

Ecohidráulica y Restauración de Recursos Hídricos

José F. Rodríguez



Organización

- El enfoque ecohidráulico
- Restauración de humedales para mejorar el hábitat de aves migratorias.
- Restauración de ríos para mejorar el hábitat de peces.

El enfoque ecohidráulico

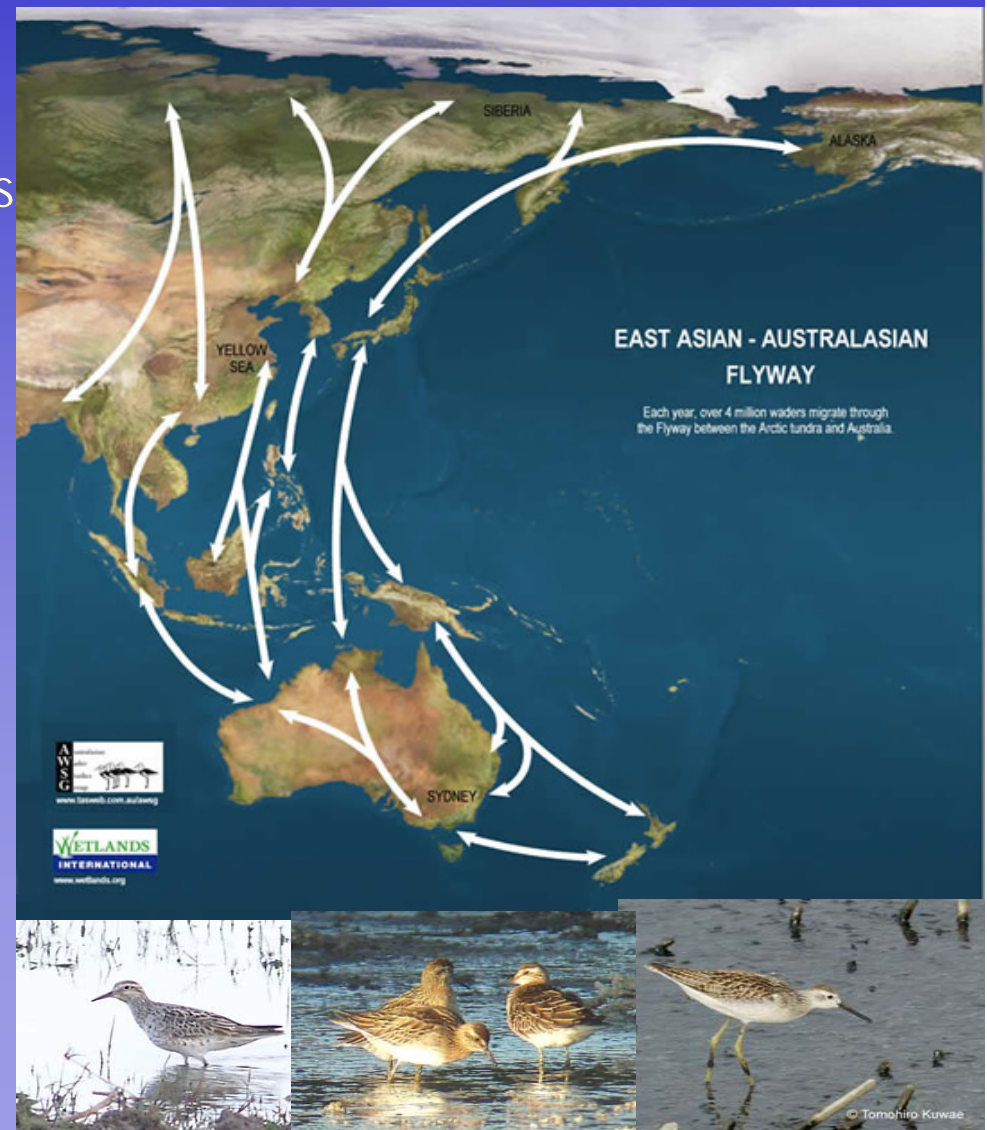
- Permite predecir disponibilidad de hábitat físico
- Asume que los factores hidráulicos son predominantes en el desarrollo de determinados procesos ecológicos
- Requiere enfoque interdisciplinario

Restauración de humedales

Motivación y antecedentes

Aves migratorias

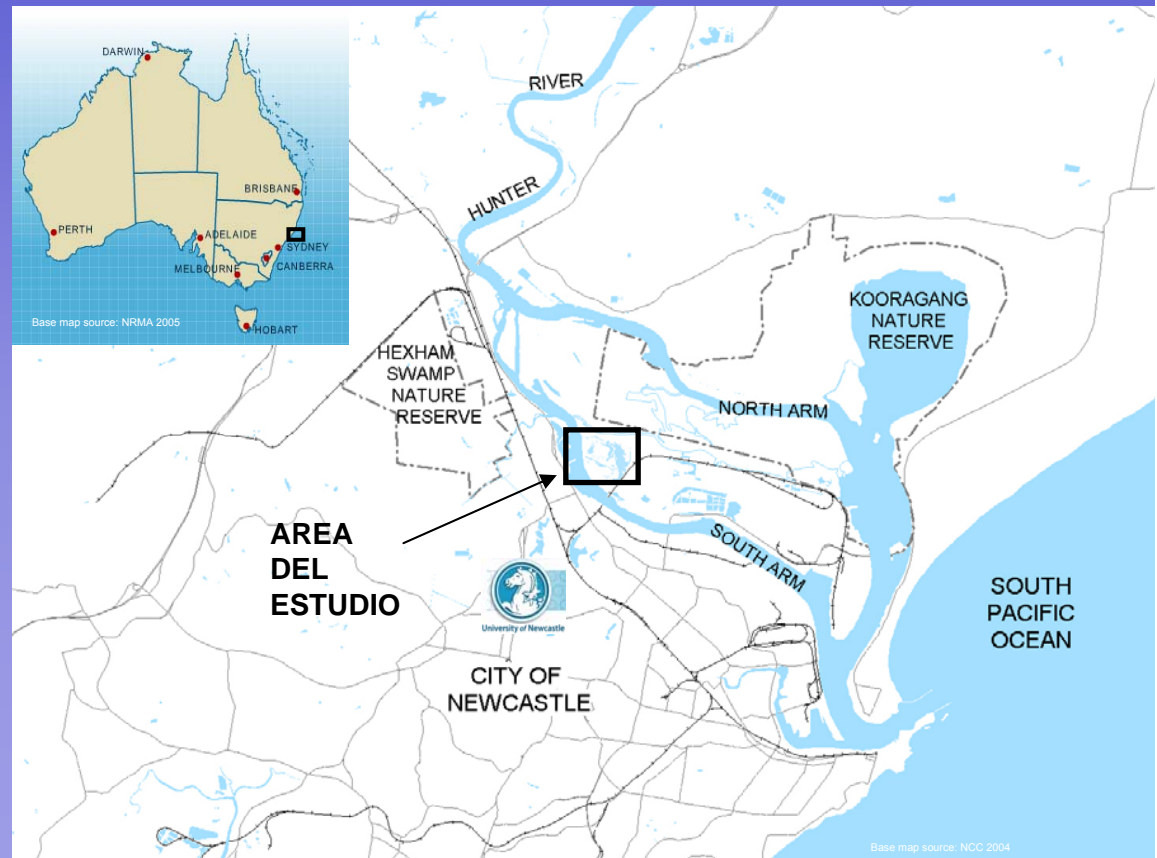
- Viajan enormes distancias entre lugares de cría y alimentación
- Hábitat
 - alimentación en planicies pantanosas intermareales y humedales efímeros
 - descanso en áreas abiertas, aguas poco profundas
 - amenazas
 - desarrollo humano sobre zonas costeras
 - aumento del nivel del mar
- Protección:
 - Acuerdos internacionales y bilaterales (Ramsar, CAMBA, JAMBA)
 - Legislación australiana.



Motivación y Antecedentes

Estuario del Río Hunter

- Uno de los sitios más importantes para aves playeras en Australia
- ~ 3000 ha hábitat conservado
- Terminal de carbón más grande del mundo
- Ciudad regional más grande en Australia's
- Intereses múltiples
- Demandas sobre el uso del suelo conflictivas

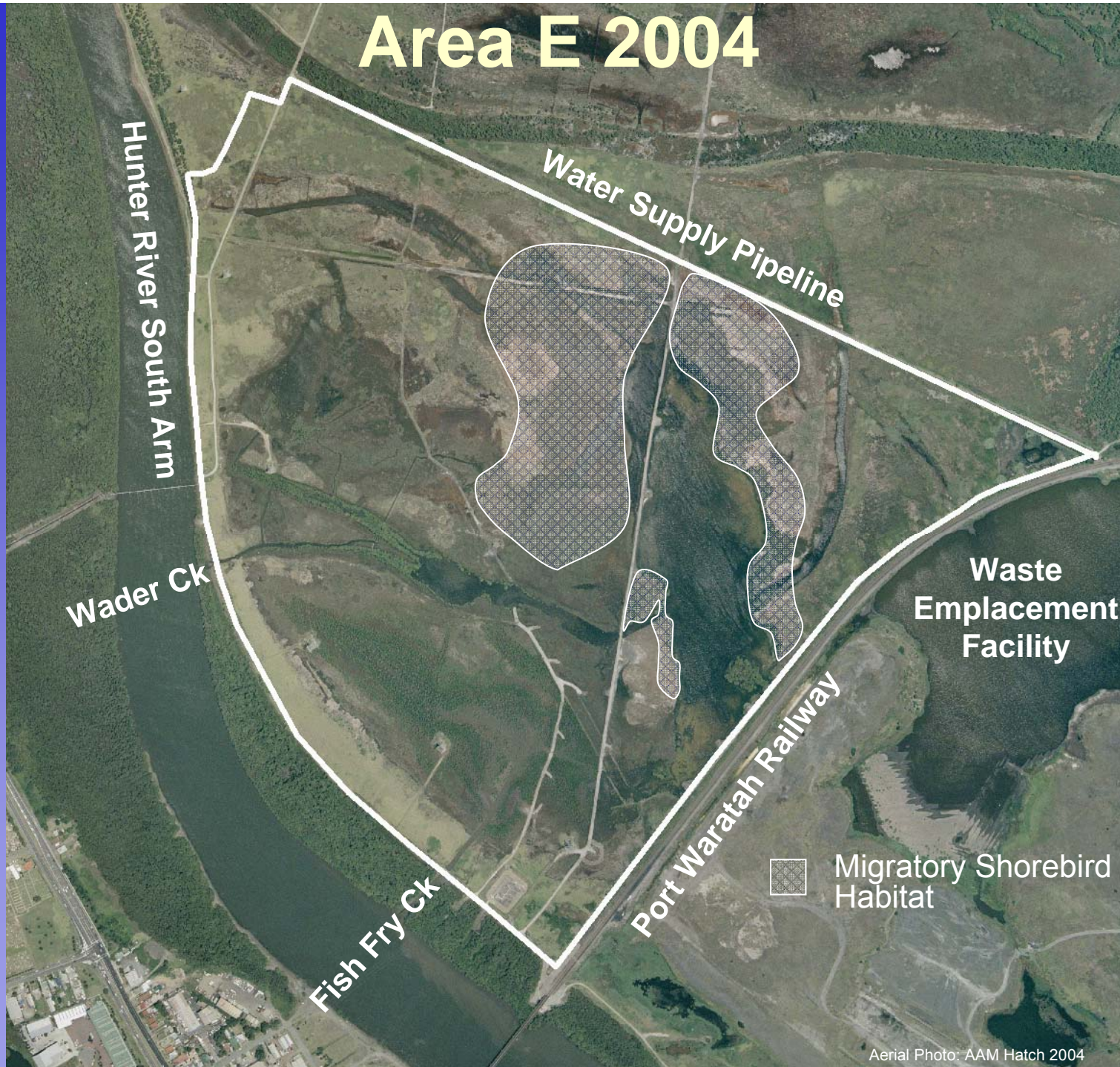


Area E 1993

(124 ha)



Area E 2004



Objetivos

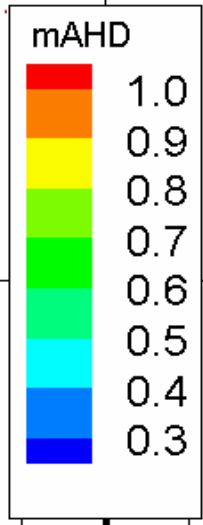
- *caracterizar* los parámetros hidráulicos propicios para el desarrollo del hábitats estuarino
- desarrollar herramientas para simular la respuesta de la vegetación a escenarios hipotéticos de manejo hidráulico
- determinar el régimen hidráulico necesario para desarrollar y mantener hábitat para aves playeras
- *focalizar en el Area E* y después generalizar a otros sitios en the estuario

