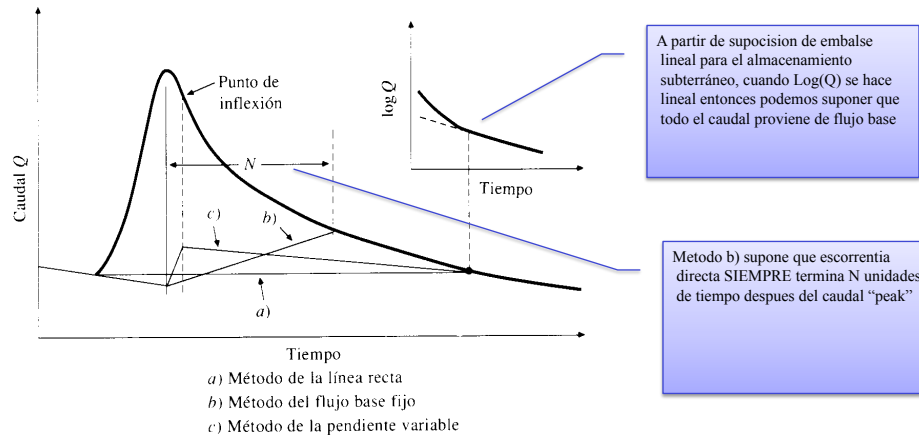


# Más sobre hidrogramas



**FIGURA 5.2.3**  
Técnicas de separación de flujo base.



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## Separación paramétrica

| Nombre del Filtro     | Ecuación                                                                                 | Autor (es)                                    | Referencia |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
| 1-parameter algorithm | $q_{b(i)} = \frac{k}{2-k} q_{b(i-1)} + \frac{1-k}{2-k} q_{(i)}$                          | Chapman and Maxwell (1996)                    | [Ref. 6]   |
| 2-parameter algorithm | $q_{b(i)} = \frac{k}{1+C} q_{b(i-1)} + \frac{C}{1+C} q_{(i)}$                            | Boughton (1993)<br>Chapman and Maxwell (1996) | [Ref. 6]   |
| 3-parameter algorithm | $q_{f(i)} = 0.925 q_{f(i-1)} + 0.9625 (q_{(i)} - q_{(i-1)})$                             | Nathan and McMahon, (1990)                    | [Ref. 3]   |
| 4-parameter algorithm | $q_{b(i)} = (1-\gamma) q_{b(i-1)} + \gamma \frac{c_3}{c_1} (q_{(i-d-1)} - q_{b(i-d-1)})$ | Furey and Gupta (2001)                        | [Ref. 5]   |

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-(t-t_0)/k}$$

$$S_t = k Q_t$$

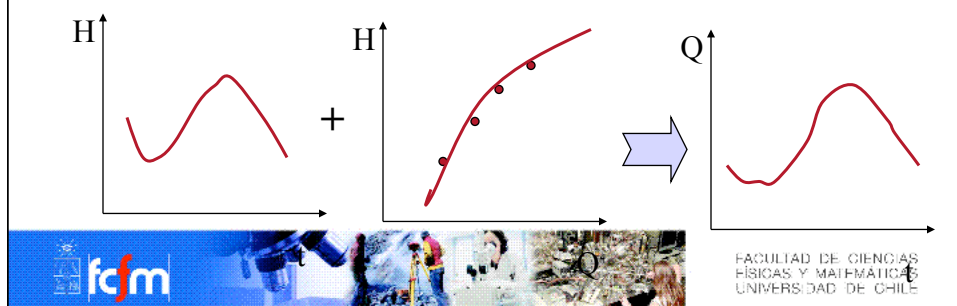


FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## Medición de caudales

De los componentes del ciclo hidrológico es el que puede medirse con mayor precisión

### Sección de aforo (natural o artificial)



## Determinación de $H(t)$

- Limnómetros (reglas, cadenas, cables)
- Indicador de Sonda eléctrica
- sensor de presión
- Ultrasonido



• Limnógrafo de flotador instalado en pozo de observación

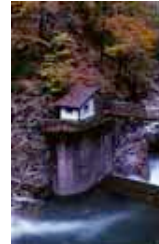
• Si pozo de observación antieconómico, puede usarse sensor de nivel de burbuja

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## Métodos para medir velocidad del agua

### Mecánicos:

- Molinete
- Dinamómetro (péndulo hidrométrico)
- Flotador



### Químicos

- solución salina (tiempo entre "baches")
- dilución salina (se inyecta  $^{18}\text{O}$ , deuterio  $^2\text{H}$ , rodamina B y W, dicromato de sodio con  $C$  conocida aguas arriba y se controla  $C$  aguas abajo)
- trazadores radioactivos

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

### Eléctricos

medidores electromagnéticos (se induce campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente y se capta con electrodos)

### Ultrasonido (USGS)



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## Formas de Medición:

