

Sistemas Costeros y Estuarinos: Aplicación a la Bahía de Mobile, Alabama

Vladimir J. Alarcon
OCCC-UDP

Índice

- Resultados de dos investigaciones:
 - - Alarcon V. J., Johnson, D., McAnally, W., van der Zwaag, J., Irby, D., Cartwright, J., 2014. Nested hydrodynamic modeling of a coastal river applying dynamic-coupling. Water Resources Management, 28(10), 3227-3240.
 - - Alarcon V. J., Johnson, D., McAnally, W., van der Zwaag, J., Irby, D., Cartwright, J., 2014. Design and deployment of a dynamic-coupling tool for EFDC. Lecture Notes in Computer Science, 8581, 615-624.
- Hidrodinámica de estuarios
- Objetivos
- Métodos: enlace dinámico de mallas computacionales
- Resultados
- Aplicaciones potenciales a cuerpos de agua en Chile

Hidrodinámica de estuarios

- Los estuarios son cuerpos de aguas costeras poco profundas (generalmente) con uno o más ríos o corrientes que fluyen en él y con una conexión libre al mar abierto.
- El agua se caracteriza por ser una mezcla de agua dulce (de ríos) y aguas salobres (solución salina) del mar.
- El cálculo de alturas de superficie de agua y velocidades del agua en los estuarios requiere uso intensivo de modelos computacionales.
- Las ecuaciones que se resuelven en modelación hidrodinámica de las aguas superficiales (ríos, lagos, esteros) son las conocidas ecuaciones impulso y continuidad para fluidos.
- Generalmente, las ecuaciones generales se simplifican las ecuaciones de Navier-Stokes.

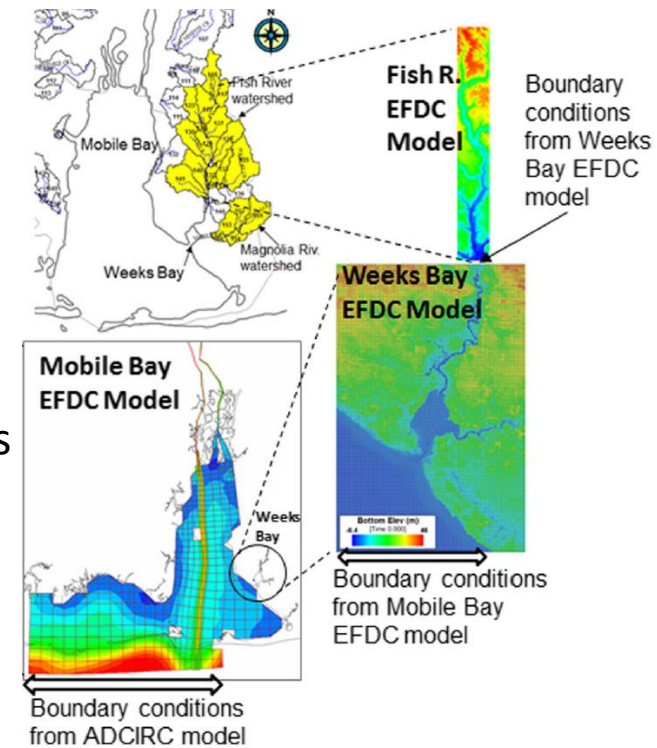
Hidrodinámica de estuarios

- Los códigos hidrodinámicos modernos que describen el régimen hidráulico de cuerpos costeros son generalmente 2-D o 3-D, en los que las ecuaciones son resueltas numéricamente: diferencias finitas, elementos finitos, volúmenes finitos
- Las soluciones más estables se logran mediante diferencias finitas.
- Desventaja
 - Limitación de las redes computacionales para describir la geometría de los cuerpos de agua.
 - Aunque algunos códigos usan mallas curvilíneas para superar esta limitación (por ejemplo EFDC) todavía no pueden capturar completamente geometrías complejas.
 - La geometría puede describirse mejor con finas mallas (muy detalladas). Pero su uso aumenta los tiempos de ejecución.

Hidrodinámica de estuarios

Soluciones

- Paralelización de código
 - Códigos hidrodinámicos suelen ser códigos de legado
 - Resultado de la paralelización en una tarea monumental
 - A veces sería más fácil empezar desde cero y recodificar todo
 - Solución óptima, pero mucho tiempo
- Modelos anidados
 - Subdividir el dominio geográfico en varias mallas computacionales
 - Esto genera varios modelos que tienen que ejecutarse secuencialmente
 - Ejecución secuencial independiente de modelos "más pequeños" más el tiempo adicional requerido para vinculación (a través de los resultados) toma mucho tiempo.