6.3635E+06

6.363E+06

6.3625E+06

Cr Ck



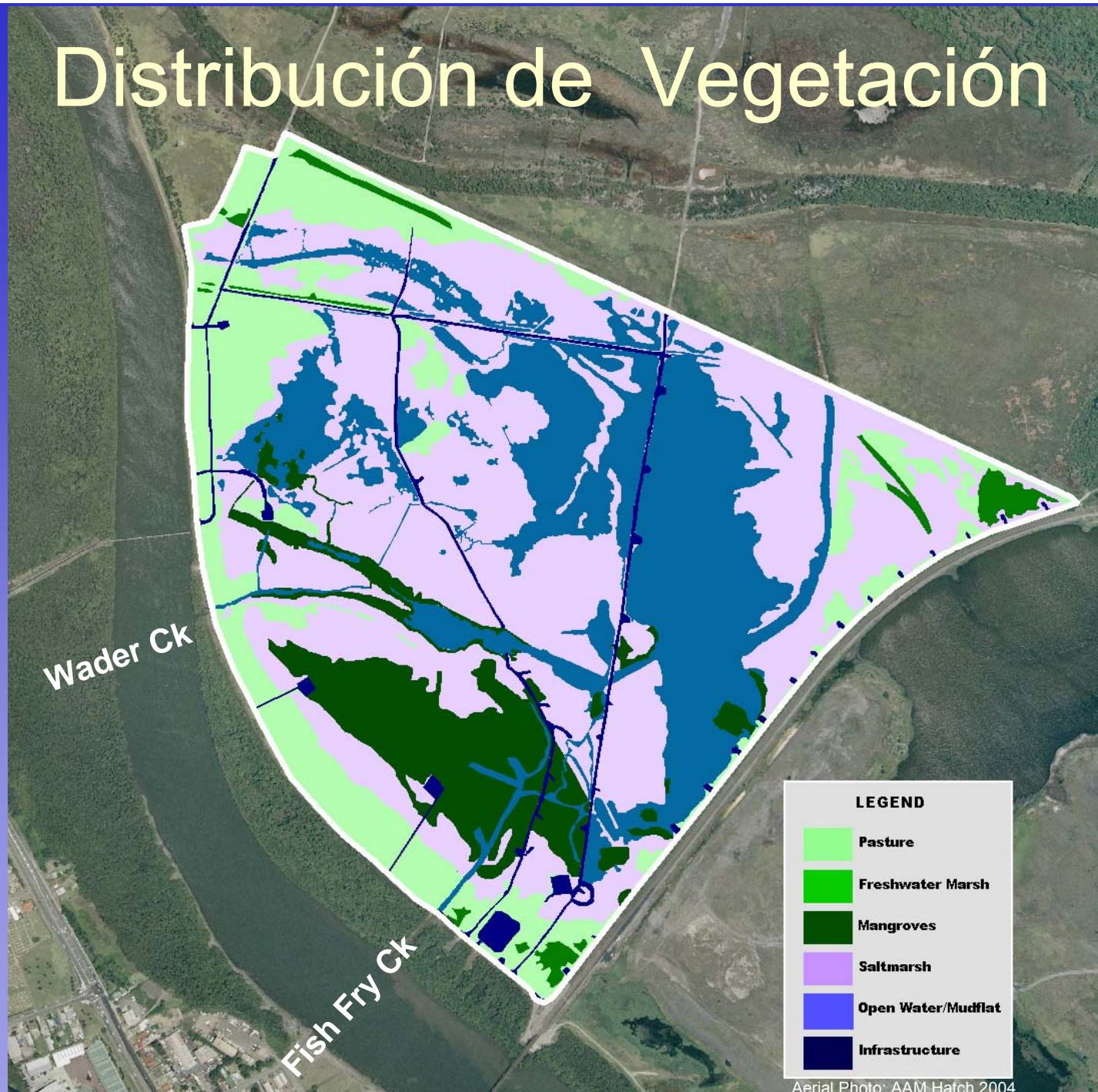
379500

380000

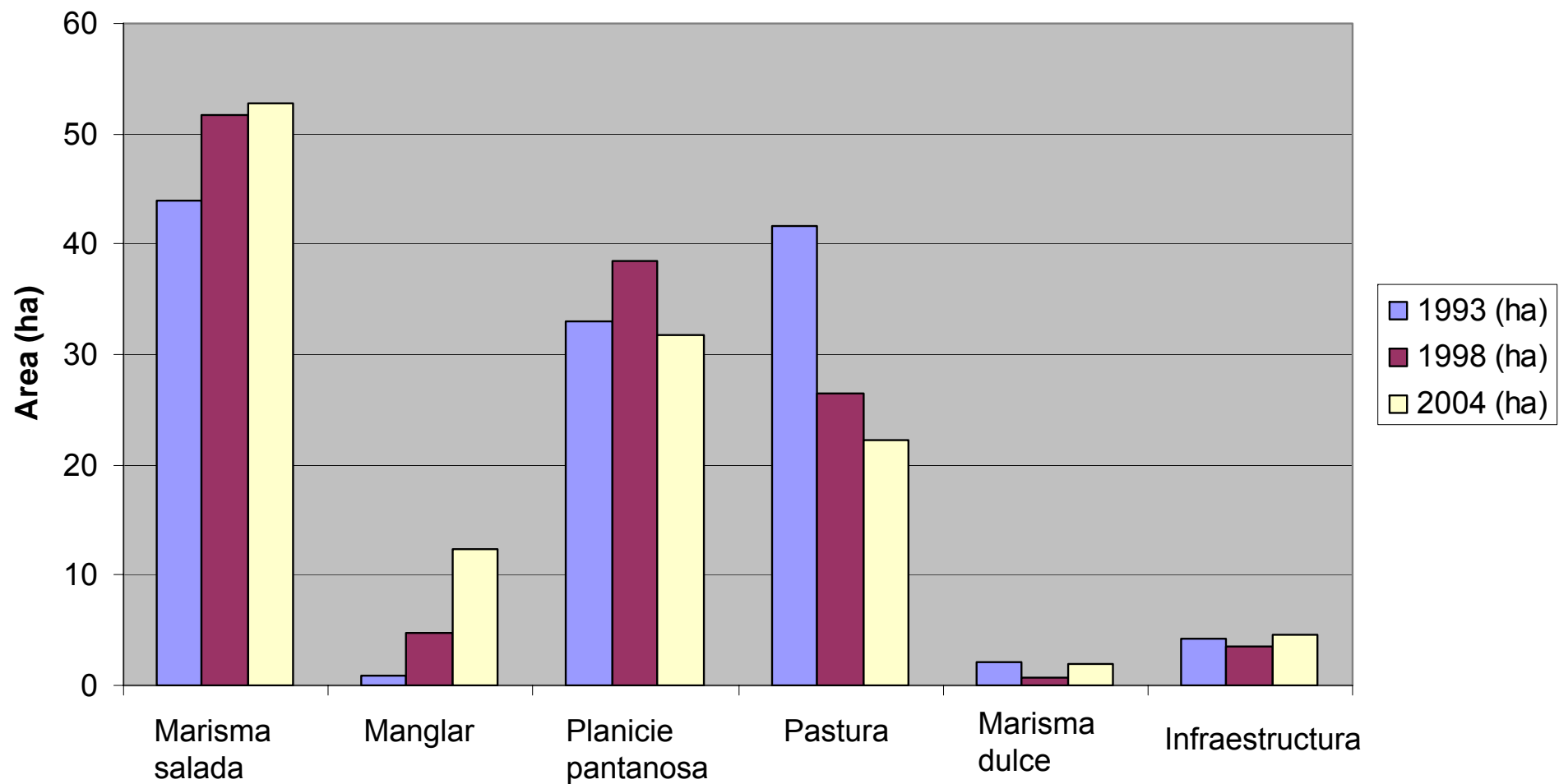
380500

381000

Distribución de Vegetación



Distribución de Vegetación



Análisis Estadístico

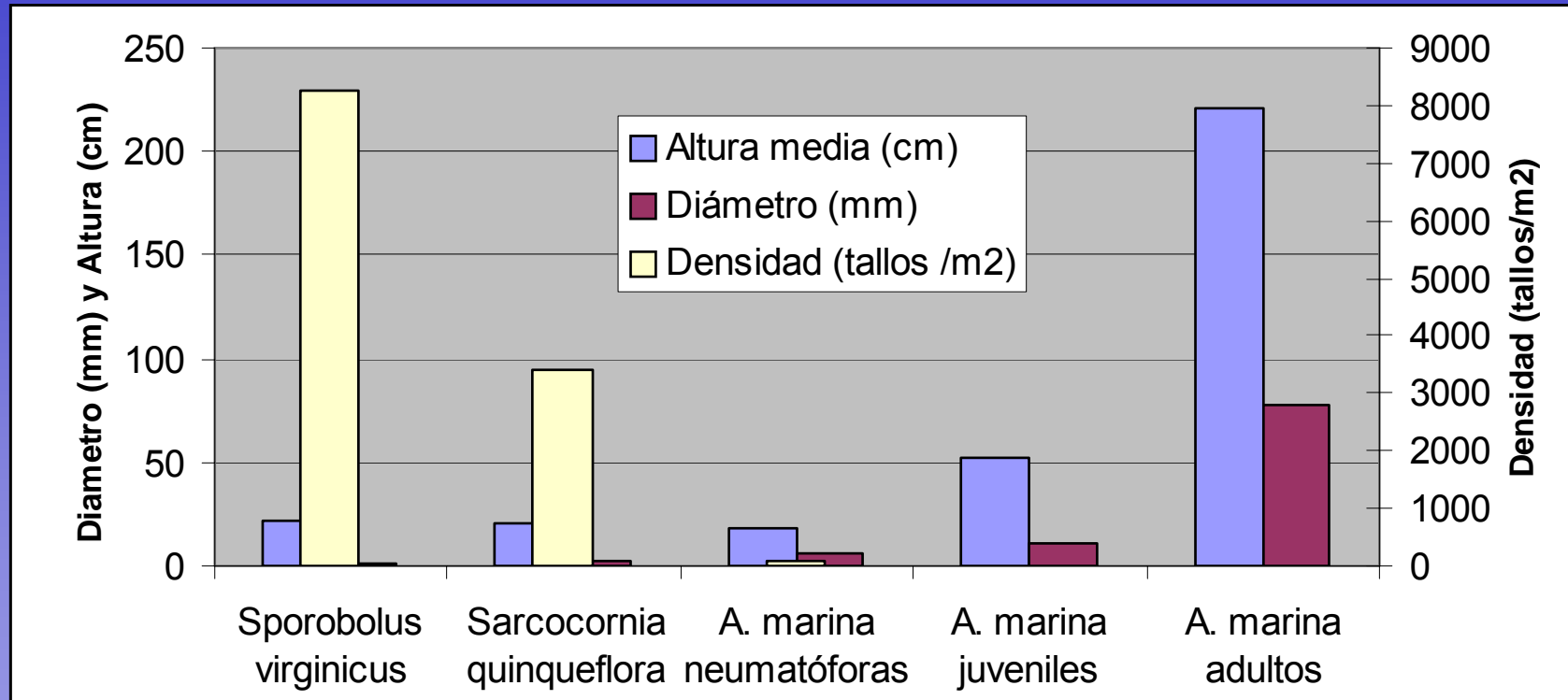
(ANOVA, regresión múltiple y PCA)

- Vegetación (altura, diámetro, densidad de tallos)
- Propiedades hidráulicas (hidroperíodo, rango de marea, velocidad, materia sólida suspendida)
- Topografía (elevación)
- Propiedades del suelo (tamaño de partículas, densidad, pH, conductividad, carbón orgánico total)

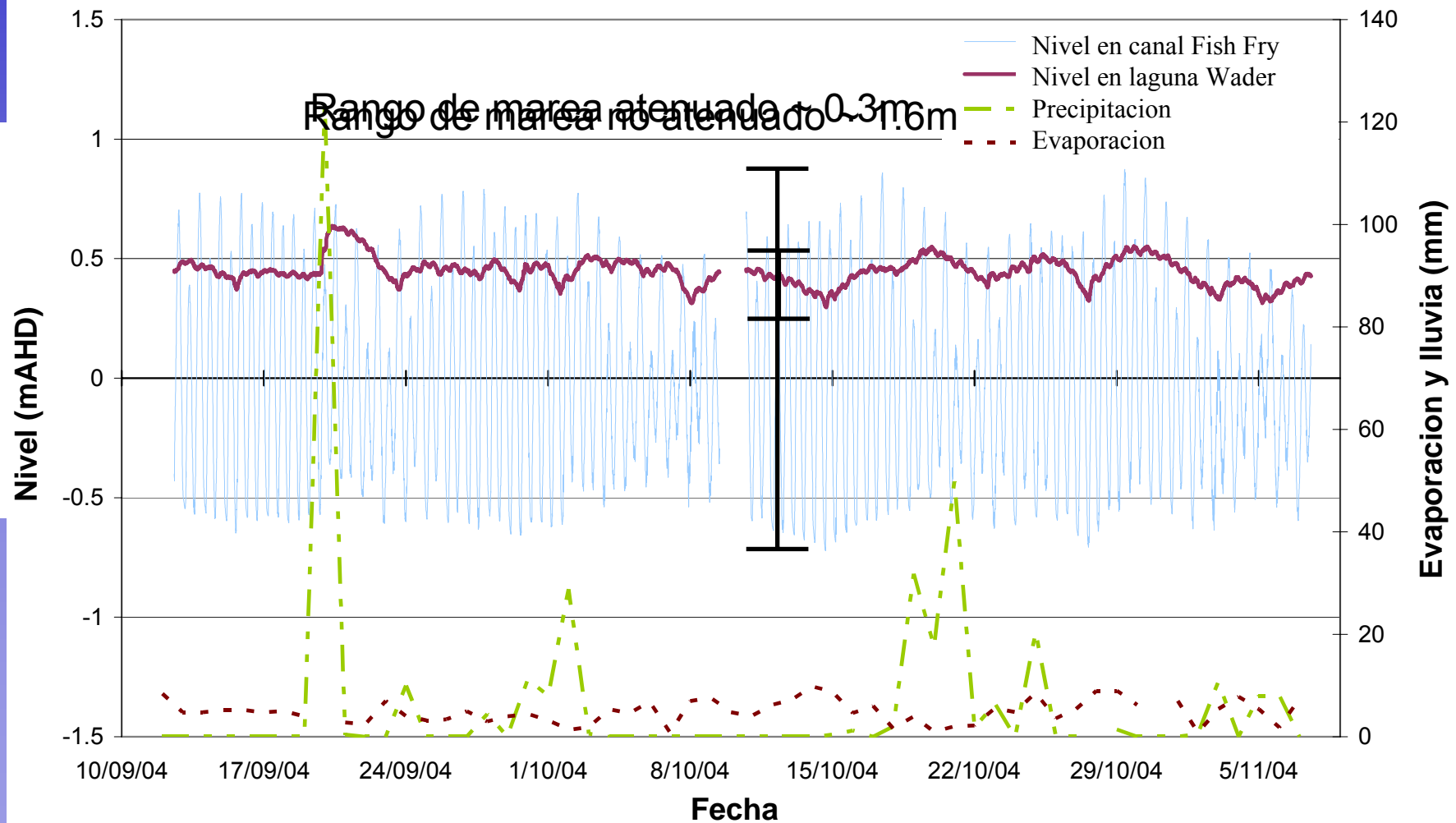
Sitios de muestreo



Vegetación (altura, diámetro, densidad de tallos)



Rango de marea (Sep-Nov 04)



Compartimientos hidráulicos



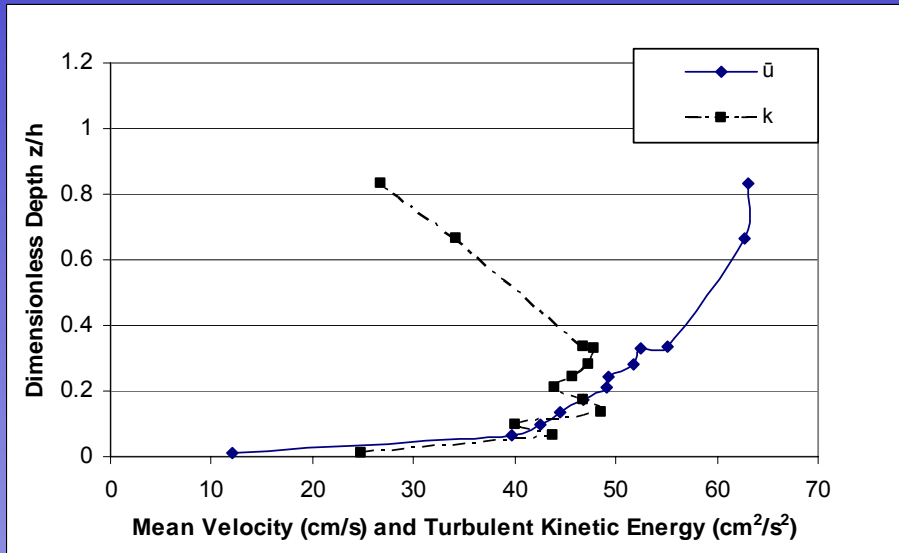
Hidroperíodo

Hábitat	Compartimiento Canal Fish Fry		Compartimiento LagunaWader	
	Primavera	Verano	Primavera	Verano
Planicie pantanososa	0.451	0.402	1.000	0.994
Manglares	0.350	0.254	1.000	0.955
Marisma salina	0.179	0.108	0.976	0.651
Pastura	0.021	0.023	0.048	0.000

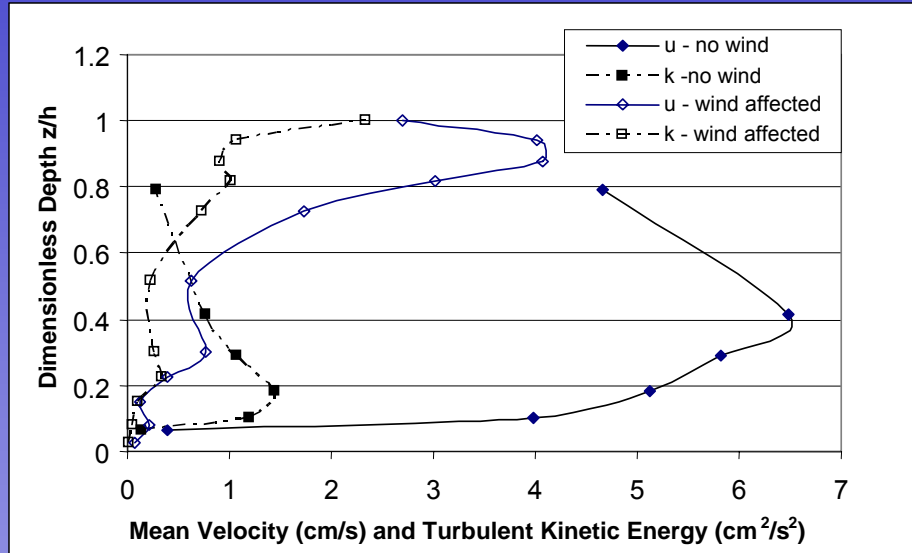
1 = inundación permanente

Velocidades

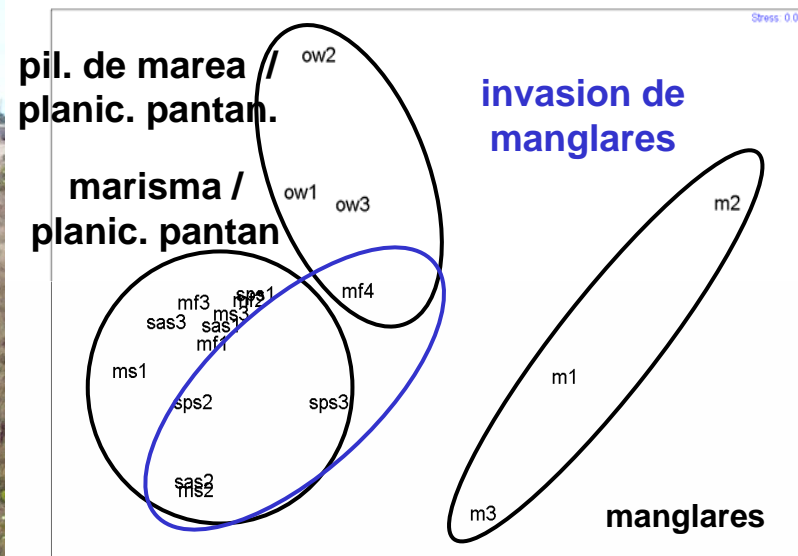
Compartimiento no atenuado



Compartimiento atenuado



Factores abióticos (nMDS)



Rango de marea, Hidroperiodo & Elevacion

Zonación de Hidráulica (nmuds y Simper)

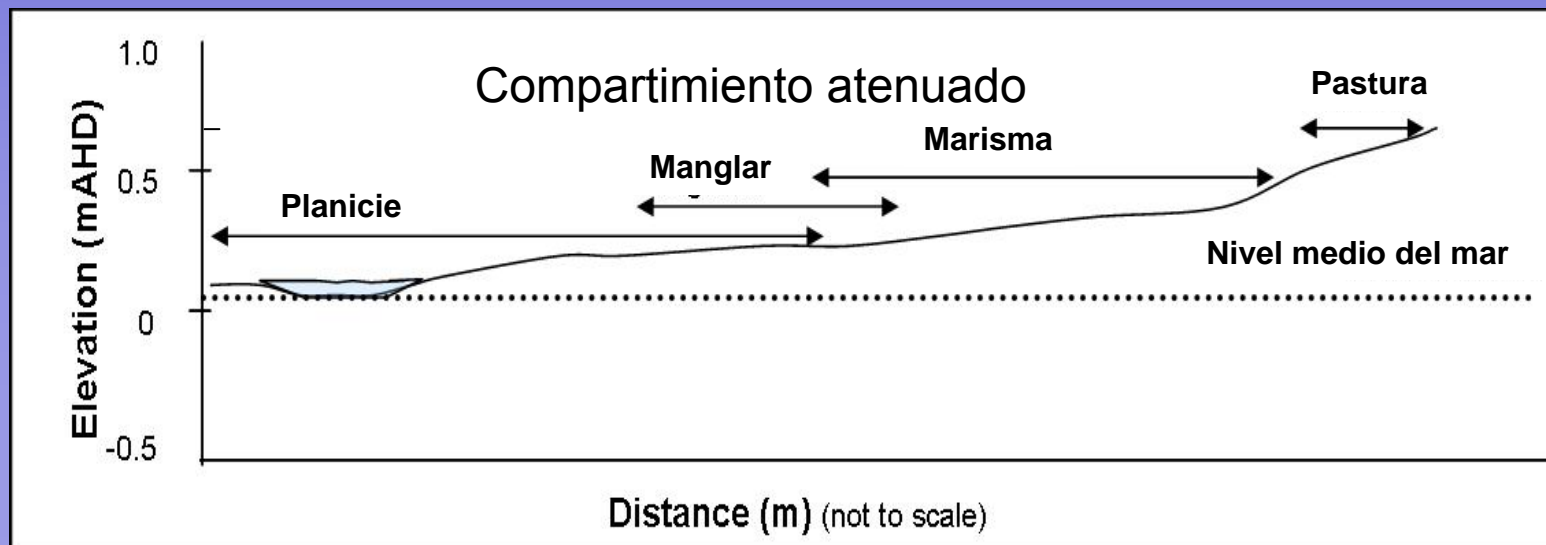
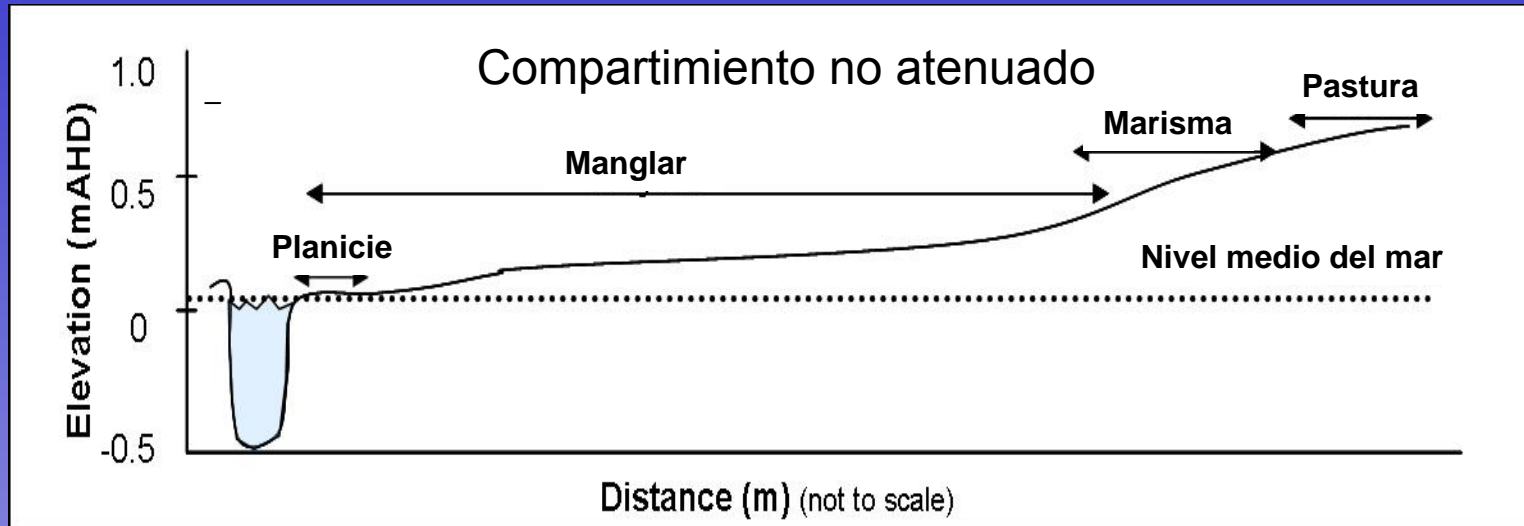
Grupo A (compartimiento no atenuado)
alta velocidad
alto sedimento en suspension
alto rango de marea

Group B (canales con marea atenuada)
moderada velocidad
moderado sedimento en suspension
alta elevacion
largo hidropериодо

