



Comprender el impacto de la agricultura en la calidad del agua en Oregon

Jeffrey Jenkins y Phil Janney

Departamento de Toxicología Ambiental y Molecular

Estación Experimental Agrícola y Servicio de Extensión

Universidad Estatal de Oregon

Oregon State
UNIVERSITY

Agricultural
Experiment Station



OSU Extension
Service

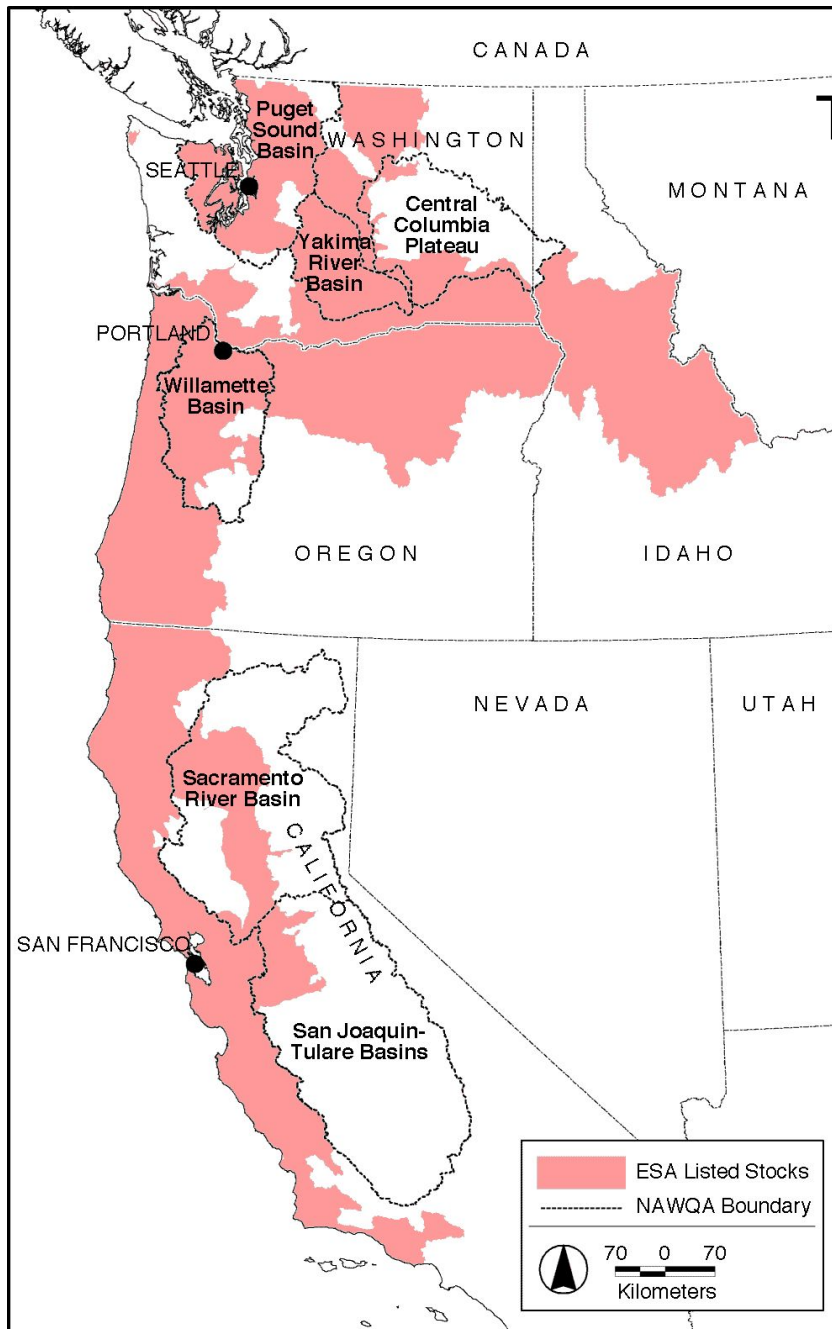
Impacto de la agricultura en la calidad del agua en Oregon y el Noroeste del Pacífico



Uso de plaguicidas y calidad del agua: ¿una gran preocupación?

- Los estudios de monitoreo muestran detecciones frecuentes de plaguicidas en aguas superficiales en algunos lugares.
- Comunidades preocupadas – contaminación del agua potable.
- Protección de los recursos acuáticos: salmónidos incluidos en la Ley de Especies en Peligro de Extinción, red alimentaria.





Washington Toxics Coalition vs.EPA Tribunal de Apelaciones del Noveno Circuito (2001)

La EPA no consultó con la NOAA acerca del registro de 54 plaguicidas.

Salmón y trucha arcoíris listados
por la ESA

28 unidades evolutivamente
significativas *Oncorhynchus kisutch*



Oncorhynchus keta



Oncorhynchus nerka

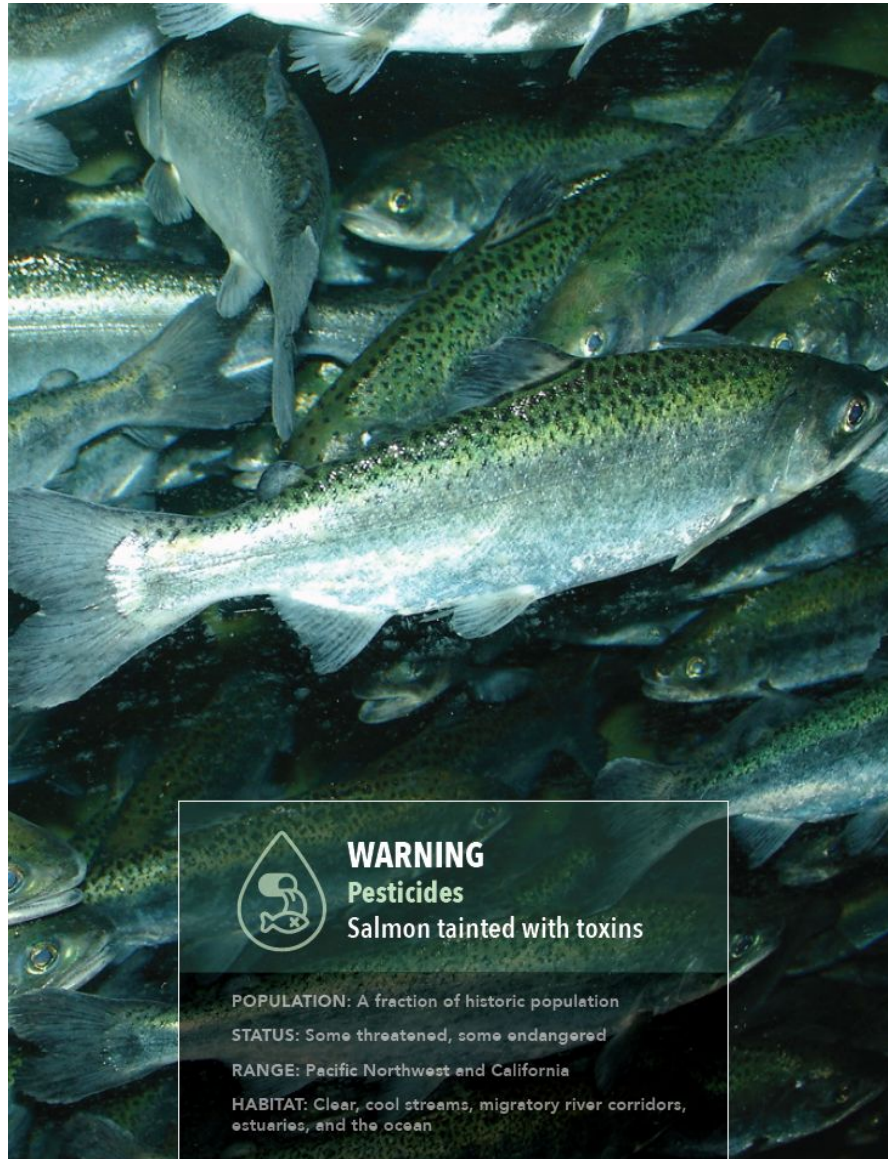


Oncorhynchus mykiss



Oncorhynchus tshawytscha

Coalición de Especies en Peligro de Extinción, 2019



Chinook Salmon

Oncorhynchus tshawytscha

Chinook salmon, the largest salmon, have sustained Native American tribes since time immemorial and supported thriving fishing communities throughout the Pacific Northwest and California. Born in cold, freshwater streams, these salmon migrate to the ocean, where they mature to adulthood and live for several years. For their final chapter, **the Chinook journey hundreds of miles upstream**—to the very waters where they were born—and then they breed and die. Their carcasses feed bears, eagles, and other wildlife and deposit rich marine nutrients in forests that shade and protect streams and rivers.

Los productos químicos tóxicos perjudican la capacidad del Chinook para nadar y evadir a los depredadores, y contaminan los tejidos grasos de este salmón.

Chinook salmon have declined due to human activities, including overfishing, development, and agriculture. Our dams block their migration and outright kill them. And they are impacted by pesticides, which enter salmon streams in **contaminated runoff**. These toxic chemicals kill salmon prey and aquatic plants that provide cover and shelter. They impair salmon's ability to swim and evade predators. And they deposit in the fatty tissues of the Chinook.

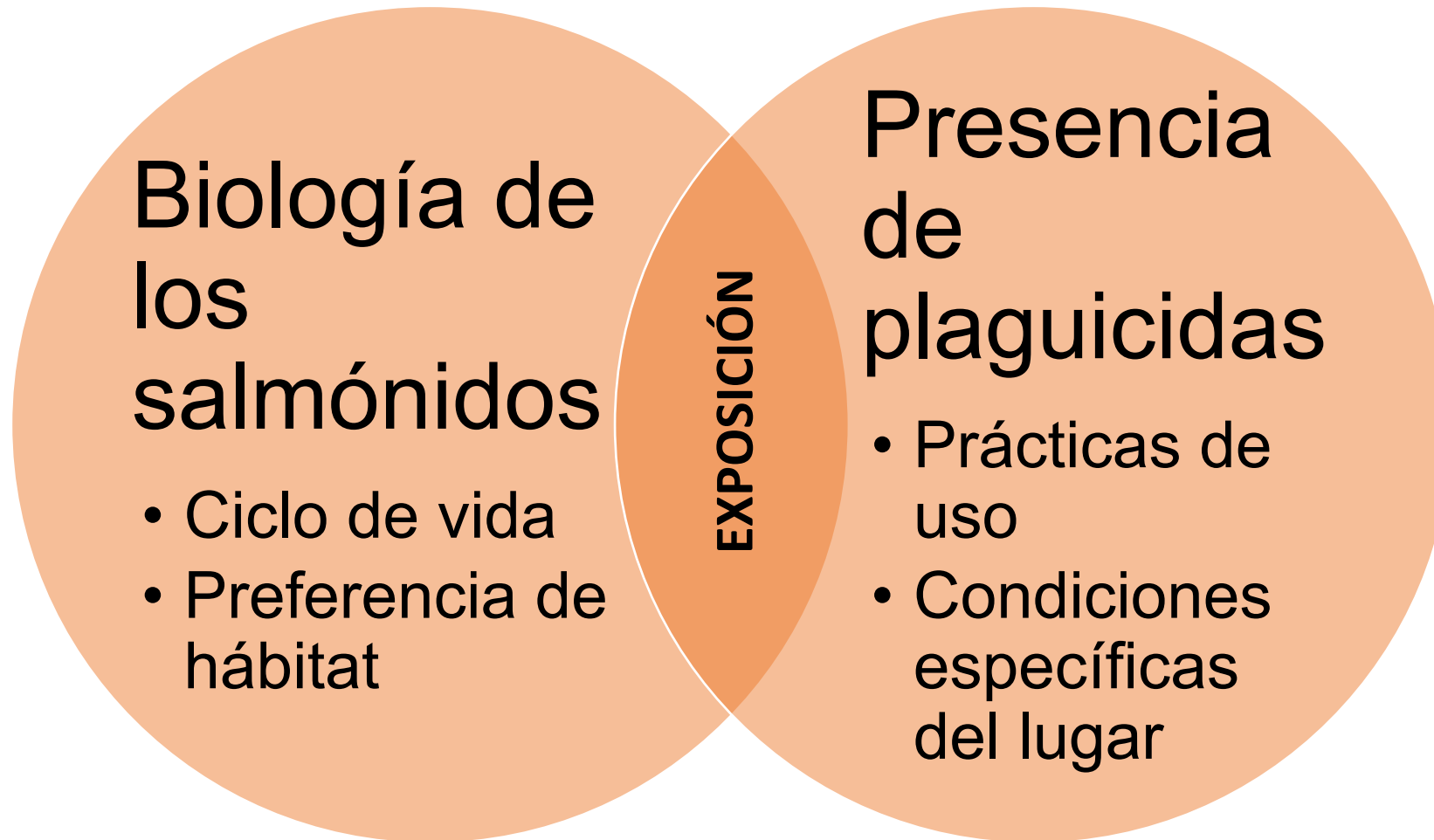
As the fattiest salmon, **the Chinook are critical to the survival of endangered Southern Resident orca whales**. These orcas swim in the Salish Sea—interconnected waters including Puget Sound, the Strait of Juan de Fuca, and Strait of Georgia—and in coastal ocean waters off the Pacific Northwest. They are fish-eating mammals that rely on salmon for survival, and they greatly prefer the fat-rich Chinook. Indeed, about 80 percent of their diet is comprised of these salmon, and they need 300 to 350 pounds of them every single day to avoid starvation.

But thanks to those migration-blocking and salmon-killing dams, the orcas' primary food supply is disappearing. And the Chinook they do consume are likely tainted with toxins that then deposit in the orca's own fatty reserves. This orca population has plummeted due to recent deaths from starvation, reproductive failures, and calf mortalities. Fewer than 75 remain. A tangled web of challenges—including the toxic impact of pesticides—**is pushing each of these species closer to extinction**.

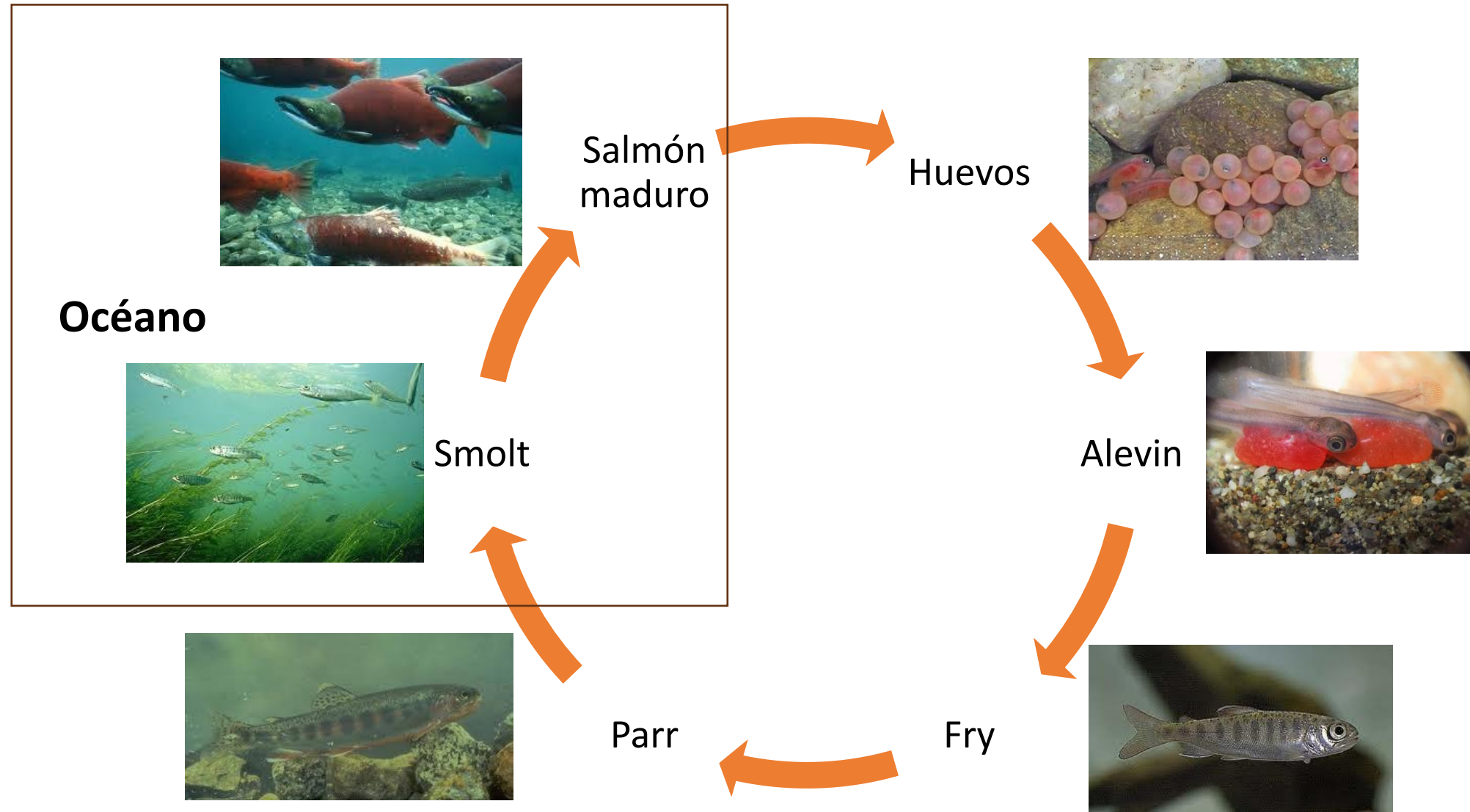
Young Chinook salmon
Zureka/Wikimedia Commons