Objetivos

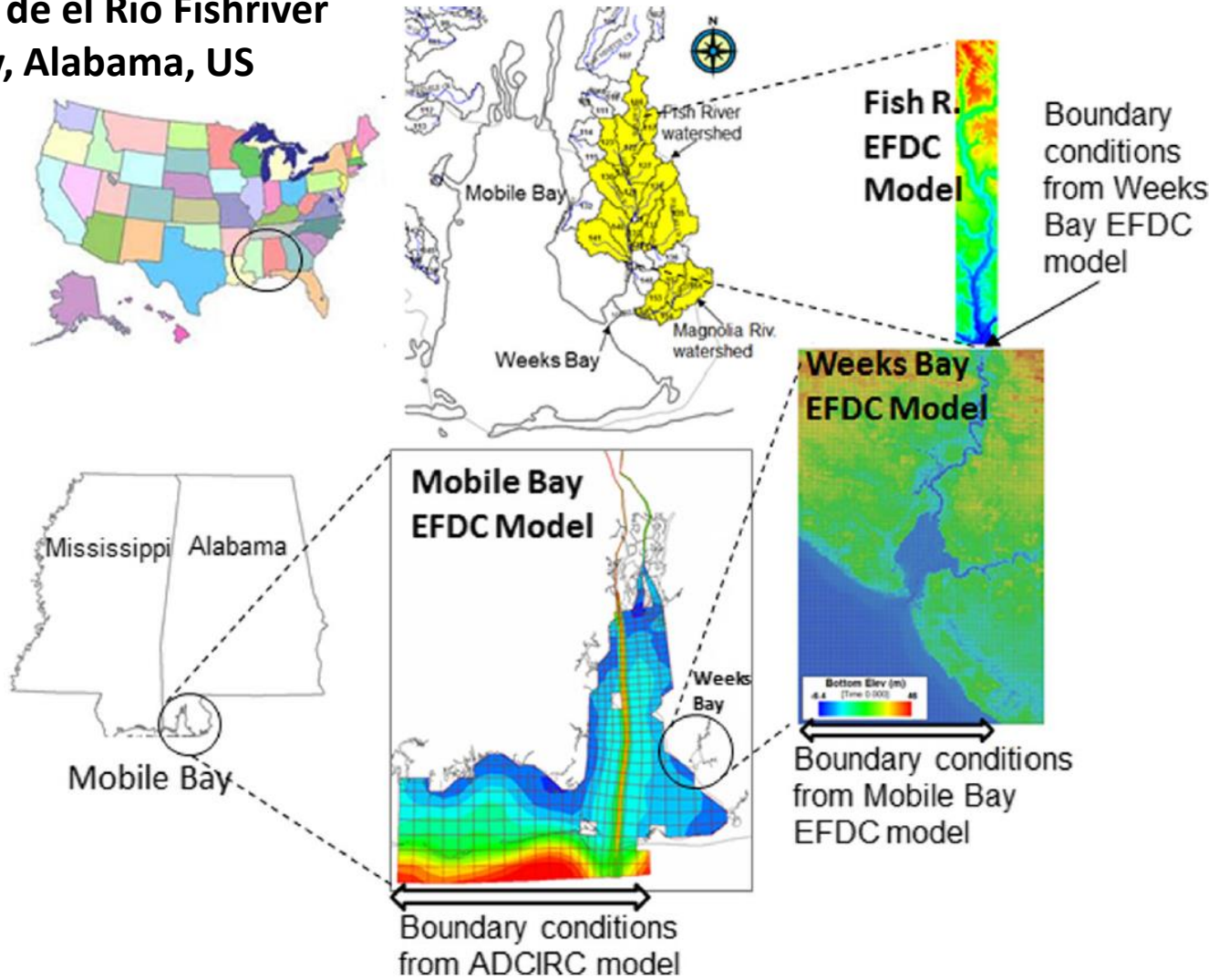
- Motivación
 - Pequeñas mallas computacionales requieren tiempos de ejecución más cortos
 - Si el acoplamiento de los resultados sería más rápido entonces el tiempo total de ejecución sería también más rápido
- Objetivos
 - Diseñar e implementar una herramienta de acoplamiento dinámico que varios modelos hidrodinámicos
 - La herramienta sea capaz de transferir datos de series de tiempo dinámicamente de un modelo para otros modelos que son geográficamente adyacentes.

Código EFDC

- Porción hidrodinámica del código EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code)
 - Ecuaciones hidrostáticas tridimensionales
 - Coordenadas curvilíneas ortogonales en el plano)
 - Coordenadas vertical normalizada (stretched-sigma)
 - Turbulencia promediada (RANS)
 - Superficie libre
 - Verticalmente: hipótesis hidrostática para cuerpos de agua someros (shallow water)
 - Esquema numérico: diferencias-finitas/volúmenes finitos

Sitio de Estudio

Modelacion hidrodinamica de el Rio Fishriver y el sub-estuario Weeksbay, Alabama, US