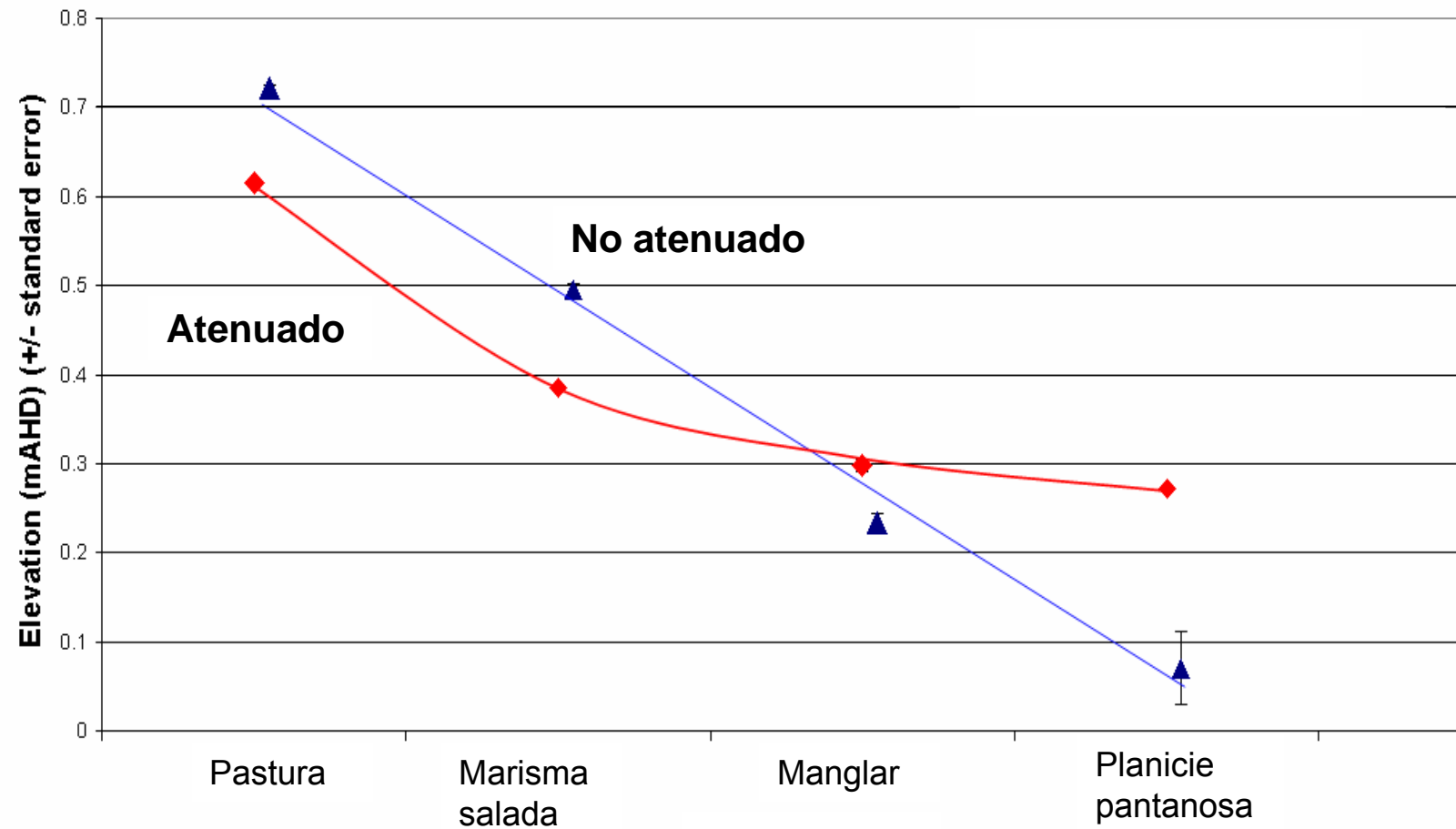
Group C (marisma abierta atenuada)
baja velocidad
bajo sedimento en suspension
alta elevacion
largo hidropериодо



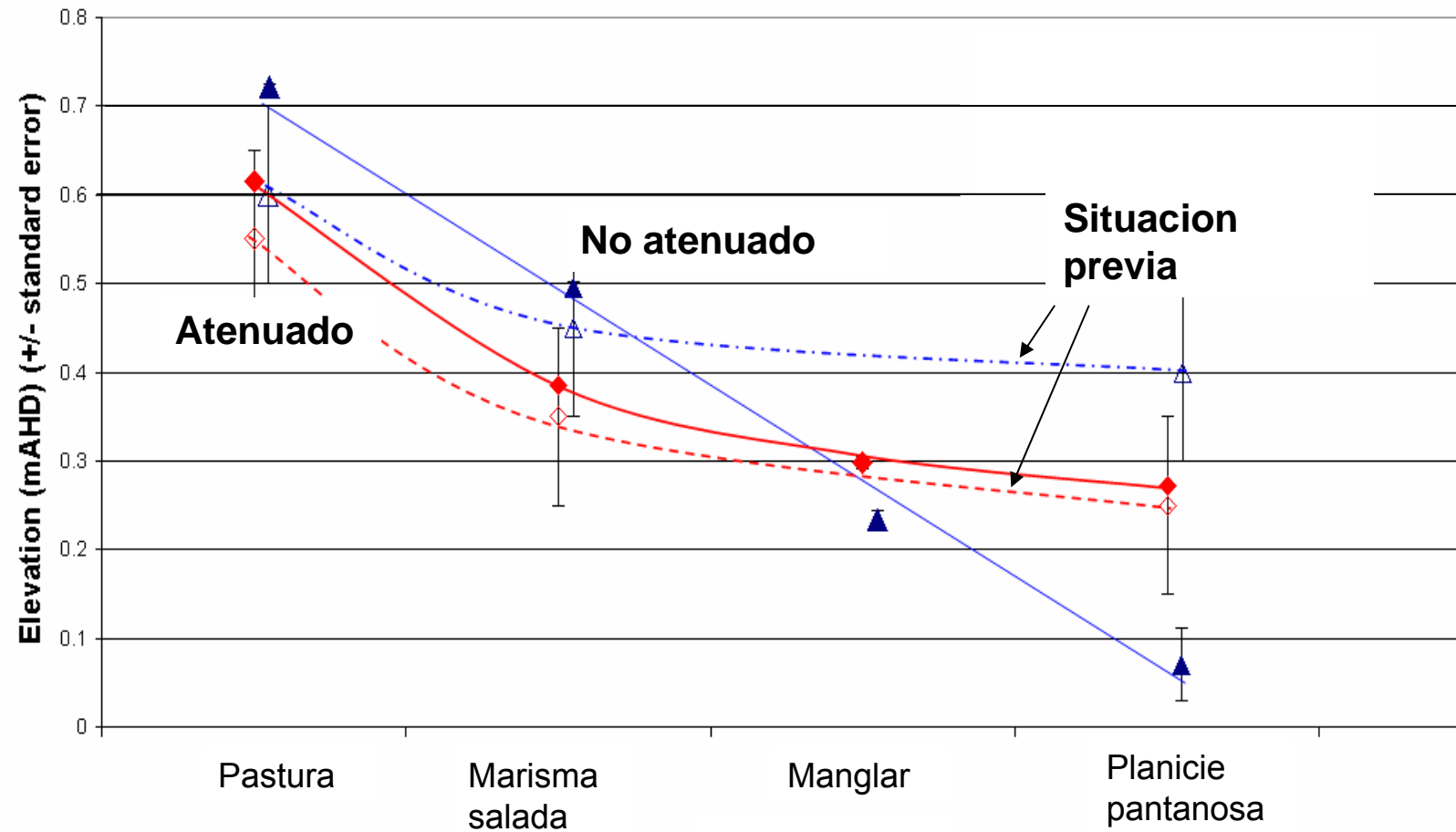
Zonación de Hábitat



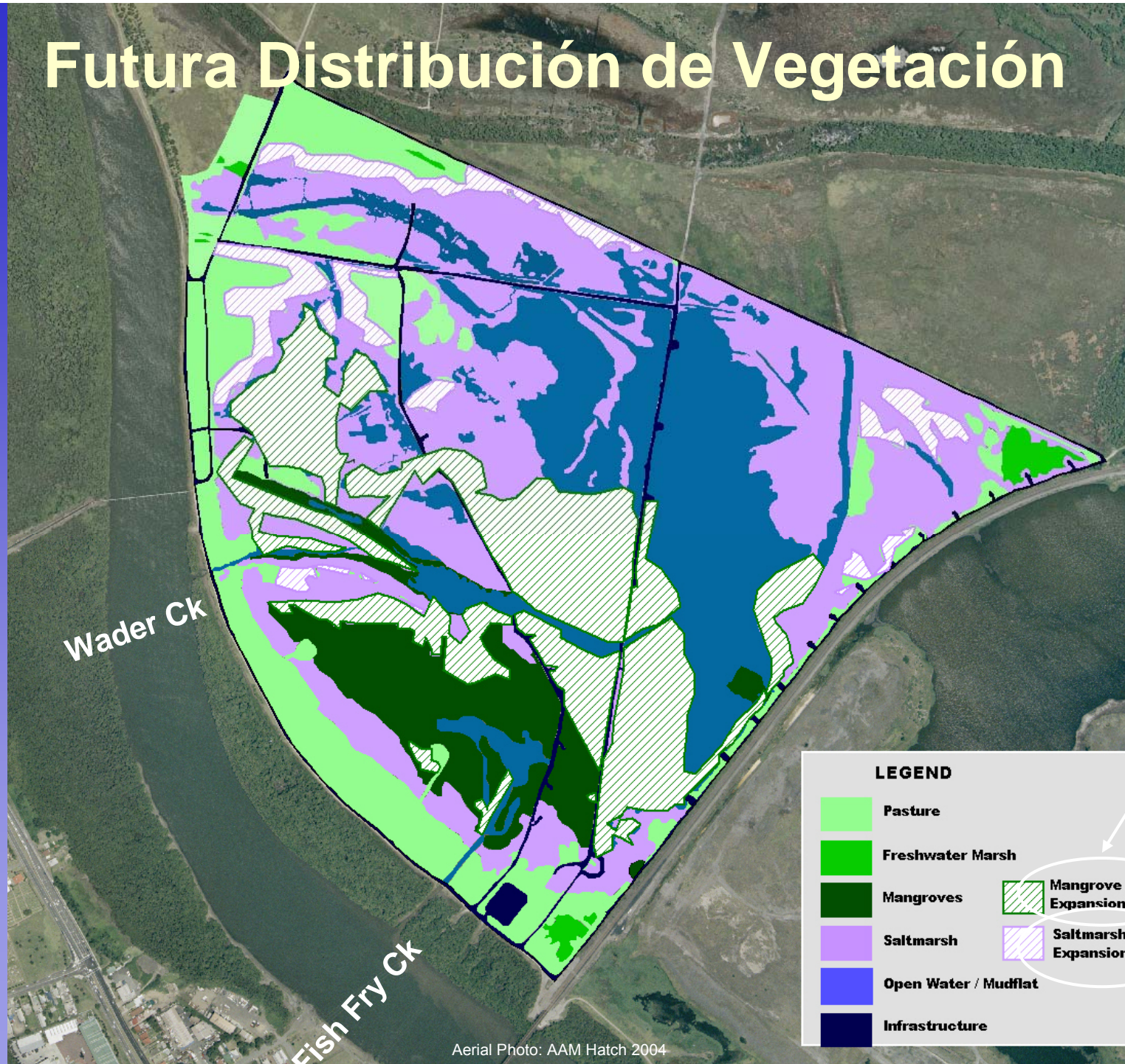
Comparación



Comparación



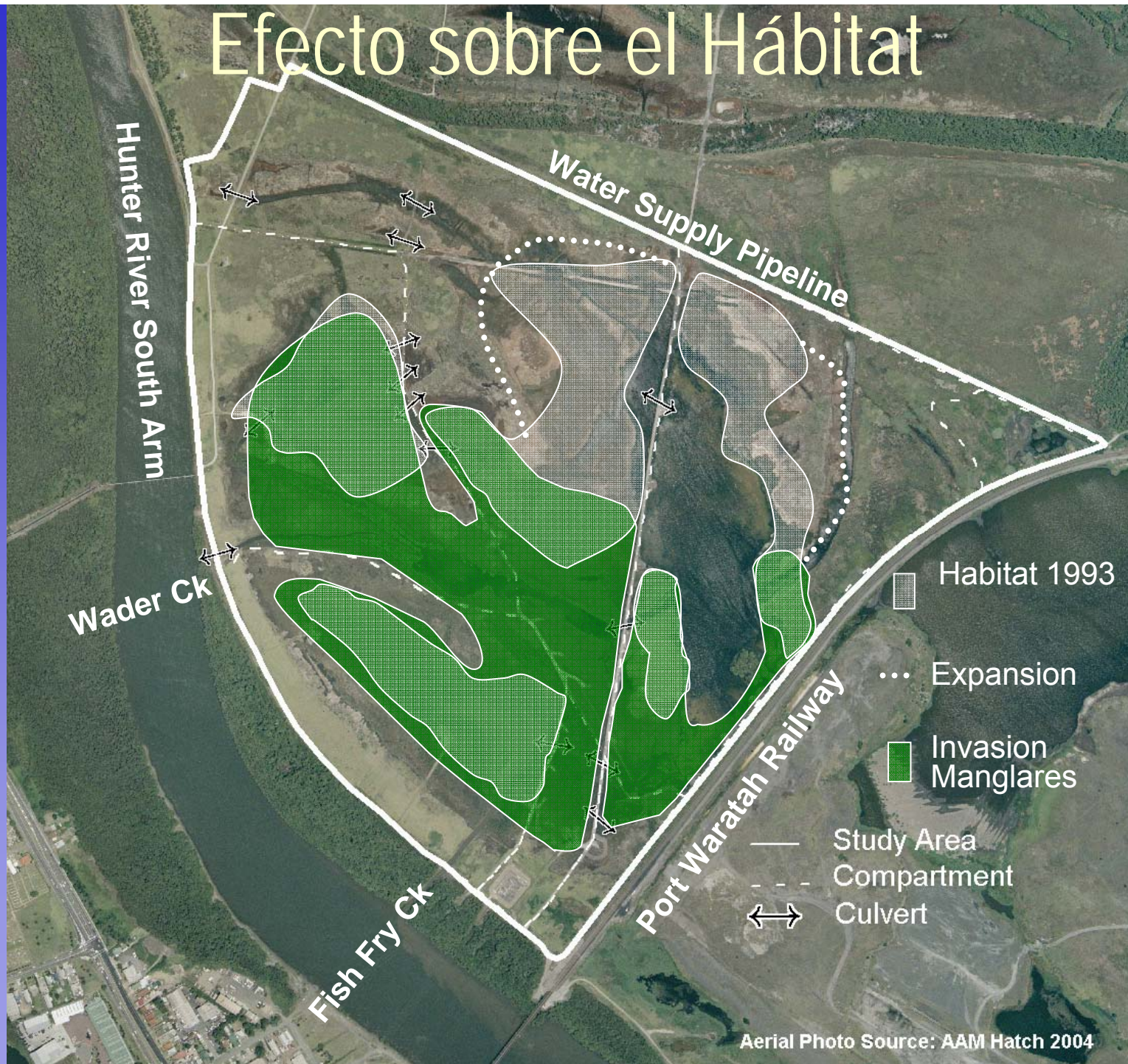
Futura Distribución de Vegetación



~ 20 ha

~ -15 ha

Efecto sobre el Hábitat



Aerial Photo Source: AAM Hatch 2004

Conclusiones

- Controles hidráulicos afectan la distribución de vegetación
- Reintroducción de mareas en el canal Fish Fry ha resultado en el reemplazo de piletas de marea y marismas por canales de marea y manglares
- En la laguna Wader la marea ha permanecido atenuada, aunque también se han detectado algunos cambios en la vegetación
- Este proceso no ha alcanzado el equilibrio y la dinámica actual esta caracterizada por la erosión de canales de marea entre los dos compartimientos e invasión de manglares
- Las proyecciones indican que las marismas y el hábitat de las aves playeras disminuirán a expensas de los manglares.

Restauración

- En base a los resultados obtenidos se ha propuesto limitar la amplitud de mareas en el compartimiento Fish Fry y así generar condiciones menos favorables para los manglares.
- Esto puede lograrse limitando los niveles mínimos mediante la construcción de un vertedero a la entrada del compartimiento.
- El vertedero se encuentra actualmente en construcción.

Restauración de ríos

Motivación y antecedentes



Piletas y rápidas en ríos de montaña

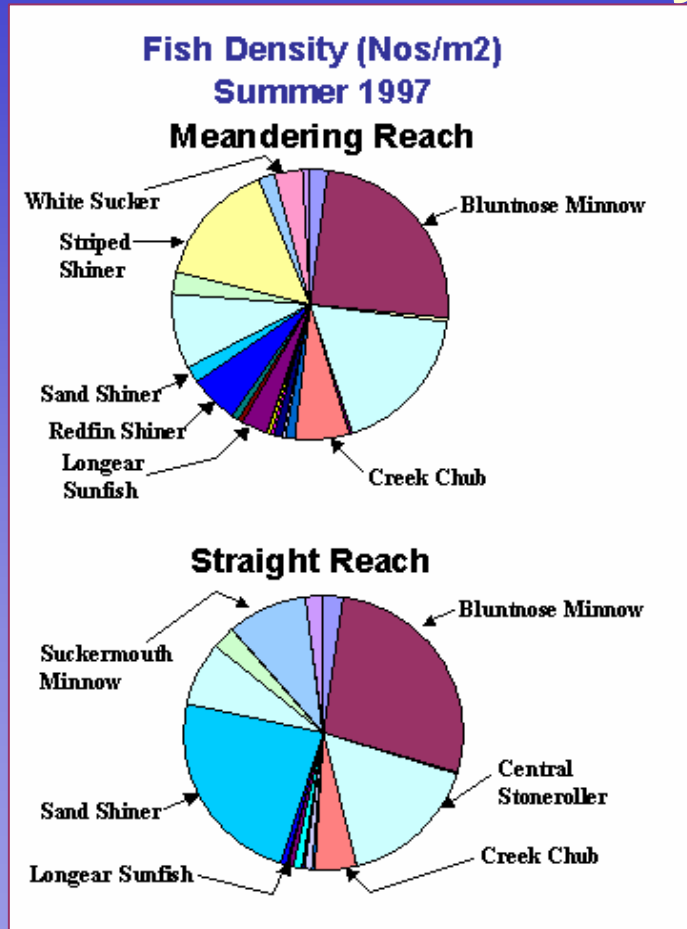
Motivación



Piletas y rápidas en ríos de llanura

Motivación

Estructura de la comunidad ictícola en tramos meandrosos y rectos



Community Metrics	Meandering Reach
Fish Density (fish #/m ²)	1.68
Fish Biomass (g/m ²)	26.2
Fish Diversity Index	2.78

Community Metrics	Straight Reach
Fish Density (fish #/m ²)	1.58
Fish Biomass (g/m ²)	3.5
Fish Diversity Index	2.05

Diversidad
Rango =
0 to 4-5

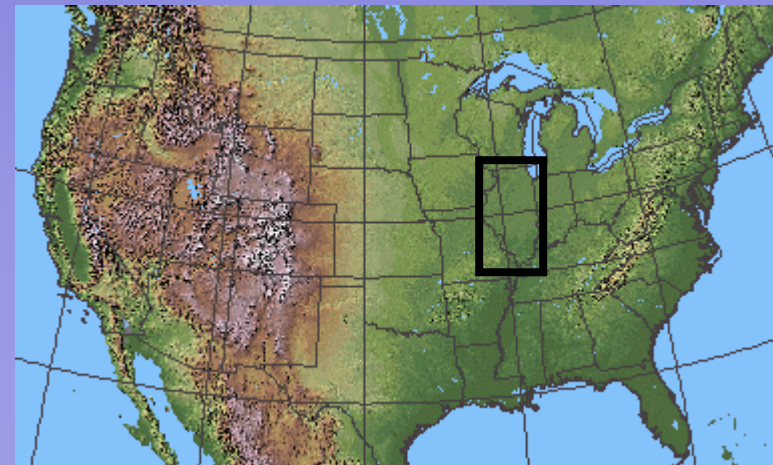
Schwartz, J.S., E.E. Herricks, and B.L. Rhoads. 2001. *Integrating Geomorphology, Hydraulics, and Ecological Criteria to Support Stream Naturalization in East-Central Illinois*. ASCE Congress, Orlando, Florida.