Salmónidos del Pacífico: Oportunidades de exposición a plaguicidas



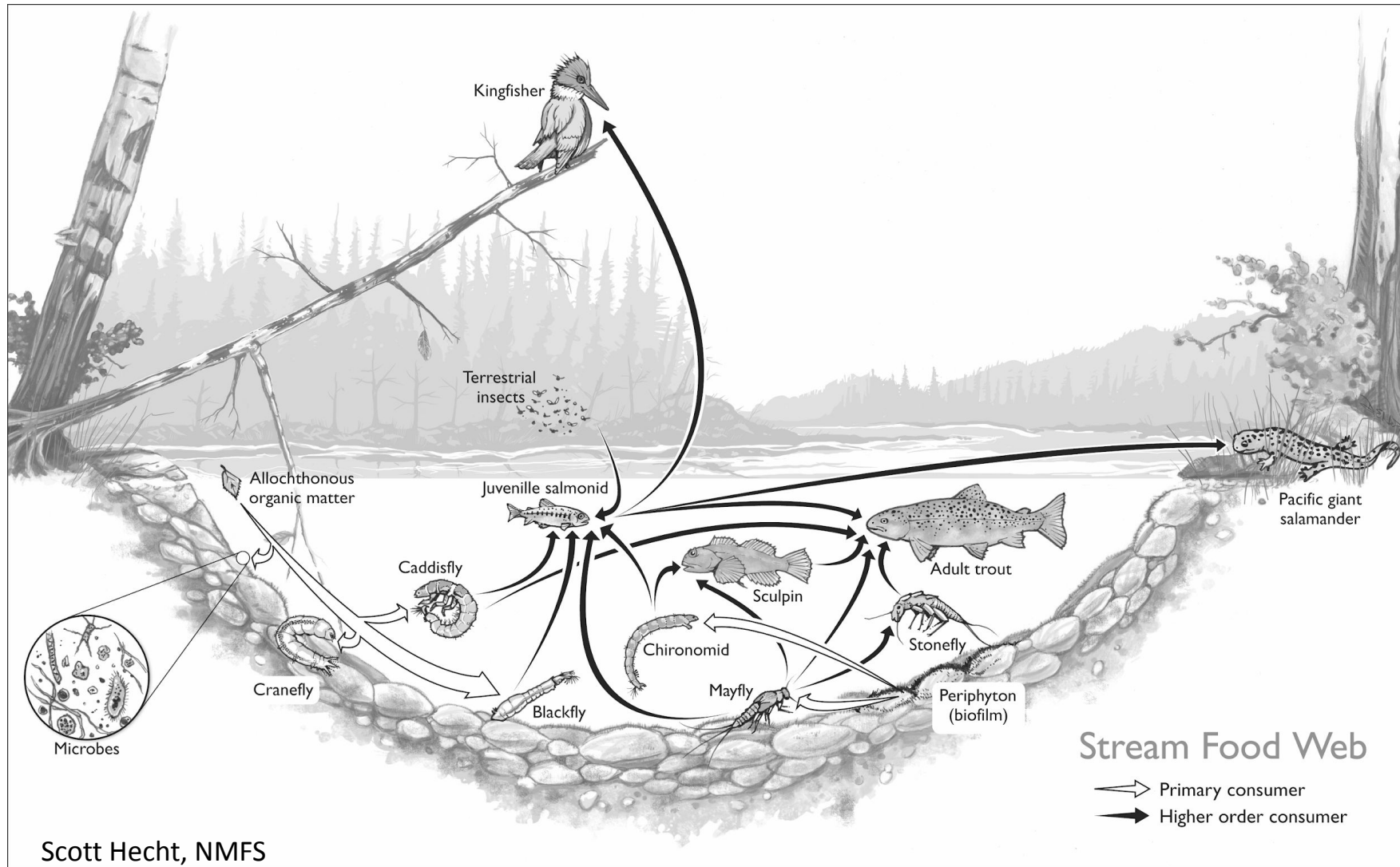
Ciclo de vida del salmón del Pacífico



Hábitat de desove del salmón del Pacífico



Biología del salmónido del pacífico, red alimentaria y hábitat crítico

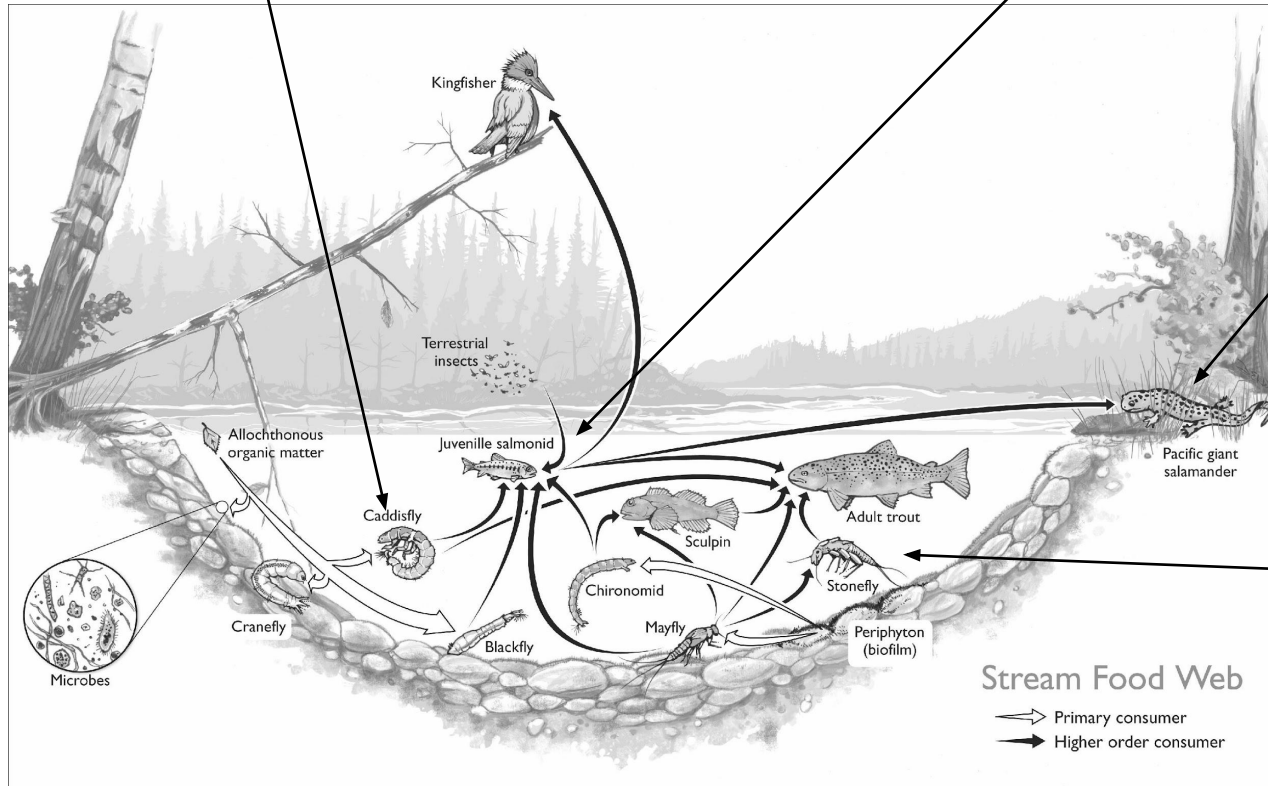




Katherine Palmquist



Jason Sandahl



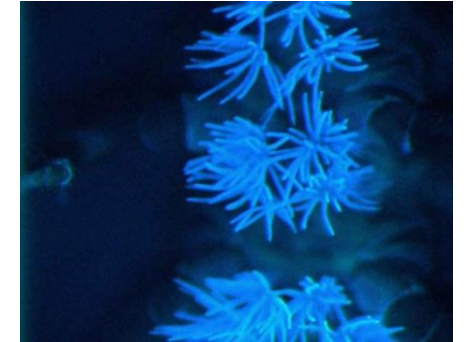
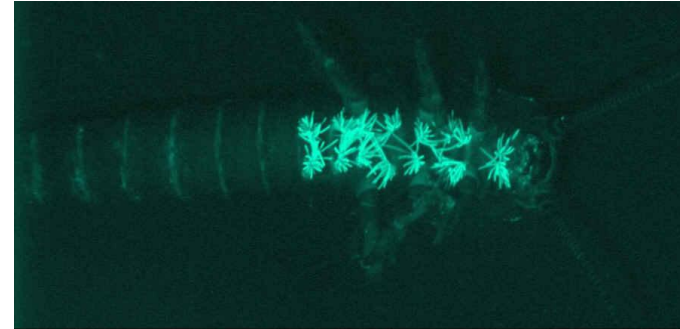
David Buchwalter

Hábitat de desove del salmón del Pacífico

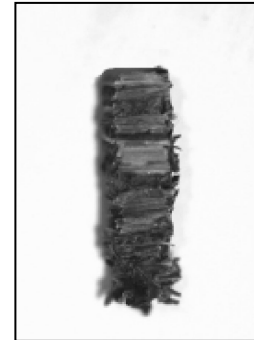


Comprendiendo los efectos químicos en las especies nativas de agua dulce

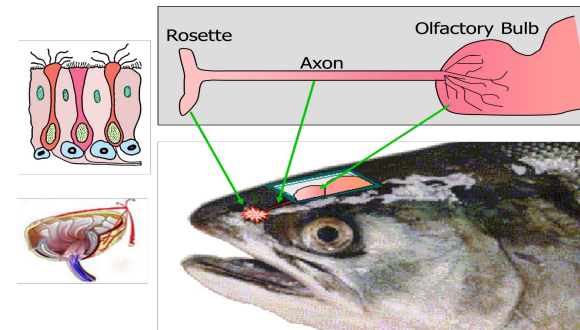
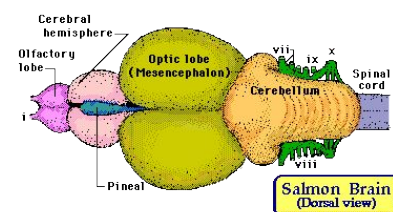
Cómo respiran los insectos acuáticos
determina el daño por
productos químicos.



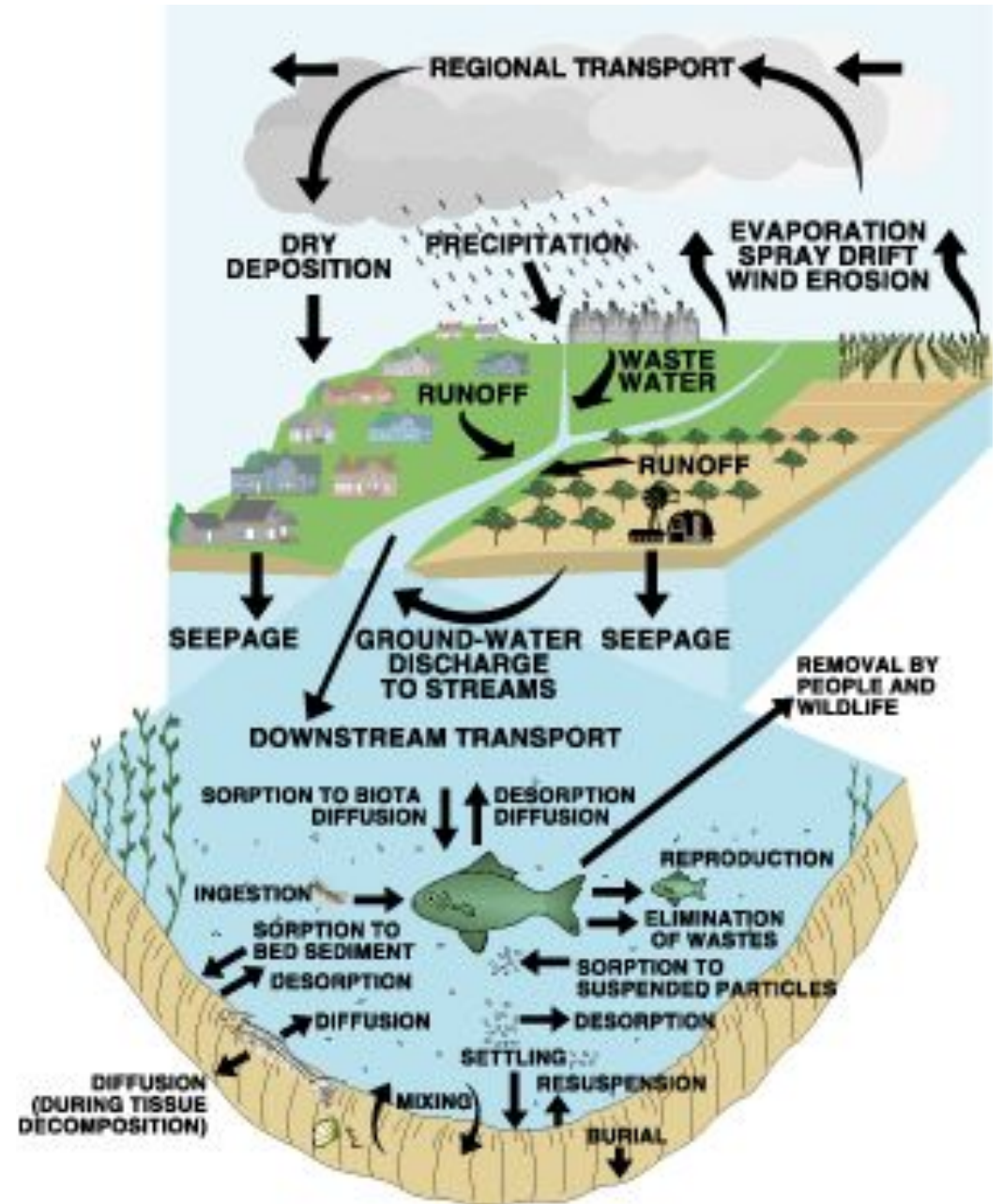
El Tricóptero sale de su
estuche cuando está
expuesto a productos
químicos.



Los químicos afectan al sistema
nervioso juvenil del salmón; cómo
huelen, alimentan y evitan a los
depredadores.



¿Cuál es la contribución de la agricultura a la carga química y su impacto sobre la salud humana y ambiental en el Noroeste del Pacífico?



Gestión de plaguicidas, leyes y reglamentos

- USDA – Un objetivo de la hoja de ruta para el Manejo Integrado de Plagas (MIP): reducir los efectos ambientales adversos irrazonables de las plagas y el uso de prácticas de manejo de plagas.
- EPA – FIFRA: Uso etiquetado como plaguicida si no hay efectos adversos irrazonables para los humanos o el medio ambiente, o si hay certeza razonable de que no causará daño (FQPA).
- EPA – ESA permite el uso de plaguicidas que no causen daño a las especies amenazadas o en peligro de extinción, en consulta con NOAA y USFW.
- EPA – Ley de Agua Limpia, Ley de Aire Limpio, Ley de Agua Potable Segura – potencial de regulación a nivel de la finca.