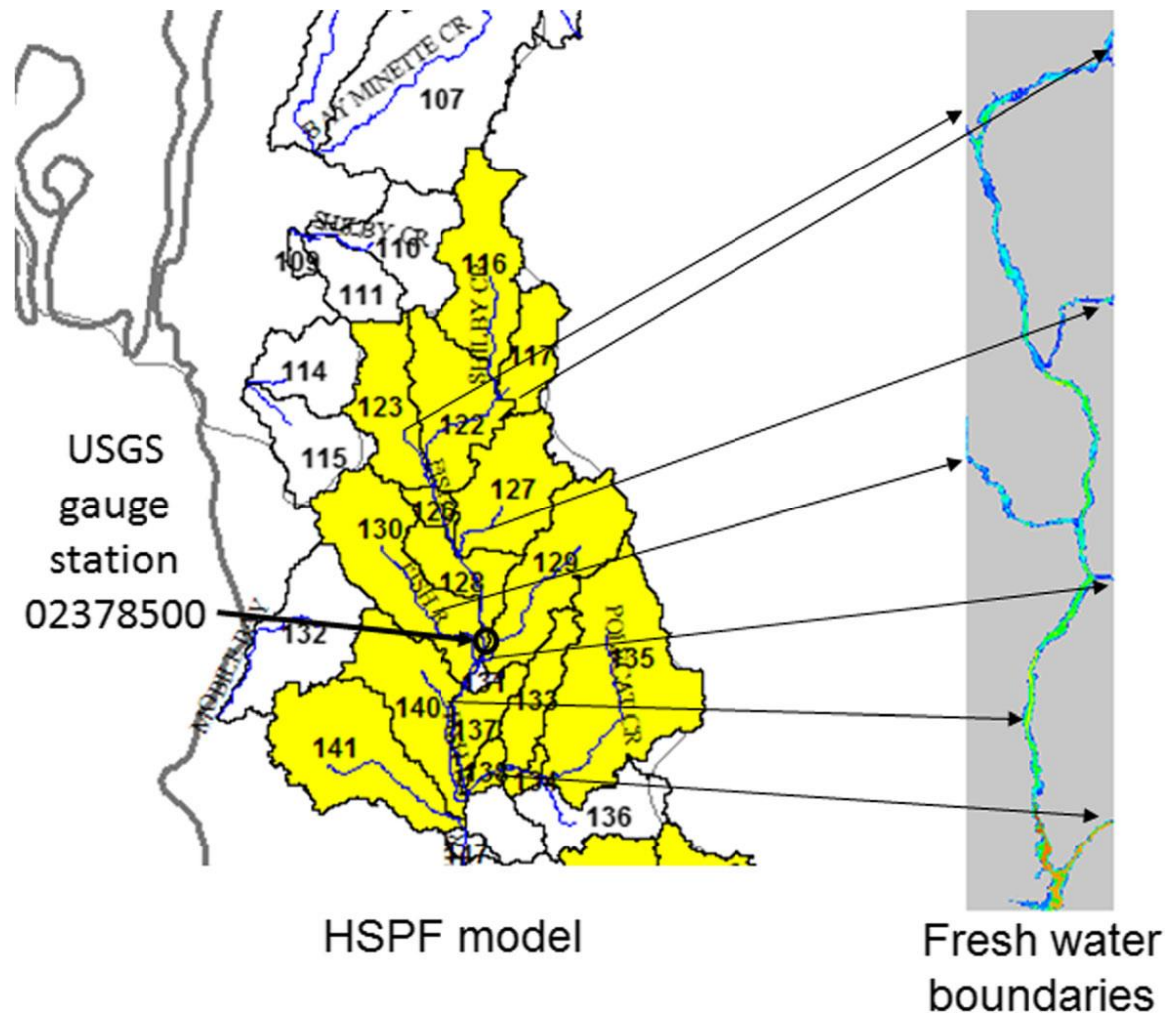
- Alarcon V. J., Johnson, D., McAnally, W., van der Zwaag, J., Irby, D., Cartwright, J., 2014. Nested hydrodynamic modeling of a coastal river applying dynamic-coupling. Water Resources Management, 28(10), 3227-3240.

- Alarcon V. J., Johnson, D., McAnally, W., van der Zwaag, J., Irby, D., Cartwright, J., 2014. Design and deployment of a dynamic-coupling tool for EFDC. Lecture Notes in Computer Science, 8581, 615-624.

Condiciones de contorno (frontera) aguas arriba (agua no salina)

Se generó y calibró un modelo hidrológico para la cuenca del río Fishriver usando el código HSPF

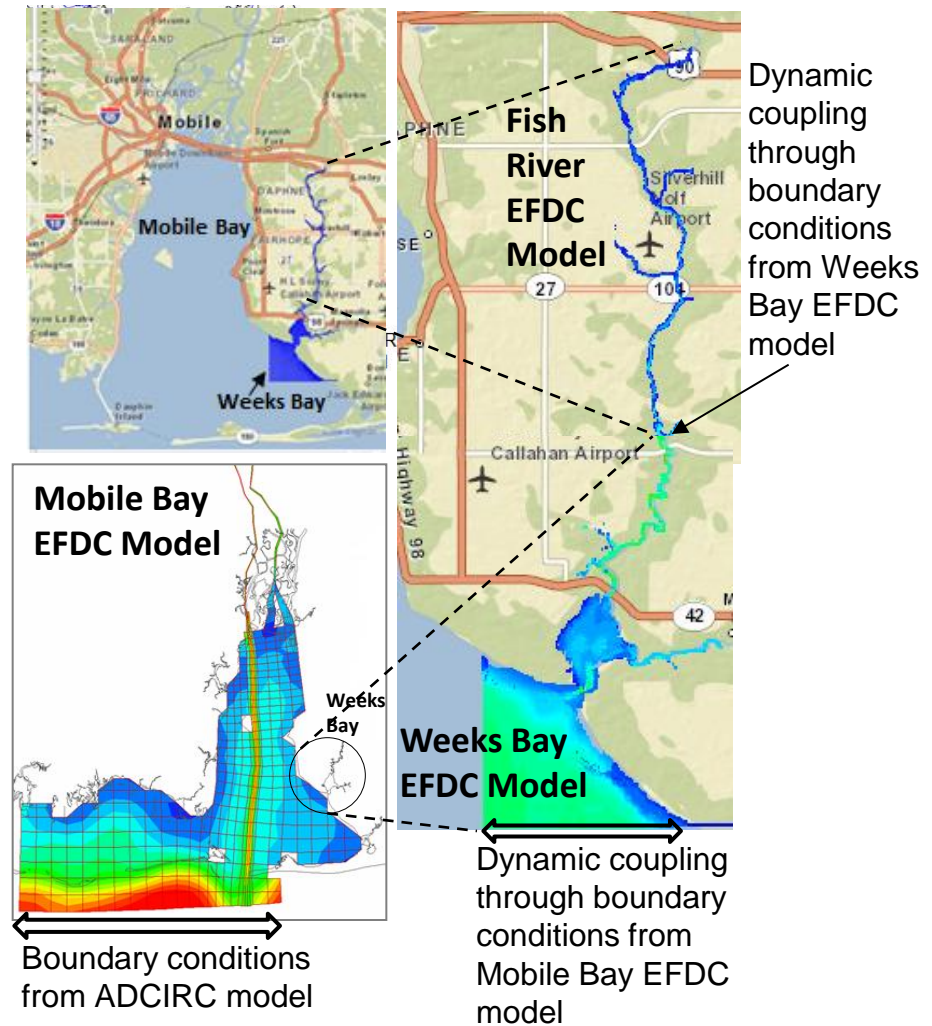
Los caudales (flujos) calculados por el modelo HSPF se introducen como condiciones de contorno al modelo hidrodinámico del cauce del río Fishriver