Motivación

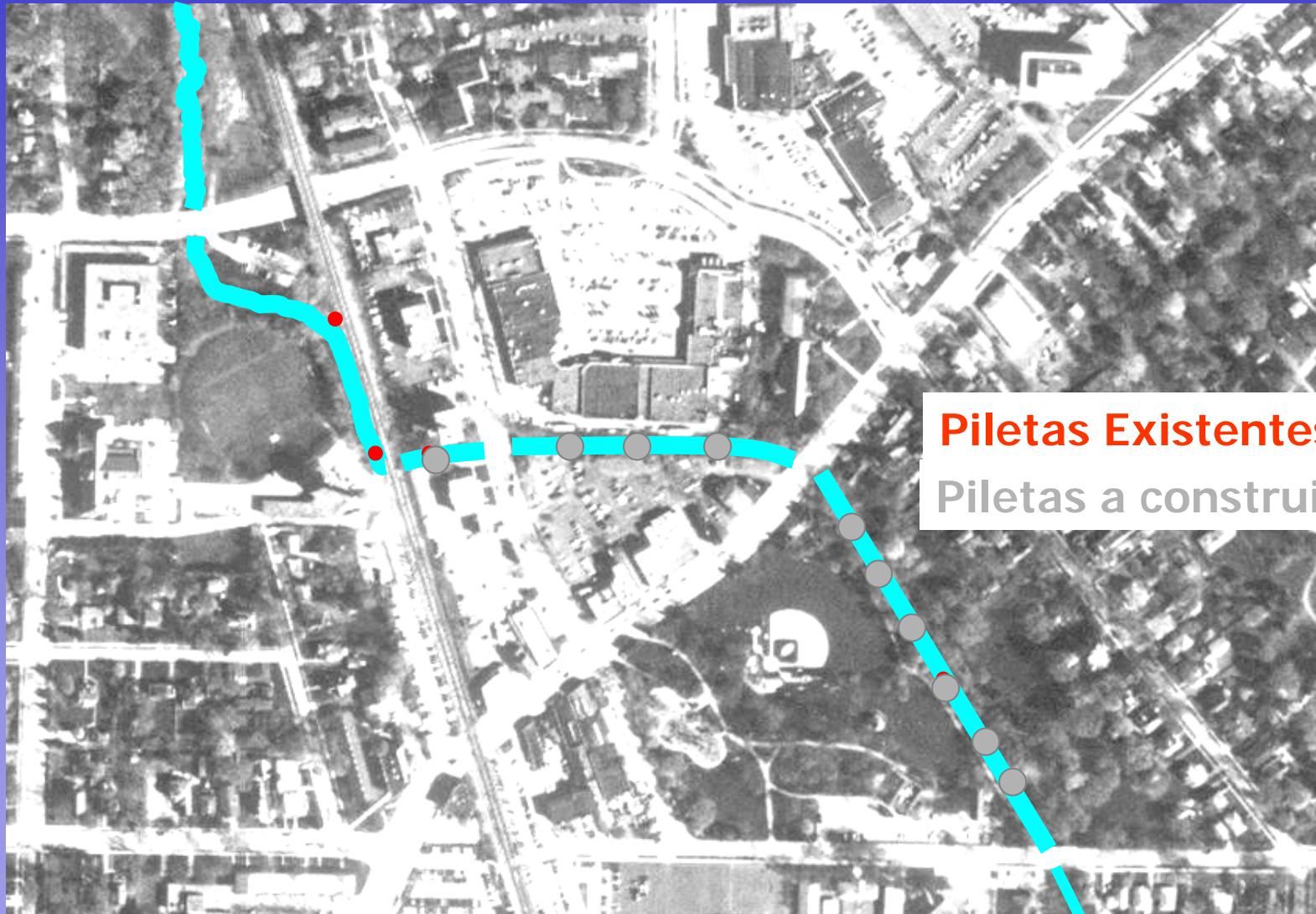
Sitio de estudio



**Chicago
River at
Northbrook**



West Fork of the North Branch of the Chicago River at Northbrook, IL



Piletas Existentes
Piletas a construir

Ecología

- Zonas de recirculación y baja velocidad en las piletas
- Velocidades mas altas en las rápidas
- Estructuras en secuencia de dos o mas

Ingeniería

- Angulo de reposo
- Tensión de corte
- Evitar sedimentación en piletas
- Minimizar inundación
- Costo

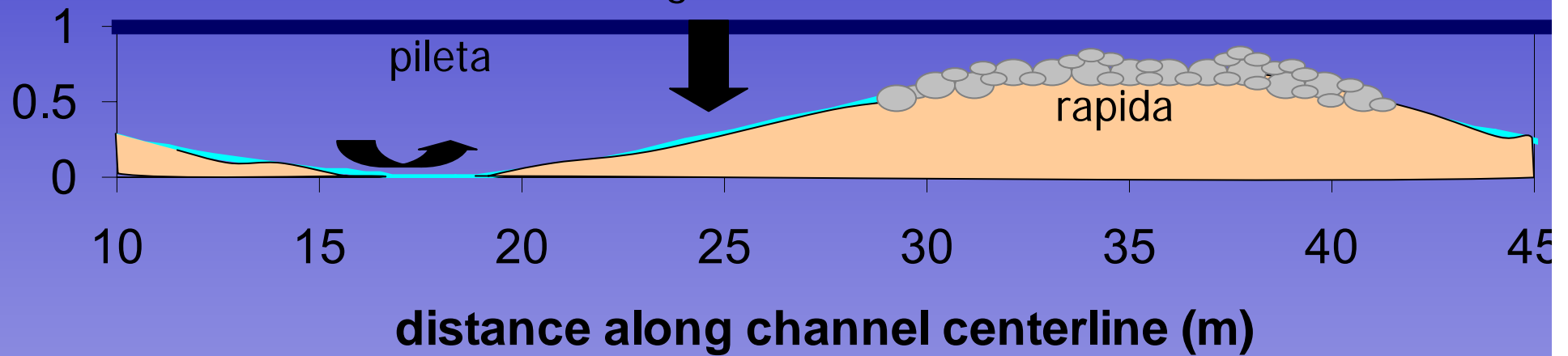
- Piletas mas angostas que rápidas
- Transiciones graduales
- Espaciamiento cada 5-7 veces el ancho

Geomorfología

Diseño
interdisciplinario

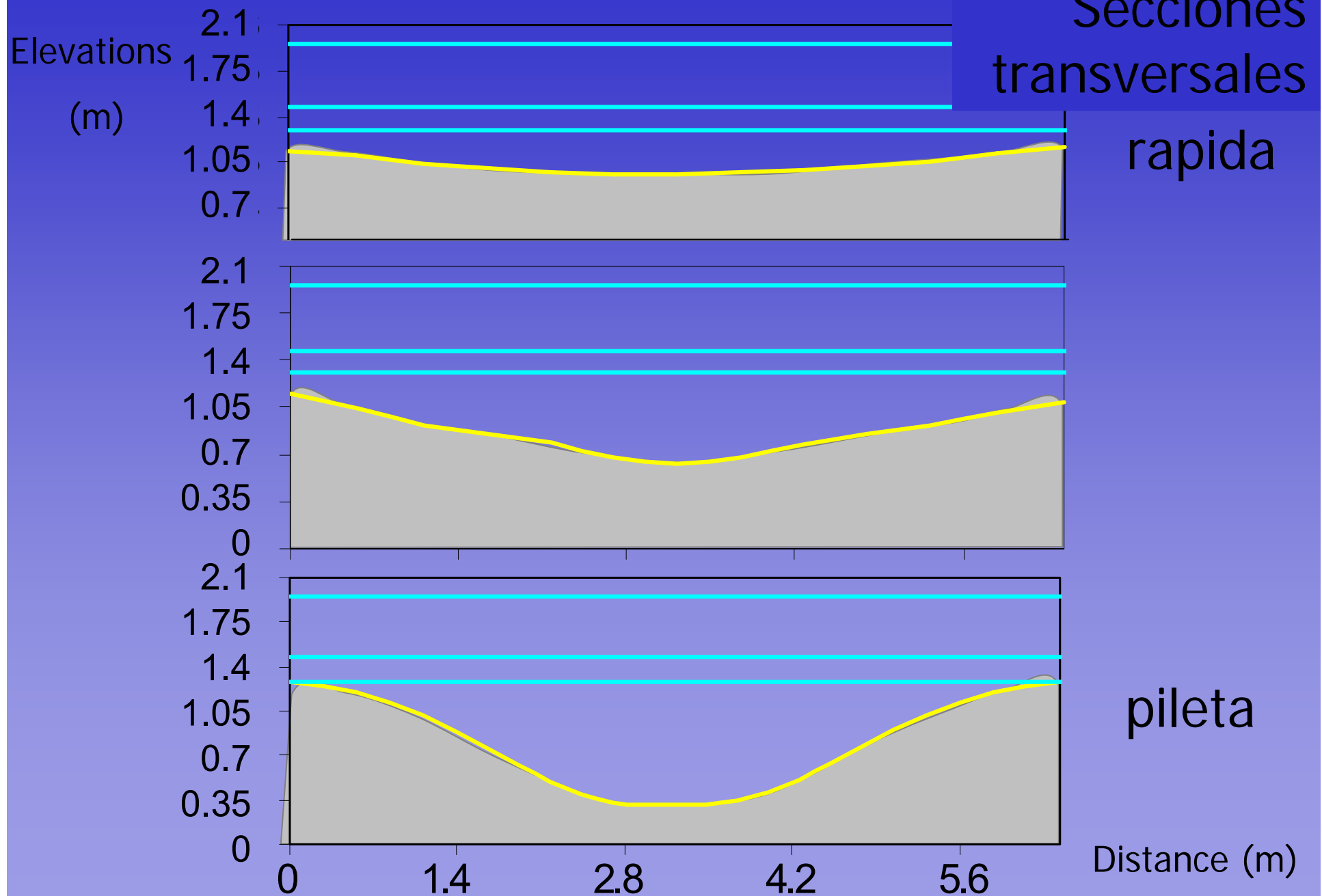
Diseño

Auto mantenimiento
Variabilidad del flujo
Poco efecto para flujos altos
Perdidas de energía menores
Transiciones graduales

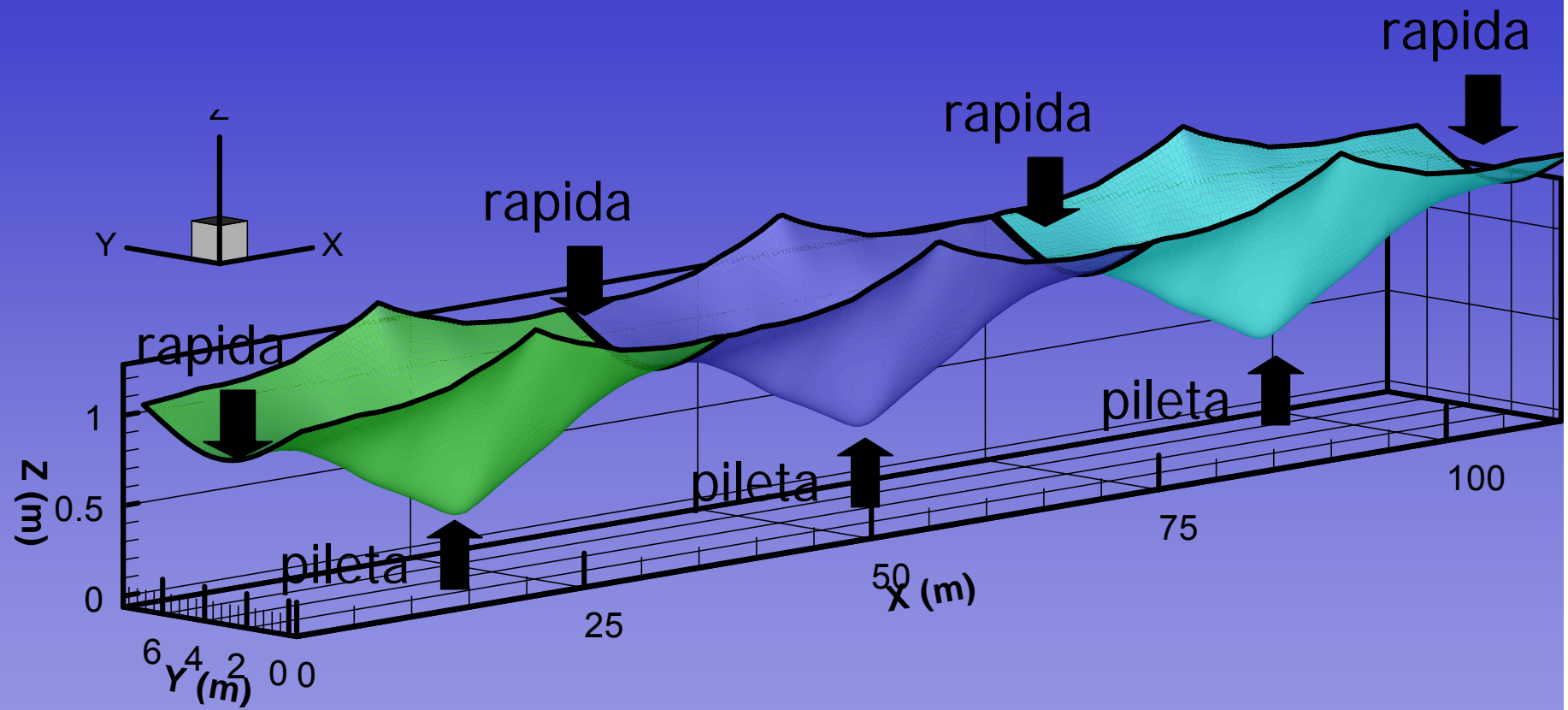


Perfil longitudinal

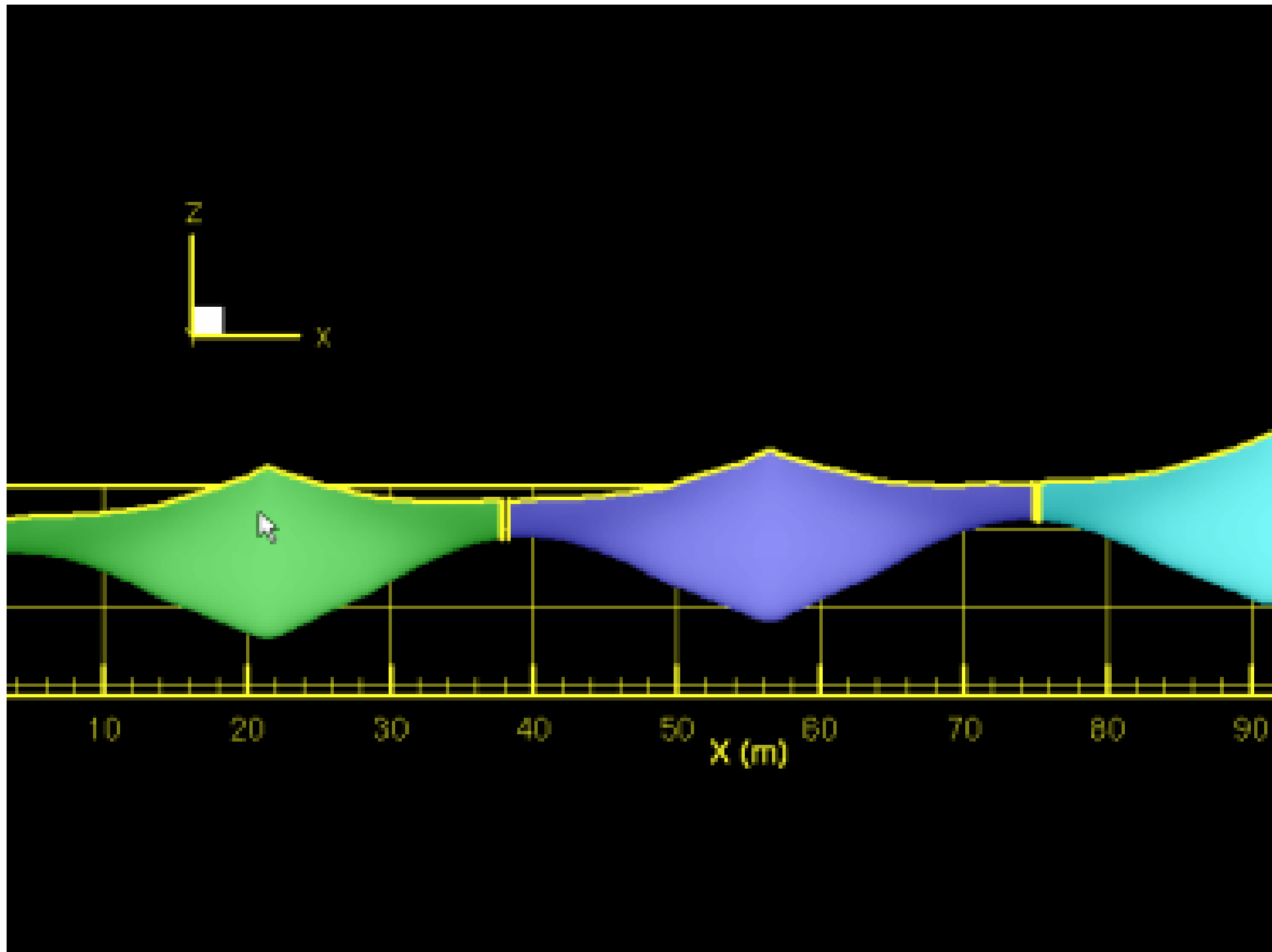
Diseño



Diseño

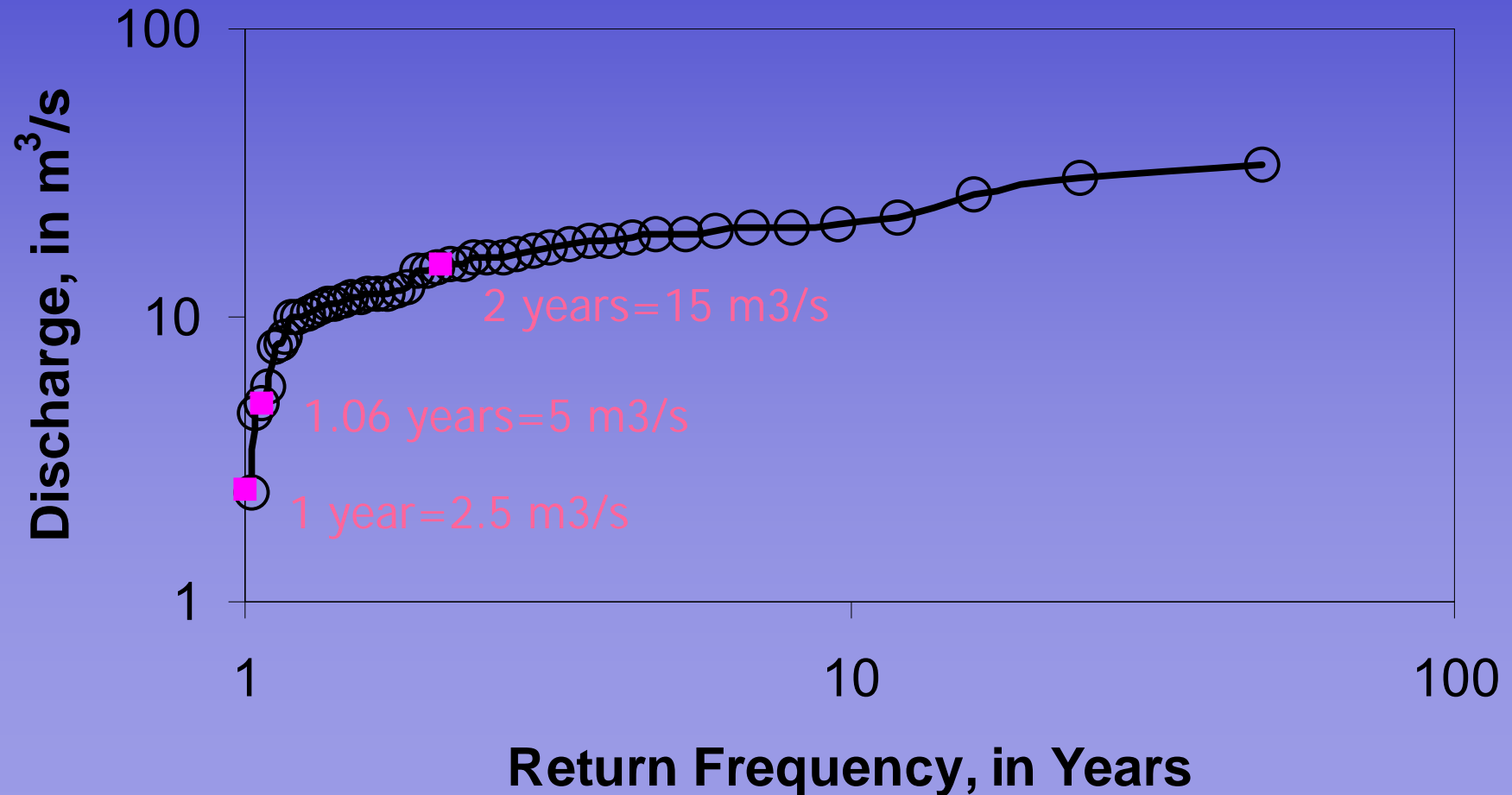


vista 3D del diseño



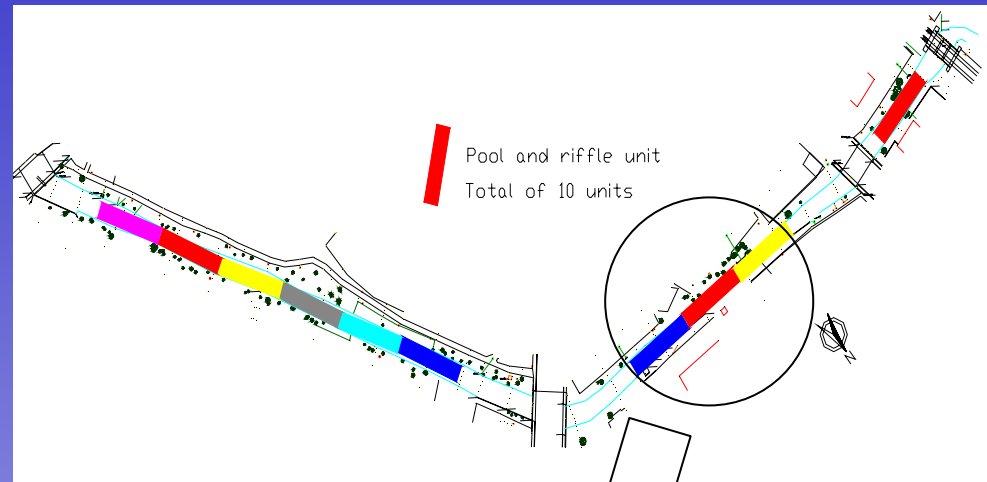
Testeo del diseño

Caudales maximos anuales - West Fork of North Branch of Chicago River at Northbrook, Illinois

