simulaciones.

• Calibración: R^2 : 0.69 NS: 0.67 RMSE: 13.9

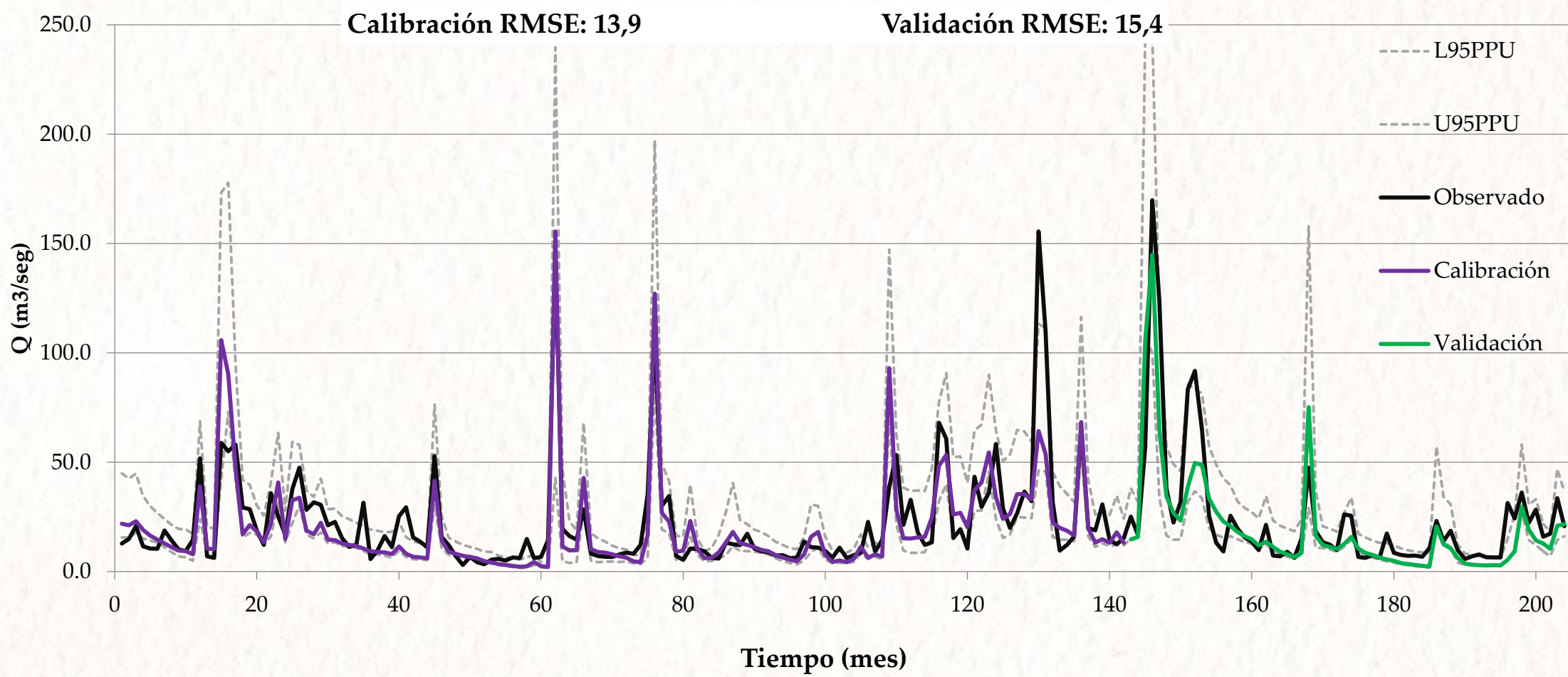
P-factor: 0.70 R-factor: 0.54

• Validación: R^2 : 0.75 NS: 0.72 RMSE: 15.4

P-factor: 0.70 R-factor: 0.55

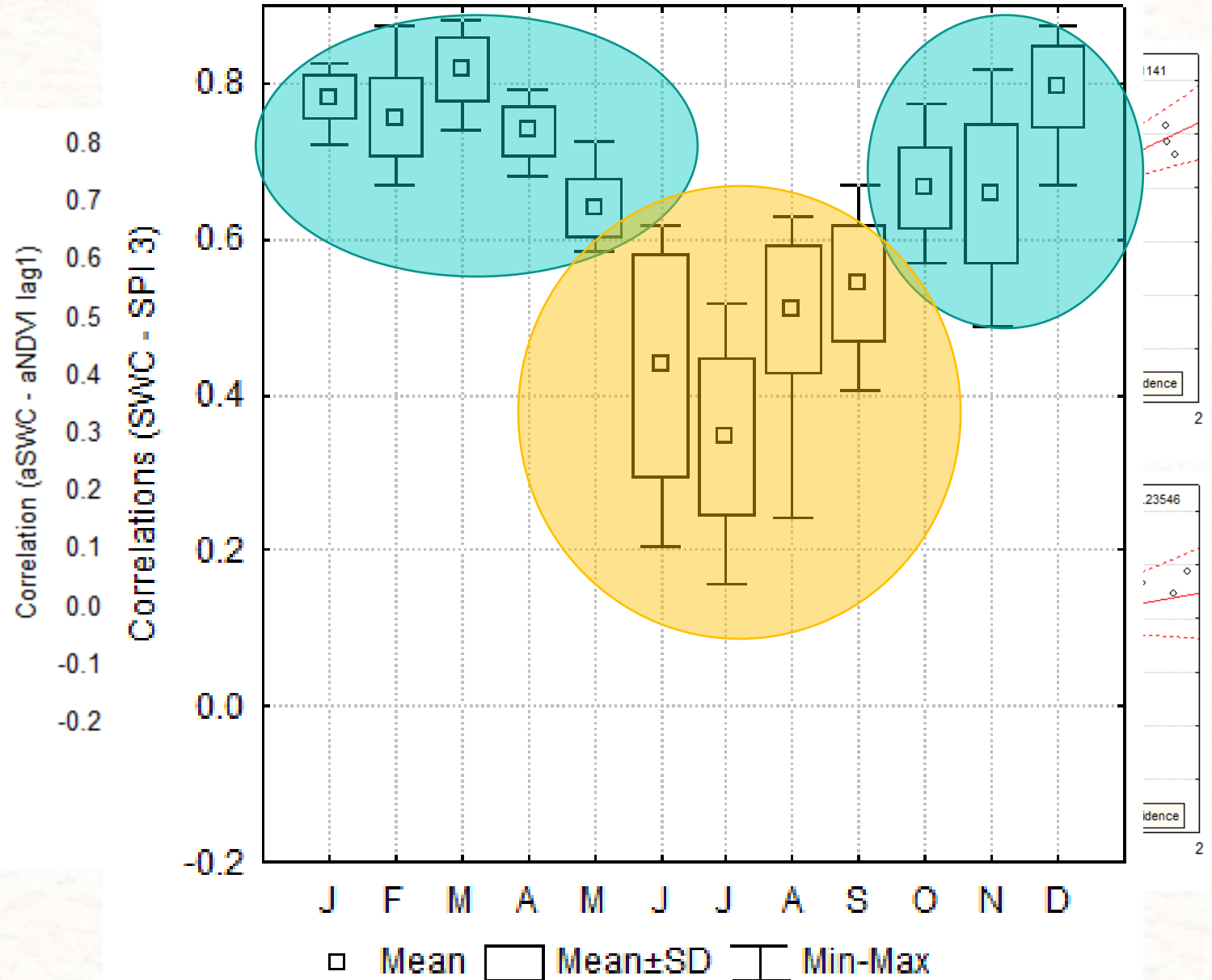
Rankin: SURLAG, CH_N2, TRNSRCH, OV_N, CN2, ALPHA_BF

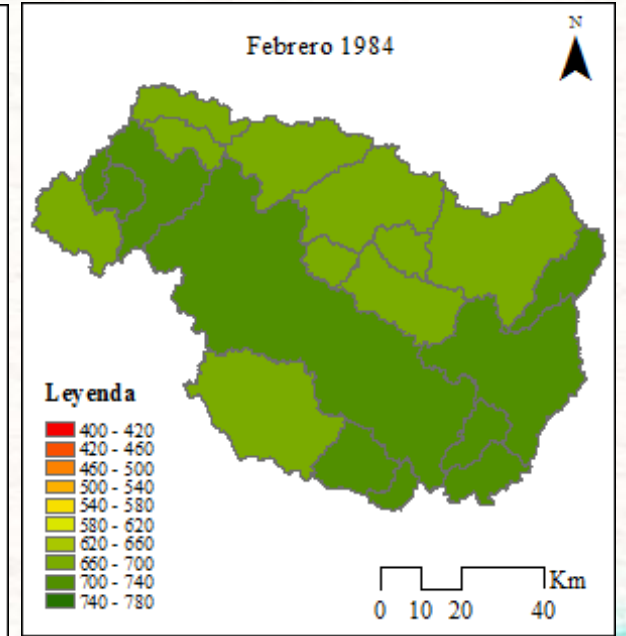
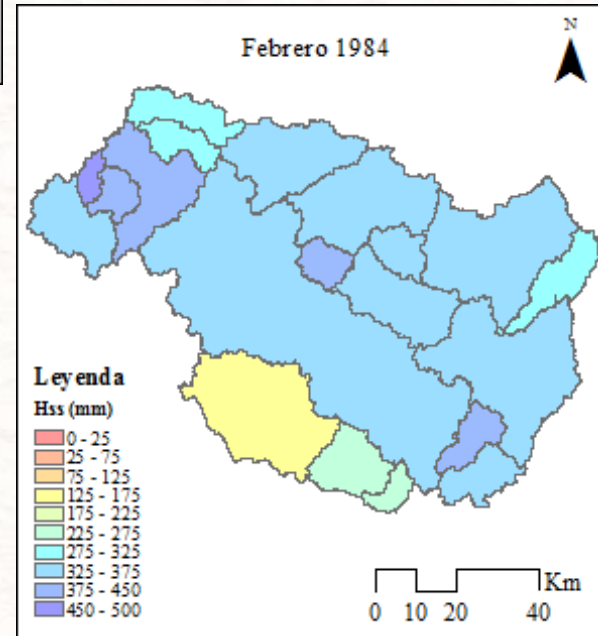
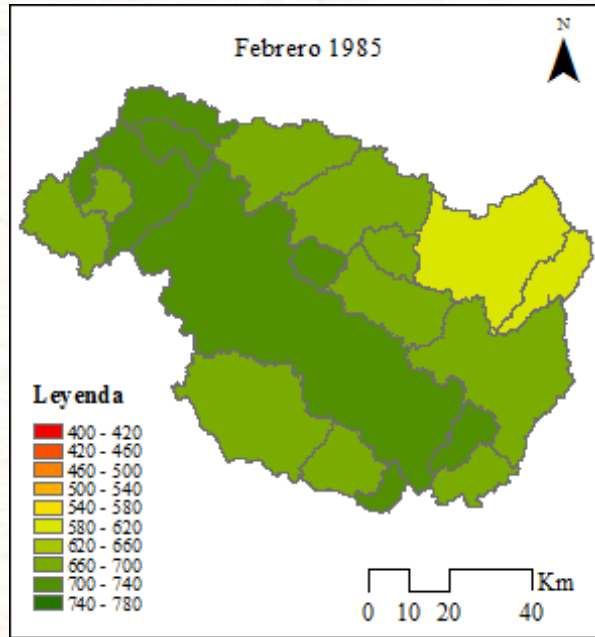
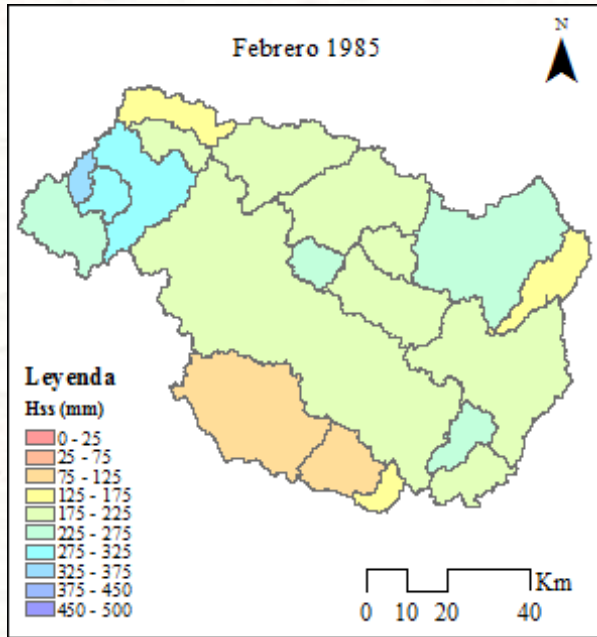
Procesos	Parámetros/modif.	Definición	Valor	Rankin
Evapotranspiración	EPCO (v ₋)	Factor de compensación para la cantidad de agua captada por las plantas (fracción).	0,92	12
	ESCO (v ₋)	Factor de compensación para la evaporación del suelo (fracción).	0,79	9
Escorrentía y tiempo de concentración	SURLAG (v ₋)	Coefficiente de retardo de la escorrentía superficial (n/a).	0,50	1
	OV_N (r ₋)	Coefficiente de Manning n de la superficie terrestre.	0,023	4
	CN2 (r ₋)	Número de Curva inicial para la condición de humedad II (n/a).	-0.097	5
	CH_K (1) (v ₋)	Conductividad hidráulica efectiva de los canales tributarios aluviales (mm/h).	35,9	13
Flujo lateral	LAT_TTIME (v ₋)	Tiempo de viaje del flujo lateral (días).	75,6	7
Agua subterránea	ALPHA_BF (v ₋)	Factor alfa de recesión del flujo base (días).	0,006	6
	GW_REVAP (v ₋)	Coefficiente de revaporización del agua subterránea (días).	0,095	
Agua en el suelo	FFCB (v ₋)	Almacenamiento inicial de agua	0,78	11
Ruteo	TRNSRCH (v ₋)	Fracción de la transmisión de pérdidas desde el canal al acuífero profundo (fracción).	0,48	3
	EVERCH (v ₋)	Factor de ajuste en la evaporación de los cauces (n/a).	0,69	14
	CH_N(2) (v ₋)	Coefficiente de Manning para canales principales (n/a).	0,026	2
	CH_K (2) (v ₋)	Conductividad hidráulica efectiva para canales principales (mm/h).	115	10



Correlación entre aHSS y aNDVI

- A nivel mensual por cuenca (20 correlaciones por cada mes).
- Análisis con 0, 1 y 2 meses de NDVI de lag: valores más altos con aNDVI retrasado 1 mes.
- Box Plot:
 - I. Valores de r bajos
 - II. Correlaciones mas altas (≥ 0.4) coincidieron con desarrollo de cultivos de verano e invierno/ período de siembra en Junio (casi el 100% de los suelos se encuentran desnudos).
 - III. Correlaciones mas bajas (< 0.2) Marzo, Abril y Noviembre coincidente con el período de madurez de los cultivos y cosecha de invierno .

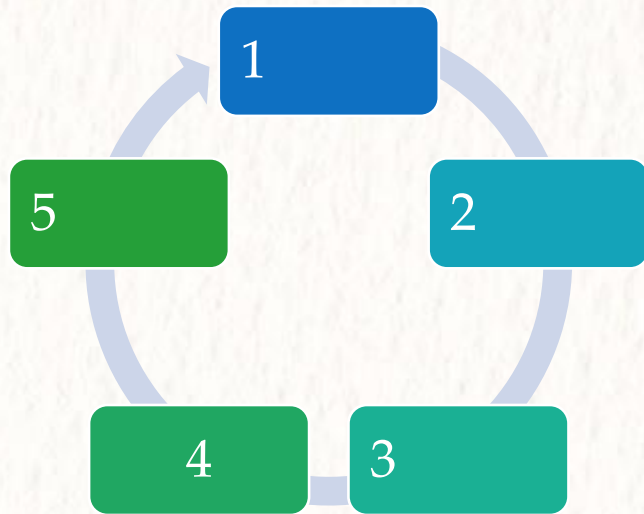




4. Discusión y Conclusiones

- Por primera vez, en Argentina, se obtuvo una serie de HSS (1981-2011) en una región con pocos datos a partir de la simulación de SWAT.
- El resultado de la calibración y validación de los caudales indicó un buen desempeño del modelo. No obstante, éste podría ser más preciso, en la medida que haya mayor cantidad de datos, especialmente datos de precipitación.
- El análisis de las correlaciones entre aHSS y aNDVI mostró resultados poco significativos y permitió evaluar los eventos de sequías agrícolas en forma parcial.

Discusión y Conclusiones



- Es aconsejable estudiar subcuencas homogéneas en cuanto a tipos de cultivos y suelos. La relación HS y NDVI está fuertemente condicionado por:
 1. Profundidad de raíces.
 2. Eventos de lluvia intensos en un contexto de sequía.
 3. Tipo de suelo.
- Se propone continuar con la evaluación de la HSS en la cuenca del río Arrecifes:
 1. Explorando el uso de otros indicadores de sequía y NDVI de mayor resolución espacial,
 2. Modelando con datos actuales.
 3. Introduciendo los usos de suelo de cada periodo de estudio.
 4. Incorporando prácticas de manejo agrícolas para cada zona.

Agradecimientos: Esta investigación se desarrollo en el marco de estudios de posgrado de Sofía Havrylenko (Msc) del programa de becas INTA. Agradecemos a Francisco Damiano (Msc), Eduardo Flamenco (Eng) y Marcelo Uriburu Quirno (Msc) por sus aportes de conocimientos técnicos.





Efecto de cambios en el clima sobre la disponibilidad de agua en cuencas de Chile

Hamil Uribe C.
Investigador INIA-Chile

Buenos Aires, 26 de noviembre de 2014



www.inia.cl



Cambio Climático

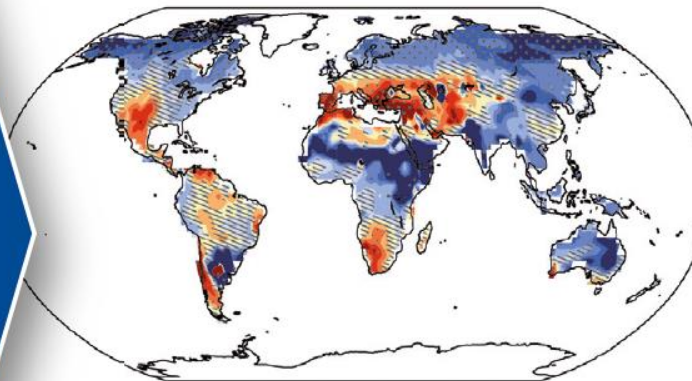
- ▶ El cambio climático está teniendo lugar ya y continuará en las próximas décadas y siglos (IPCC, 2013)
- ▶ Genera graves consecuencias en la disponibilidad de agua para producir alimentos y en la productividad de los cultivos (FAO, 2011)
- ▶ Está ocurriendo una aceleración del ciclo hidrológico del planeta, ya que las temperaturas en alza incrementarán la tasa de evaporación de la tierra y el mar.
- ▶ Mayor frecuencia de sequías e inundaciones, pero se espera que las zonas del mundo que sufren ya de escasez de agua se vuelvan más secas y calurosas.
- ▶ Es difícil hacer estimaciones con certeza sobre la recarga de los acuíferos bajo los efectos del cambio climático, pero es previsible que el incremento de la frecuencia de sequías promueva un mayor uso del agua subterránea para amortiguar el riesgo para la producción de los agricultores.

Efecto de cambios en el clima sobre la disponibilidad de agua

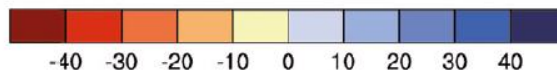
- ▶ La lluvia aumentará en los trópicos y a latitudes más altas, pero **disminuirá en las zonas que tienen ya carácter seco y semiárido** y en el interior de los grandes continentes.
- ▶ Existe disminución de la escorrentía de los ríos y de la alimentación de los acuíferos en el Mediterráneo y las **zonas semiáridas en América**, Australia y África meridional, regiones que ya sufren de estrés hídrico.

Cambios en escorrentía y humedad del suelo a finales del siglo XXI (media entre 2081 y 2100) respecto a la actualidad (media entre 1986-2005) para el escenario RCP8.5.

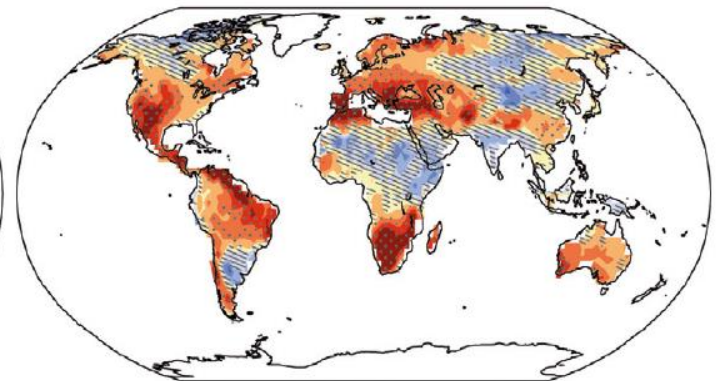
Cambio en escorrentía



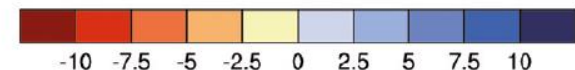
(%)



Cambio en humedad del suelo



(%)

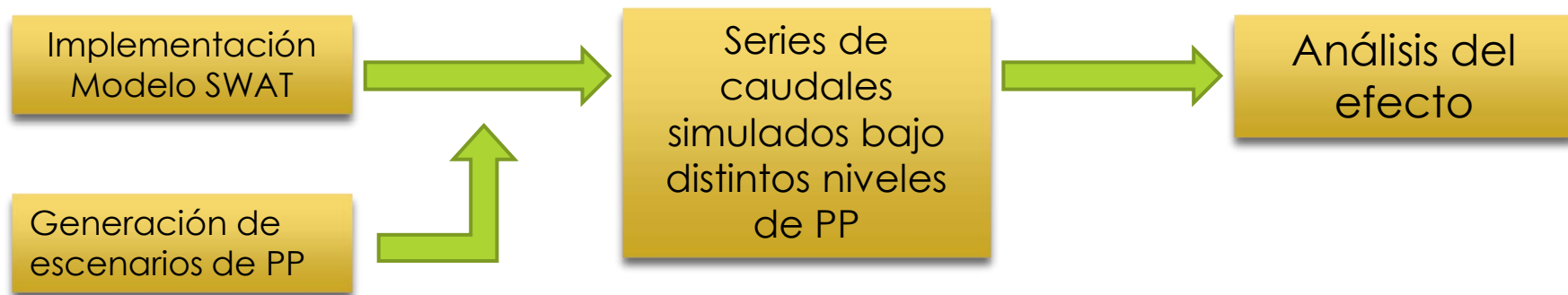


Evaluación de los Cambios en la Productividad del Agua Frente a Diferentes Escenarios Climáticos en Distintas Regiones del Cono Sur

Objetivo:

Determinar el efecto de cambios en el clima sobre la agricultura regada. Específicamente sobre la disponibilidad de agua.

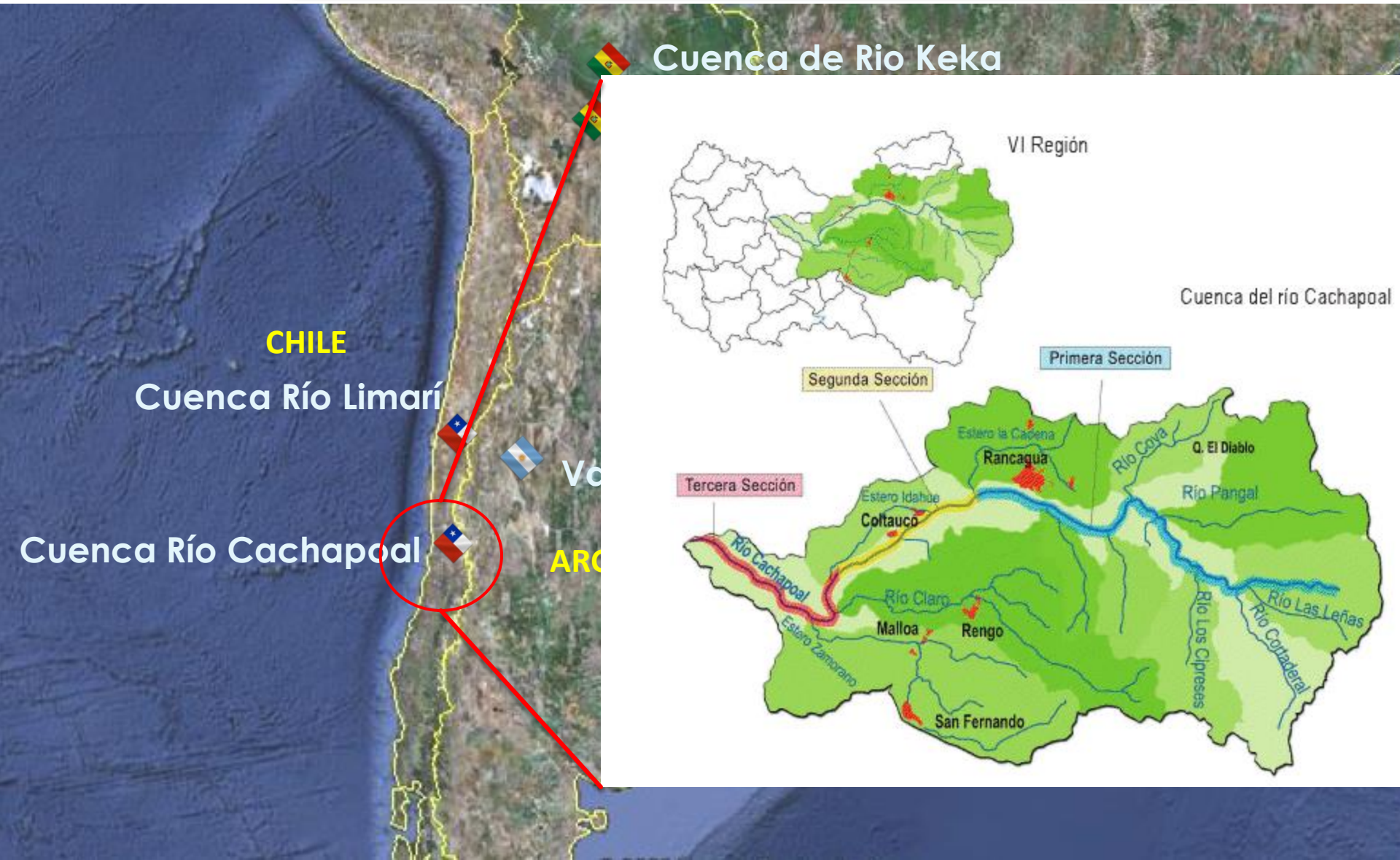
Metodología



Evaluación de los Cambios en la Productividad del Agua Frente a Diferentes Escenarios Climáticos en Distintas Regiones del Cono Sur

1. Localización del área de estudio.
2. El modelo SWAT.
3. Implementación del modelo.
4. Calibración.
5. Generación de escenarios climáticos.
6. Resultados de la simulación de Q con escenarios de PP.
7. Análisis a nivel de riego.

Localización del área



Cuenca de Río Keka

CHILE

Cuenca Río Limarí

Cuenca Río Cachapoal

VI Región

Cuenca del río Cachapoal

Segunda Sección

Primera Sección

Tercera Sección

Estero la Capena

Rancagua

Río Coya

Q. El Diablo

Río Pangal

Estero Idahue

Coltauco

Río Claro

Malloa

Rengo

San Fernando

Estero Zamorano

Río Los Cipreses

Río Coladeral

Río Las Leñas

Caracterización general del área

- ▶ La cuenca hidrográfica del río Cachapoal está ubicada en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins
- ▶ Abarca 18 comunas y 584.000 habitantes; se inicia en la Cordillera de los Andes y termina en la unión con el río Tinguiririca, donde comienza el río Rapel y se ubica el embalse del mismo nombre
- ▶ Cuenta con una superficie aproximada de 6.250 km², correspondiente al 38% de la región

El modelo SWAT

- ▶ Desarrollado por el USDA-ARS (United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service).
- ▶ Es un modelo continuo, semi-distribuido y basado en procesos naturales que suceden en cuencas hidrográficas
- ▶ La cantidad de escorrentía es estimada aplicando la metodología del número de la curva del SCS, con datos de lluvia diarios. Basada en que la escorrentía está determinada por el suelo, la cobertura de suelo y la práctica de manejo.

El modelo SWAT

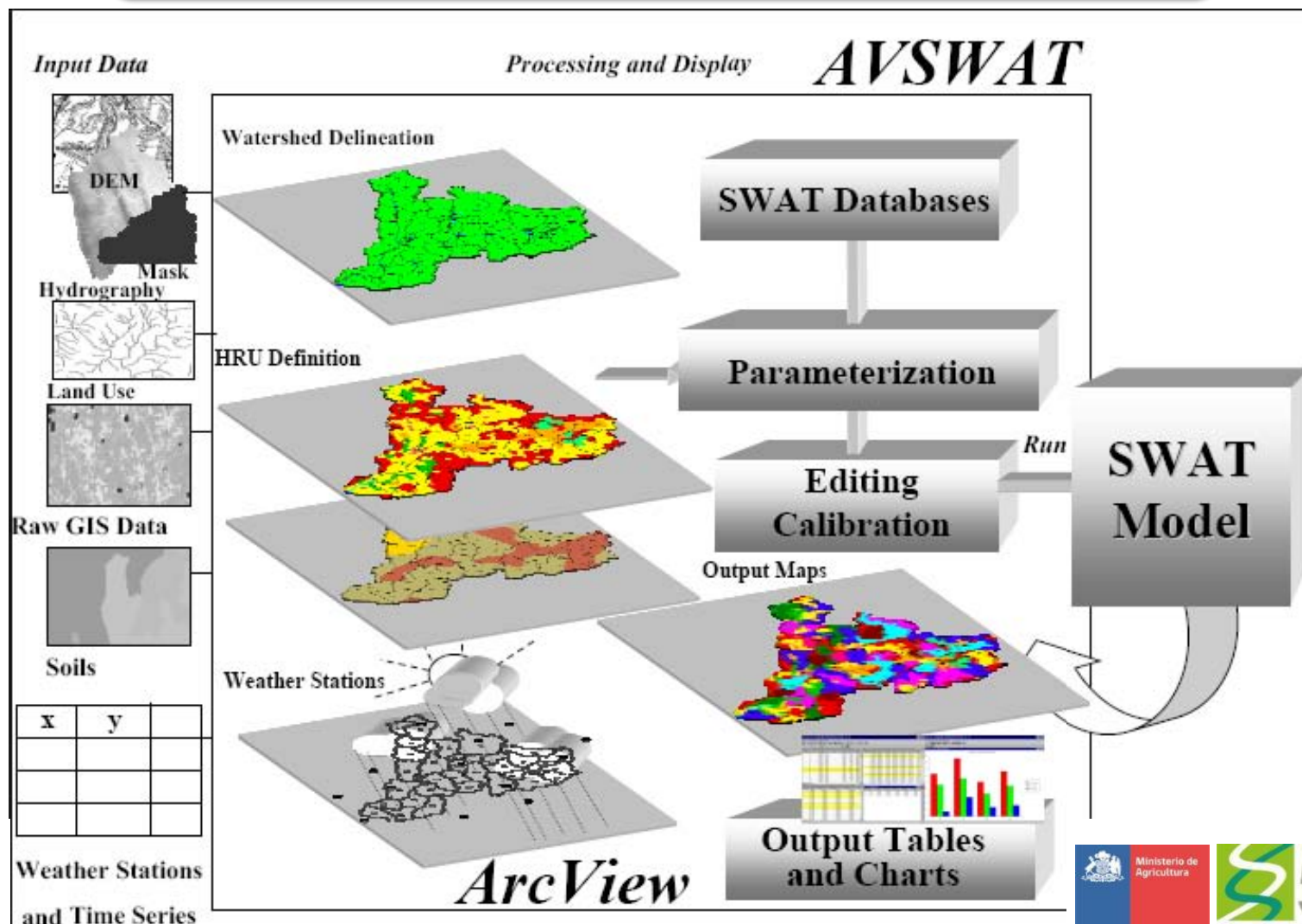
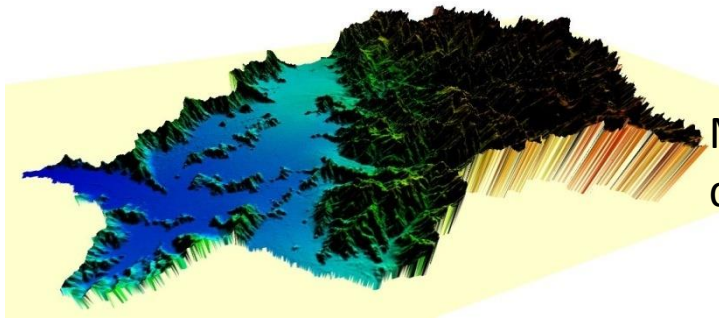


Figure 1.1

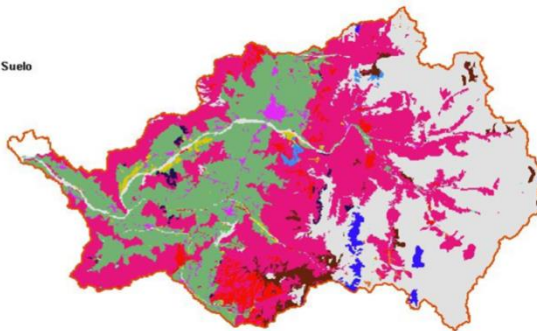
El modelo SWAT



Modelo Digital de Elevación

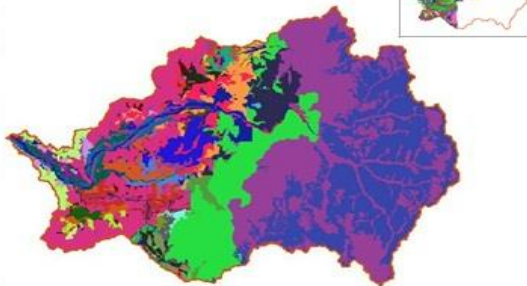
+

Temperatura y precipitación



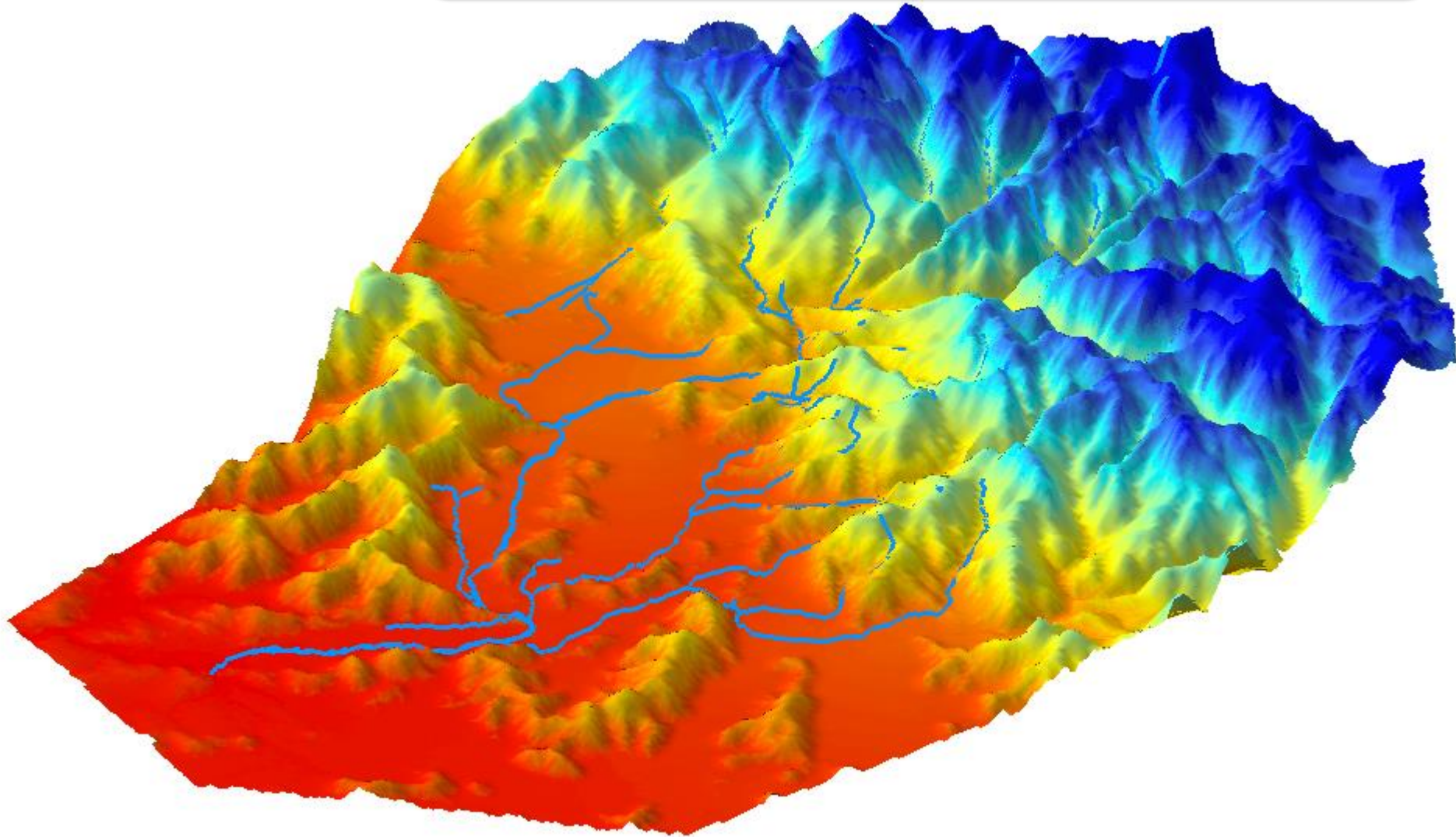
Cobertura y uso de suelo +

+

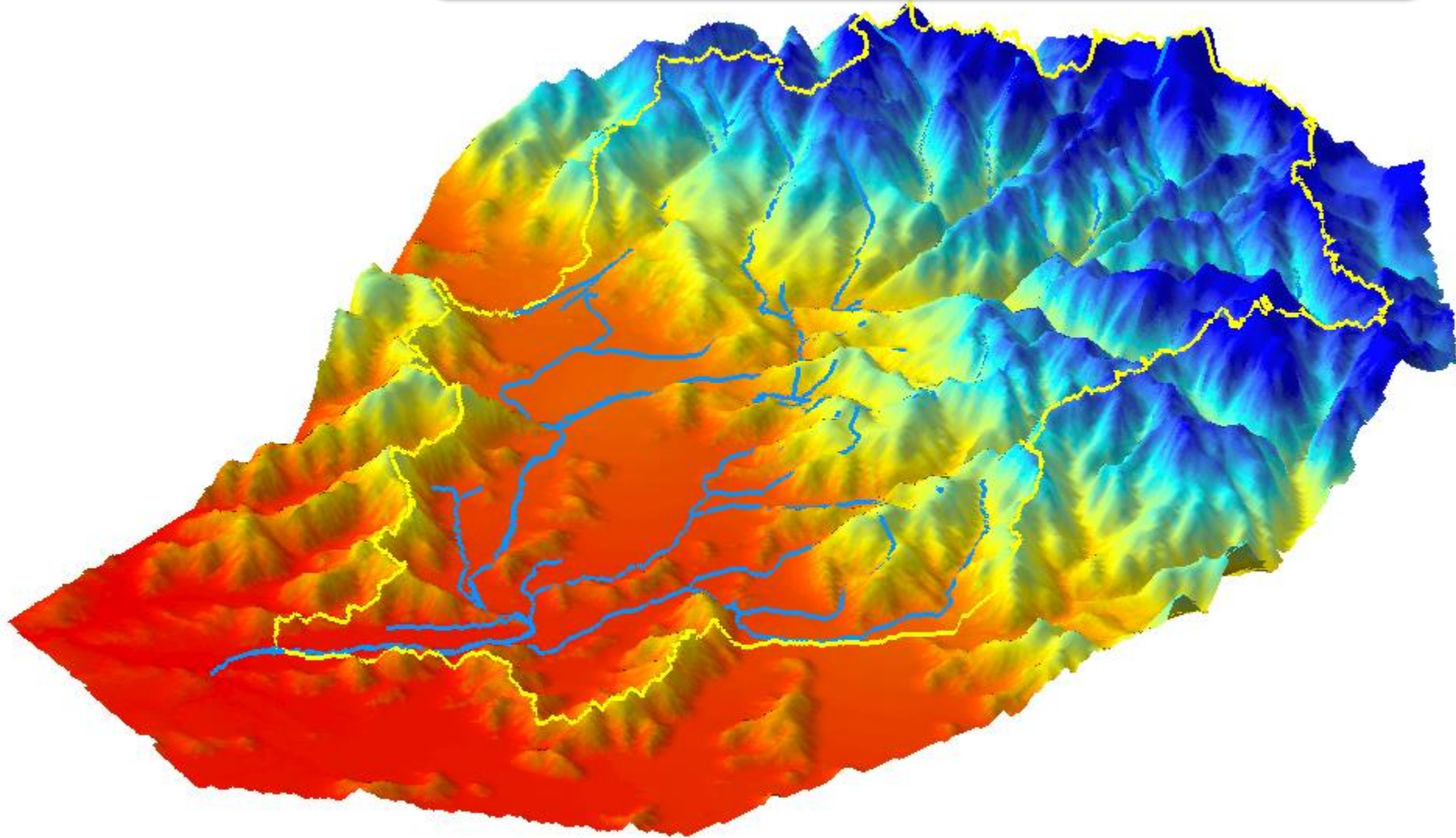


Tipos de suelo (características Físicas)