Partes interesadas en Oregon

- Usuarios de plaguicidas
 - Industria
 - Agricultura
 - Silvicultura
 - Derechos de paso
 - Municipal
 - Residencial
- Gobierno Federal
- Gobierno estatal/PSP/WQPMT
- Tribus
- Universidad de concesión de tierras/OSU
- Consejos de Cuencas Hidrográficas/OWEB
- Organizaciones no gubernamentales
- Distritos de conservación de suelo y agua
- Distritos de riego
- Público general

Monitoreo de plaguicidas en aguas superficiales en EE. UU. y Oregon

- Monitoreo del Servicio Geológico de Estados Unidos
 - Programa Nacional de Evaluación de la Calidad del Agua (NAWQA)
 - Estudios de la cuenca del río Clackamas
- Monitoreo de la Agencia de Oregon
 - Asociación para la Gestión de Plaguicidas (PSP)
 - 9 cuencas hidrográficas
 - 4 en el valle de Willamette

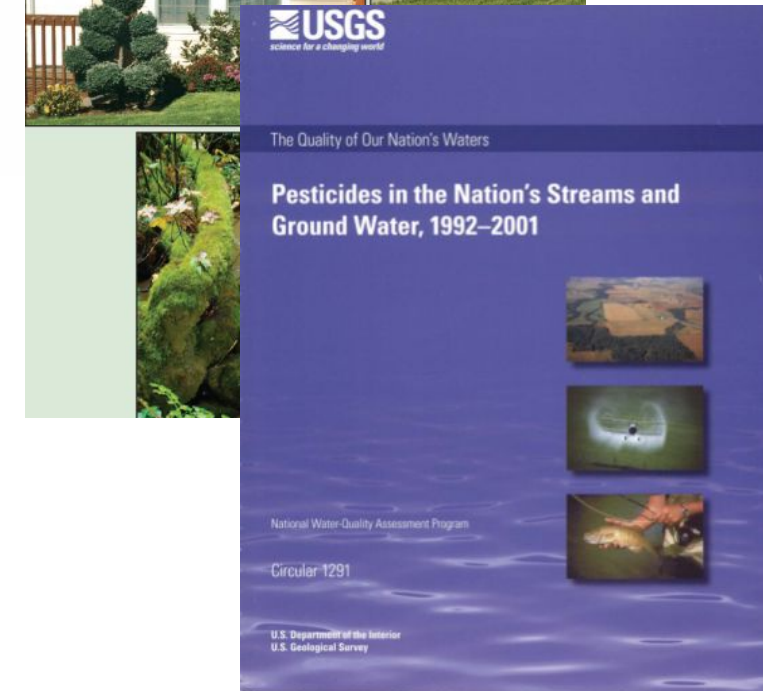
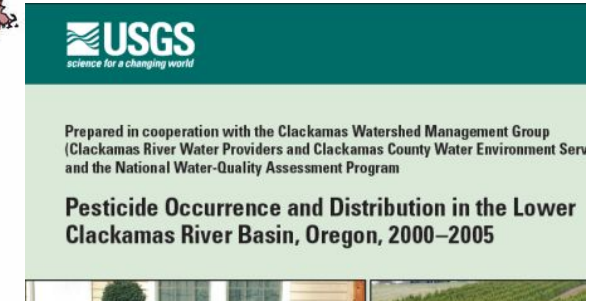
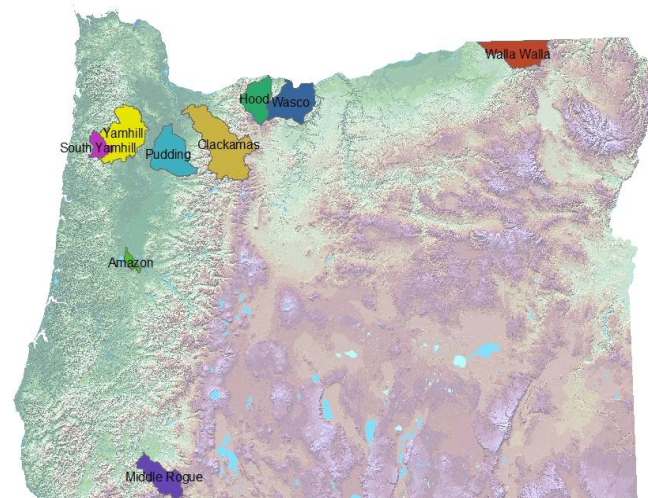
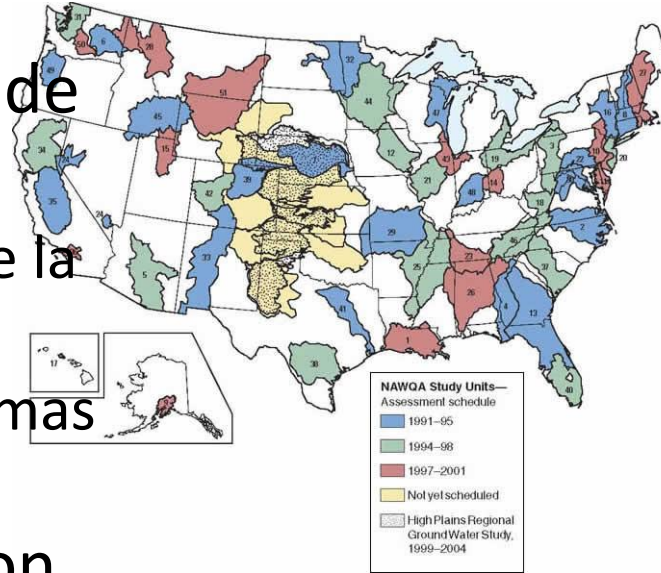


Diagrama causal de los factores que afectan la evaluación del monitoreo de plaguicidas en cursos de agua (Chow et al., 2020)

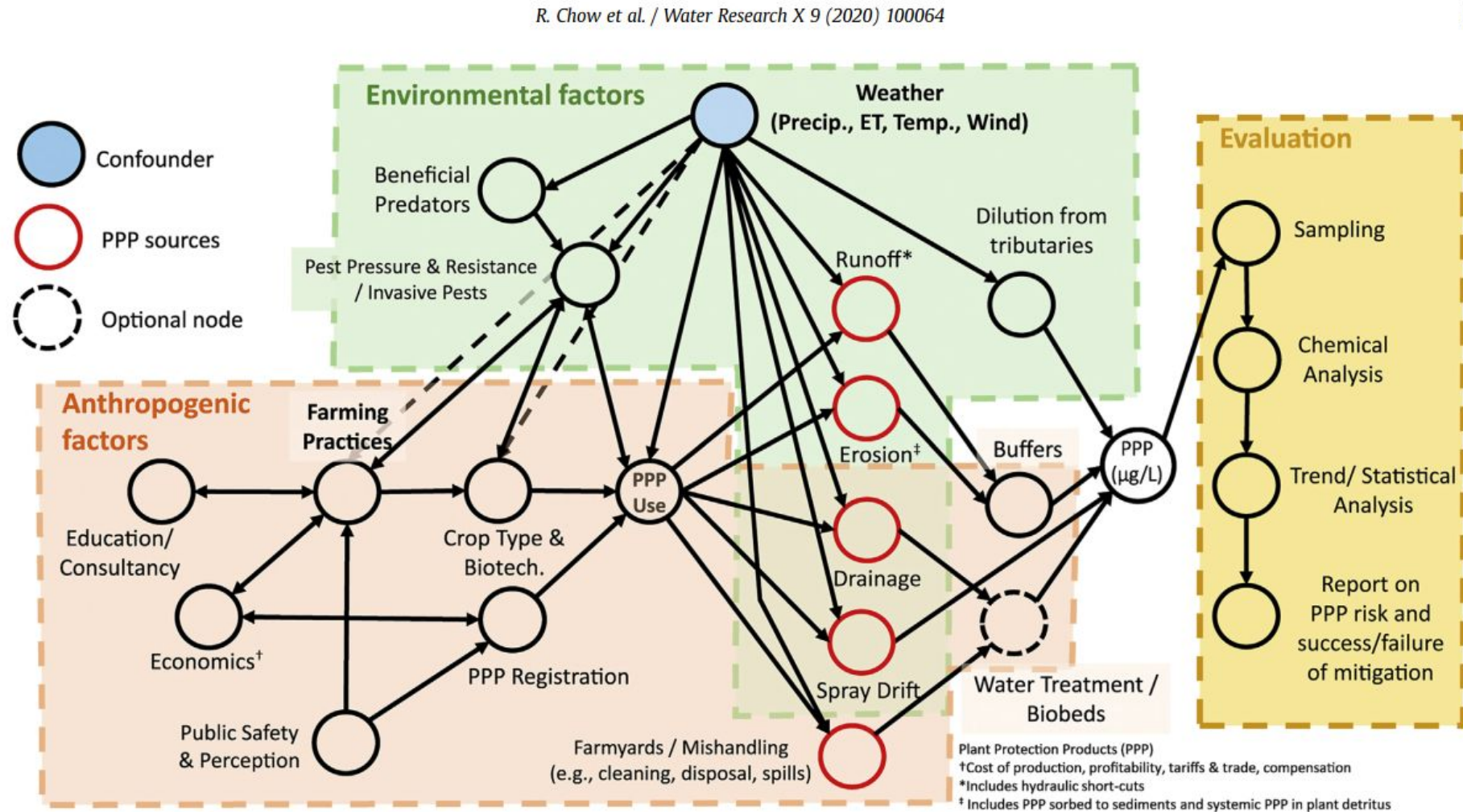


Fig. 1. Causal diagram of factors affecting evaluation of in-stream pesticide monitoring.

Agricultura sostenible

- El concepto central de la sostenibilidad¹ es que el éxito duradero requiere un enfoque integrado para:
 - producción de alimentos y otros productos
 - rentabilidad de la explotación agrícola
 - calidad de vida para agricultores, trabajadores y comunidades
 - administración de los recursos naturales
- La sostenibilidad requiere reconocer y actuar en función de los objetivos de productividad, económicos, sociales y ambientales como un conjunto simultáneo de atributos del sistema.

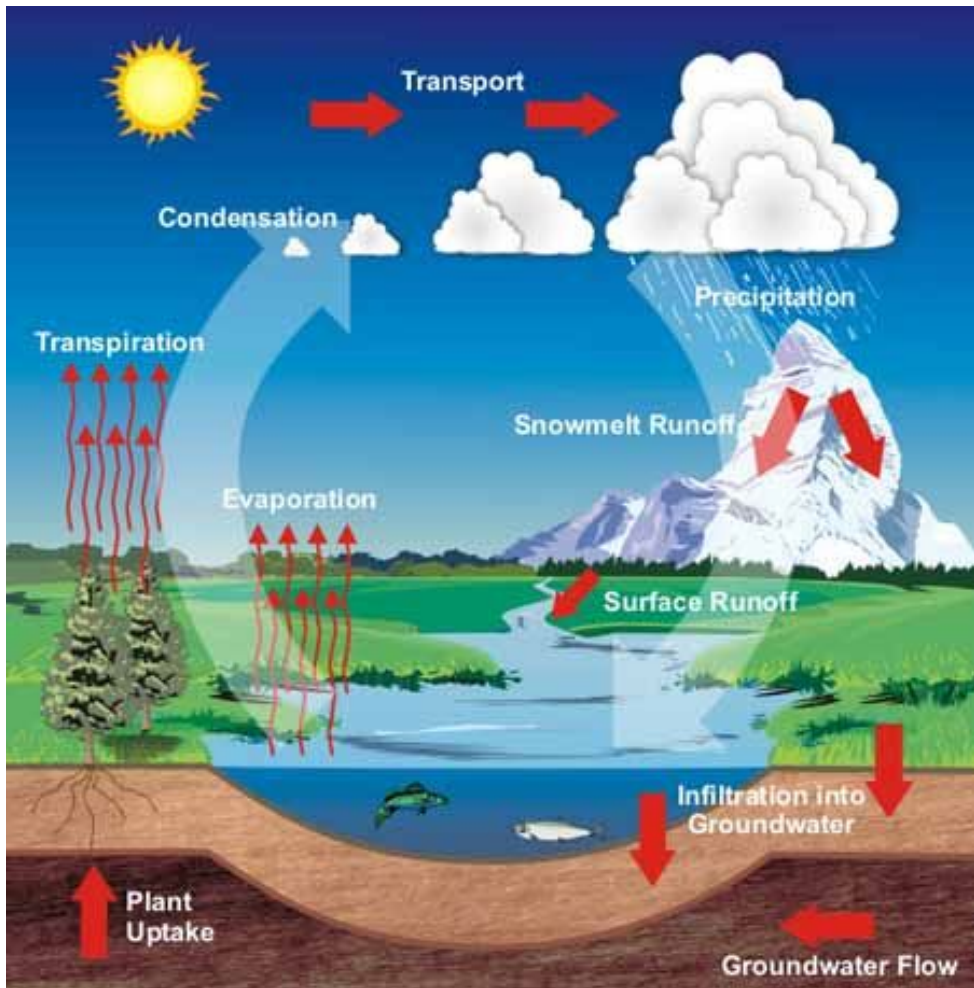
¹Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future. Annex to U.N. General Assembly document A/42/427.

Tecnología para posibilitar la agricultura sostenible

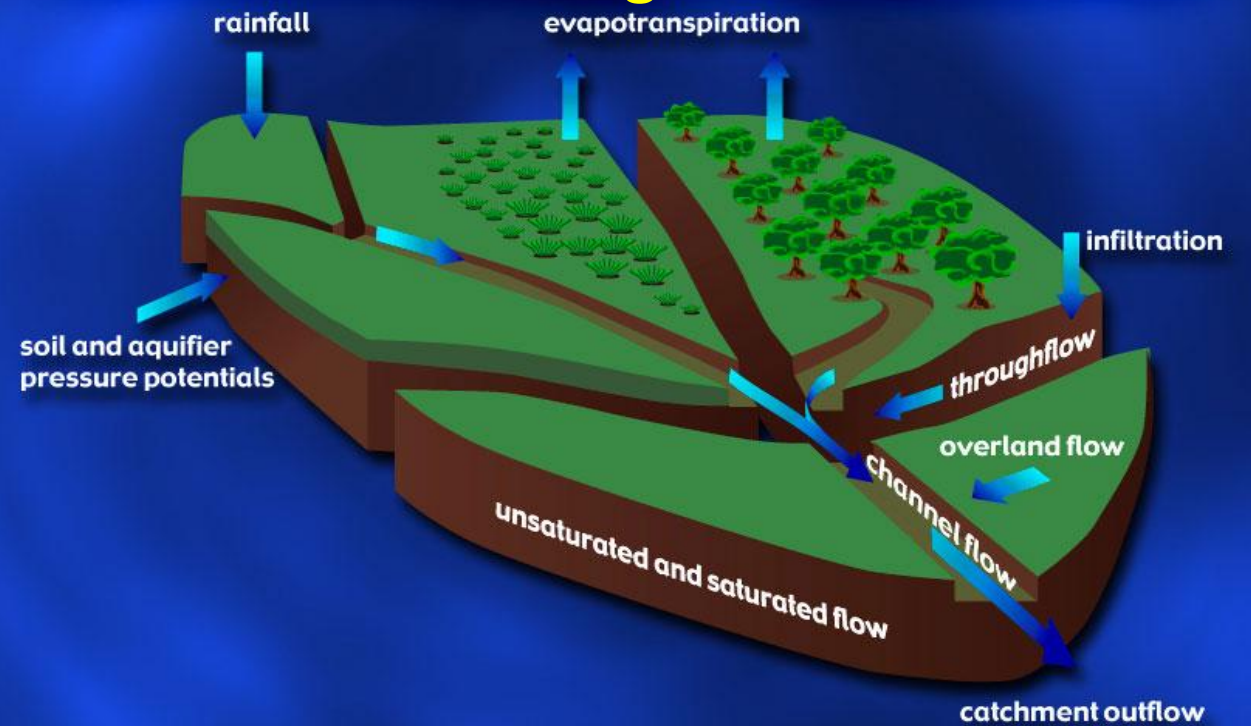
- Gestión de operaciones agrícolas
- Agronomía/horticultura/ciencia animal
- Manejo de plagas
- Manejo de nutrientes
- Gestión del agua
- Gestión de los recursos naturales
- Gestión de la cadena de suministro
- Gestión de la información