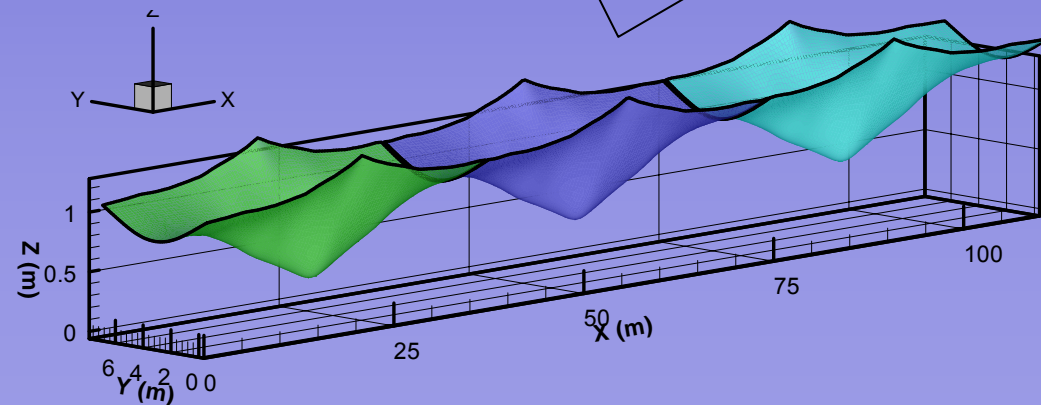


Simulaciones numéricas

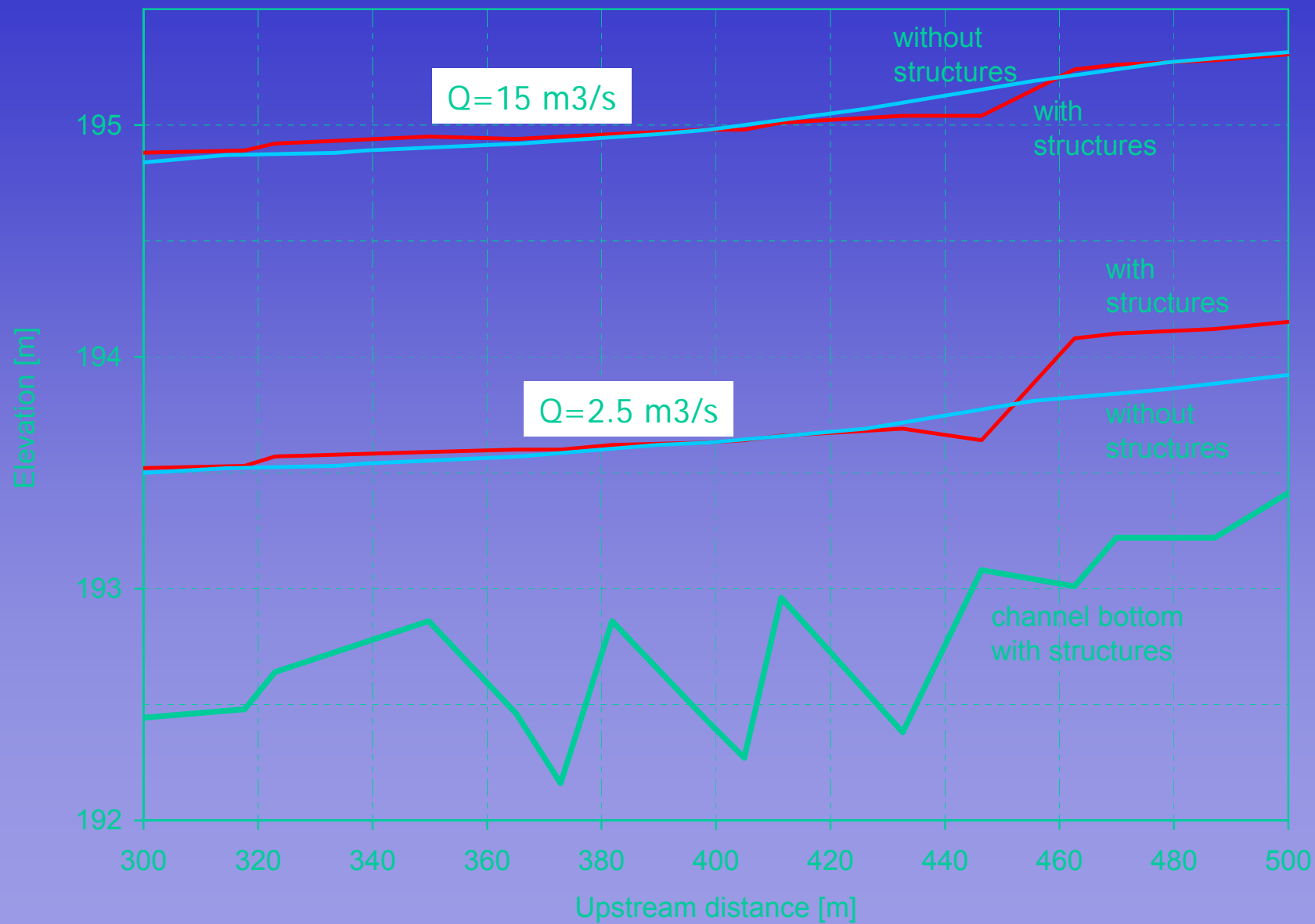
Escala de tramo:
HEC-RAS (1D)



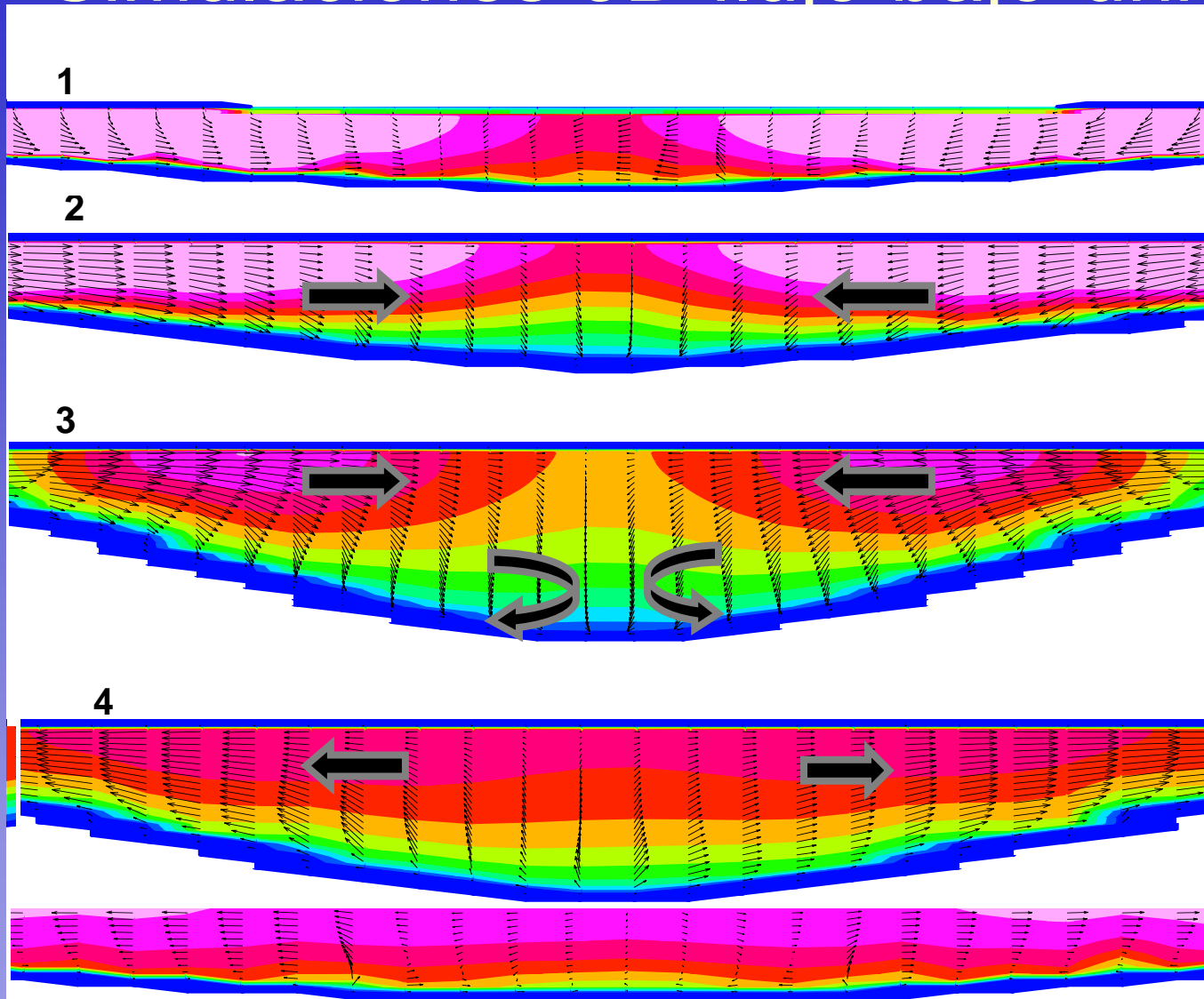
Escala de detalle:
FLOW-3D (3D)



HEC-RAS



Simulaciones 3D flujo bajo-unidad central



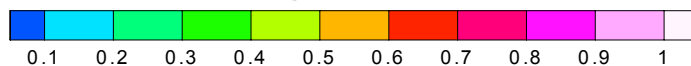
rapida

pileta

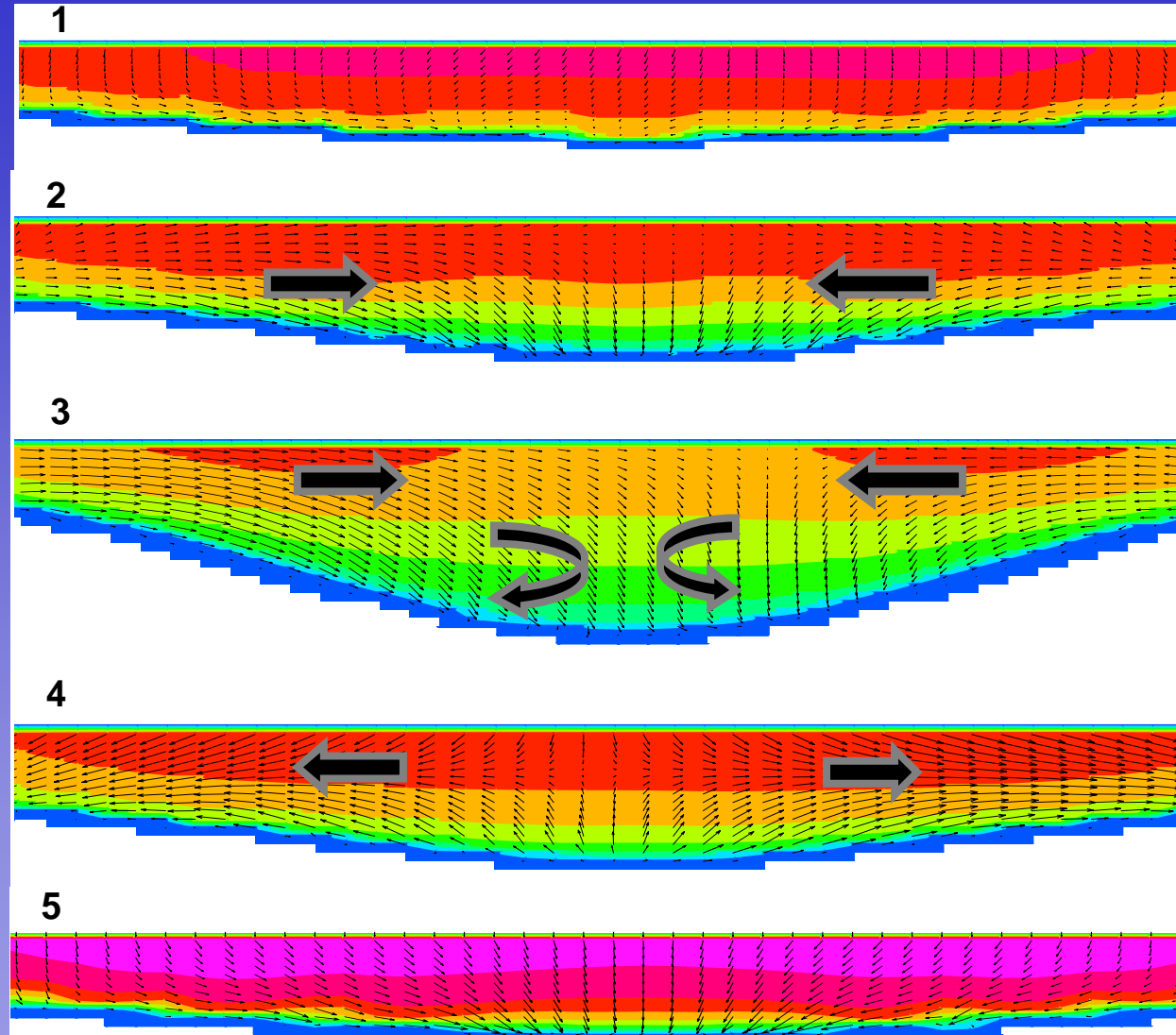
rapida

0.1 m/s

long. veloc. (m/s)



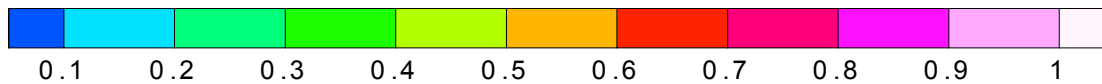
Simulaciones 3D flujo medio-unidad central



rapida

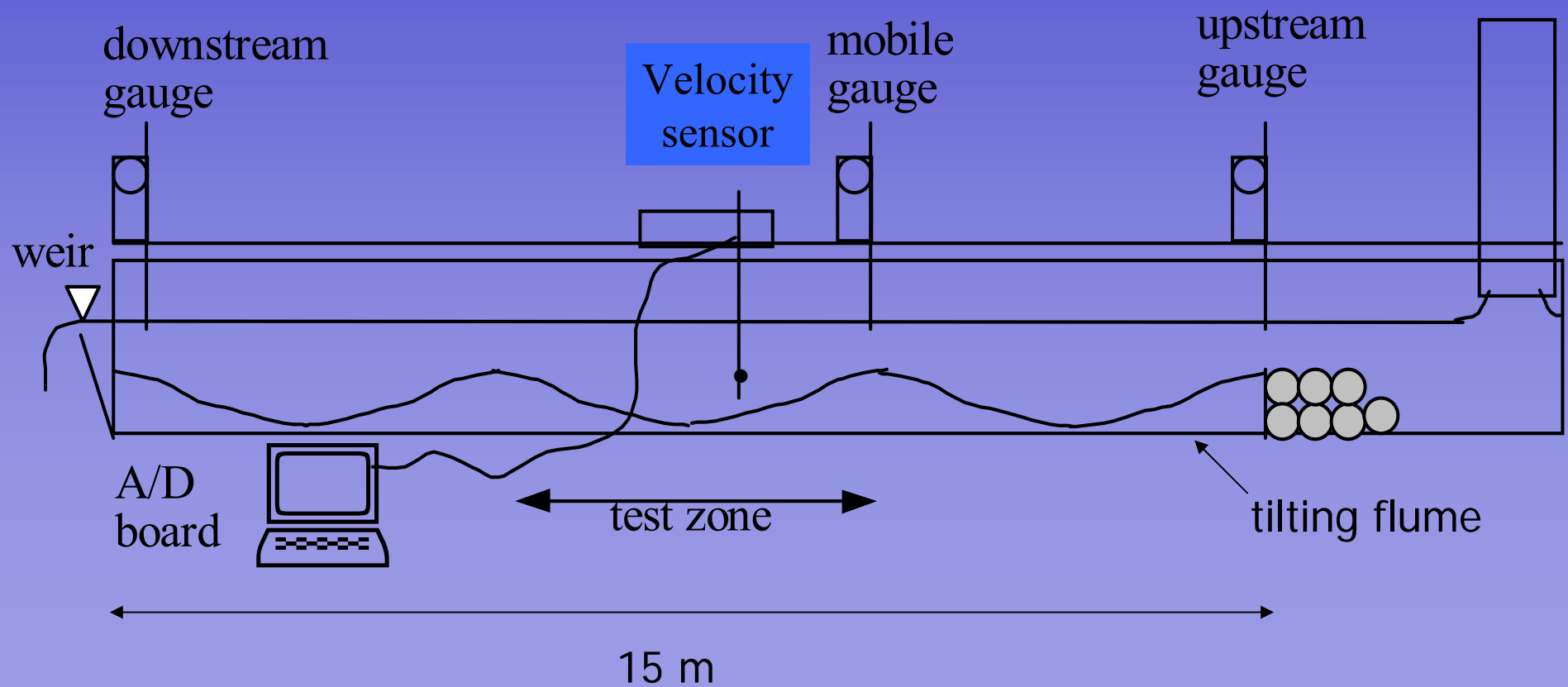
pileta

rapida



0.1 (m/s)