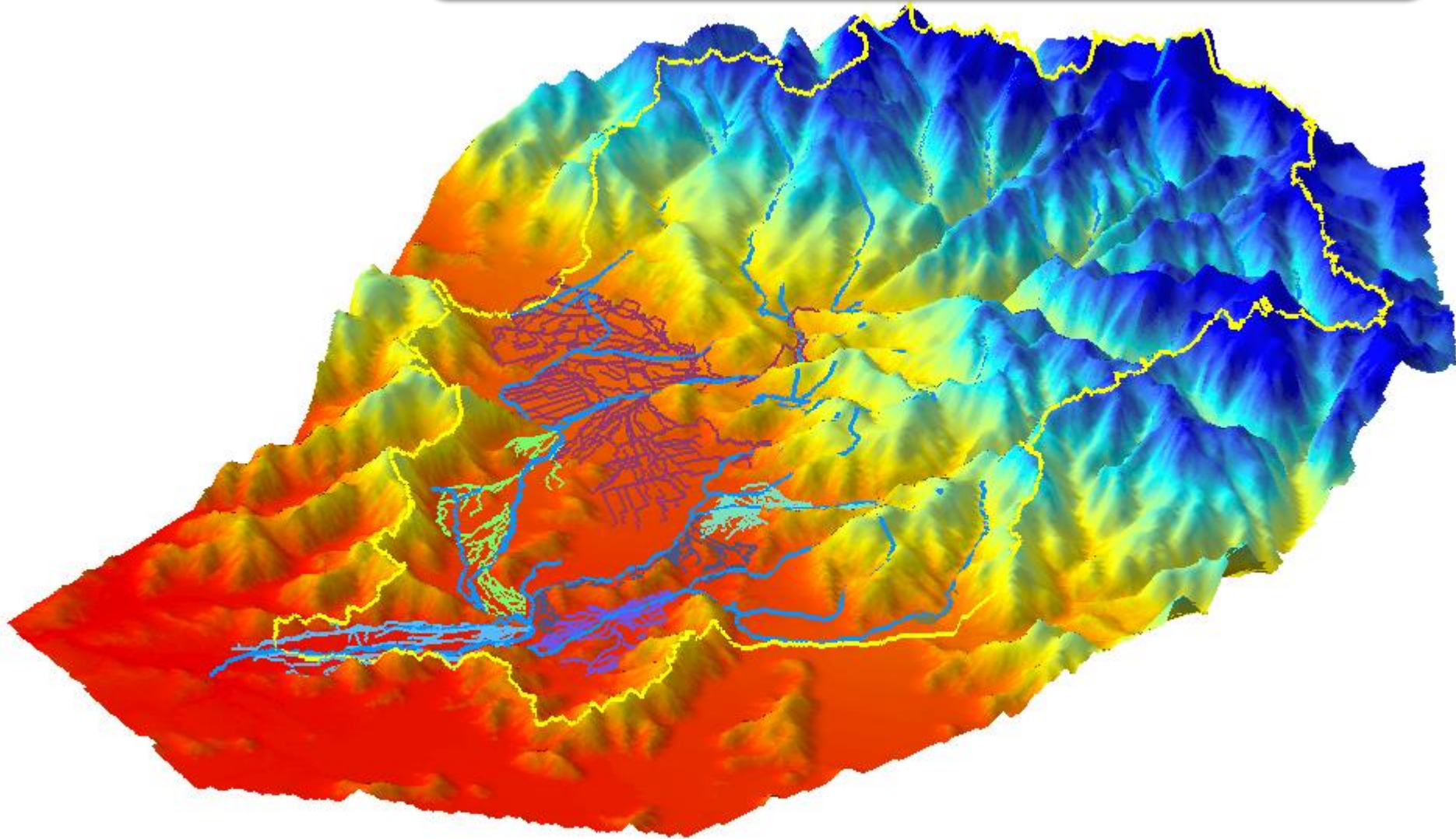
Implementación del modelo



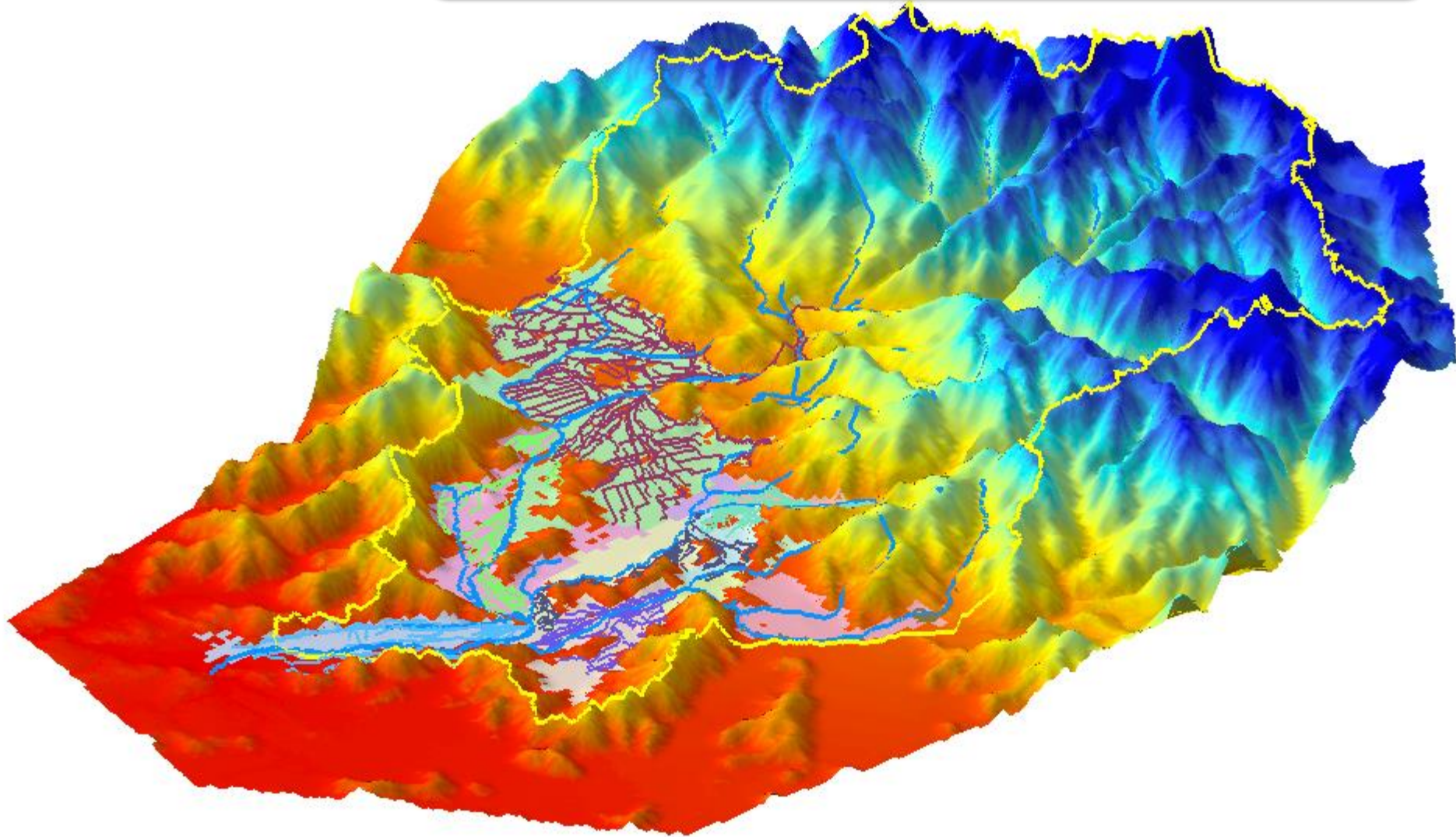
Implementación del modelo



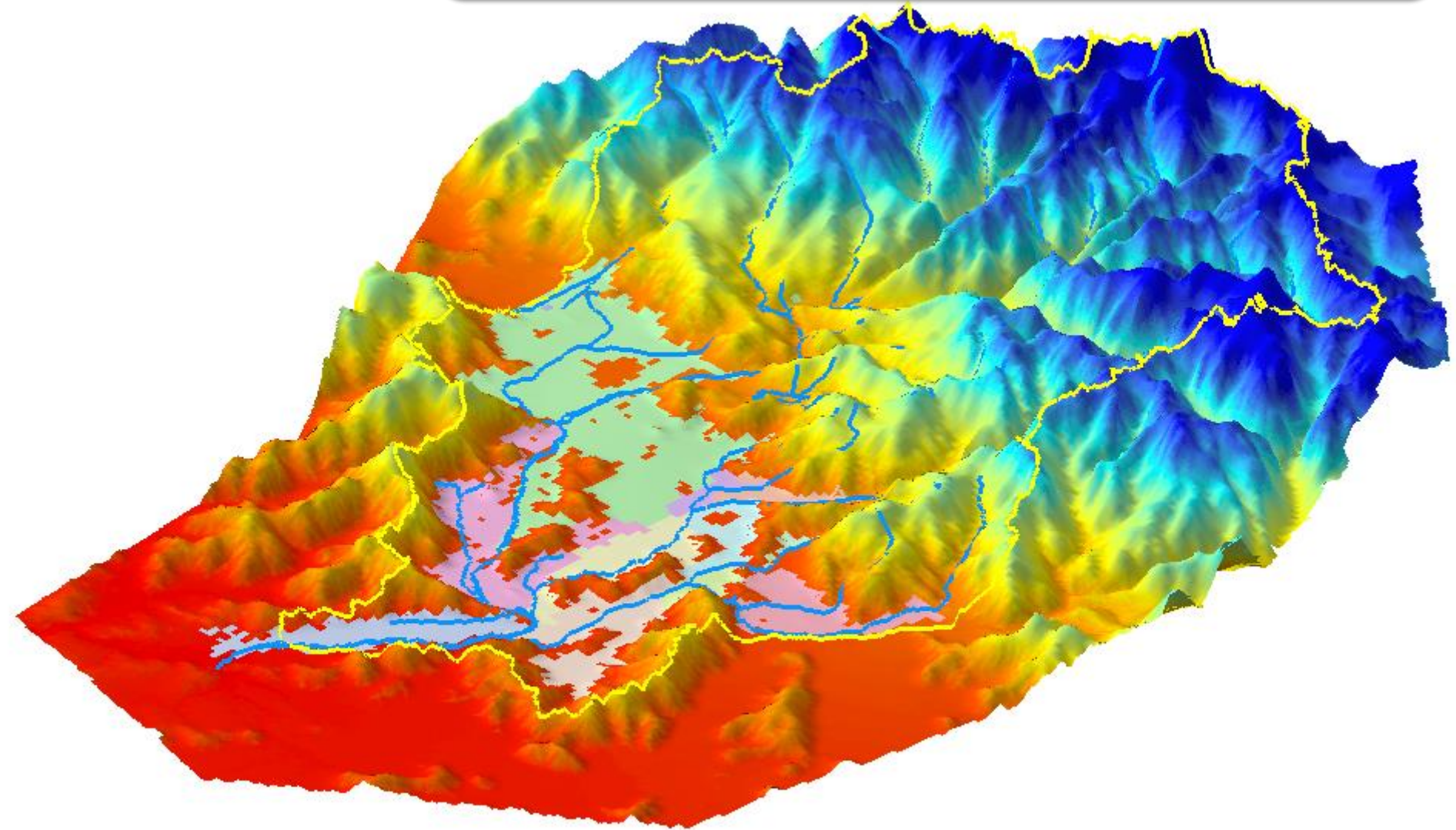
Implementación del modelo



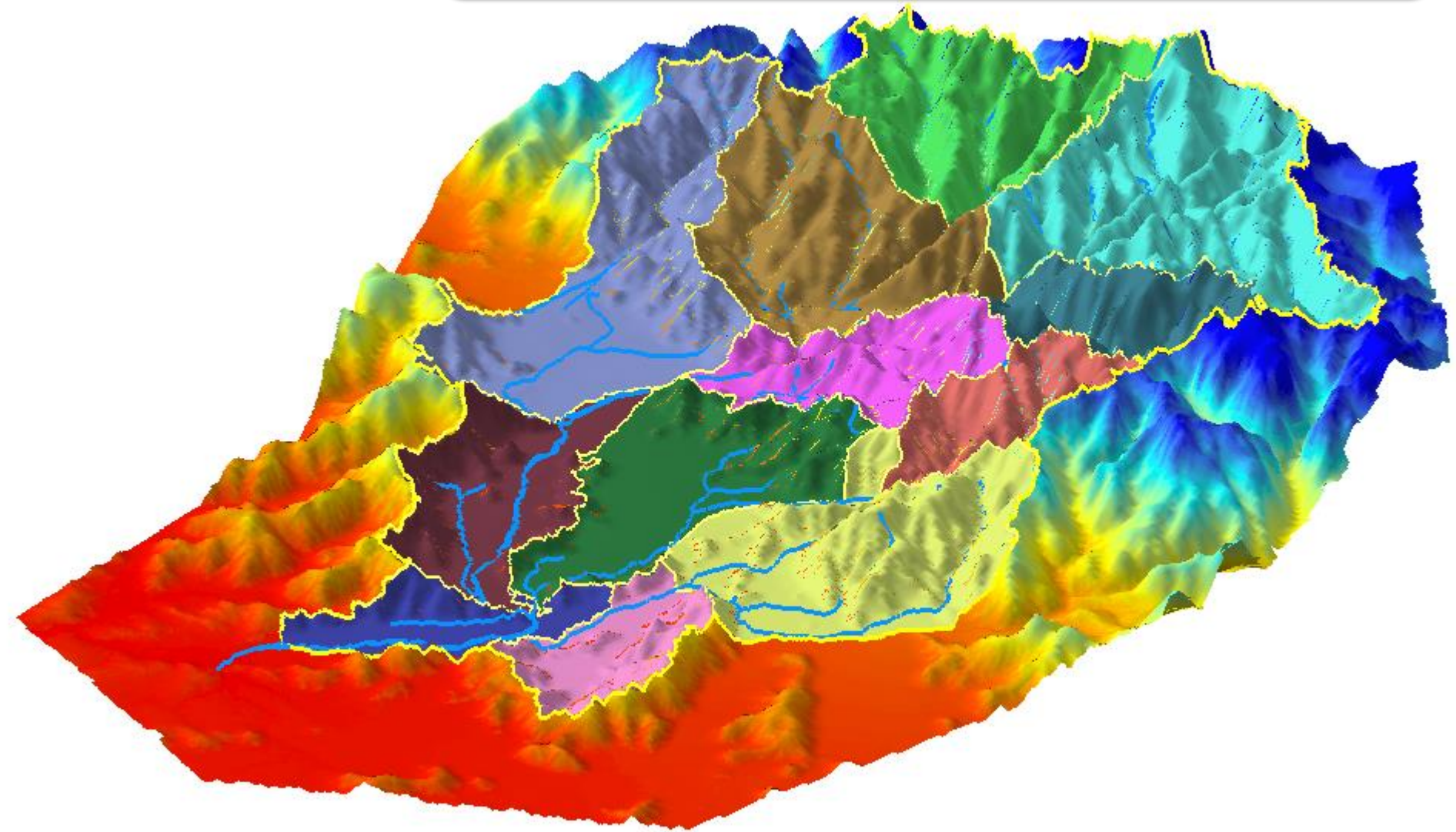
Implementación del modelo



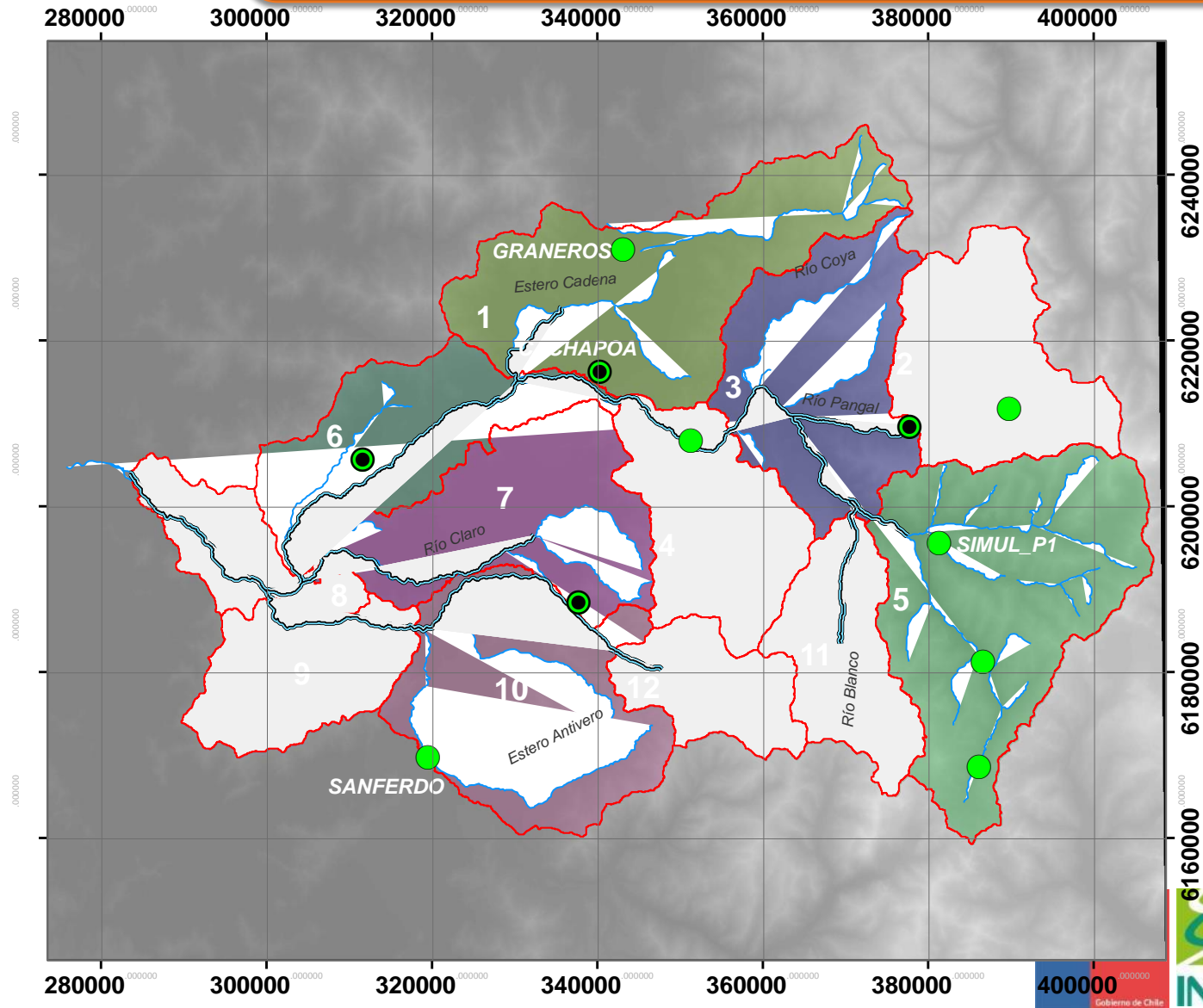
Implementación del modelo



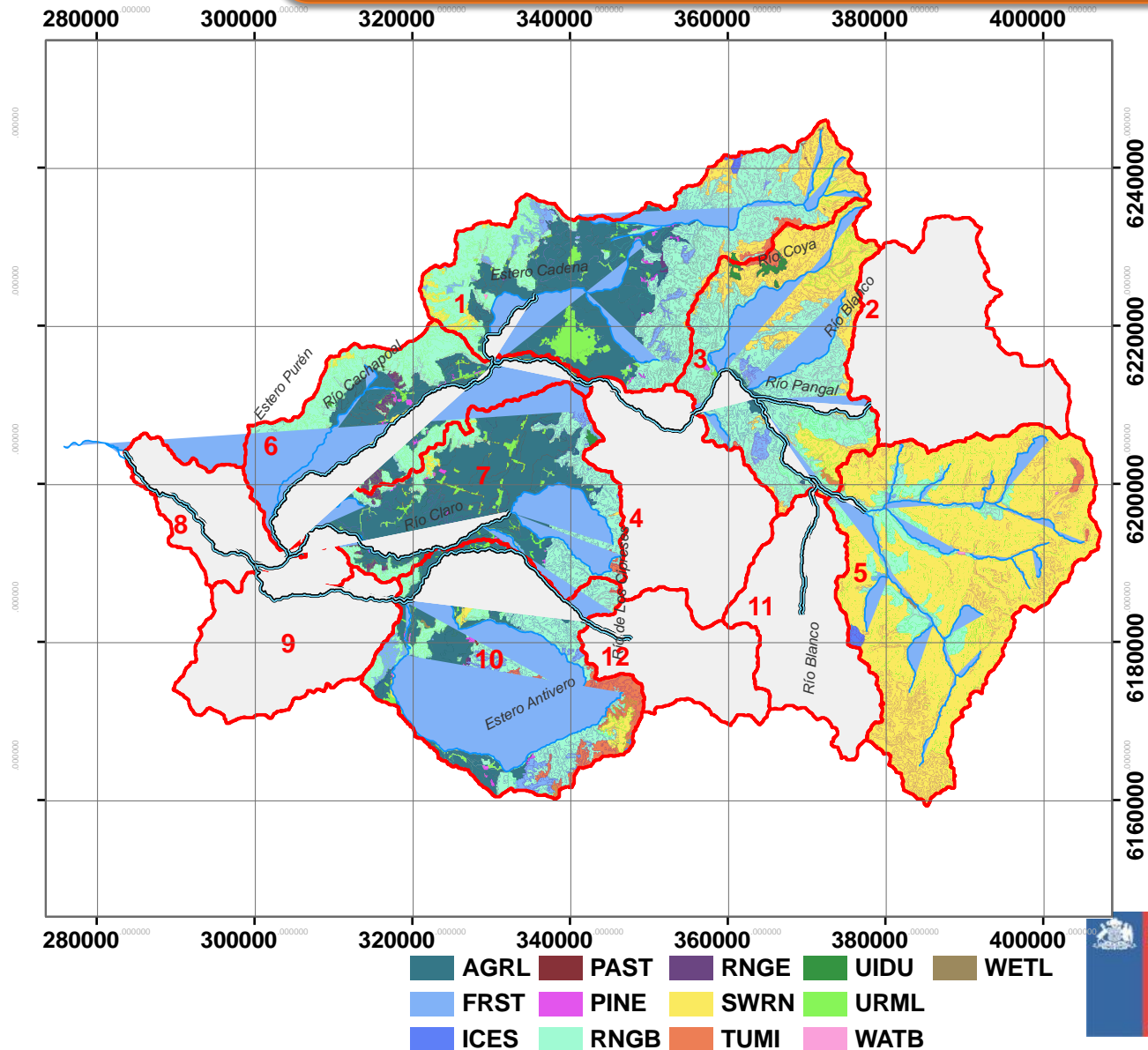
Implementación del modelo



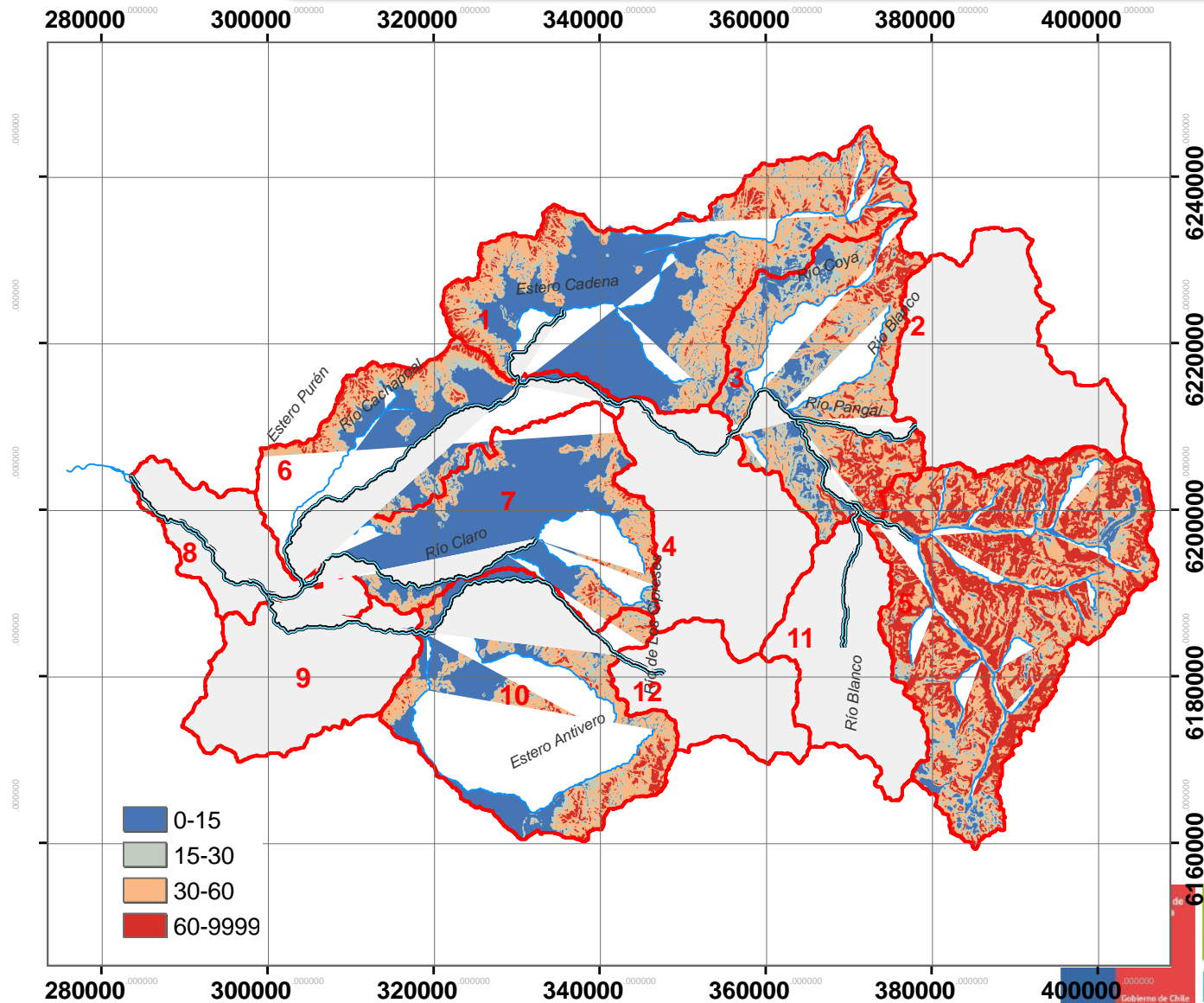
Sub Cuencas y Estaciones climáticas



Uso del Suelo

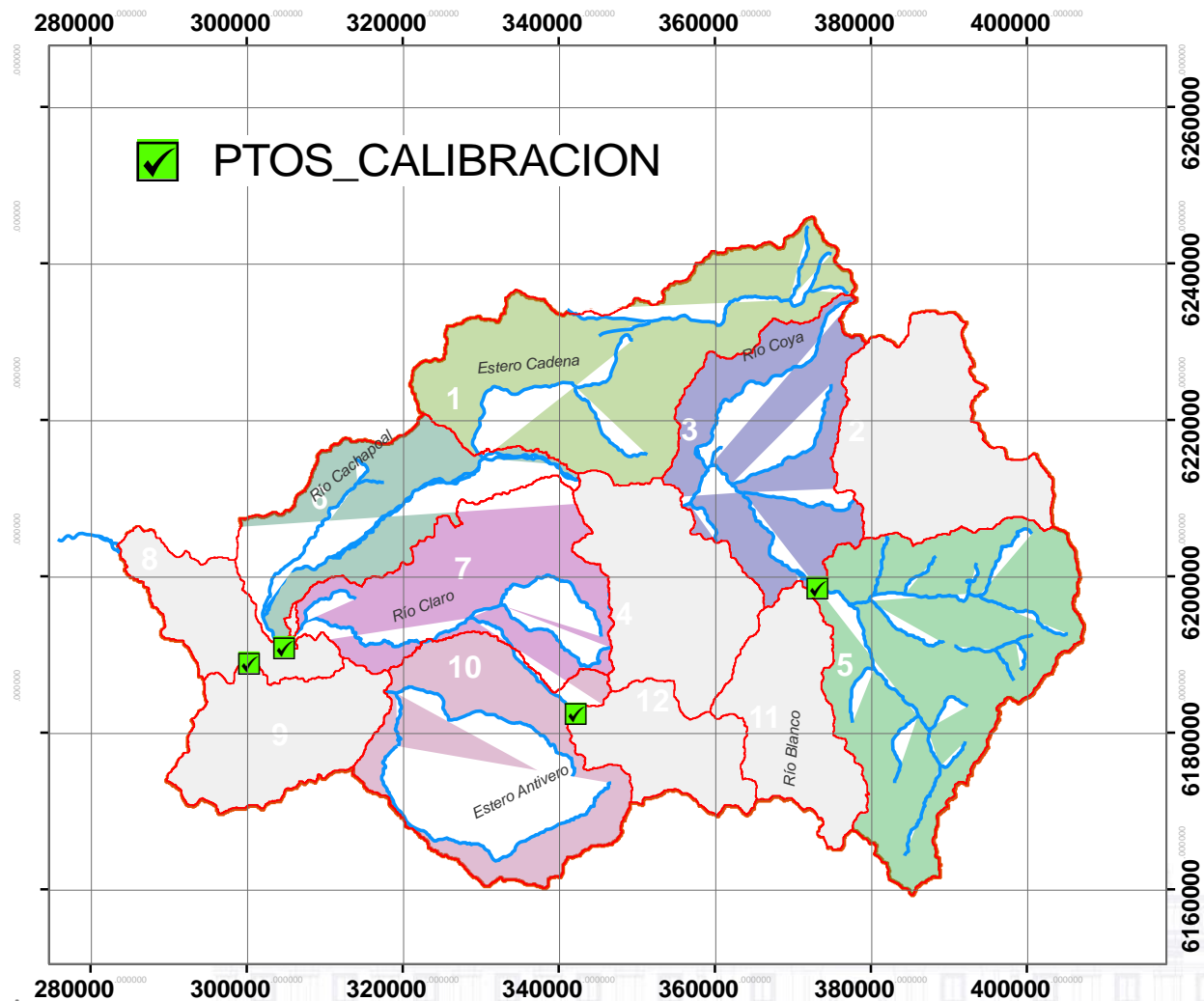


Clasificación de Pendiente





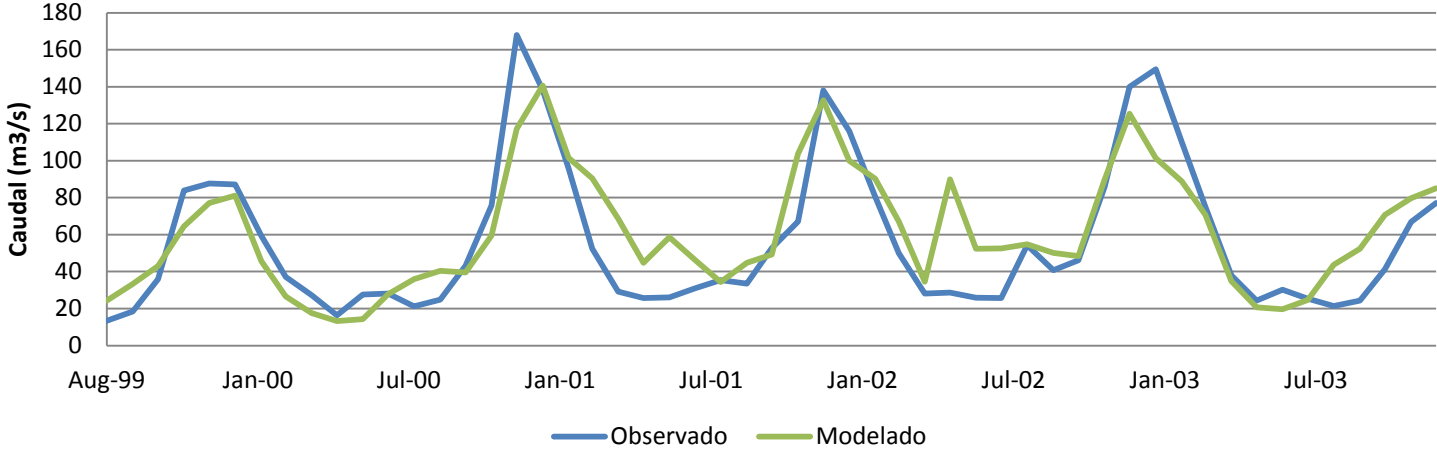
Calibración



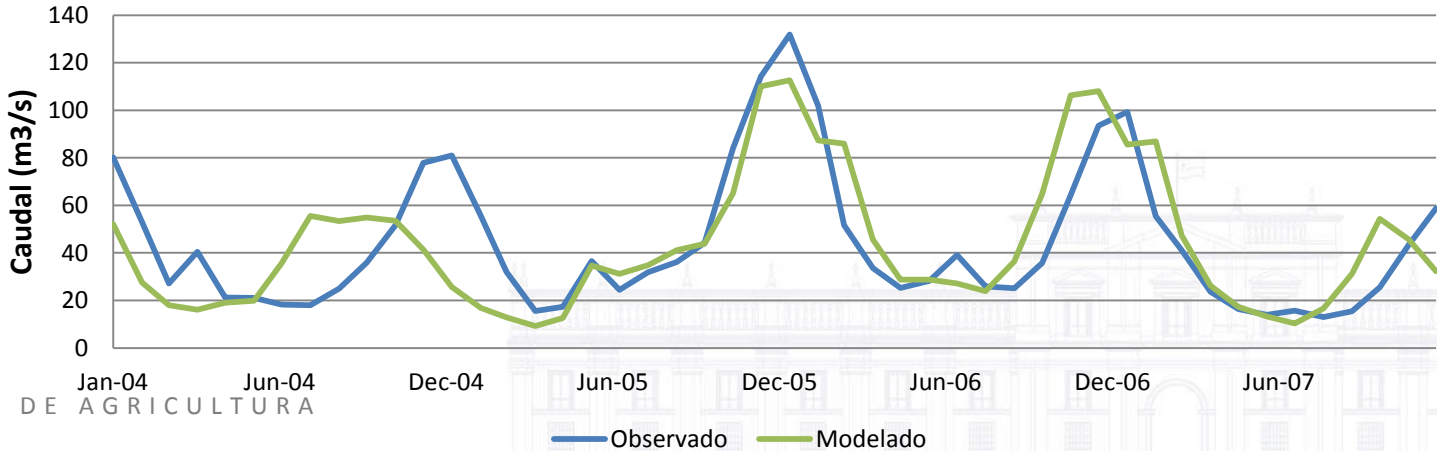


Calibración

SC 5



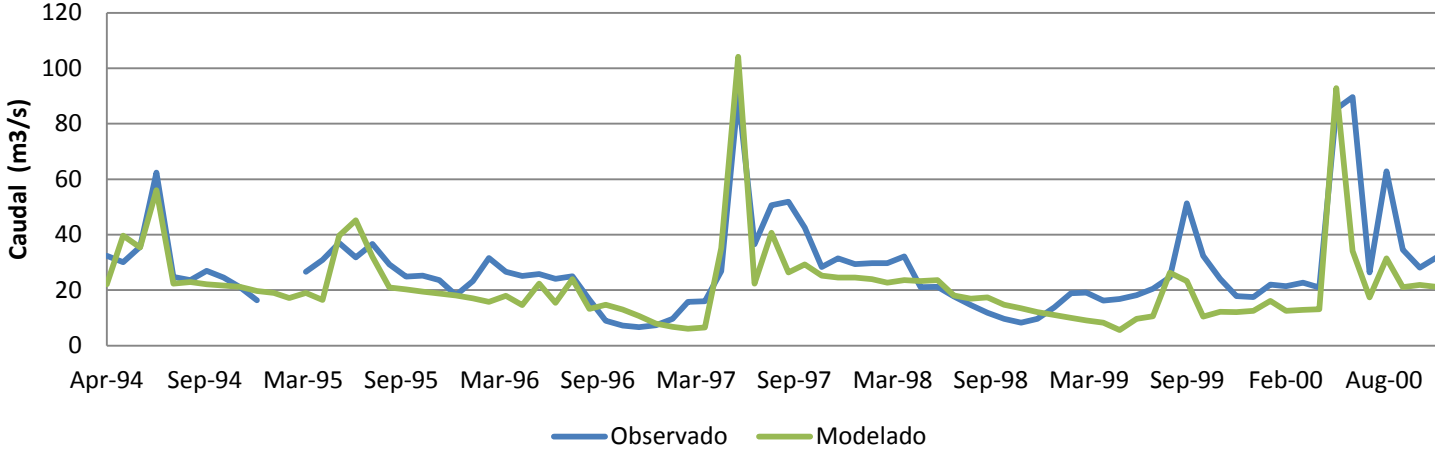
SC 5



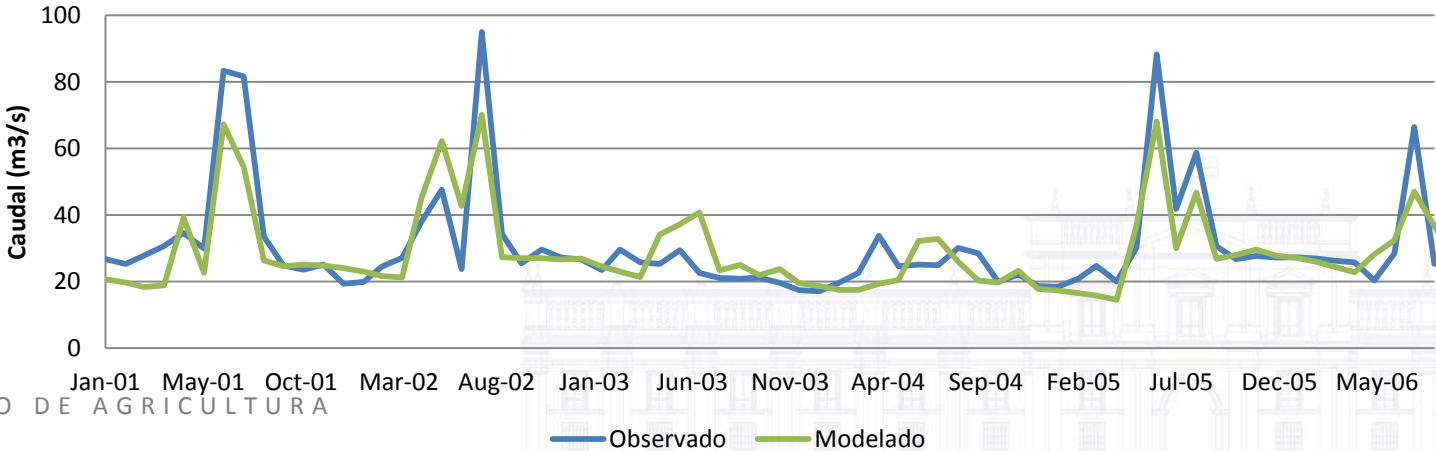


Calibración

SC 7



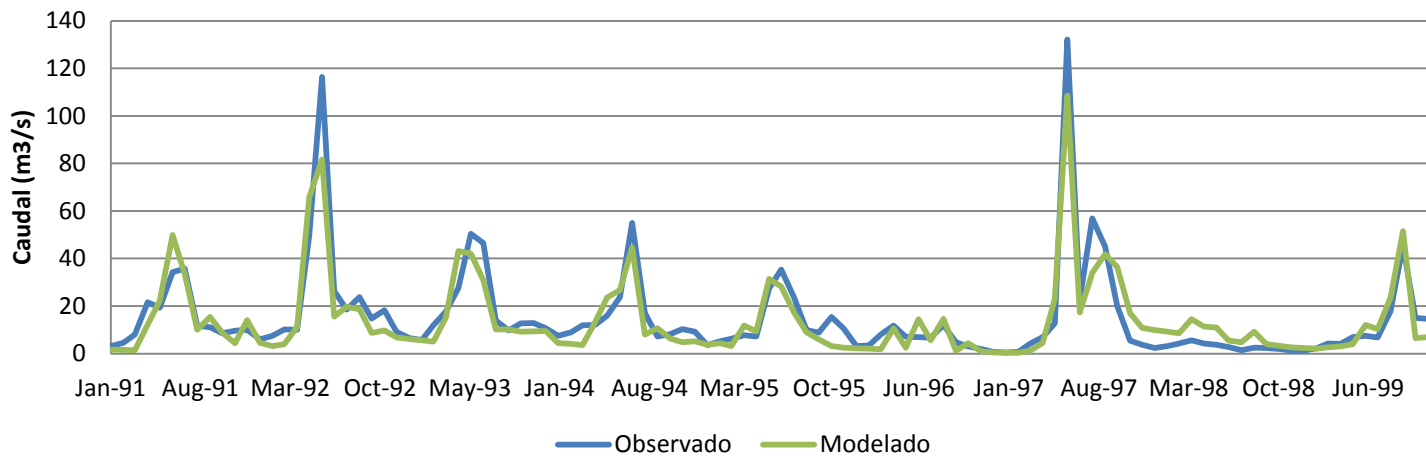
SC 7



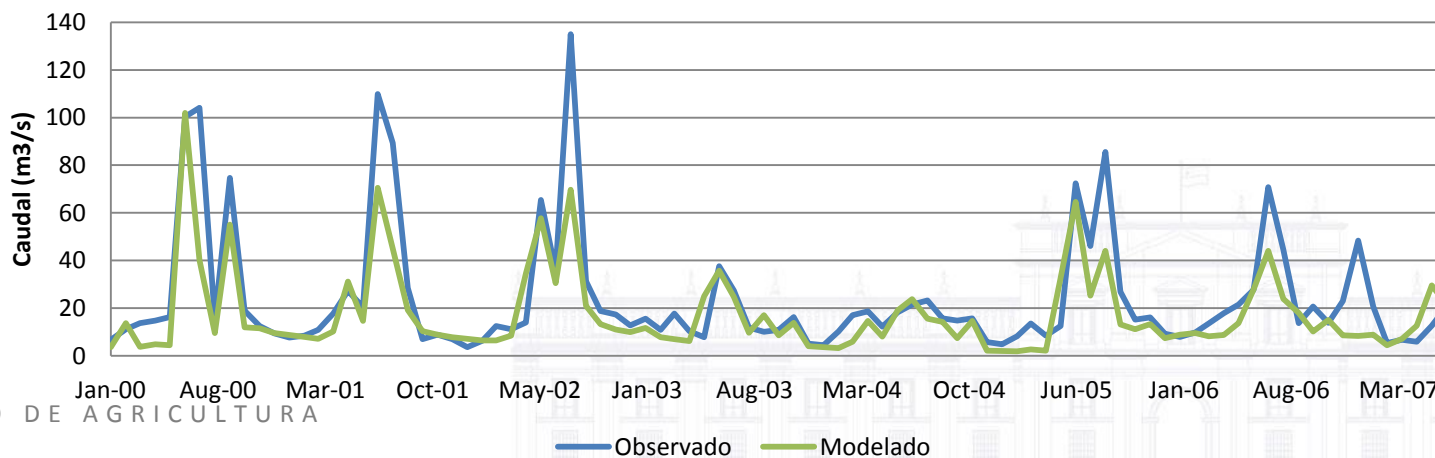


Calibración

SC 9



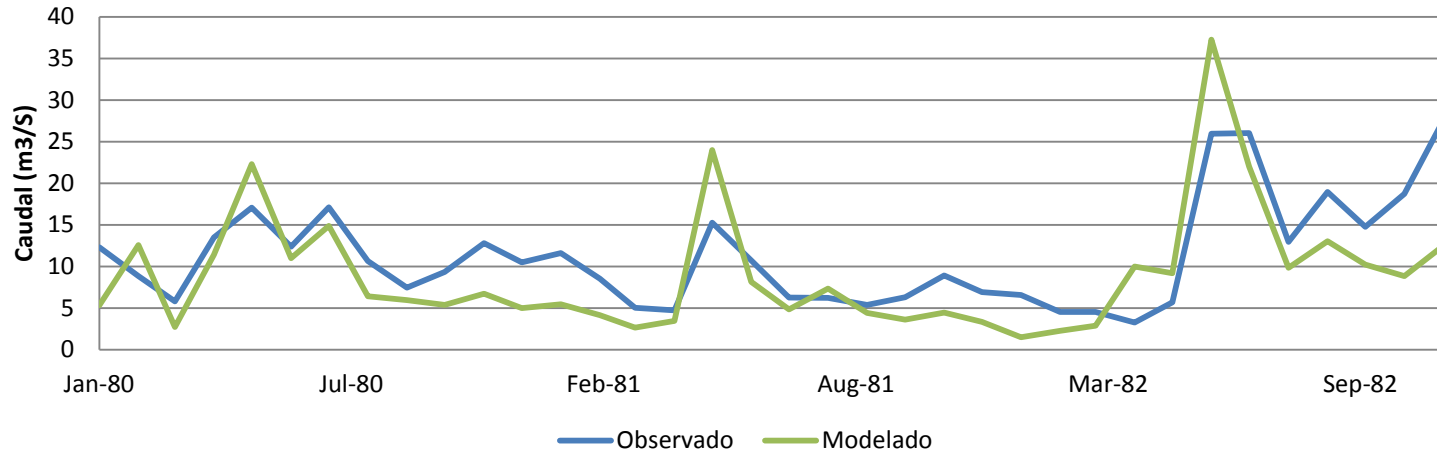
SC 9



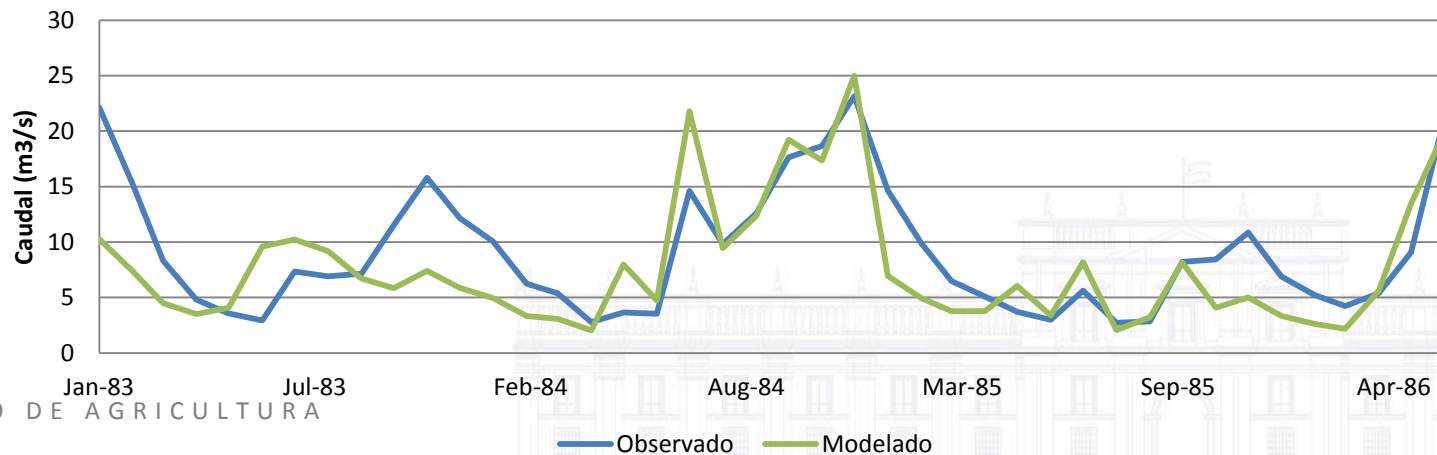


Calibración

SC 12

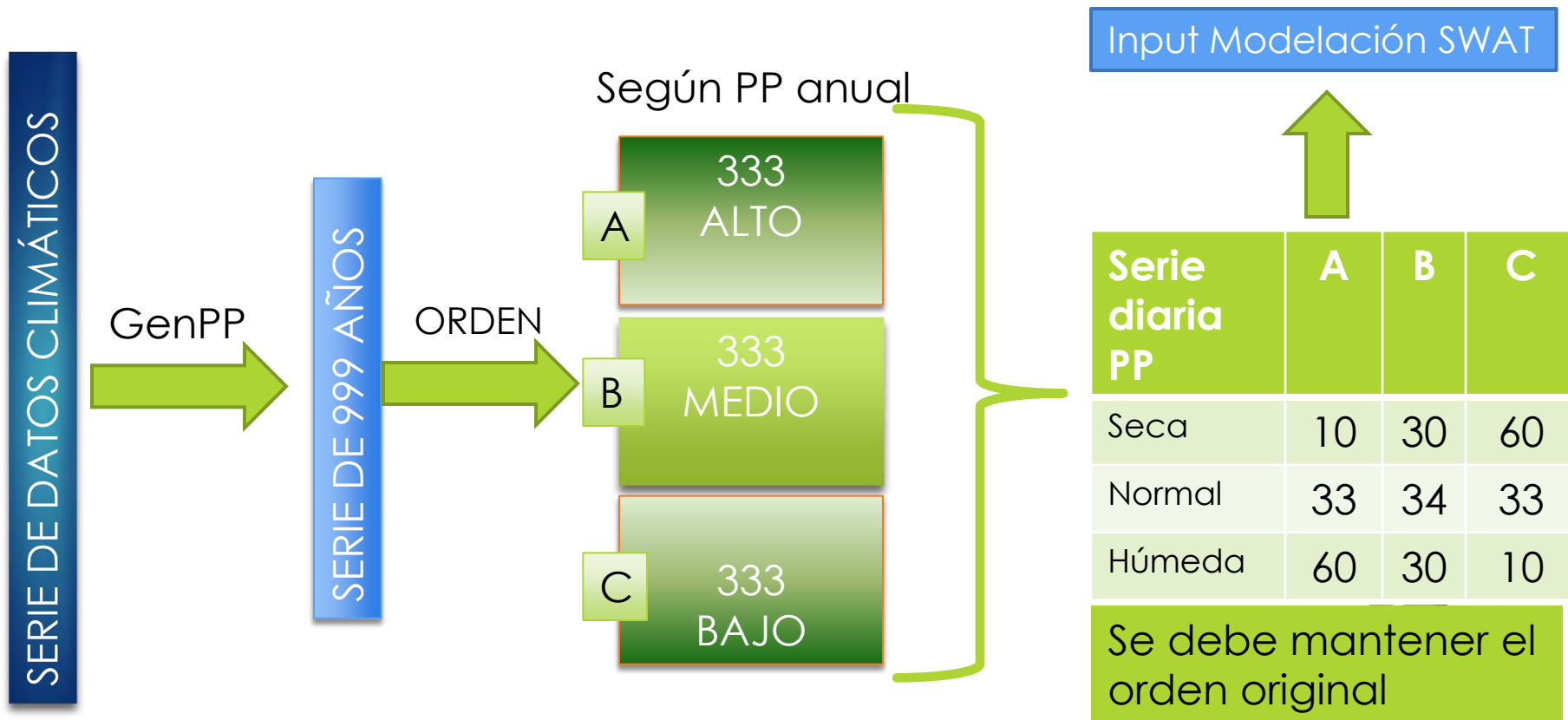


SC 12

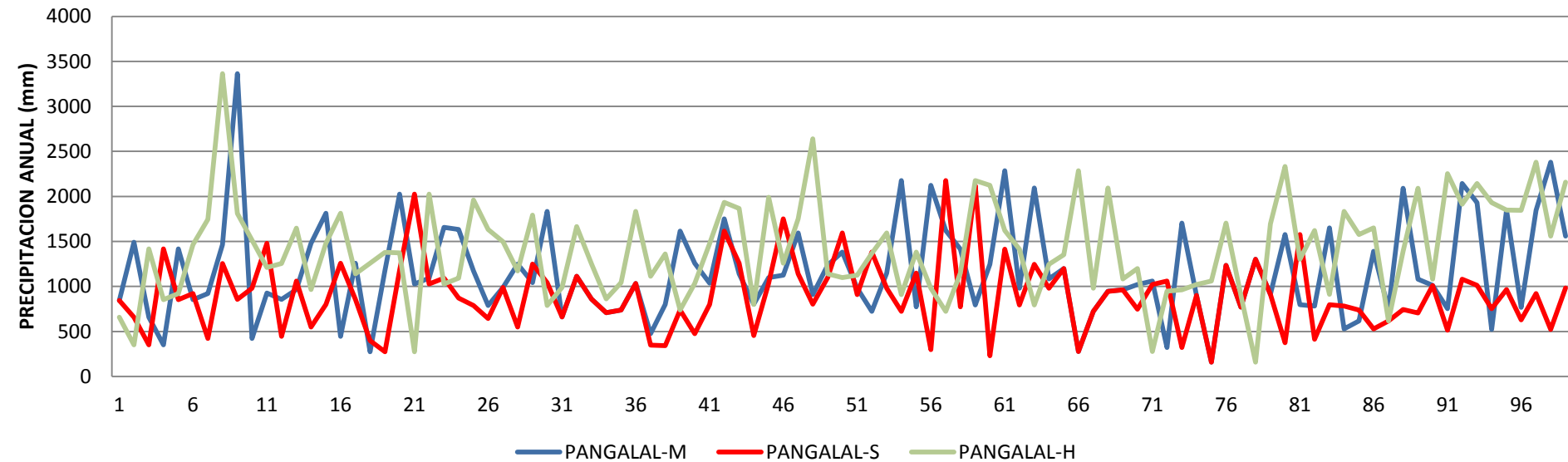
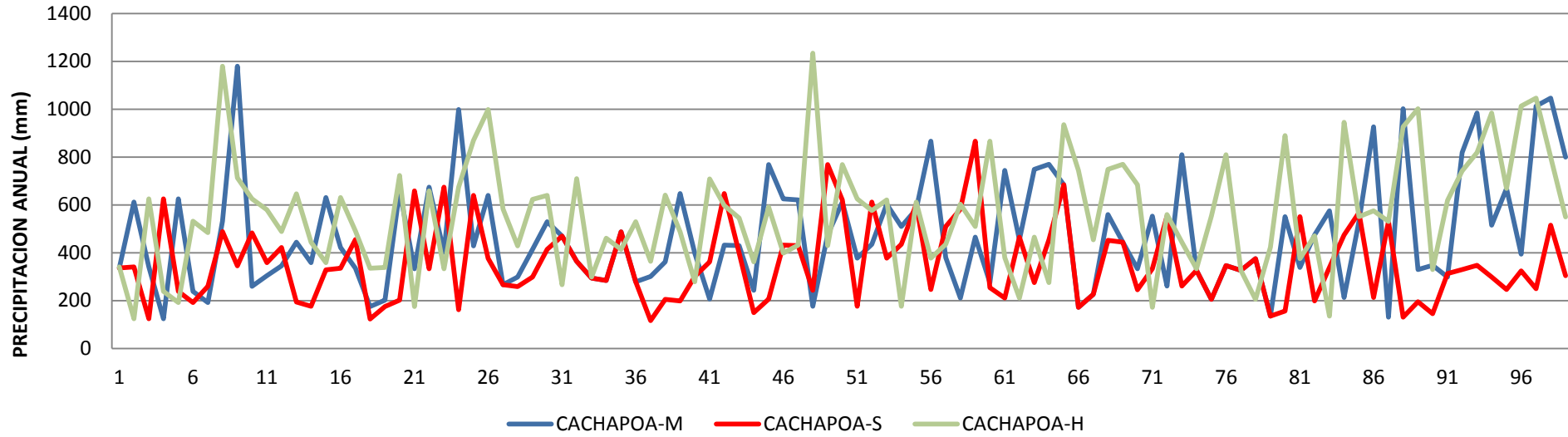


Escenarios de lluvia

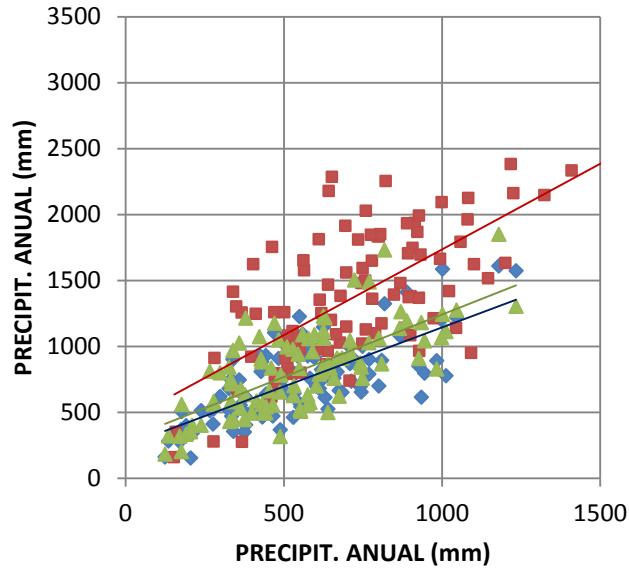
- ▶ Se basan en información estadística real diaria de precipitación



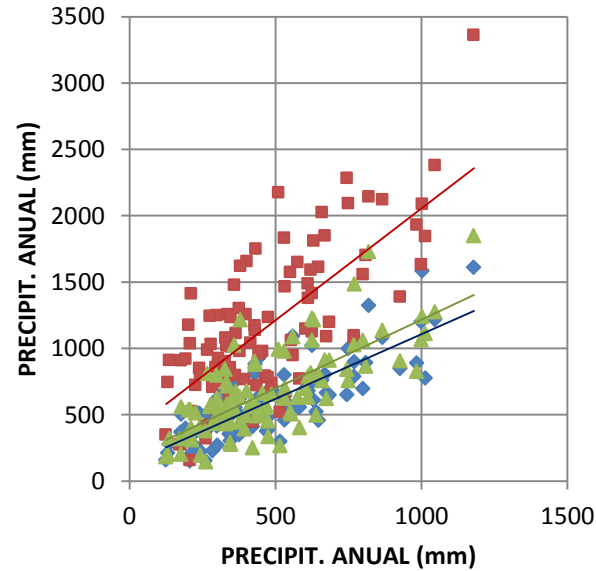
Escenarios de lluvia



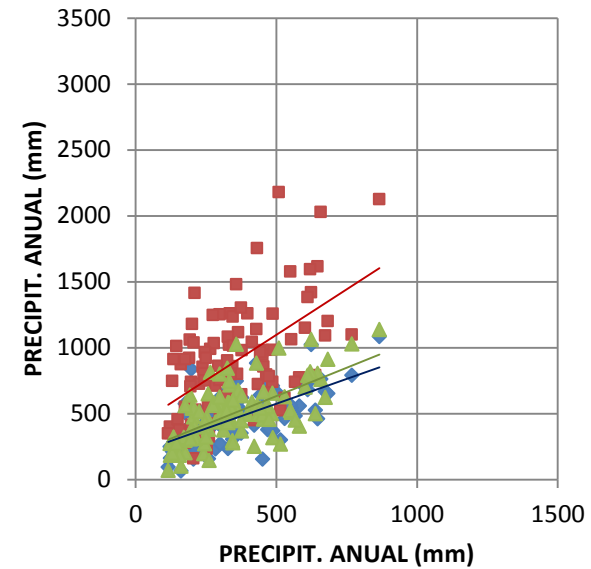
Escenarios de lluvia



◆ POPETATA-H ■ PANGALAL-H ▲ COLTAUCO-H



◆ POPETATA-M ■ PANGALAL-M ▲ COLTAUCO-M

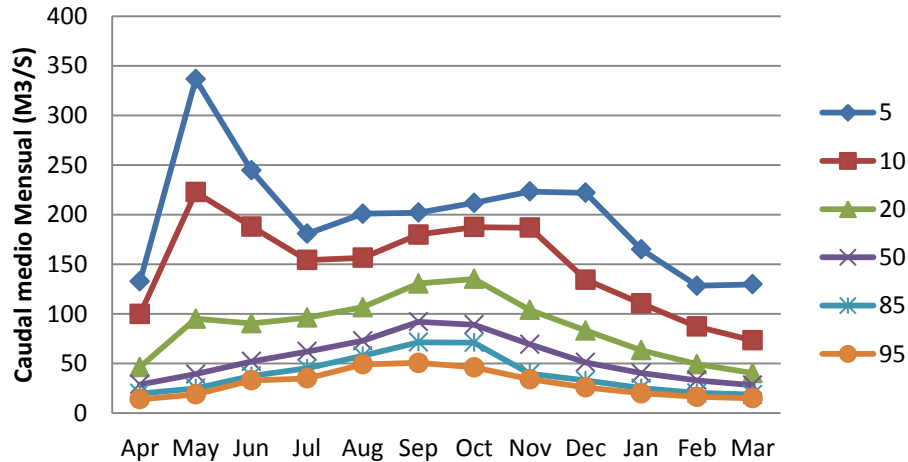


◆ POPETATA-S ■ PANGALAL-S ▲ COLTAUCO-S

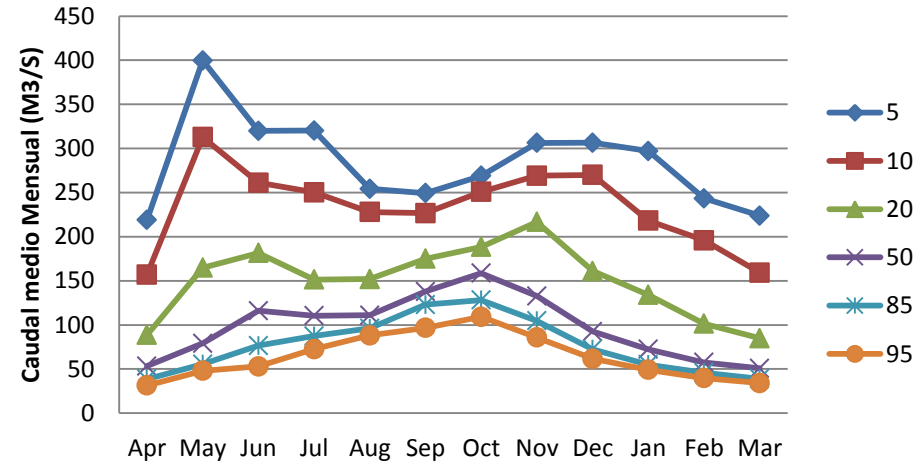
EJE X: ESTACION CACHAPOAL

Resultados de la modelación

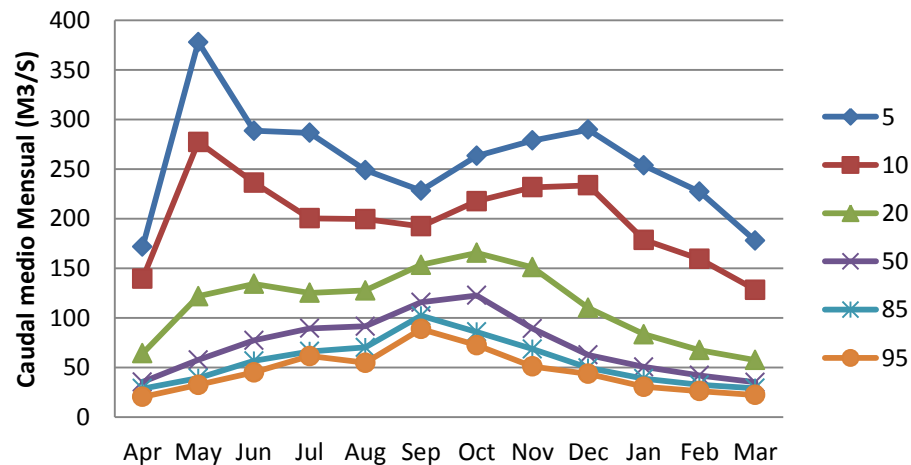
Variación Estacional SC4-Seco



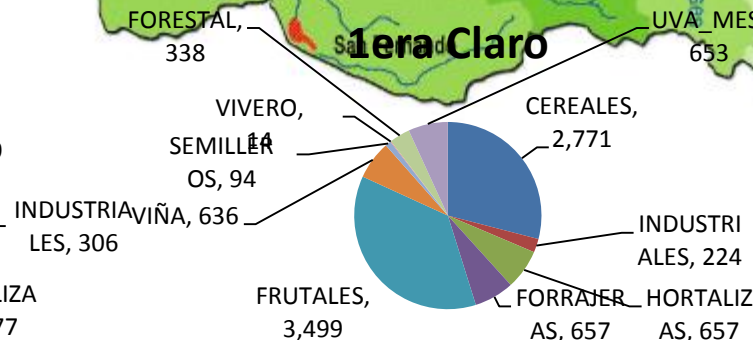
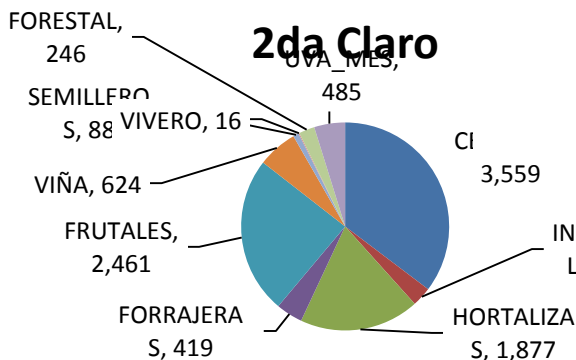
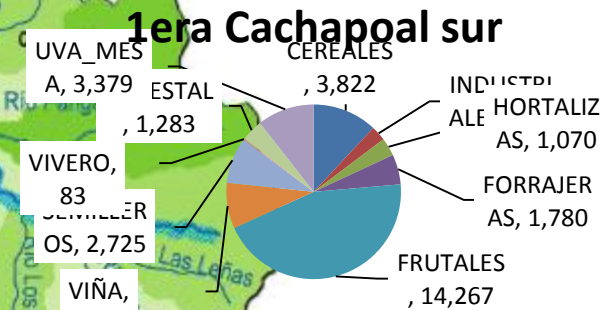
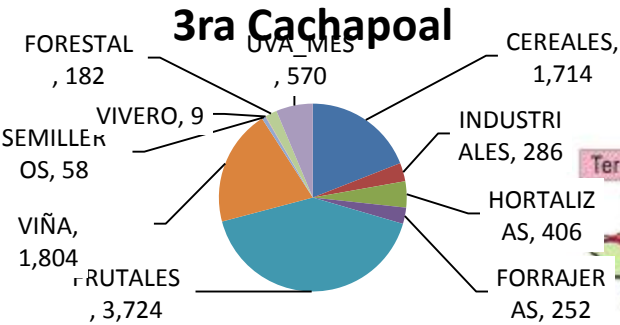
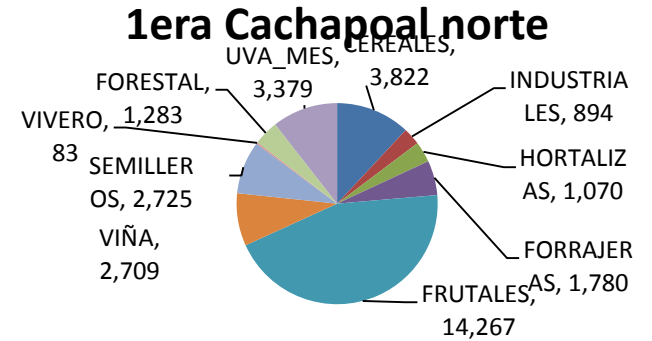
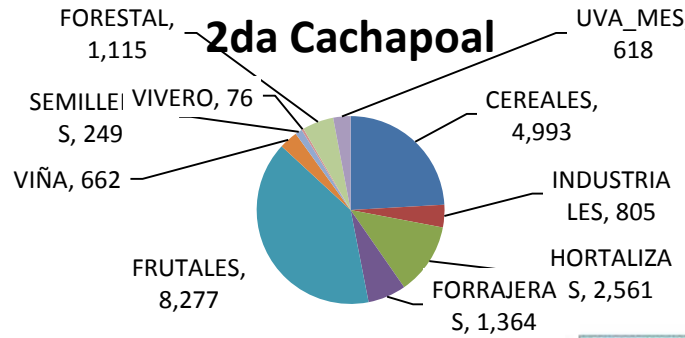
Variación Estacional SC4-Humedo



Variación Estacional SC4-Medio

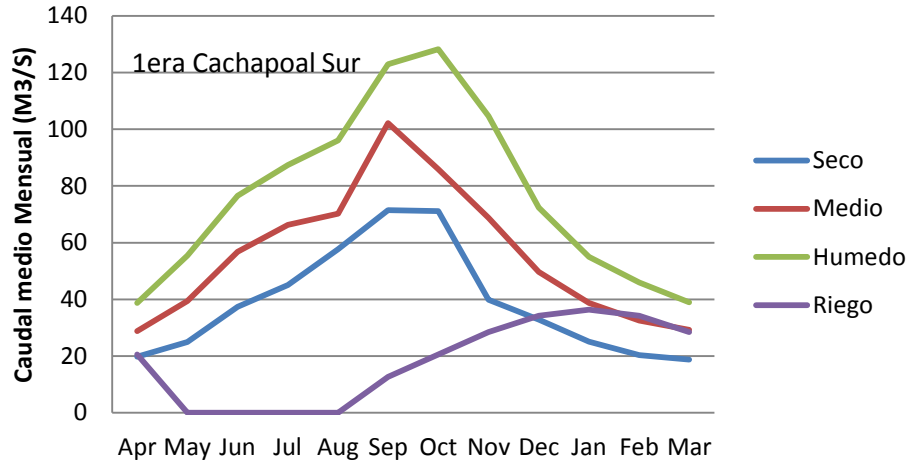


Análisis

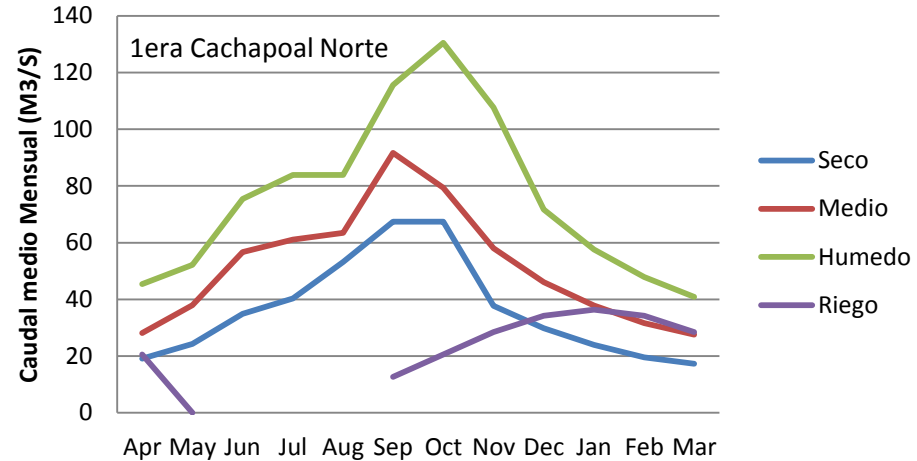


Análisis Q 85%

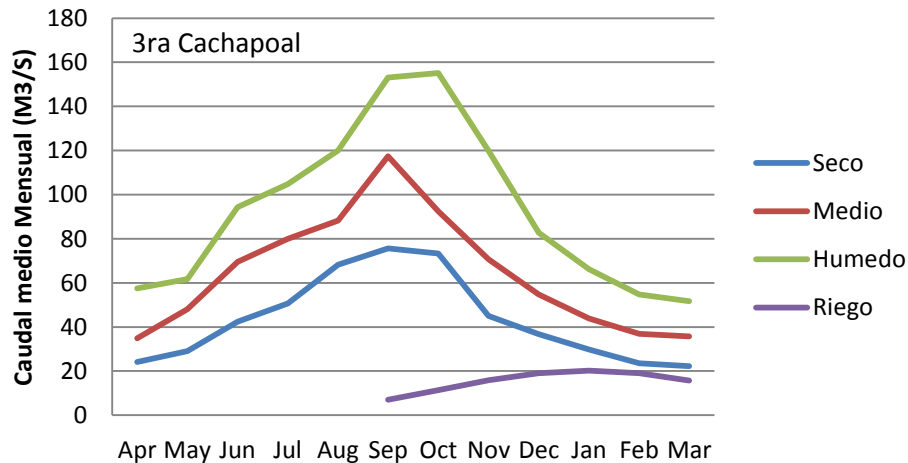
Q 85% - SC 4



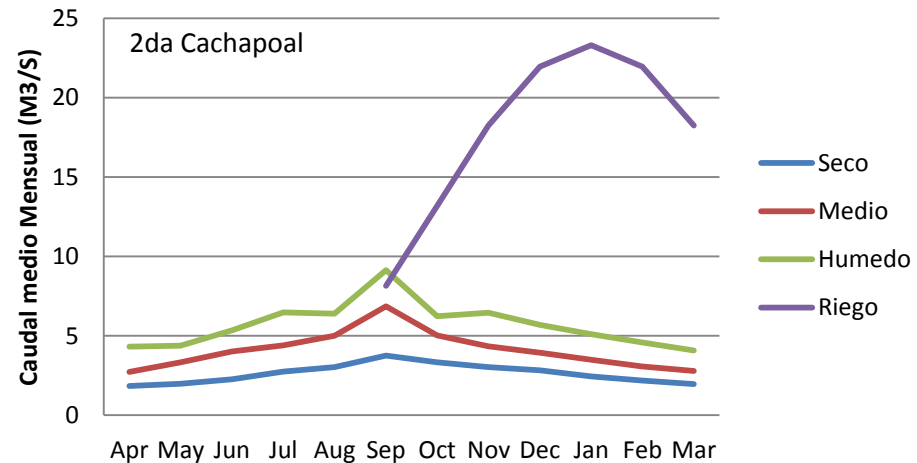
Q 85% - SC 3



Q 85% - SC 6



Q 85% - SC 1



Muchas gracias



Brindamos nuestro más sincero agradecimiento al proyecto FONTAGRO FTG 8042/08 que hizo posible la realización y culminación de este trabajo





**UNA METODOLOGÍA PARA EL
MANEJO INTEGRAL DE EXTREMOS
HÍDRICOS EN UNA CUENCA RURAL
EN ZONA DE LLANURA. CASO DE
ESTUDIO: CUENCA ARROYO
SANTA CATALINA, PROVINCIA DE
BUENOS AIRES**



CONTENIDO

1. INTRODUCCION

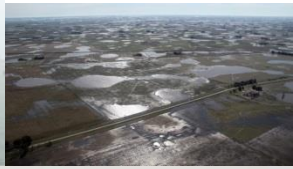
- Objetivos

2. MATERIALES Y MÉTODOS

- Programa SWAT
- Descripción de escenarios hipotéticos

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. CONCLUSIONES



INTRODUCCIÓN

Sistema ambiental complejo, dinámico, sensible...

Responde a los numerosos estímulos a los que es sometido continuamente

Los patrones, los procesos y la dinámica de su paisaje son resultado de las interacciones entre la sociedad y los ecosistemas



Uno de los impactos desfavorables de la variabilidad climática se observa en los niveles socioeconómicos de los productores debido a la alternancia de sequías e inundaciones a lo largo del tiempo en la provincia de Buenos Aires.

En esta propuesta se presenta una metodología para conocer, cuantificar y entender la dinámica de los excedentes superficiales y la disponibilidad de agua en épocas de sequía debido perturbaciones antrópicas que inciden sobre los sistemas hidrológicos no típicos.



Azul (SMN)



Leyenda

- Estación limnimétrica
- ▲ Estaciones hidrometeorológicas
- Drenaje
- Subcuencas
- ▭ Cuenca del arroyo Santa Catalina

Imagen satelital SPOT

- Suelo desnudo
- Vegetación
- Anegamiento

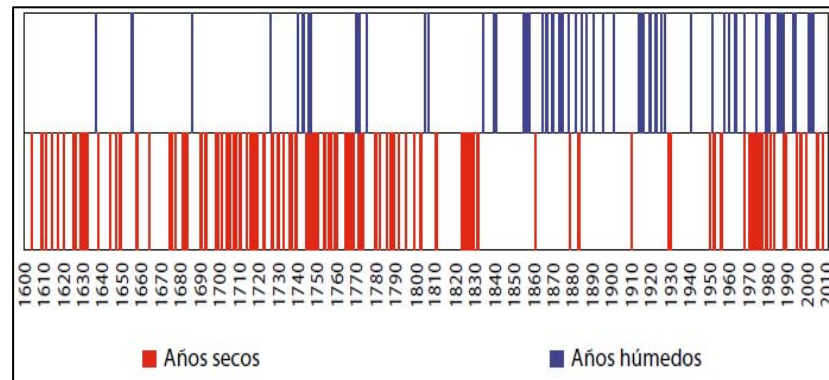
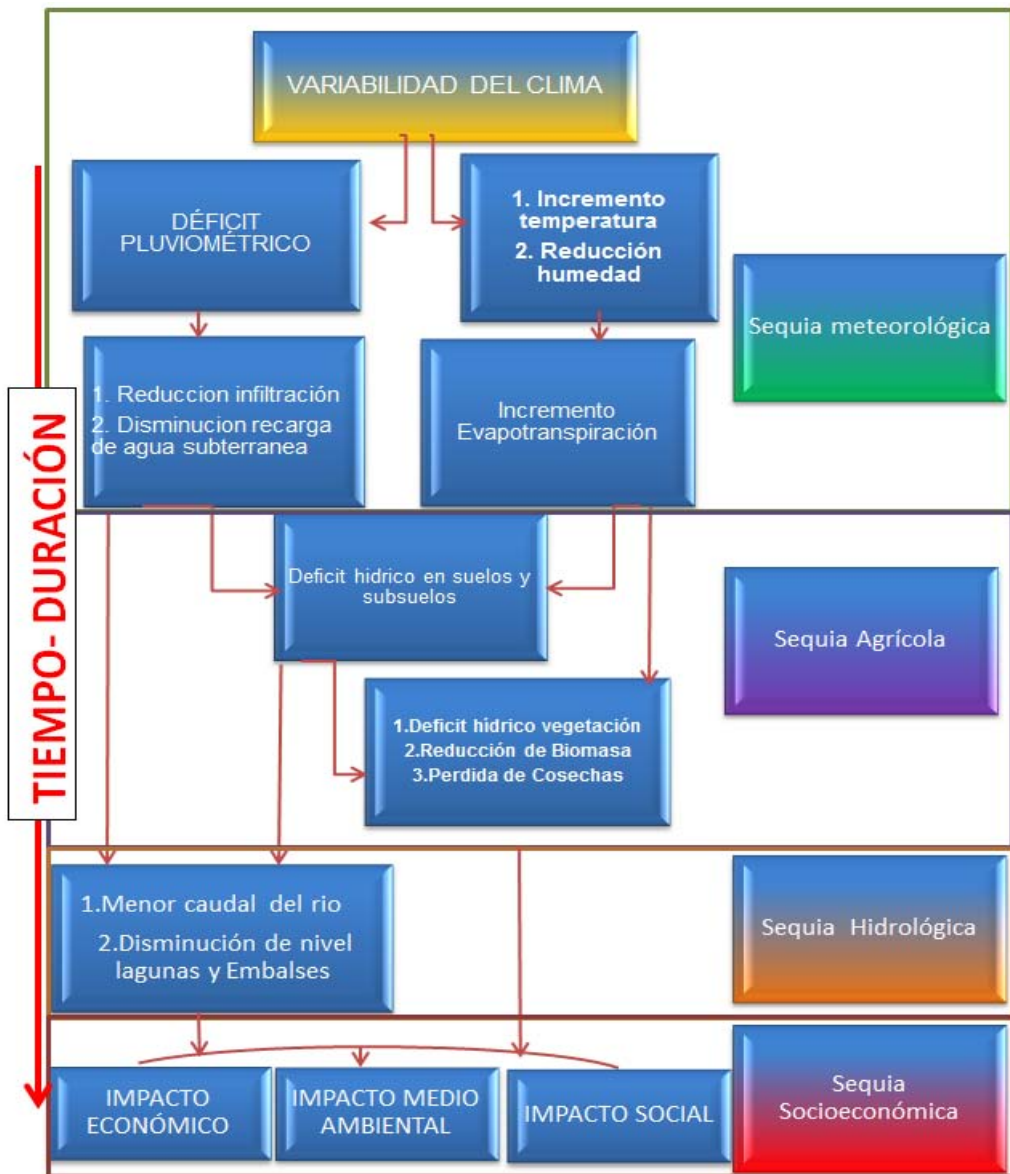
Santa Catalina (IHLLA)

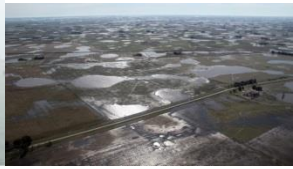
La Firmeza (IHLLA)



Siempre Amigos (IHLLA)







OBJETIVOS

GENERAL:

Definir una metodología que permita analizar el manejo integral de los recursos hídricos en zona de llanura a través de un modelo matemático semidistribuido bajo distintos escenarios de uso del suelo y prácticas de manejo de cultivo.