Condiciones de contorno (frontera) aguas abajo

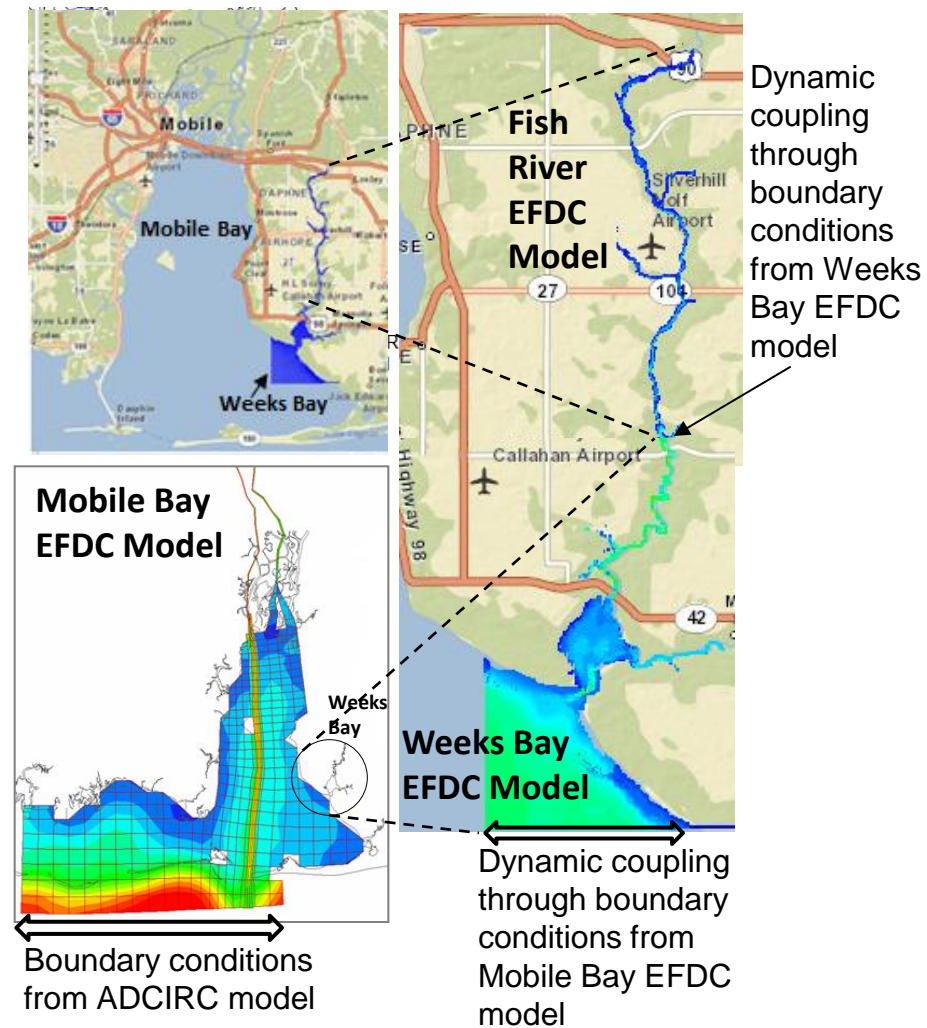
Un modelo oceánico existente proveyó las condiciones de contorno a un modelo de la Bahía de Mobile

El modelo de la Bahía de Mobile generó condiciones e contorno (aguas abajo) al modelo del sub-estuario Weeksbay