Experimentos de laboratorio



Experimentos de laboratorio



piedra partida de $\frac{3}{4}'$
lecho rugoso



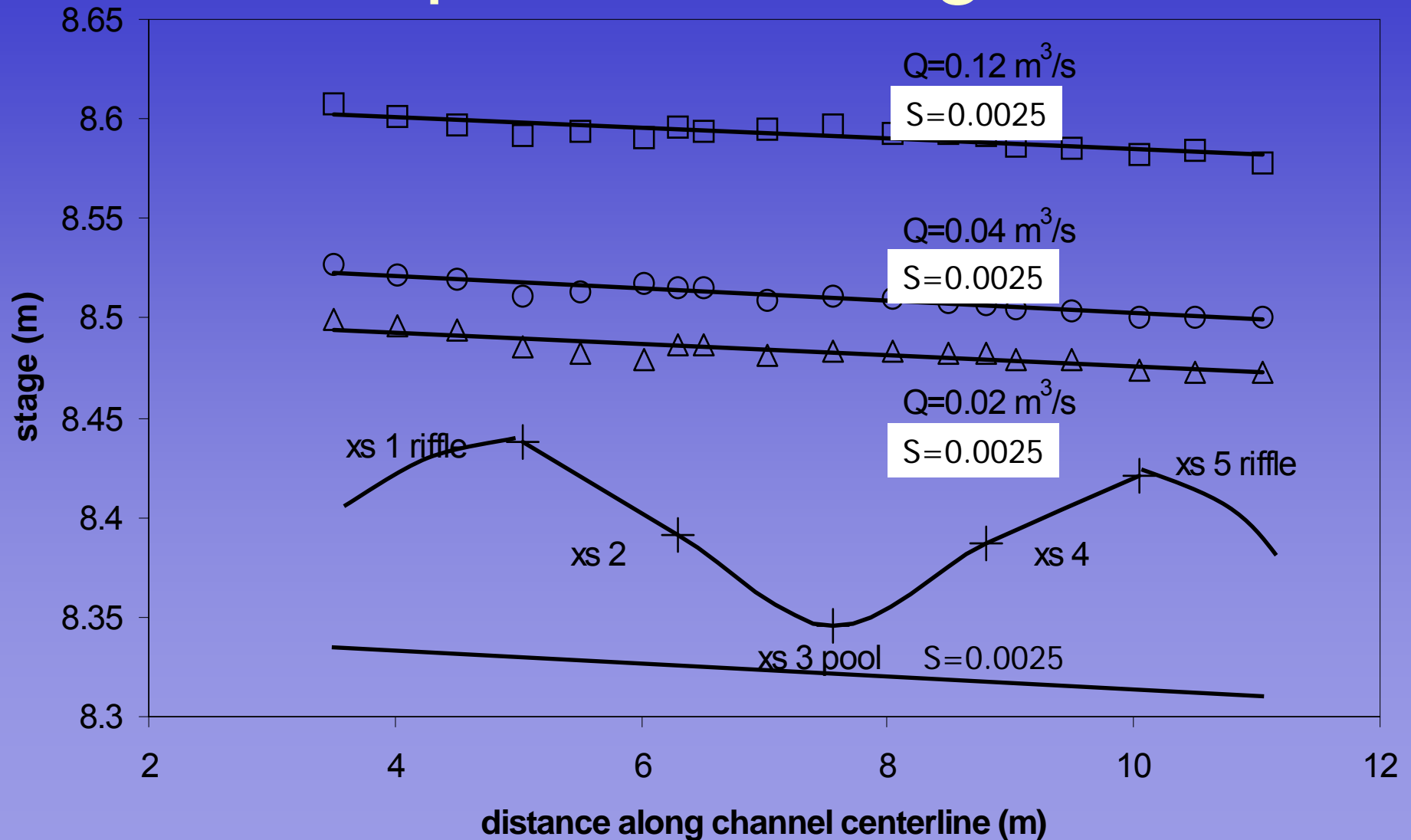
Experimentos de laboratorio

1:7 Froude

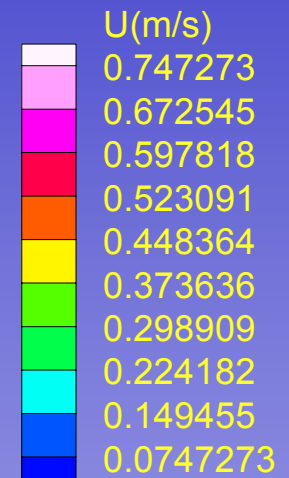
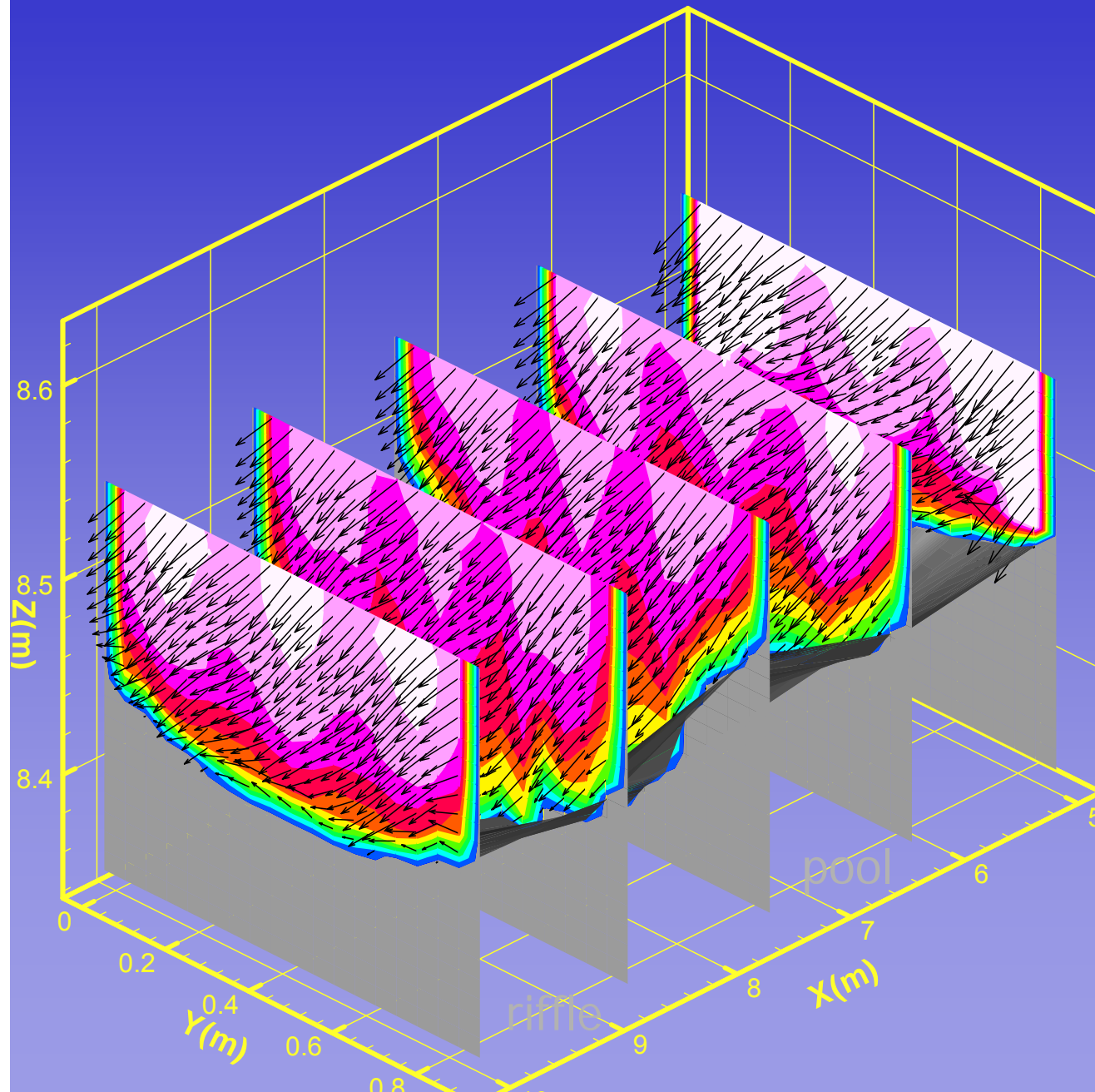
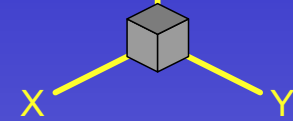
Return period (years)	Discharge (m ³ /s)		Pool depth (m)		Riffle depth (m)	
	Prototype	Model	Prototype	Model	Prototype	Model
1	2.5	0.02	1.61	0.23	0.35	0.04
1.06	5	0.04	1.82	0.26	0.56	0.07
2.1	15	0.12	2.31	0.33	1.05	0.14

Experimentos de laboratorio

Superficie del agua

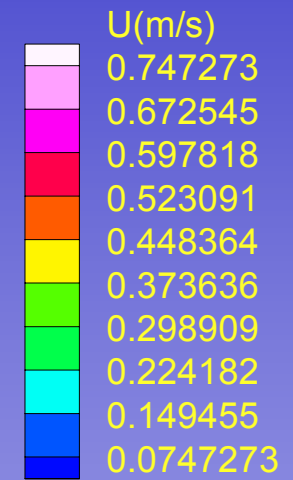
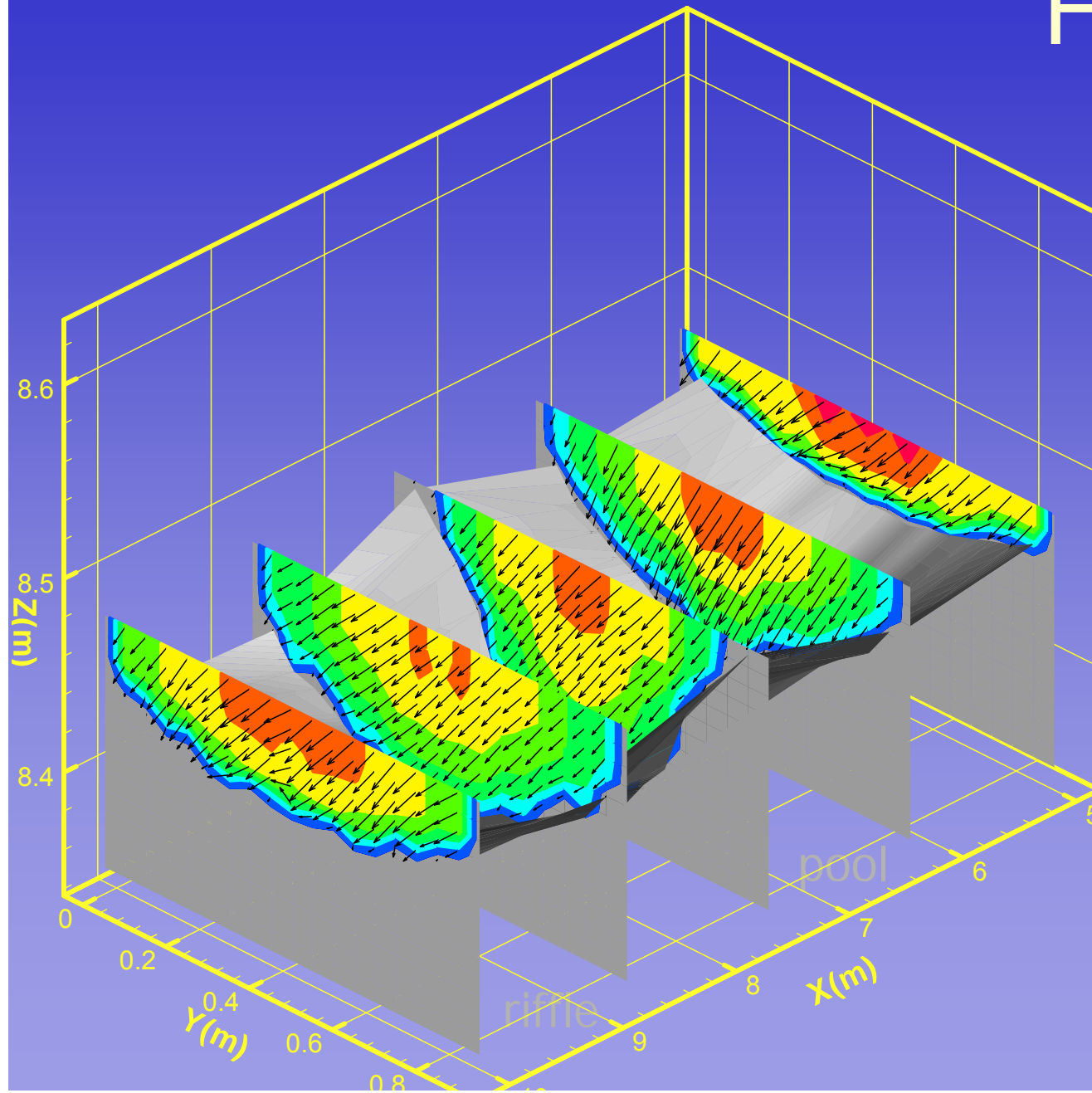
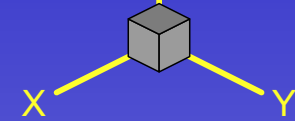


Flujo^zalto



high flow

Flujo medio



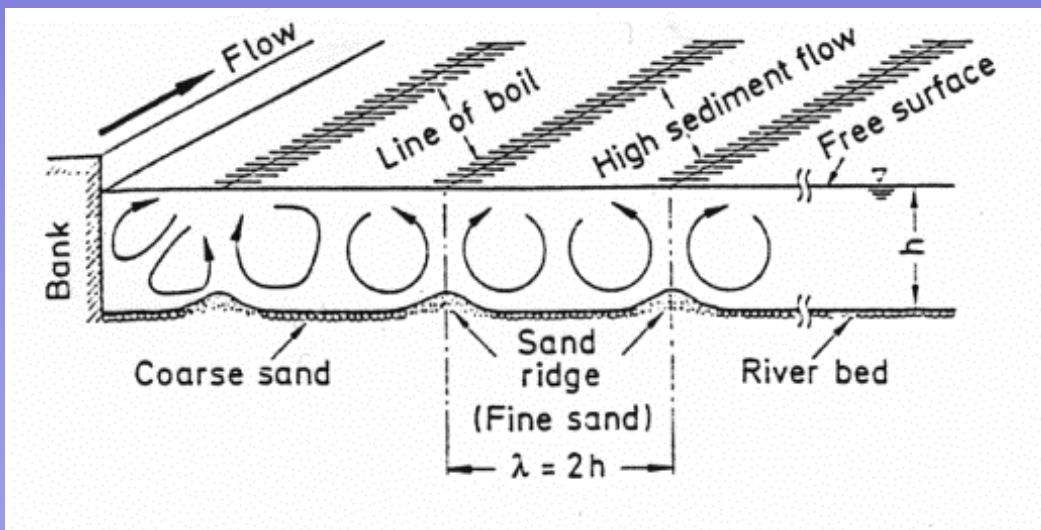
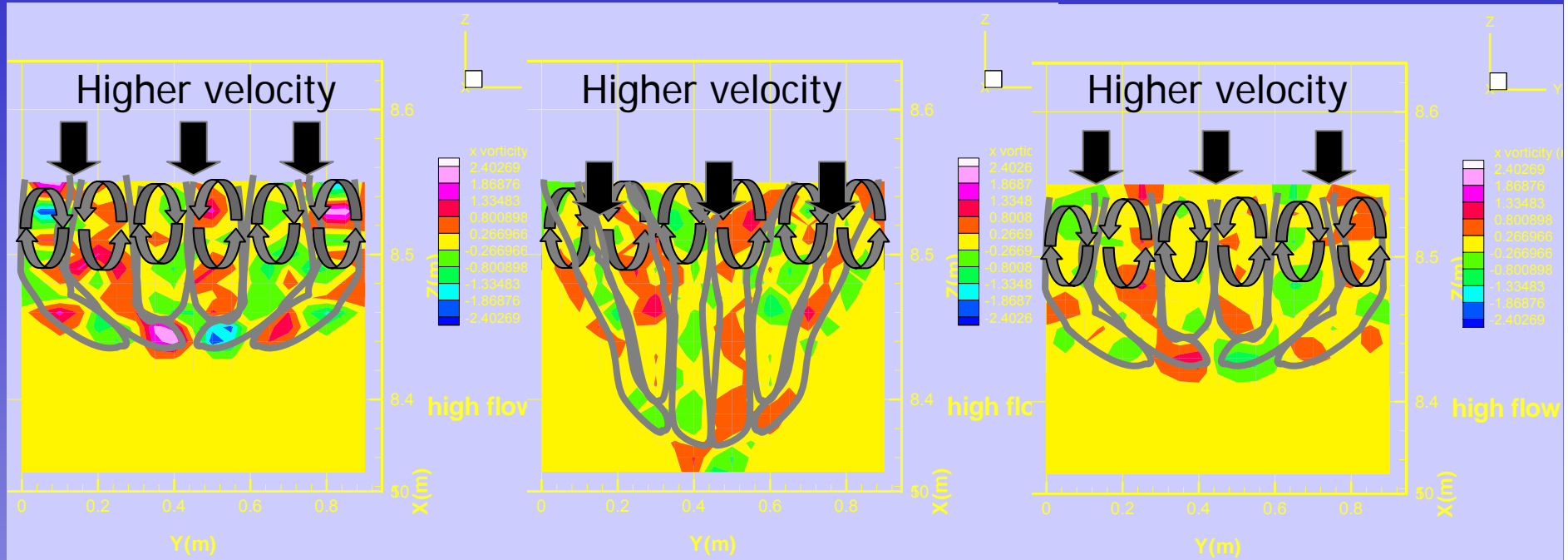
ripple

mid flow

pool

ripple

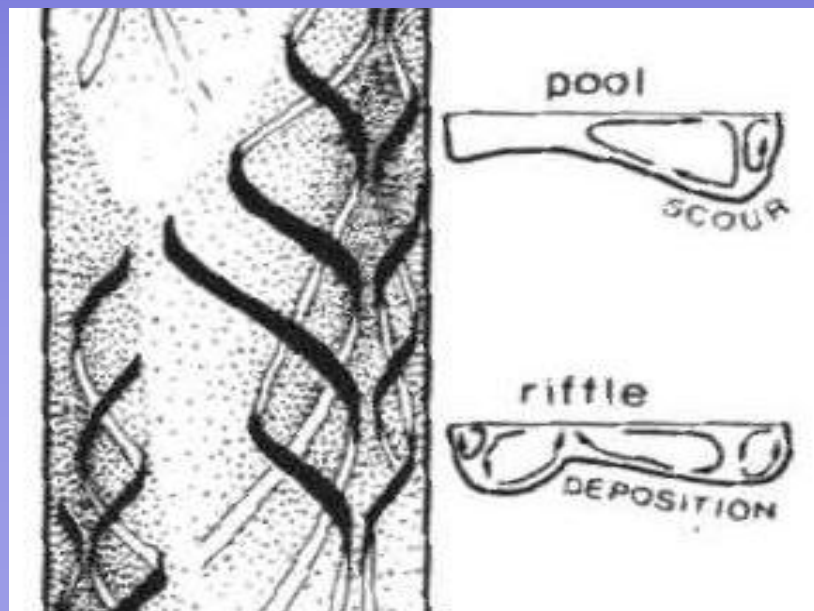
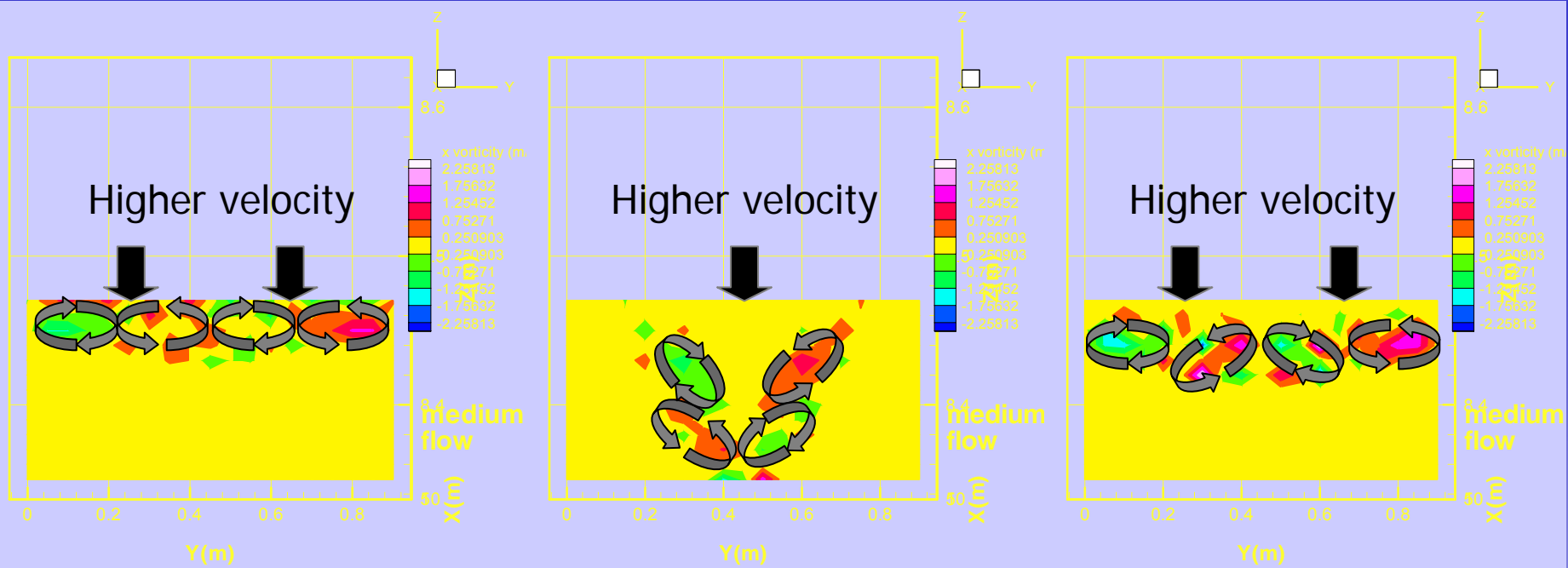
Circulación secundaria flujo alto



Secondary flow in a wide straight channel (Nezu et al., 1983).