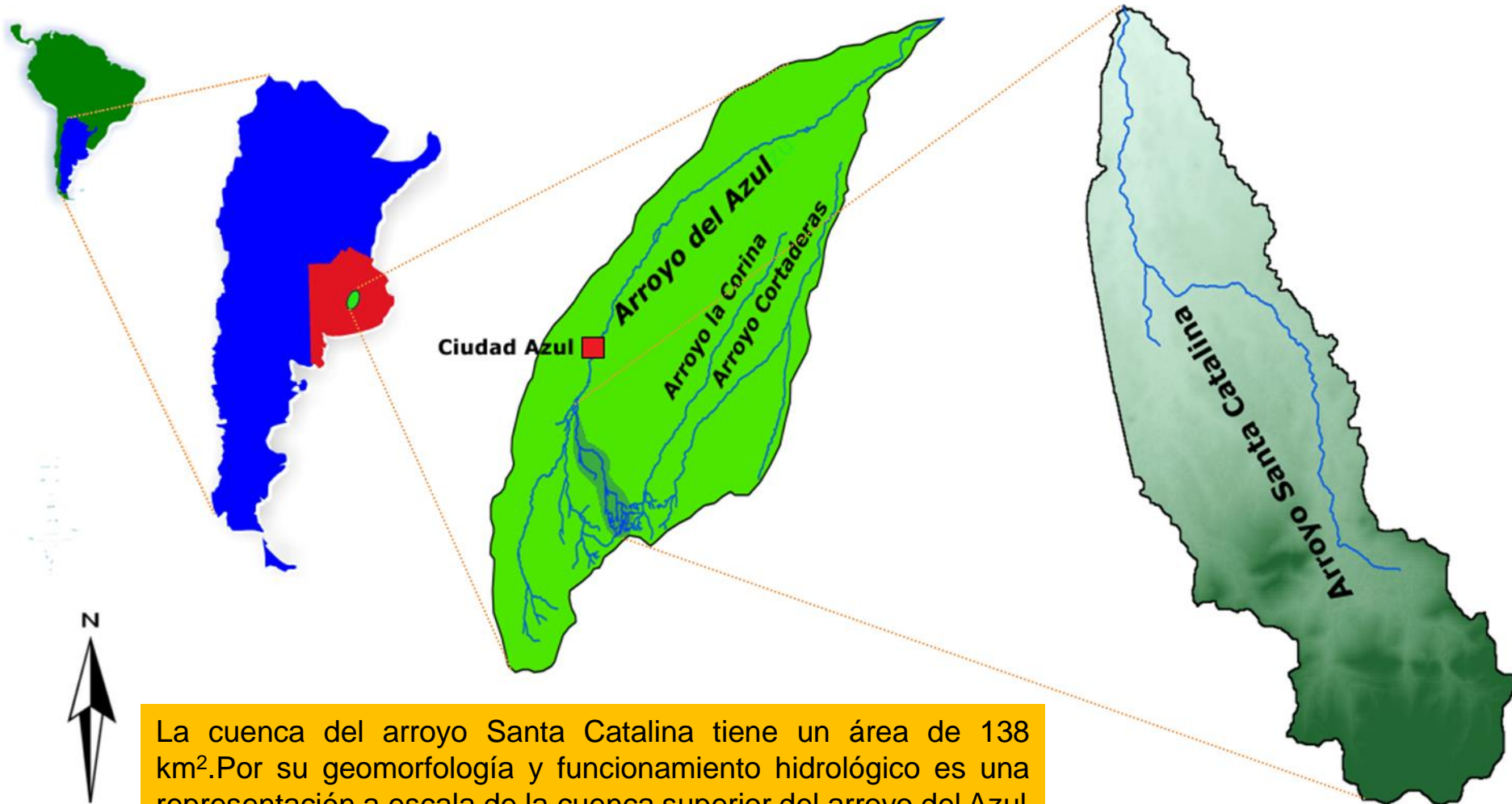
ESPECIFICOS:

1. Cuantificar la variación de los extremos hídricos bajo escenarios de cambio de uso del suelo en la cuenca del arroyo Santa Catalina.
2. Plantear posibles escenarios de ordenamiento territorial para la cuenca del arroyo Santa Catalina.
3. Generar pautas de manejo integral de recursos hídricos en zonas de llanura.



MATERIALES Y MÉTODOS

- Zona de estudio



La cuenca del arroyo Santa Catalina tiene un área de 138 km². Por su geomorfología y funcionamiento hidrológico es una representación a escala de la cuenca superior del arroyo del Azul



• Programa SWAT

El SWAT (Soil and Water Assessment Tool) es una herramienta para evaluar los efectos de la gestión alternativa de decisiones sobre los recursos hídricos (Srinivasan et al., 1994). Es un modelo semidistribuido continuo que opera en un intervalo de tiempo diario.

Este modelo matemático reproduce diferentes procesos físicos en las cuencas hidrográficas con el fin de analizar los impactos de los cambios de uso del suelo en el flujo subterráneo y la escorrentía superficial, en cuencas agrícolas.

El balance de agua simulado por SWAT se basa en la siguiente ecuación de equilibrio (Neitsch et al., 2005):

$$SW_t = SW_o + \sum (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$





Datos de entrada

Climáticos

ID	NOMBRE	PERTENECE	XPR(m)	YPR(m)	ELEVACIÓN (msnm)
1	AZUL	SMN	5.510.000	5.924.000	145
2	FIRMEZA	IHLLA	5.502.912	5.908.680	185
3	SIEMPRE AMIGOS	IHLLA	5.513.341	5.903.983	190

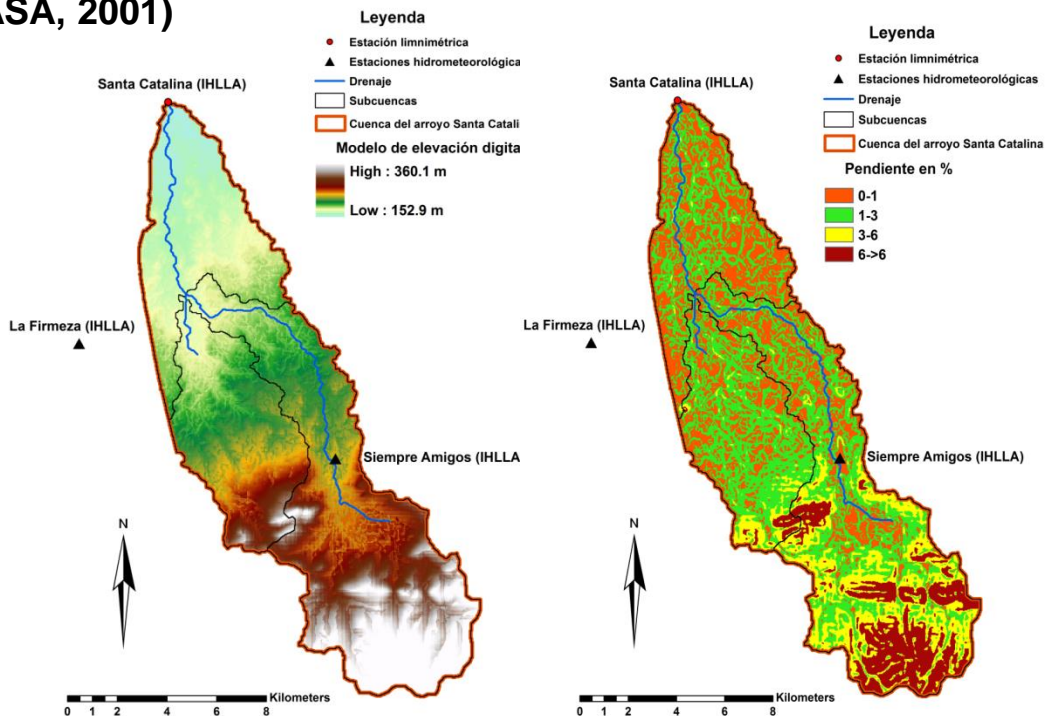
Azul (SMN)

Azul (SMN)

- DATOS TABULARES CLIMATICOS DIARIOS:**
1. PRECIPITACIÓN
 2. TEMPERATURA
 3. HUMEDAD RELATIVA
 4. VELOCIDAD DEL VIENTO
 5. RADIACIÓN
 6. EVAPÓTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

(NASA, 2001)

Topográficos



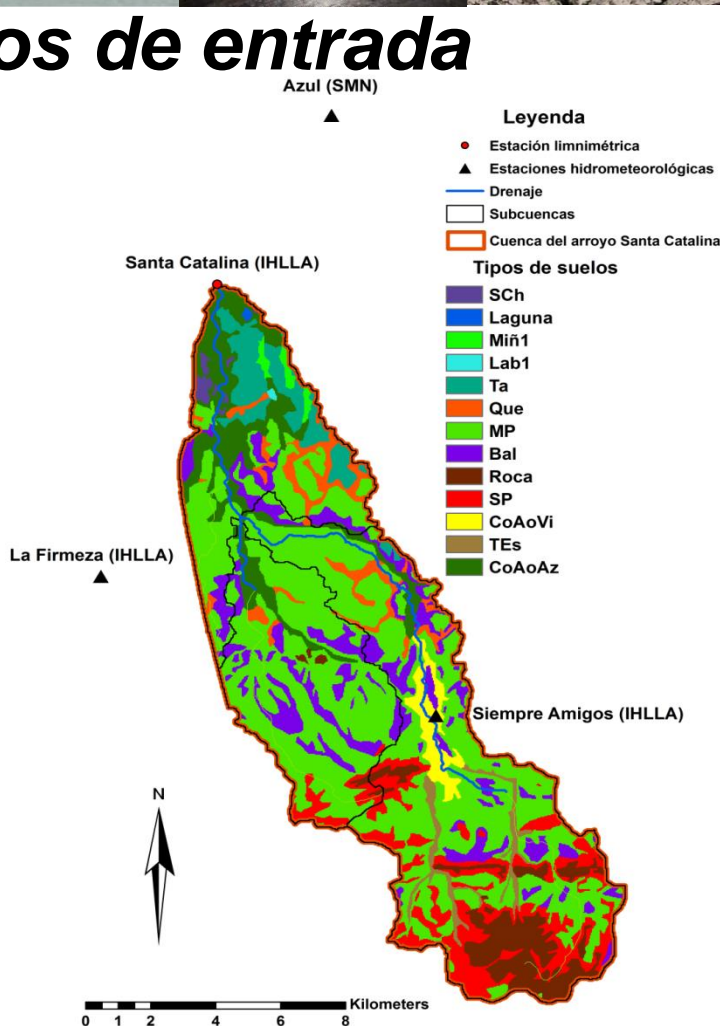
En zonas de llanuras es necesario tener una buena discretización de la pendiente ya que ésta influye en el cálculo del escurrimiento superficial y subsuperficial

En estudios hidrológicos es necesario tener en cuenta que deben corregirse en los DEM los efectos por árboles, depresiones, caminos y canales que producen incertezas o distorsiones locales. Se corrigen las alturas del SRTM, con respecto a imágenes Landsat o vectores de caminos o canales. Es necesario usar varias fuentes de información, tales como cartas IGM o imágenes satélites para complementar la información del SRTM.

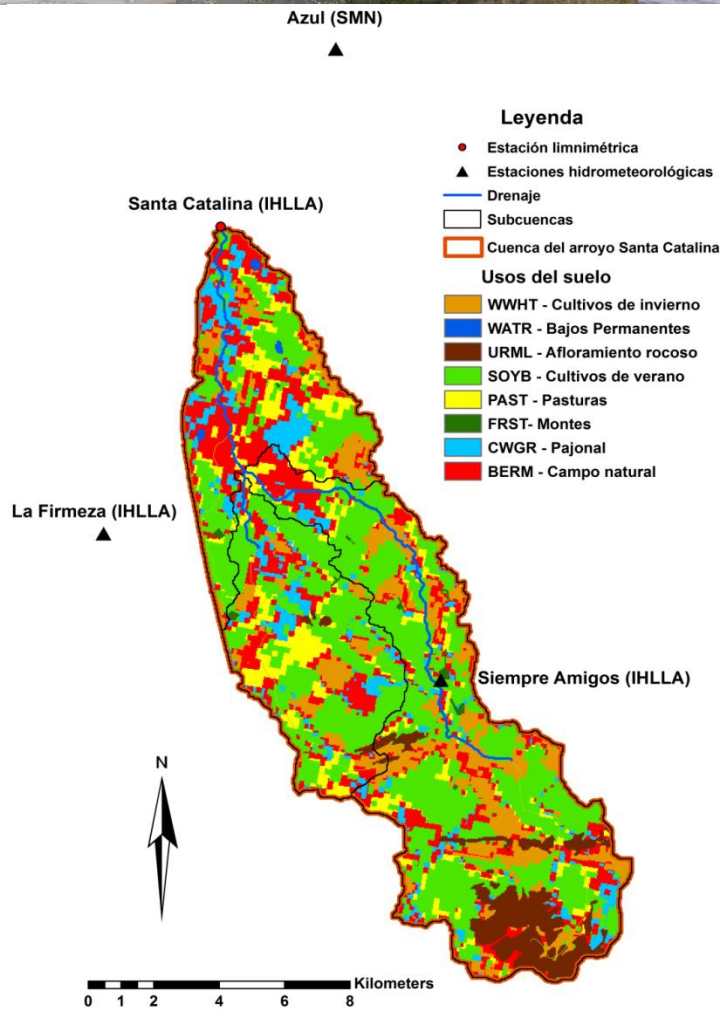


Datos de entrada

Tipos y uso de suelos

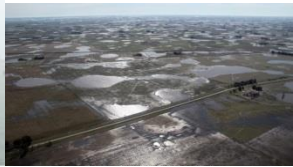


(INTA, 1992)



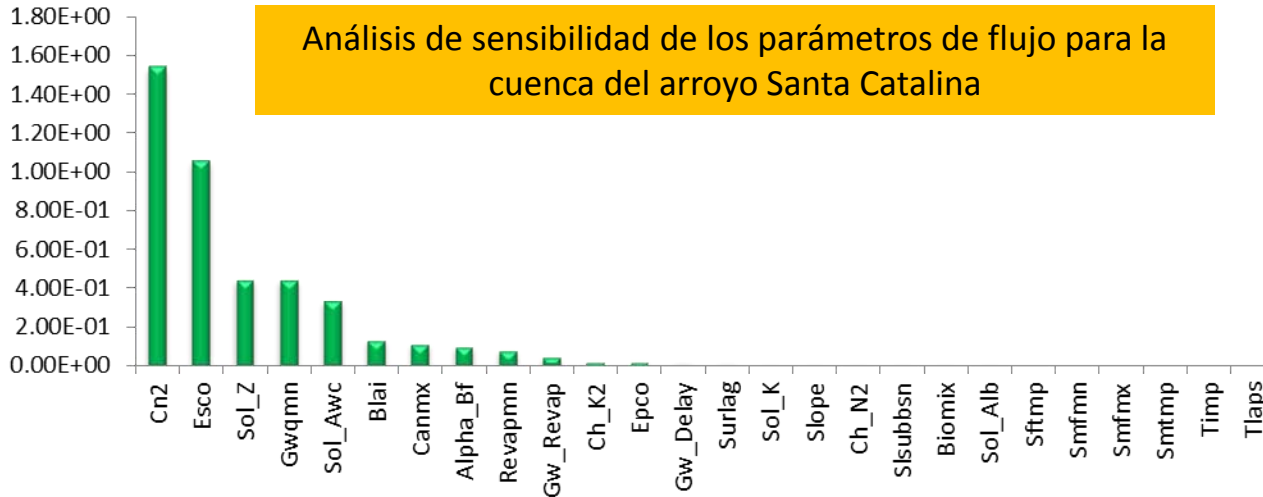
(Entraigas, 2008)

SWAT permite representar la rotación de cultivos. Se dieron diferentes rotaciones dependiendo del tipo de cultivos, si es de invierno (se plantan en el mes de julio y se cosechan en el mes de diciembre) y los cultivos de verano (se siembran en el mes de noviembre y se cosechan el mes de abril).



RESULTADOS

Análisis de sensibilidad de los parámetros de flujo para la cuenca del arroyo Santa Catalina



Este análisis confirma la importancia de los parámetros que controlan la componente vertical del movimiento de agua en el suelo.

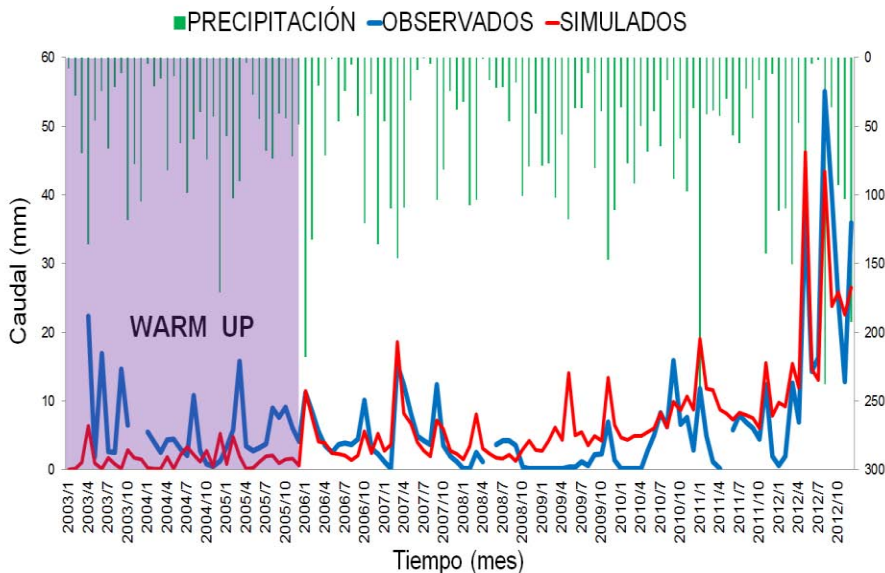
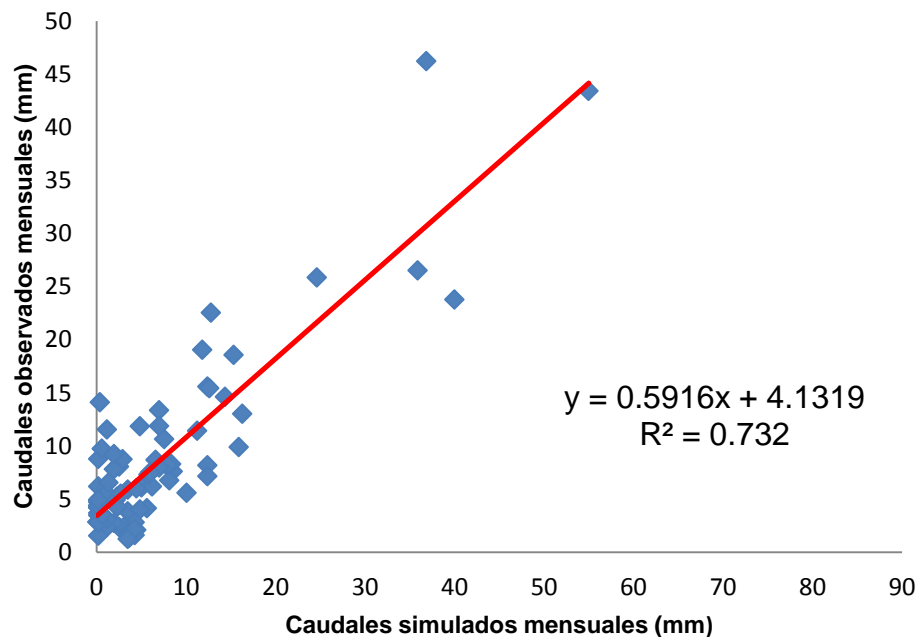
Clasificación de los ocho parámetros más sensibles y su rango de ajuste para la cuenca del arroyo Santa Catalina.

GRUPO	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	RANGO	SENSIBILIDAD	PARÁMETROS AJUSTADOS
Infiltración	CN2	Escorrimento inicial condición de humedad II	± 25 %	ALTA	-20%
Evaporación	ESCO	Factor compensación evaporación del suelo	0 - 1	ALTA	0.1
Suelo	SOL_AWC	Disponibilidad de agua en el suelo	± 50%	ALTA	30%
Agua Subterránea	GWQMN	Umbral de profundidad del agua acuífero libre	0 -1000	ALTA	600
Suelo	SOL_Z	Profundidad del perfil del suelo	± 30 %	MODERADA	-5%
Agua Subterránea	ALPHA_BF	Factor alfa flujo base	0 - 1	MODERADA	0.1
Agua Subterránea	REVAPMN	Umbral de profundidad acuífero libre para evaporar	0 - 1000	BAJA	100
Escorrimento	SLSUBSN	Longitud de la pendiente promedio	1 - 1000	BAJA	1000



Calibración y validación mensual

Con el fin de calibrar el modelo primero se llegó a una aproximación mensual donde los estadísticos calculados para esta serie de tiempo demuestran que el modelo representa adecuadamente los caudales observados ya que los valores de coeficiente de correlación son mayores a 0.7

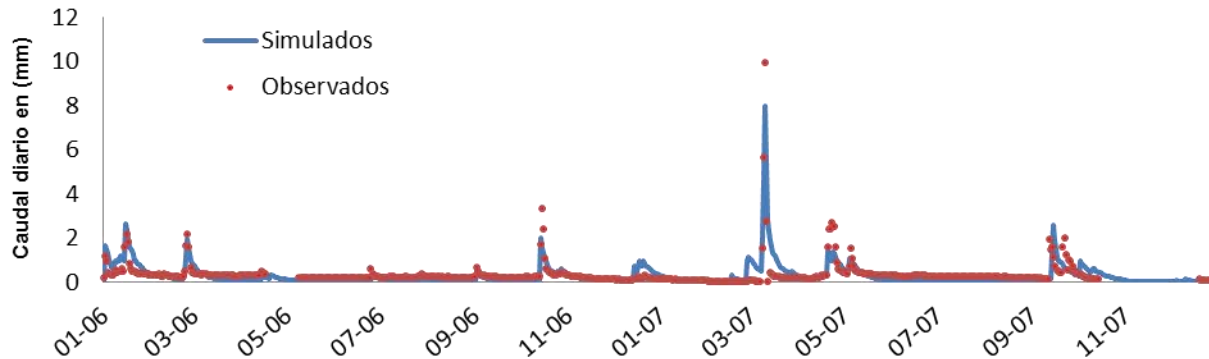


PERIODO	NSE	(R ²)
2006-2007	0.7	0.8
2011-2012	0.71	0.9

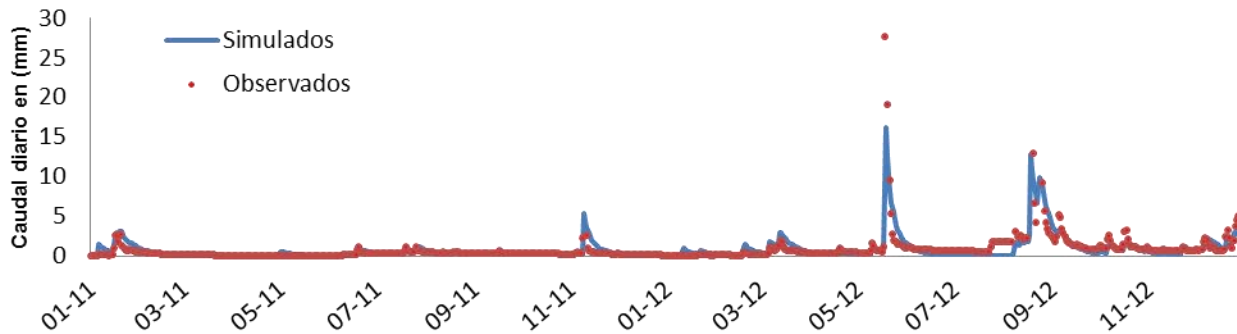


Calibración y validación Diaria

Caudales observados y simulados diarios. Periodo de calibración (2006-2007)



Caudales observados y simulados diarios periodo de validación (2011-2012)



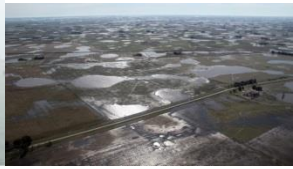
Según Moriasi et al.(2007) se encontró que el modelo representa muy bien los procesos de flujo diario en la cuenca ya que se obtuvieron valores de estadísticos de $0.65 < NSE \leq 0.75$ y un $\pm 10 \leq PBias < \pm 15$.

Resultados estadísticos de la calibración y validación diaria de la cuenca del arroyo Santa Catalina

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_{mean})^2}$$

$$PBias = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim}) * (100)}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs})}$$

PERIODO	NSE	(R ²)	PBias
2006-2007	0.66	0.82	10.4
2011-2012	0.74	0.86	-14.1



DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS UTILIZADOS CON EL SWAT

En primera instancia se tiene un escenario de referencia, el cual se analiza el balance del agua diario con los usos del suelo y prácticas de manejo de cultivo actuales.

Escenario 1 cambios de usos de suelo

Para el primer escenario se potencia la franja riparia por medio de una zona de protección de 100 metros a cada lado del arroyo, la cual nos sirve para regular tanto el flujo que llega al cauce como el flujo hidráulico del arroyo, también se implantan bosques en los bajos de la cuenca a fin de controlar el anegamiento en periodos de exceso y aumentar la infiltración de agua en el suelo para periodos de déficit hídrico.



Cambio de usos del suelo escenario 1

▲ Azul (SMN)

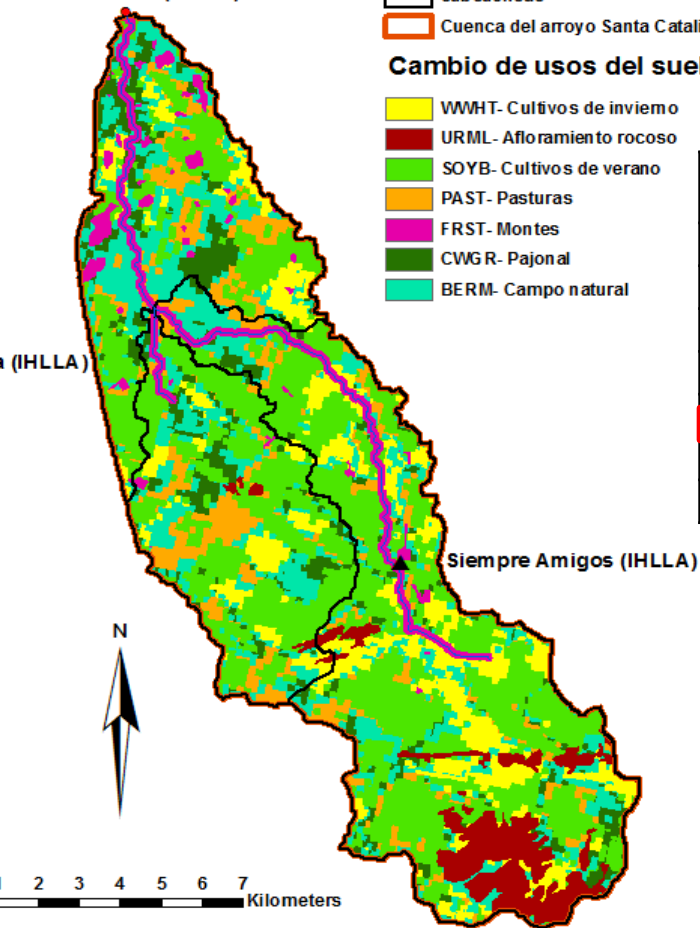
Legenda

- ▲ Estaciones hidrometeorológicas
- Estación Limnimétrica
- Drenaje
- subcuencas
- ▭ Cuenca del arroyo Santa Catalina

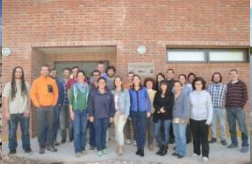
Cambio de usos del suelo

- WWHT- Cultivos de invierno
- URML- Afloramiento rocoso
- SOYB- Cultivos de verano
- PAST- Pasturas
- FRST- Montes
- CWGR- Pajonal
- BERM- Campo natural

Santa Catalina (IHLLA)



SWAT land use	Usos del suelo	Área (ha) ESC. REF	Área (ha) ESC.1	Dif. ESC.1- ESC. REF (ha)
URLM	Roca	844.65	843.93	-0.72
BERM	Campo Natural	2,714.49	2,490.85	-223.64
WWHT	Cultivos invierno	1,867.95	1,765.33	-102.62
SOYB	Cultivos verano	5,775.78	5,524.95	-250.83
FRST	Monte	58.94	805.53	746.59
CWGR	Pajonal	1,169.04	1,070.71	-98.33
PAST	Pasturas	1,351.61	1,271.72	-79.89

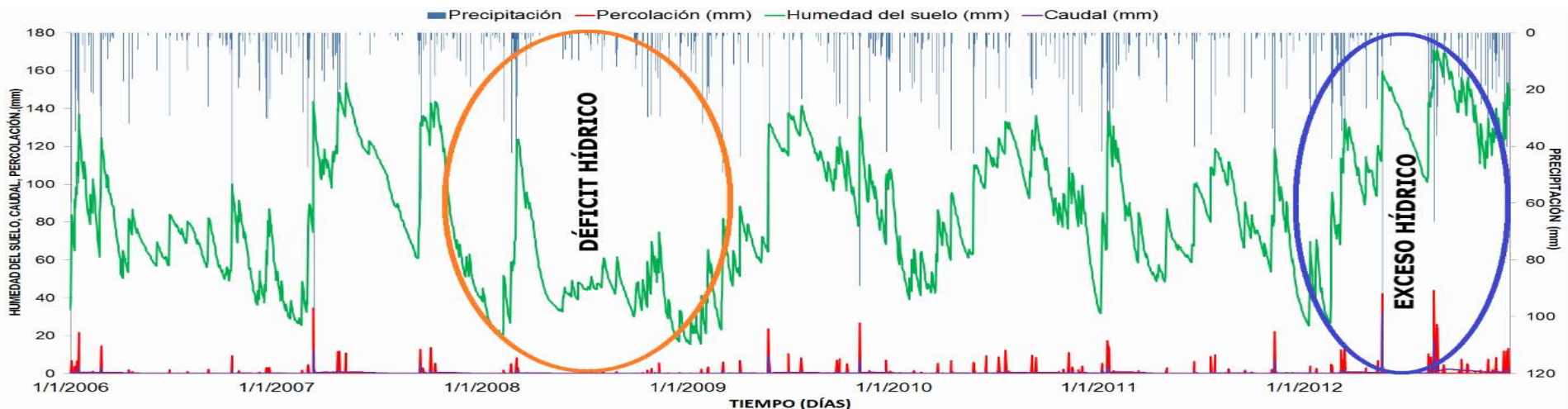


Escenario 2 considerando el escenario 1 con prácticas de manejo de cultivo.

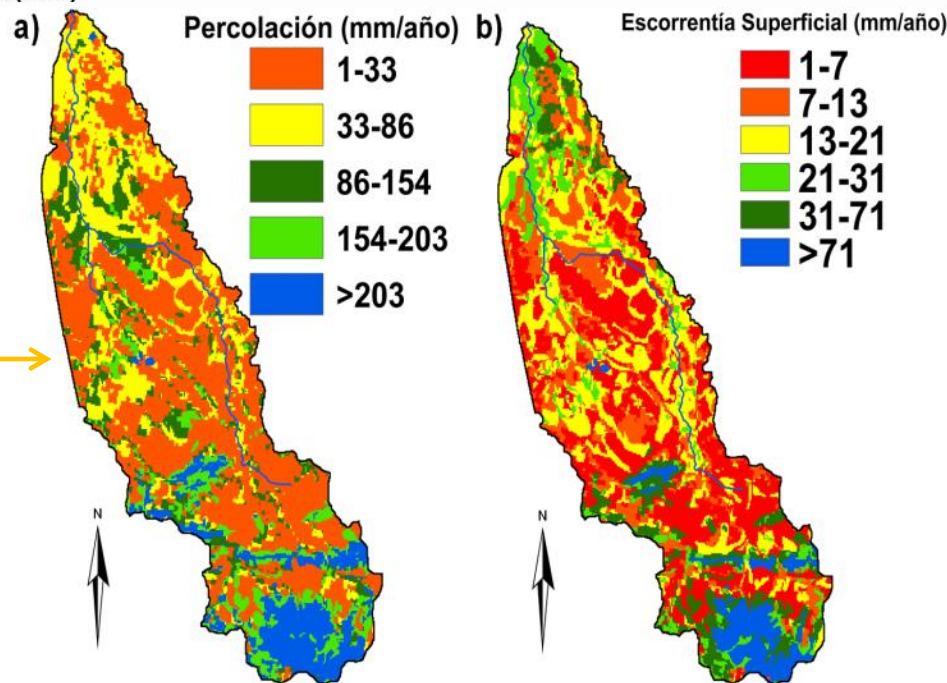
El segundo escenario consiste en agregar al escenario 1 un escenario de prácticas de manejo de cultivos con la siembra en contorno, la cual consiste en la siembra de cultivos a favor de las curvas de nivel del terreno, es decir, perpendicular a su pendiente. En los cultivos de soja, trigo y pasturas, que se encuentran en la cuenca del arroyo Santa Catalina, es recomendable este tipo de manejo para zonas con pendientes menores al 3%.



Análisis de resultados



Se observa la alternancia de ciclos secos como en el 2008 (cuando se declaró desastre agropecuario en toda la provincia de Buenos Aires) y húmedos como el 2012 (que tuvo a gran parte de la provincia anegada).



Mapas de distribución de la recarga y escorrentía superficial calculada para la cuenca de Santa Catalina.

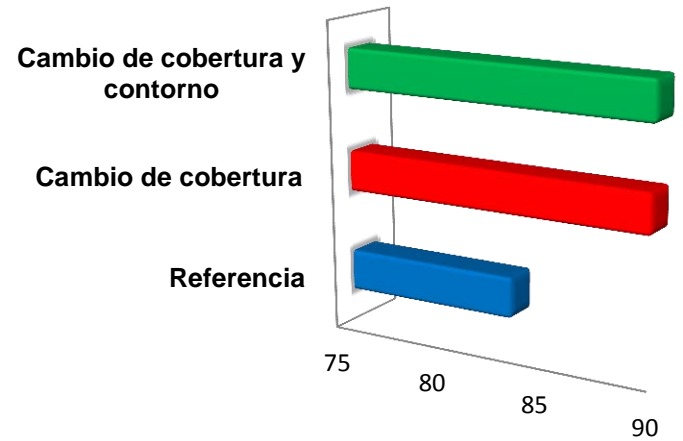
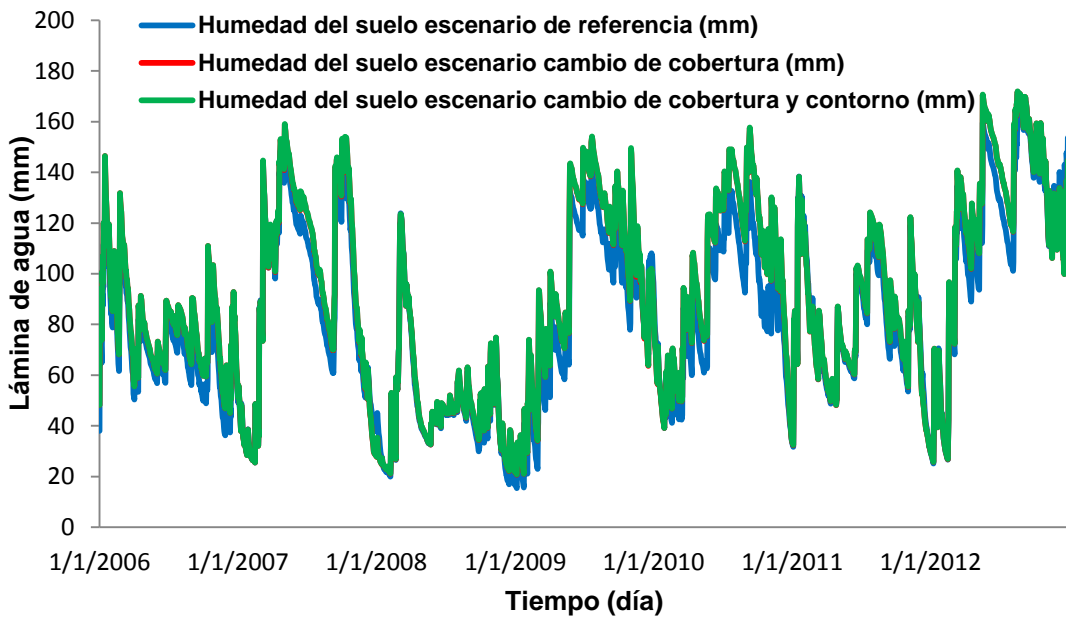
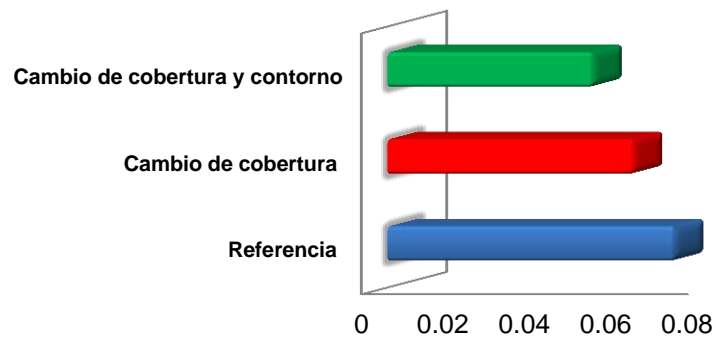
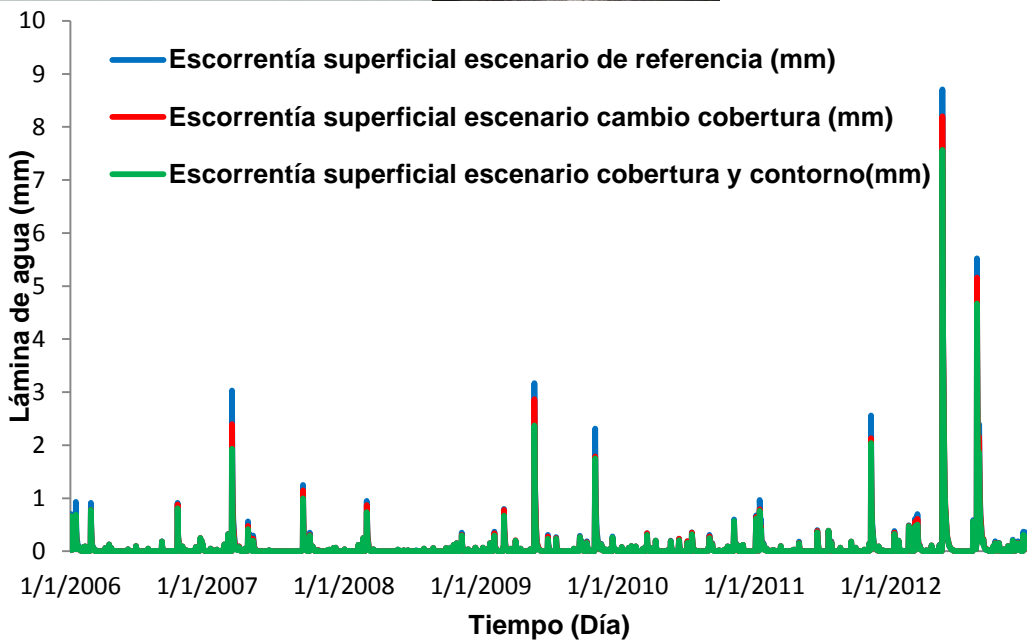
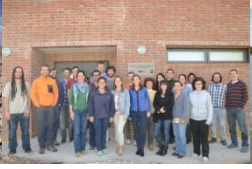


Lámina de agua diaria promedio (mm)(2006-2012)



Conclusiones

El modelo SWAT es una herramienta matemática adecuada para analizar periodos de excesos y déficit hídricos, debido a que analiza a largo plazo el impacto de los usos del suelo. En la cuenca del arroyo Santa Catalina ha dado resultados satisfactorios y es capaz de representar los procesos hídricos de una cuenca de llanura. Se obtuvo una calibración y validación de datos aceptables, lo que indica que puede ser utilizado como una herramienta de gestión y de planificación en cuencas en zonas llanas.



A través del modelo SWAT se logra cuantificar la variación de los extremos hídricos en la cuenca del arroyo de Santa Catalina bajo diferentes escenarios de uso del suelo, si se implementa el aumento de la franja riparia, se reforestan los bajos y se utiliza la siembra en contorno, disminuiría en promedio diario un 17 % la escorrentía superficial, y aumentaría un 9% la humedad del suelo, conllevando a que se reduzca el impacto de las inundaciones y se aumente la disponibilidad de agua en el suelo en los periodos de sequía.



Una adecuada simulación del escurrimiento superficial dependerá en gran parte, de la corrección del modelo de elevación digital. Esto es importante para realizar un ordenamiento espacial de los procesos hídricos en forma detallada para áreas de llanura. Es importante corregir los modelos de elevación digital ya que estos pueden producir distorsiones locales en las vías y en los bajos, por lo cual no permiten una adecuada definición de la dirección y cantidad de escurrimiento superficial y subsuperficial.



Al analizar los periodos de extremos hídricos en zona de llanura, es importante utilizar modelos de tipo distribuidos continuos, debido a que con estos pueden analizar a largo plazo los cambios en las variables, tanto espacialmente como temporalmente. Estos tipos de modelos son válidos para el análisis de extremos hídricos, debido a que calculan el balance de agua en el perfil del suelo, lo cual los hace especialmente diseñados para simular flujo base en periodos de no lluvia y calcular el caudal pico en periodos de lluvia



El modelo SWAT, al simular procesos por medio de agrupamiento de unidades espaciales con la misma respuesta hidrológica, permite reconocer el papel de la cubierta vegetal en especial de los bosques al contribuir a un mejor entendimiento de la interacción de la precipitación, la vegetación, suelo y el escurrimiento, en una cuenca en zona de llanura. Esto demuestra la importancia de la vegetación como elemento regulador en procesos hidrológicos de superficie debido a que la respuesta hidrológica en cuencas de zonas llanas depende en gran medida, del estado de la cobertura vegetal junto con el balance de agua en el suelo.



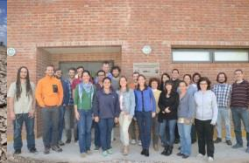
Cursos de posgrado



21 al 25 Noviembre del 2013



6 al 9 de Mayo del 2014



Gracias.....



Variabilidad de la disponibilidad de agua en distintos escenarios climáticos en dos cuencas hidrograficas de Uruguay.

Taller SWAT, Nov 25-27, 2014
INTA-Castelar

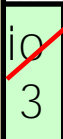
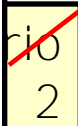
CUENCAS DEL CONO SUR (3)



Antecedentes de cuenca y cultivos

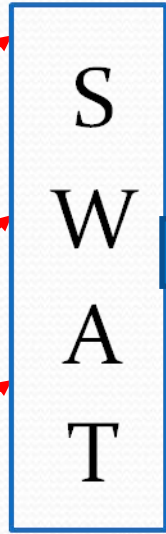
LINEA DE BASE

Diferentes probabilidades de ocurrencia



ESCENARIOS CLIMATICOS A MEDIANO PLAZO

Clima
Hidrología
Suelo
Cultivos



MODELACION HIDROLOGICA

Esc. 1 Productividad del Agua

Estrategias de Riego Esc. 1

Esc. 2 Productividad del Agua

Estrategias de Riego Esc. 2

Esc. 3 Productividad del Agua

Estrategias de Riego Esc. 3

EXPERIMENTACION DE CAMPO



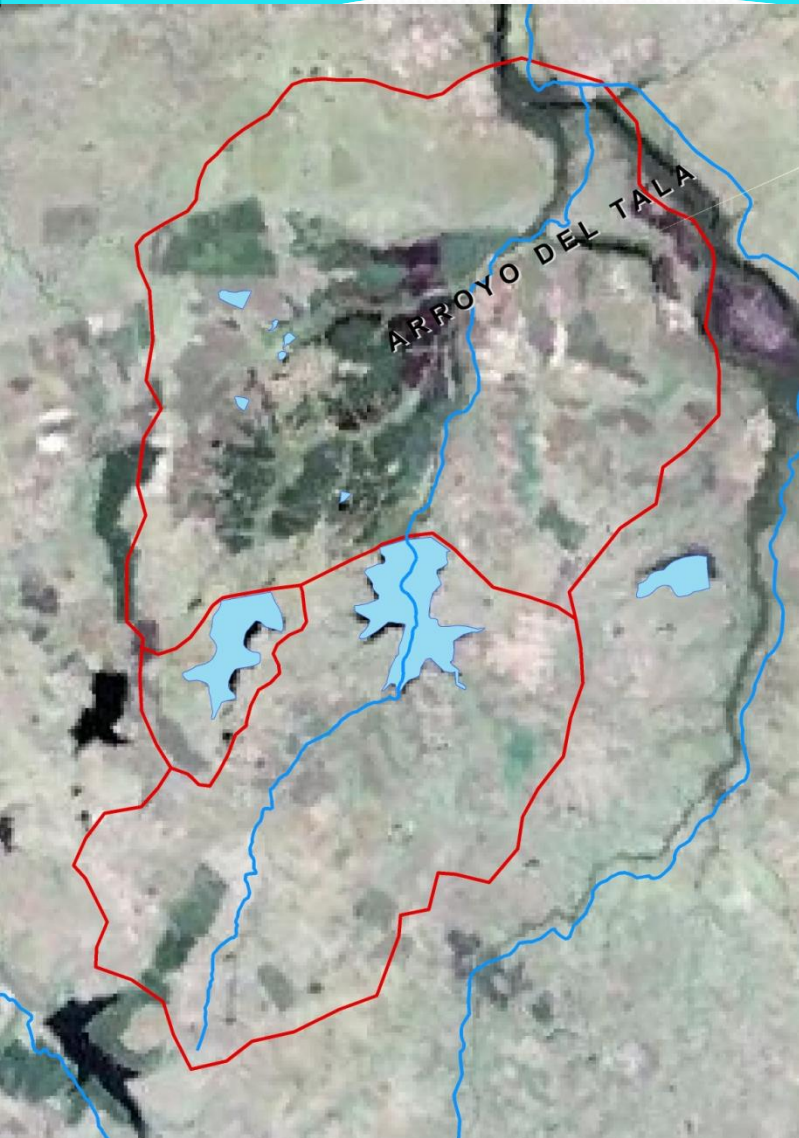
T
O
M
A

D
E

D
E
C
I
S
I
O
N
E
S

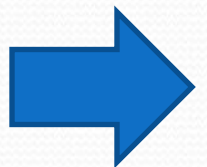


LINEA BASE



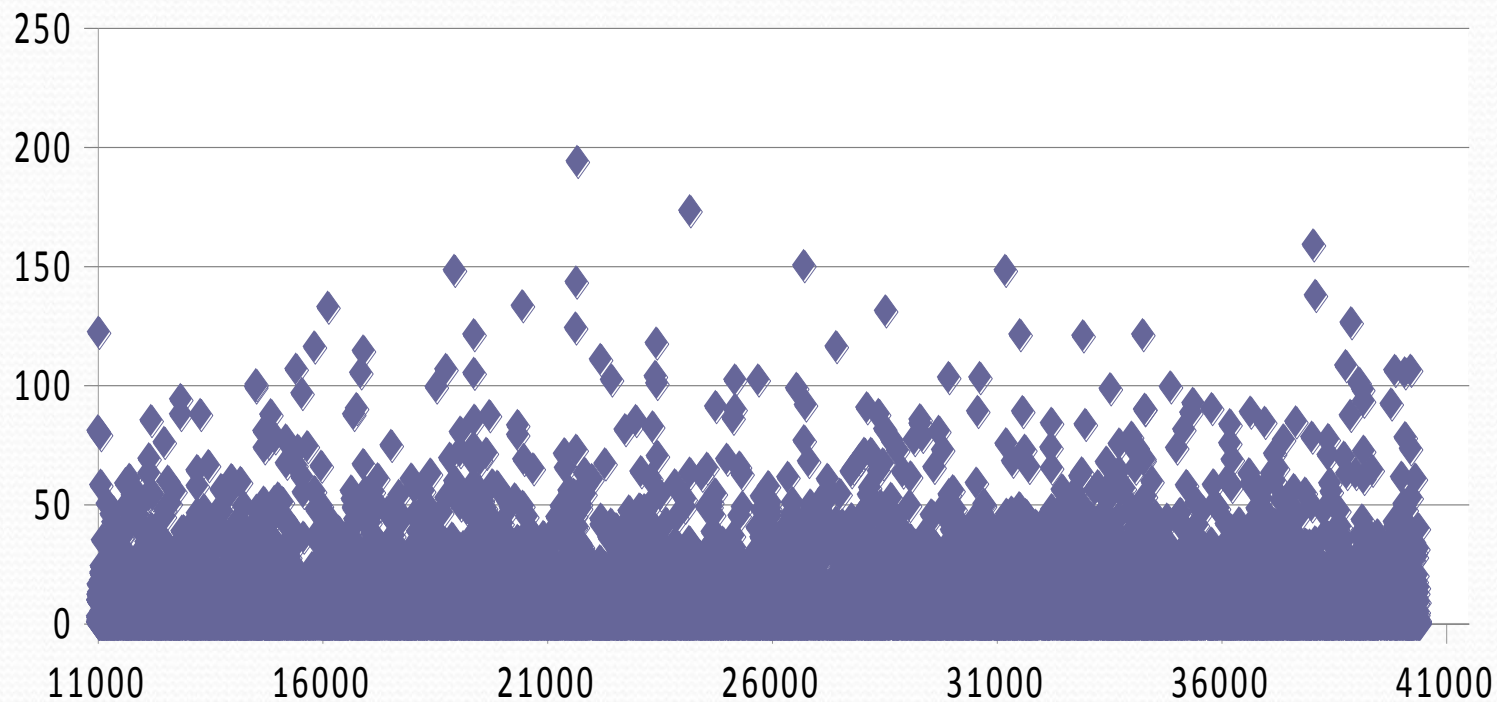
Recopilación de Información:

- CARACTERISTICAS DE SUELOS
- USO DE SUELOS
- CLIMA
- DISTRIBUCION DEL AGUA
- DISPONIBILIDAD DEL AGUA
- INFRAESTRUCUTURA DE RIEGO
- CALIDAD DE AGUAS



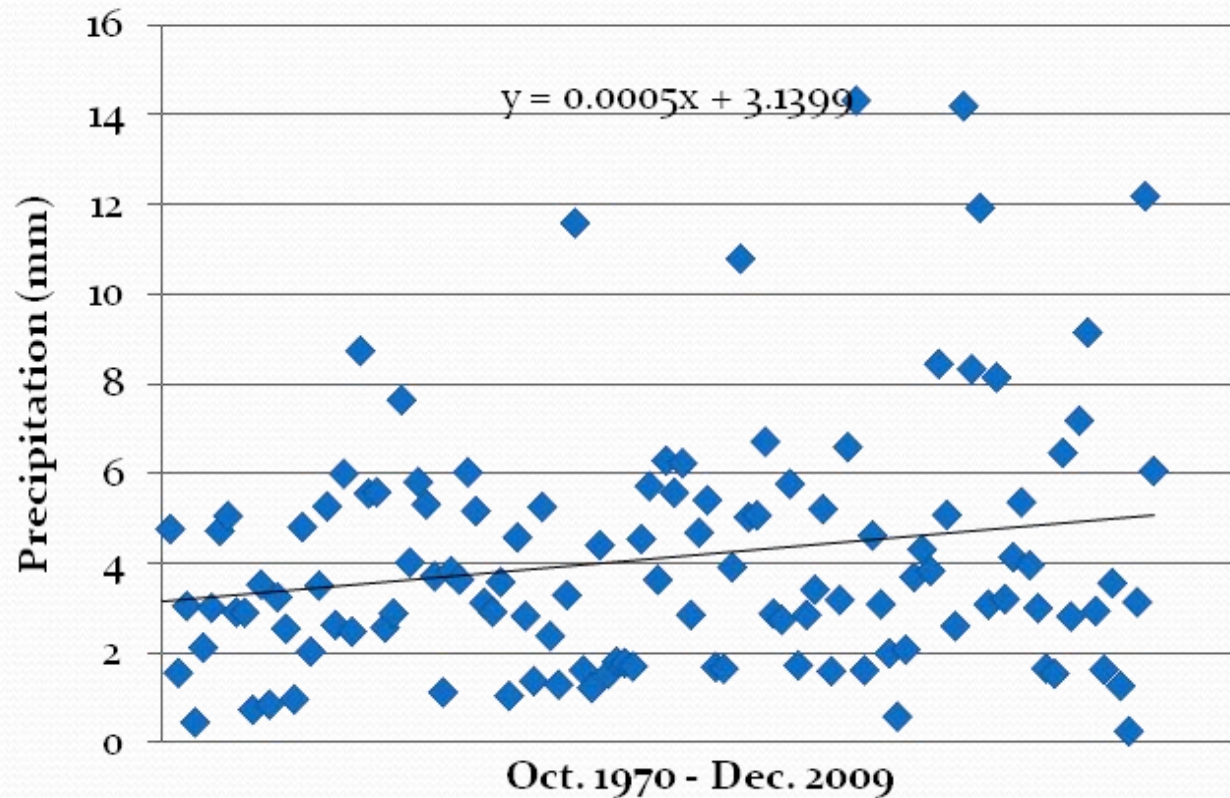


ESCENARIOS CLIMATICOS



Media móvil de las precipitaciones trimestrales observadas en Colonia, Uruguay, durante el período 1915-2010.

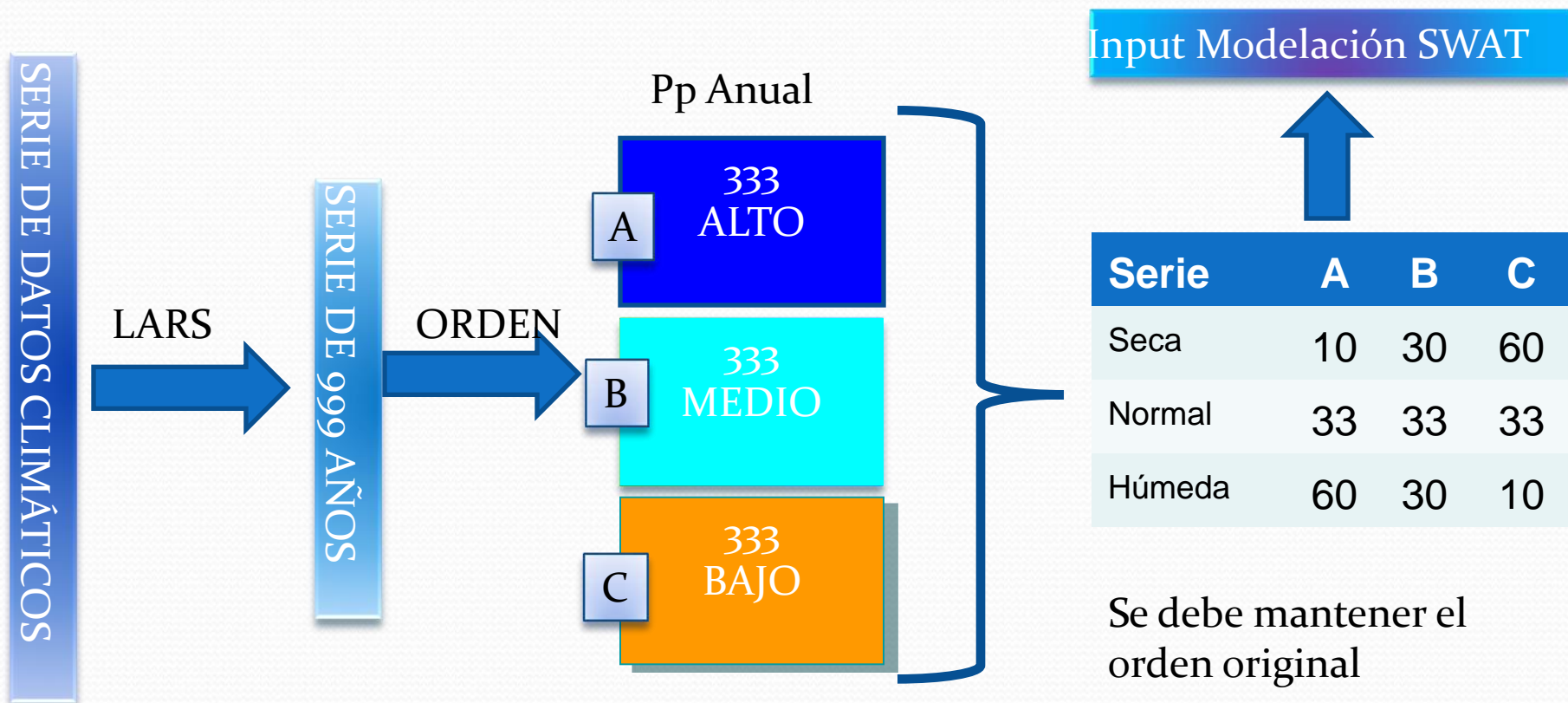
Salto Monthly Mean, OND



Media móvil de las precipitaciones trimestrales observadas en Salto, Uruguay durante el período 1970-2009.