Mallas computacionales

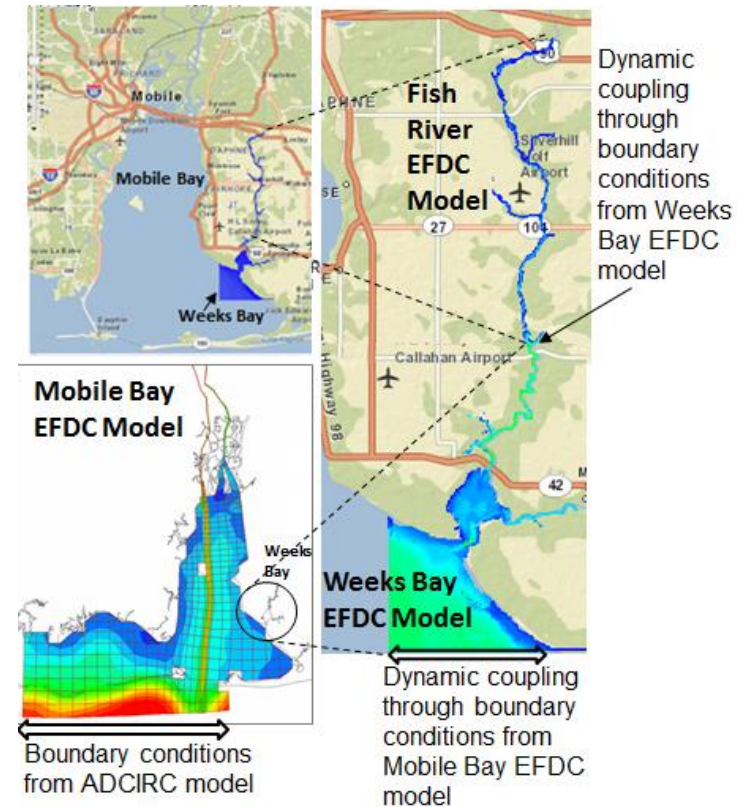
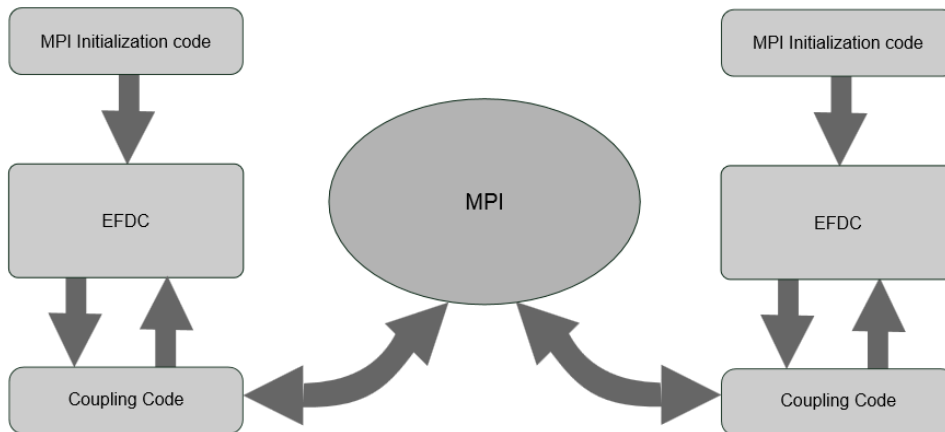
- Acoplamiento dinámico de modelos hidrodinámicos de diferentes resoluciones espaciales.
 - Bahía de Mobile: 400 x 400 m de las células. Número total de células: $\sim 10^3$
 - Weeks Bay: 89 m 89 m células (número total de celdas: $\sim 3 \cdot 10^3$ células)
 - Fish River: 26 x 26 m (número total de celdas: $\sim 10^5$)...
 - Resultados de cada modelo se pasan al modelo adyacente (o modelos) utilizando Message Passing Interface (MPI)



Transferencia dinámica de datos

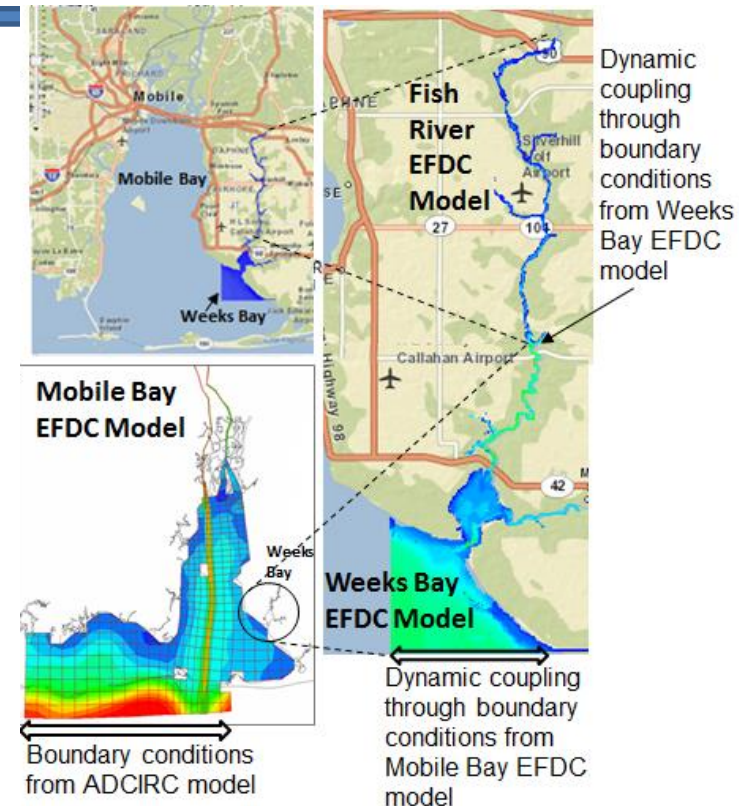
Acoplamiento dinámico (Message Passing Interface, MPI)

La herramienta del acoplamiento-dinámico es capaz de ejecutar (en paralelo) varios modelos EFDC, cada uno correspondiente a un segmento de un cuerpo de agua o parte geográfica diferente.