Turbulent Shear Flows 4

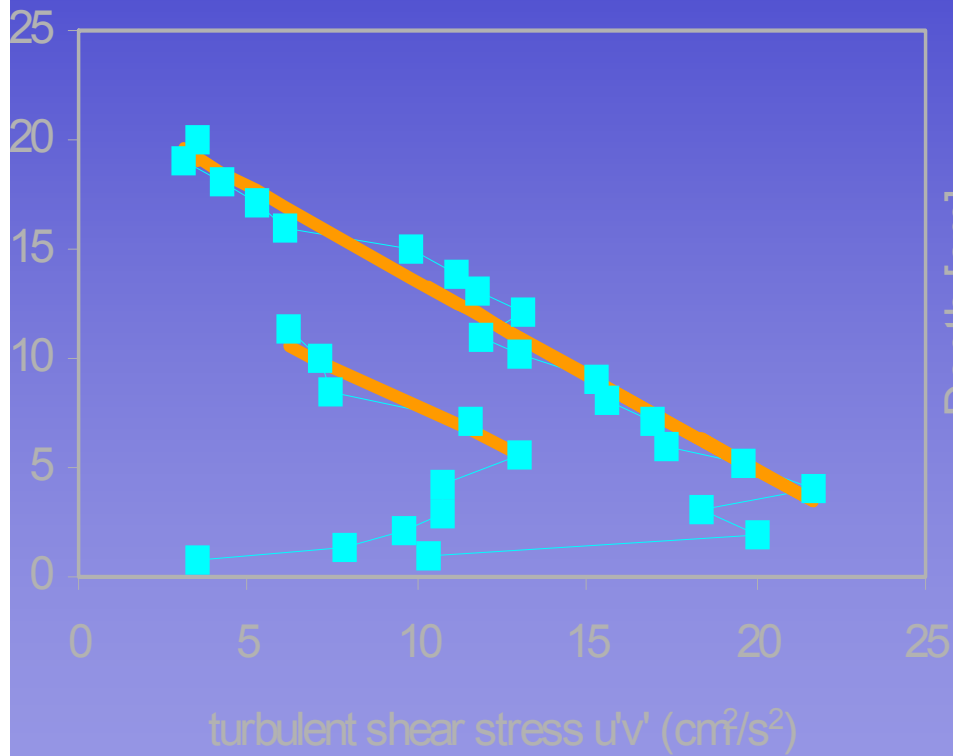
Circulación secundaria flujo medio



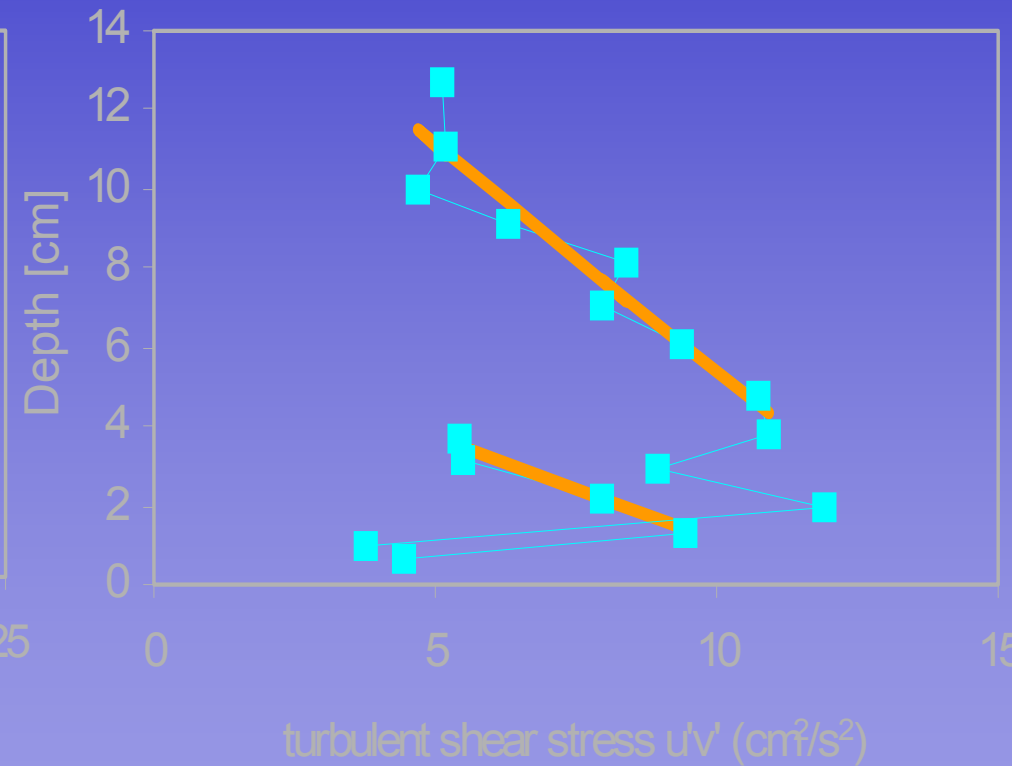
Secondary flow in pool-riffle sequences (Thompson, 1986)
Earth Surf. Proc. Land.11