Escenarios probabilísticos

- Se basan en información estadística real





MODELACION HIDROLOGICA

Input Data

Processing and Display

AVSWAT

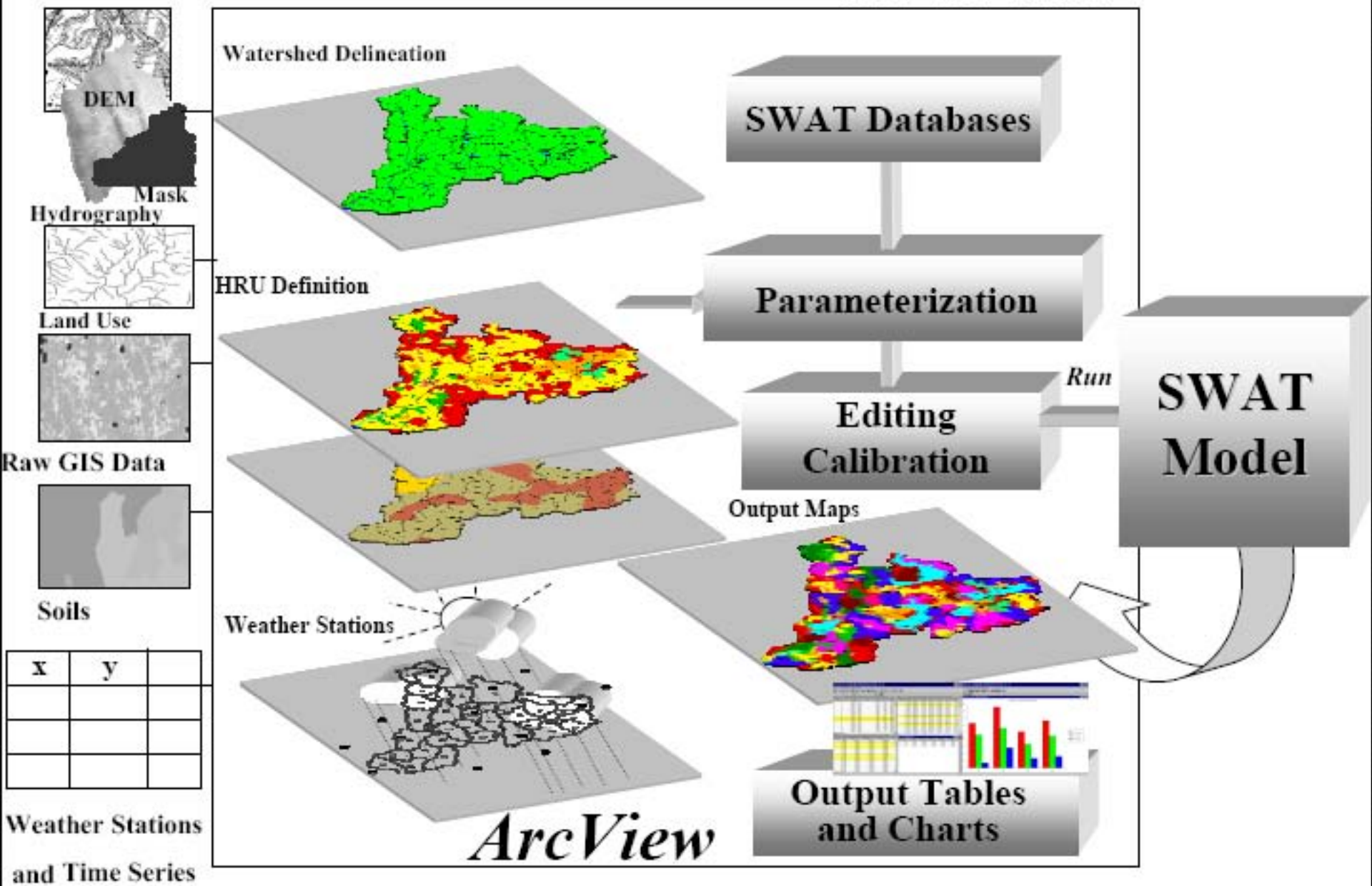
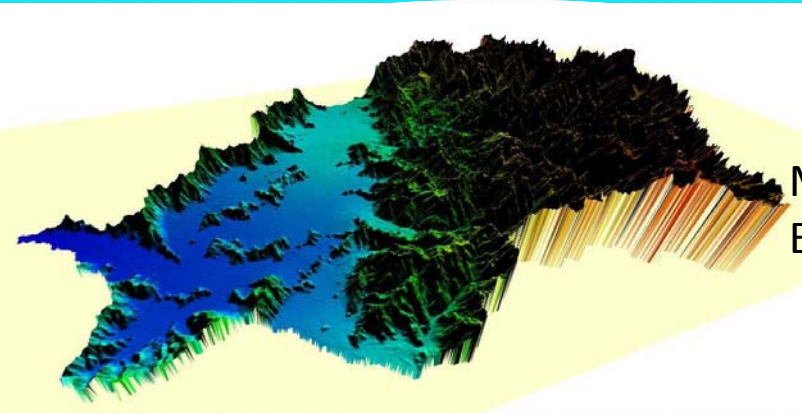


Figure 1.1

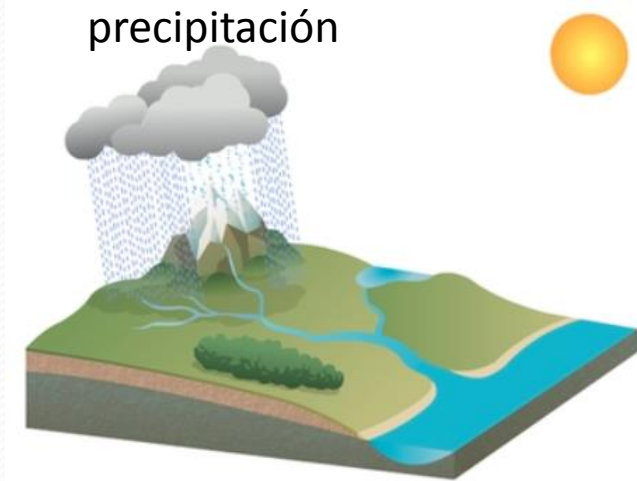
Modelación en SWAT



Modelo Digital de Elevación

+

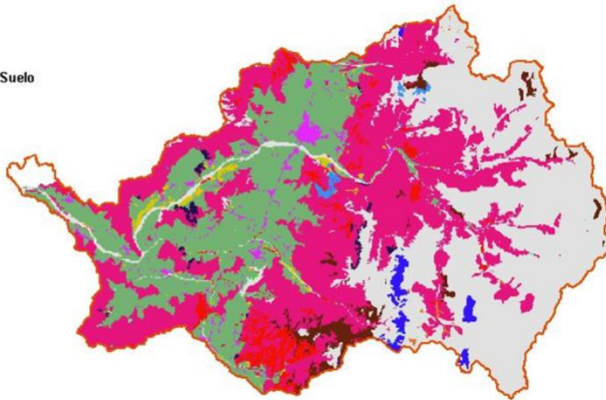
Temperatura y precipitación



Legenda
Uso y Cobertura de Suelo

Clases

- AGRL
- FRST
- ICES
- PAST
- PINE
- RNOB
- RNGE
- SWRN
- TUM
- UD U
- URML
- WATR
- WETL



Cobertura y uso de suelo

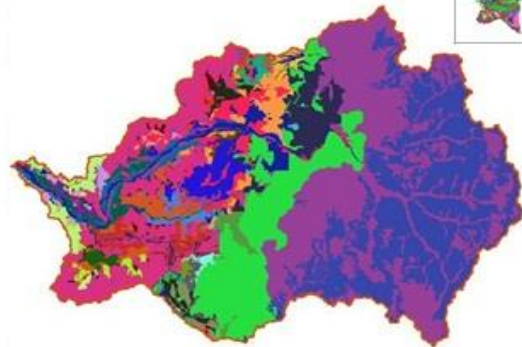
+

Tipos de suelo
(características Físicas)

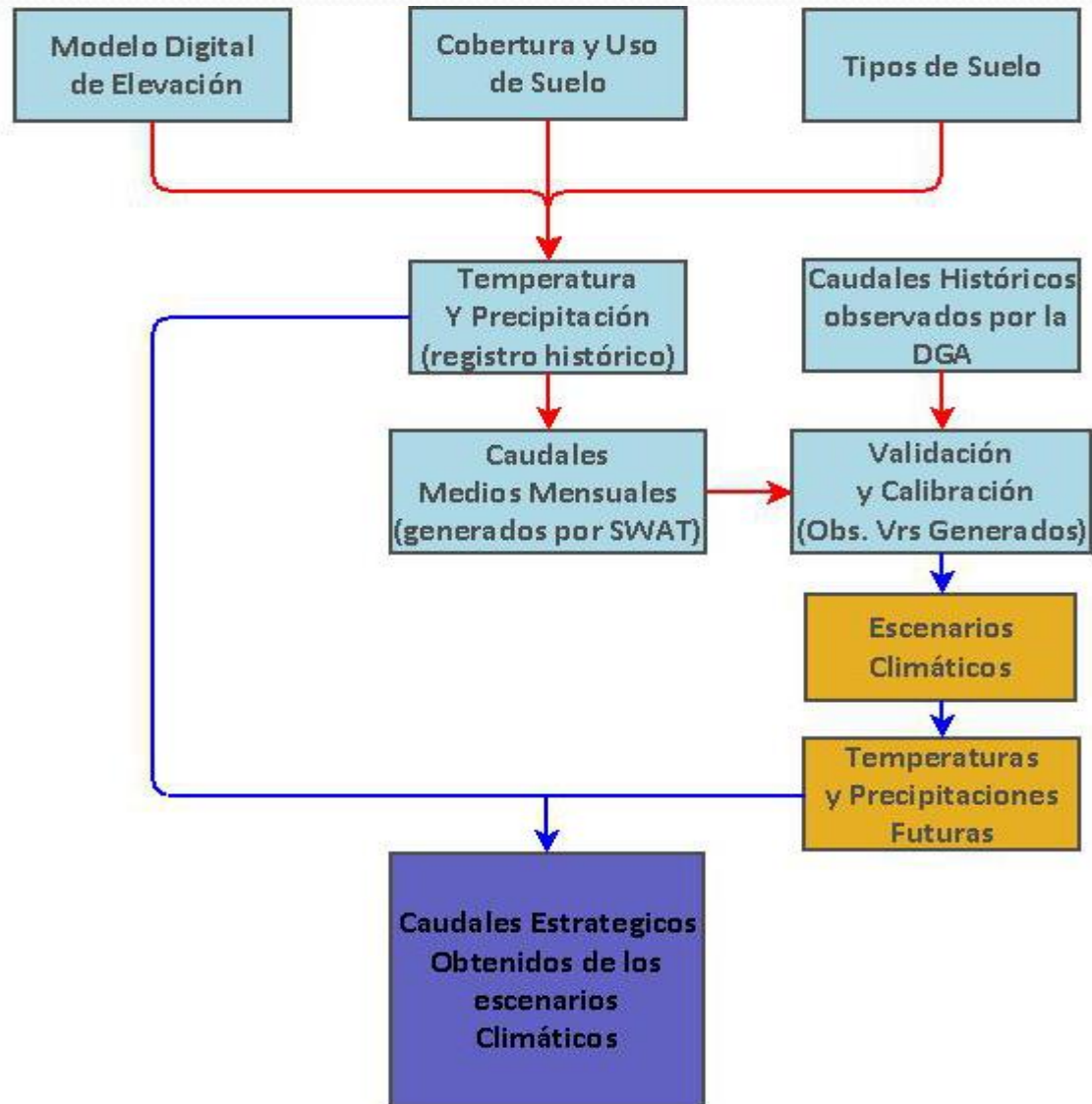
Tipos de Suelos

Clases

- ANN
- CCH
- CCL
- CDL
- CUN
- GLC
- GIN
- HGS
- HJG
- LAL
- LOD
- LOS
- LRM
- URS
- LSV
- LVZ
- MAR
- MIR
- MISC
- MLH
- MLL
- OLV
- POG
- PMO
- FMP
- PNO
- POL
- PTO
- PUD
- OLM
- RNO
- SRB
- STL
- SVE
- TAH
- TC
- TH
- TLH
- TRH
- TZ
- YSL
- ZMR

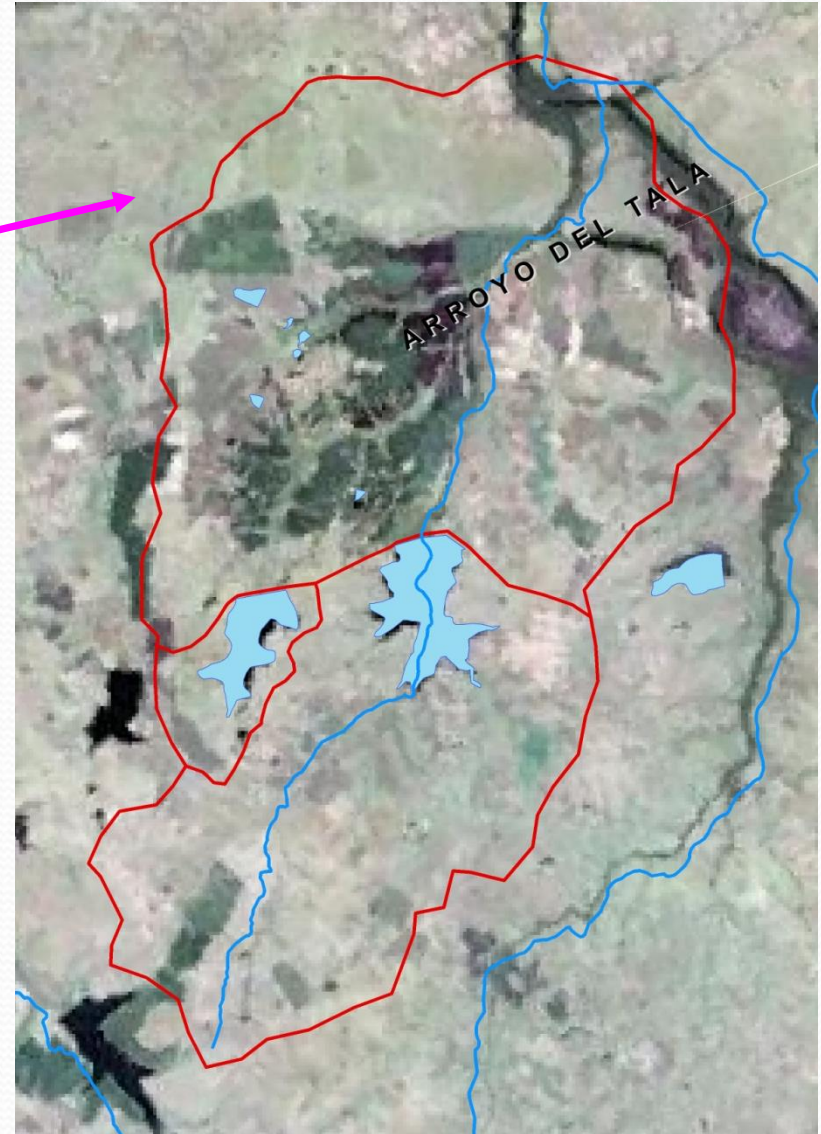
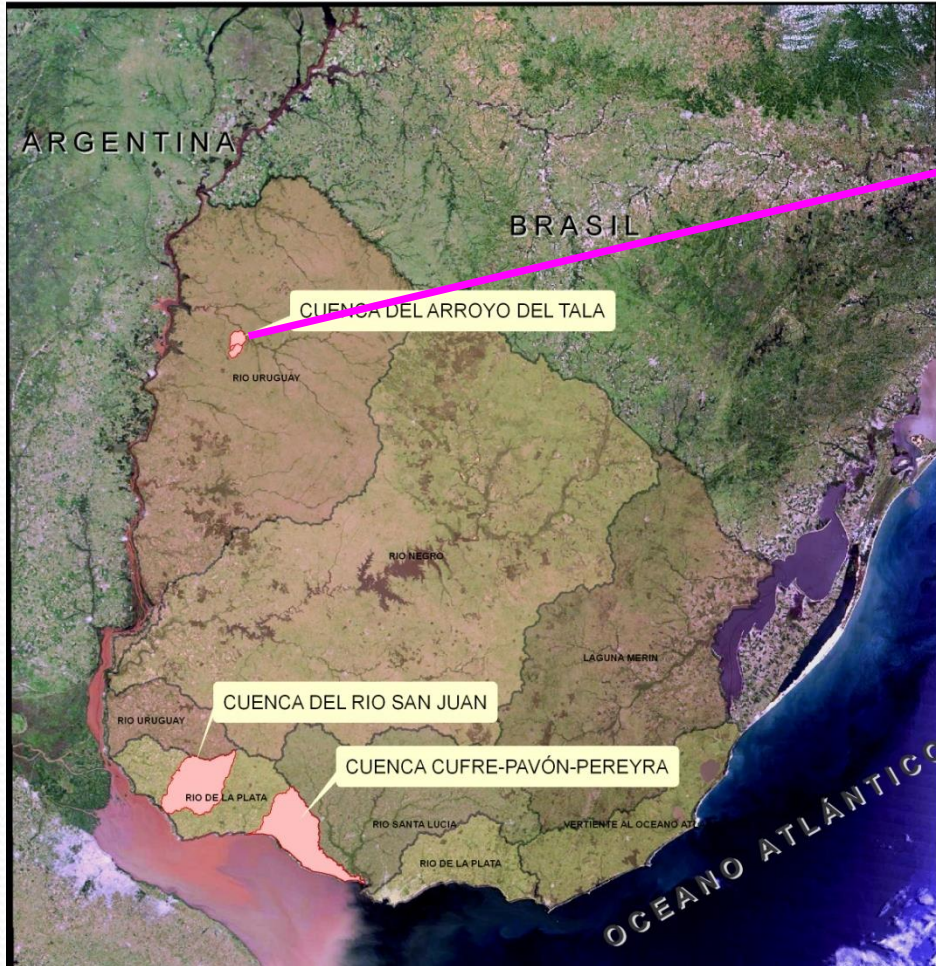


Modelación en SWAT

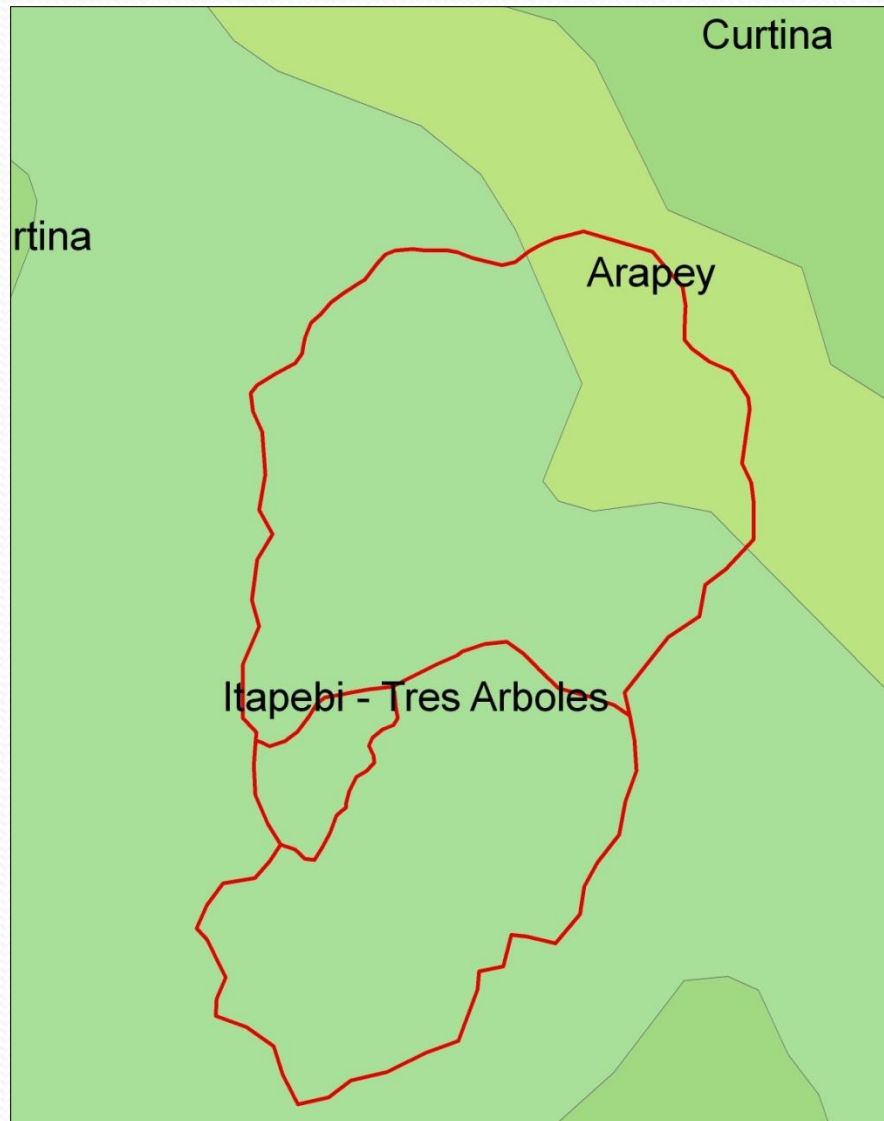


Cuenca del Arroyo del Tala

CUENCAS PROYECTO FONTAGRO-URUGUAY

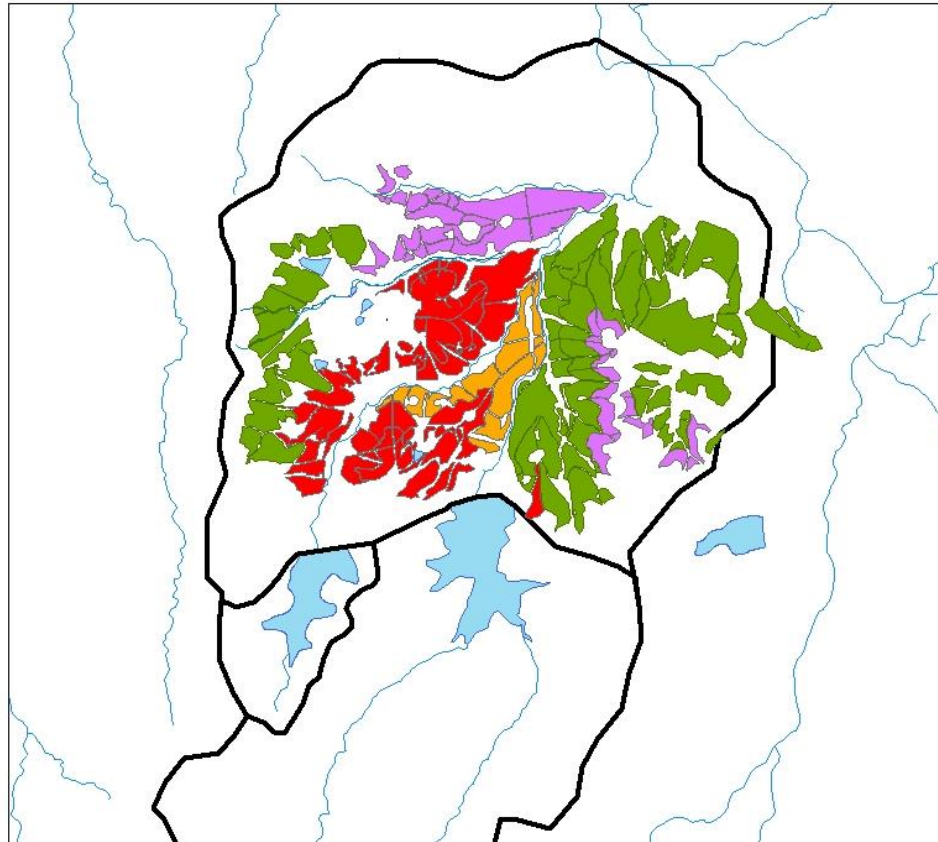


SUELOS DE LA CUENCA DEL TALA



Cuenca del Arroyo del Tala

Zafra 07-08



Referencias

07_08

uso

 arroz

 maiz

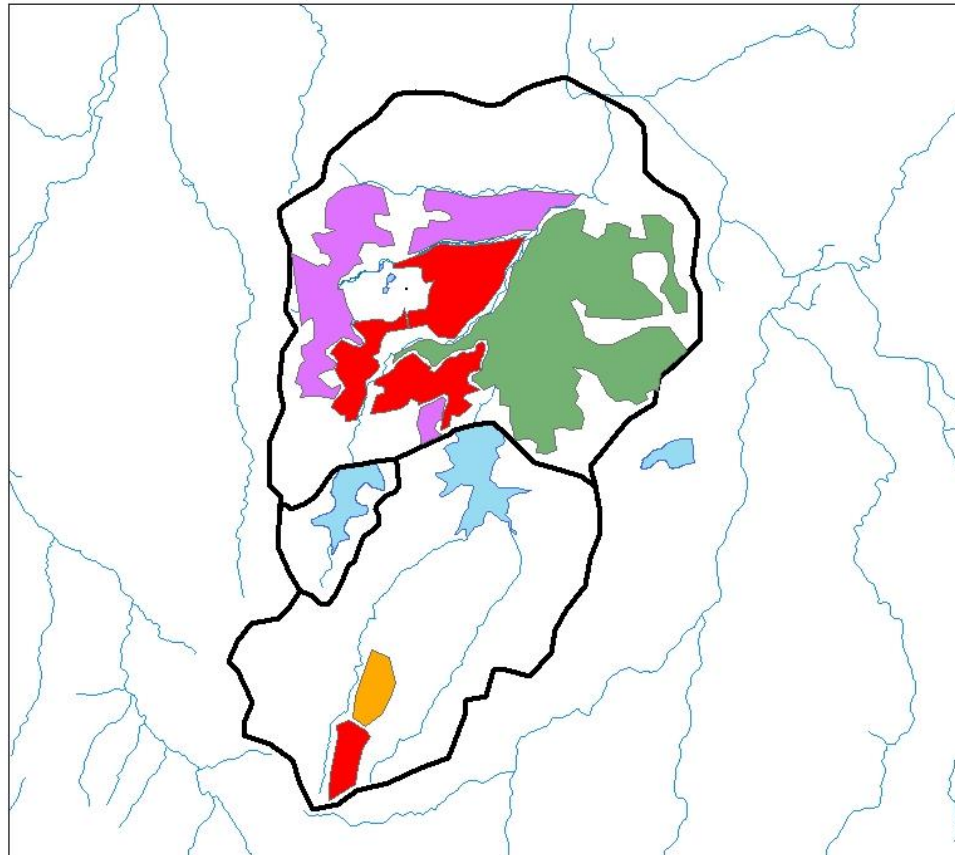
 pradera

 sorgo



Cuenca del Arroyo del Tala

Zafra 08-09



Referencias

08_09

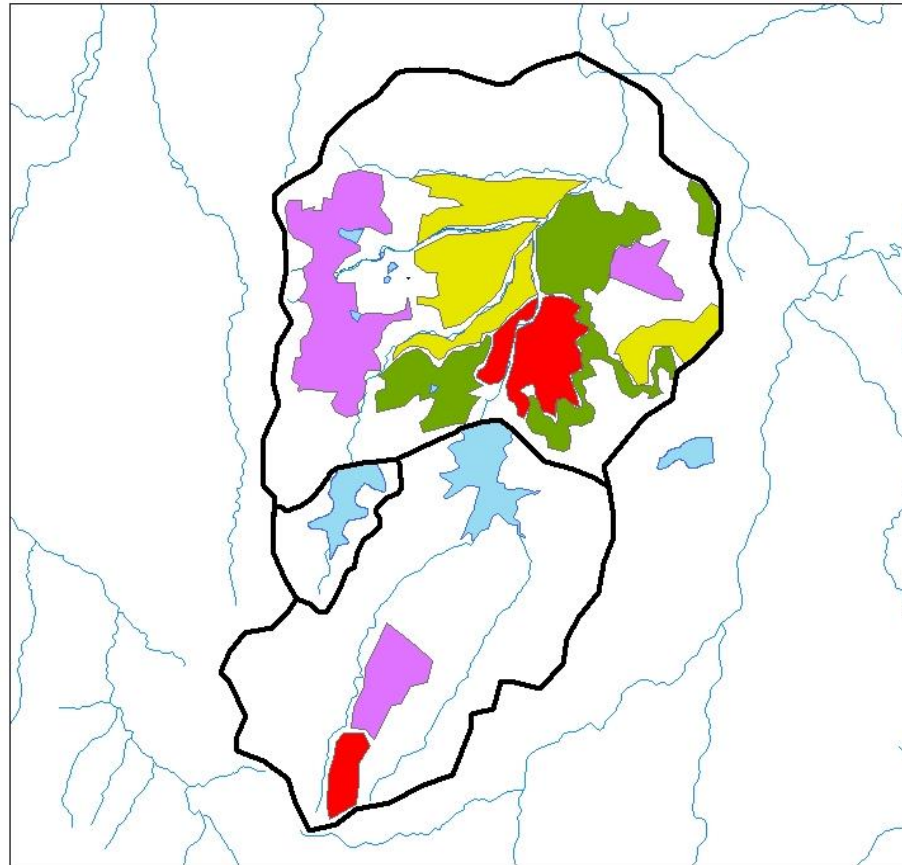
uso

-  arroz
-  maiz
-  pradera
-  sorgo



Cuenca del Arroyo del Tala

Zafra 09-10



Referencias

09_10

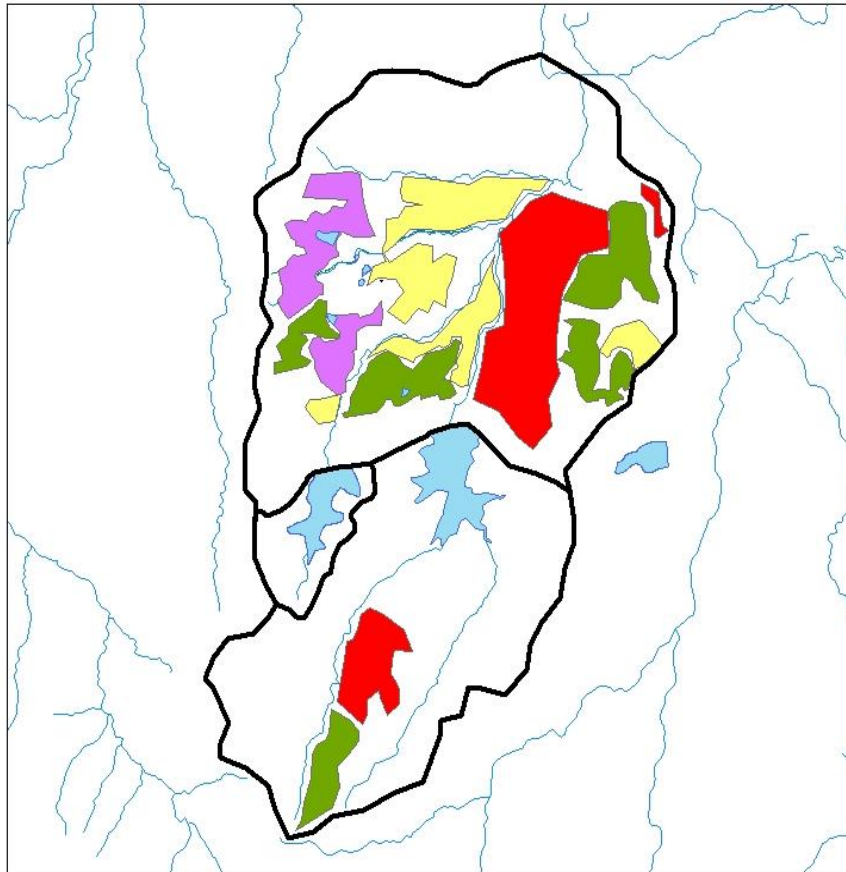
uso

-  arroz
-  pradera
-  soja
-  sorgo

0 1.500 3.000 6.000 9.000 12.000 Meters

Cuenca del Arroyo del Tala

Zafra 10-11



Referencias

10_11

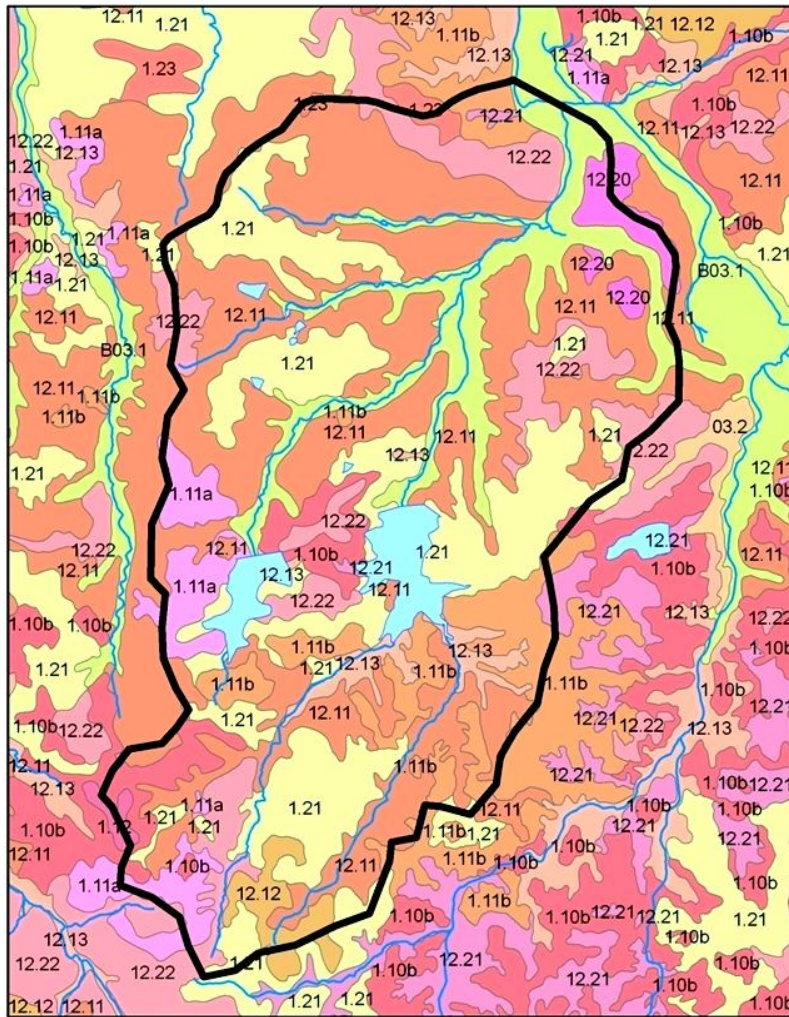
uso

-  arroz
-  pradera
-  soja
-  sorgo

0 1.500 3.000 6.000 9.000 12.000 Meters

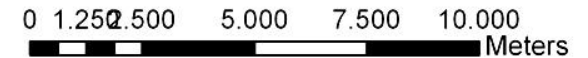
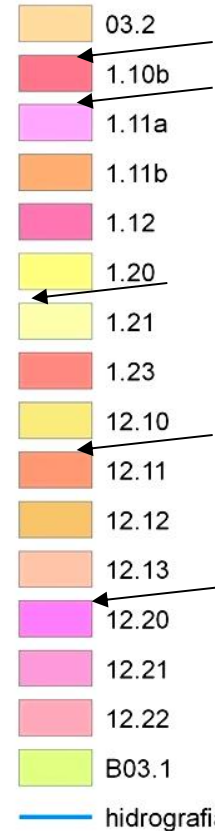
Cuenca del Arroyo del Tala

Suelos



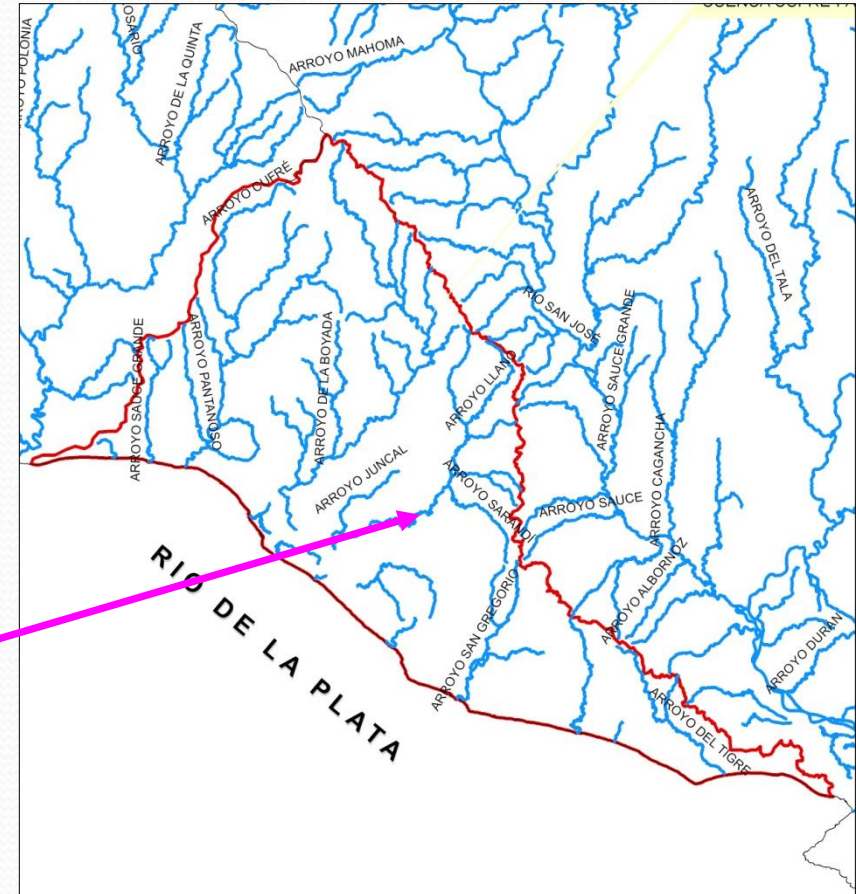
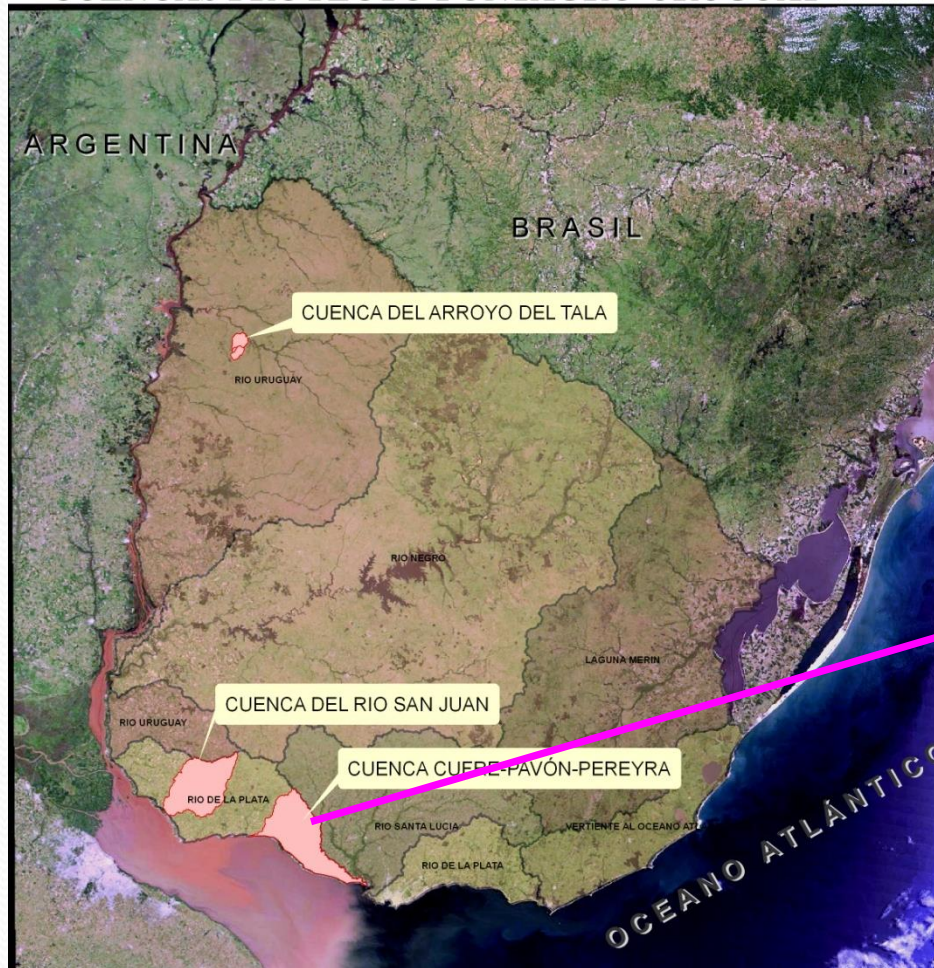
REFERENCIAS

coneat_
SC



Cuenca de Cufre- Pavon Pereira

CUENCAS PROYECTO FONTAGRO-URUGUAY



SUELOS DEL SAN JUAN



Suelos

SUELOS DE LA
CUENCA
CUFRE-
PAVON-
PEREYRA



1.10b

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-20	1.12	50.80	43.90	Arcillo-limoso	13.8	2
AC	20+	1.19	43.40	33.00	Basalto degradado	31.2	

1.11 a

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-10	1.29	43.80	30.80	Franco-arcillosa	13.0	4
AC	10+	1.41	40.20	24.30	Basalto fragmentado (loza)	47.7	

1.21

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-10	1.03	52.30	40.70	Franco	11.6	
C	10-40	1.09	53.50	43.90	Franco-arcillosa	28.8	10
	40-70	0.91	46.30	41.40		14.7	

12.11

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-80	1.03	56.35	44.45	Arcillosa	95.2	
AC	80-90	1.03	58.80	46.70	Franco-arcillosa	12.1	11
C+	90+	1.11	52.35	42.85	arcilloso	9.5	

12.20

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-25	1.03	52.60	40.00	Franco-arcilloso	31.5	
B	25-40	1.03	43.90	37.50	Arcilloso	9.6	2
B3Ca	40-60	1.15	42.8	36.7	Arcilloso	12.2	
C	60+				Gravilla		

Año: agosto 2009; profundidad 0-20 cm

Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.3	8.5	34	0.46
3	6.3	4.9	49	0.28
6	5.9	6.4	9	0.33

Año 2010: profundidad 0-5 cm

Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.6	9.8	39	0.55
2	6.0	7.6	45	0.39
3	6.2	5.4	67	0.31
4	6.1	6.6	140	0.38
5	7.2	7.2	62	0.37
6	5.9	9.3	10	0.45

Año 2011: profundidad 0-5 cm

Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.6	7.8	48	0.46
2	7.2	2.4	60	0.13
3	6.5	4.2	41	0.25
4	7.5	3.5	27	0.20
5	7.5	7.9	49	0.48
6	6.0	6.0	6	0.31

Año: agosto 2009; profundidad 20-40 cm

Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.03	4.27	5.	0.22
3	6.27	4.90	49	0.28
6	7.47	5.17	18.	0.27

Año 2010: profundidad 5-20 cm

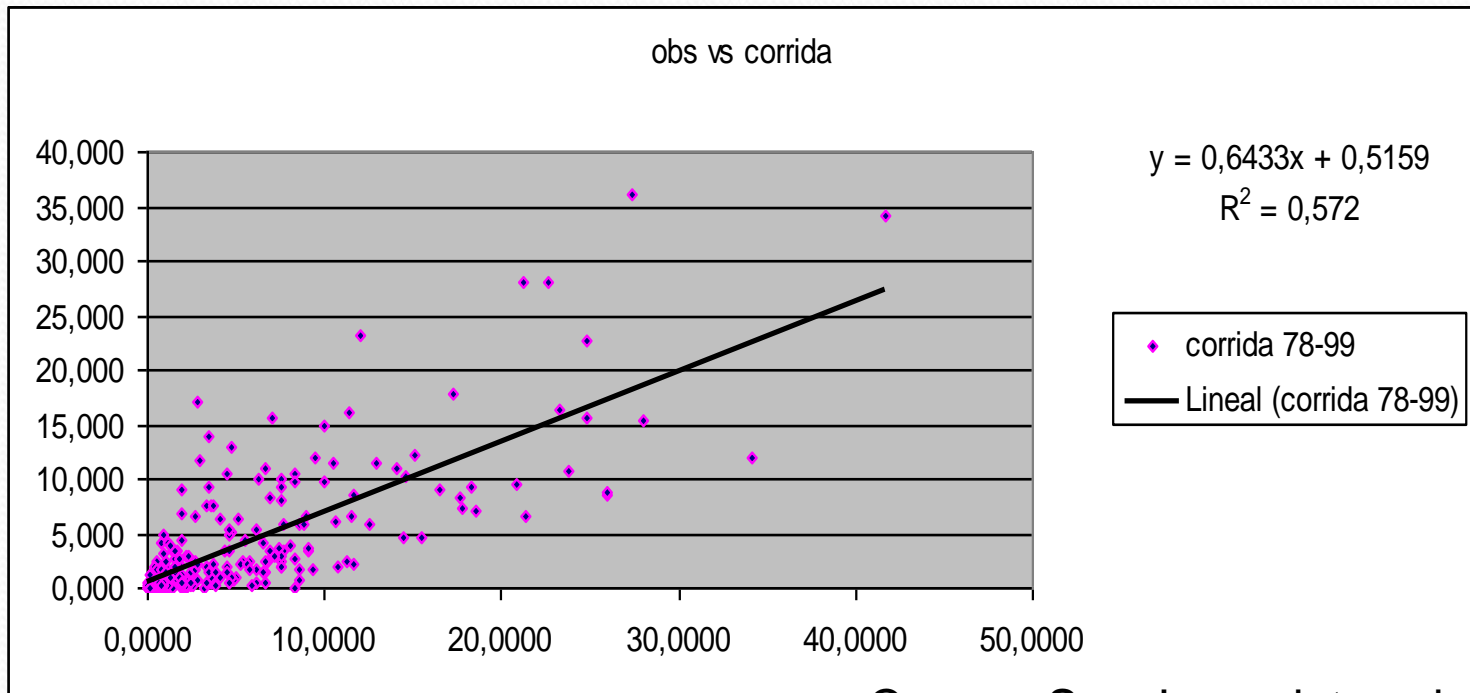
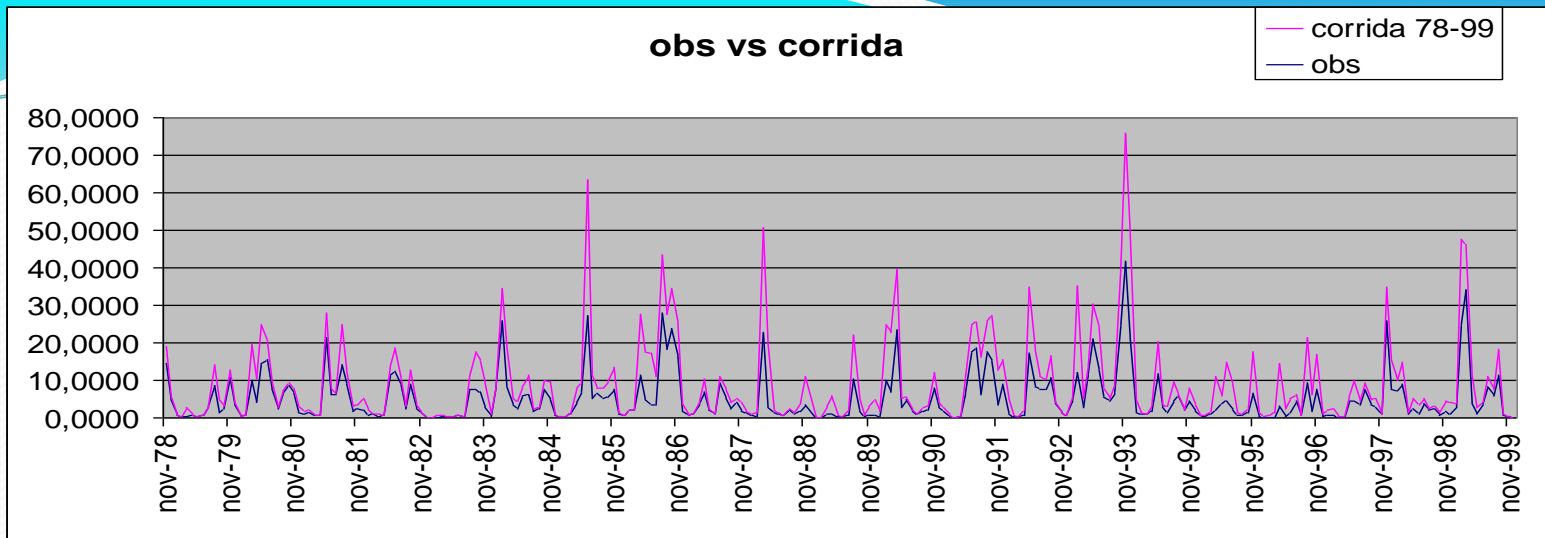
Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.8	7.7	18	0.39
2	6.2	5.9	17	0.30
3	6.3	5.1	41	0.28
4	6.2	5.9	51	0.32
5	6.2	5.9	51	0.32
6	5.9	6.9	5	0.27

Año 2011: profundidad 5-20 cm

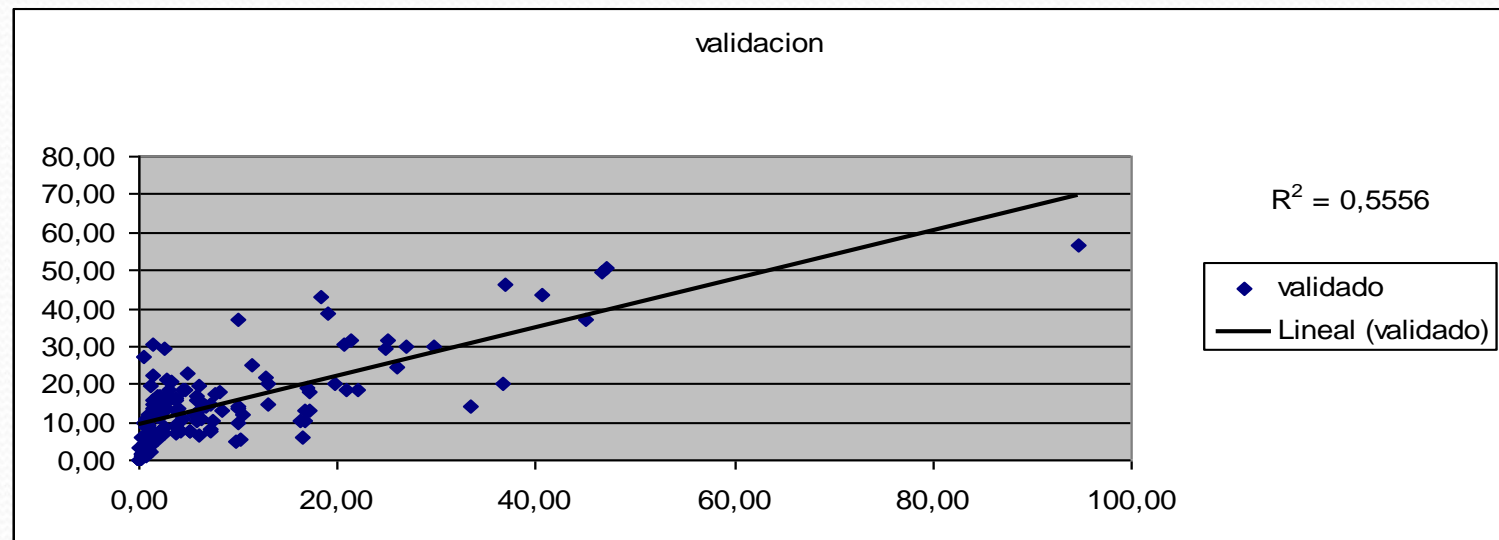
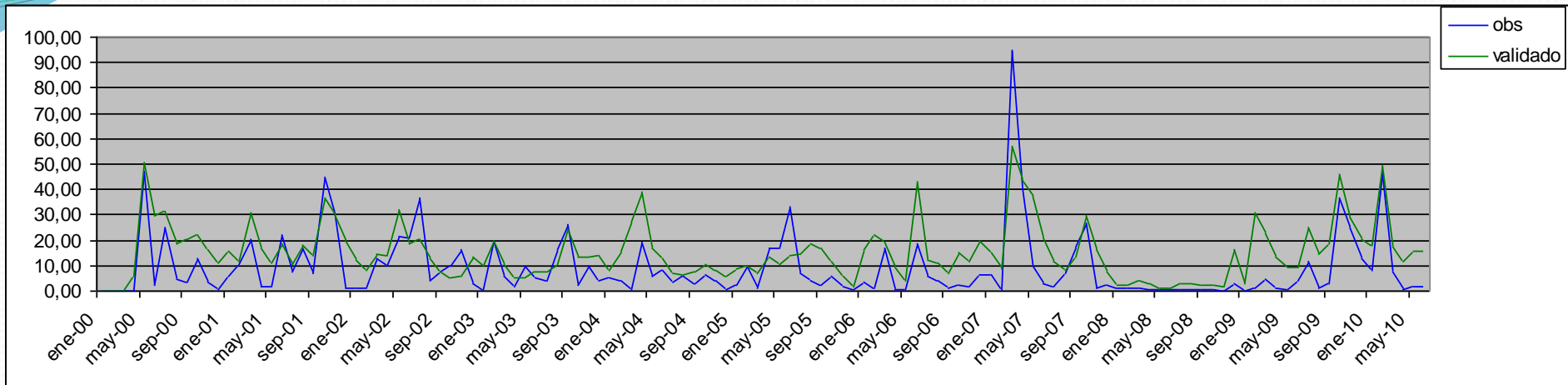
Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	7.1	7.8	49	0.43
2	7.2	2.4	82	0.14
3	6.5	4.3	32	0.26
4	7.6	3.2	20	0.20
5	7.7	6.3	9	0.39
6	6.1	5.5	5	0.28



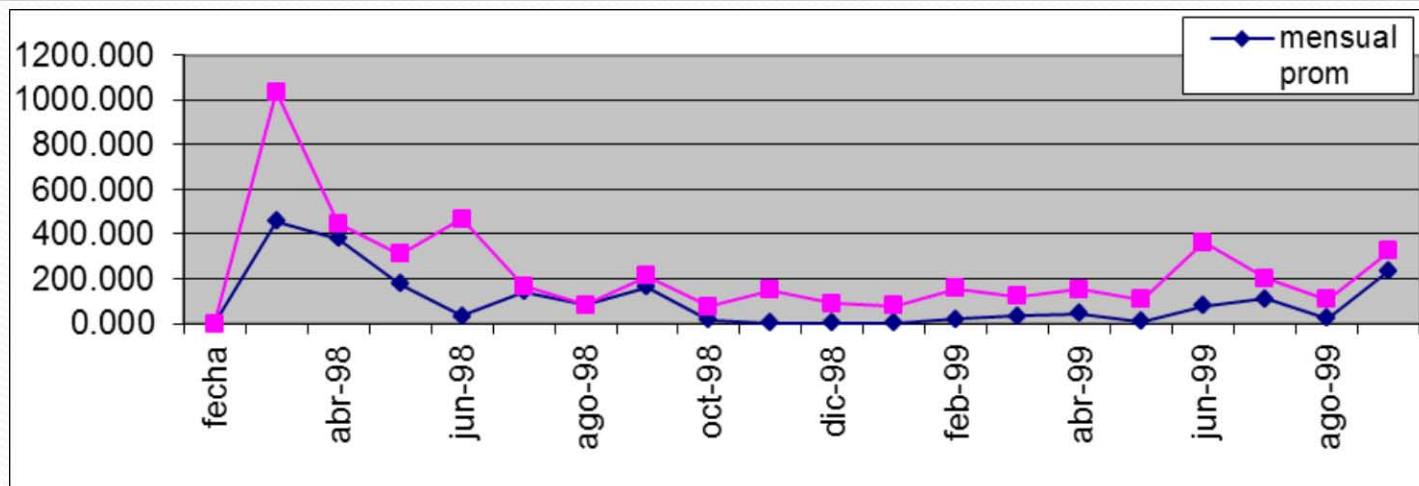
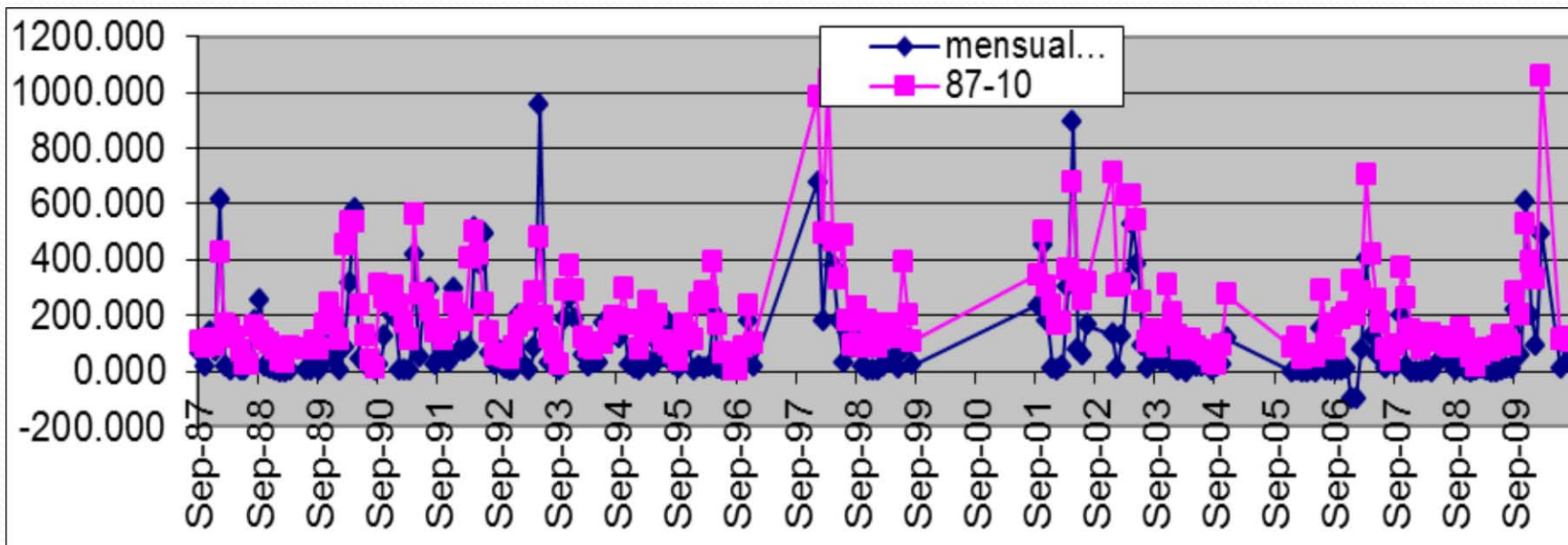
RESULTADOS DE LAS CORRIDAS DEL MODELO SWAT EN AMBAS CUENCAS HIDROGRAFICAS



Cuenca San Juan, datos observados y modelados



Cuenca San Juan, validación del modelo



Cuenca Salto, validación del modelo

Cuadro 2. Resultados de la Calibración y Validación – Caudales Mensuales

	Calibración	Validación
	1987-1997	1997-2010
Caudal medio Río Arapey chico (m ³ .s-1)	96,4897313587	41,7900135124
Caudal medio modelado (m ³ .s-1)	162,9030836364	224,5376315789
Coefficiente de Nash y Sutcliffe (NS)	0,2967	-1,3687754749
R ²	0,51	0,66
RMSE (m ³ .s ⁻¹)	130,04	250,9167558935

Cuando se introdujeron los escenarios climáticos calculados se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados de la aplicación del modelo en diferentes escenarios climáticos.

Caudal m ³ .s ⁻¹	Escenario		
	Seco	Normal	Húmedo
Media Observado	1907,766638442	2105,371059216	2262,8539866556
Máximo	10.490,00	11.290,00	8.594,00
Mínimo	107,4	121,5	40,68
Desvio estandar	1284,1215443469	1352,048240626	1354,8366756698

Se puede observar que en todos los escenarios de acuerdo a las simulaciones de SWAT se espera un aumento del caudal.

Cuadro 2. Resultados de la Calibración y Validación – Caudales Mensuales

	Calibración	Validación
	1978-1999	2000-2010
Caudal medio colonia (m ³ .s-1)	4,7697569472	9,0577305106
Caudal medio modelado (m ³ .s-1)	14,2948826772	15,1974612698
Coefficiente de Nash y Sutcliffe (NS)	-1,11249	0,3208910806
R ²	0,569	0,556
RMSE (m ³ .s ⁻¹)	152,233	85,1767046936

Cuando se introdujeron los escenarios climáticos calculados se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados de la aplicación del modelo en diferentes escenarios climáticos.

Caudal m3.s-1	Escenario		
	Seco	Normal	Húmedo
Media Observado	157,5141137124	174,5618441449	183,9168056714
Máximo	676,40	699,70	690,00
Mínimo	14,89	1,724	2,239
Desvio estandar	90,9942856389	101,7660245337	103,1755765981

Se puede observar que en todos los escenarios de acuerdo a las simulaciones de SWAT se espera un aumento del caudal.

ALGUNAS CONCLUSIONES DEL USO DEL MODELO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LAS CUENCAS

Los cambios en las precipitaciones se ven reflejados en la disponibilidad de agua en los ríos y reservas de agua artificiales (represas, tajamares, etc.), y por lo tanto tienen un efecto sobre la agricultura regada en cuanto a disponibilidad de caudal. Estos efectos en la cuenca del río San Juan (Colonia) resultaron variables a nivel mensual y anual, dependiendo de la ubicación pero los valores en las tres escenarios estudiados no tuvieron un efecto significativo diferente en cuanto a disponibilidad promedio de caudal, ni tampoco en los picos máximos, sí hubo diferencia en los picos de mínima.

En el caso de la cuenca estudiada en el departamento de Salto, con escenarios de precipitaciones reducidas, consideradas como lluvias de 60%; 30% y 10% de probabilidad baja, media y alta respectivamente, fueron apreciadas diferencias significativas de reducción de caudal en los valores máximos (picos) mayores al 15%, siendo los meses de primavera (octubre, noviembre y diciembre) los más críticos.