Sistema de
producción
en la finca

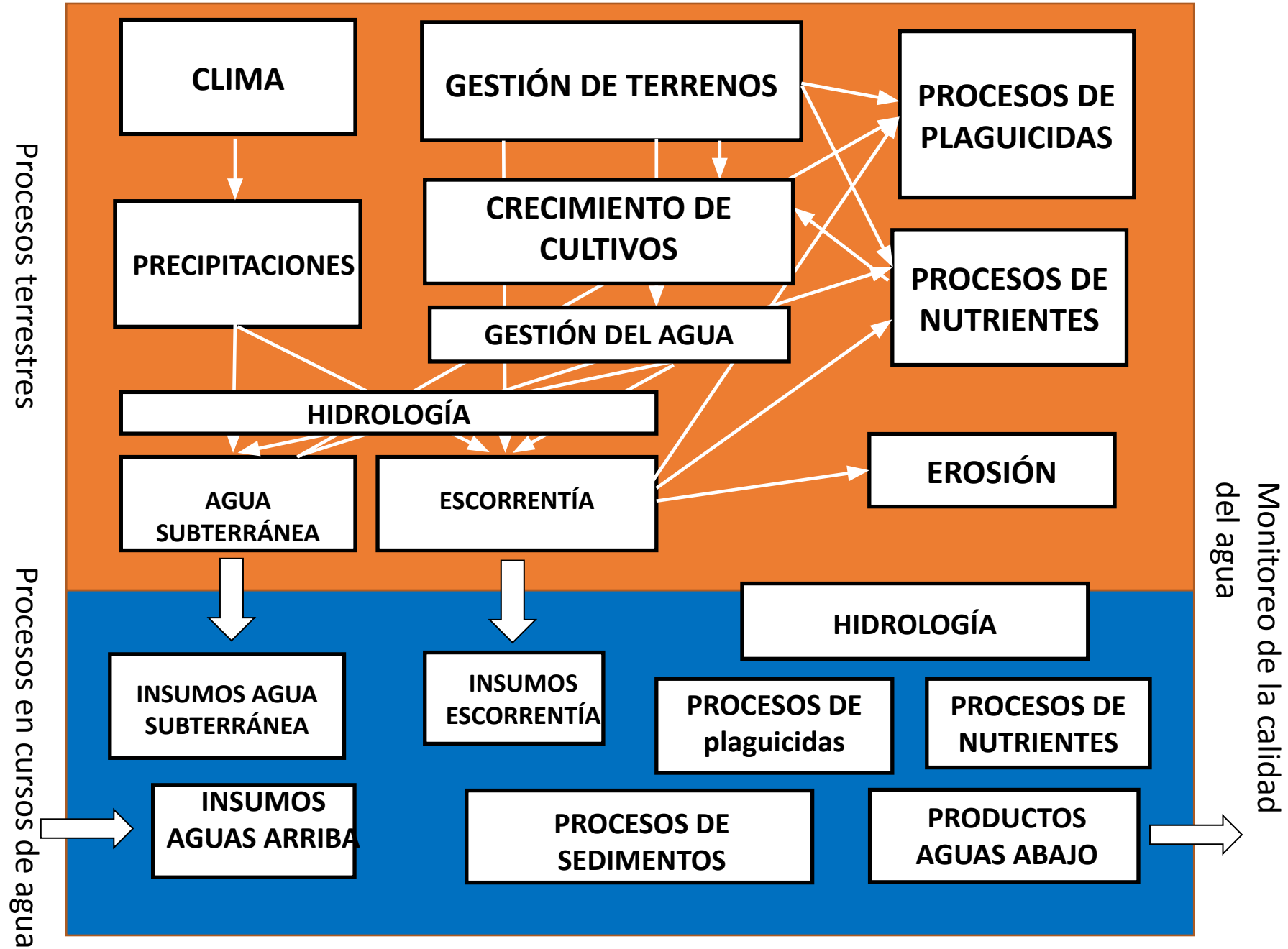
└─> Agricultura digital



Pérdida de plaguicidas a escala de cuenca hidrográfica



Gestión de la calidad del agua: modelo conceptual



Herbicidas de uso común en el noroeste del Pacífico

Nombre comercial	Nombre común	Vida media (días)	Koc	sol de agua mg/L	presión de vapor (mmHg)
Sencor	metribuzina	40	60	1220	1.0x10 ⁻⁵
Banvel	Dicamba (ácido)	14	2	400000	3,4x10 ⁻⁵
Milestone	aminopiraldida	35	11	2480	7.1x10 ⁻¹¹
Garlon	triclopir	30	210	260	3.0x10 ⁻⁸
Dual	metolaclor	90	200	530	3,1x10 ⁻⁵
Roundup	glifosato	47	24000	530000	0
2,4-D	Ácido 2, 4 D	10	20	89	1,1x10 ⁻⁷
2,4-D ester	éster butoxietílico de 2,4-D	7	500	100	1.0X10 ⁻⁷
Chopper	imazapir	90	100	1100	1.3x10 ⁻¹¹
Velpar	hexazinona	90	54	3300	8.2x10 ⁻¹¹
Kerb	pronamida	60	800	15	8.5x10 ⁻⁵
Oust	Sulfometurón metil	28	78	70	1.7x10 ⁻¹⁶
Goal	oxifluorfenó	35	100000	0.1	2.0x10 ⁻⁷
Prowl	pendimetalina	90	500	0.3	9.4x10 ⁻⁶
Buctril	bromoxinil	7	10000	0.8	4.8x10 ⁻⁶
Dachthal	DCPA	100	5000	0.5	2,5x10 ⁻⁶

Herramienta de evaluación del suelo y el agua (SWAT)



Modelo conceptual

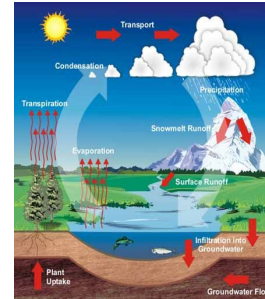
Modelo de proceso (informático)

ArcSWAT (SIG),
uso de datos espaciales (mapas)

Descripción de cambios diarios
en cuenca hidrográfica

Plaguicidas en aguas superficial

Modelo conceptual



Modelo de proceso -
computadora

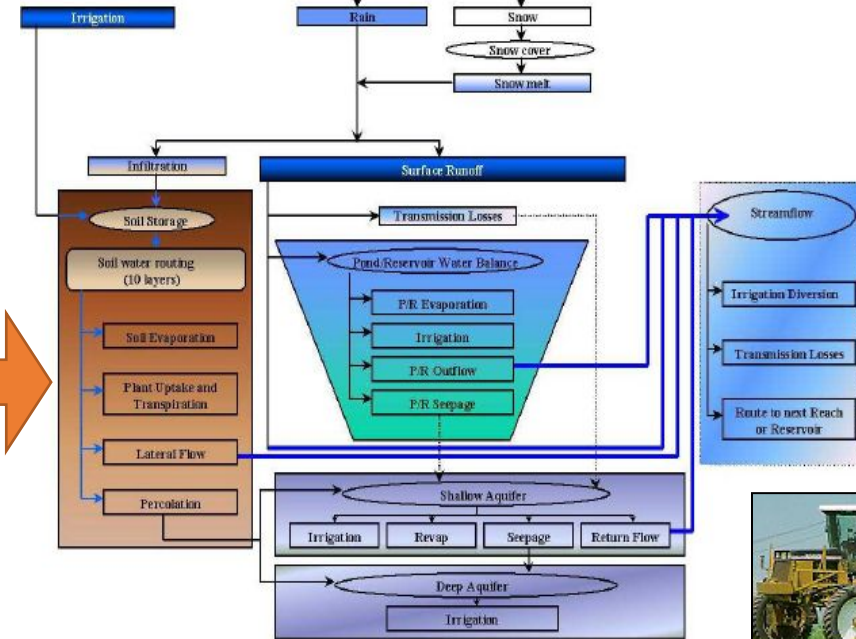
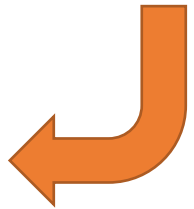
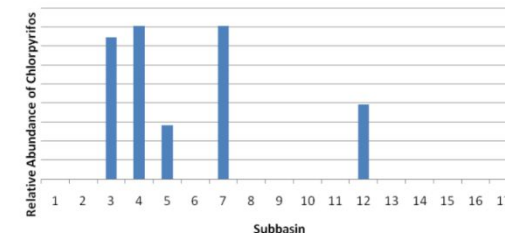


Figure 1.5: Schematic of pathways available for water movement in SWAT

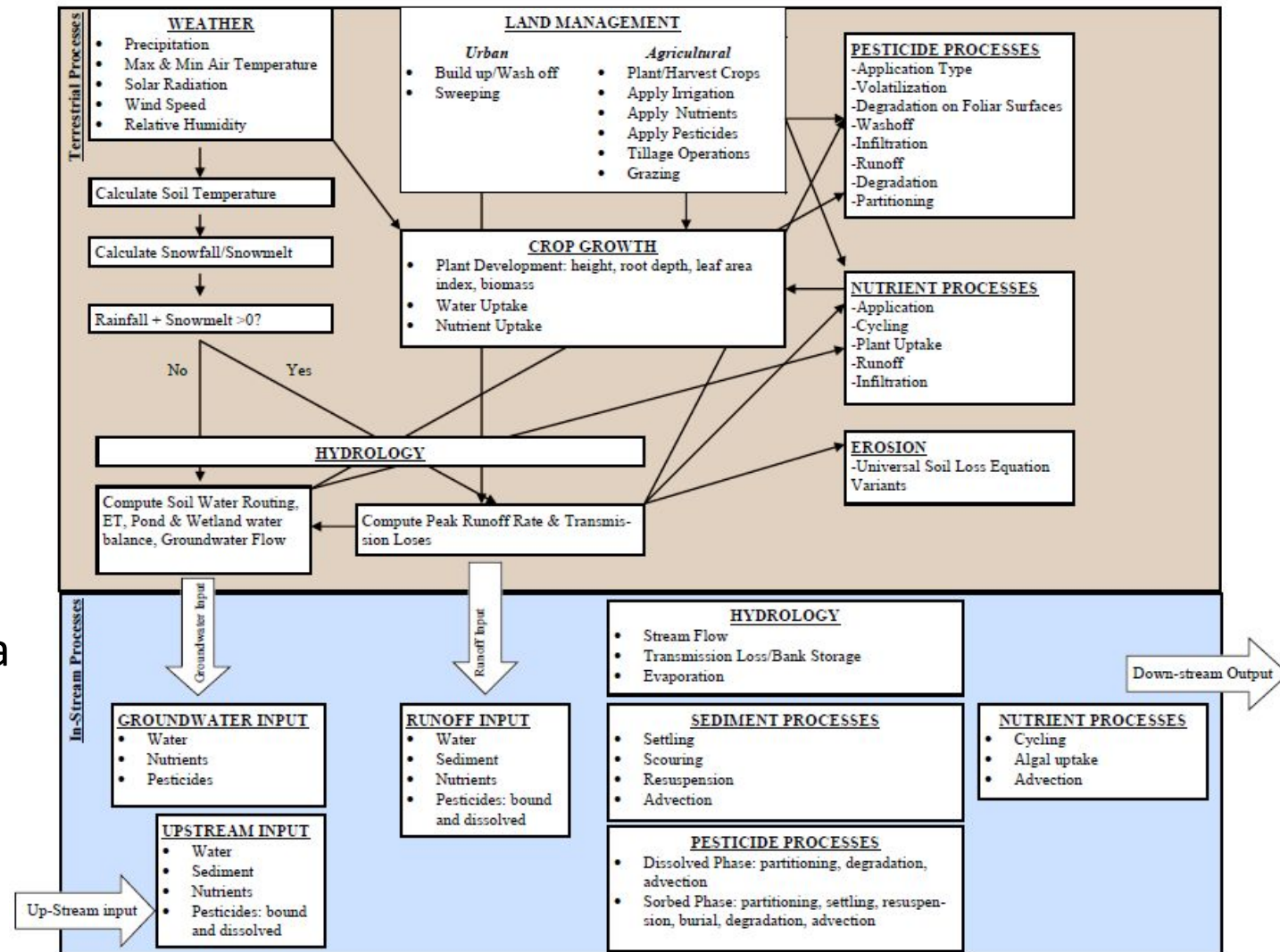


Daily Pesticide Load
Following Early Season Application



Herramienta de evaluación del suelo y el agua (SWAT)

- Maqueta de cuenca hidrográfica ¹
 - Desarrollado por el Servicio de Investigación Agrícola del USDA
 - Basado en más de 40 años de experiencia
- Desarrollado para evaluar el impacto de las prácticas de gestión de la tierra en:
 - Hidrología
 - Erosión/Transporte de sedimentos
 - Destino de los nutrientes
 - Destino de los plaguicidas
- Modelo de proceso de base física que opera en un paso de tiempo diario
- Interfaz SIG, ArcSWAT, utilizada para la parametrización espacialmente explícita utilizando datos fácilmente disponibles



Modelado a escala de cuencas hidrográficas del destino de los plaguicidas



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Environmental Pollution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol

Modeling spray drift and runoff-related inputs of pesticides to receiving water[☆]

Xuyang Zhang^{*}, Yuzhou Luo, Kean S. Goh

California Department of Pesticide Regulation, Sacramento, CA, 95814, United States

Journal of Environmental Quality

TECHNICAL REPORTS

ENVIRONMENTAL MODELS, MODULES, AND DATASETS

Evaluation of Watershed-Scale Simulations of In-Stream Pesticide Concentrations from Off-Target Spray Drift

Michael F. Winchell,^{*} Naresh Pai, Benjamin H. Brayden, Chris Stone, Paul Whatling, John P. Hanzas, and Jody J. Stryker

We selected two watersheds near The Dalles (Supplemental Fig. S1) to evaluate a watershed-scale drift simulation approach using SWAT. We chose these watersheds based on the high cherry orchard area and the high malathion use intensity occurring during the dry season (May–August) (Supplemental

Integrated Environmental Assessment and Management — Volume 14, Number 3—pp. 358–368

358

Received: 4 October 2017

Returned for Revision: 10 November 2017

Accepted: 10 November 2017

Health & Ecological Risk Assessment

Soil and Water Assessment Tool Model Predictions of Annual Maximum Pesticide Concentrations in High Vulnerability Watersheds

Michael F. Winchell,^{*}† Natalia Peranginangin,[‡] Raghavan Srinivasan,[§] and Wenlin Chen[‡]

[†]Stone Environmental, Montpelier, Vermont, USA

[‡]Syngenta Crop Protection, Greensboro, North Carolina, USA

[§]Spatial Sciences Laboratory, Department of Ecosystem Science and Management, Texas A&M University, College Station, Texas, USA

Journal of Environmental Quality

TECHNICAL REPORTS

ENVIRONMENTAL MODELS, MODULES, AND DATASETS

A Systems Approach to Modeling Watershed Ecohydrology and Pesticide Transport

Philip Janney^{*} and Jeffrey Jenkins

Core Ideas

- Sequential model optimization incorporating local knowledge improved ecohydrologic estimates.
- Probabilistic pesticide application provided more realistic model estimates of solute transport.
- This modeling application allows a systems approach to sustainable agricultural practices.

Review

A review of pesticide fate and transport simulation at watershed level using SWAT: Current status and research concerns



Ruoyu Wang^a, Yongping Yuan^b, Haw Yen^c, Michael Grieneisen^a, Jeffrey Arnold^c, Dan Wang^d, Chaozi Wang^{e,*}, Minghua Zhang^{a,*}

^a Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis, CA 95616, United States

^b USEPA/ORD/NERL, Research Triangle Park, NC 27711, United States

^c Blackland Research and Extension Center, Texas A&M University, Temple, TX 76502, United States

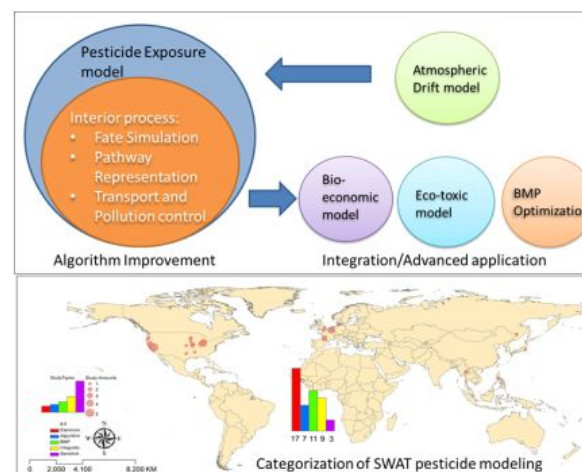
^d Department of Pesticide Regulation, California Environmental Protection Agency, Sacramento, CA 95812, USA

^e College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

HIGHLIGHTS

- Current pesticide modeling status and concerns reviewed at basin level using SWAT
- Algorithm improvement & advanced application recently attract more attention.
- Algorithm improvement: fate simulation, new pathways, transport & pollutant control
- Model integration helps assess ecological risks & conduct cost-effective analysis.
- Future improvements recommended for addressing research gaps and concerns

GRAPHICAL ABSTRACT



~ 50 estudios a nivel mundial:
los datos de monitoreo disponibles son inadecuados para la evaluación de modelos.