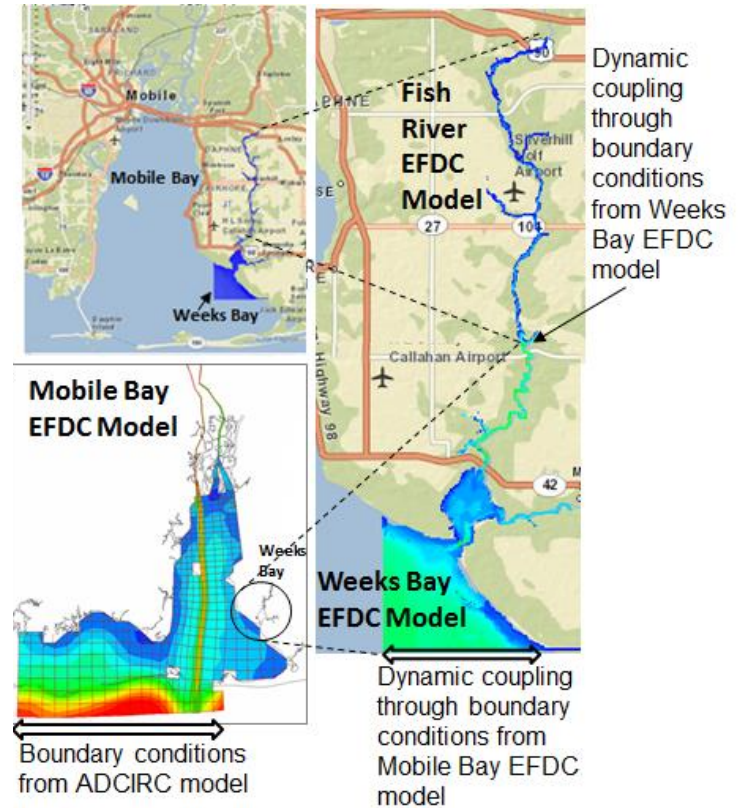
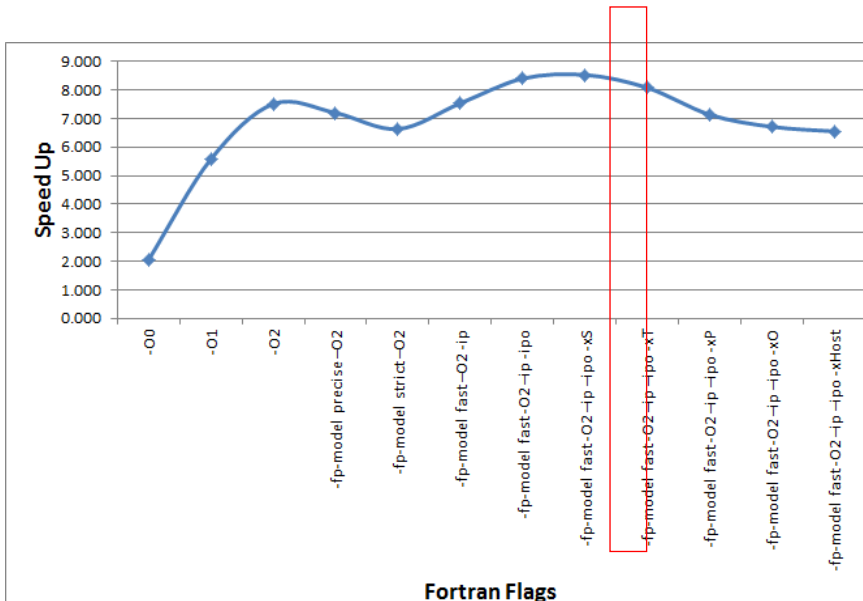
Optimizacion del código FORTRAN

Flag	Effect
-O0	Disables all -O<n> optimizations. Sets the -fp option
-O1	Enables optimizations for speed, while being aware of code size. Also disables intrinsic recognition and the -fp option. Enables optimizations for server applications.
-O2	Default for optimizations. Enables optimizations for speed, including global code scheduling, software pipelining, predication, and speculation.
-fp-model precise	Enables value-safe optimizations on floating-point data and rounds intermediate results to source-defined precision. Disables optimizations that can change the result of floating-point calculations. Ensure the accuracy of floating-point computations, but may slow performance.
-fp-model strict	Enables precise and except. This is the strictest floating-point model.
-fp-model fast	Enables more aggressive optimizations when implementing floating-point calculations. Increase speed, but may alter the accuracy of floating-point computations.
-ip	Enables additional inter-procedural optimizations for single file compilation. Allows the compiler to perform inline function expansion for calls to functions defined within the current source file.
-ipo	Enables multi-file inter-procedural (IP) optimizations (between files). Performs inline function expansion for calls to functions defined in separate files.
-xS	Can generate SSE4 Vectorizing Compiler and Media Accelerators instructions for future Intel processors that support the instructions.
-xT	Can generate SSSE3, SSE3, SSE2, and SSE instructions for Intel processors, and it can optimize for the Intel(R) Core(TM)2 Duo processor family.
-xP	Expands -XT to Core(TM) microarchitecture and Intel NetBurst(R) micro-architecture.
-xO	Can generate SSE3, SSE2, and SSE instructions, and it can optimize for Intel processors based on Intel Core microarchitecture and Intel Netburst microarchitecture.
-xHost	Tells the compiler to generate instructions for the highest instruction set available on the compilation host processor.