En el resto del año no se detectaron diferencias en los niveles de caudales ni precipitaciones para los escenarios estudiados, esto es debido a que las precipitaciones anuales totales rondan en los 1300 mm.



MUCHAS GRACIAS

Brindamos nuestro más sincero agradecimiento al proyecto FONTAGRO FTG 8042/08 que hizo posible la realización y culminación de este trabajo



Variabilidad de la disponibilidad de agua en distintos escenarios climáticos en dos cuencas hidrograficas de Uruguay.

Taller SWAT, Nov 25-27, 2014
INTA-Castelar

CUENCAS DEL CONO SUR (3)



Diferentes probabilidades de ocurrencia

Escenario 1



Escenario 2

Escenario 3

Antecedentes de cuenca y cultivos

LINEA DE BASE

ESCENARIOS CLIMATICOS A MEDIANO PLAZO

Clima
Hidrología
Suelo
Cultivos

S
W
A
T

MODELACION HIDROLOGICA

Esc. 1 Productividad del Agua

Estrategias de Riego Esc. 1

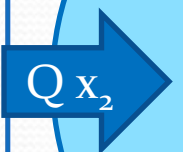
Esc. 2 Productividad del Agua

Estrategias de Riego Esc. 2

Esc. 3 Productividad del Agua

Estrategias de Riego Esc. 3

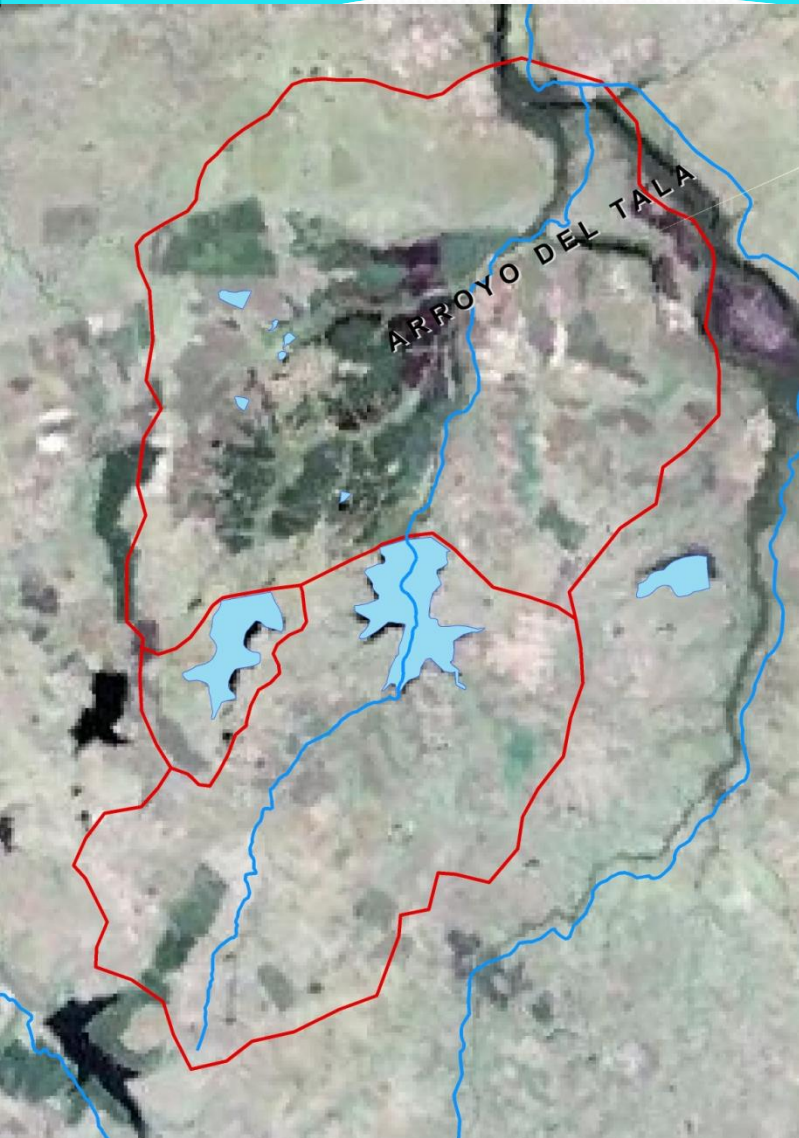
EXPERIMENTACION DE CAMPO



T
O
M
A
D
E
D
E
C
I
S
I
O
N
E
S

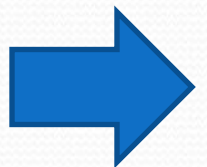


LINEA BASE



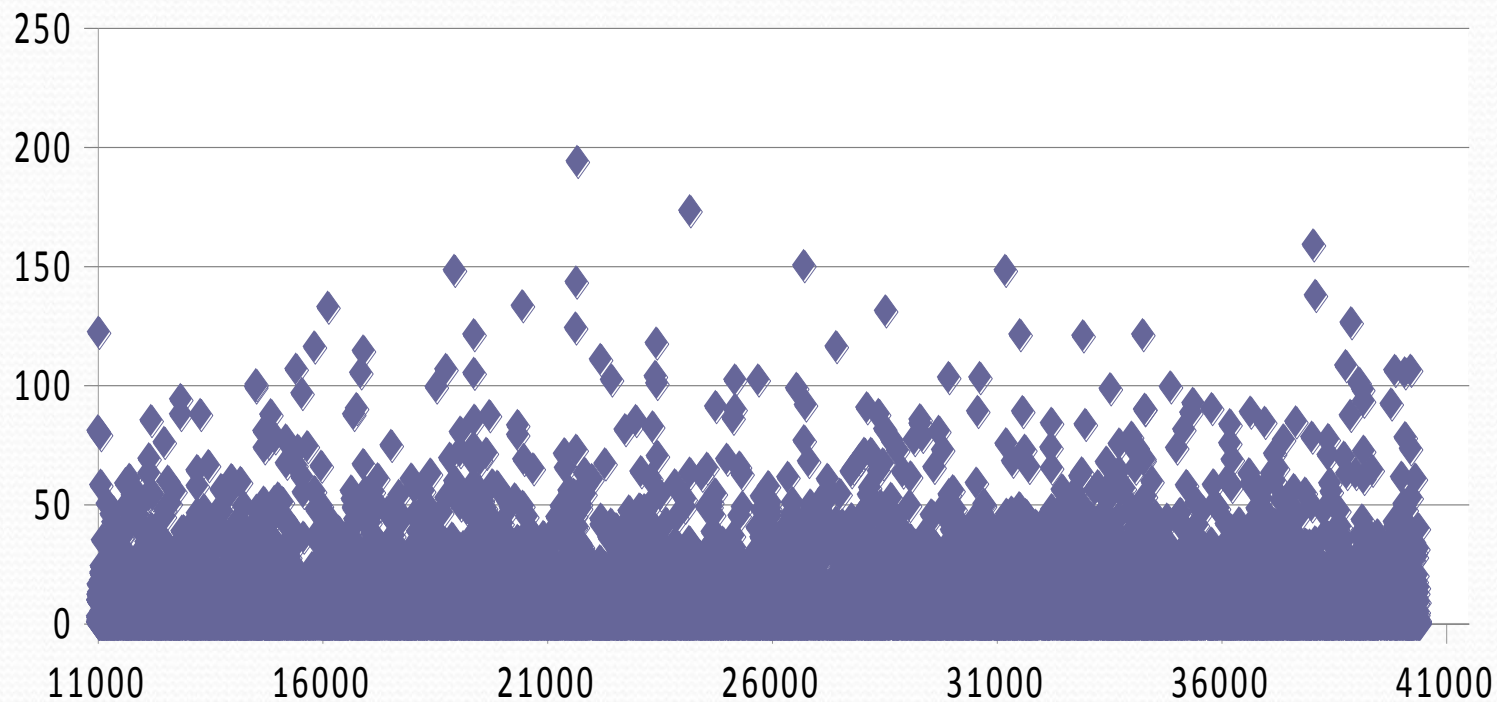
Recopilación de Información:

- CARACTERISTICAS DE SUELOS
- USO DE SUELOS
- CLIMA
- DISTRIBUCION DEL AGUA
- DISPONIBILIDAD DEL AGUA
- INFRAESTRUCUTURA DE RIEGO
- CALIDAD DE AGUAS



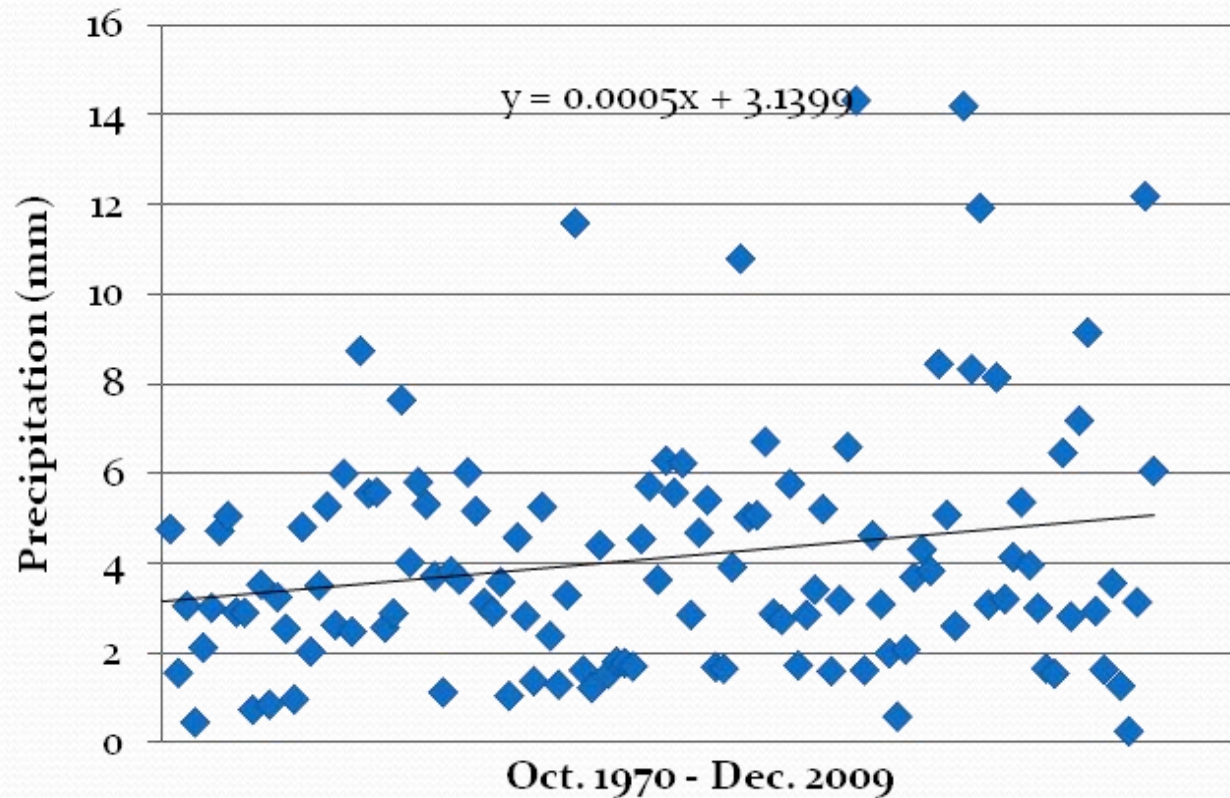


ESCENARIOS CLIMATICOS



Media móvil de las precipitaciones trimestrales observadas en Colonia, Uruguay, durante el período 1915-2010.

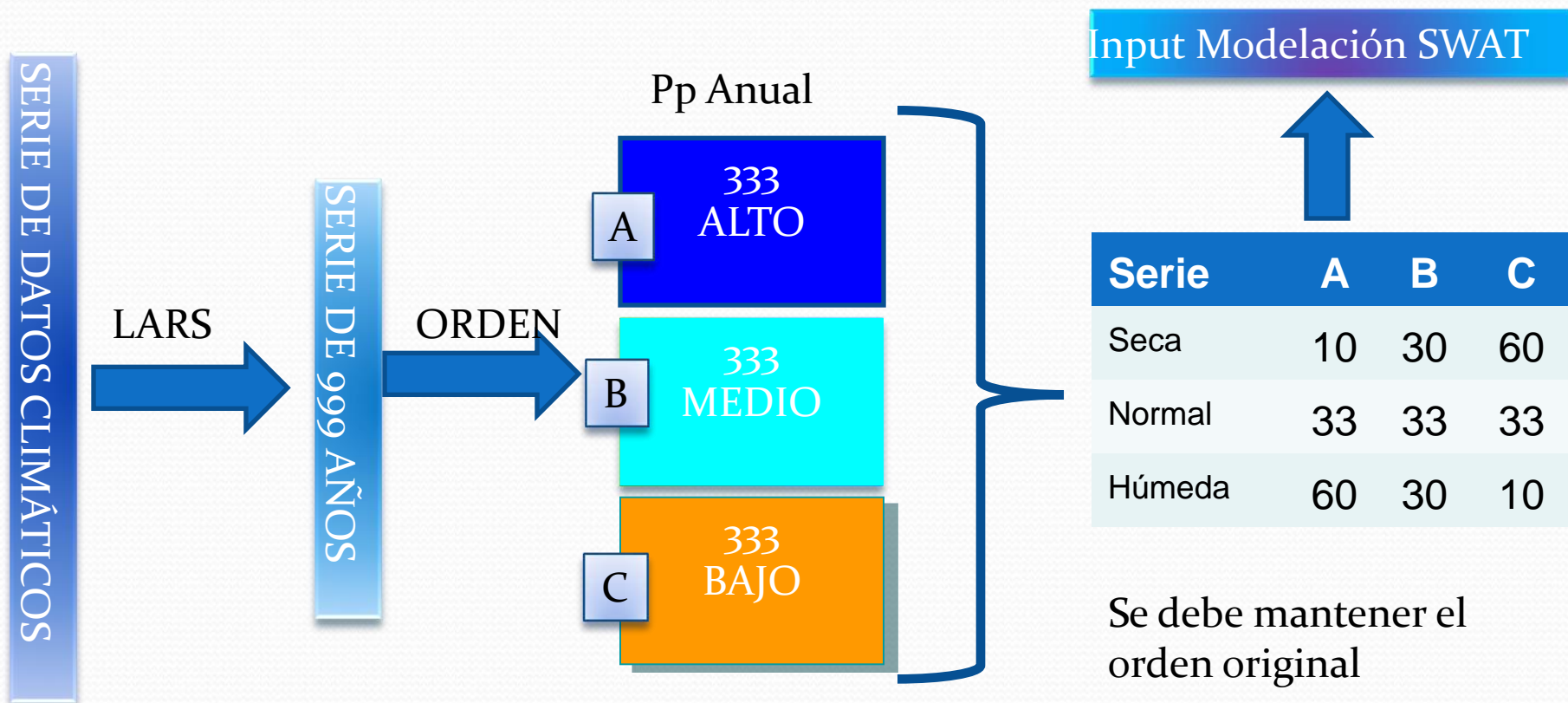
Salto Monthly Mean, OND



Media móvil de las precipitaciones trimestrales observadas en Salto, Uruguay durante el período 1970-2009.

Escenarios probabilísticos

- Se basan en información estadística real





MODELACION HIDROLOGICA

Input Data

Processing and Display

AVSWAT

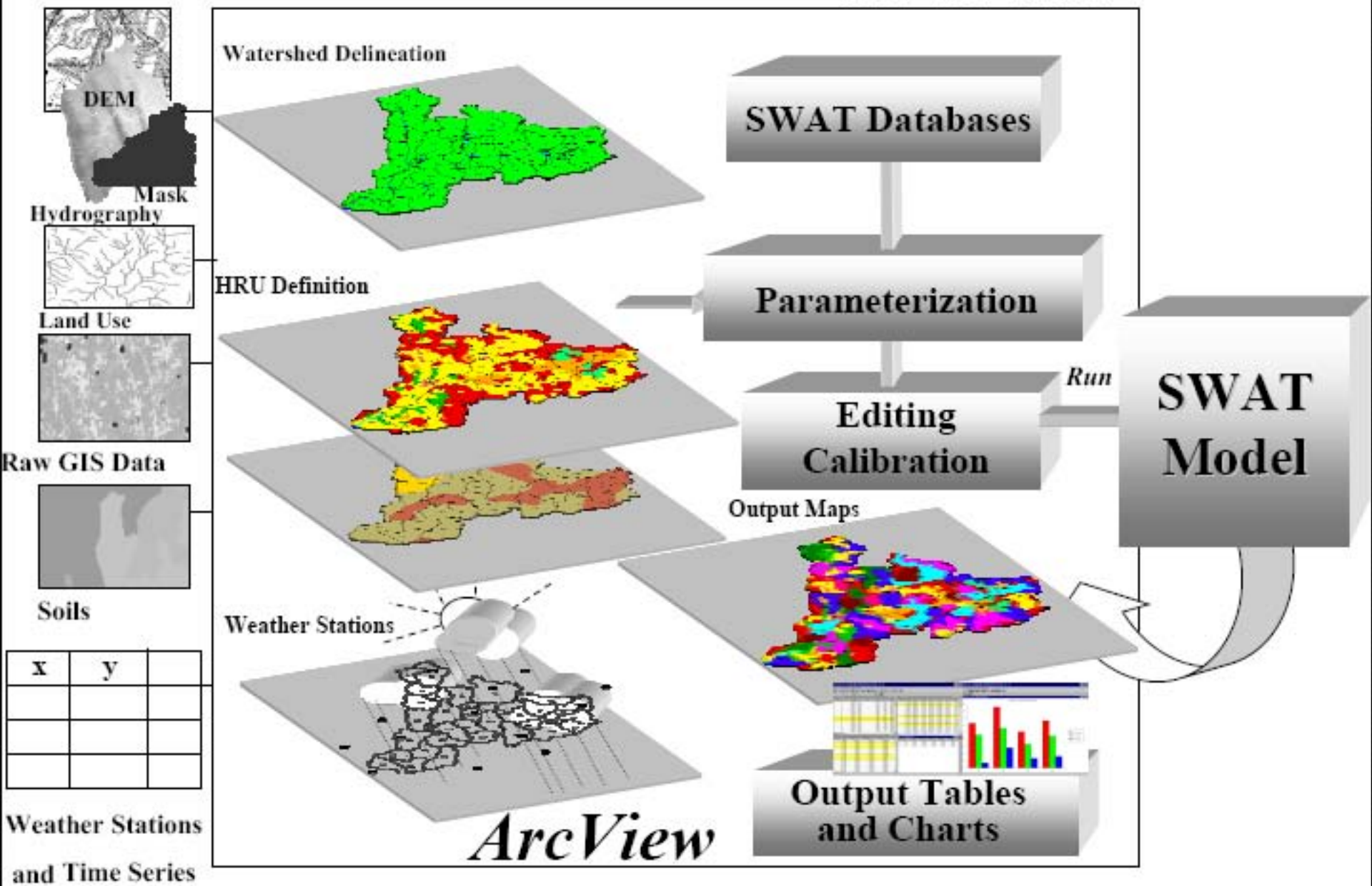
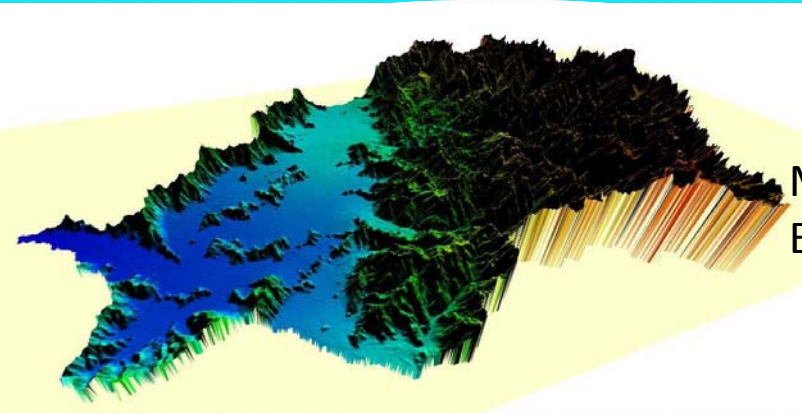


Figure 1.1

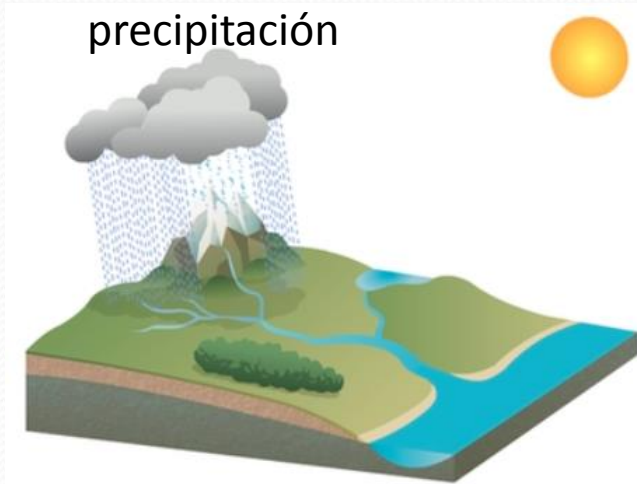
Modelación en SWAT



Modelo Digital de Elevación

+

Temperatura y precipitación



Cobertura y uso de suelo

+

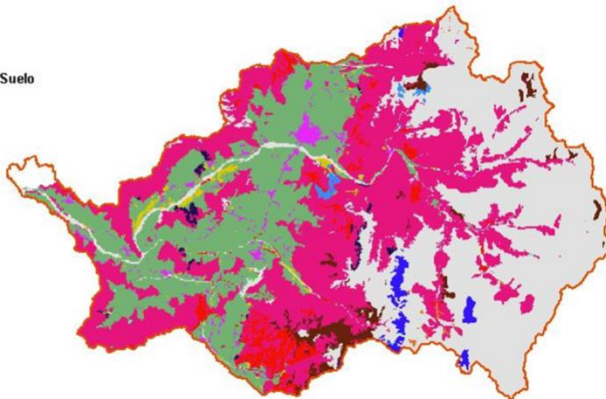
+

Tipos de suelo (características Físicas)

Legenda Uso y Cobertura de Suelo

Clases

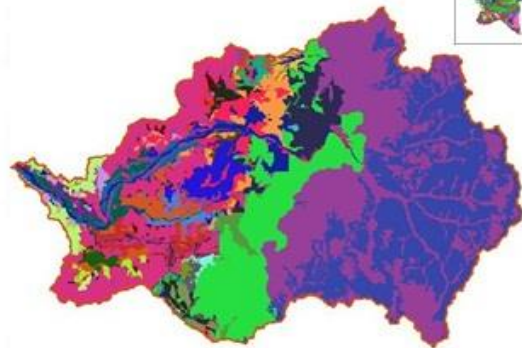
- AGRL
- FRST
- ICES
- PAST
- PINE
- RNOB
- RNGE
- SWRN
- TUM
- UD U
- URML
- WATR
- WETL



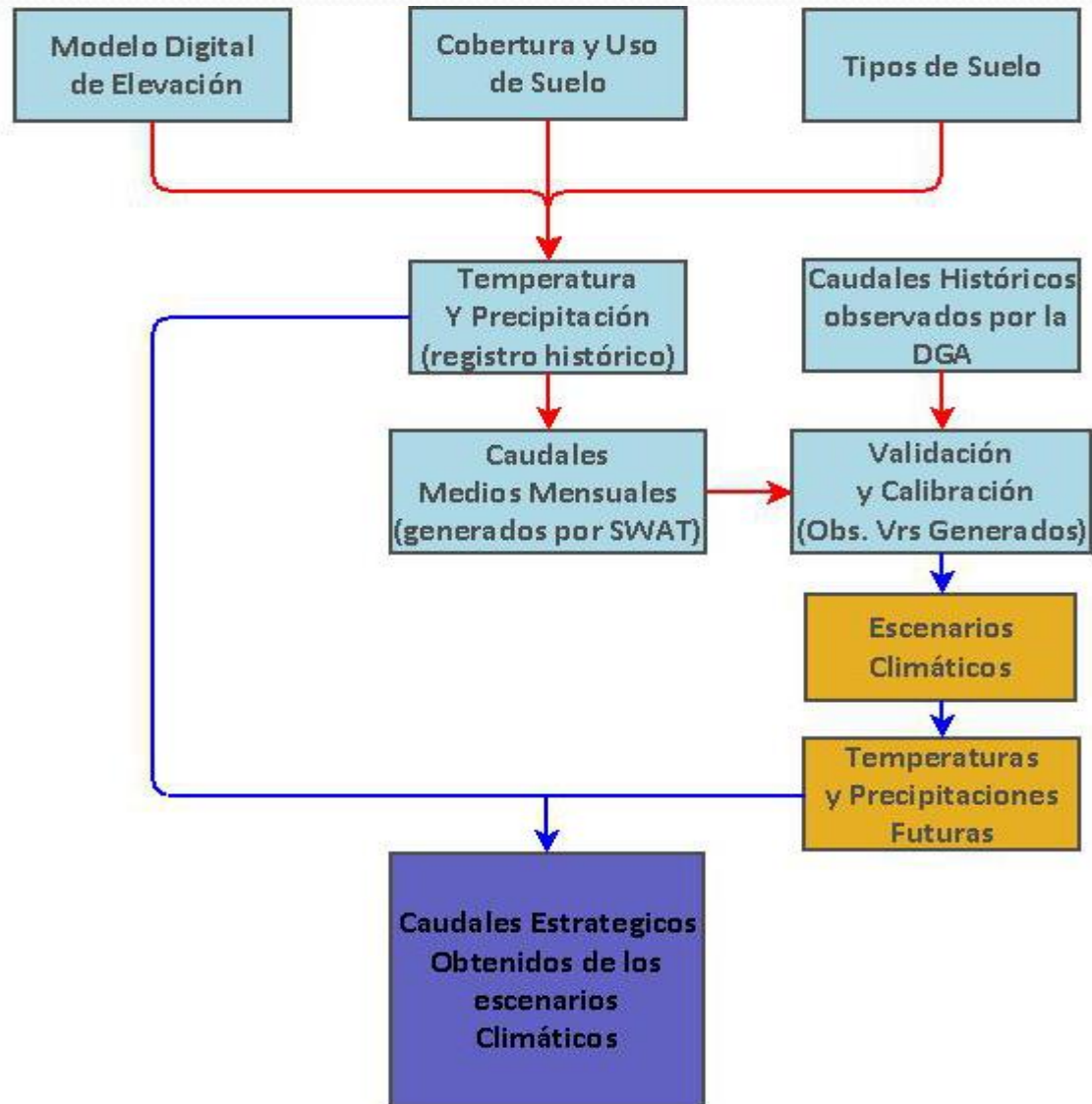
Tipos de Suelos

Clases

- ANN
- CCH
- CCL
- CDC
- CUN
- GLC
- GIN
- HGS
- HJG
- LAL
- LGD
- LGS
- LRM
- URS
- LSV
- LVZ
- MAR
- MIR
- MISC
- MLH
- MLL
- OLV
- POG
- PMO
- FMP
- PNO
- POL
- PTG
- PUD
- OLM
- RNO
- SRB
- STL
- SVE
- TAH
- TC
- TH
- TLH
- TRH
- TZ
- YSL
- ZMR

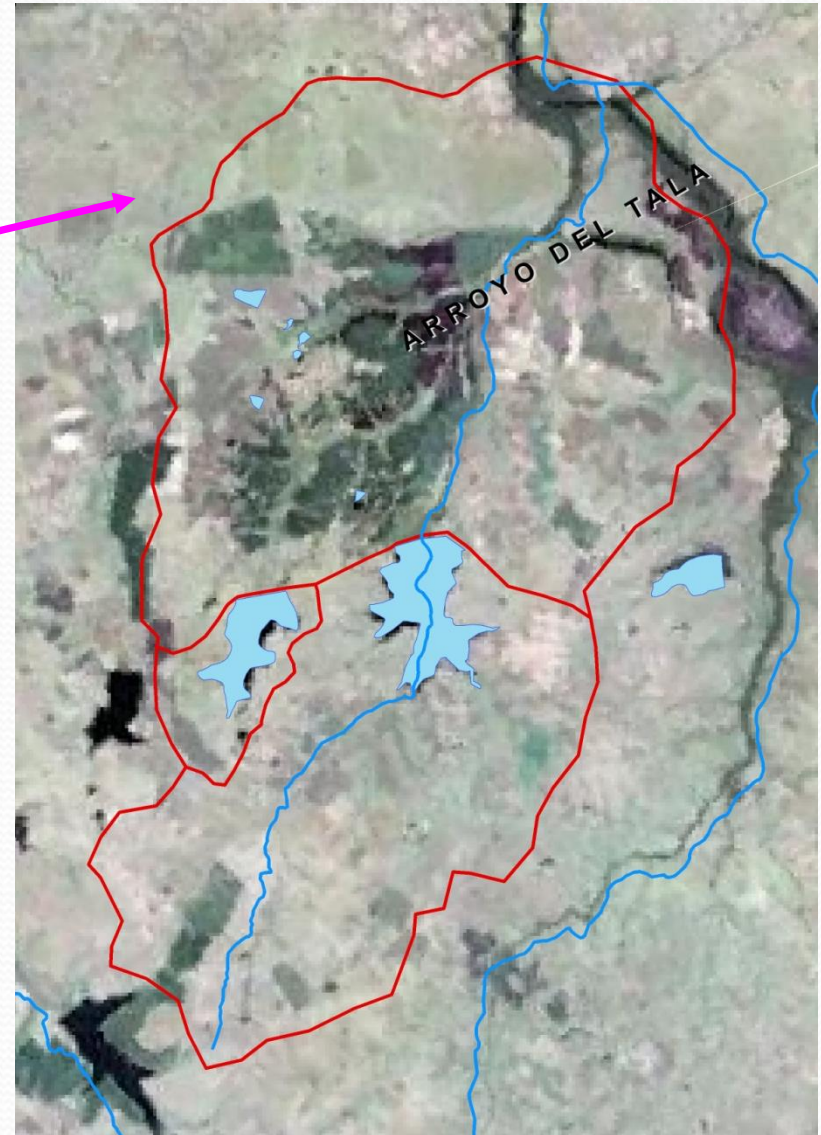
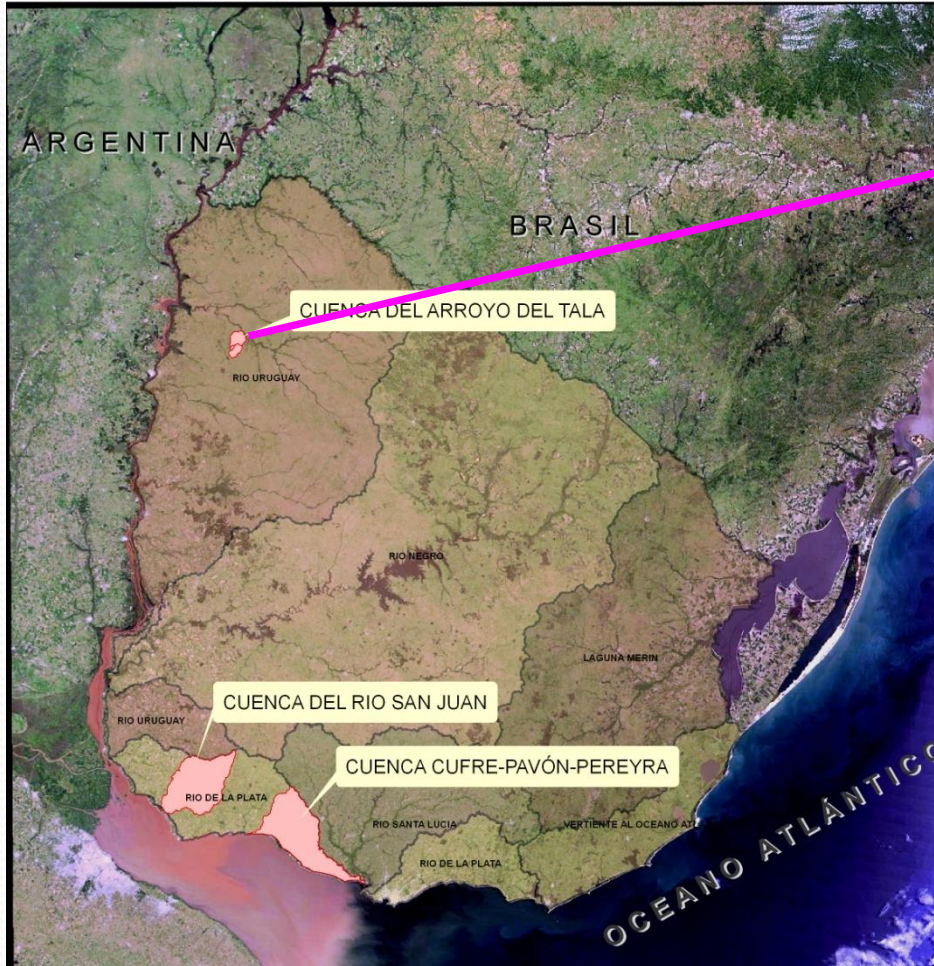


Modelación en SWAT

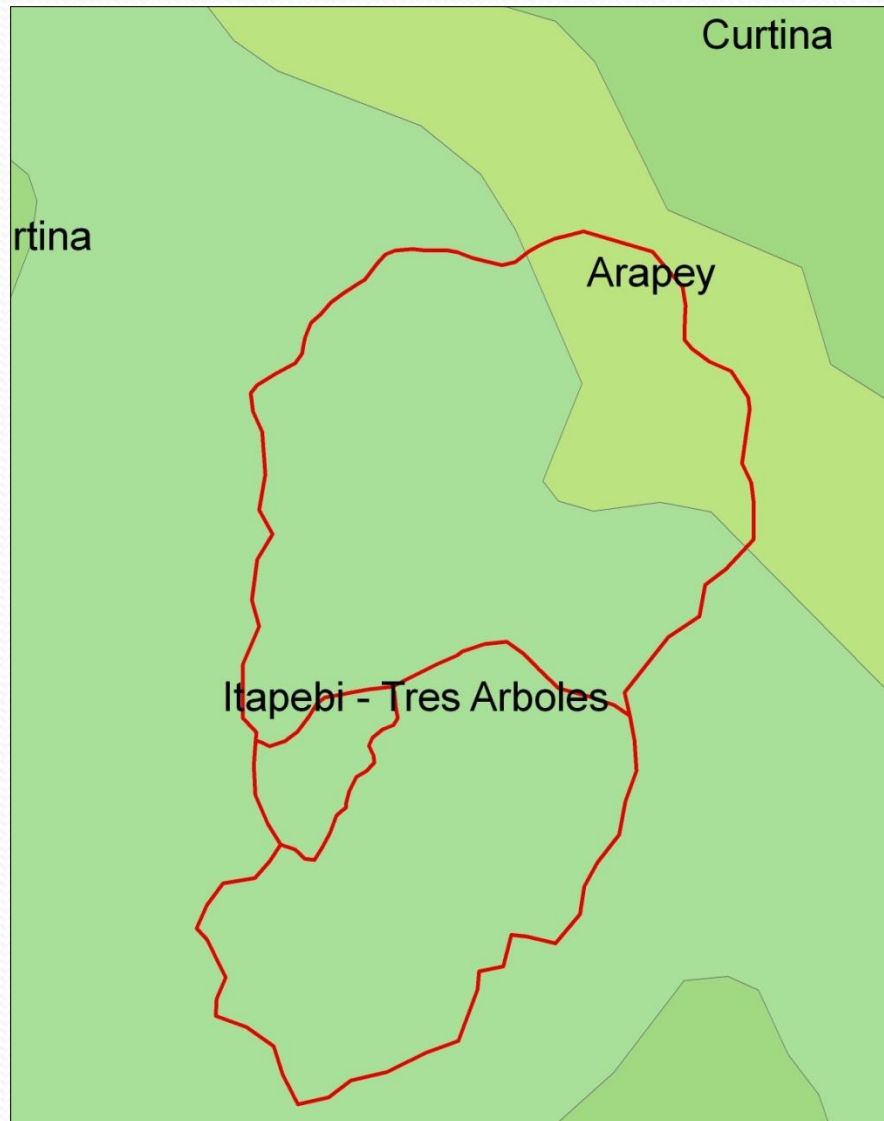


Cuenca del Arroyo del Tala

CUENCAS PROYECTO FONTAGRO-URUGUAY

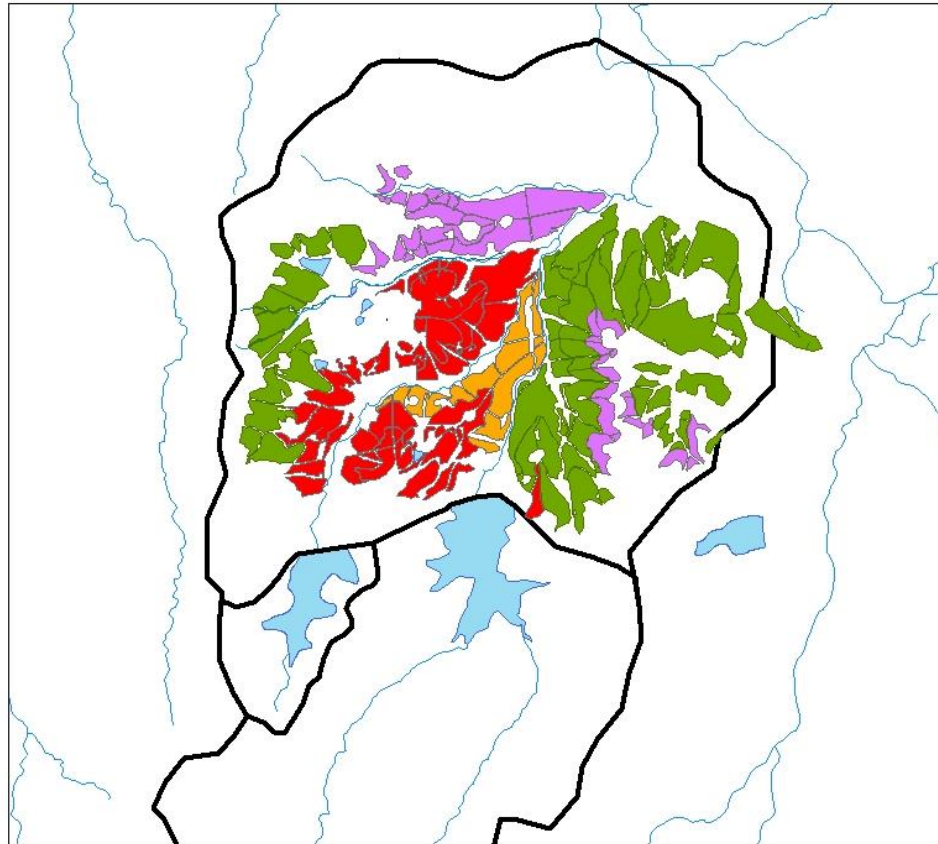


SUELOS DE LA CUENCA DEL TALA



Cuenca del Arroyo del Tala

Zafra 07-08



Referencias

07_08

uso

 arroz

 maiz

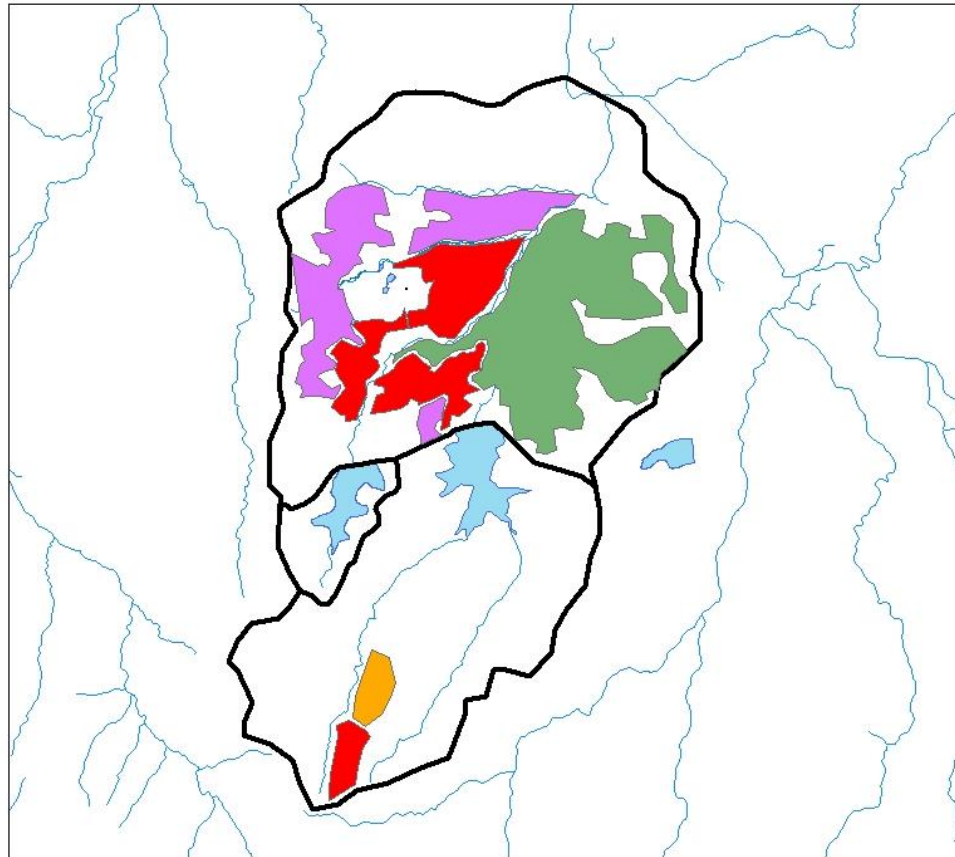
 pradera

 sorgo



Cuenca del Arroyo del Tala

Zafra 08-09



Referencias

08_09

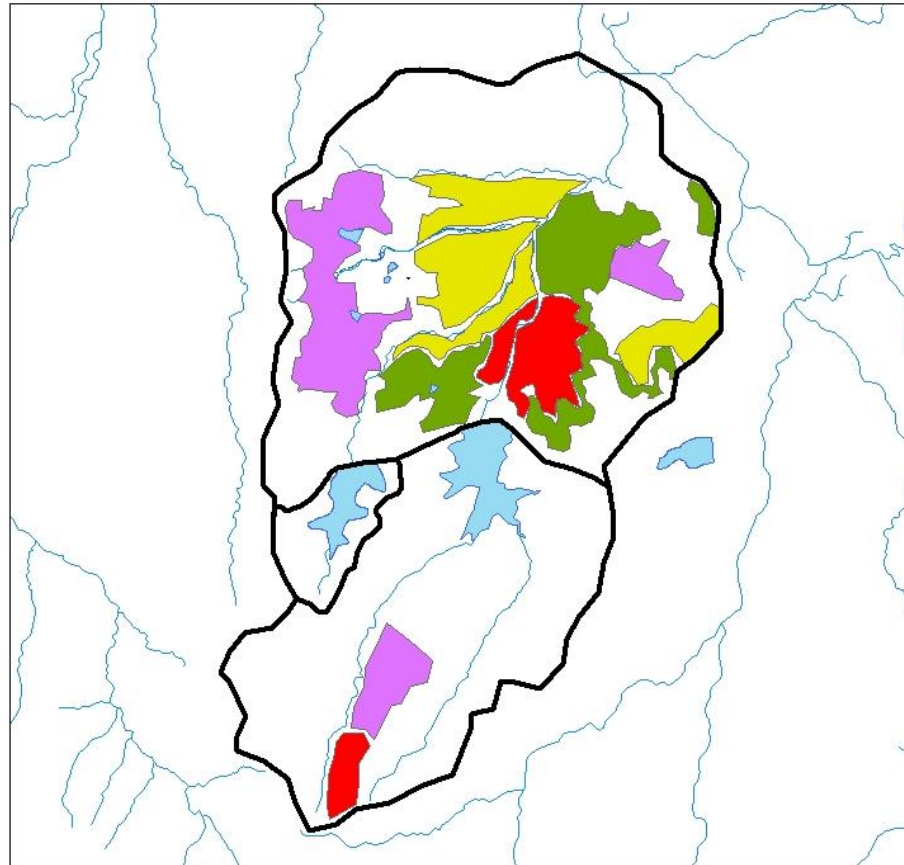
uso

-  arroz
-  maiz
-  pradera
-  sorgo



Cuenca del Arroyo del Tala

Zafra 09-10



Referencias

09_10

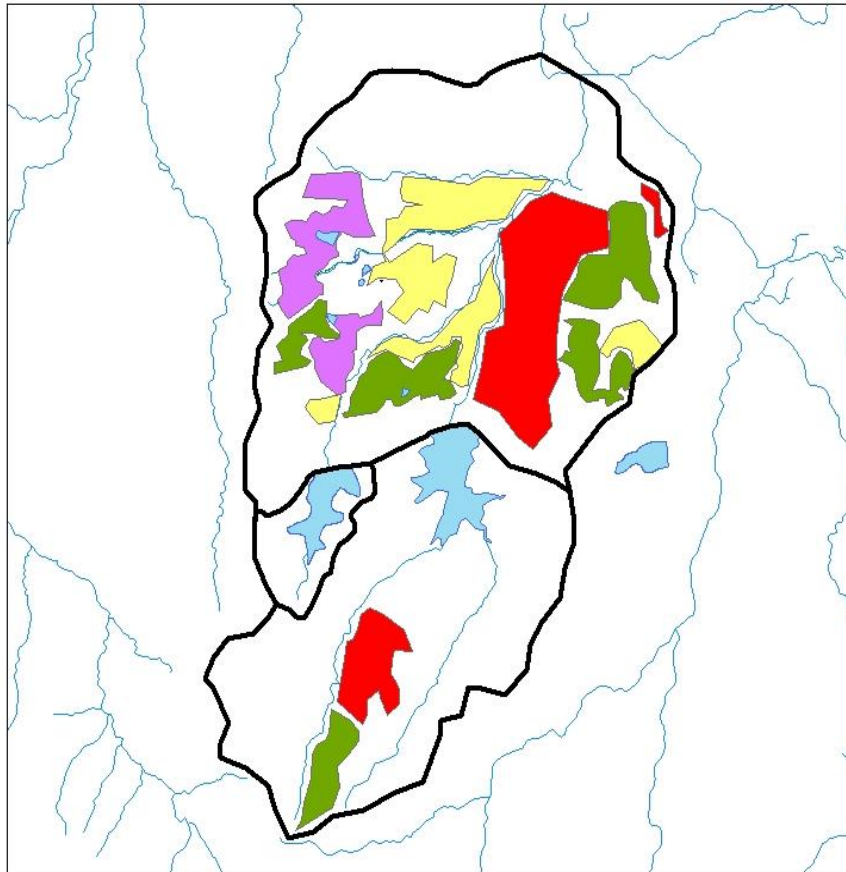
uso

-  arroz
-  pradera
-  soja
-  sorgo

0 1.500 3.000 6.000 9.000 12.000 Meters

Cuenca del Arroyo del Tala

Zafra 10-11

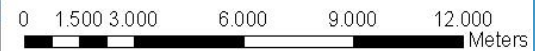


Referencias

10_11

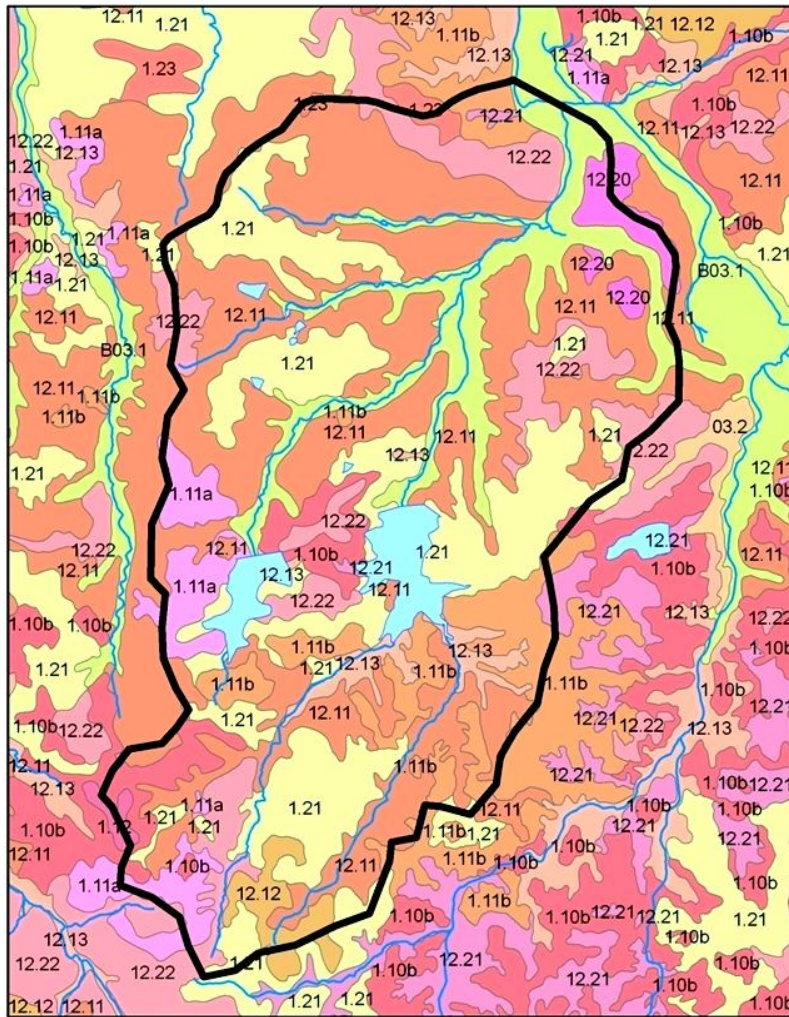
uso

-  arroz
-  pradera
-  soja
-  sorgo



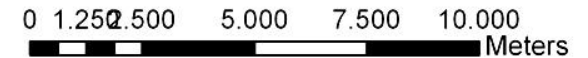
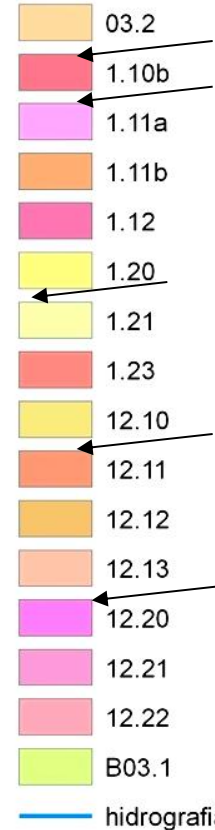
Cuenca del Arroyo del Tala

Suelos



REFERENCIAS

coneat_
SC



SUELOS DEL SAN JUAN



Suelos

SUELOS DE LA
CUENCA
CUFRE-
PAVON-
PEREYRA



1.10b

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-20	1.12	50.80	43.90	Arcillo-limoso	13.8	2
AC	20+	1.19	43.40	33.00	Basalto degradado	31.2	

1.11 a

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-10	1.29	43.80	30.80	Franco-arcillosa	13.0	4
AC	10+	1.41	40.20	24.30	Basalto fragmentado (loza)	47.7	

1.21

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-10	1.03	52.30	40.70	Franco	11.6	
C	10-40	1.09	53.50	43.90	Franco-arcillosa	28.8	10
	40-70	0.91	46.30	41.40		14.7	

12.11

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-80	1.03	56.35	44.45	Arcillosa	95.2	
AC	80-90	1.03	58.80	46.70	Franco-arcillosa	12.1	11
C+	90+	1.11	52.35	42.85	arcilloso	9.5	

12.20

Horizonte	Profundidad de suelo (cm)	Densidad de suelo	Porosidad total (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Textura	Almacenamiento de Agua en el perfil (mm)	Capacidad de infiltración (mm h ⁻¹)
A	0-25	1.03	52.60	40.00	Franco-arcilloso	31.5	
B	25-40	1.03	43.90	37.50	Arcilloso	9.6	2
B3Ca	40-60	1.15	42.8	36.7	Arcilloso	12.2	
C	60+				Gravilla		

Año: agosto 2009; profundidad 0-20 cm

Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.3	8.5	34	0.46
3	6.3	4.9	49	0.28
6	5.9	6.4	9	0.33

Año 2010: profundidad 0-5 cm

Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.6	9.8	39	0.55
2	6.0	7.6	45	0.39
3	6.2	5.4	67	0.31
4	6.1	6.6	140	0.38
5	7.2	7.2	62	0.37
6	5.9	9.3	10	0.45

Año 2011: profundidad 0-5 cm

Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.6	7.8	48	0.46
2	7.2	2.4	60	0.13
3	6.5	4.2	41	0.25
4	7.5	3.5	27	0.20
5	7.5	7.9	49	0.48
6	6.0	6.0	6	0.31

Año: agosto 2009; profundidad 20-40 cm

Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.03	4.27	5.	0.22
3	6.27	4.90	49	0.28
6	7.47	5.17	18.	0.27

Año 2010: profundidad 5-20 cm

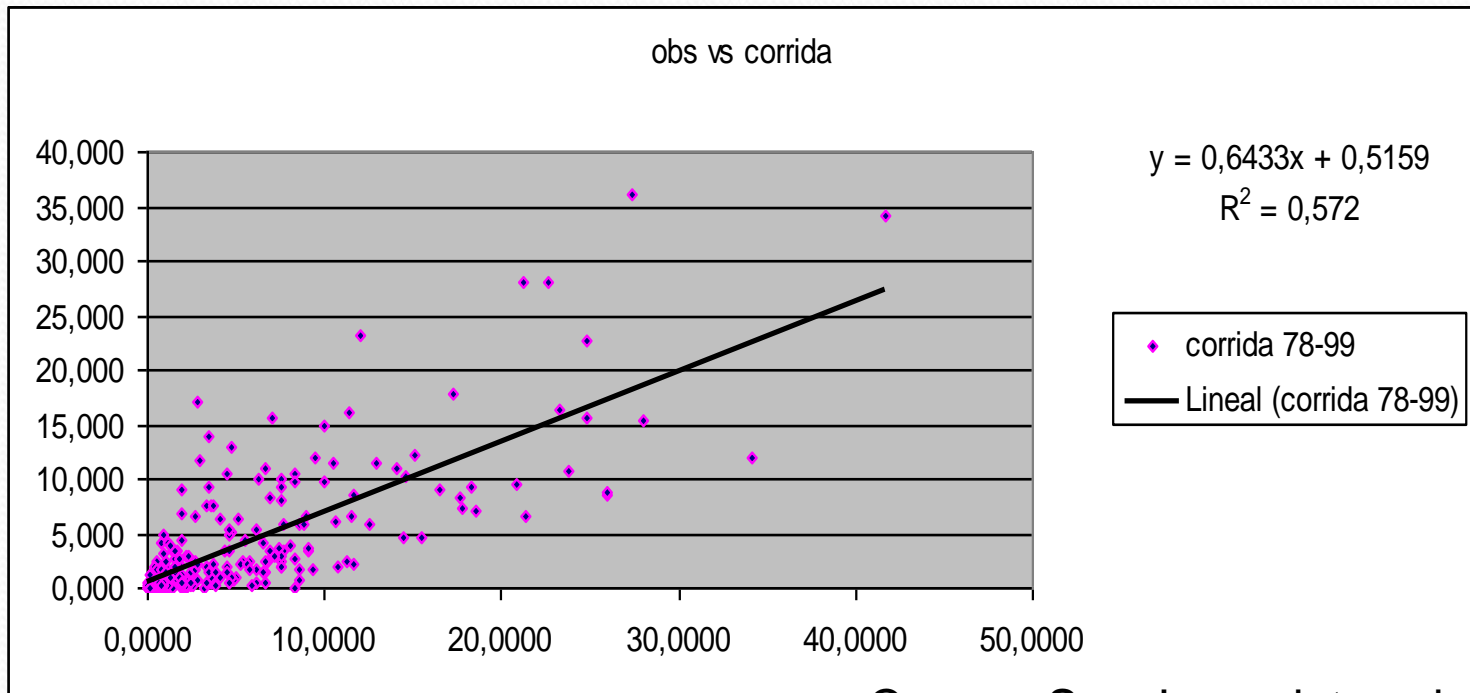
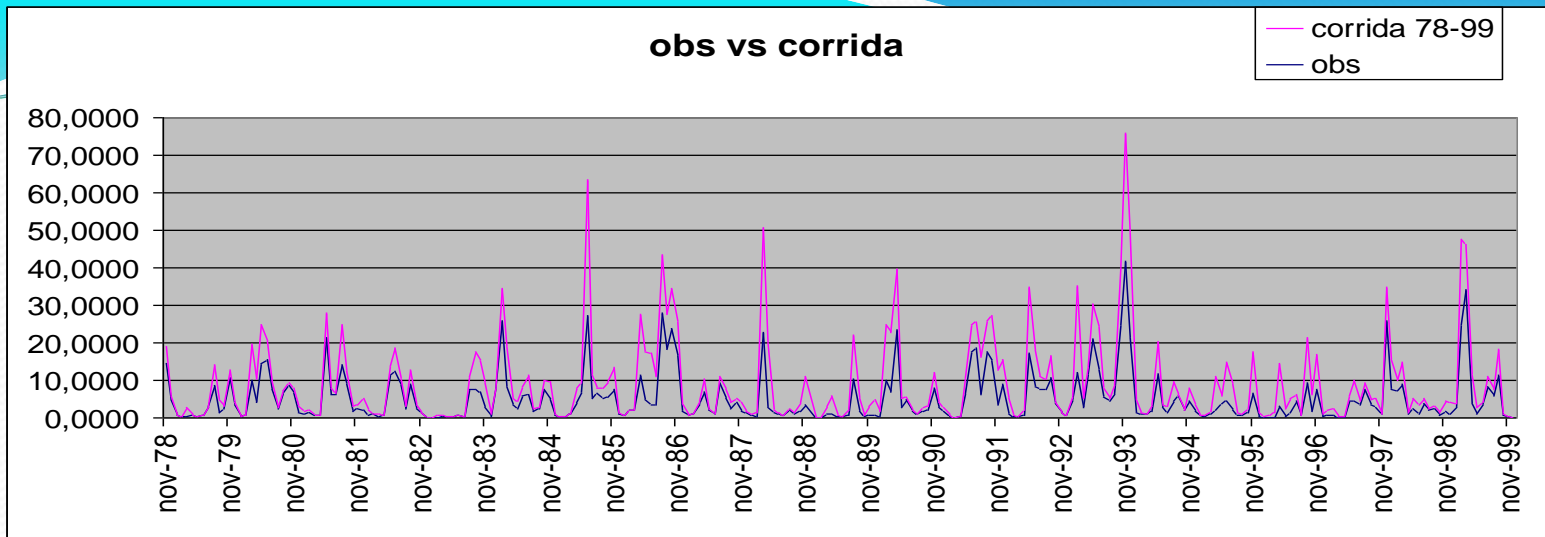
Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	6.8	7.7	18	0.39
2	6.2	5.9	17	0.30
3	6.3	5.1	41	0.28
4	6.2	5.9	51	0.32
5	6.2	5.9	51	0.32
6	5.9	6.9	5	0.27