Cuenca de Willamette, Oregon, hábitat crítico para salmónidos

Cuenca del Willamette (HUC 4)¹

12 subcuencas HUC 8

388 cuencas HUC 12

~10.000 cuencas de drenaje

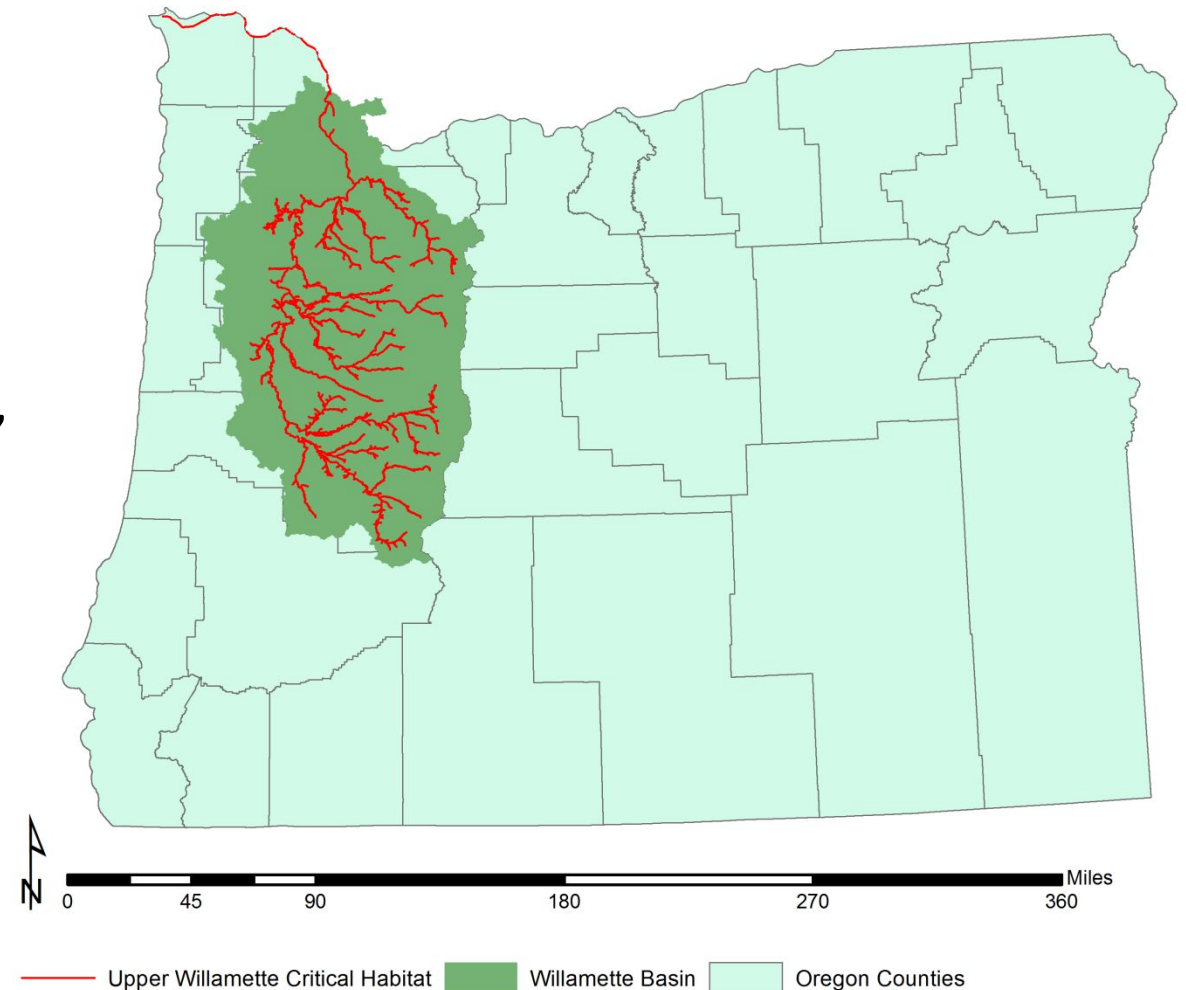
Agricultura diversa (170 variedades de cultivos),
silvicultura y prácticas urbanas de uso de
plaguicidas

Más de 500 ingredientes activos de plaguicidas
registrados en Oregón

¿Coocurrencia de plaguicidas con los ciclos de
vida del salmón y de la red trófica

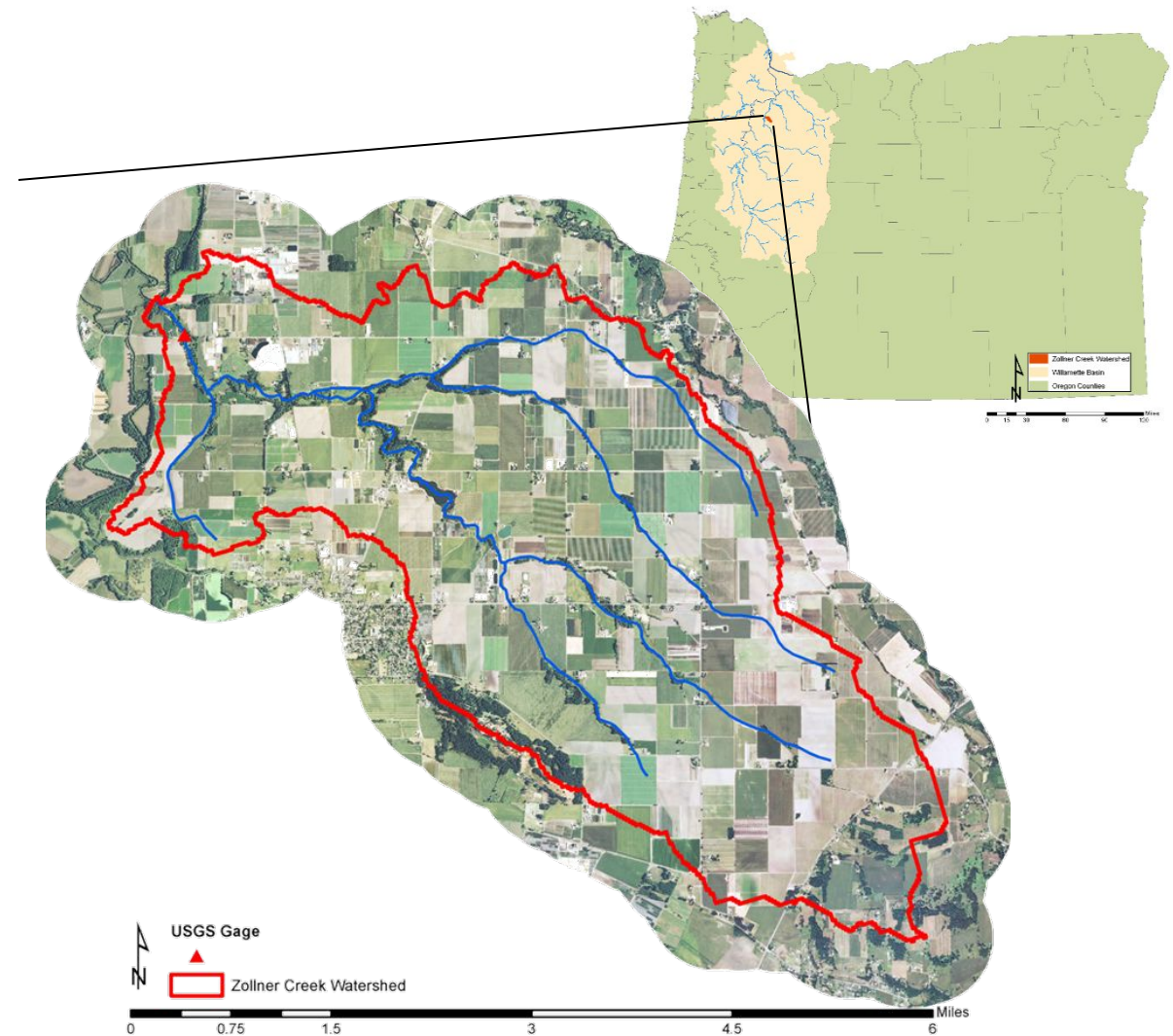
¹ Código de unidad

hidrológica

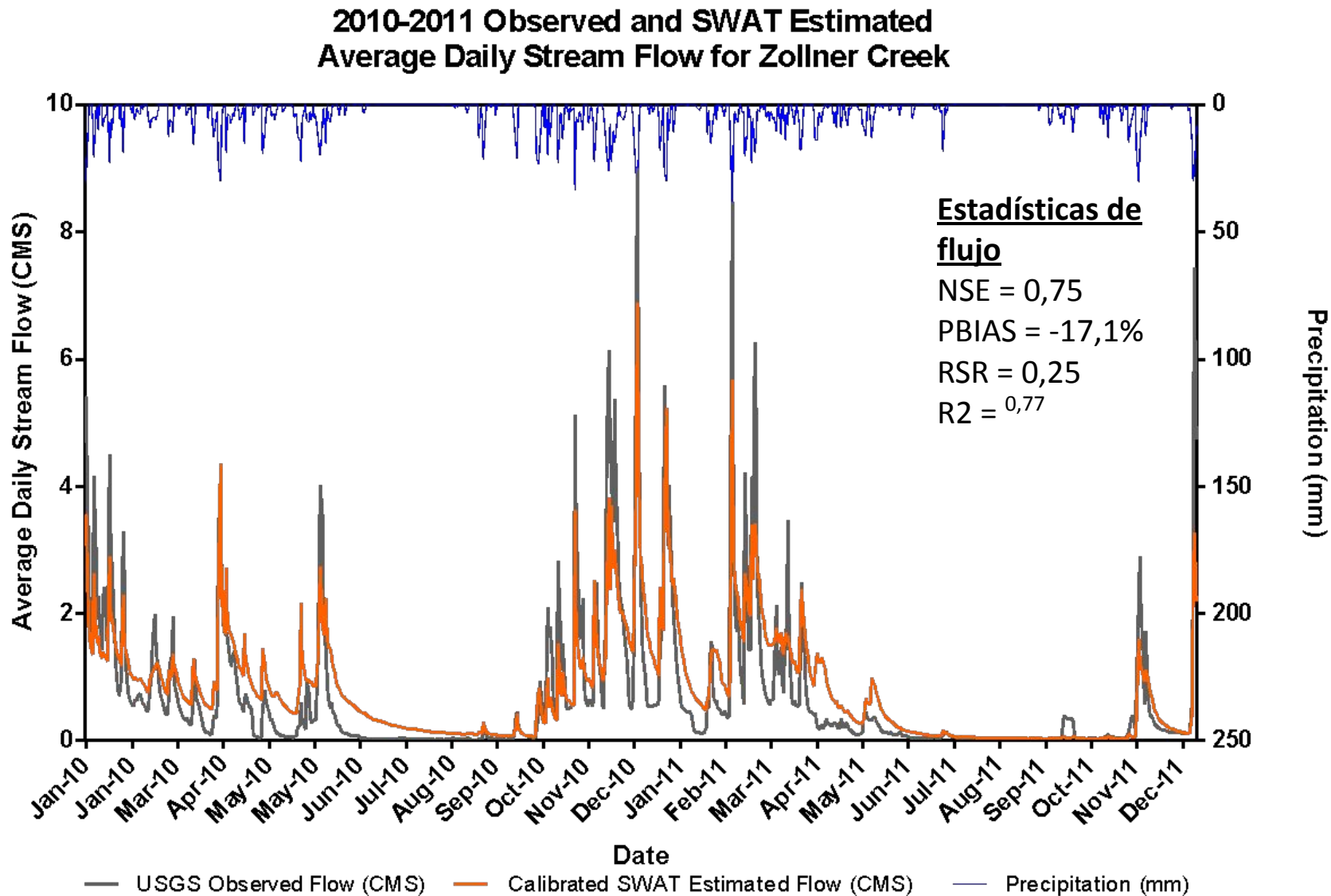


Cuenca hidrográfica de Zollner Creek, cuenca de Willamette, Oregon

- HUC12 - Cuenca hidrográfica de 15 millas ²
- Área de la cuenca hidrográfica 90% agricultura: > 600 campos, > 30 cultivos
- Monitoreo de aguas superficiales con plaguicidas desde 1993 (USGS y Oregon DEQ)
- Contiene hábitat crítico para las unidades de almacenamiento de energía de chinook y trucha arcoíris del Alto Willamette
- Clima caracterizado por veranos secos e inviernos húmedos.
- Medidor de caudal del USGS (ID de estación: 14201300)



Cuenca de Zollner Creek: Caracterización hidrológica SWAT ¹



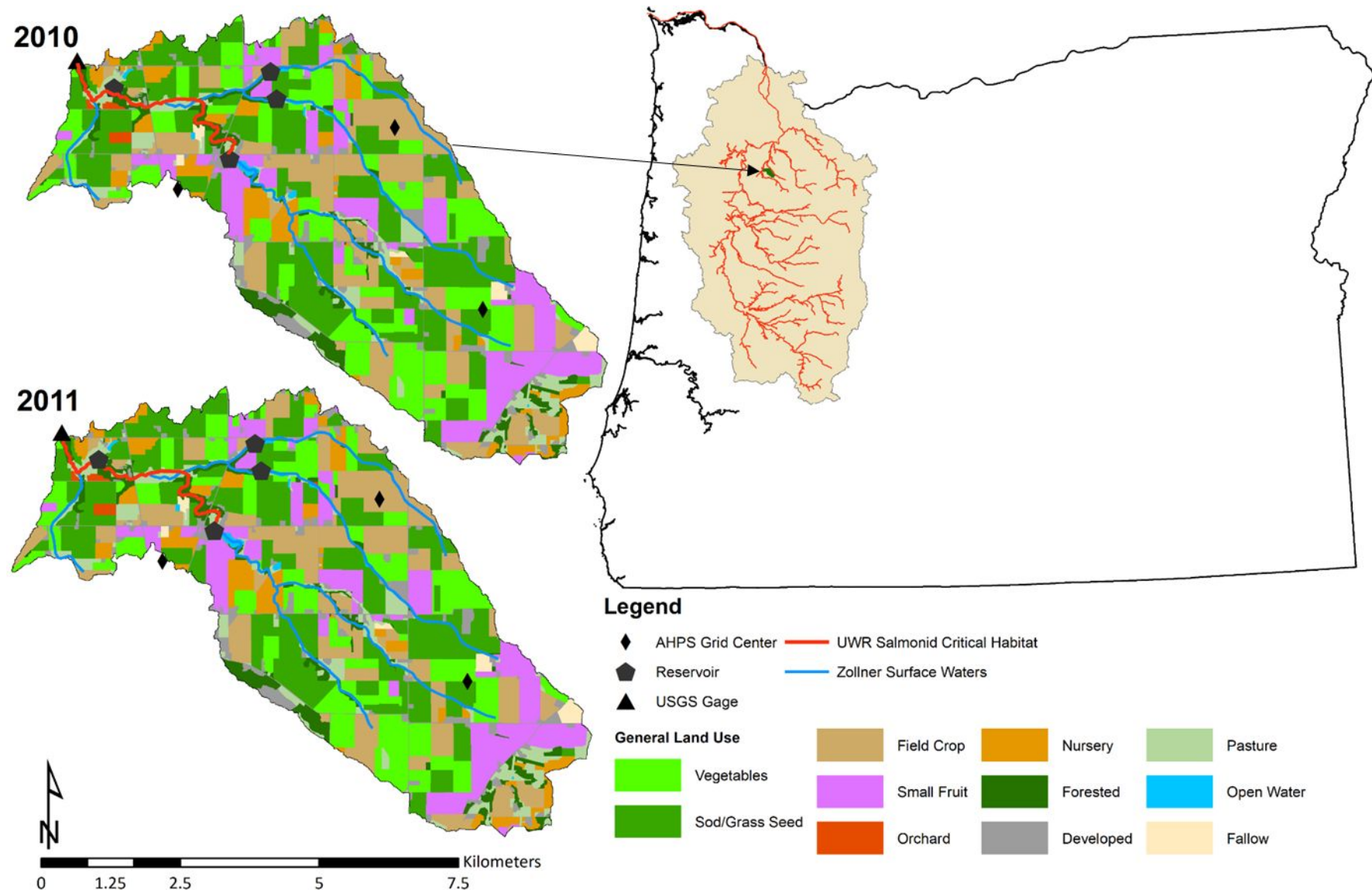
¹ Janney, P. y J. Jenkins. 2019. Un enfoque sistémico para modelar la ecohidrología de cuencas hidrográficas y el transporte de plaguicidas. J. Environ. Qual. 48:1047-1

Cuenca de Zollner Creek: caracterización del uso de la tierra

Uso del suelo de la cuenca hidrográfica 90% agrícola
> 600 campos, > 30 cultivos determinados a partir de NASS CDL, refinados con conocimiento local

Prácticas de uso de plaguicidas: uso autorizado (PICOL), perfeccionado con el conocimiento local

Cronogramas de crecimiento y gestión de cultivos: manuales del Noroeste del Pacífico, perfeccionados con conocimiento local



Caracterización de los patrones de uso de plaguicidas

- Todos los usos autorizados (usos etiquetados a nivel federal/estatal)
- Registros de uso real
 - Derechos propietarios
 - Logísticamente difícil
 - Retrospectivo
- Métodos probabilísticos basados en el conocimiento local
 - Condiciones límite realistas (manejo de plagas a lo largo de las líneas temporales de cultivo)
 - Caracterizar procesos complejos de toma de decisiones (productores, CCA, Extensión)
 - Tanto retrospectivo como prospectivo: evaluar resultados futuros