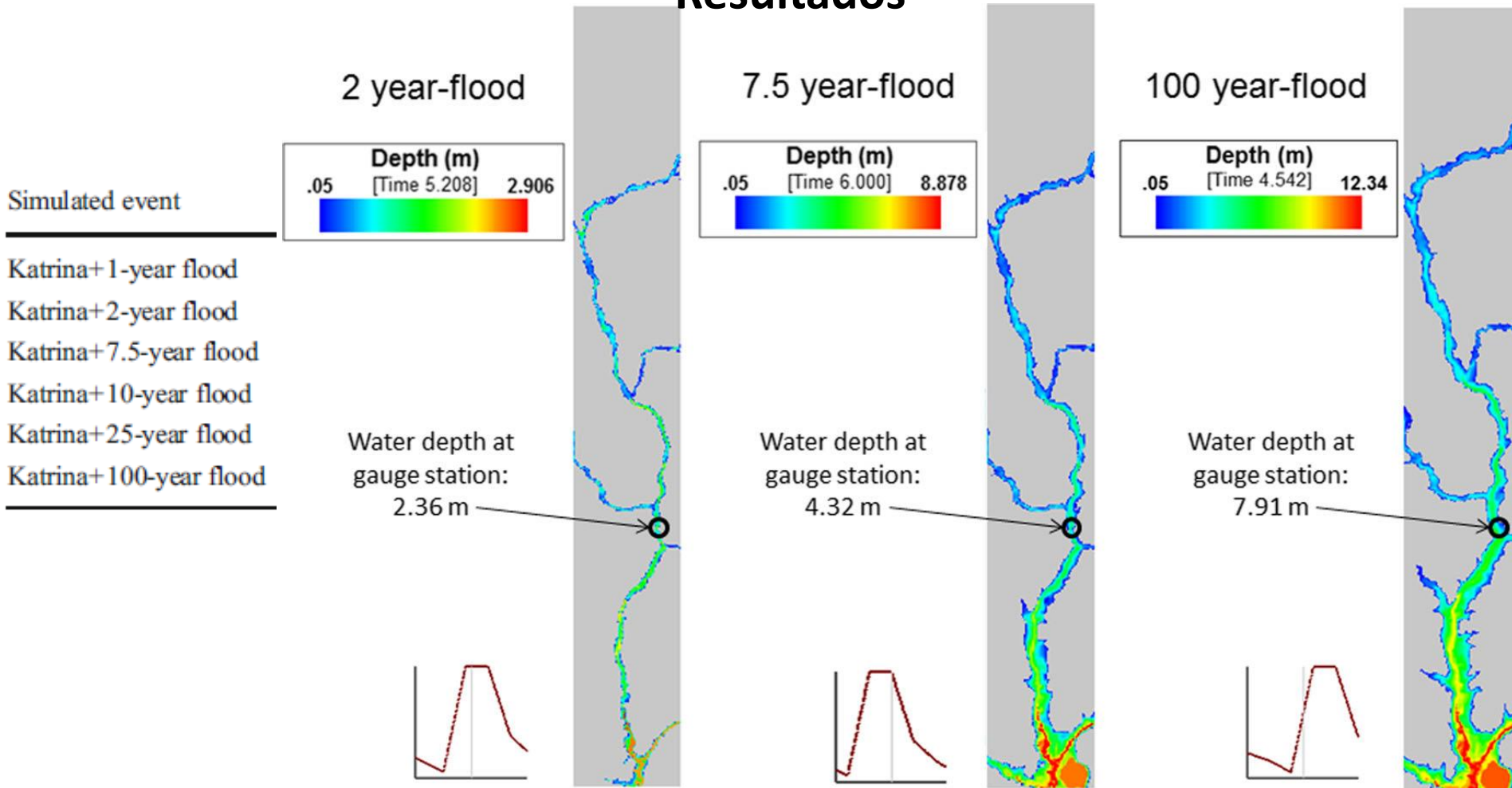
Resultados

Fortran flags	Run time (hours)	Speed up with respect to sequential execution
-O0	14.932	2.051
-O1	5.490	5.579
-O2	4.077	7.513
-fp-model precise -O2	4.255	7.199
-fp-model strict -O2	4.616	6.636
-fp-model fast -O2 -ip	4.064	7.537
-fp-model fast -O2 -ip -ipo	3.646	8.401
-fp-model fast -O2 -ip -ipo -xS	3.590	8.532
-fp-model fast -O2 -ip -ipo -xT	3.792	8.078
-fp-model fast -O2 -ip -ipo -xP	4.291	7.138
-fp-model fast -O2 -ip -ipo -xO	4.563	6.713
-fp-model fast -O2 -ip -ipo -xHost	4.672	6.556



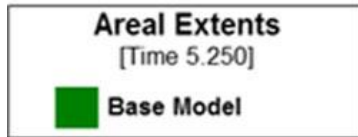
Resultados

Resultados

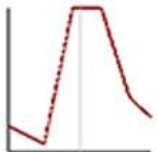


Resultados

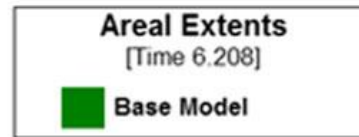
2 year-flood



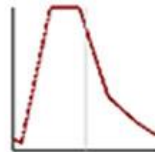
Inundated Area
4093 Km²



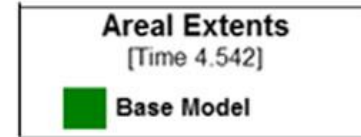
7.5 year-flood



Inundated Area
9139 Km²



100 year-flood



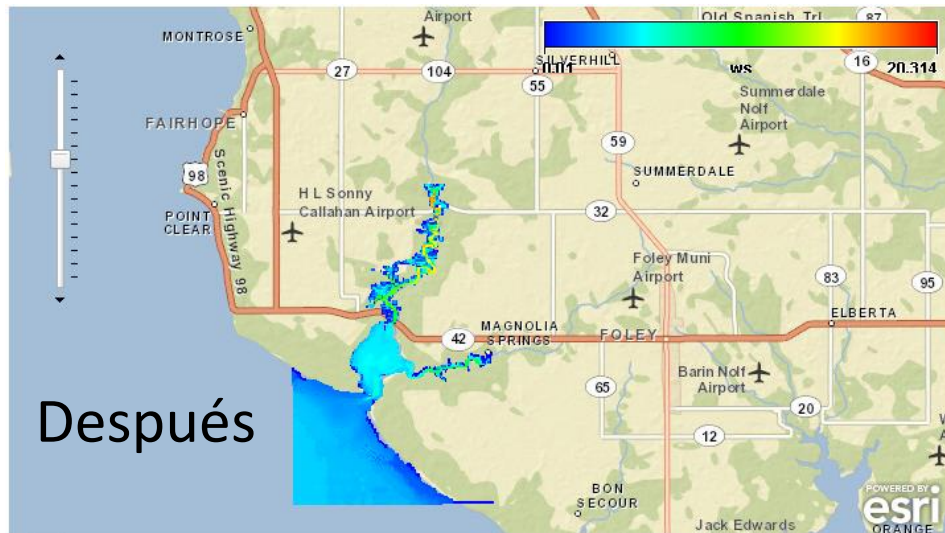
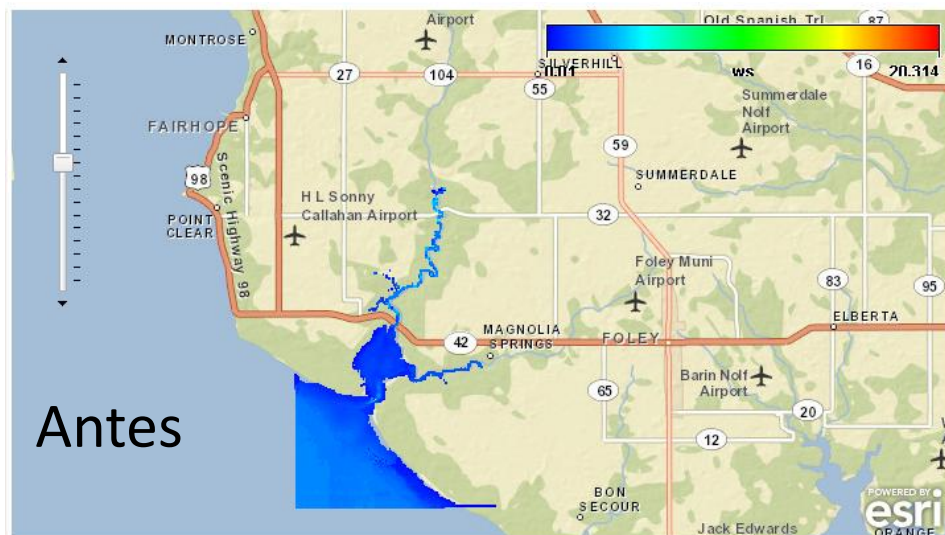
Inundated Area
11860 Km²