Año 2011: profundidad 5-20 cm

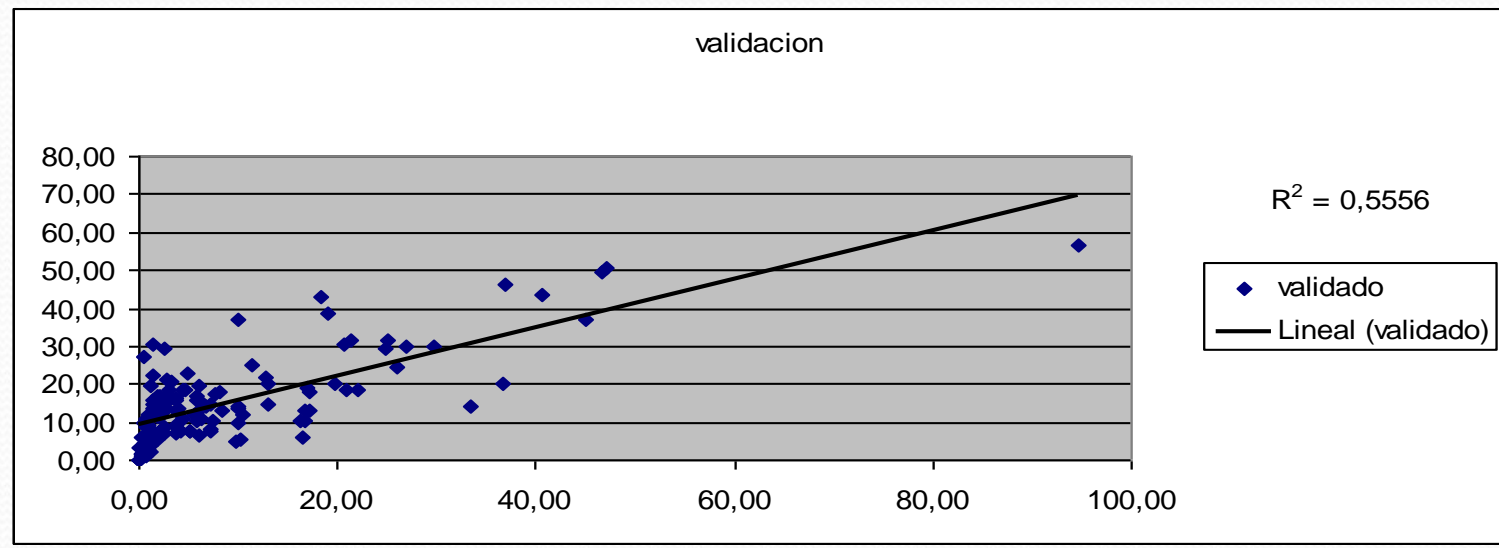
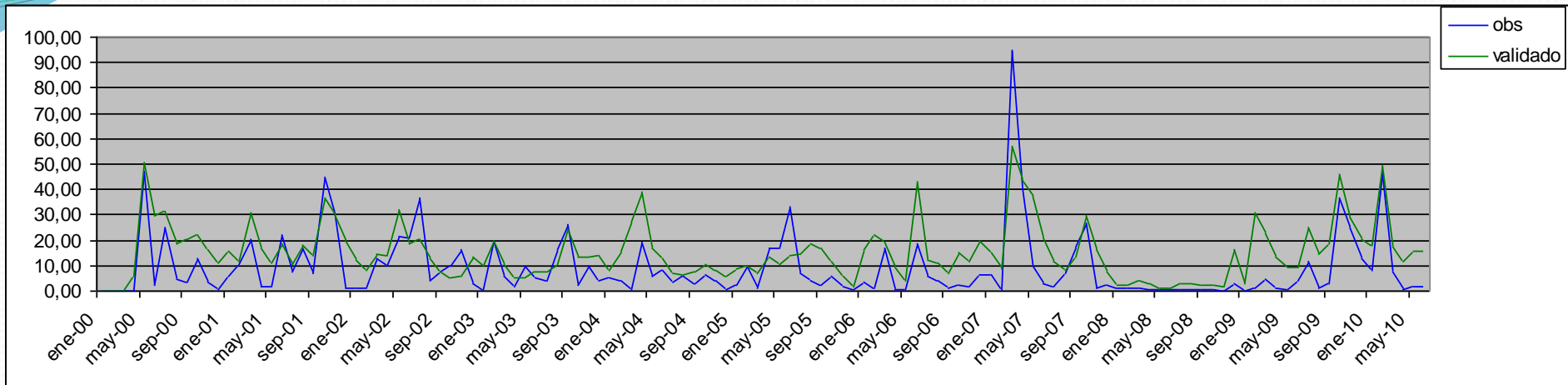
Estación	pH	MO(%)	P(ppm)	Ntotal (%)
1	7.1	7.8	49	0.43
2	7.2	2.4	82	0.14
3	6.5	4.3	32	0.26
4	7.6	3.2	20	0.20
5	7.7	6.3	9	0.39
6	6.1	5.5	5	0.28



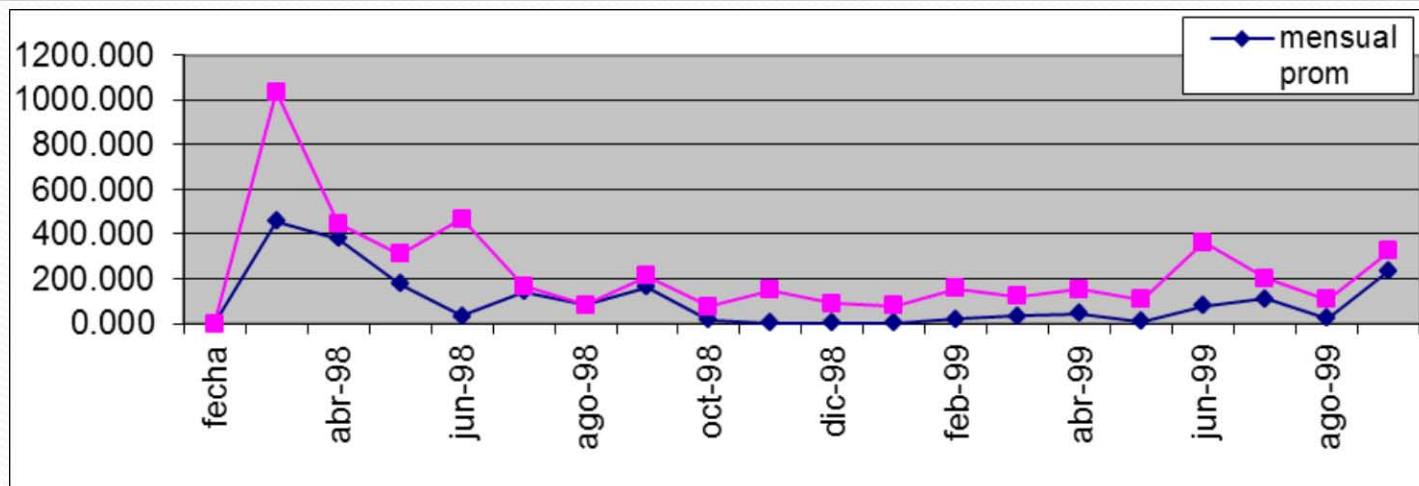
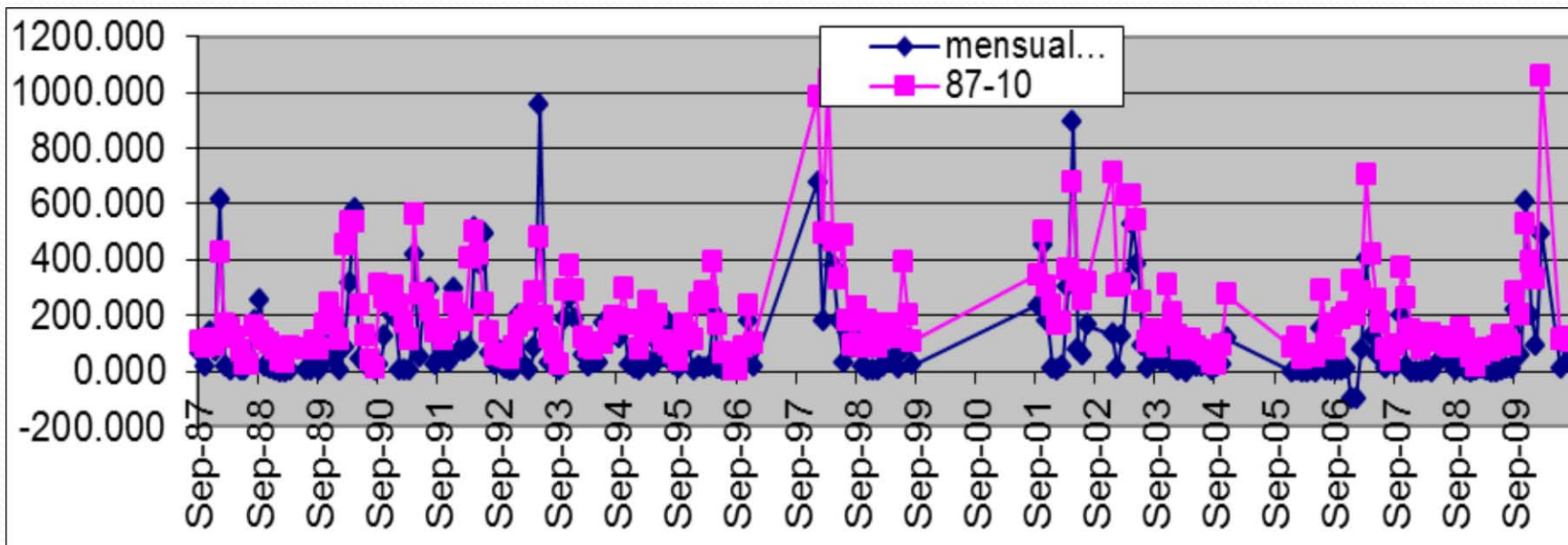
RESULTADOS DE LAS CORRIDAS DEL MODELO SWAT EN AMBAS CUENCAS HIDROGRAFICAS



Cuenca San Juan, datos observados y modelados



Cuenca San Juan, validación del modelo



Cuenca Salto, validación del modelo

Cuadro 2. Resultados de la Calibración y Validación – Caudales Mensuales

	Calibración	Validación
	1987-1997	1997-2010
Caudal medio Río Arapey chico (m ³ .s-1)	96,4897313587	41,7900135124
Caudal medio modelado (m ³ .s-1)	162,9030836364	224,5376315789
Coefficiente de Nash y Sutcliffe (NS)	0,2967	-1,3687754749
R ²	0,51	0,66
RMSE (m ³ .s ⁻¹)	130,04	250,9167558935

Cuando se introdujeron los escenarios climáticos calculados se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados de la aplicación del modelo en diferentes escenarios climáticos.

Caudal m ³ .s ⁻¹	Escenario		
	Seco	Normal	Húmedo
Media Observado	1907,766638442	2105,371059216	2262,8539866556
Máximo	10.490,00	11.290,00	8.594,00
Mínimo	107,4	121,5	40,68
Desvio estandar	1284,1215443469	1352,048240626	1354,8366756698

Se puede observar que en todos los escenarios de acuerdo a las simulaciones de SWAT se espera un aumento del caudal.

Cuadro 2. Resultados de la Calibración y Validación – Caudales Mensuales

	Calibración	Validación
	1978-1999	2000-2010
Caudal medio colonia (m ³ .s-1)	4,7697569472	9,0577305106
Caudal medio modelado (m ³ .s-1)	14,2948826772	15,1974612698
Coefficiente de Nash y Sutcliffe (NS)	-1,11249	0,3208910806
R ²	0,569	0,556
RMSE (m ³ .s ⁻¹)	152,233	85,1767046936

Cuando se introdujeron los escenarios climáticos calculados se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados de la aplicación del modelo en diferentes escenarios climáticos.

Caudal m3.s-1	Escenario		
	Seco	Normal	Húmedo
Media Observado	157,5141137124	174,5618441449	183,9168056714
Máximo	676,40	699,70	690,00
Mínimo	14,89	1,724	2,239
Desvio estandar	90,9942856389	101,7660245337	103,1755765981

Se puede observar que en todos los escenarios de acuerdo a las simulaciones de SWAT se espera un aumento del caudal.

ALGUNAS CONCLUSIONES DEL USO DEL MODELO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LAS CUENCAS

Los cambios en las precipitaciones se ven reflejados en la disponibilidad de agua en los ríos y reservas de agua artificiales (represas, tajamares, etc.), y por lo tanto tienen un efecto sobre la agricultura regada en cuanto a disponibilidad de caudal. Estos efectos en la cuenca del río San Juan (Colonia) resultaron variables a nivel mensual y anual, dependiendo de la ubicación pero los valores en las tres escenarios estudiados no tuvieron un efecto significativo diferente en cuanto a disponibilidad promedio de caudal, ni tampoco en los picos máximos, sí hubo diferencia en los picos de mínima.

En el caso de la cuenca estudiada en el departamento de Salto, con escenarios de precipitaciones reducidas, consideradas como lluvias de 60%; 30% y 10% de probabilidad baja, media y alta respectivamente, fueron apreciadas diferencias significativas de reducción de caudal en los valores máximos (picos) mayores al 15%, siendo los meses de primavera (octubre, noviembre y diciembre) los más críticos.

En el resto del año no se detectaron diferencias en los niveles de caudales ni precipitaciones para los escenarios estudiados, esto es debido a que las precipitaciones anuales totales rondan en los 1300 mm.



MUCHAS GRACIAS

Brindamos nuestro más sincero agradecimiento al proyecto FONTAGRO FTG 8042/08 que hizo posible la realización y culminación de este trabajo

Anexo 4A

Programa/ Resúmenes SWAT 2014 Conference



SWAT

2014 Conference
Pernambuco, Brazil

Conference Agenda

JULY 30 - AUGUST 1, 2014 – ARMAÇÃO HOTEL, PORTO DE GALINHAS, BRAZIL



The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) is a public domain model jointly developed by USDA Agricultural Research Service (USDA-ARS) and Texas A&M AgriLife Research, part of The Texas A&M University System.

SWAT is a small watershed to river basin-scale model to simulate the quality and quantity of surface and ground water and predict the environmental impact of land use, land management practices, and climate change. SWAT is widely used in assessing soil erosion prevention and control, non-point source pollution control and regional management in watersheds.

Conference Overview

Time	Wednesday, July 30	Thursday, July 31	Friday, August 1
8:00 – 9:20 a.m.	Registration and check-in (8:00 – 9:00 a.m.)	D1 Hydrology D2 Large Scale Applications D3 Climate Change Applications	
9:30 – 10:50 a.m.	Inaugural Session (9:00 – 10:50 a.m.)	E1 Environmental Applications E2 Database and GIS Application and Development E3 Sediment, Nutrients, and Carbon (P*)	H1 Environmental Applications H2 Sediment, Nutrients, and Carbon
10:50 – 11:10 a.m.	Coffee break and group photo	Coffee break	Coffee break
11:10 – 12:30 p.m.	A1 Large Scale Applications A2 Hydrology A3 Environmental Applications (P)	F1 Climate Change Applications F2 EPIC/APEX Modeling System F3 Hydrology	I1 Model Development I2 Climate Change Applications
12:30 – 2:00 p.m.	Lunch	Lunch	Lunch
2:00 – 3:20 p.m.	B1 Climate Change Applications B2 Model Development B3 Hydrology (P)	G Poster session	J1 Environmental Applications J2 Large Scale Applications
3:20 – 3:40 p.m.	Coffee break	Tours	Coffee break
3:40 – 5:00 p.m.	C1 Sensitivity Calibration and Uncertainty C2 Hydrology C3 Environmental Applications (P)		Closing session
7:00 p.m.	Reception		
7:30 p.m.		Dinner gala	

(P) = Portuguese session

(P*) = The last presentation in this session will be in Portuguese

Wednesday, July 30, 2014

8:00 – 9:00 a.m. **PARTICIPANT CHECK-IN AND REGISTRATION**
Convention Hall - I

9:00 – 10:50 a.m. **INAUGURAL SESSION**
Room: Caboclinhos

9:00 – 9:05 a.m.	Inauguration	Representative from UFPE and UFRPE
9:05 – 9:20 a.m.	Welcome Address	Prof. Dra. Suzana Montenegro , UFPE, Brazil
9:20 – 10:10 a.m.	Keynote Speaker	Dr. Javier Tomasella , CEMADEN-INPE, Brazil
10:10 – 10:30 a.m.	Model Development	Dr. Jeffrey G. Arnold , USDA-ARS, USA
10:30 – 10:50 a.m.	Closing	Dr. Raghavan Srinivasan , Texas A&M University, USA

10:50 – 11:10 a.m. **COFFEE BREAK AND GROUP PHOTO**
Convention Hall - I

11:10 – 12:30 p.m. **SESSION A1: LARGE SCALE APPLICATIONS** **Moderator:** Celso Ribeiro
Room: Caboclinhos *UFJF, Brazil*

11:10 – 11:30 a.m.	Michael Strauch	Setting up SWAT for the Upper Amazon
11:30 – 11:50 a.m.	Celso B. M. Ribeiro	Parameterization of physical and climatic characteristics in the Amazon basin for hydrological simulation with SWAT model
11:50 – 12:10 p.m.	Ina Pohle	Coping with challenges in the application of SWIM in a heavily managed lowland region in Central Europe
12:10 – 12:30 p.m.	Philip Gassman	The SWAT Literature Database: Overview of Database Structure and Key SWAT Literature Trends

Wednesday, July 30, 2014

11:10 – 12:30 p.m.	SESSION A2: HYDROLOGY Room: Maracatu	Moderator: Nadia Bonumá - UFSC, Brazil
11:10 – 11:30 a.m.	Pierluigi Cau	The SWAT model and a web-based information system to assess the water balance of Sardinia (Italy)
11:30 – 11:50 a.m.	Nadia Bernardi Bonuma	Hydrologic assessment in a Brazilian forest watershed using SWAT model.
11:50 – 12:10 p.m.	Sofia Beatriz Havrylenko	Agricultural drought analysis in the Arrecifes basin (Pampas region, Argentina) using the SWAT model
12:10 – 12:30 p.m.	Raghavan Srinivasan	Hydrology of Tigris river and its tributaries contributing to Hawizeh marsh
11:10 – 12:30 p.m.	SESSION A3: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS (PORTUGUESE) Room: Forró	Moderator: Abelardo Montenegro UFRPE, Brazil
11:10 – 11:30 a.m.	Ordilei Aparecido Gaspar de Melo	Environmental modeling and representation of the dynamics of environmental systems
11:30 – 11:50 a.m.	Ruy de Aguiar Araújo Júnior	Slope Analyses in Watersheds using SWAT
11:50 – 12:10 p.m.	Laís Thomazini Oliveira	Calibration of the SWAT model for a watershed in Aracruz, ES, with the predominant land use eucalyptus
12:10 – 12:30 p.m.	Robertson Fontes Júnior	Impact of Land Use changes on Runoff in a Representative Basin in the Semiarid of Pernambuco State Using the SWAT Model
12:30 – 2:00 p.m.	LUNCH	

2:00 – 3:20 p.m.	SESSION B1: CLIMATE CHANGE APPLICATIONS Room: Caboclinhos	Moderator: Tércio Ambrizzi - <i>USP-IAG, Brazil</i>
2:00 – 2:20 p.m.	Abdouramane Gado Djibo	Neural network for Seasonal Rainfall and Streamflow forecasting for West Africa: case of the Sirba basin
2:20 – 2:40 p.m.	Jianzhong Lu	Hydrological Response to Climate Change based on SWAT Model validated by Extreme Climatic Conditions in Fuhe River Basin of Poyang Lake, China
2:40 – 3:00 p.m.	Howard Van Meer	Hydrological Response of a Mountainous Catchment to Different Climate Scenarios
2:00 – 3:20 p.m.	SESSION B2: MODEL DEVELOPMENT Room: Maracatu	Moderator: José Miguel Sanchez Perez <i>CNRS-ECOLAB, France</i>
2:00 – 2:20 p.m.	Katrin Bieger	Introduction to the new modular SWAT code: The input file structure explained using the example of the Little River Experimental Watershed, USA
2:20 – 2:40 p.m.	Shiv Prasher	Development and evaluation of SWATDRAIN model to simulate surface and subsurface runoff
2:40 – 3:00 p.m.	José Miguel Sanchez Perez	Water Exchange Between River Water and Groundwater in the floodplain of the Garonne River with SWAT model
3:00 – 3:20 p.m.	Sabine Sauvage	Trace metals transfer in rivers: a semi-empirical formulation to describe a complex sorption – desorption process to be implemented in SWAT model.

2:00 – 3:20 p.m.	SESSION B3: HYDROLOGY (PORTUGUESE) Room: Forró	Moderator: Suzana Montenegro <i>UFPE, Brazil</i>
2:00 – 2:20 p.m.	Henrique dos Santos Ferreira	Projeção de cenários de uso e cobertura da terra e sua influência no escoamento superficial com utilização do modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) em ambientes semiáridos
2:20 – 2:40 p.m.	João Henrique Macedo Sá	Analysis of the Rainfall Interception Model Used in Swat
2:40 – 3:00 p.m.	Luis Edgar Montenegro Terrazas	Analysis of the results produced by weather generators, in hydrologic design of hydraulic structures for water use and in extreme events
3:00 – 3:20 p.m.	Everton Barbosa da Luz	Climate Change Applications in Recife
3:20 – 3:40 p.m.	COFFEE BREAK Convention Hall - I	
3:40 – 5:00 p.m.	SESSION C1: SENSITIVITY CALIBRATION AND UNCERTAINTY Room: Caboclinhos	Moderator: Maria Betania Galvao dos Santos Freire <i>UFRPE, Brazil</i>
3:40 – 4:00 p.m.	Haw Yen	A Framework for Incorporation of Alternative Uncertainty Sources Using the SWAT Model
4:00 – 4:20 p.m.	Danielle de Almeida Bressiani	Searching for better model performance and reduced optimization time: different calibration methods on different watershed locations
4:20 – 4:40 p.m.	Romain Lardy	Calibration of simulation platforms including highly interweaved processes: the MAELIA multi-agent platform
4:40 – 5:00 p.m.	Alexandre Soares	Calibration of SWAT Model in a Small Watershed by Means of Measured Streamflow and Suspended Sediment Data

3:40 – 5:00 p.m. **SESSION C2: HYDROLOGY** **Moderator:** Otto Rotunno
Room: [Maracatu](#) Filho - *COPPE-UFRJ, Brazil*

3:40 – 4:00 p.m. Xiaohua Dong Investigating the spatial scale effects on runoff simulation by using SWAT Model

4:00 – 4:20 p.m. José Guimarães Carvalho Neto Application of SWAT model for streamflow simulation in the Una River Basin, Northeast of Brazil

4:20 – 4:40 p.m. Ricardo Minoti Assessment of the applicability of the SWAT model to simulate the streamflow in a rural catchment in the Federal District (Brazil)

4:40 – 5:00 p.m. Waldenio Gambi de Almeida A flow forecast system for hydroelectric production

3:40 – 5:00 p.m. **SESSION C3: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS (PORTUGUESE)** **Moderator:** Frederico
Room: [Forró](#) Cláudio Peixinho
CPRM/SGB, Brazil

3:40 – 4:00 p.m. Eberval Marchioro Sediment Yield Modeling Using an Alternative Environmental Scenario in Northwestern Rio de Janeiro – Brazil

4:00 – 4:20 p.m. Cleene Lima Experimental and Simulated Runoff by the Curve Number Model for Cassava Cropping Under Different Agricultural Practices

4:20 – 4:40 p.m. Teresa Cristina Pissarra Territorial Planning in River Uberaba's Watershed, Mg, Brazil

4:40 – 5:00 p.m. Jonathan Mota da Silva The hydrological environmental services of Permanent Preservation Areas (PPA): a case study with numerical modeling in the Ribeirão das Posses watershed

7:00 p.m. **RECEPTION**
[Located at the front of the Armação Hotel](#)

8:00 – 9:20 a.m.	SESSION D1: HYDROLOGY Room: Caboclinhos	Moderator: Carlos Galvão <i>University of Campina Grande, Brazil</i>
8:00 – 8:20 a.m.	Carlos Galvão	SWAT's hydro-sedimentological simulations for the Brazilian semi-arid
8:20 – 8:40 a.m.	Djesser Sergio	Hydrological Modeling of Cubatão Do Sul Catchment Using the Swat Model – Soil and Water Assesement Tool
8:40 – 9:00 a.m.	Kim Loi Nguyen	Assessing Water Availability in PoKo catchment using SWAT model, KonTum province, Vietnam
9:00 – 9:20 a.m.	Teresa Cristina Pissarra	Analysis of the São Lourenço watershed in Matão - SP using ArcSWAT
8:00 – 9:20 a.m.	SESSION D2: LARGE SCALE APPLICATIONS Room: Maracatu	Moderator: Philip Gassman <i>Iowa State University, USA</i>
8:00 – 8:20 a.m.	Calvin Creech	Anthropogenic Impacts to the Sediment Budget of the São Francisco River Navigation Channel using SWAT
8:20 – 8:40 a.m.	Hagen Koch	Modelling of water availability and water management for the São Francisco Basin, Brazil
8:40 – 9:00 a.m.	Philip Gassman	Hydrologic, Water Quality and Crop Productivity Impacts of Climate Change in the Ohio-Tennessee River Basin
9:00 – 9:20 a.m.	Mauricio E. Arias	Coupling SWAT with land cover and hydropower models for sustainable development in the Mekong Basin

8:00 – 9:20 a.m.	SESSION D3: CLIMATE CHANGE APPLICATIONS Room: Forró	Moderator: Magna Soelma Beserra de Moura <i>Embrapa Semiarido, Brazil</i>
8:00 – 8:20 a.m.	Indrajeet Chaubey	Watershed scale environmental and biodiversity sustainability analysis of land use change and climate change using SWAT model
8:20 – 8:40 a.m.	Javier Osorio	Use of SWAT for optimizing irrigation strategies for sugarcane production on the Island of Maui, Hawaii.
8:40 – 9:00 a.m.	Abelardo Montenegro	Characterization of dry and rainy years in the Alto do Ipanema Basin using the Quantile Method.
9:00 – 9:20 a.m.	Hamidreza Solaymani Osbooei	IWRM; A Goal-Based Performance Approach in Formulation of Adaptation to Climate Change in Karkheh Basin, Iran
9:30 – 10:50 a.m.	SESSION E1: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS Room: Caboclinhos	Moderator: Eduardo Mario Mendiondo <i>USP-EESC, Brazil</i>
9:30 – 9:50 a.m.	Bloodless Dzwauro	Application of SWAT to water quality modelling in the Rietspruit sub-basin of South Africa
9:50 – 10:10 a.m.	Antônio Heriberto de Castro Teixeira	Large Scale Energy Balance in the Juazeiro Municipality, Brazil
10:10 – 10:30 a.m.	Yaobin Meng	A Model for Heavy Metal Dynamics Coupled with SWAT and Its Application in Liuyang River Upstream Basin in China
10:30 – 10:50 a.m.	Eduardo Mario Mendiondo	On contrasting field evidences of water quality to perform physically-based SWAT simulations in challenging Brazilian biome under change

9:30 – 10:50 a.m.	SESSION E2: DATABASE AND GIS APPLICATION AND DEVELOPMENT Room: Maracatu	Moderator: José Alberto Fernandez Monteiro <i>UFSJ, Brazil</i>
9:30 – 9:50 a.m.	José Alberto Fernandez Monteiro	Comparison between Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) weather data and data from meteorological stations in Brazil to evaluate the suitability of CFSR data for SWAT
9:50 – 10:10 a.m.	Venkatesh Merwade	Spatio-temporal visualization for SWAT outputs using SWATShare
10:10 – 10:30 a.m.	Michael Strauch	Minimizing spatial error in HRU aggregation
10:30 – 10:50 a.m.	Narendra Kumar Tiwary	Web-based Real Time Flood Forecasting using SWAT model
9:30 – 10:50 a.m.	SESSION E3: SEDIMENT, NUTRIENTS, AND CARBON Room: Forró	Moderator: Ricardo de O. Figueiredo - <i>Embrapa, Brazil</i>
9:30 – 9:50 a.m.	Alineaurea Silva	Availability of crop residues and soil fertility in communities Pontal Project, Petrolina-PE, in the dry season.
9:50 – 10:10 a.m.	Alineaurea Silva	Chemical characterization of agricultural waste found in communities Lajedo, Amargosa and Vira beju in Petrolina-PE during the drought period.
10:10 – 10:30 a.m.	Laís Thomazini Oliveira	Key Factors That Influence Water Quality in Watersheds with Eucalyptus Plantation (PORTUGUESE)
10:50 – 11:10 a.m.	COFFEE BREAK Convention Hall - I	

11:10 – 12:30 p.m.	SESSION F1: CLIMATE CHANGE APPLICATIONS Room: Caboclinhos	Moderator: Humberto Rocha - <i>USP-IAG, Brazil</i>
11:10 – 11:30 a.m.	Boini Narsimlu	Effect of climate change on hydrological regimes of Sind River Basin, India using SWAT Model
11:30 – 11:50 a.m.	Isabela Iensen	Simulation of green and blue water impacts caused by climate changes in Apucarantina River watershed, Southern Brazil.
11:50 – 12:10 p.m.	Danielle de Almeida Bressiani	Climate change impacts on the streamflow of a semi-arid watershed, Northeast Brazil
12:10 – 12:30 p.m.	Tue (Minh) Vu	Drought Assessment of future stream flow over the Sesan river basin in Vietnam
11:10 – 12:30 p.m.	SESSION F2: EPIC/APEX MODELING SYSTEM Room: Maracatu	Moderator: Robin Taylor <i>Texas A&M AgriLife, USA</i>
11:10 – 11:30 a.m.	Claire Baffaut	Multi-site evaluation of APEX for crop and grazing land in the Heartland region of the US
11:30 – 11:50 a.m.	Jaehak Jeong	Improvement of the Variable Storage Coefficient Method with Water Surface Gradient as a Variable
11:50 – 12:10 p.m.	Robin Taylor	Estimating plant available water for general crop simulations in ALMANAC/APEX/EPIC/SWAT
12:10 – 12:30 p.m.	Susan Wang	Integrating uncertainty in model parameters, input, and model structure in watershed modeling

Thursday, July 31, 2014

11:10 – 12:30 p.m.

SESSION F3: HYDROLOGY
Room: Forró

Moderator: Nadia
Bonumá - UFSC, Brazil

11:10 – 11:30 a.m.

M. Rafee Majid

Hydrological Impact of Large Scale Conversion of Rubber to Oil Palm Plantation

11:30 – 11:50 a.m.

Tássia Mattos Brighenti

Water Balance Estimation in Rio Negrinho Basin, Southern Brazil.

11:50 – 12:10 p.m.

Gilbert Nyageikaro
Nyandwaro

Modelling Runoff with Satellite Data

12:10 – 12:30 p.m.

Jose Miguel Sanchez
Perez

The role of the alluvial floodplain to modeling water discharge using SWAT model in the Amazon catchment

12:30 – 2:00 p.m.

LUNCH

2:00 – 3:20 p.m.

SESSION G: POSTER SESSION

Room: Caboclinhos

Cristyano Ayres Machado	Water Production in River Basin Siriri-Sergipe
Christiane Brazão	Sensitivity analysis of soils parameters and their influences on streamflow simulation in a small watershed, Northwest RJ, Brazil
Christiane Brazão	The influence of different land cover and land use on hydrological response of Barro Branco Watershed, Rio de Janeiro, Brazil
José Guimarães Carvalho Neto	Assessment of runoff in the Tapacurá River Basin (Pernambuco state, Brazil) using SWAT model
José Guimarães Carvalho Neto	Application of SWAT Model to Evaluate the Influence of Bank Vegetation on Runoff and Sediment Yield in the Basin of Siriri River, Sergipe
Kássia Castro	Impacts of a specific soil database on streamflow simulation with SWAT in an experimental rural catchment of the Brazilian savanna
Ygor Cristiano Brito Morais	Análise do balanço hídrico sequencial em área de Caatinga
Marcio da Silva Santos	Morphometric characterization and precipitation data in watersheds using SWAT model for apply better practices management
Pedro dos Santos Ferreira	Aplicação do modelo SWAT para simulação dos impactos das mudanças climáticas sobre a vazão do rio Pontal no estado de Pernambuco
Matheus Durães	Calibration and validation of SWAT hydrological model for Sapucaí river Basin, Brazil
Josimar Fernandes	Use of the SWAT Model for Evaluation of Flow and Runoff in Hydroelectric Plant of Xingo
Joanna Gebala	The impact of temporary data uncertainty on SWAT calibration results
Antonio Leal	SWAT applications in eastern Amazonia: A case study of the Acará Mirim and Bujaru river basin in State of Pará, Brazil.
Janice Leivas	Spectral response of winter maize producers mesoregions
Ali Najafinejad	Simulating Discharge and Sediment Production Using SWAT in Chehelchai Watershed, Golestan Province, Iran
Vinícius Augusto de Oliveira	Assessment of the current soil erosion in Piranga River Basin, Minas Gerais state
Viviane Pedroso Gomes	Utilização Do Modelo Swat Para Análise de Cenários Hipotéticos Na Bacia Hidrográfica Do Rio Brígida No Estado de Pernambuco

Teresa Cristina Pissarra	Hydrologic Modeling in Ribeirão Padua Diniz Watershed, in Northwest São Paulo, Brazil.
Rogério Resende Martins Ferreira	The Soil Water Assessment Tool to estimate the spatial and temporal patterns of soil erosion in the Vertentes do Rio Grande Watershed, Minas Gerais State, Brazil
José Miguel Sanchez-Pérez	Assessment of climate changes impacts on the hydrological cycle of the Garonne watershed.
Sabine Sauvage	Modeling of the hydrology and nitrogen fluxes in a semi-arid catchment area by SWAT model: the Tafna River in the North-West of Algeria
Ana Silva	Assessment of streamflow responses to different land use and land cover changes in a mountainous area of Rio de Janeiro, Brazil
Janaina Silva	Evaluation of land uses for Piabanha River watershed in Rio de Janeiro, Brazil using SWAT
Carlos Silva Dambroz	SWAT application for Santa Maria of Vitória watershed, at Espírito Santo (ES), Brazil
Hiroaki Somura	Application of SWAT to Lake Shinji watershed for estimating nutrient loadings from surrounding river basins
Hamil Uribe	Modeling of the Cachapoal river watershed as a tool to study precipitation change impacts on water availability for irrigation
João Villela	Simulation of Surface Runoff and Sediment Yield at Itaqueri River Watershed, São Paulo State, Brazil
Dan Yu	The modification of subdaily SWAT model and its application in Qingjiang river basin

3:20 p.m.

TOURS

[Take a tour of the Porto de Galinhas Commercial Center of Arts and Crafts or visit the Natural Pools](#)

[Meet at the Armação Hotel reception area](#)

7:30 p.m.

DINNER GALA

[Located in the Baobá room at the Armação Hotel](#)

Friday, August 1, 2014

9:30 – 10:50 a.m.	SESSION H1: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS Room: Caboclinhos	Moderator: Jorge Enoch Lima - <i>Embrapa, Brazil</i>
9:30 – 9:50 a.m.	Amilcare Porporato	A statistically consistent determination of the antecedent soil moisture condition (retention parameter) of the SCS method
9:50 – 10:10 a.m.	Teresa Cristina Pissarra	Erosion Prediction using SWAT model in Córrego Tijuco Watershed, São Paulo State, Brazil
10:10 – 10:30 a.m.	Teresa Cristina Pissarra	Modeling of Sheet Erosion in Watersheds Using GIS: A Case Study of Watershed of River Uraim, Pará, Brazil
10:30 – 10:50 a.m.	Leandro de Almeida Salles	Impacts of using different soil databases on streamflow simulation in the Pipiripau river basin
9:30 – 10:50 a.m.	SESSION H2: SEDIMENT, NUTRIENTS, AND CARBON Room: Maracatu	Moderator: Jaehak Jeong <i>Texas A&M AgriLife, USA</i>
9:30 – 9:50 a.m.	Ricardo Figueiredo	Hydrobiogeochemical fluxes and its relation to land use changes at small catchments in the Marapanim River Basin, Pará state, Brazil
9:50 – 10:10 a.m.	Carlos Tornquist	SWAT Modeling at Marrecas Watershed in Rio Grande do Sul, Brazil
10:10 – 10:30 a.m.	Joanna Gebala	Seasonal variability of nutrients loads discharged into the Baltic Sea
10:50 – 11:10 a.m.	COFFEE BREAK Convention Hall - I	

Friday, August 1, 2014

11:10 – 12:30 p.m.	SESSION I1: MODEL DEVELOPMENT Room: Caboclinhos	Moderator: Nicola Fohrer <i>CAU Kiel, Germany</i>
11:10 – 11:30 a.m.	Alexander Strehmel	Towards an Improvement of the Water Balance on Steep Slopes - Development of a Correction Algorithm of the Runoff Curve Number for Slope Angles up to 100%
11:30 – 11:50 a.m.	Nicola Fohrer	Improving the groundwater process representation by using SWAT3S and a multi-metric based model evaluation
11:50 – 12:10 p.m.	Charles Cheruiyot	SWAT Modeling of Runoff Pollution Load in Sondu Watershed, Lake Victoria Basin
11:10 – 12:30 p.m.	SESSION I2: CLIMATE CHANGE APPLICATIONS Room: Maracatu	Moderator: Martin Volk <i>UFZ - Helmholtz Centre for Environmental Research, Germany</i>
11:10 – 11:30 a.m.	Howard Van Meer	Modelling climate change scenarios in a scarcely gauged lowlands catchment
11:30 – 11:50 a.m.	Venkata Reddy K.	Impact of Climate Change on water resources of USDA-ARS experimental watershed
11:50 – 12:10 p.m.	Anne Gädeke	Comparing the eco-hydrological model SWIM to conceptually different hydrological models in climate change impact assessments focusing on low flows
12:30 – 2:00 p.m.	LUNCH	

Friday, August 1, 2014

2:00 – 3:20 p.m.	SESSION J1: ENVIRONMENTAL APPLICATIONS Room: Caboclinhos	Moderator: Suzana Montenegro <i>UFPE, Brazil</i>
2:20 – 2:40 p.m.	Danielle de Almeida Bressiani	Effects of Atlantic Forest Patches on Water-Regulation Ecosystem Services
2:40 – 3:00 p.m.	Abelardo Montenegro	Hydrological Modelling in Representative Catchments in Brazil Using the SWAT Model: the Experience of the REHIDRO Network
3:00 – 3:20 p.m.	Ganga Ram Maharjan	Application of SWAT: Assessing environmental efficiency of various land use scenarios in Haean catchment, South Korea
2:00 – 3:20 p.m.	SESSION J2: LARGE SCALE APPLICATIONS Room: Maracatu	Moderator: Michael White - <i>USDA-ARS, USA</i>
2:00 – 2:20 p.m.	Michael White	Development of Sediment and Nutrient Export Coefficients for US Ecoregions.
2:20 – 2:40 p.m.	Antônio Heriberto de Castro Teixeira	Spatial Distribution of Corn Water Requirements in the São Paulo State, Brazil
2:40 – 3:00 p.m.	Antônio Heriberto de Castro Teixeira	Characterization of the Wine Grape Thermo-Hydrological Conditions in the Brazilian Semi-Arid Region
3:30 p.m.	CLOSING DISCUSSIONS Room: Caboclinhos	

We would like to thank the following conference sponsors:





SWAT

**2014 Conference
Pernambuco, Brazil**

Book of Abstracts

JULY 30 - AUGUST 1, 2014 – ARMAÇÃO HOTEL, PORTO DE GALINHAS, BRAZIL

Agricultural drought analysis in the Arrecifes basin (Pampas region, Argentina) using the SWAT model

Sofia Beatriz Havrylenko^{*1}, Jose María Bodoque del Pozo², Viviana Zucarelli³, Pablo Mercuri⁴

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Nicolás Repetto y de los Reseros s/n (1686) Hurlingham - Argentina. Email: havrylenko.sofia@inta.gob.ar (corresponding author)
2. Universidad de Castilla La Mancha (UCLM), Camino Pozuelo s/n (16071) Cuenca - España.
3. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), Ciudad Universitaria (3000) Santa Fe - Argentina.
4. INTA, Nicolás Repetto y de los Reseros s/n (1686) Hurlingham - Argentina.

Abstract

Droughts are a climatic risk, which occurs in practically all parts of the world and whose characteristics and frequency of occurrence depends on every region. Agricultural activity is highly vulnerable to weather conditions, and especially to extreme events. In the Pampas region, the expansion of agriculture to more fragile environments has been associated to an increase in the frequency of agricultural droughts. The aptitude of the SWAT model to simulate soil moisture (SSM) was assessed considering a monthly time step. It aimed to detect and characterize agricultural droughts in the Arrecifes' basin. To this end, 30 years were simulated considering situations involving excess or deficit of soil water. Within this period, 14 years were considered for calibration and 6 for validation. We analyzed the correlation between the anomaly of SSM with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which was derived from the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) instrument on-board of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Further, SSM and the Standardized Precipitation Index (SPI) were correlated. In both cases the period between 1981 and 2011 was taken into account for the analysis of correlation. The calibration (NSE 0.67) and validation (NSE 0.72) results indicated a good performance of the model. The analysis of correlations between anomaly of SSM (aSSM) and anomaly of NDVI (aNDVI) was less significant, which is consistent with the results obtained by other authors. Moreover, correlations between aSSM and SPI (three month) showed significant positive correlations. This research has showed that SWAT could be a suitable tool to estimate soil moisture at the basin level.

Hydrological Response of a Mountainous Catchment to Different Climate Scenarios

Howard Van Meer*¹, María Feler, Daniel Prieto Garra

1. Email: vanmeer.howard@inta.gob.ar (corresponding author)

Abstract

Water availability is vital for development of (semi) arid regions. Increasing competence amongst different stakeholders, future climate scenarios, land-use change and resource degradation are a few of the problems many catchments are dealing with. To address all these challenges, medium term planning and integrated management are required. The 120000 hectare Río Dulce Irrigation District in Santiago del Estero, Argentina depends fully on upper catchment contribution, situated in three neighboring provinces. This study's main objective was to evaluate climate scenario impact on water availability in Río Hondo reservoir, which is the main contributor of irrigation water for Río Hondo Irrigation District.

The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) coupled with different climate scenarios were used to observe hydrological response for the Salí-Dulce catchment in northern Argentina. The calibration of monthly streamflow resulted in a satisfactory fit of simulated and observed data, which is indicated by Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) values of 0.69 and 0.74 for the calibration (1998-2003) and validation (2004-2010) periods, respectively. Daily future weather data were generated by employing LARS-WG and analyzed and processed by using R and included scenarios for 100 years of dry, normal and humid years based upon 40 years of existing data. This study showed that discharge under all scenarios is likely to increase. This first attempt to estimate future discharge in this catchment could be a useful starting point to explore future hydrological impacts in the area and collectively establish management policies.

Keywords

Hydrologic modelling, Climate Change, Climate scenarios, Argentina

Modeling of the Cachapoal river watershed as a tool to study precipitation change impacts on water availability for irrigation

Hamil Uribe*¹, Luis Morales², Felipe Riquelme³

1. Agricultural Engineer, MS, Dr. Agricultural Research Institute, INIA, Vicente Mendez 515 Chillan, Chile. Email: huribe@inia.cl (corresponding author)
2. Professor Physics, Dr. University of Chile..
3. Agricultural Engineer.

Abstract

The effect of climate change on the availability of water resources is crucial, especially in irrigated areas where agriculture depends on water. There is insufficient information to understand the response of watersheds to changes in climate which limits the possibilities for planning and adaptation of irrigation systems. In Chile, there is a decline in precipitation and there is probable that this trend will continue. Farmers use river water to irrigate crops and the amount of available water is strongly determined by precipitation. The Cachapoal River basin is located in central Chile, has a flat agricultural area, where irrigation is required, and foothills of the Andes mountains (349.789m E;.196.928m N, Datum WGS84, zone 19). The objective of this study is to quantify the effect of sceneries of different precipitation probabilities on the availability of water for irrigation in the basin of the Cachapoal River. A weather generator was developed for generate time series of daily precipitation which was selected and sequenced statistically to produce dry, medium, and wet daily series for 100 years. In addition, the SWAT model was calibrated and validated for the basin and then run for the possible scenarios of dry, medium and wet to provide a comparison of the effect of the different moisture scenarios with different probabilities of rain on surface water availability. A reduction of 25% was estimated under a dry stage average, concentrated in the summer months. Additionally, it was determined that available water increased streamflow by 25% for wet stage conditions.

Keywords

SWAT, hydrological modeling, irrigation, climate change

Modelling climate change scenarios in a scarcely gauged lowlands catchment

Maria Victoria Feler*¹, Gabriel Vazquez-Amabile², Howard Van Meer³

1. MSc, Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria (INTA). Email: feler.maria@inta.gob.ar (corresponding author)
2. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA).
3. MSc, Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria (INTA).

Abstract

To assure food security for future generations, one of the major near future challenges for agricultural production is to meet growing demand, sustainability and cope with climate change impacts. Lowlands are particularly vulnerable to climate change since events as floods or droughts can have serious consequences in these often highly exploited catchments. The SWAT model has been validated for streamflow at Quequen Grande river watershed (935.533 has) in Buenos Aires Province, Argentina, as part of an international bigger project focused on the evaluation of changes in water productivity against potential future scenarios of climate change. SWAT was chosen as watershed scale model since it constitutes a valuable tool to study the impact of potential climate and land use changes, as well as the impact of management practices and fertilizer and pesticide use on water sources, in agricultural watersheds. SWAT was calibrated for the period 1996-2000 and validated for 2001-2006. Model predictions for monthly and daily streamflow presented Nash Sutcliffe coefficients of 0.37 and 0.61 respectively, for the validation period. Daily predictions for this watershed were acceptable, since there was no representative network of rain gages to cover the entire watershed. The model also succeeds on predicting a significant change on average streamflow that increased from 16.57 m³/s during calibration period to 40 m³/s during validation period. In this paper, the hydrologic impact of potential changes in land use change and precipitations are discussed, based on model simulations for plausible future climate scenarios, at watershed scale.

Keywords

Hydrologic modelling, Lowlands, Climate Change, Climate Scenarios, Argentina

Anexo 4B

**Presentaciones y póster incluidos
en SWAT 2014 Conference**

Aplicación del modelo SWAT para evaluar sequías agropecuarias en la cuenca del río Arrecifes (prov. Buenos Aires)

Mag. Sofia B. Havrylenko, Dr. José María Bodoque del Pozo,
Mag. Graciela V. Zucarelli, Ph. Dr. Pablo A. Mercuri

e-mail: havrylenko.sofia@inta.gob.ar

Contenidos

1. Introducción
2. Materiales and Métodos
 - Area de estudio
 - Datos de entrada
 - Aplicación del modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool)
 - Series de humedad de suelo simulada (HSS) y NDVI
3. Resultados
 - Evaluación de la performance del modelo
 - Correlación y análisis temporal de la variación entre HSS y NDVI
4. Discusión y Conclusiones



1. Introducción

- Las sequías son una amenaza climática que tiene lugar en casi todas las regiones del mundo (Mavi y Tupper, 2004); cuyas características de intensidad y frecuencia de ocurrencia dependen de cada región (Ravelo et al., 1999).
- **Vulnerabilidad del sector agrícola.**
- **La sequía agrícola.**
- **Factores que afectan la sequía agrícola:** meteorológicos, agrícolas, ambientales, riego y antropogénicos asociados a las prácticas agrícolas y uso del suelo.

Objetivo

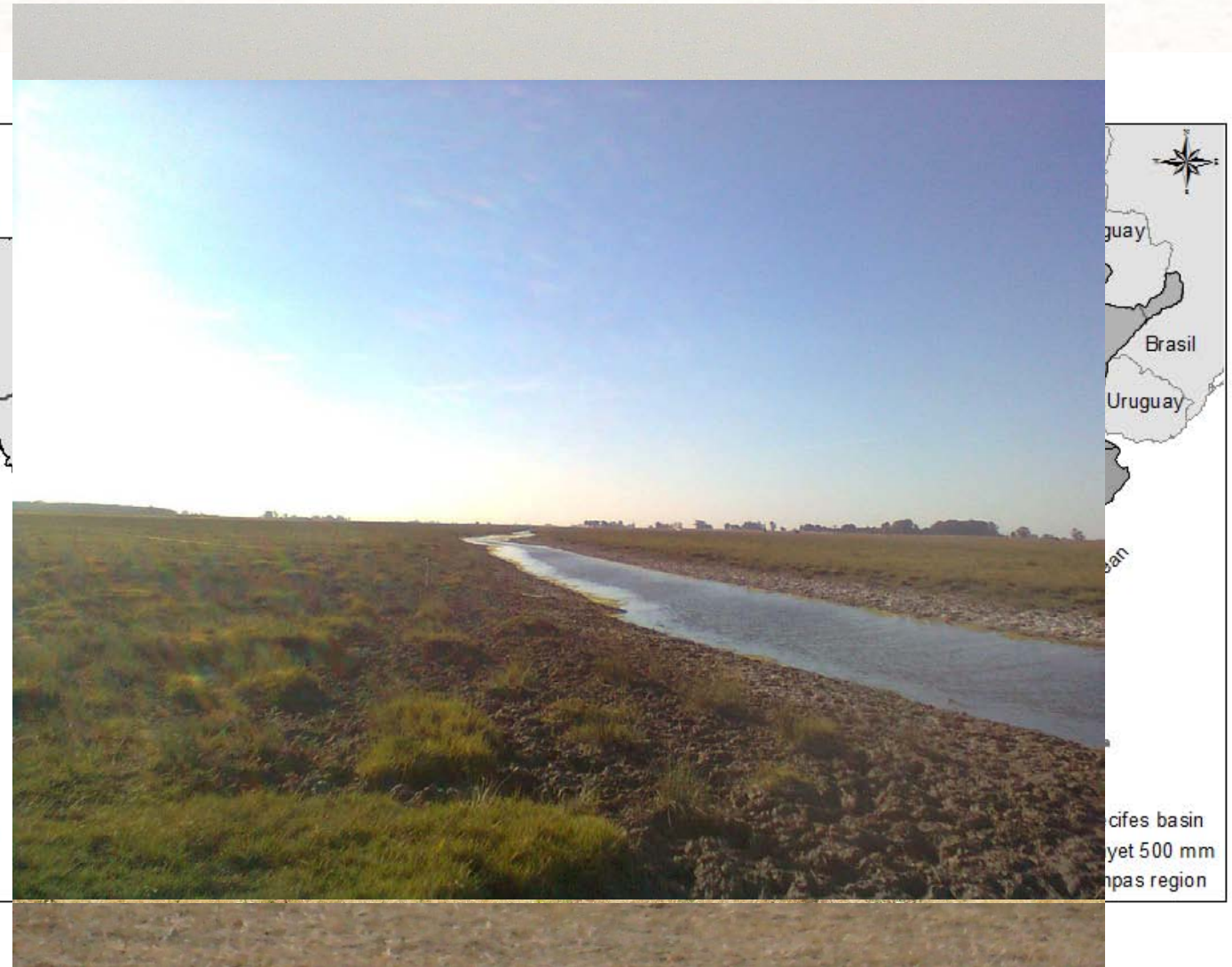
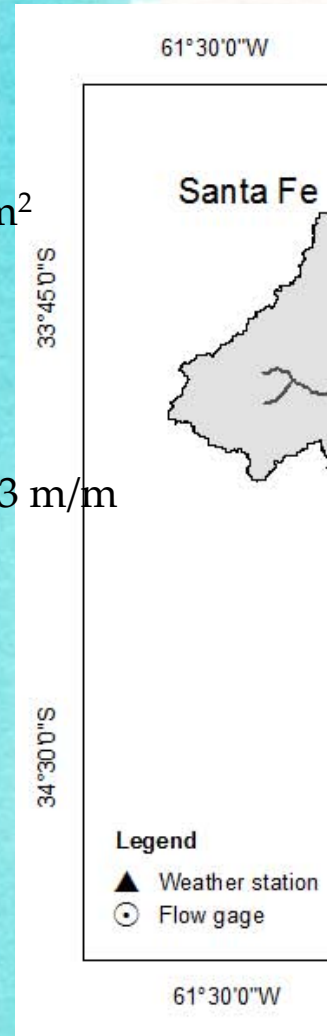
Explorar la capacidad del modelo SWAT en la estimación del contenido de agua en el suelo, en una cuenca de la región pampeana.

Objetivos específicos: desarrollar una serie a largo plazo de HSS usando SWAT, determinar la correlación entre la anomalía de HSS (aHSS) y la anomalía del NDVI-3g (aNDVI).



2. Materiales y Métodos

- Área a la sección de control: 8,740 km²
- Diferencia de altitud: 77.5 m
- Pendiente: 0.4 m/m
- Pendiente del canal principal: 0.00043 m/m
- Paisaje: pampa ondulada alta



Area de Estudio

Estación "río Arrecifes" N° HL 4035

Uso del suelo:

- Actividad agrícola: área más productiva de la región.
- Oleaginosas (soja y girasol) y cereales (maíz y trigo).
- Actividad ganadera (cerca de los cauces y cañadas).

Tipo de Suelo - Soil Taxonomy (a nivel de subgrupo):

- Argiudol típico (75,4%)
- Hapludol típico (5,6 %)
- Argiudol abruptico (2,8 %)
- Complejos indiferenciados (9,7 %)

Capacidad de uso es del tipo I-1: óptima e Índice de productividad agrícola alto entre 85 y 95.

Exhibe una moderada susceptibilidad a la erosión en zonas débiles.