Etiquetas para Oregon –
Base de datos PICOL



Colaborar con las CCA y los
productores para refinar las
estimaciones de uso



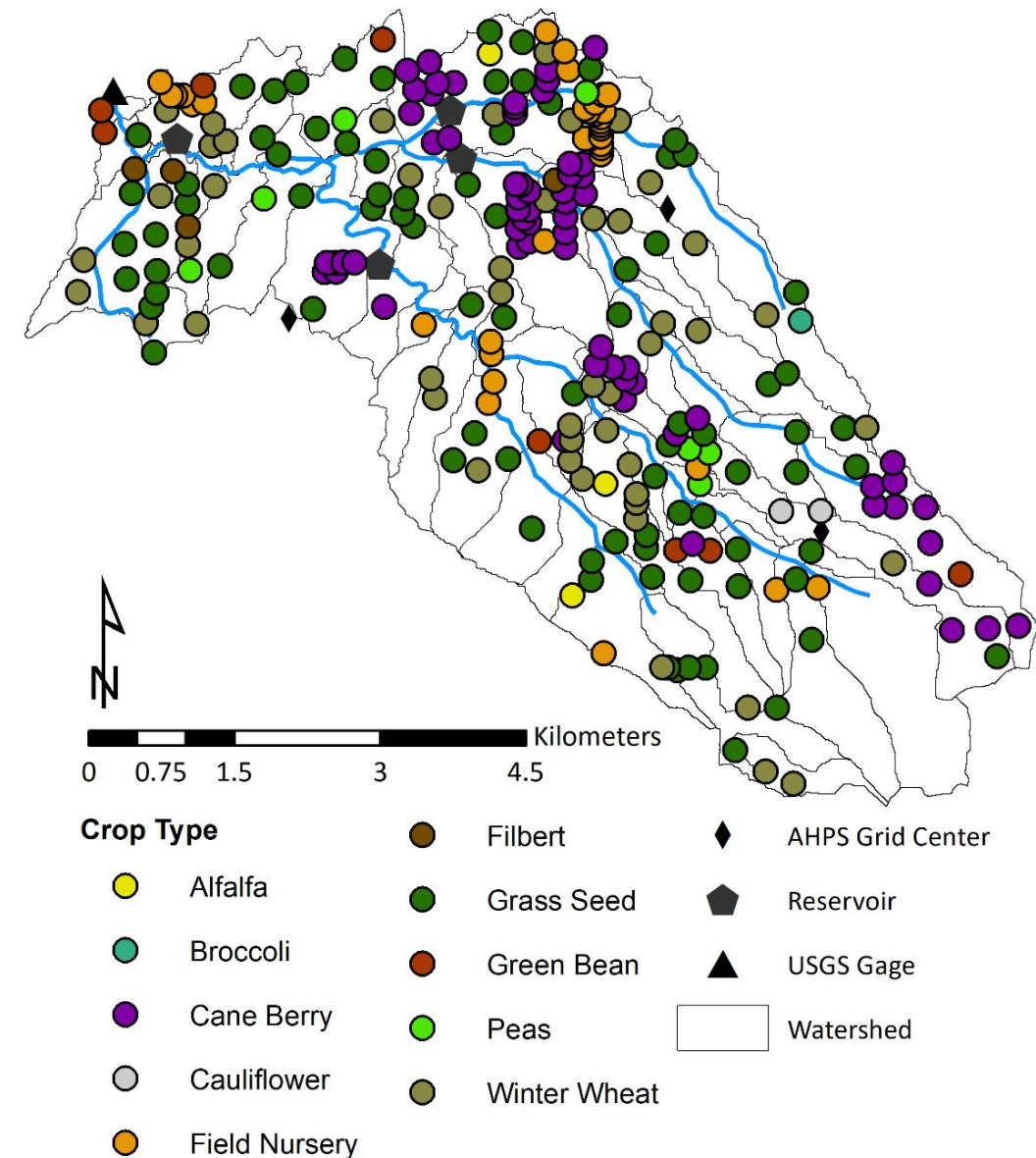
Crear condiciones límite para
el análisis probabilístico de
prácticas de aplicación

Evaluación probabilística de patrones de aplicación

- Operaciones de gestión aleatorizadas por campo
 - Solicitudes limitadas a días laborables
 - Las tasas de aplicación fueron tanto probabilísticas como deterministas.
 - Base de datos de propiedades de plaguicidas del PPBD: valores representativos
- Métodos de Monte Carlo utilizados para crear una distribución espacial y temporal de patrones de aplicación
 - 500 escenarios SWAT generados y ejecutados
- Generación de una distribución de patrones espaciales y temporales de prácticas de uso de plaguicidas
 - Estimar los patrones probables de uso de plaguicidas

Uso de trifluralina - Manual de herbicidas del Pacífico Noroeste

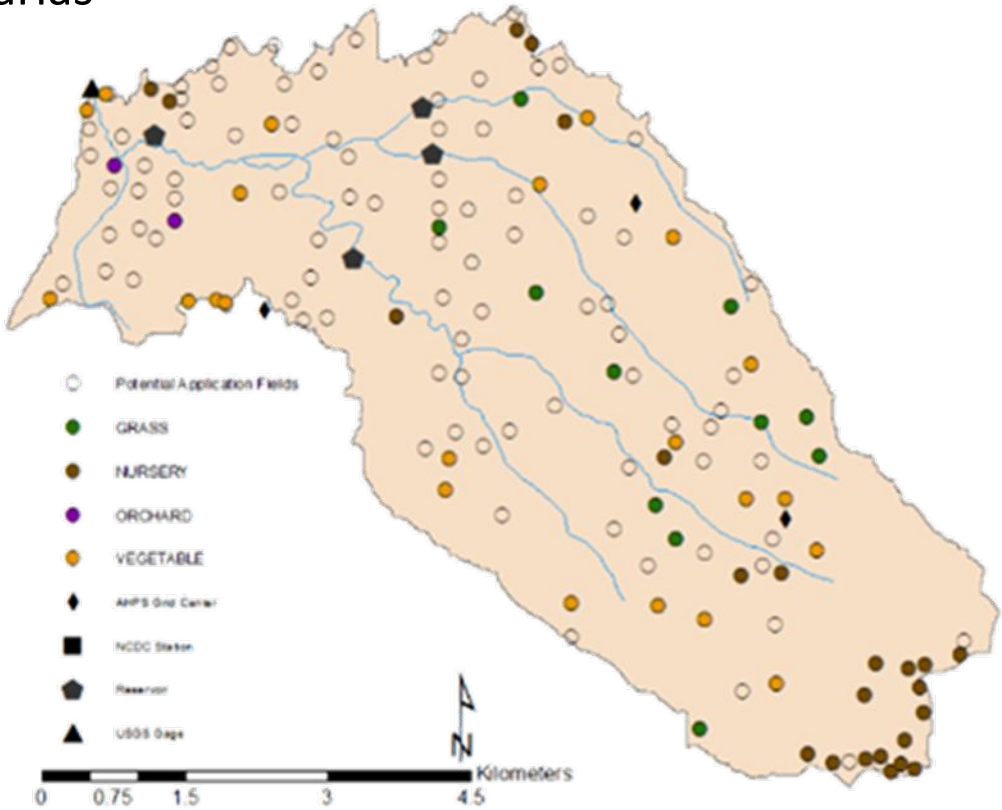
- Tierra pre-siembra incorporada:
 - Brócoli: mayo-julio; 0,5-1 lb AI/A; incorporación de 3-4"
 - Coliflor: mayo-julio; 0,5-1 lb AI/A; incorporación de 3-4"
 - Judías verdes: mayo-julio; 0,5-0,75 lb AI/A; incorporación de 2-3"
 - Guisantes: mayo-julio; 0,5-0,75 lb AI/A; incorporación de 1-2"
- Preemergente de primavera:
 - Arándanos (sin producción): marzo-abril; 2,5-5 lb AI/A; activar con un solo evento de lluvia o riego de 0,5" o incorporar mecánicamente
 - Vivero cultivado en campo: marzo-abril; 2-5 lb AI/A; activar con un solo evento de lluvia o riego de 0,5" o incorporar mecánicamente
 - Avellanas: marzo-abril; 0,5-1 lb AI/A; activar con un solo evento de lluvia o riego de 0,5" o incorporar mecánicamente
- Preemergente de otoño:
 - Alfalfa: septiembre-octubre; 2 lb AI/A; activar con un solo evento de lluvia o riego de 0,5" o incorporar mecánicamente
 - Semilla de césped: septiembre-octubre; 2 lb AI/A; activar con un solo evento de lluvia o riego de 0,5" o incorporar mecánicamente
 - Trigo de invierno: octubre-noviembre; 0,5-1 lb AI/A; activar con un solo evento de lluvia o riego de 0,5" o incorporar mecánicamente



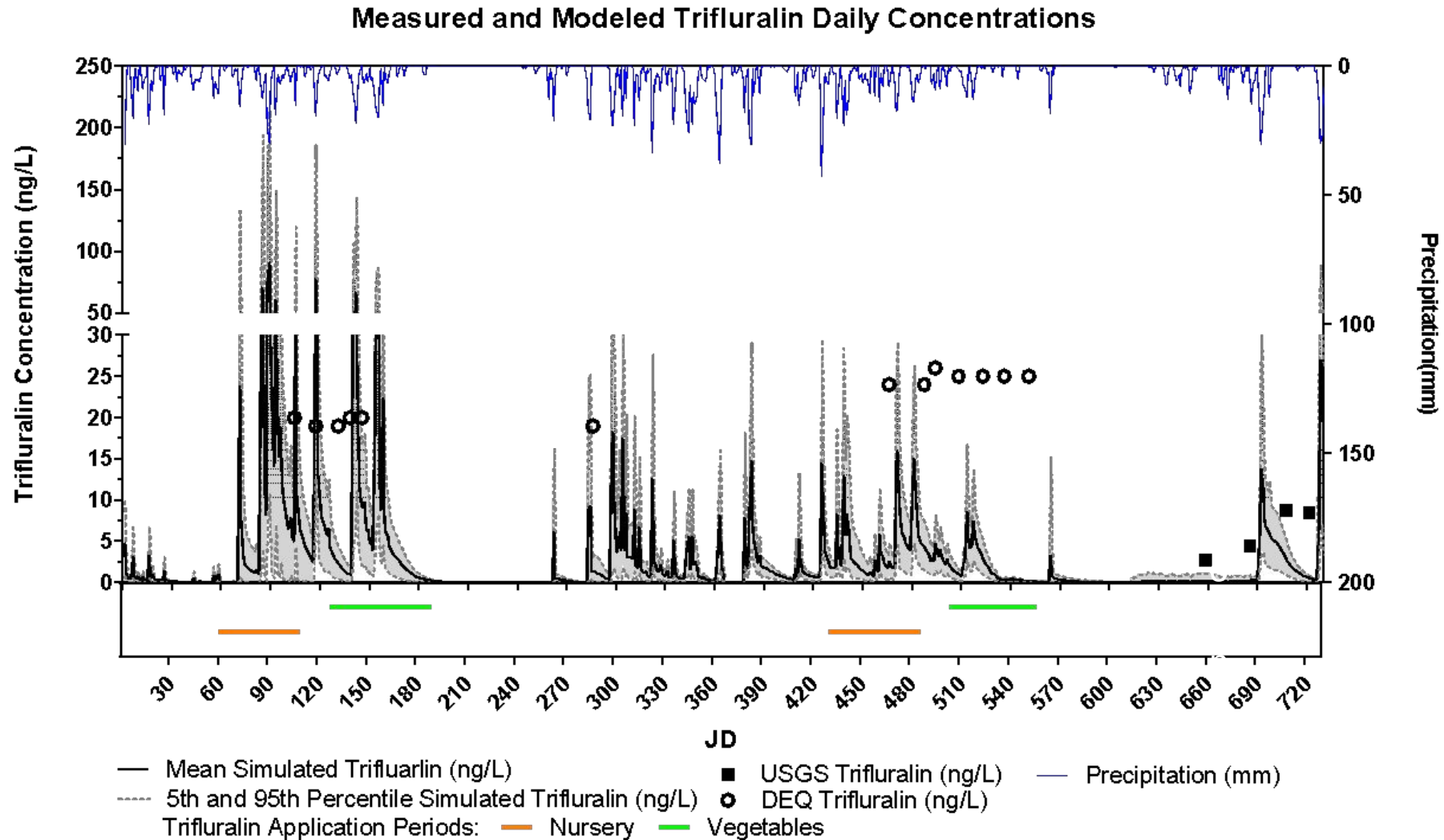
Distribución generalizada de las aplicaciones de clorpirifos - 2011

TIPO DE CULTIVO	# SITIOS DE APLICACIÓN POTENCIALES	PERÍODO DE APLICACIÓN	PROBABILIDAD DE APLICACIÓN	# DÍAS LABORABLES
Semilla/césped en rollo	82	Septiembre -octubre	0,1	15
Vivero	35	Abr-julio	0,4	36
Huerta	3	Mar-Abr	0,75	12
	3	Mayo-agosto	0,1	54
Verdura	2	Abr-May	1	14
	10	Abr-junio	1	16
	7	Mayo-julio	1	33
	1	Junio-julio	1	23
	1	Agosto-septiembre	1	30

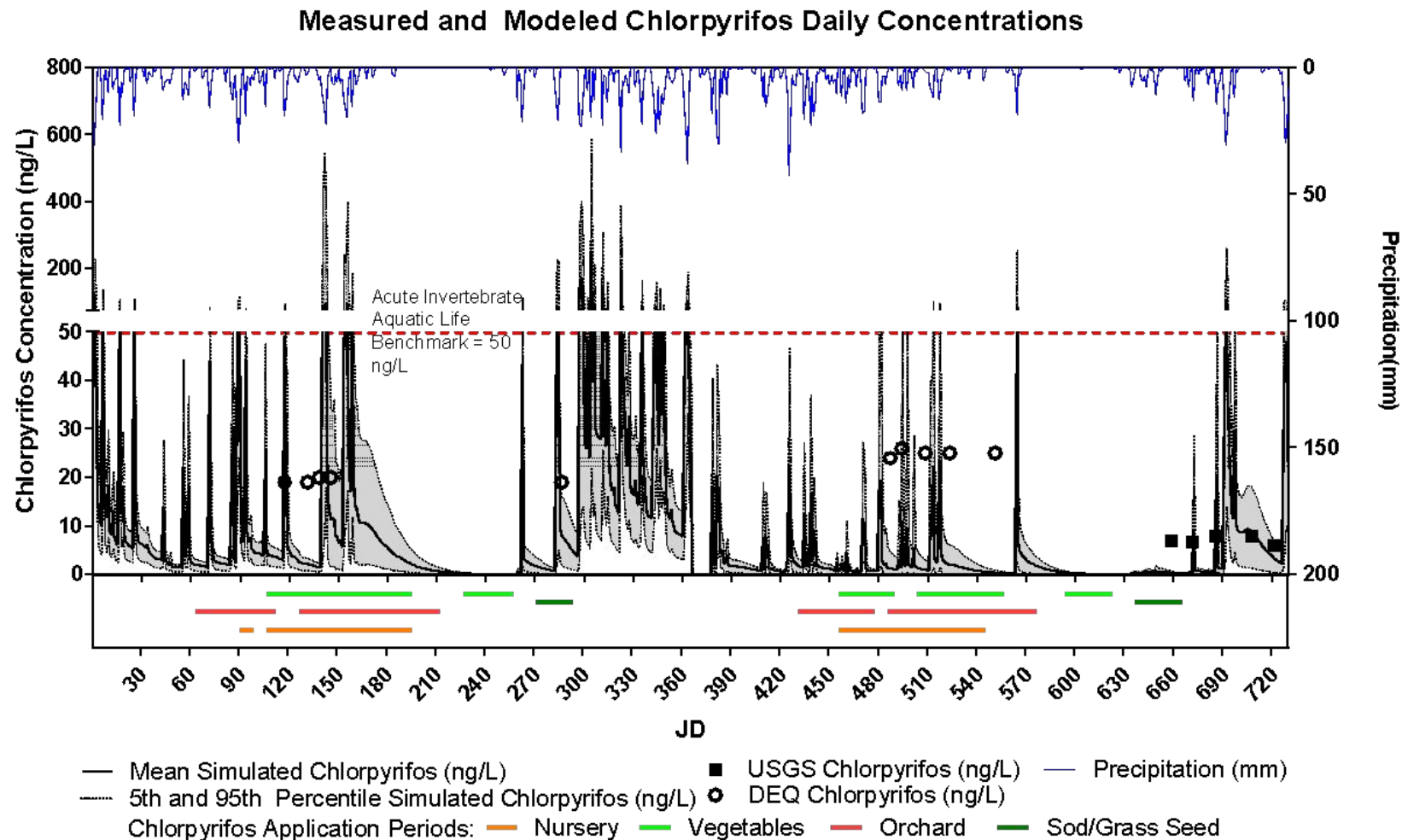
Enfoque de Monte Carlo: 1 de 500 simulaciones diarias