Tensiones de Reynolds

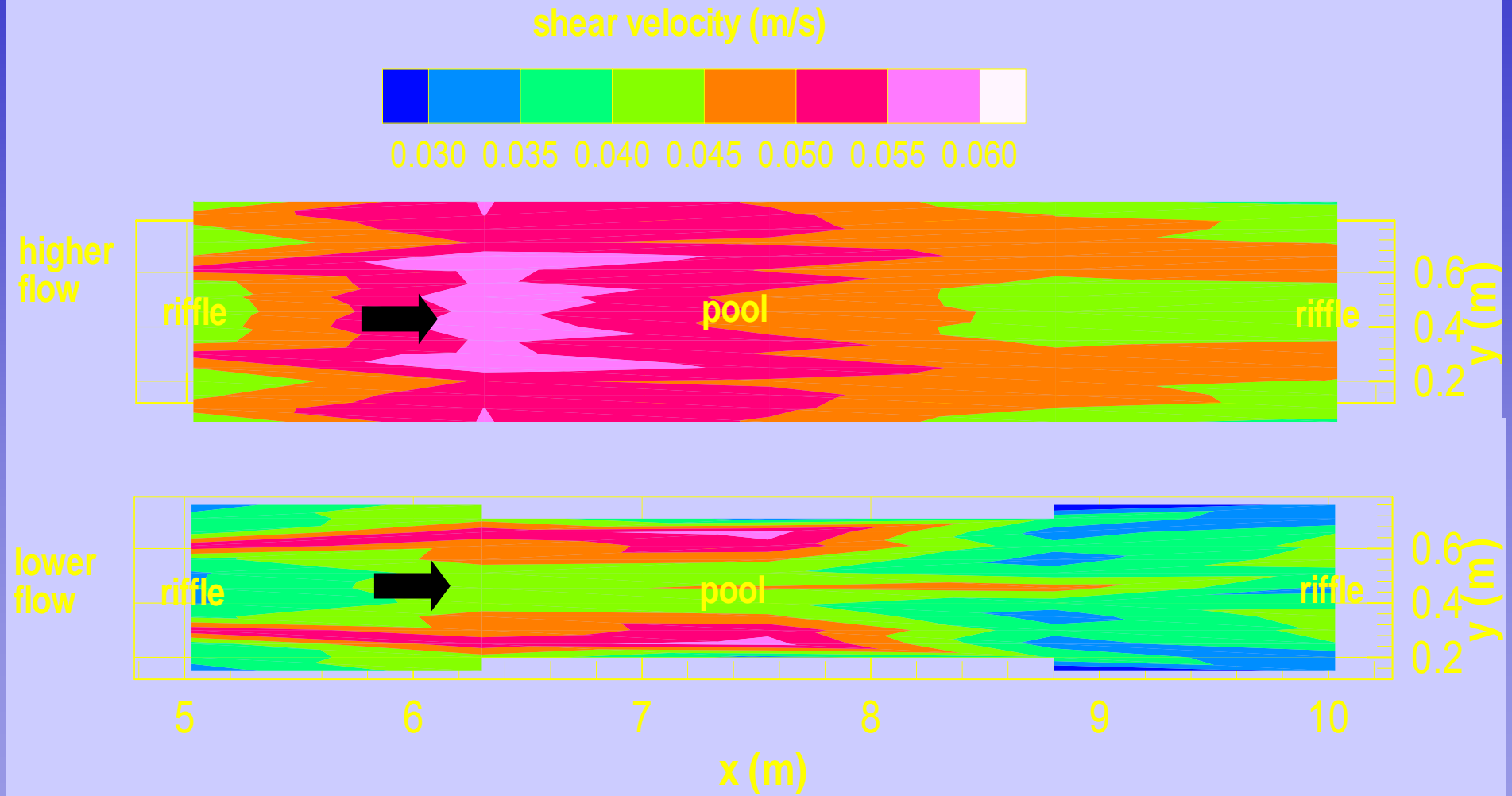
pool



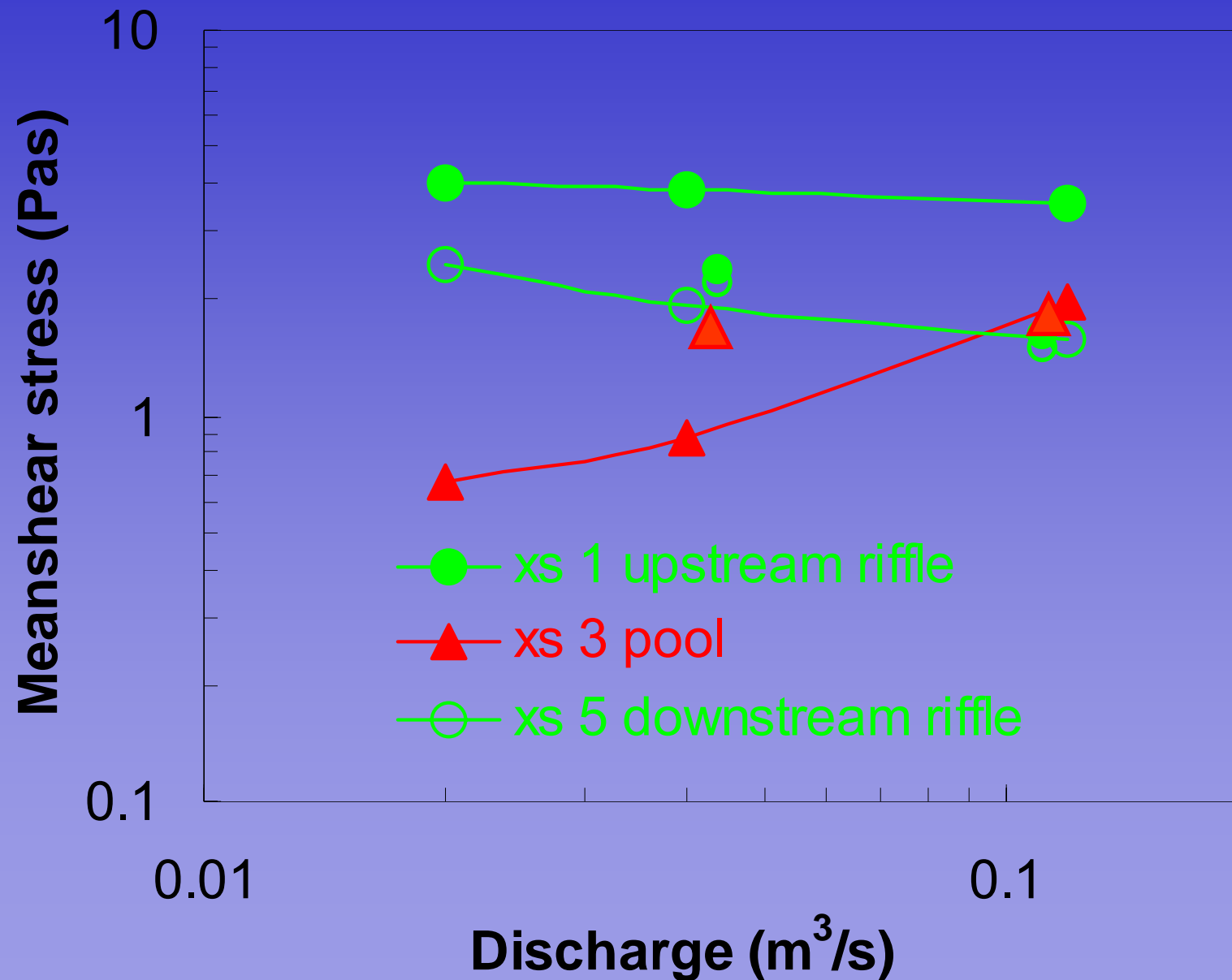
riffle



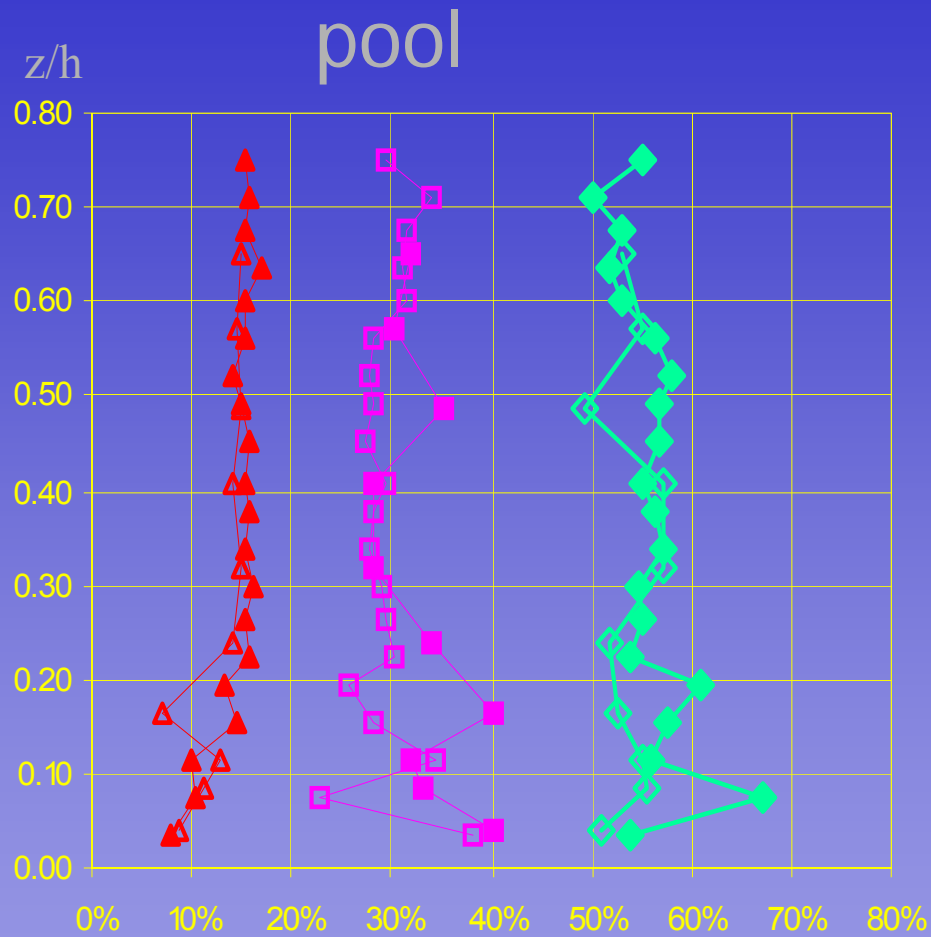
Velocidades de corte



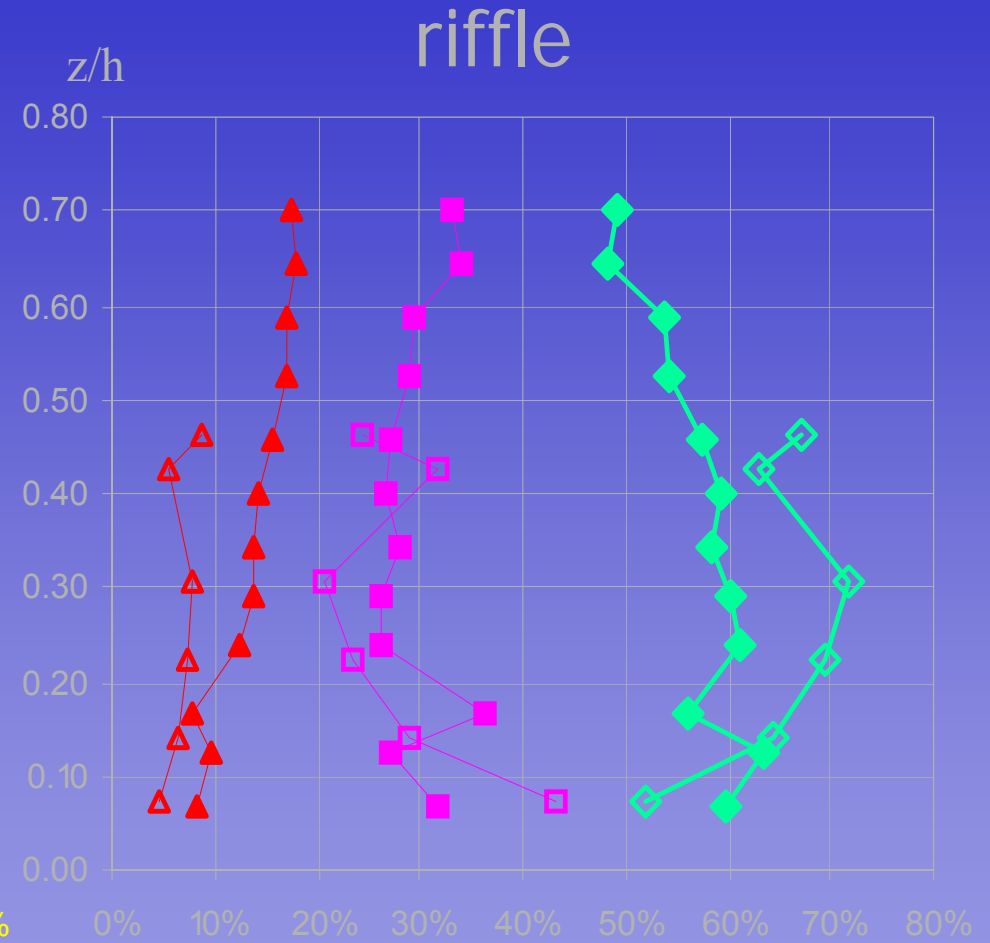
Esfuerzos de corte en el fondo



Intensidad de turbulencia



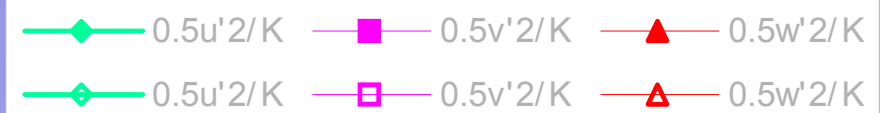
Turbulence intensities dimensionless



Turbulence intensities dimensionless

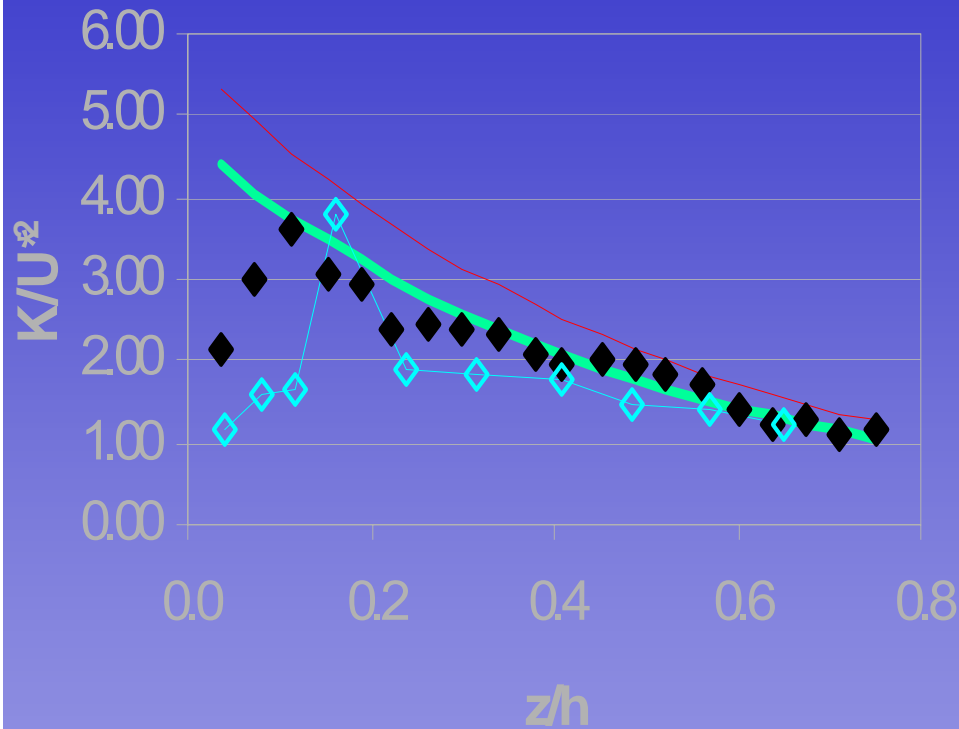
High flow

Mid flow

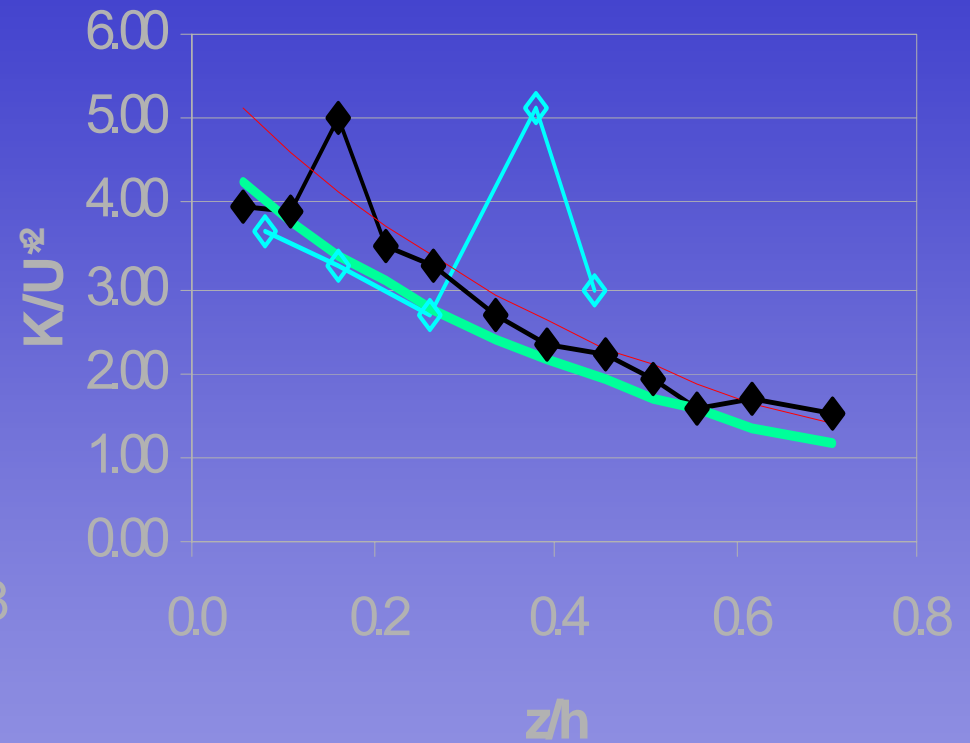


Energía cinética turbulenta

pool

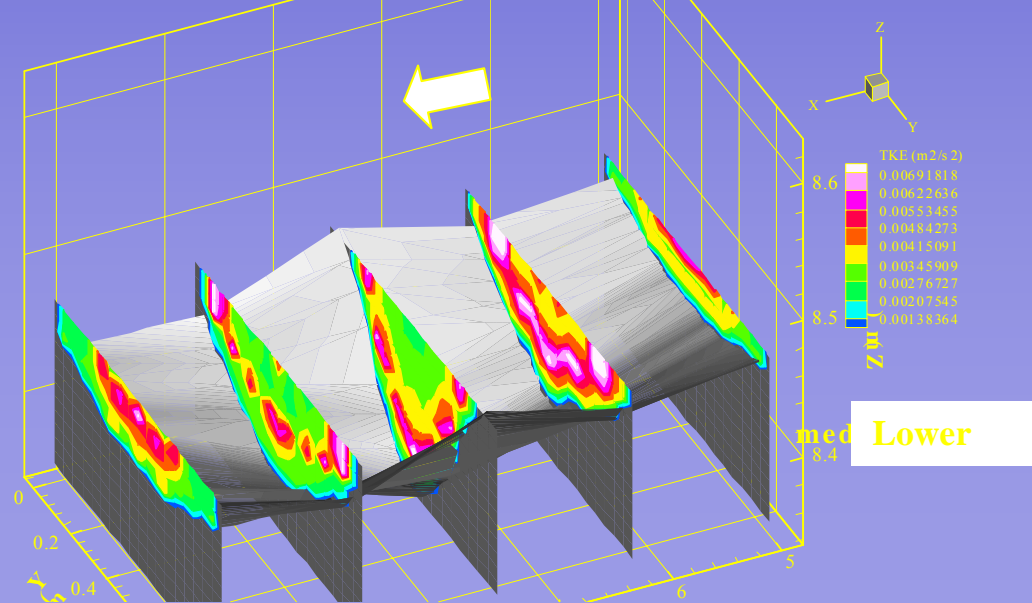
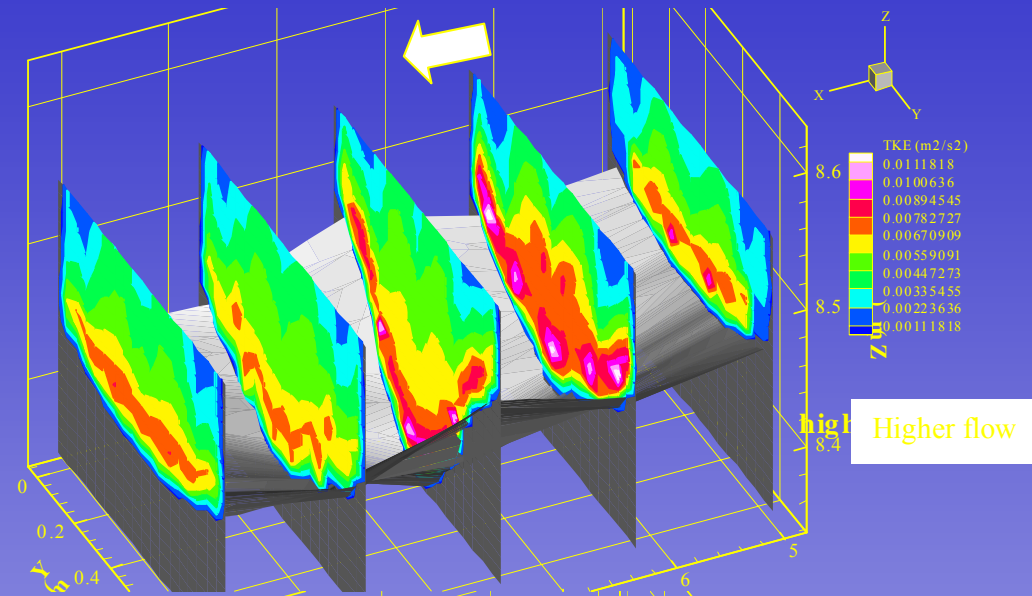


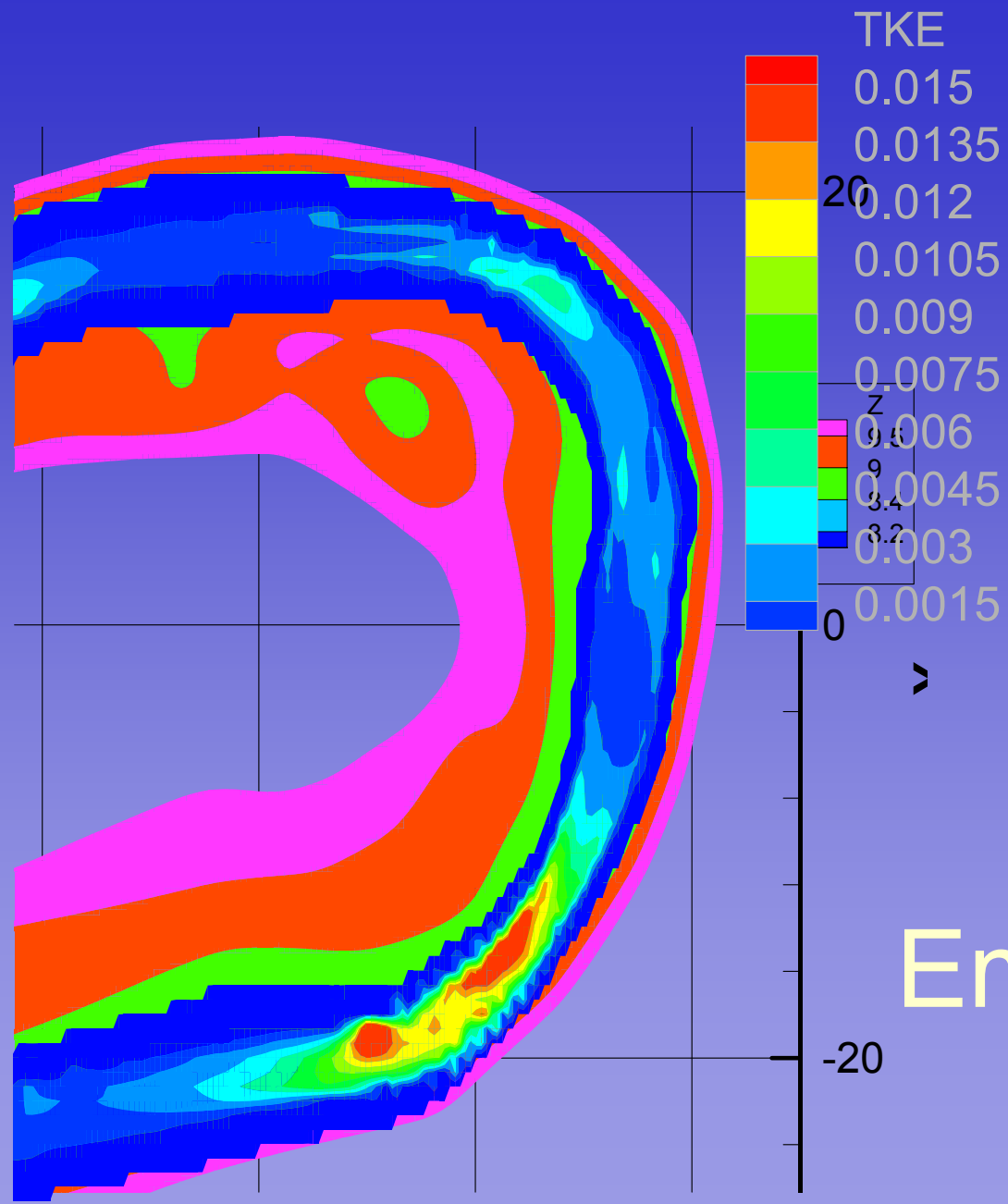
riffle



◆ Mid discharge ◆ High Discharge
— Nezu — Sukhodolov

Energía cinética turbulenta





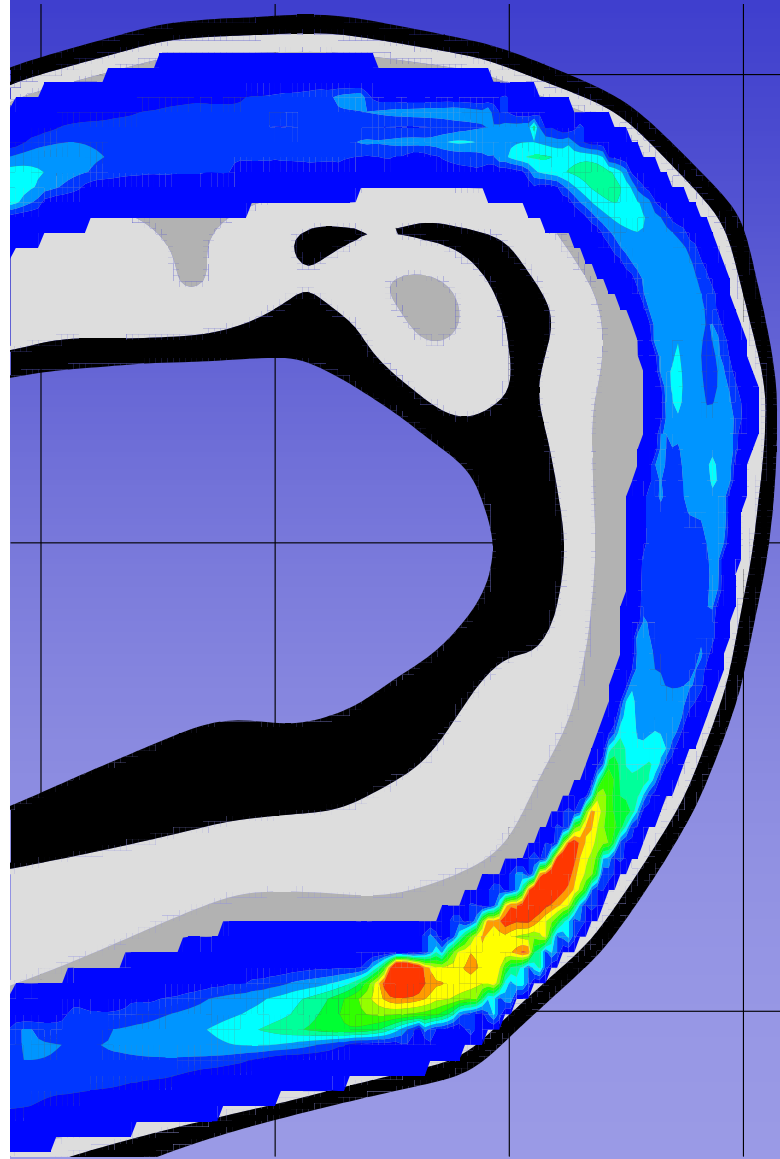
Río
Embarras

Río Embarras

DEPTH-AVER.
TKE



MAX.
DENSIDAD
DE PECES

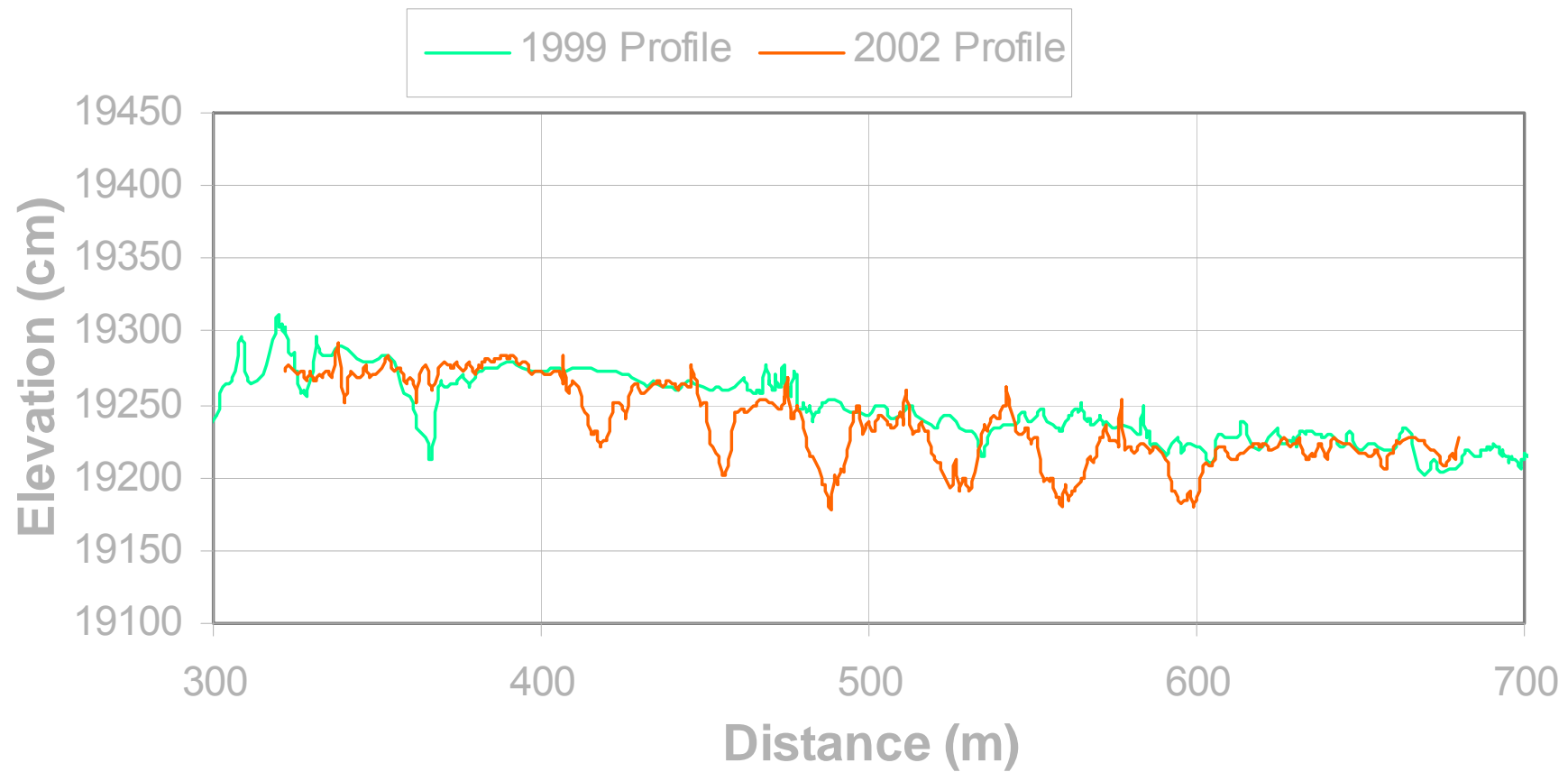


Conclusiones

- Estructuras dentro del canal del tipo piletas-rápidas han sido diseñadas para restaurar un curso urbano.
- Las estructuras artificiales se comportan esencialmente como secuencias naturales de piletas-rápidas.
- Las estructuras son autolimpiantes, no generan erosión de bancos y proveen hábitat para peces.

Construcción 2002

Northbrook longitudinal profiles 1999 and 2002 (after pool construction). UIUC Research Team.







Northbrook - Reach 3 - Unit 2

1999 Profile 2002 Profile



Performance 2002

- Seguimiento post-construcción:
 - Estructuras permanecen estables
 - Incremento del número total de peces
 - Número de especies se ha duplicado (8 to 16)

Gracias