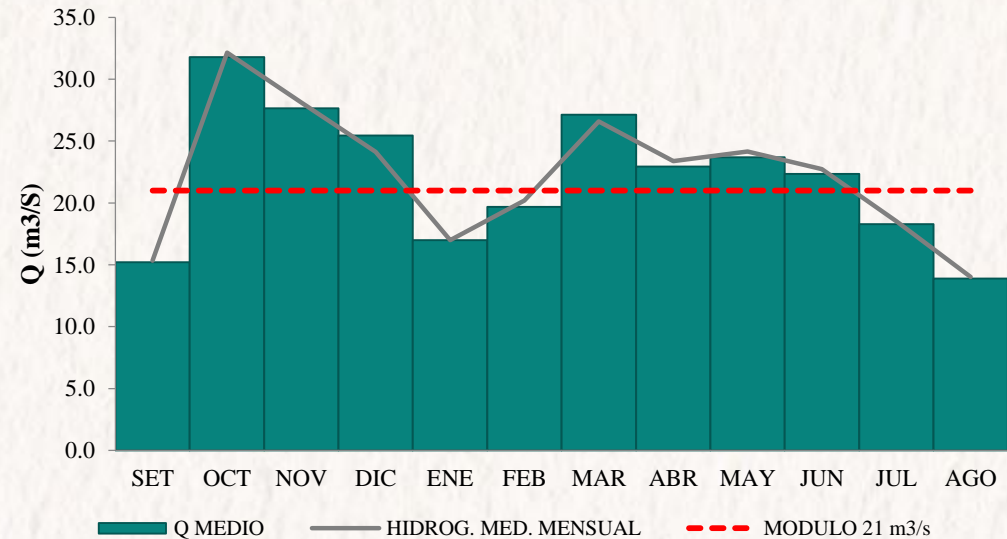
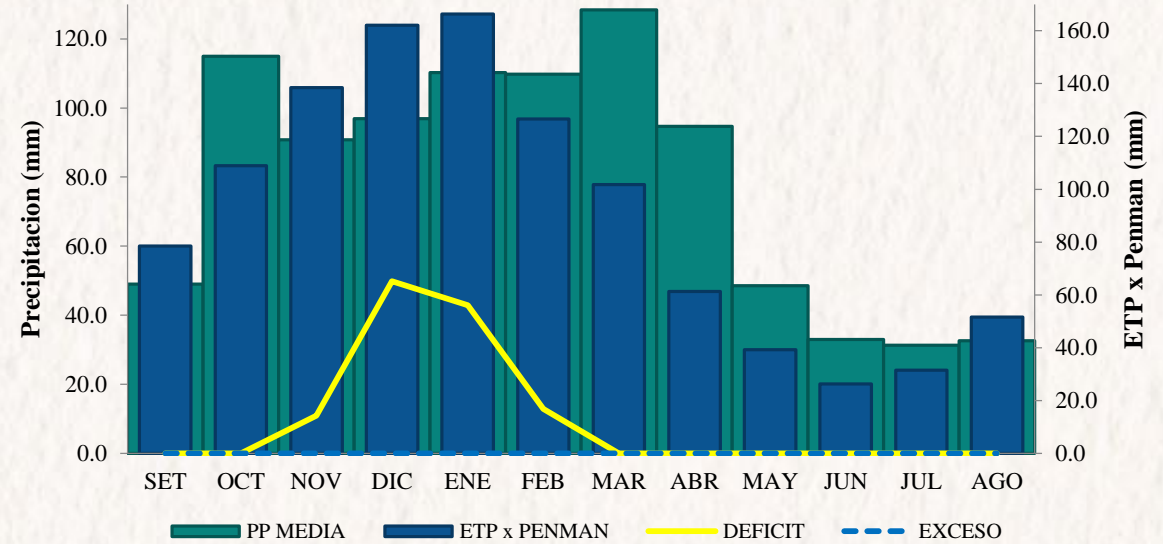


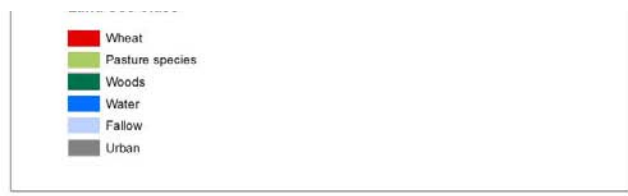
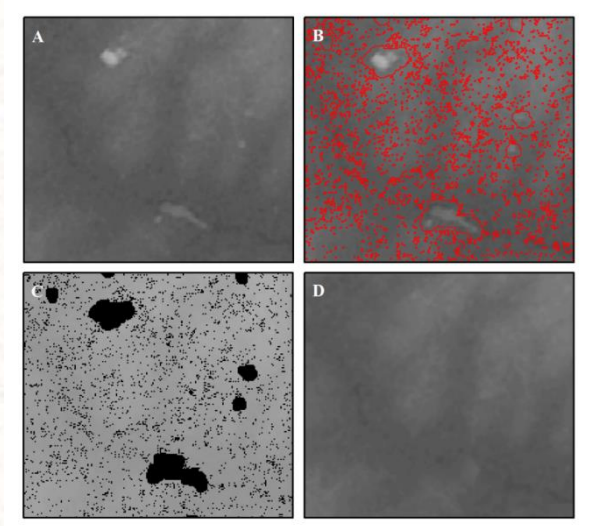
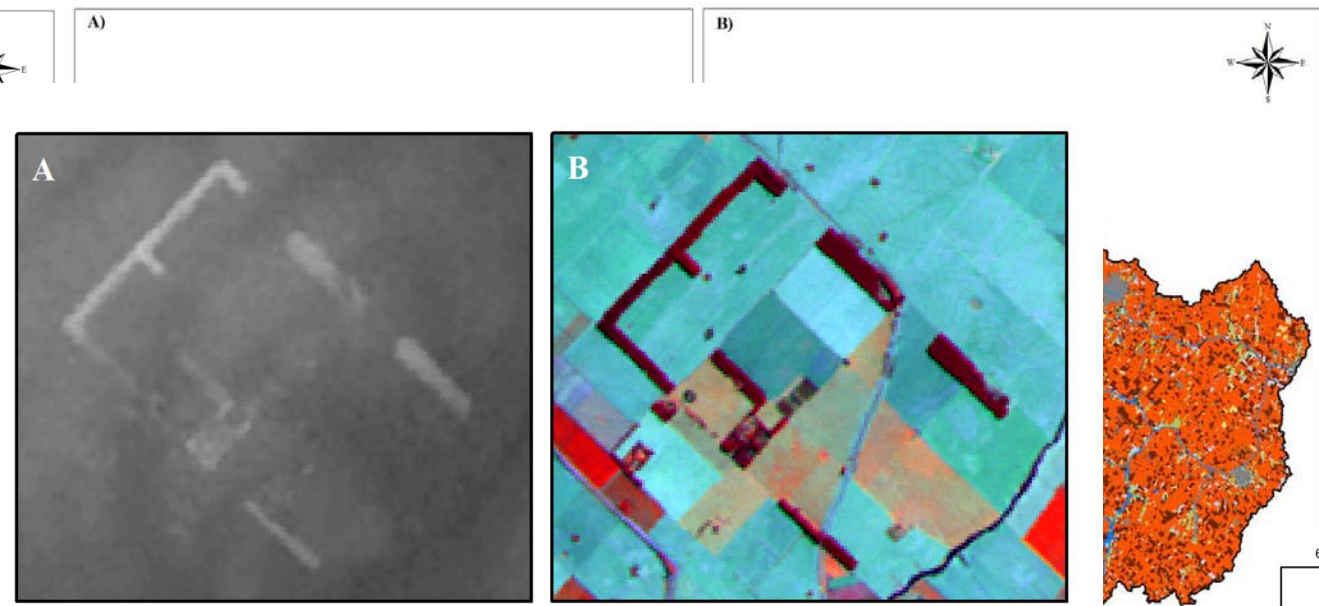
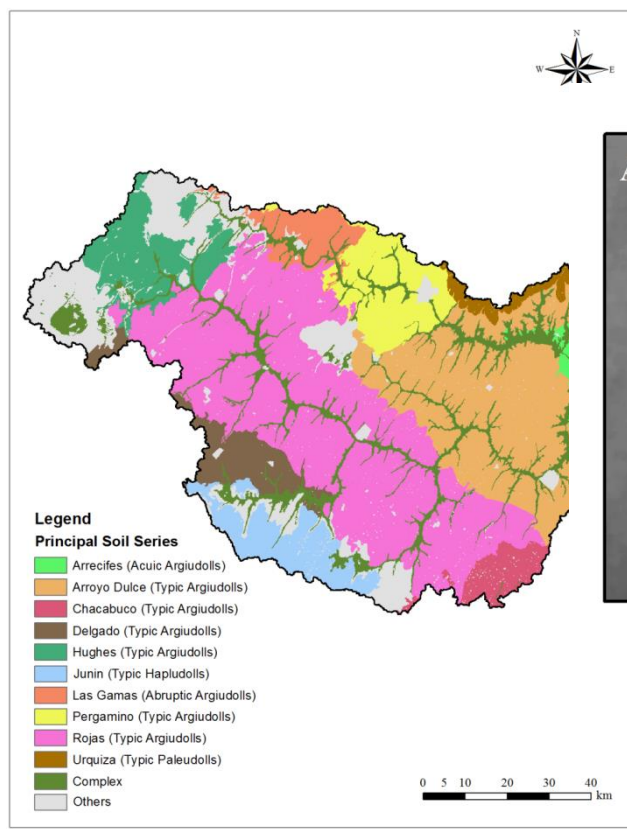
Clima

- Clasificación de Köppen : clima subtropical húmedo
- Precipitación anual: 900 ~ 1100 mm
- Temperaturas medias : 11°C ~ 23 °C
- Déficit hídrico: final de primavera y principios de verano
- Evapotranspiración: 1000 ~ 1200 mm

Sección de control

- Salida: estación “río Arrecifes” N° HL 4035
Series de descarga (incompleta): 1963-2002
- Modulo: 21 m³/s
- Aportación annual media: 579 Hm²/year



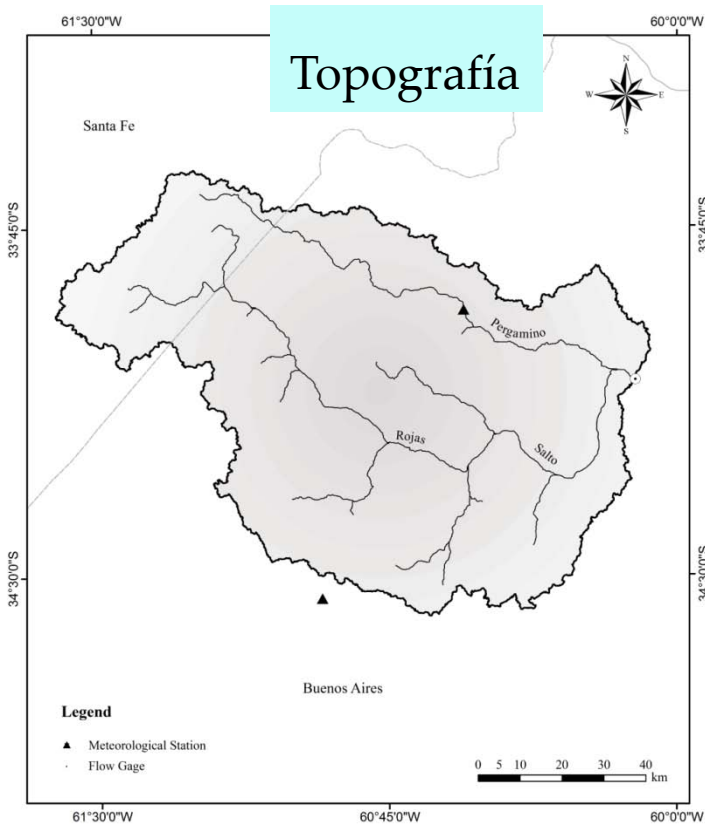


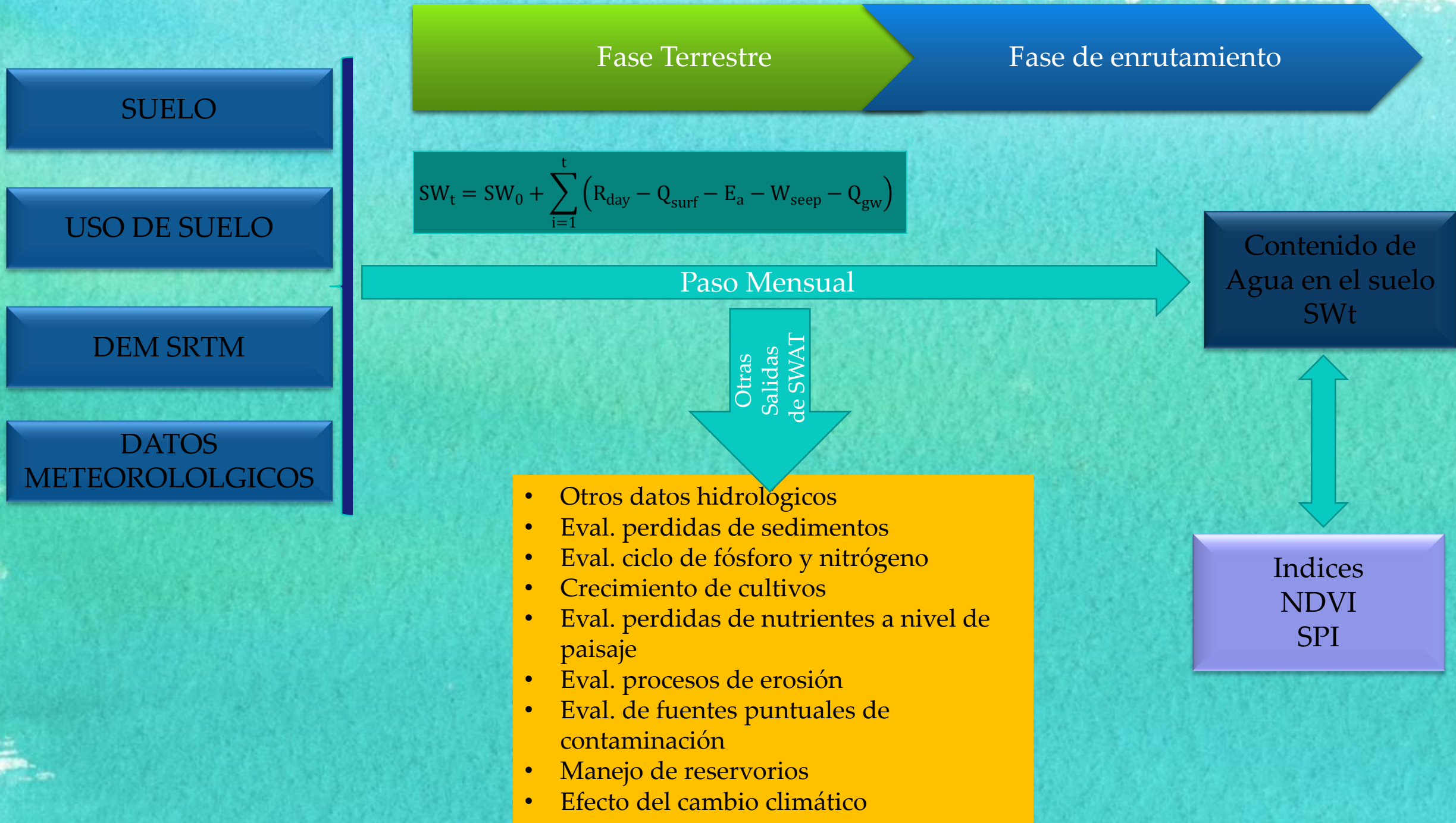
Tipo de suelo

Uso del suelo

Datos de entrada a SWAT

Datos climáticos



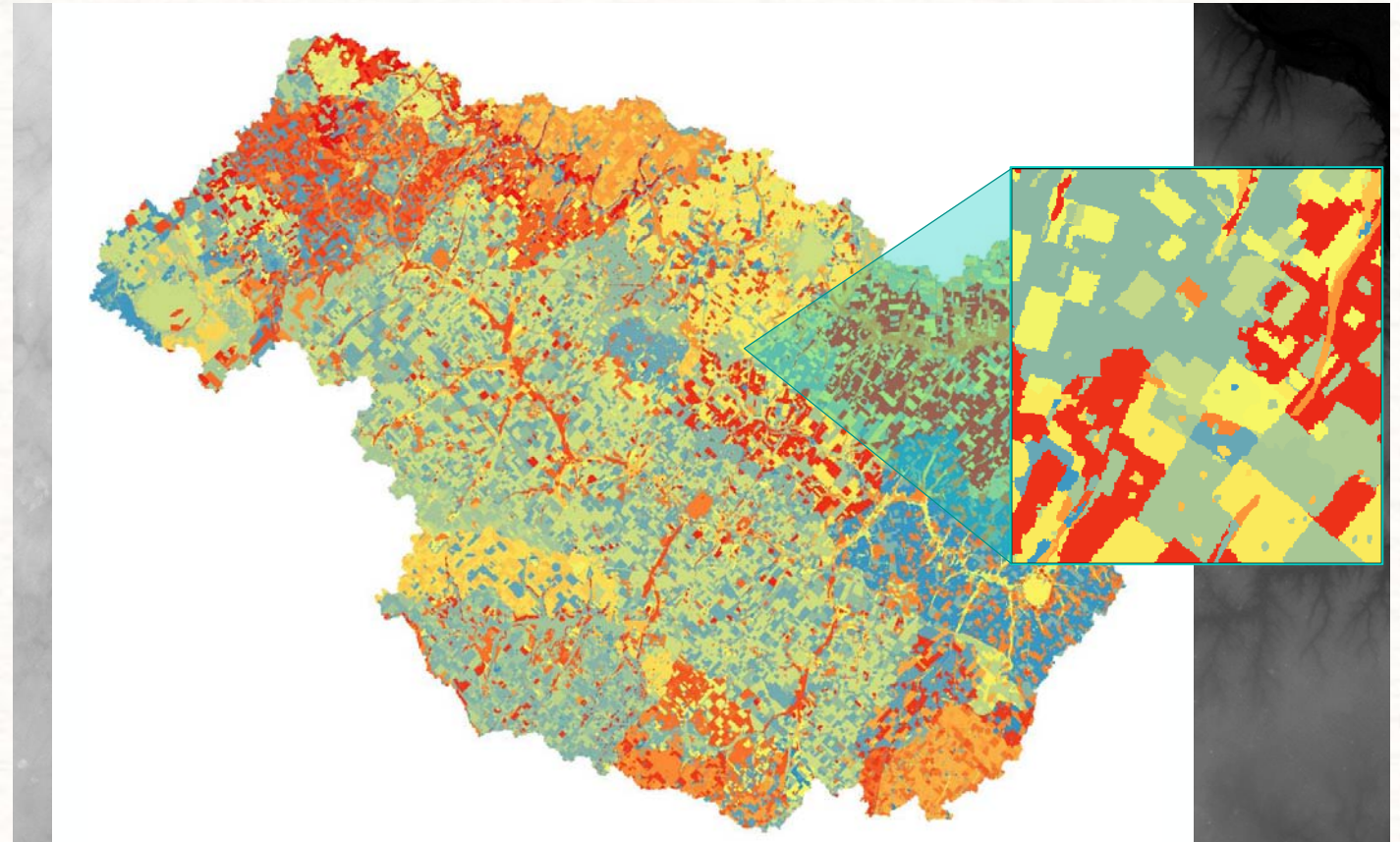


Aplicación del Modelo SWAT

- Discretización: subcuenca
- Salidas de subcuenca: puntos manuales (límites de principales seies de suelo)
- Unidades de respuesta hidrológica (HRUs): umbral de 2% (uso de suelo), 5% (tipo de suelo), pendiente uniforme.
- Totales: 20 subcuencas y 337 HRUs
- Paso de tiempo: mensual

Prácticas de manejo en cada HRU:

- I. Se concideraron cultivos en secano;
- II. Se definieron fechas de siembra y cosecha;
- III. Operaciones de labranza mínimas.
- IV. Se asumió una rotación clasica de 3 años.



Calibración y validación

- SWAT-CUP4, Sequential Uncertainty Fitting ver. 2 (SUFI-2).
- Series de caudal agregadas a valor mensual (1963-2002).
- Calibración: período de 9 años (1992-2000)
$$aHSS = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{St}$$
- Validación: período de 6 años (1995-2000)
- Función objetivo: Nash – Sutcliffe, NS

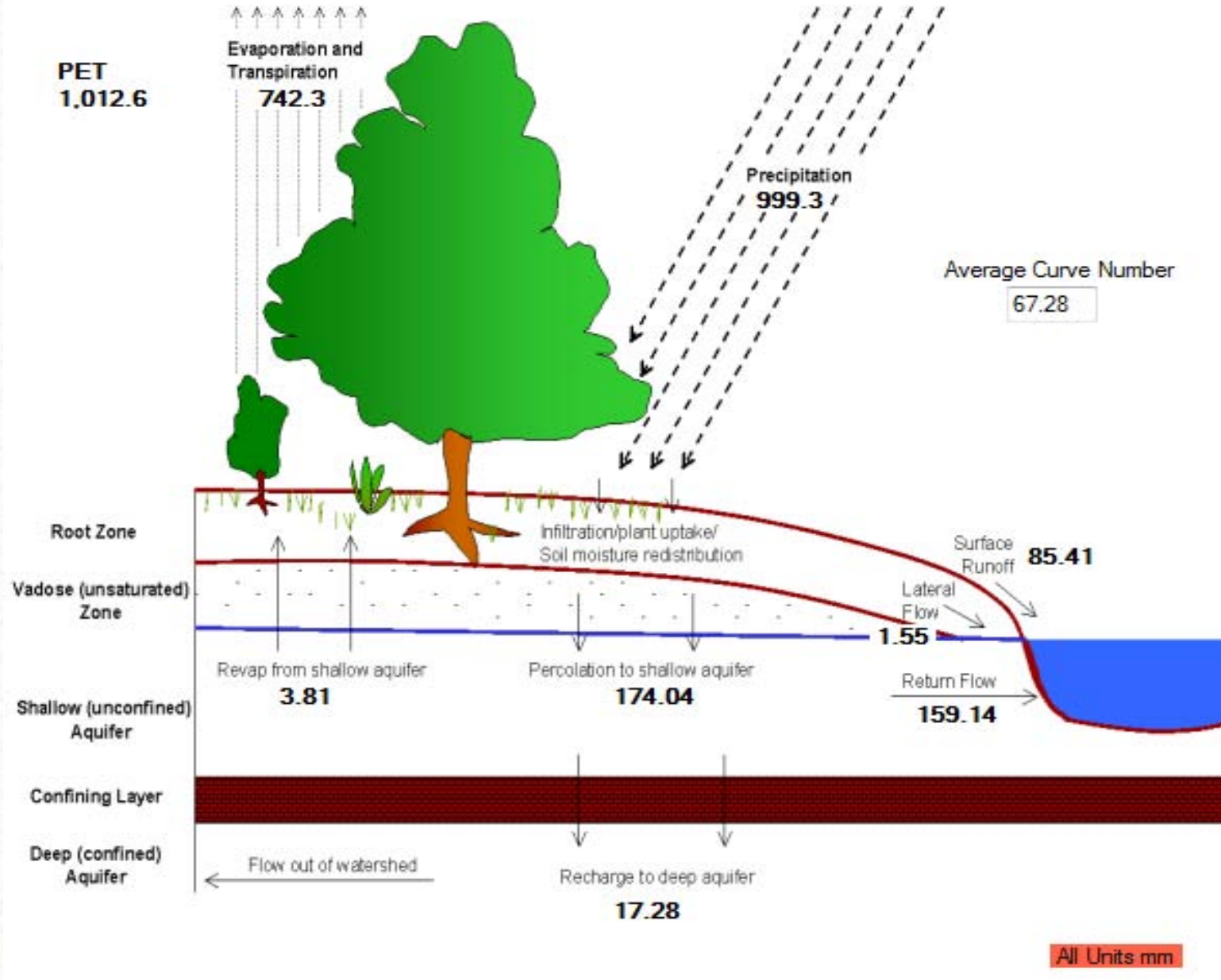
Series HSS y NDVI

- Corrió SWAT: período de 36 años (1975-2011).
- Extracción a nivel de subcuenca HSS: período de 30 años (1981-2011).
- Filtro de datos mediante el cálculo de anomalía estandarizada (aHSS).
- NDVI: imágenes se promediaron mensualmente por subcuenca para los 30 años (1981-2011).
- NDVI se filtraron mediante el cálculo de anomalía estandarizada (aNDVI).
- Valores de anomalía: negativos indican (aHSS/ aNDVI) que es más bajo que valores medios, positivos superan los medios.



GIMMS-3g NDVI (Pinzón y Tucker, 2014)
<http://ecocast.arc.nasa.gov/data/pub/gimms/3g/>

3. Resultados



Evaluación de la performance del modelo

- Análisis de sensibilidad (*one-at-a-time*): 14 de 25 parámetros iniciales.
- Primera iteración: R^2 0.52, y NS 0.41.
- Optimización final: 8 iteraciones de 100 simulaciones.

• Calibración: R^2 : 0.69 NS: 0.67 RMSE: 13.9

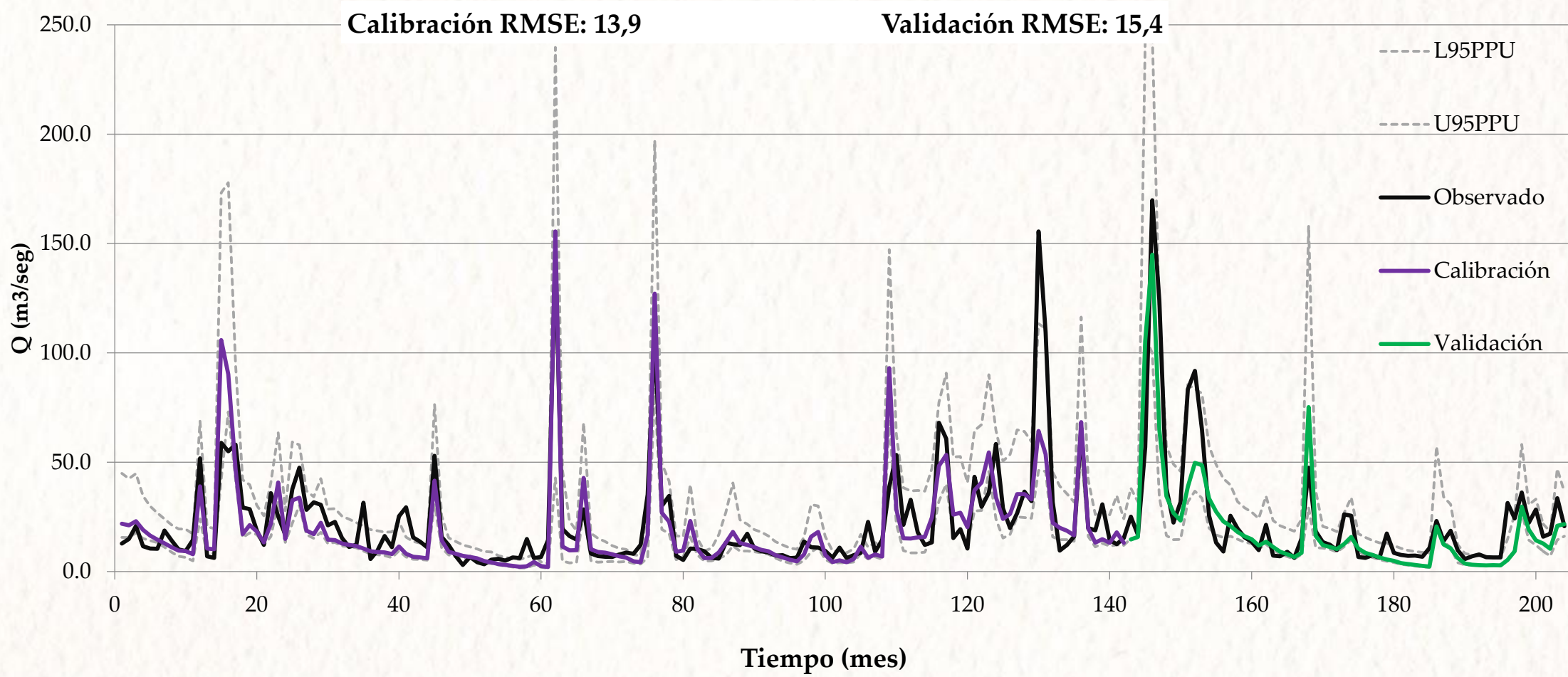
P-factor: 0.70 R-factor: 0.54

• Validación: R^2 : 0.75 NS: 0.72 RMSE: 15.4

P-factor: 0.70 R-factor: 0.55

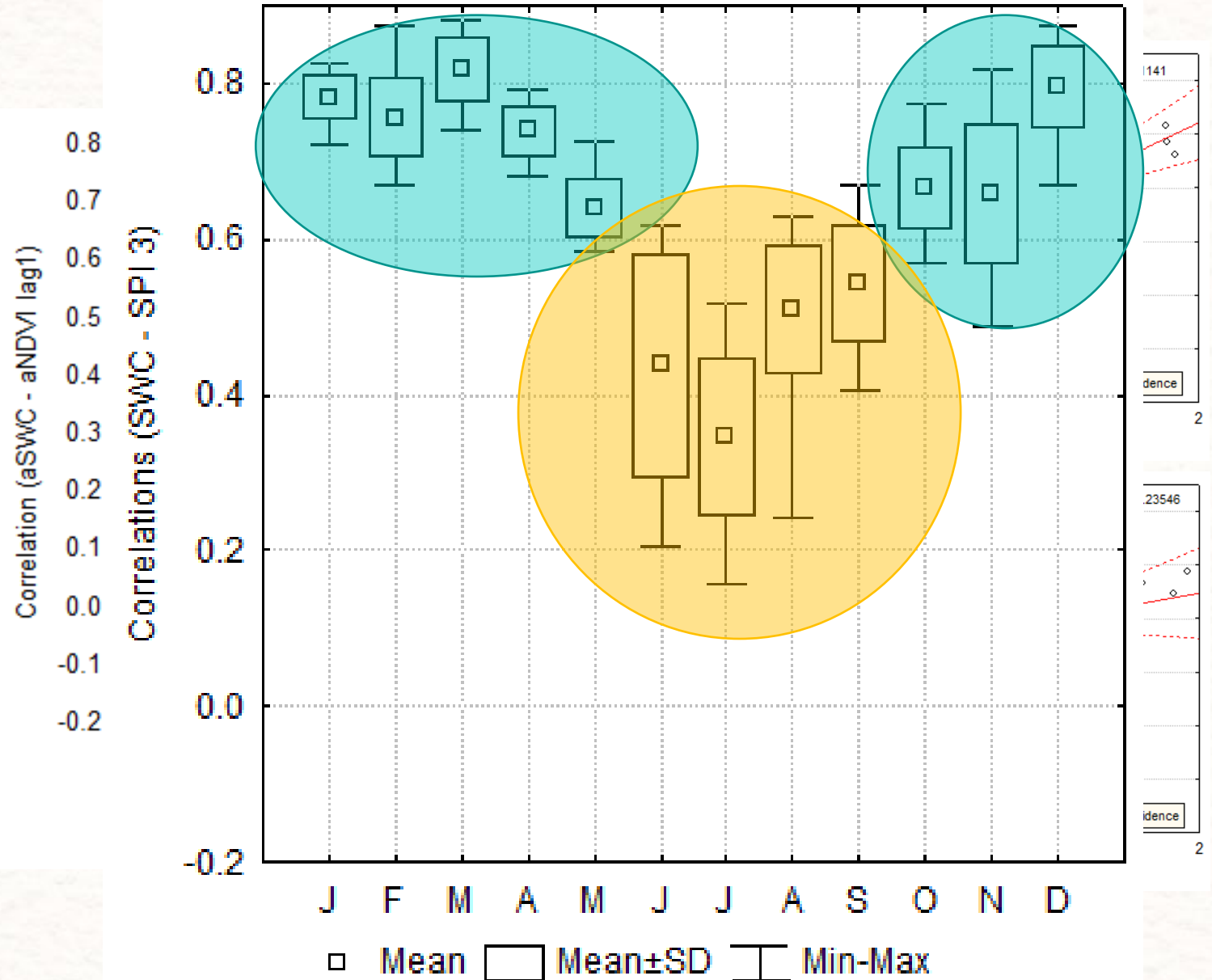
Rankin: SURLAG, CH_N2, TRNSRCH, OV_N, CN2, ALPHA_BF

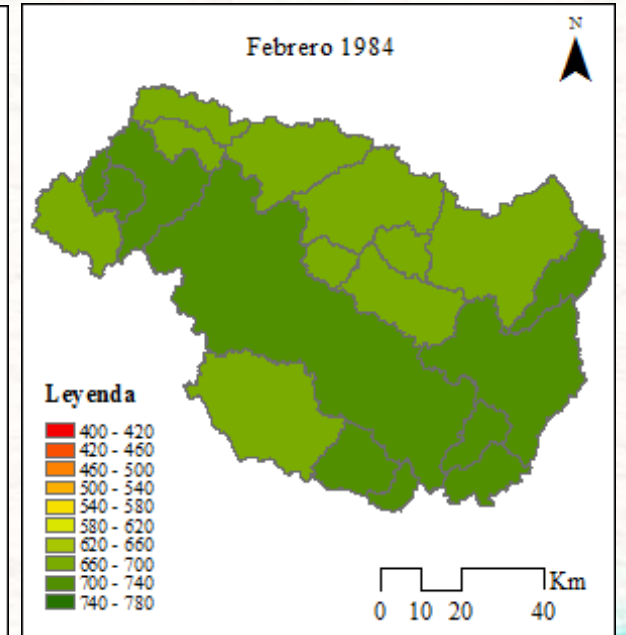
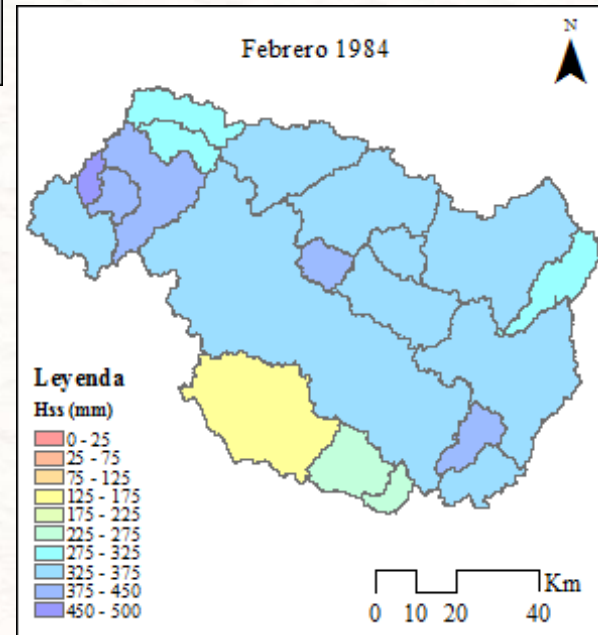
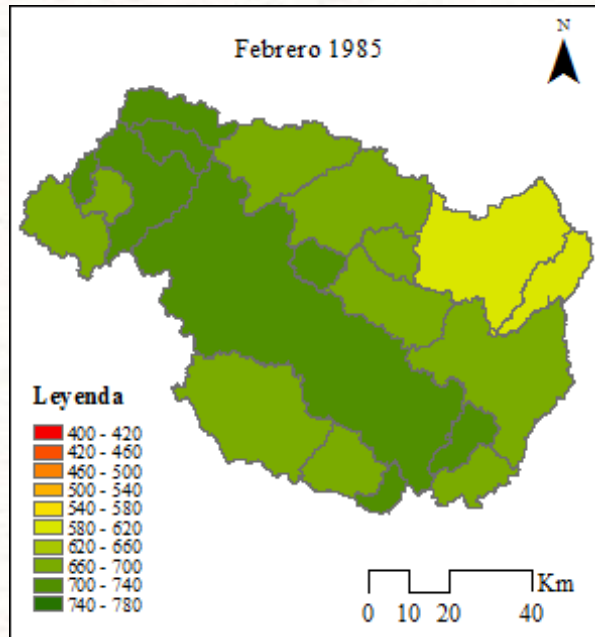
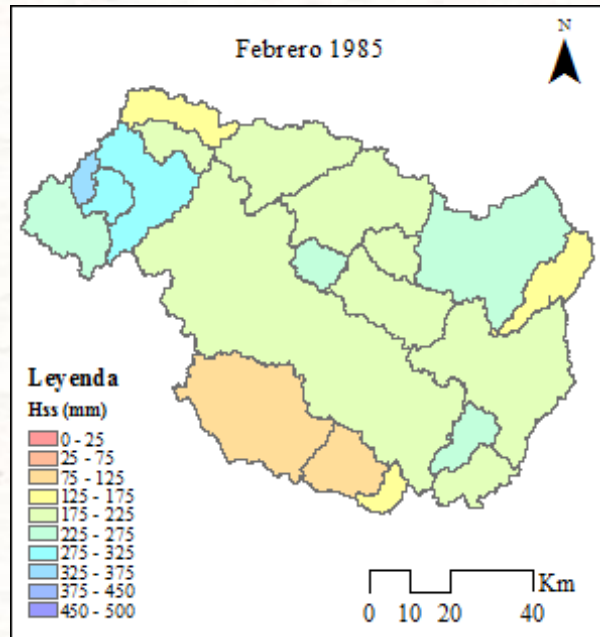
Procesos	Parámetros/modif.	Definición	Valor	Rankin
Evapotranspiración	EPCO (v ₋)	Factor de compensación para la cantidad de agua captada por las plantas (fracción).	0,92	12
	ESCO (v ₋)	Factor de compensación para la evaporación del suelo (fracción).	0,79	9
Escorrentía y tiempo de concentración	SURLAG (v ₋)	Coefficiente de retardo de la escorrentía superficial (n/a).	0,50	1
	OV_N (r ₋)	Coefficiente de Manning n de la superficie terrestre.	0,023	4
	CN2 (r ₋)	Número de Curva inicial para la condición de humedad II (n/a).	-0.097	5
	CH_K (1) (v ₋)	Conductividad hidráulica efectiva de los canales tributarios aluviales (mm/h).	35,9	13
Flujo lateral	LAT_TTIME (v ₋)	Tiempo de viaje del flujo lateral (días).	75,6	7
Agua subterránea	ALPHA_BF (v ₋)	Factor alfa de recesión del flujo base (días).	0,006	6
	GW_REVAP (v ₋)	Coefficiente de revaporización del agua subterránea (días).	0,095	
Agua en el suelo	FFCB (v ₋)	Almacenamiento inicial de agua	0,78	11
Ruteo	TRNSRCH (v ₋)	Fracción de la transmisión de pérdidas desde el canal al acuífero profundo (fracción).	0,48	3
	EVERCH (v ₋)	Factor de ajuste en la evaporación de los cauces (n/a).	0,69	14
	CH_N(2) (v ₋)	Coefficiente de Manning para canales principales (n/a).	0,026	2
	CH_K (2) (v ₋)	Conductividad hidráulica efectiva para canales principales (mm/h).	115	10



Correlación entre aHSS y aNDVI

- A nivel mensual por cuenca (20 correlaciones por cada mes).
- Análisis con 0, 1 y 2 meses de NDVI de lag: valores más altos con aNDVI retrasado 1 mes.
- Box Plot:
 - I. Valores de r bajos
 - II. Correlaciones mas altas (≥ 0.4) coincidieron con desarrollo de cultivos de verano e invierno/ período de siembra en Junio (casi el 100% de los suelos se encuentran desnudos).
 - III. Correlaciones mas bajas (< 0.2) Marzo, Abril y Noviembre coincidente con el período de madurez de los cultivos y cosecha de invierno .

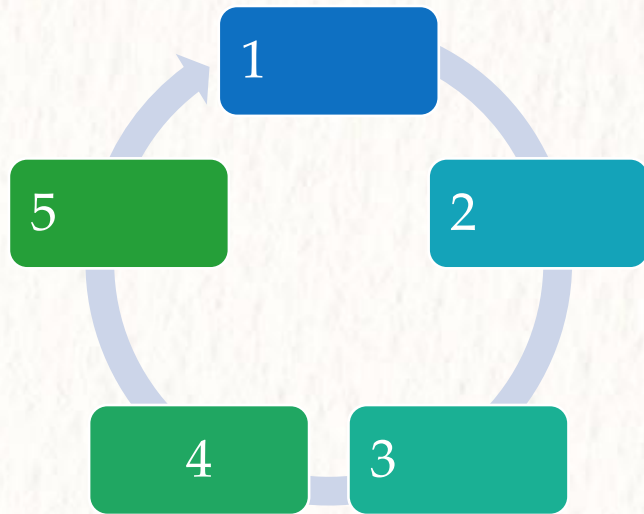




4. Discusión y Conclusiones

- Por primera vez, en Argentina, se obtuvo una serie de HSS (1981-2011) en una región con pocos datos a partir de la simulación de SWAT.
- El resultado de la calibración y validación de los caudales indicó un buen desempeño del modelo. No obstante, éste podría ser más preciso, en la medida que haya mayor cantidad de datos, especialmente datos de precipitación.
- El análisis de las correlaciones entre aHSS y aNDVI mostró resultados poco significativos y permitió evaluar los eventos de sequías agrícolas en forma parcial.

Discusión y Conclusiones



- Es aconsejable estudiar subcuencas homogéneas en cuanto a tipos de cultivos y suelos. La relación HS y NDVI está fuertemente condicionado por:
 1. Profundidad de raíces.
 2. Eventos de lluvia intensos en un contexto de sequía.
 3. Tipo de suelo.
- Se propone continuar con la evaluación de la HSS en la cuenca del río Arrecifes:
 1. Explorando el uso de otros indicadores de sequía y NDVI de mayor resolución espacial,
 2. Modelando con datos actuales.
 3. Introduciendo los usos de suelo de cada periodo de estudio.
 4. Incorporando prácticas de manejo agrícolas para cada zona.

Agradecimientos: Esta investigación se desarrollo en el marco de estudios de posgrado de Sofía Havrylenko (Msc) del programa de becas INTA. Agradecemos a Francisco Damiano (Msc), Eduardo Flamenco (Eng) y Marcelo Uriburu Quirno (Msc) por sus aportes de conocimientos técnicos.



HYDROLOGICAL RESPONSE OF A MOUNTAINOUS CATCHMENT TO DIFFERENT CLIMATE SCENARIOS



Howard van Meer
María Victoria Feler
Daniel Prieto Garra

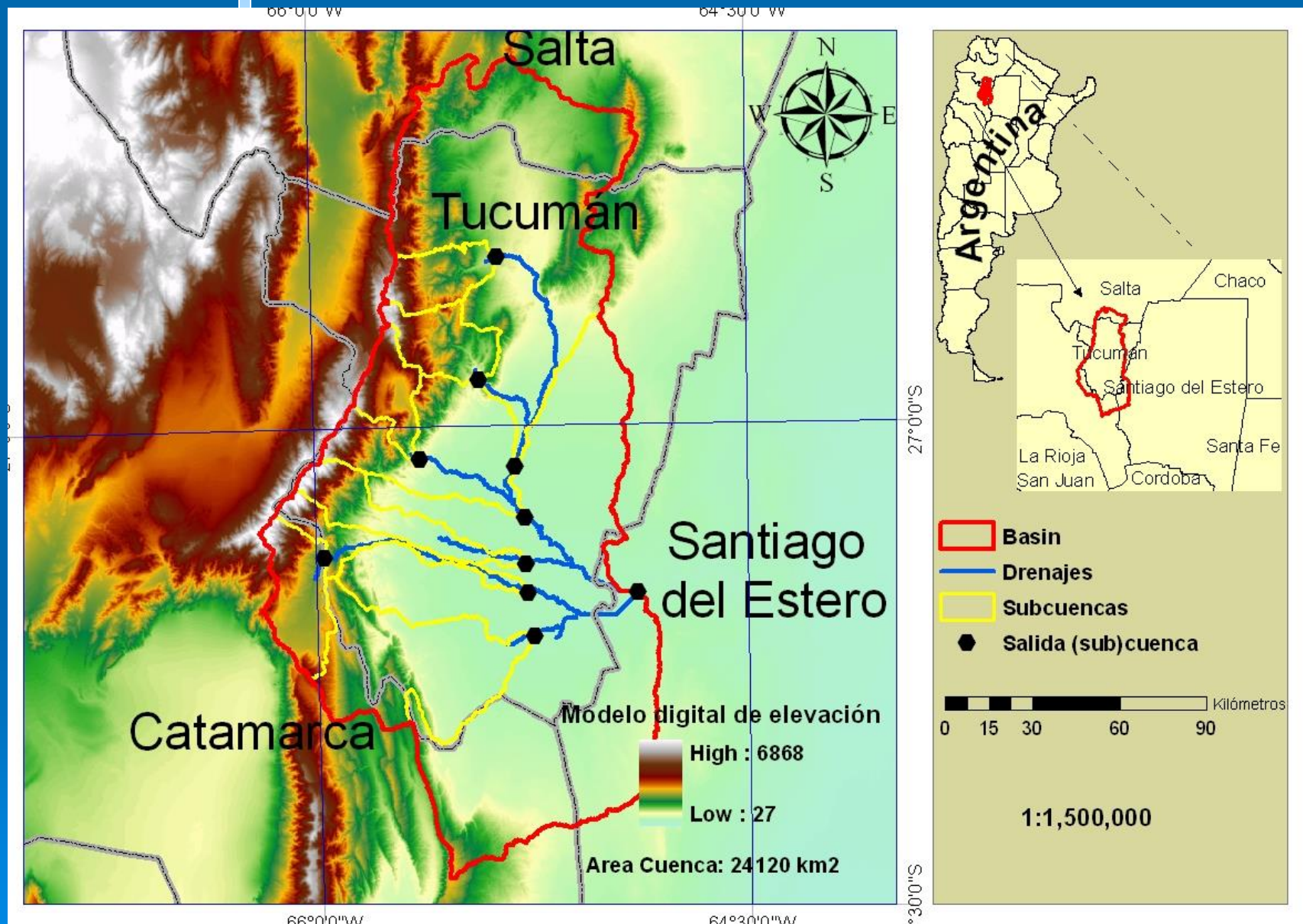


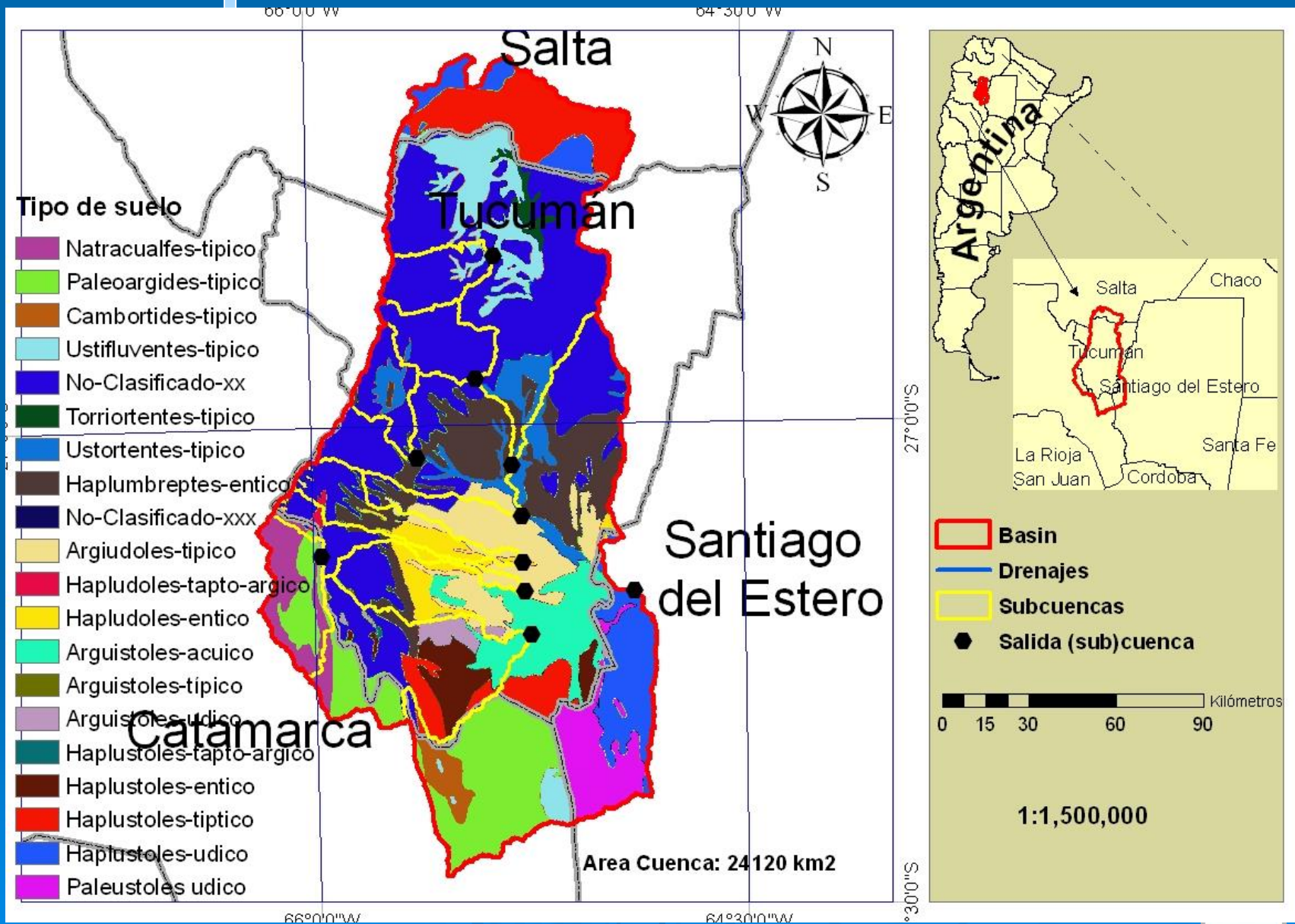
2014 International SWAT Conference 30 July – 1st of August,
Porto de Galinhas, Brazil

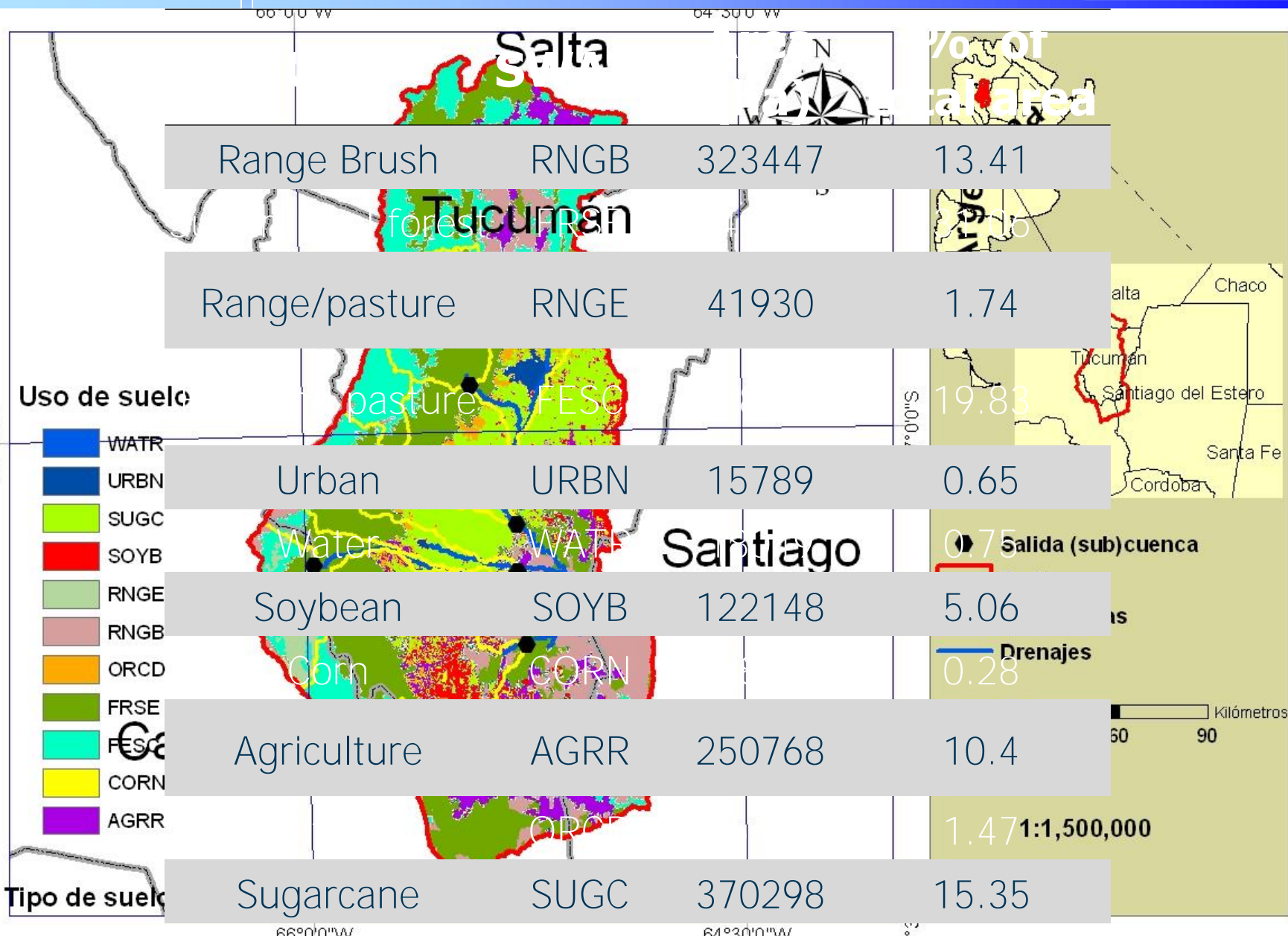
Model Sali-Dulce catchment using SWAT as tool

Specific objectives:

- Adaptation of input parameters to local conditions
- Calibration and validation of model
- Generate climate scenarios for water management







Input

DEM (SRTM 90)

Soil Map

Land use

Climate

HRU

SWAT

Output

Discharge (m³/s)
"Dique Frontal Río Hondo"

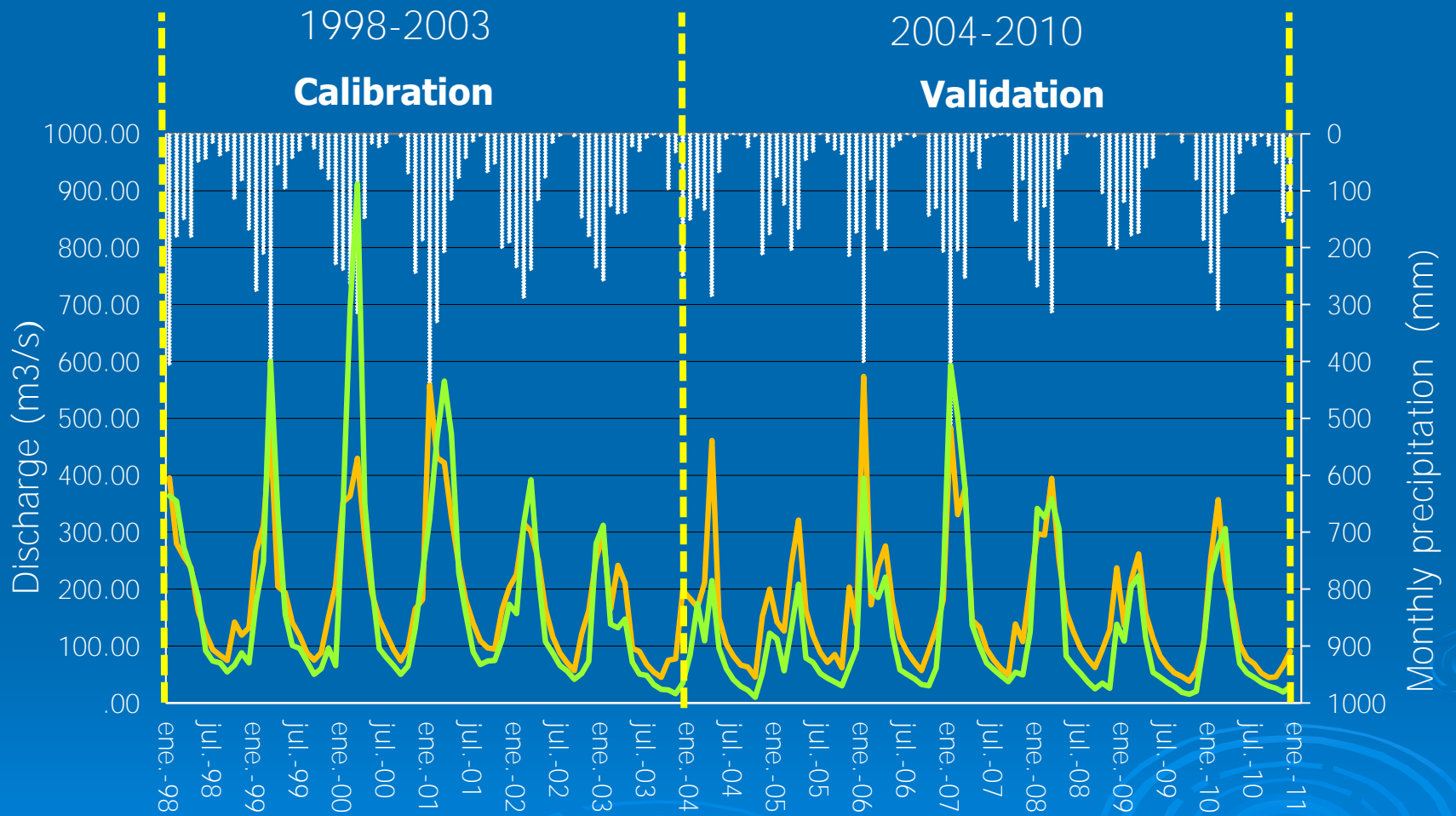
	Range %
Use	20
Soil	10
Slope	20

Projection: Gauss Kruger
 Sphere: Internacional 1909
 Datum: WGS 84
 Faja: 4 (central meridian -63°)

Soil and Water Assessment Tool
 (Arnold et al., 1998)



Calibration and validation graph



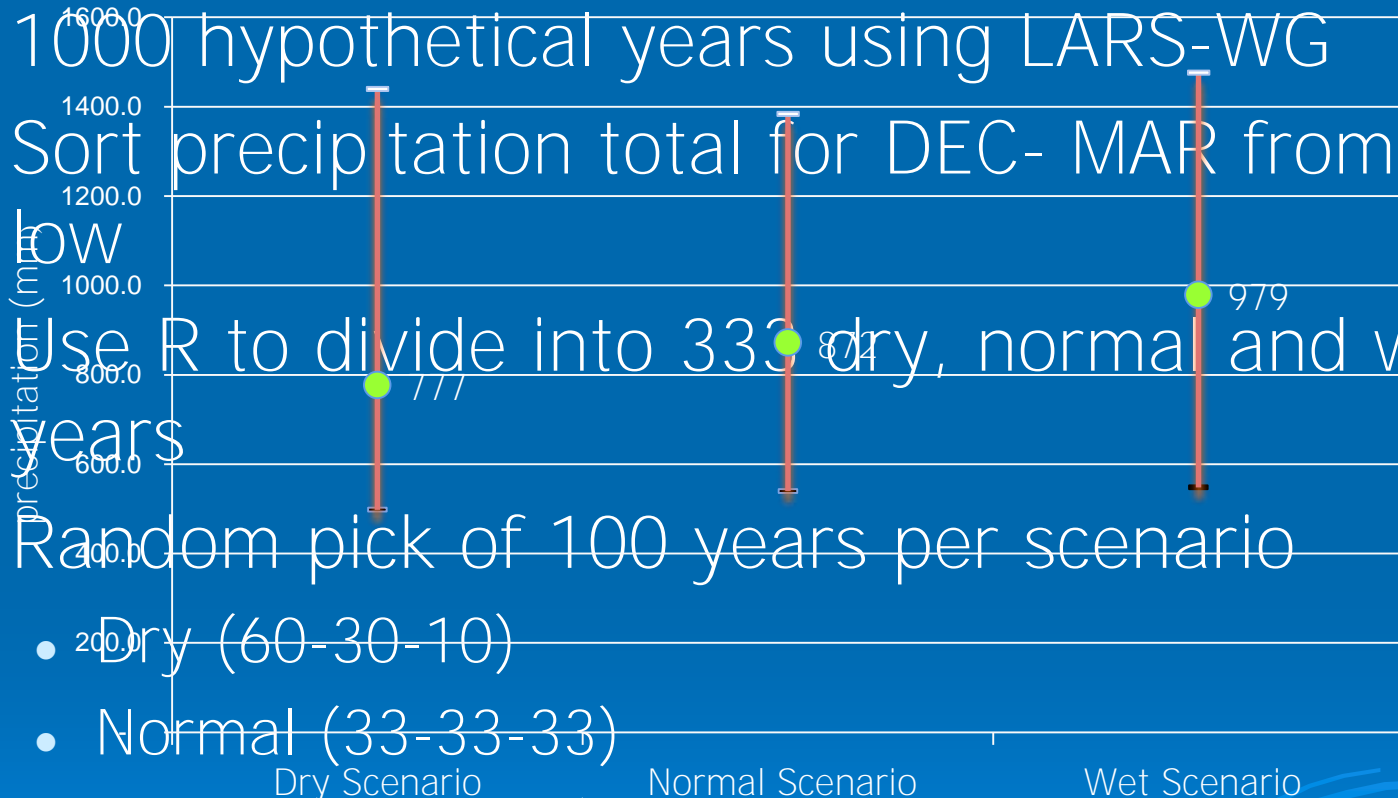
Calibration and validation results for Rio Hondo Dam

Parameter	Description	Scale
AWC_SOL	Available water capacity of the soil layer	1
BLAI	Max leaf area index	5
GWQMN	Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow to occur	3
CN2	SCS runoff curve number	2
RCHRG_DP	Deep aquifer percolation fraction	4

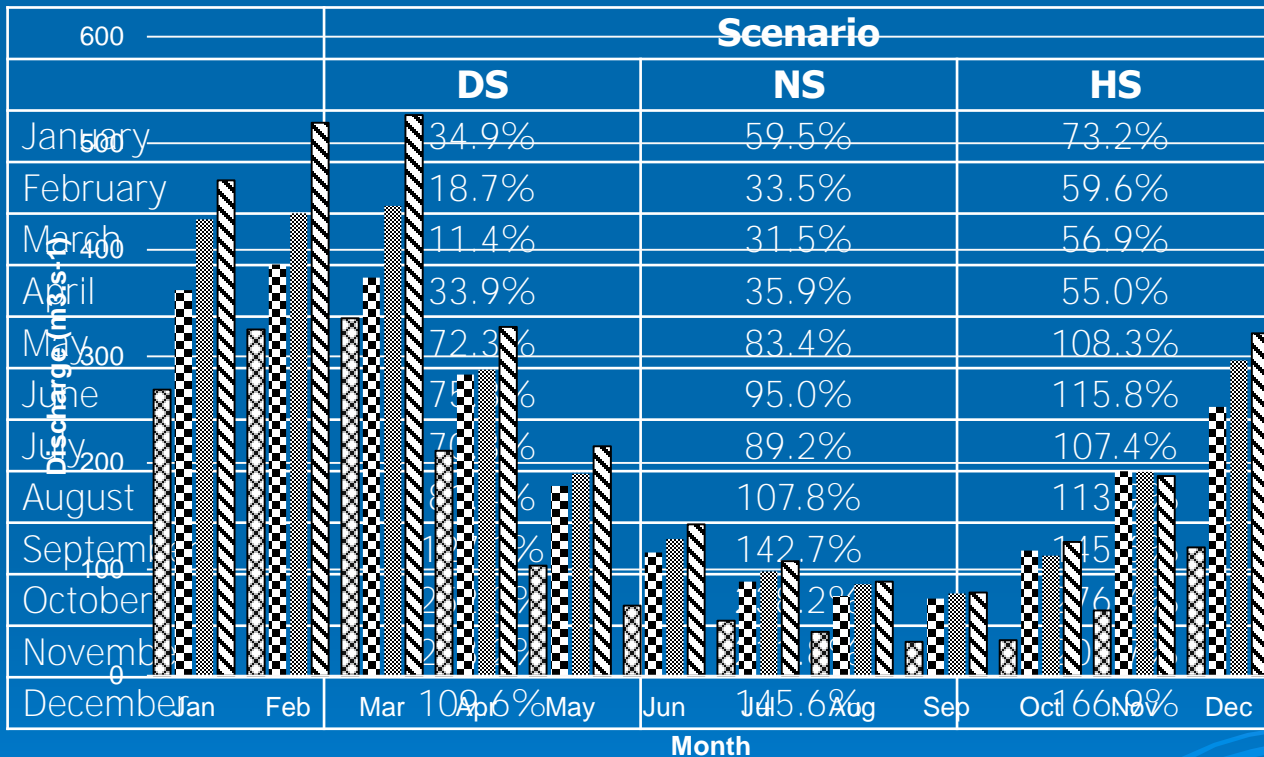
	Calibration	Validation
	1998-2003	2004-2010
Average measured discharge Río Hondo (m ³ .s ⁻¹)	179.0	116.4
Average modelled discharge(m ³ .s ⁻¹)	189.3	156.3
Nash y Sutcliffe coefficient (NS)	0.69	0.74
R ²	0.74	0.79
RMSE (m ³ .s ⁻¹)	94.3	67.1

Climate Scenarios

- 1000 hypothetical years using LARS-WG
- Sort precipitation total for DEC- MAR from high to low
- Use R to divide into 333 dry, normal and wet years
- Random pick of 100 years per scenario
 - Dry (60-30-10)
 - Normal (33-33-33)
 - Humid (10-30-60)



Future climate scenarios



Dam (1968-2010)
 Dry Scenario
 Normal Scenario
 Wet Scenario

Conclusions and Discussion

- Local inputs for SWAT
- Reasonable adjustment
- Discharge increase for every scenario
- Better adjustment of inputs increase of observation points
- Multidisciplinary water management



Thank you for your attention

Email:

vanmeer.howard@inta.gob.ar

mvfeler@cnia.inta.gov.ar

prietogarra.daniel@inta.gob.ar

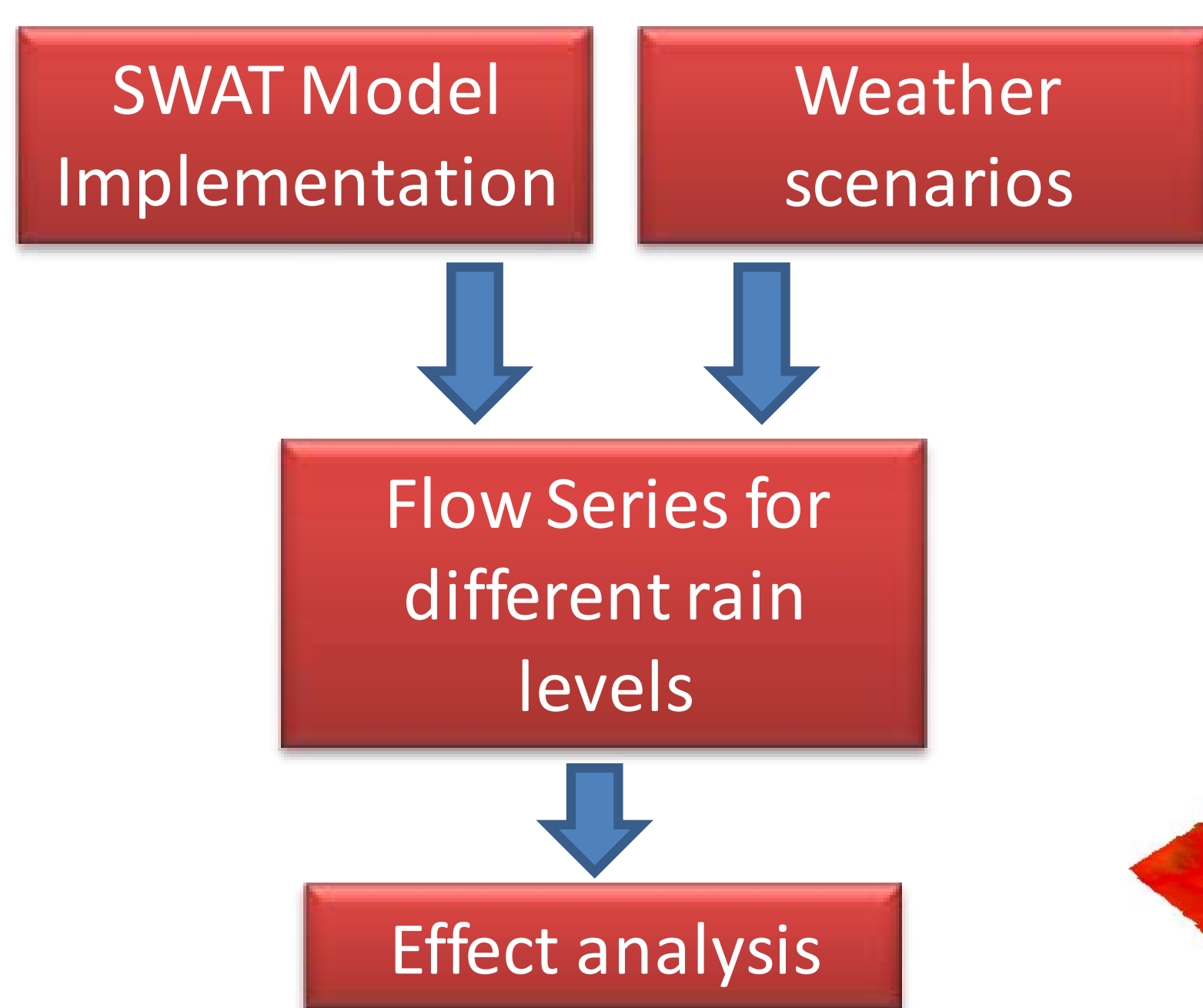


Modeling of the Cachapoal river watershed as a tool to study precipitation change impacts on water availability for irrigation

Hamil Uribe, Agric. Eng. Dr., INIA; Luis Morales, Physics, Dr., U. de Chile ;
Felipe Riquelme, Agric. Eng, INIA.