Resultados están disponibles on-line

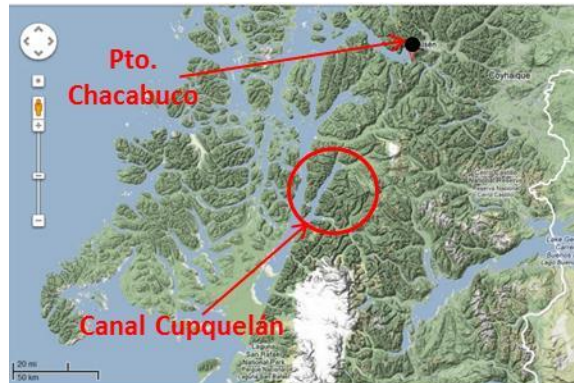
- Si quieren explorar las simulaciones pueden visitar:

<http://sulis-data.ngi.msstate.edu/geoportal/catalog/search/resource/explore.page?uuid={5D56B26D-81A0-48BF-A006-E34239ED0C26}#>

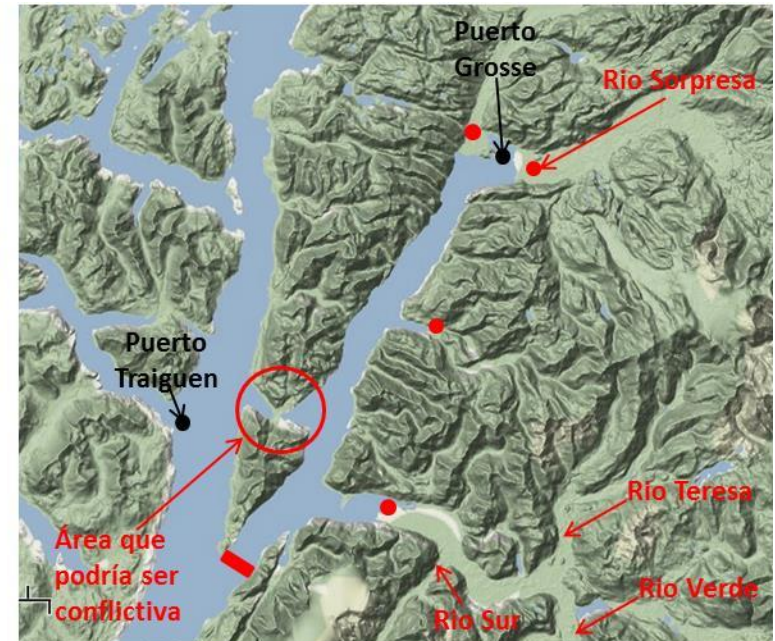


Posibles aplicaciones en Chile

- Regimen hidrodinámico y de calidad de agua en el Estero Cupquellan (conjuntamente con Profesores E. Alvarez y L. Estellé)
 - Situado cerca de Puerto Chacabuco, Region XI de Chile
 - Cuerpo de agua alargado de aproximadamente 2.5 Km de ancho y 40 Km de longitud. (Lat. -46.13 grados; Long -73.5 grados)
 - También denominado Estero Cuquelán o Cupquetán, Fiordo Cuquelán o Cupquetán.



- Condición de contorno: río
- ▬ Condición de contorno: marea
- Puertos cerca/en zona de proyecto



Posibles aplicaciones en Chile

- Río Bio Bio (conjuntamente con Prof. L. Alvarez)
- Área de drenaje de 24.029 km², longitud de 380 km, 1.4 Km de ancho (cuando cruza la ciudad de Concepción)
- Nacientes en la cordillera andina (región de la Araucanía), desemboca en el océano pacífico
- Actividades en la cuenca: 100.000 hectáreas de tierra cultivable, generación de energía hidroeléctrica, abastecimiento de agua
- Afectado por una combinación de las mareas del océano y corrientes provenientes de varias presas construidas a lo largo del curso del río
- Predecir escenarios de inundación y medidas de gestión de agua a través de un modelo hidrodinámico



Gracias
¿Preguntas?

vladimir.alarcon@udp.cl