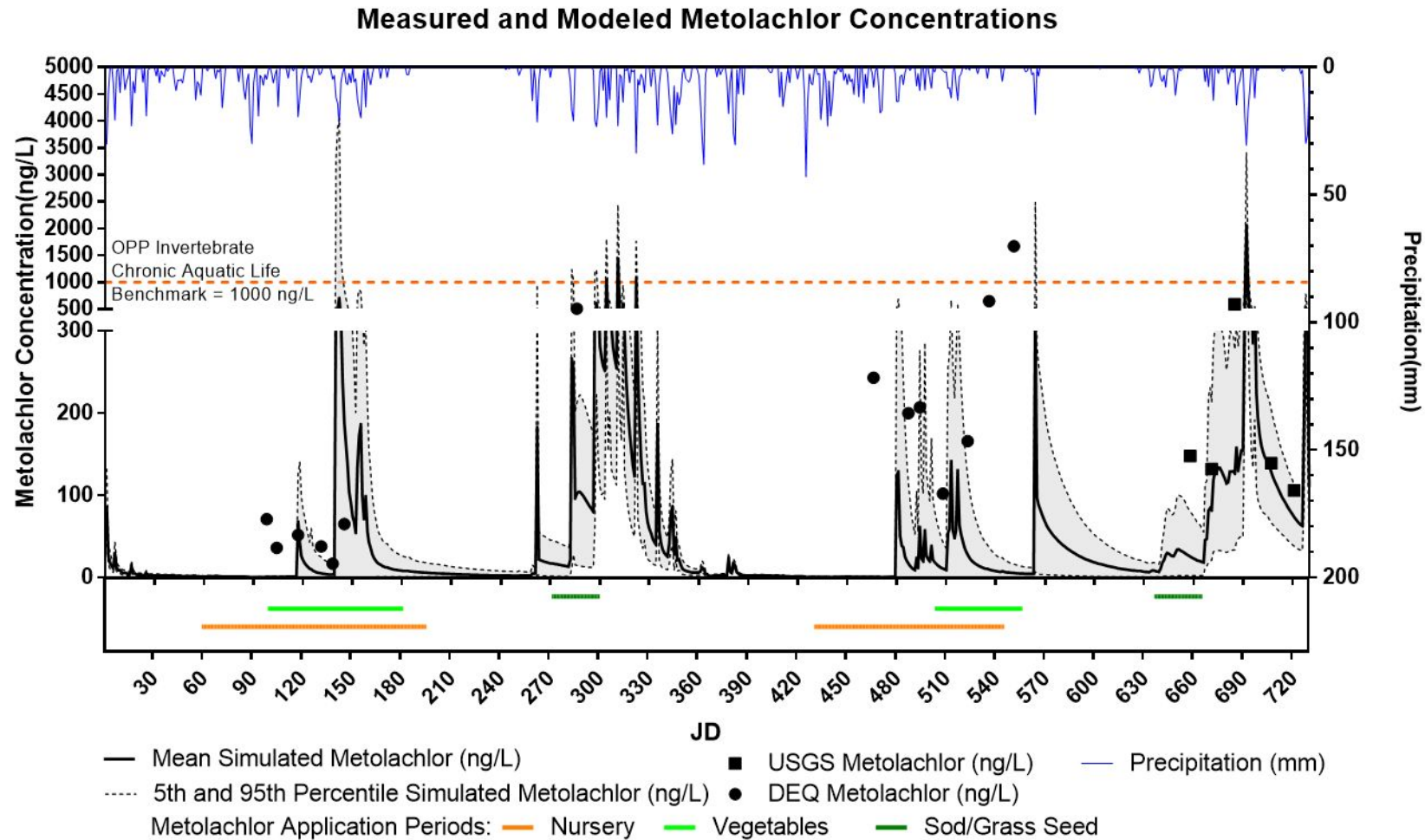
Concentración diaria promedio estimada de trifluralina en aguas superficiales según el SWAT de Zollner Creek 2010-2011



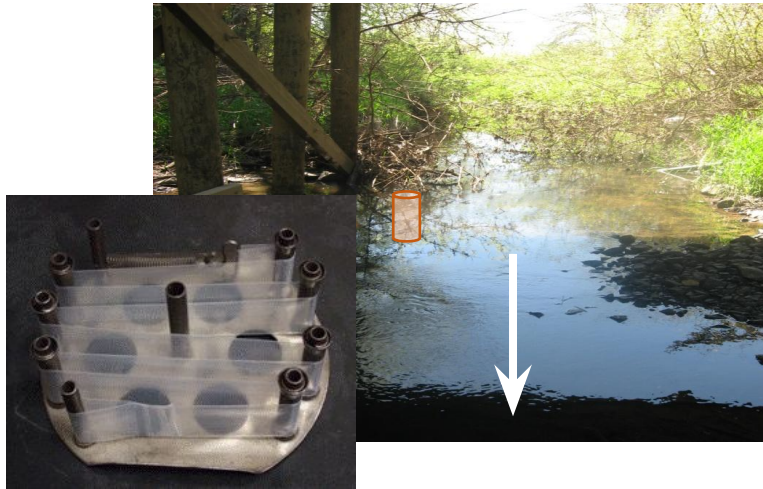
Concentración promedio diaria estimada de clorpirifos en aguas superficiales de Zollner Creek según el SWAT 2010–2011



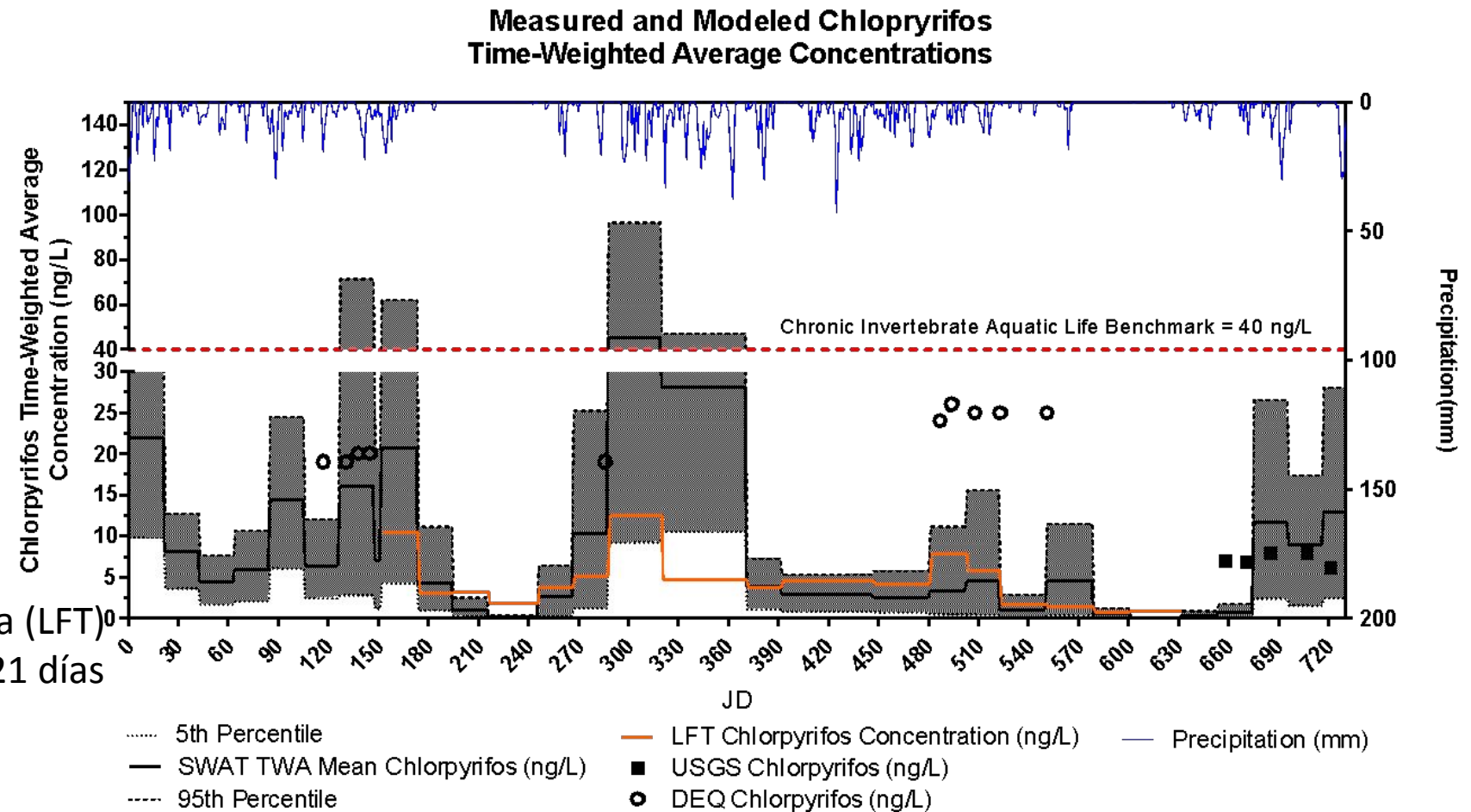
Concentración diaria promedio estimada de metolaclor en aguas superficiales según el SWAT de Zollner Creek 2010-2011



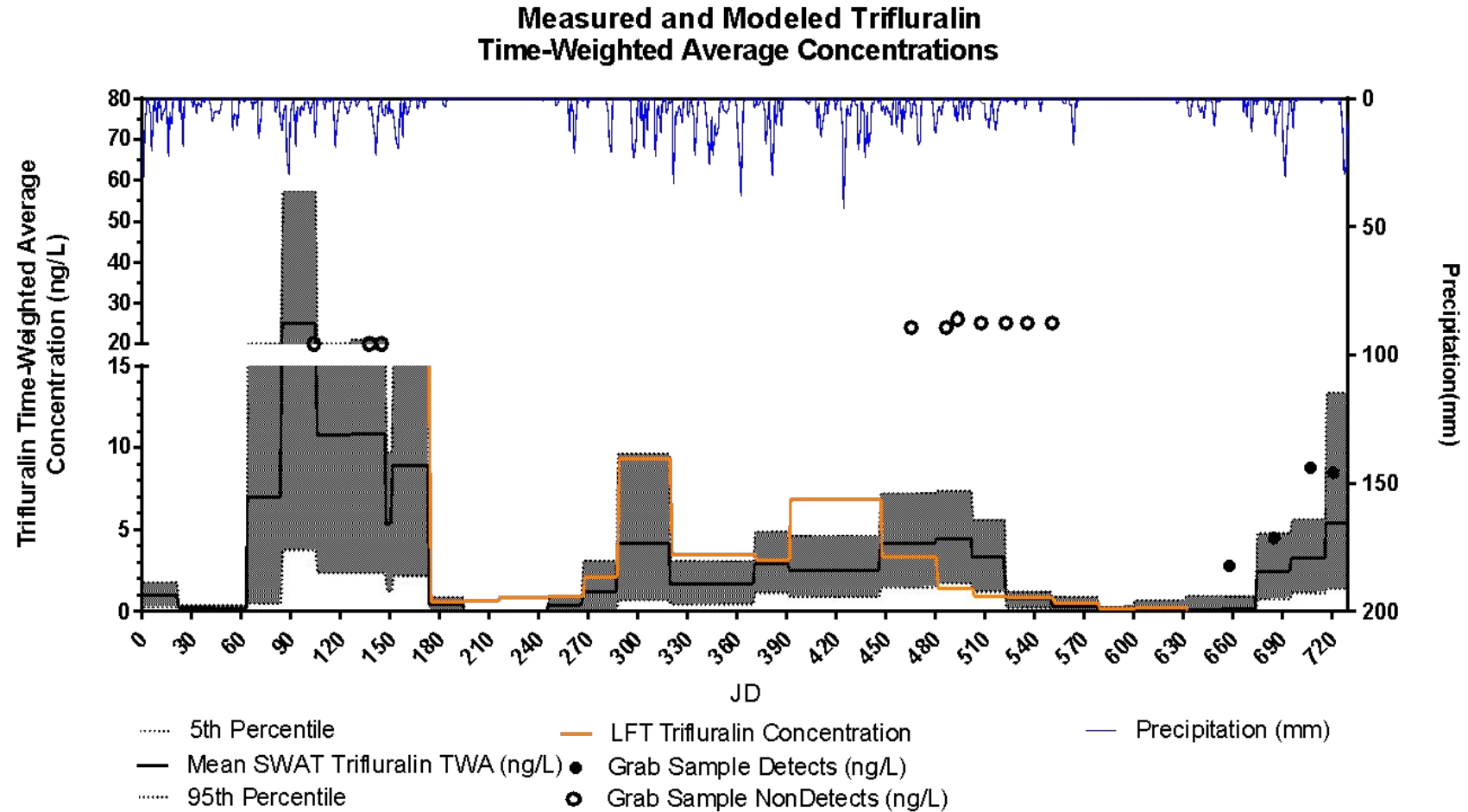
Concentraciones promedio ponderadas en el tiempo a 21 días de clorpirifos en aguas superficiales de Zollner Creek



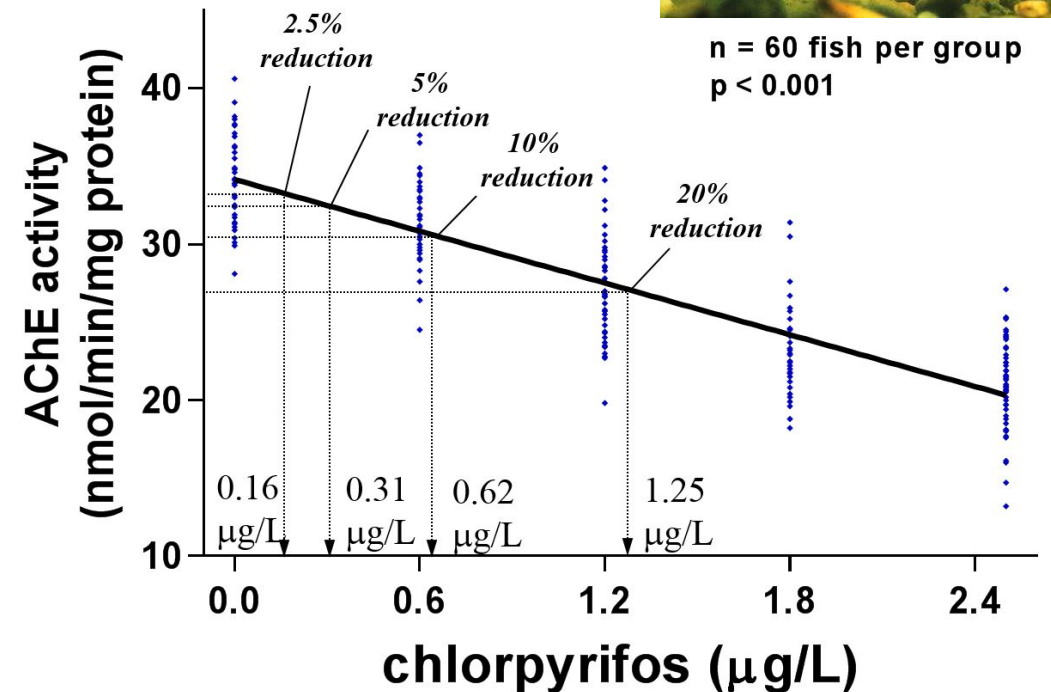
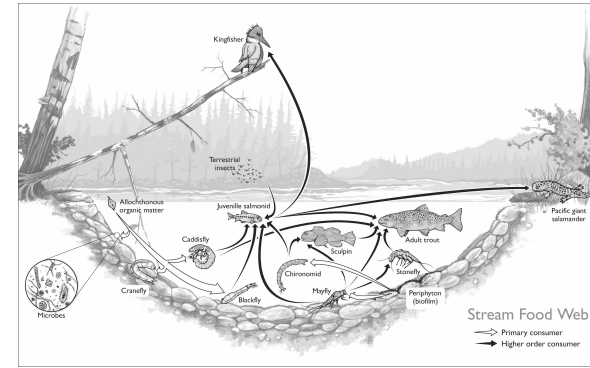
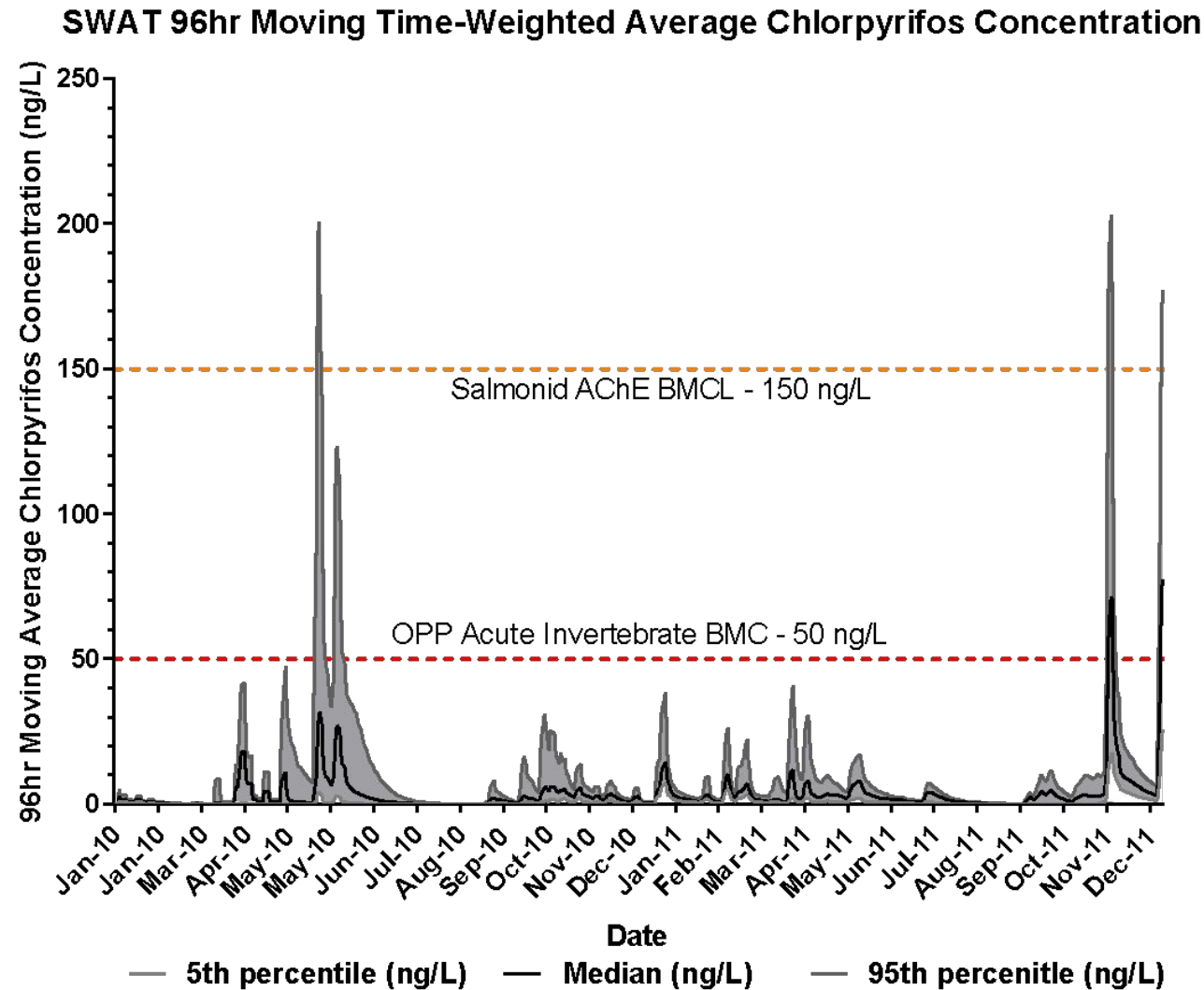
Muestreadores pasivos de tubería plana (LFT) desplegados de forma continua cada ~21 días