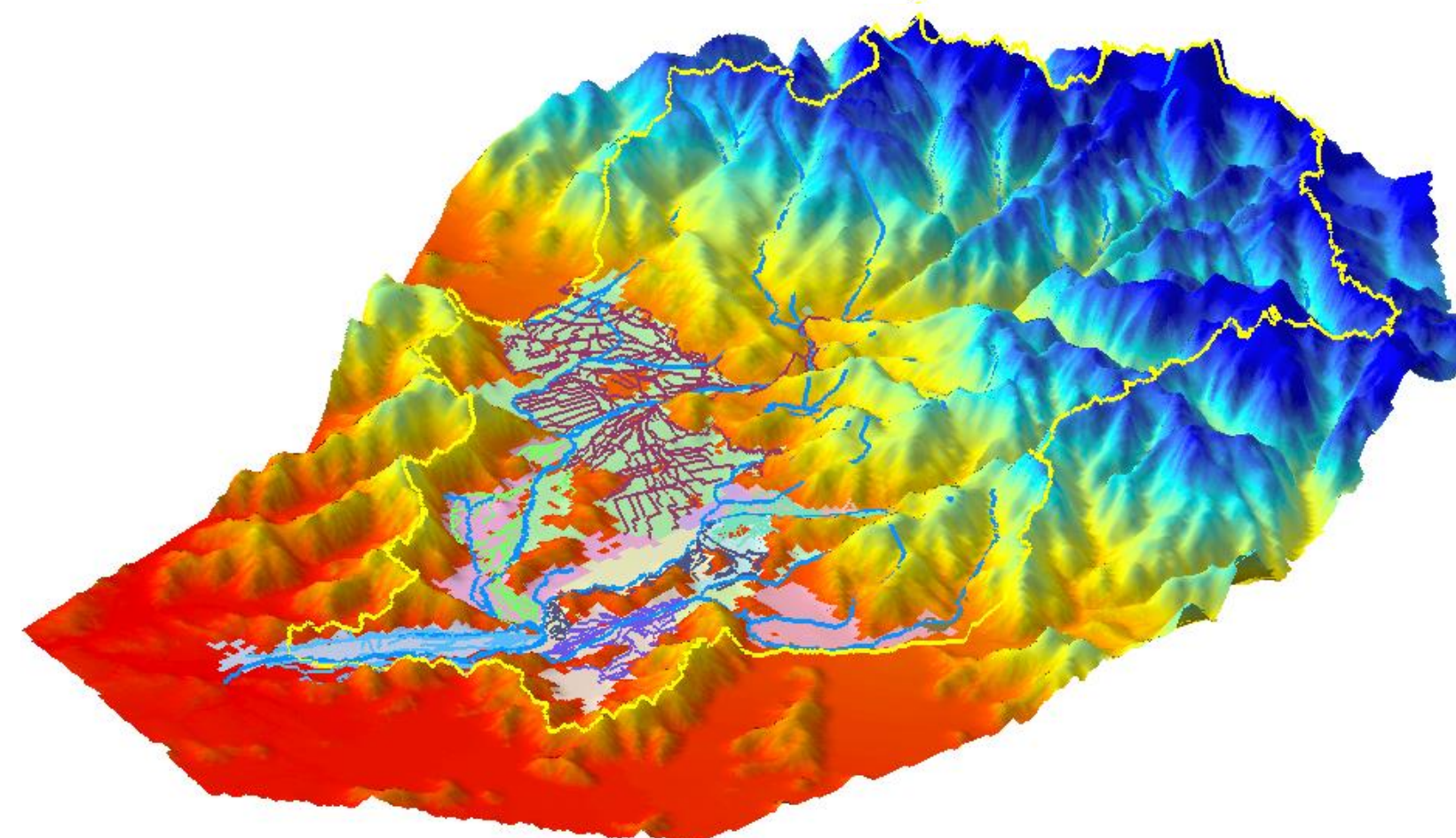
The effect of climate change on the availability of water resources is crucial, especially in irrigated areas. There is insufficient information to understand the response of watersheds to changes in climate which limits the possibilities for planning and adaptation of irrigation systems. In Chile, there is a decline in precipitation and there is probable that this trend will continue. Farmers use river water to irrigate crops and the amount of available water is strongly determined by precipitation. The Cachapoal River basin is located in central Chile, has a flat agricultural area, where irrigation is required, and foothills of the Andes mountains. The objective of this study is to quantify the effect of scenarios of different precipitation probabilities on the availability of water for irrigation in the basin of the Cachapoal River. A weather generator was developed for generate time series of daily precipitation which was selected and sequenced statistically to produce dry, medium, and wet daily series for 100 years. SWAT model was calibrated and validated for the basin and then run for the possible scenarios of dry, medium and wet to provide a comparison of the effect of the different moisture scenarios with different probabilities of rain on surface water availability.

Methodology



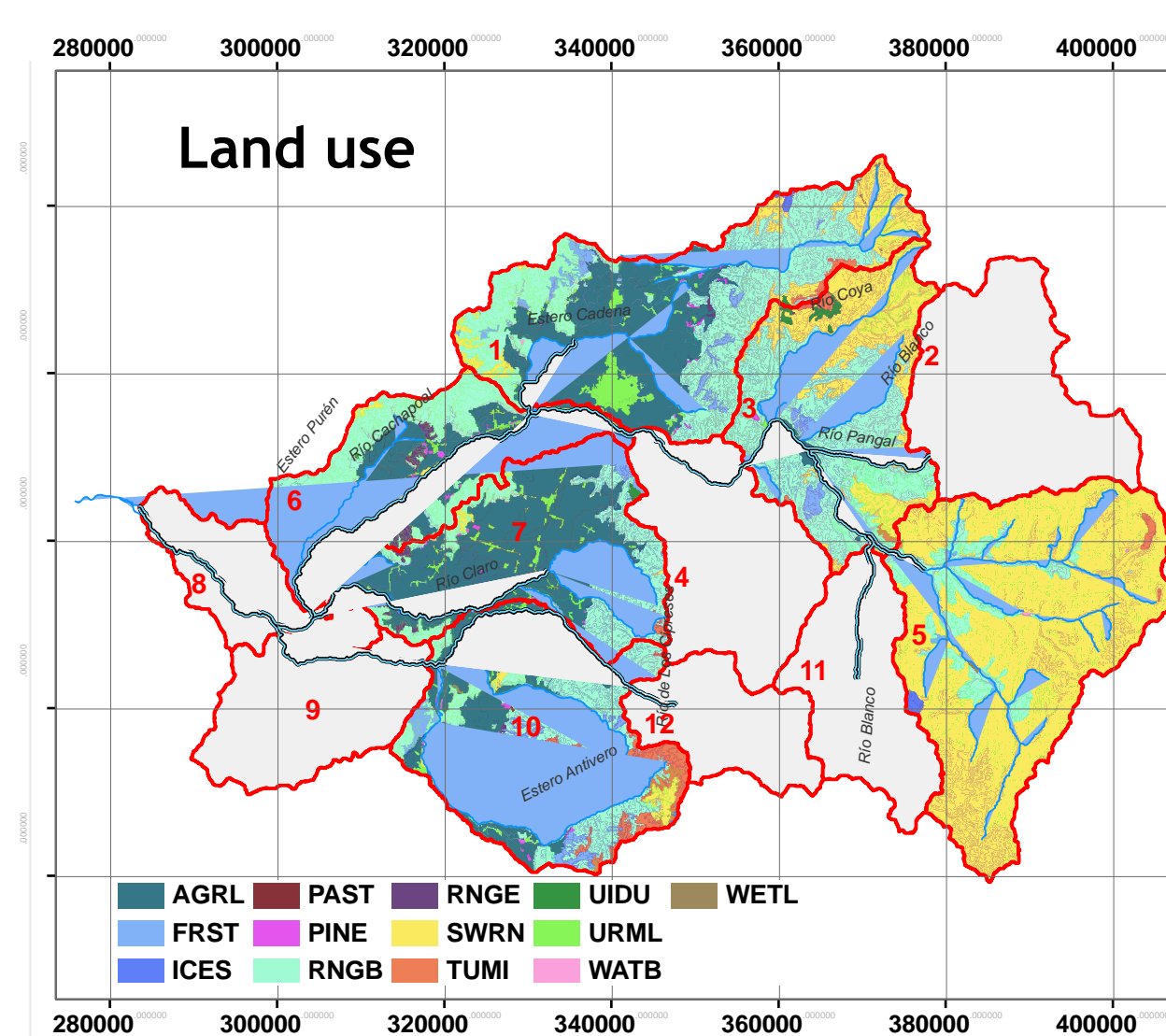
Study Area

- The Cachapoal Watershed is located in the Region of the Libertador Bernardo O'Higgins region, in Chile.
- Comprises 18 communes and 584.000 habitants;
- It starts in the Cordillera de los Andes and ends at the junction with the river Tinguiririca, where begins the Rapel River.



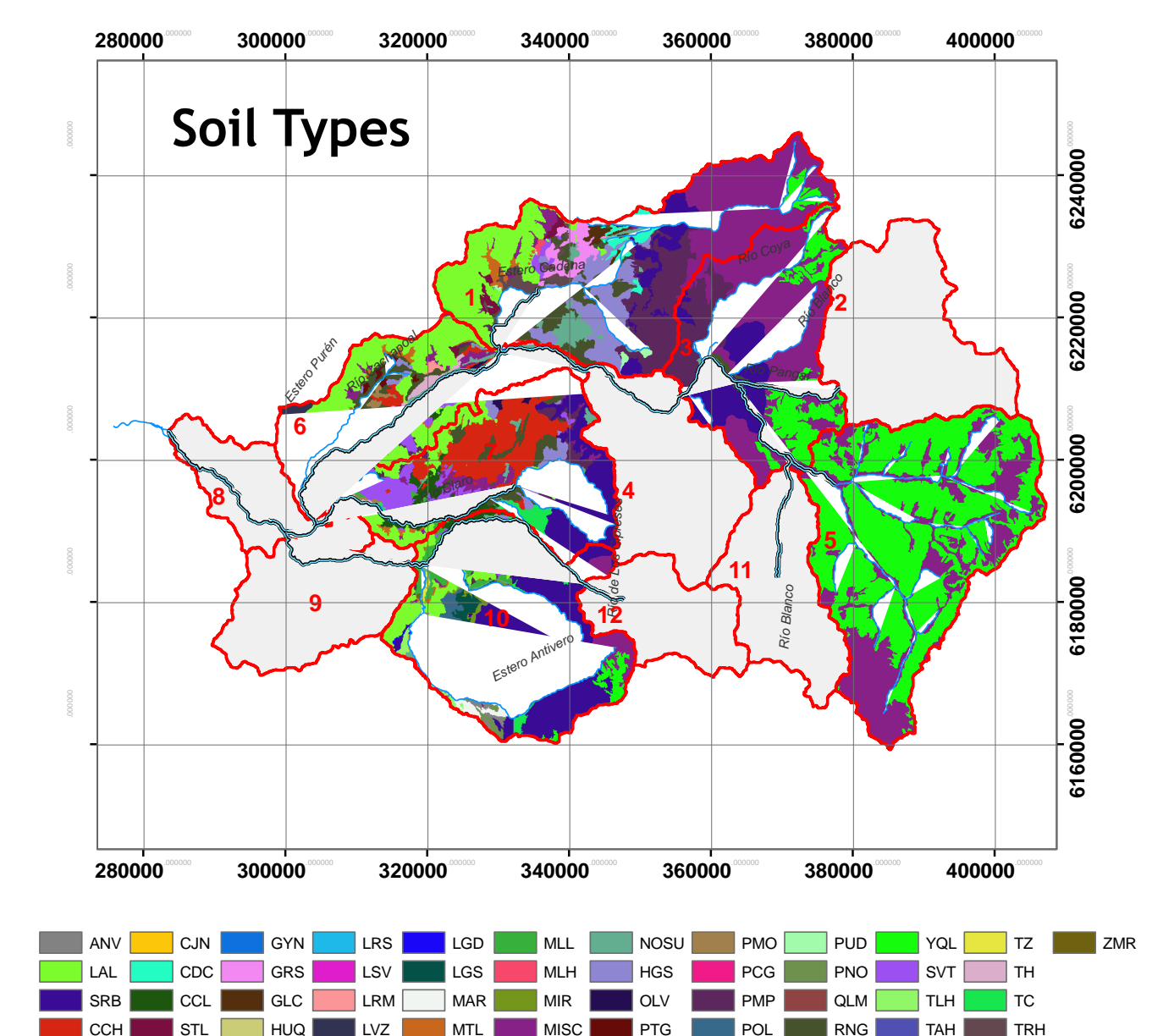
Watershed and model

- SWAT 2009.
- Land use adapted from CIREN, CONAF and Censo Nacional Agropecuario de 2007
- Soil types (CIREN)
- DEM 90x90m (SRTM)
- 6.250 Km²



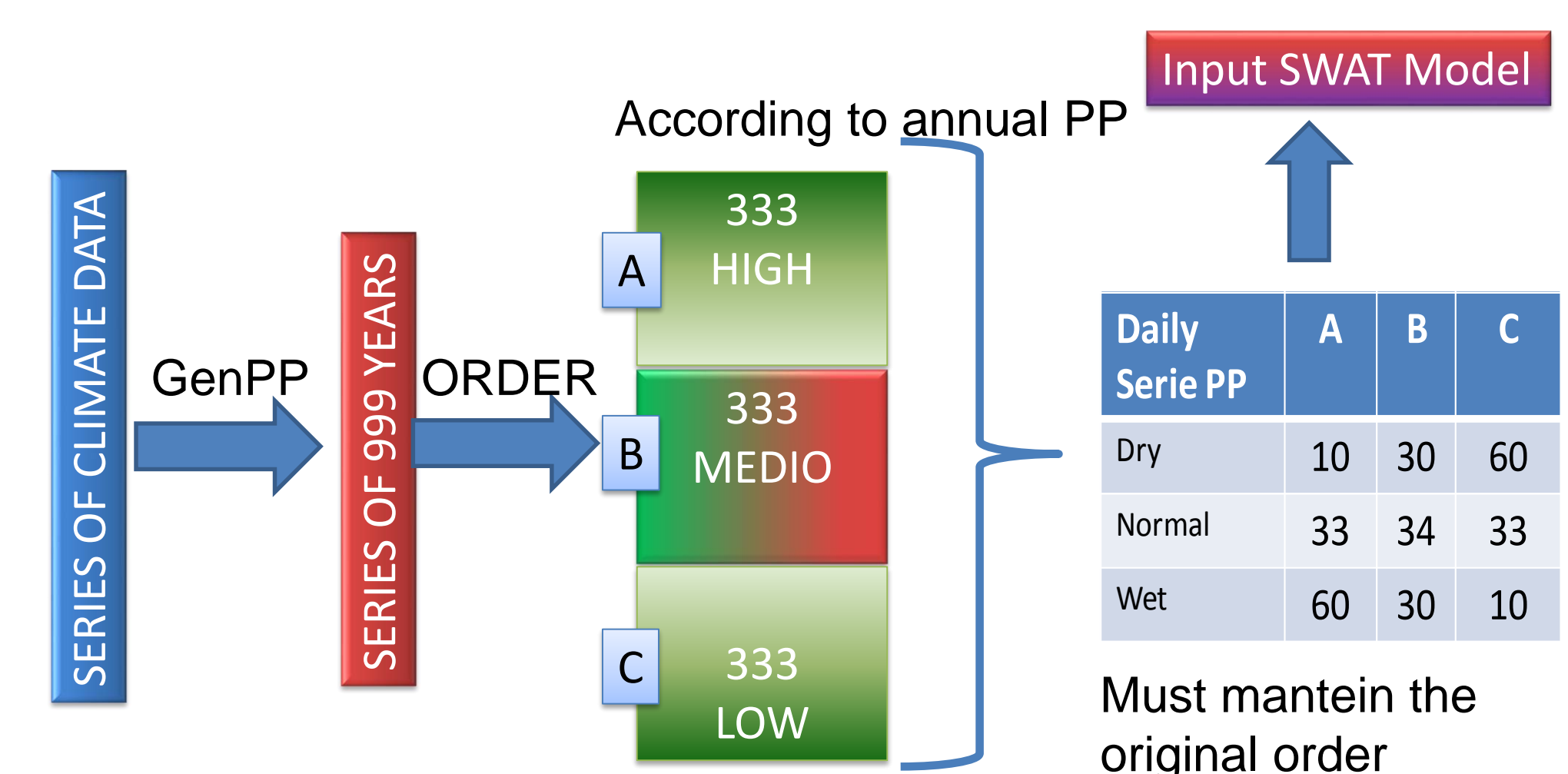
Model Calibration and Validation

- Divided in 12 sub catchment
- 7 weather stations (DGA, DMC)
- Daily Flow series (DGA, Chile)
- 3 calibration point (5; 7 y 9)
- Monthly calibration



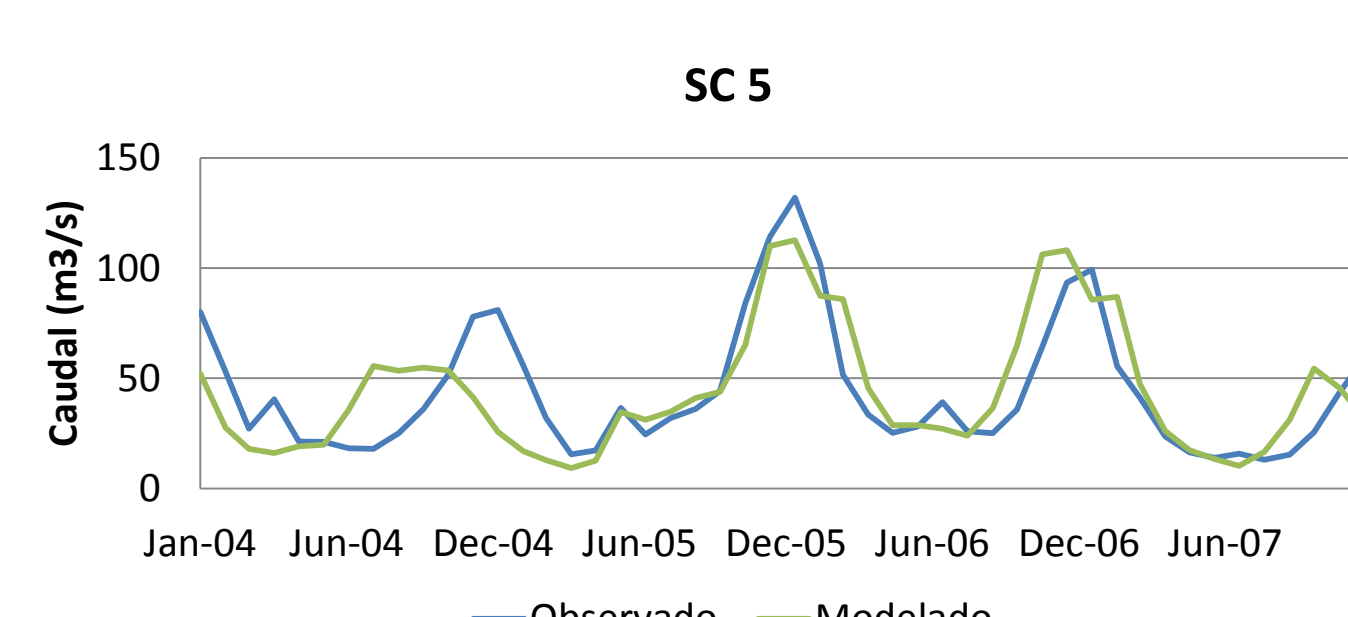
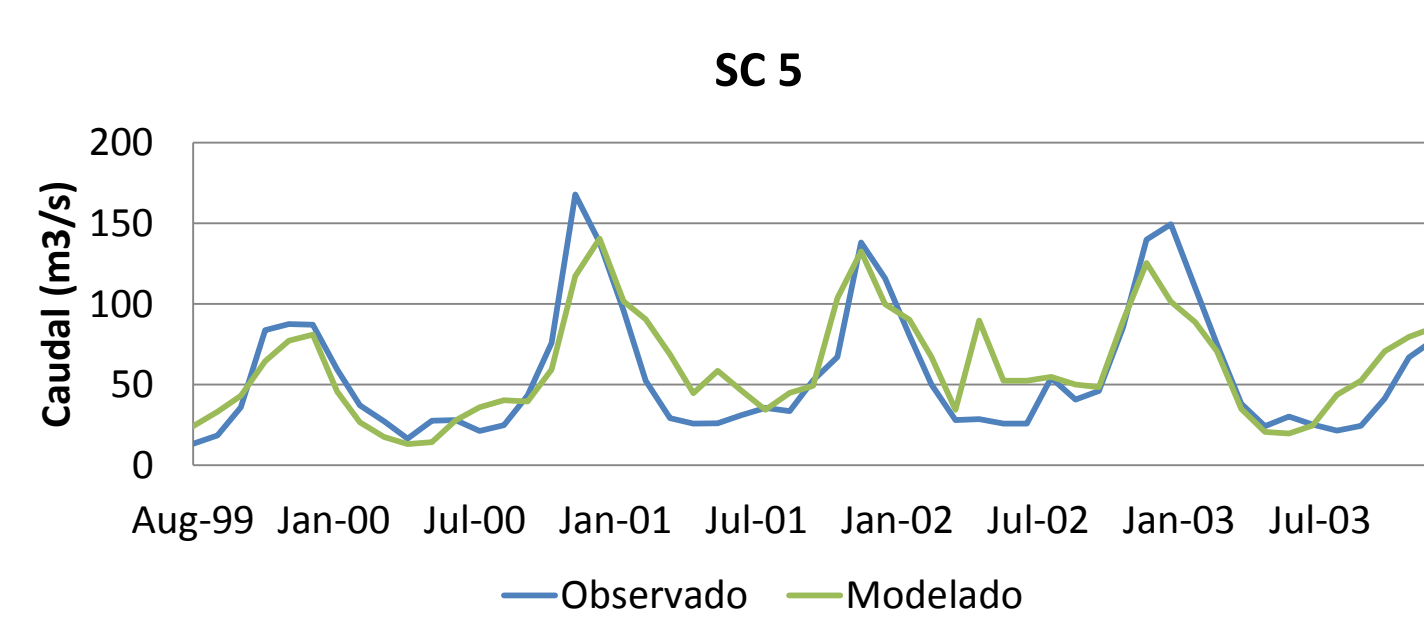
Weather generation

The daily amount of precipitation phenomenon, can be considered of a stochastic nature. This premise can be supported by the fact that associated with each daily event of precipitation, there is a probability of occurrence, which is not necessarily independent of the rain amounts fallen in previous days. In this way we can associate each event a certain probability of occurrence, which depends on previous events, called transition probabilities. These values of transition probabilities are estimated from historical rainfall data series. A process of this kind is called Markov chain process (Richardson, 1981.; Geng et al., 1986; Selker and Haith, 1990). Generating a daily time series of events of days with rain, it is possible to estimate the associated precipitation amount, assuming that this is due to a distribution type Weibull (W. Weibull, 1951).



Results

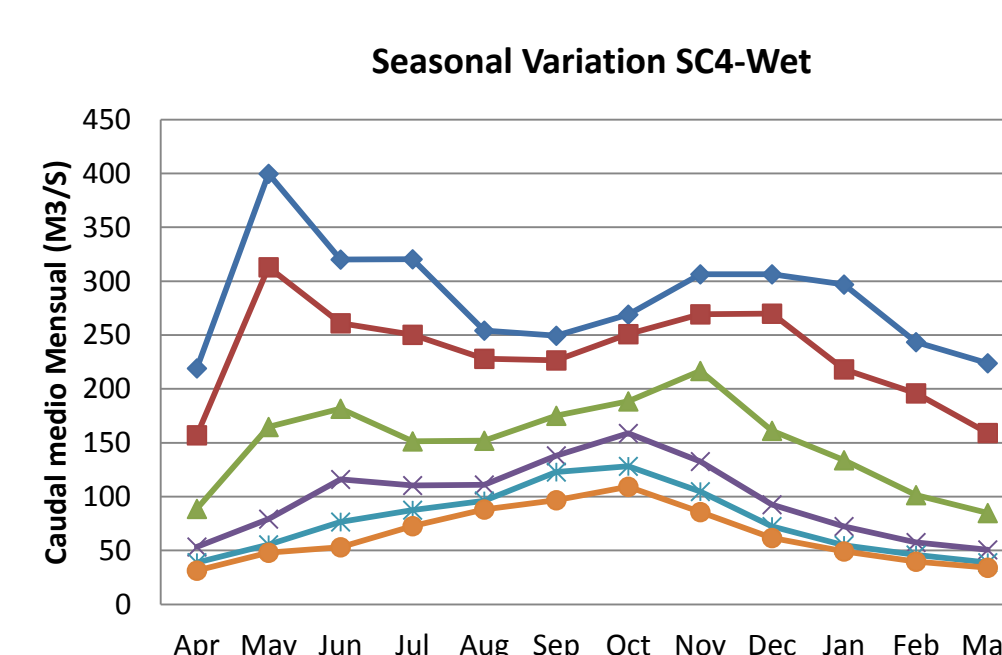
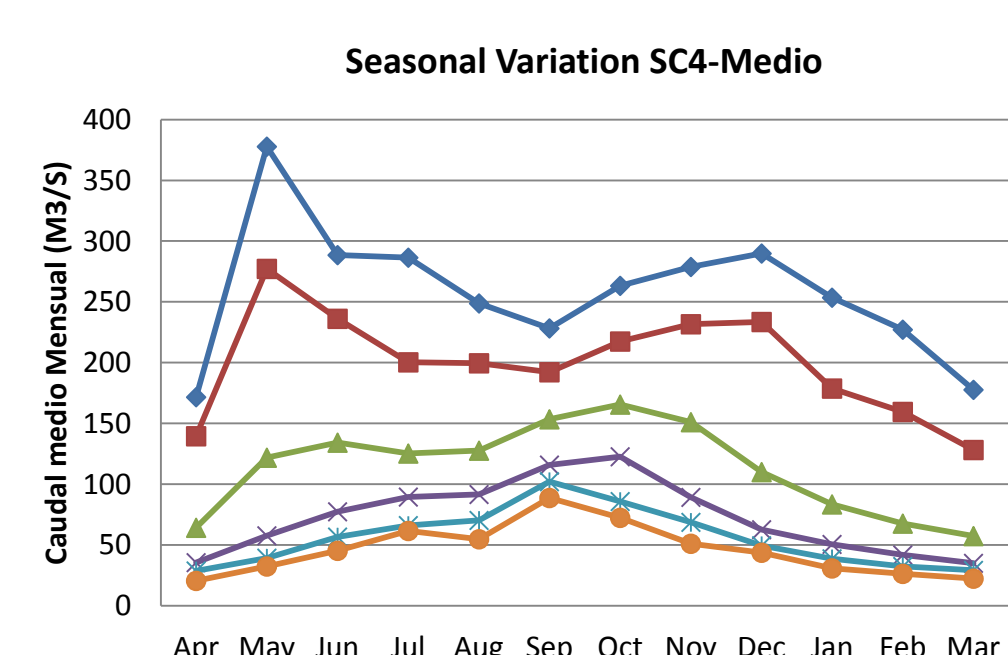
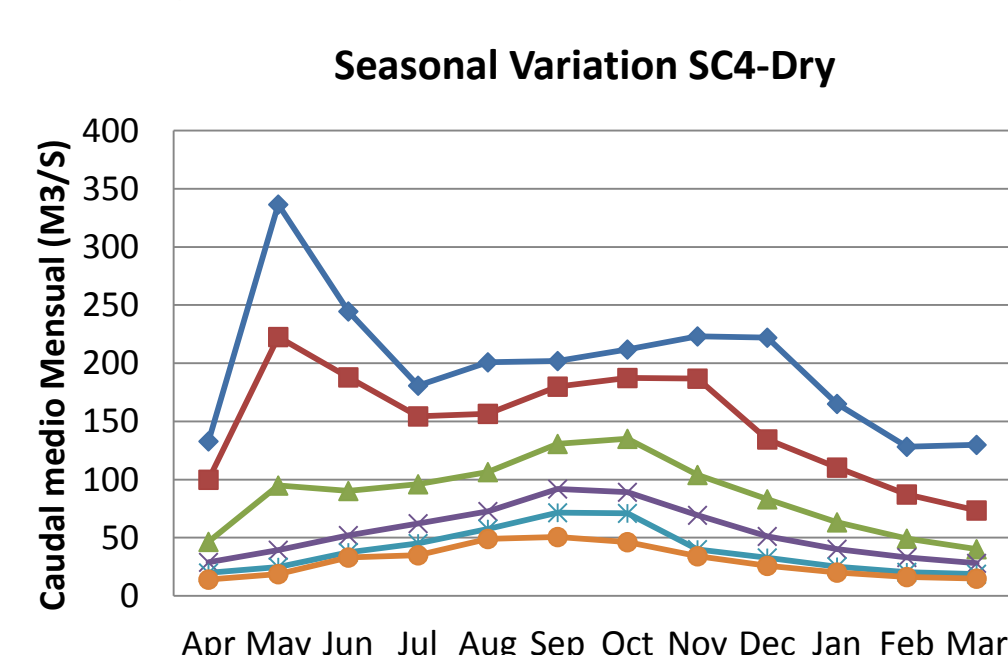
Calibration and validation



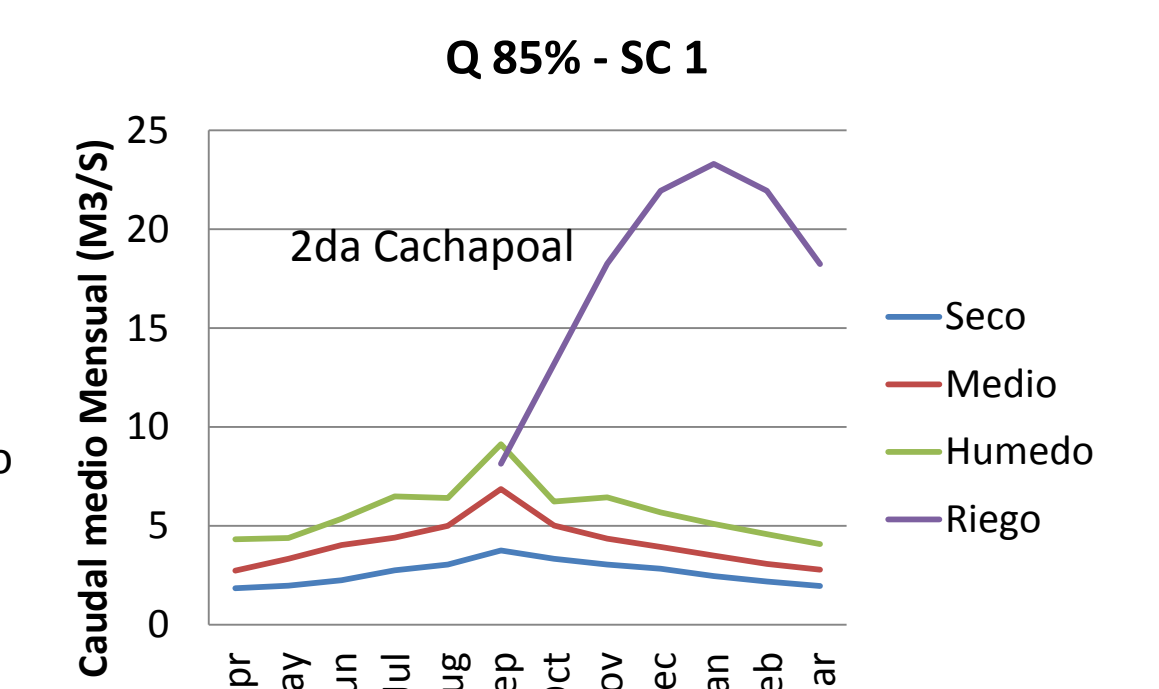
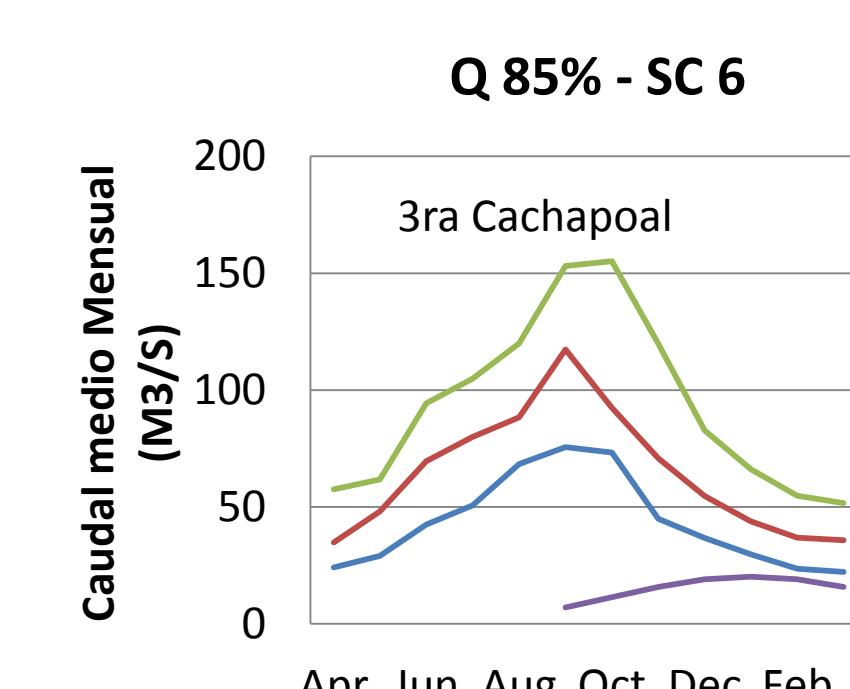
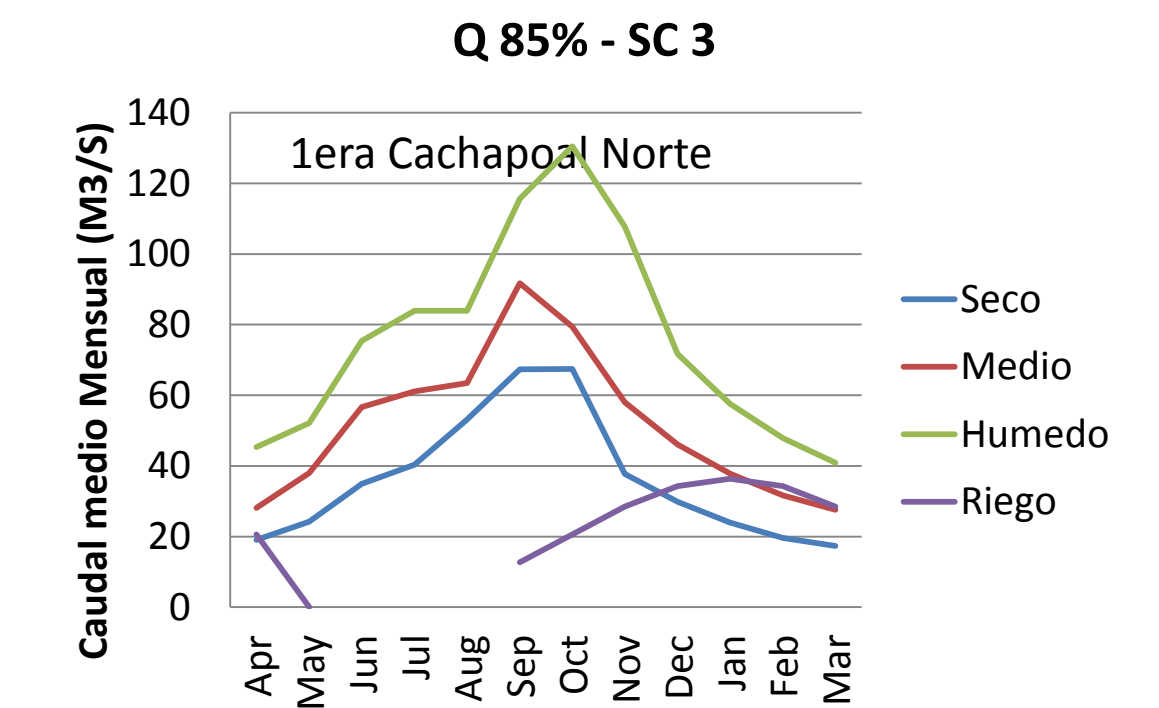
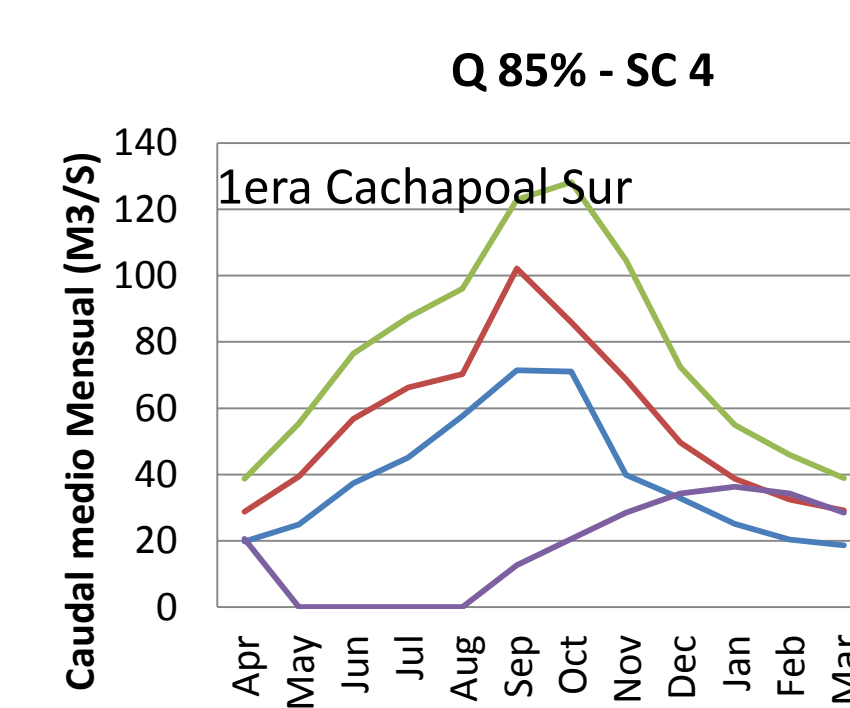
Nash Sutcliffe and R².

Coef.	Sub Catchment		
	5	7	9
N-S	0,42	0,35	0,69
R2	0,45	0,56	0,76

Scenarios flow simulation



Comparison with irrigation demand (85% probability)



Conclusions

Under scenarios of low probability of precipitation in all sub basins occurred flow reductions in annual averages higher than 20%, being the summer months more criticals.

In scenarios of high probability of precipitation all sub basins increase the annual averages flow close to 20%, being maximum the effect in summer in the low basins, without snow.

The irrigated areas up stream present water demand according to the availability in medium scenario. Will be affected in dry scenario. The irrigated areas down stream present water demand lower than availability

→ Contact address: Institute of Agricultural Research (INIA) / Hamil Uribe, P.O. Box 426 Chillán, Chile
Phone: +56 42 2206759
Email: huribe@inia.cl

→ This project has been funded by FONTAGRO

Modelling Climate Change Scenarios in a Scarcely Gauged Lowlands Catchment (Quequen, Argentina)



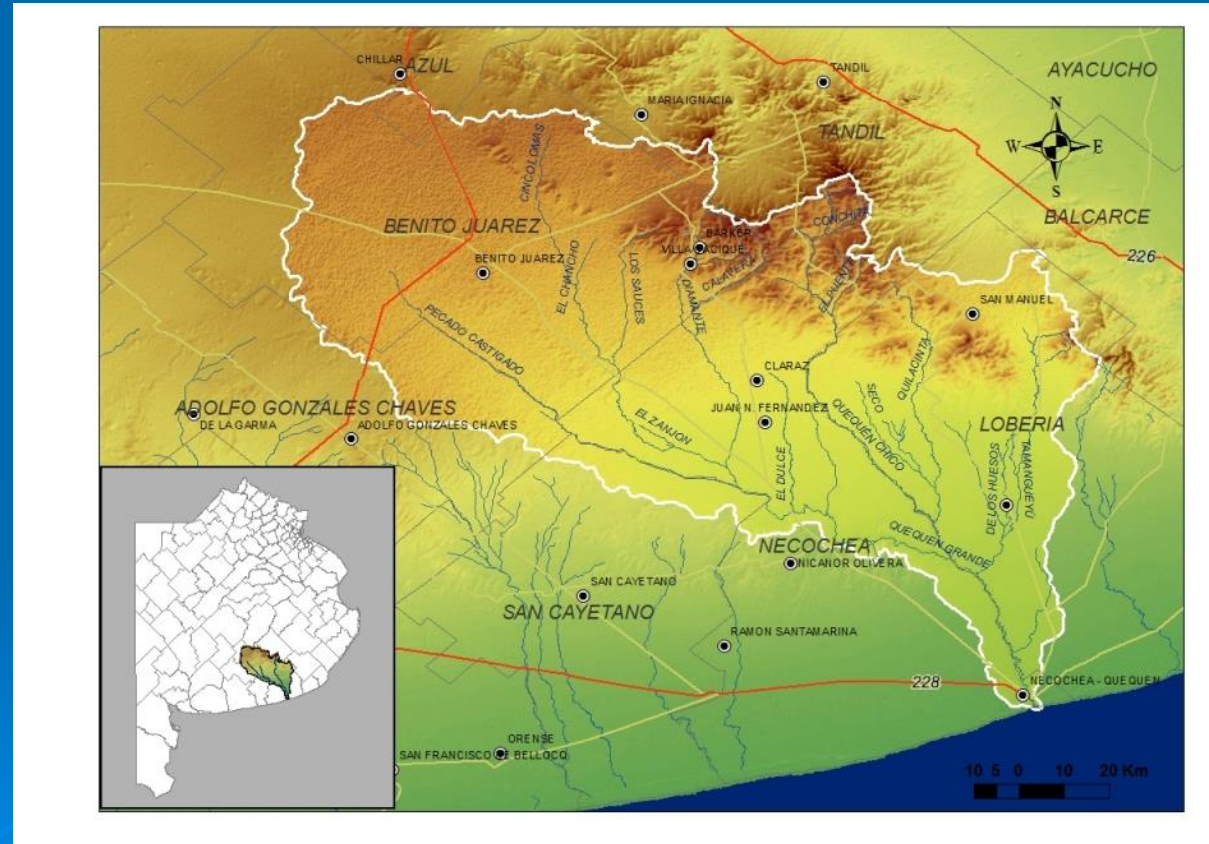
María Victoria Feler
Howard van Meer
Daniel Prieto Garra

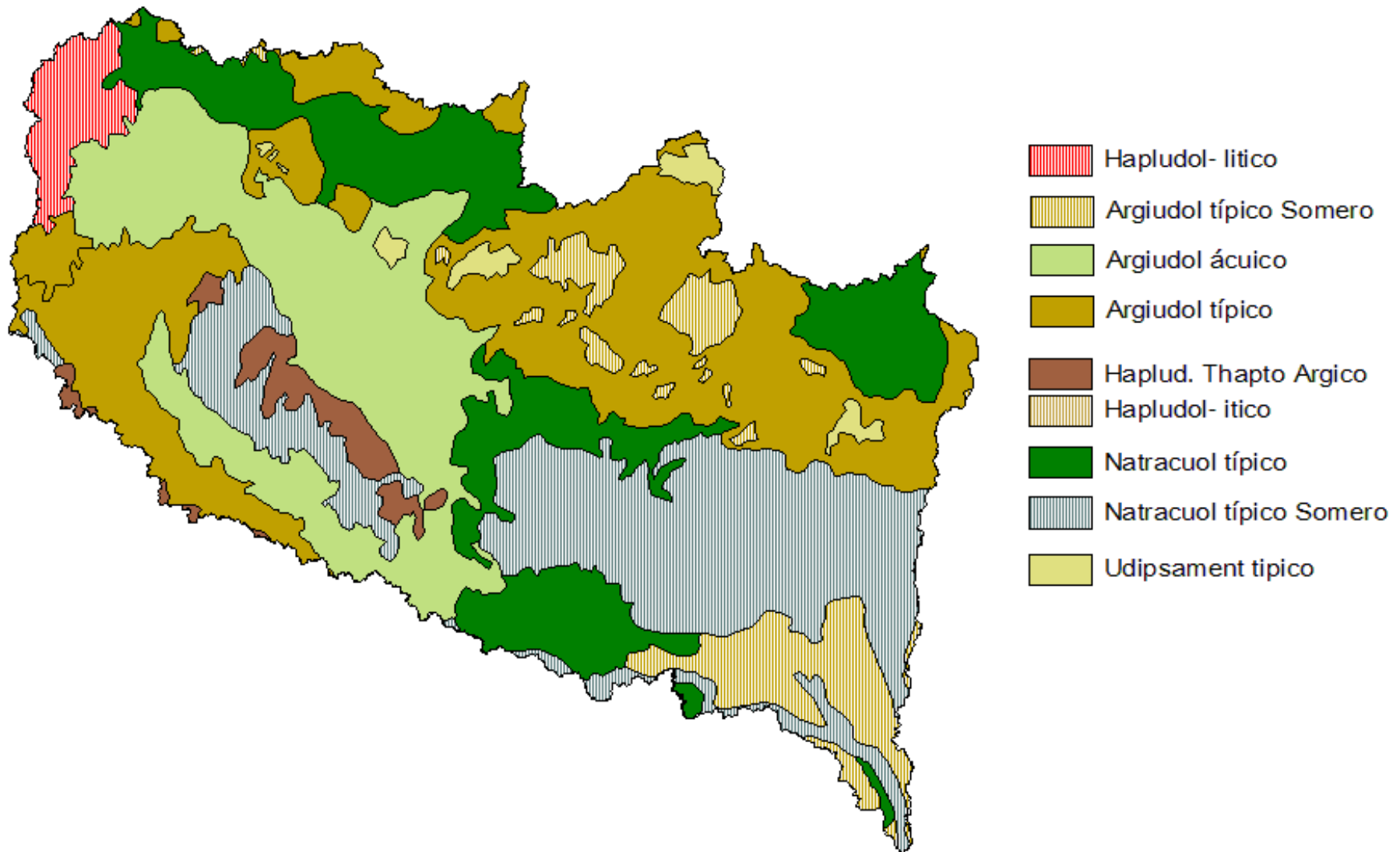
2014 International SWAT Conference 30 July – 1st of August,
Porto de Galinhas, Brazil

Model Quequen catchment using SWAT as tool

Specific objectives:

- Adaptation of input parameters to local conditions
- Calibration and validation of model
- Generate climate scenarios for water management





Land Use Class	Area (Ha)	Area (%)
Pastures	681,498	73%
Corn	15,221	2%
Soybean	23,416	3%
Sun Flower	78,445	8%
Wheat & Barley	132,631	14%
Water	4,323	0.5%
Total	935,533	100%

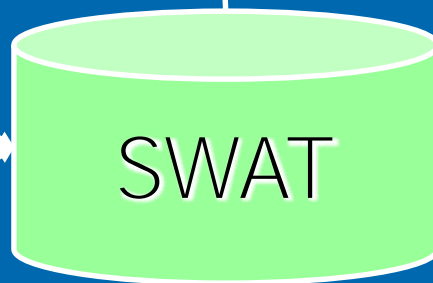
Input

DEM (SRTM 90)

Soil Map

Land use

Climate



HRU

Output

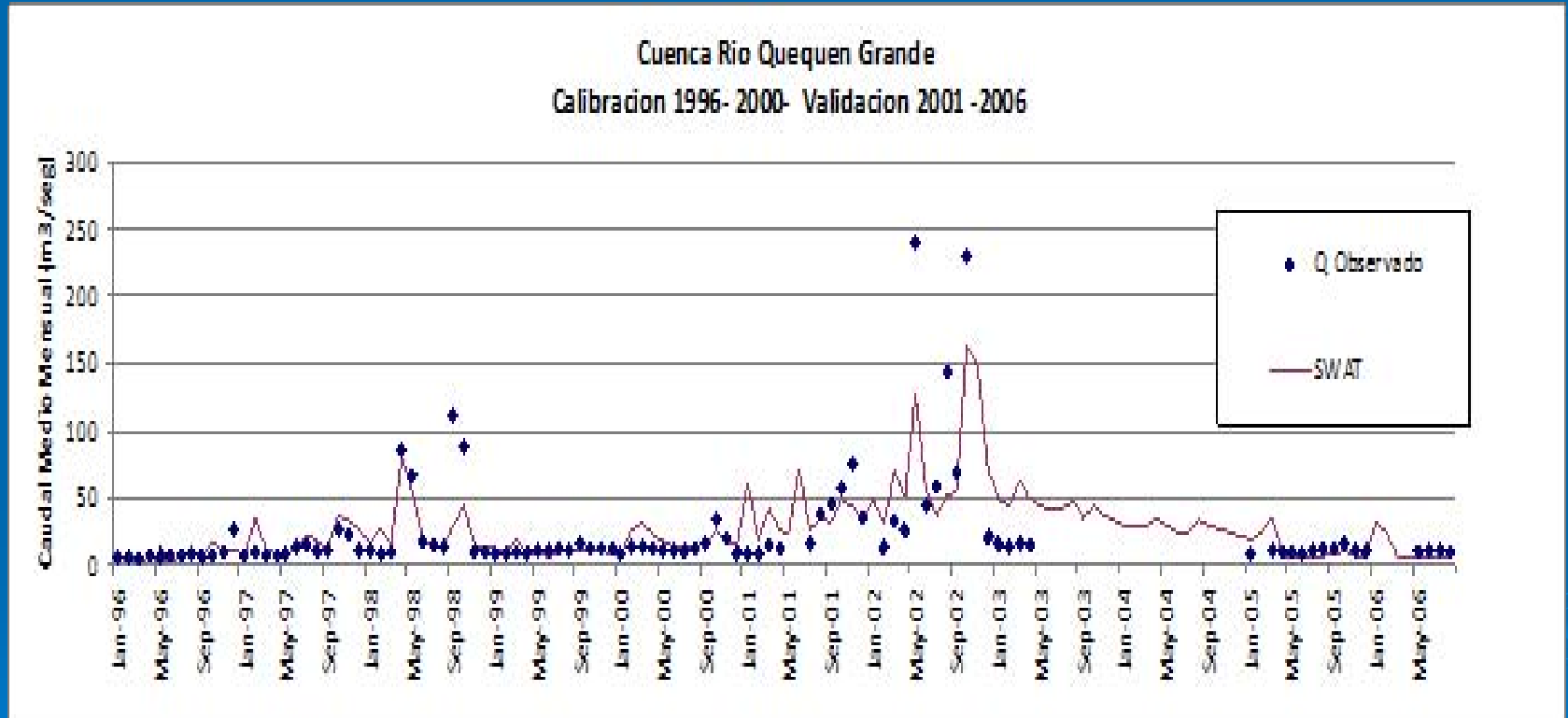
Discharge (m³/s)
"La Cascada outlet"

	Range %
Use	20
Soil	10
Slope	20

Soil and Water Assessment Tool
(Arnold et al., 1998)



Calibration and validation graph



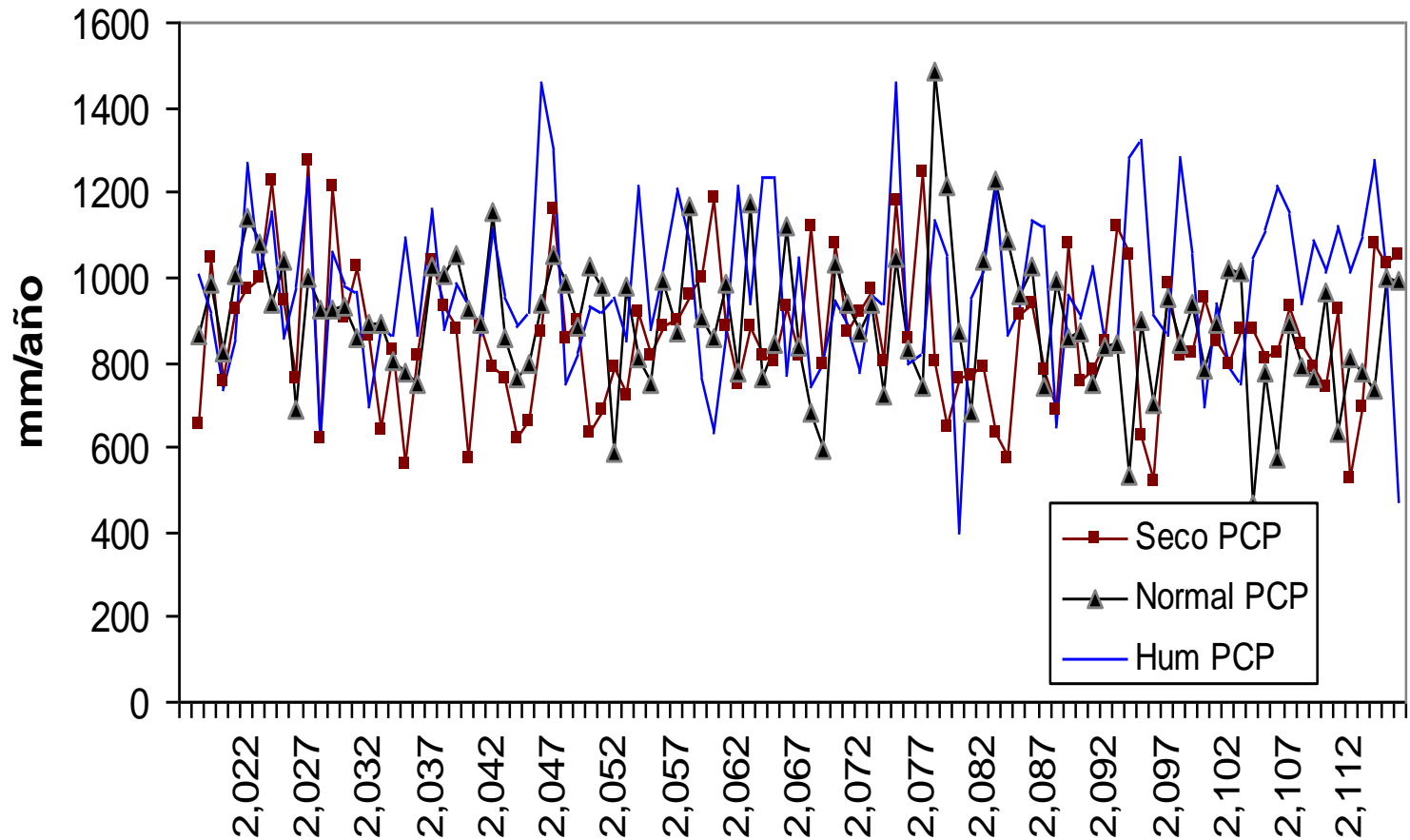
Calibration and validation results for “Cascada” outlet

Parameter	Description	Scale
CN2	SCS runoff curve number	1
AWC_SOL	Available water capacity of the soil layer	2
GWQMN	Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow to occur	3
ESCO	Soil Evaporation Compensation factor	4
RCHRG_DP	Deep aquifer percolation fraction	5

	Calibration	Validation
	1996-2000	2001-2006
Average measured discharge Río Hondo (m ³ .s ⁻¹)	16.54	36.01
Average modelled discharge(m ³ .s ⁻¹)	16.70	36.58
Nash y Sutcliffe coefficient (NS)	0.75	0.61
R ²	0.72	0.80
RMSE (m ³ .s ⁻¹)	14.17	33.31

Climate Scenarios

Lluvias Anuales - Escenarios Climaticos 100 años

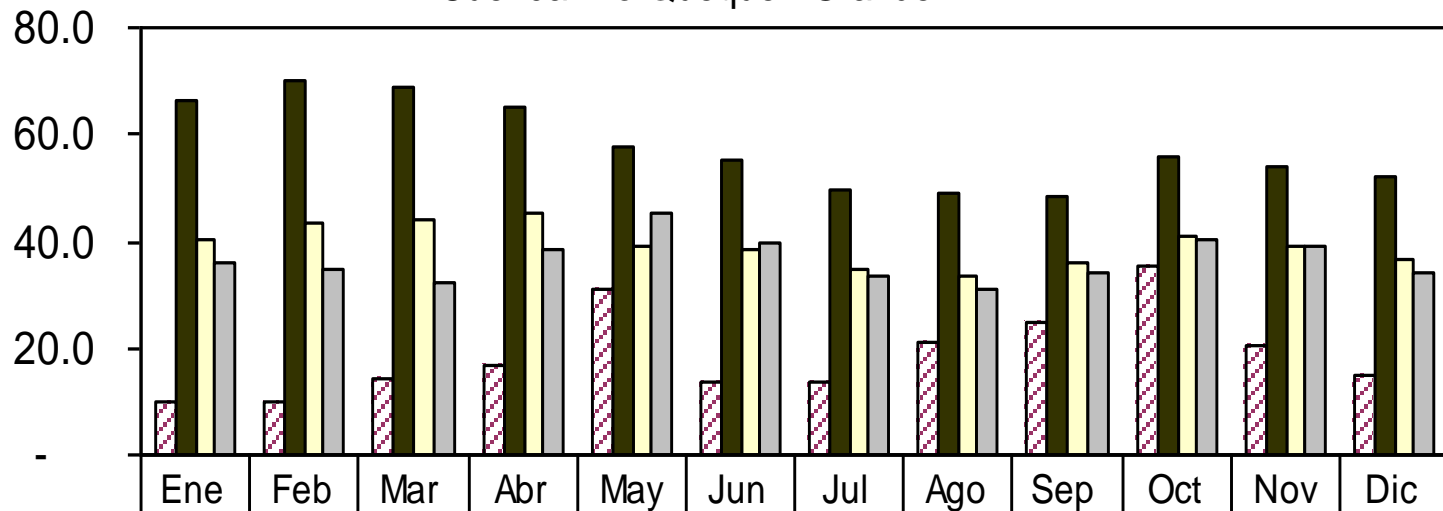


Future climate scenarios

Escenarios Climaticos

Caudales Mensuales Estimados con SWAT 2009

Cuenca Rio Quequen Grande



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
▨ Q Observado	10.2	9.8	14.5	16.7	31.2	13.4	13.7	21.0	24.7	35.3	20.2	15.2
■ Humedo	66.4	70.3	69.0	65.0	57.8	55.5	49.4	49.1	48.4	56.0	54.2	52.0
□ Normal	40.0	43.1	44.2	45.2	39.4	38.5	34.7	33.6	35.8	41.1	39.3	36.7
▒ Seco	36.2	34.4	32.0	38.1	45.1	39.6	33.5	31.1	34.1	40.1	39.3	34.0

Conclusions and Discussion

- Local inputs for SWAT
- Reasonable adjustment
- Discharge increase for every scenario
- Better adjustment of inputs increase of observation points
- Multidisciplinary water management



Thank you for your attention

Email:

vanmeer.howard@inta.gob.ar

mvfeler@cnia.inta.gov.ar

prietogarra.daniel@inta.gob.ar