Concentraciones promedio ponderadas en el tiempo a 21 días de trifluralina en aguas superficiales de Zollner Creek

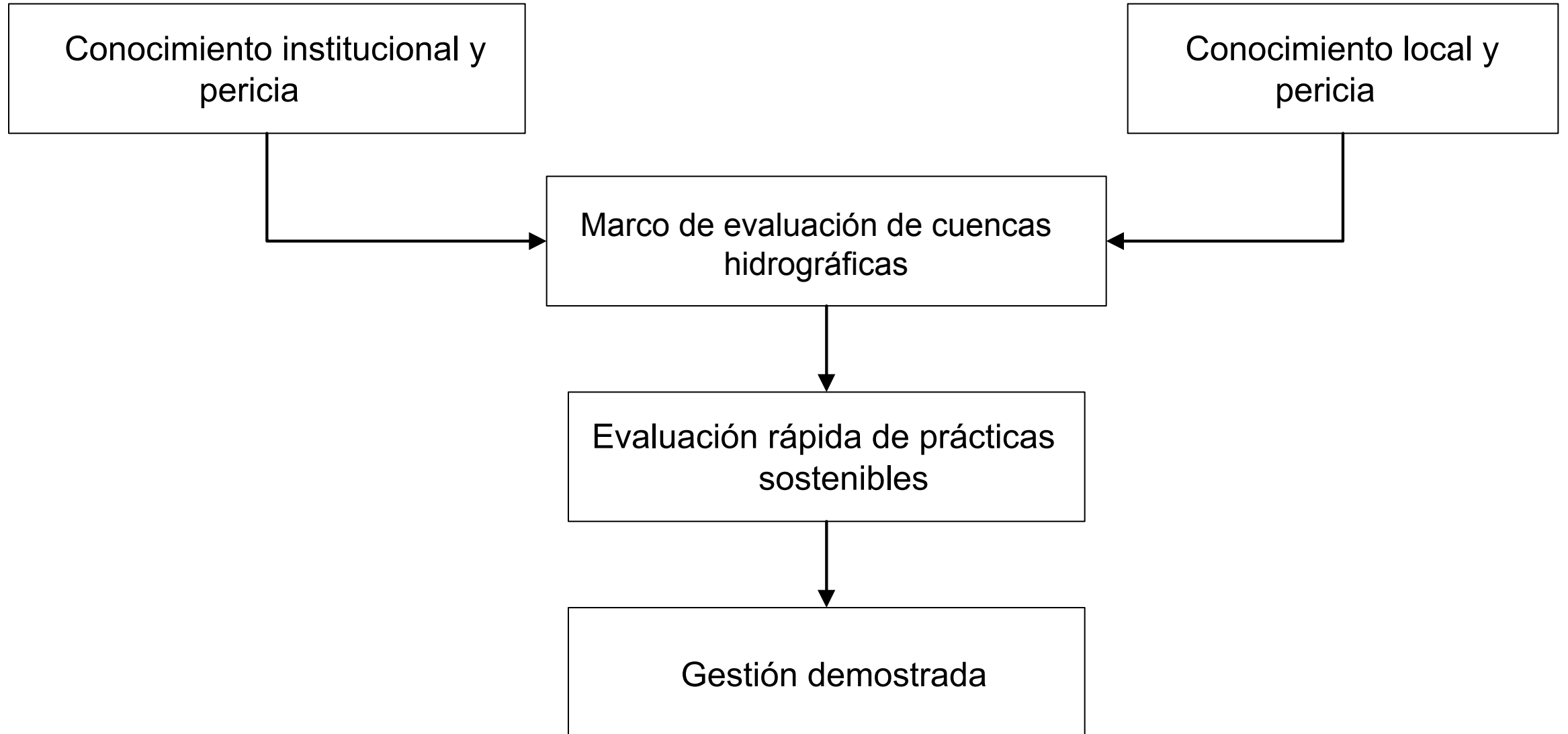


Estimaciones SWAT de la concentración de clorpirifos TWA móvil de 96 horas

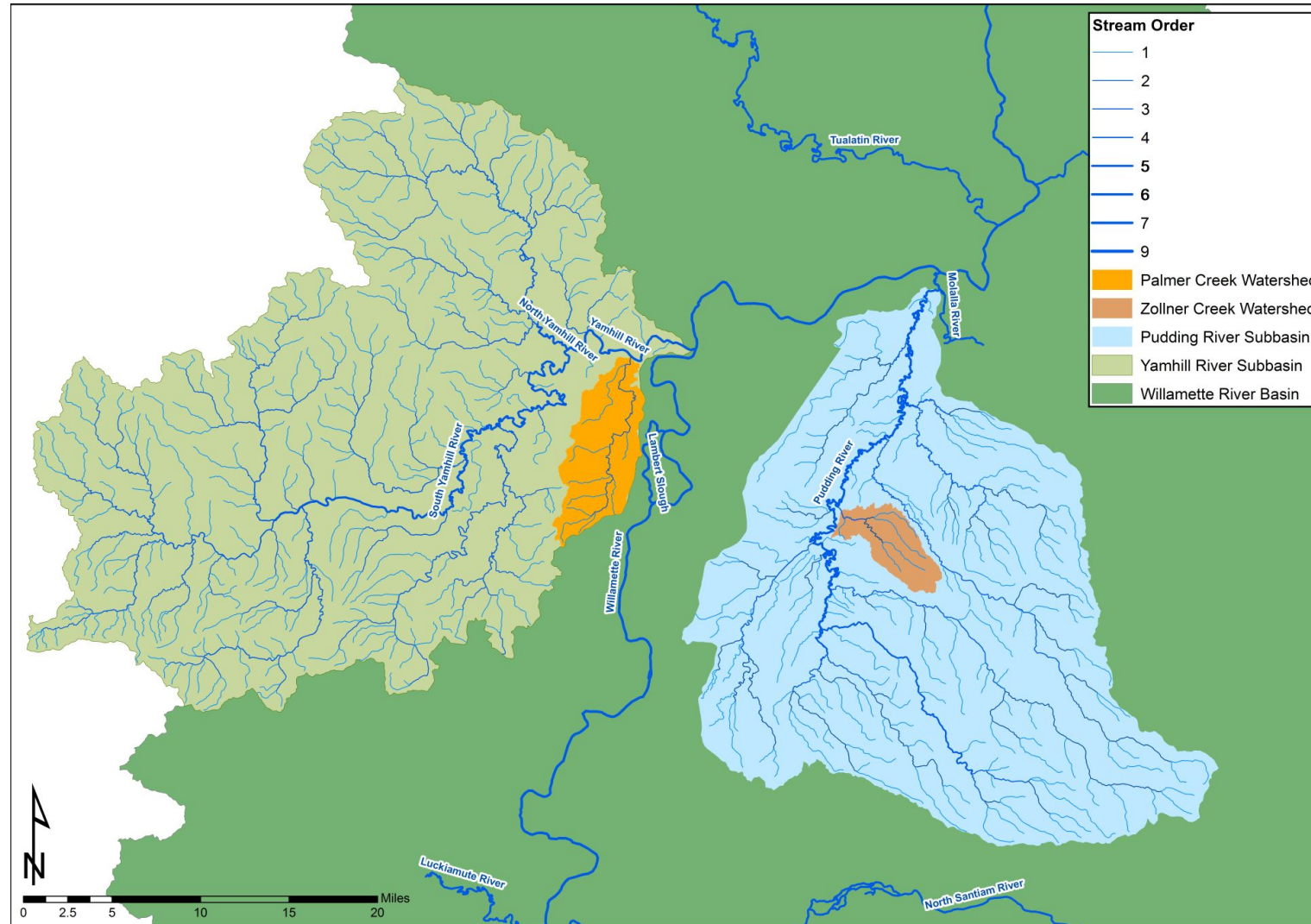


Trucha arcoíris juvenil (steelhead): exposición de 96 horas / inhibición de la colinesterasa

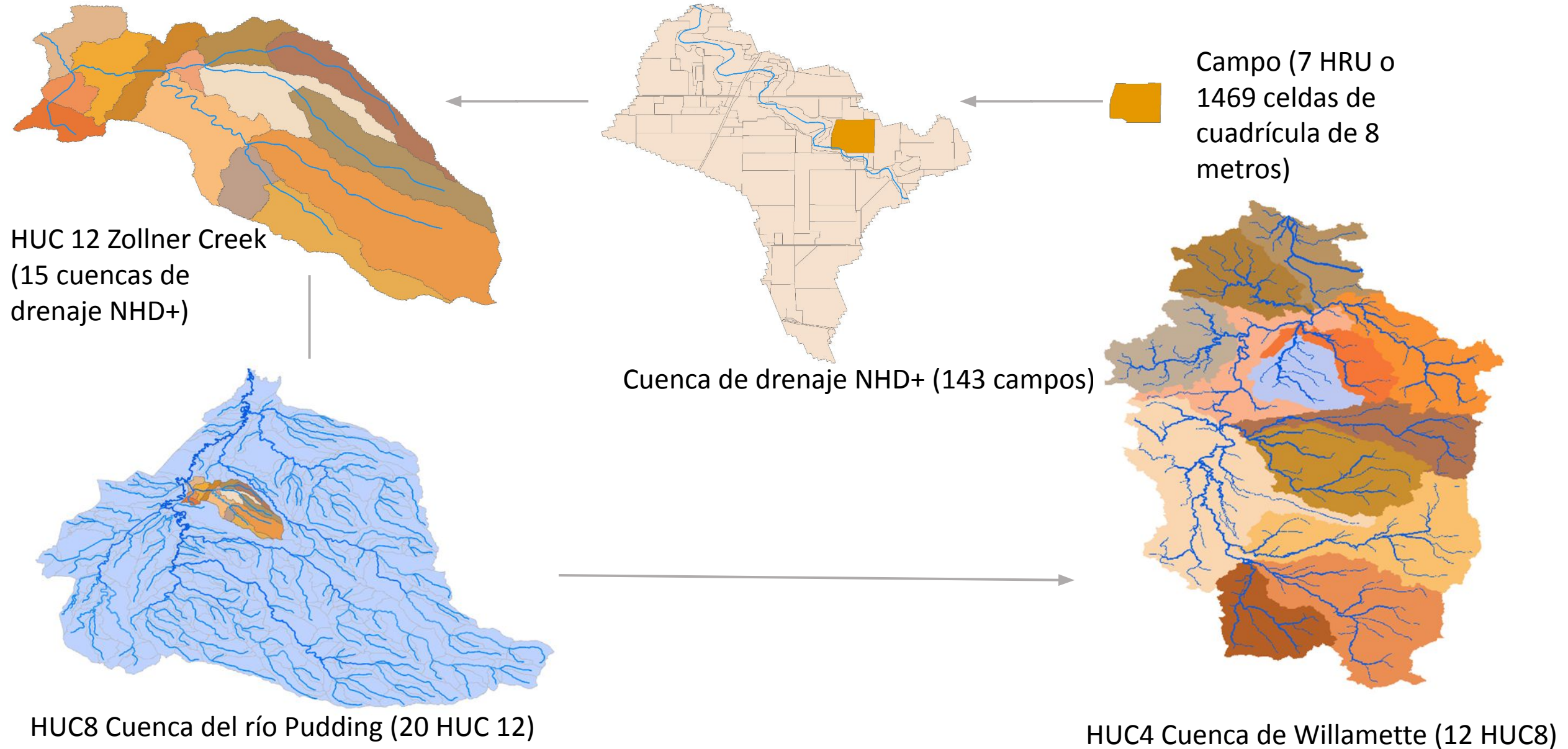
Fomento de prácticas sostenibles a través del modelado participativo



Transferibilidad del marco de evaluación de cuencas hidrográficas



Modelado de escalas espaciales en la cuenca de Willamette



El modelado orienta la evaluación del riesgo y la sostenibilidad

- Esta aplicación de SWAT busca reducir significativamente la incertidumbre en la relación espaciotemporal entre las prácticas de uso de plaguicidas, la carga de agua superficial y los patrones de exposición a los receptores acuáticos.
- Un enfoque de modelado basado en mecanismos diseñado para optimizar la transferibilidad a otras cuencas hidrográficas.
- Uno de los objetivos principales es la participación de las partes interesadas en la evaluación rápida de escenarios hipotéticos como posibles prácticas sostenibles.

Puntos de discusión

- ¿Son útiles los enfoques probabilísticos para la evaluación de riesgos?
- ¿Esta aplicación de modelado reduce la incertidumbre para caracterizar mejor el riesgo ecológico?
- ¿Sugiere esta aplicación de modelado que las medidas de mitigación del riesgo establecidas en la etiqueta cumplen con el estándar de la FIFRA de que “no producirán efectos adversos irrazonables sobre la salud humana o el medio ambiente” para las prácticas agrícolas en la cuenca del arroyo Zollner?
- ¿El modelado integra el conocimiento local e institucional para abordar mejor los objetivos de sostenibilidad?

Agricultura sostenible: reducir los riesgos de los plaguicidas

- Opciones de política de organismos gubernamentales de gestión de recursos / ONG: a menudo adoptan un enfoque precautorio con el objetivo de reducir la posibilidad de daño (peligro).
- Restricciones claramente definidas en el uso de plaguicidas; requieren un conocimiento limitado de los atributos del sistema agrícola que impactan en la calidad del agua.
 - Utilizar prácticas alternativas de manejo de plagas
 - Reducir o eliminar el uso de plaguicidas
 - Utilizar plaguicidas menos dañinos (menos tóxicos)
 - Zonas de resguardo hídricas prescriptivas (franjas de amortiguamiento)
- Sostenibilidad basada en la ciencia; mejor comprensión de los sistemas agrícolas: evaluar las prácticas de uso de plaguicidas para reducir la **probabilidad** de daño (riesgo).
 - Requiere conocimientos significativos, pero adaptable a las necesidades de gestión de cada finca.
 - Permite un equilibrio efectivo entre los objetivos de producción y protección del medio ambiente.
- La política ambiental tiende a favorecer la acción frente a la **posibilidad** de daño cuando existe una gran **incertidumbre** respecto de la **probabilidad** de que dicho daño ocurra.