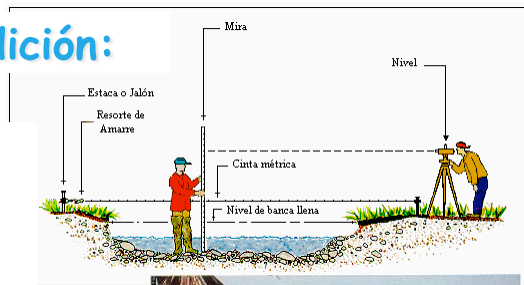
Carro suspendido

Puente

Bote

Caballo

Vadeando



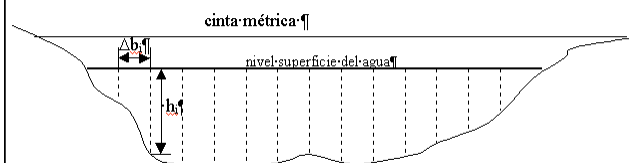
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## Para calcular Q

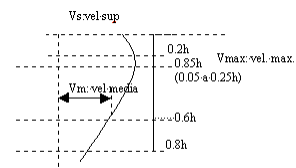
Curvas isotáquicas

Velocidad Media

Integración



$$V_m = \frac{V_s + 3V_{0.2} + 2V_{0.6} + 3V_{0.8} + V_f}{10}$$



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



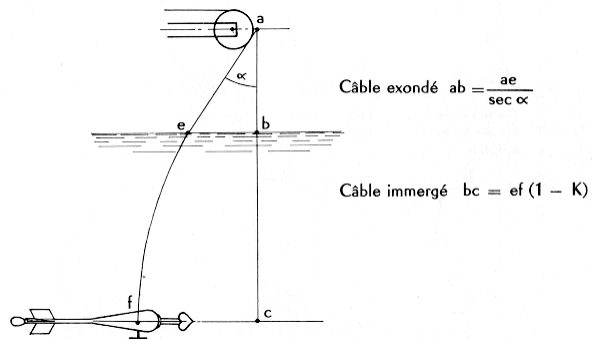
# Errores

Instrumentales

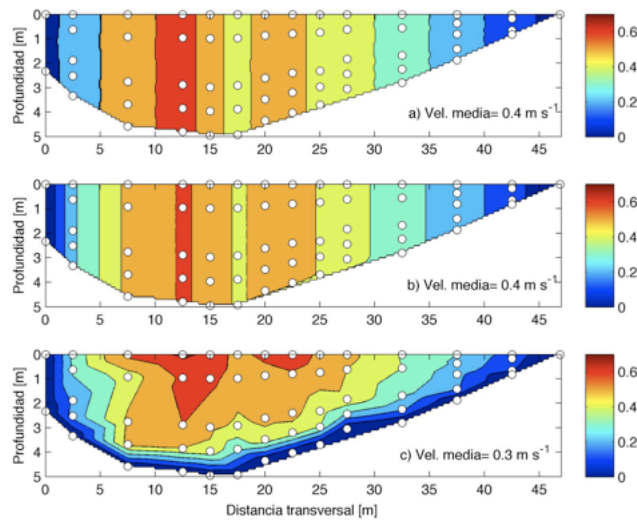
Metodológicos

Personales

Cálculo



# Errores



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



icm

FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



icm

FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



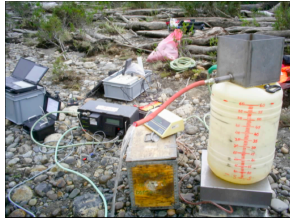
# Aforos químicos

## Inyección continua

$$\frac{Q}{q} = \frac{C_q}{C_0} \quad ; \quad (1)$$

de donde

$$Q = (C_q / C_0) * q \quad (2)$$

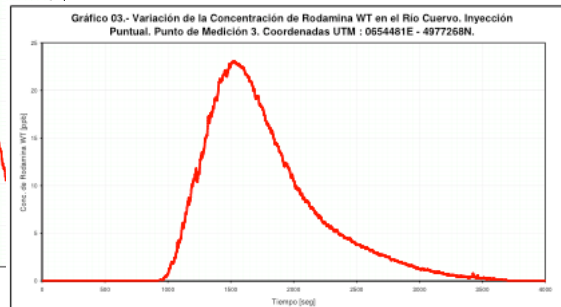
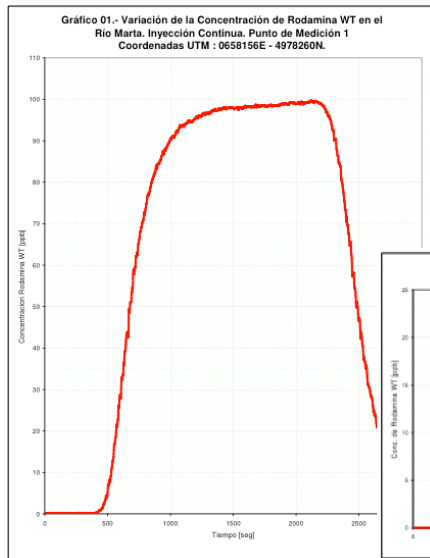


## Inyección puntual

$$Q = A / \int C dt \quad (3)$$



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## CURVA DE DESCARGA

### CAMBIOS:

en el cauce: embanques, socavaciones, vegetación

efectos de remansos y otras variaciones del eje hidráulico

variaciones rápidas de nivel durante aforos

variación de almacenamiento en el cauce

cambios en las características del cauce



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## Extrapolación de la Curva de Descarga

**Manning**  $Q=(J)^{0,5}AR^{2/3}/n$

**Chezy**  $Q=CA(RJ)^{0,5}$

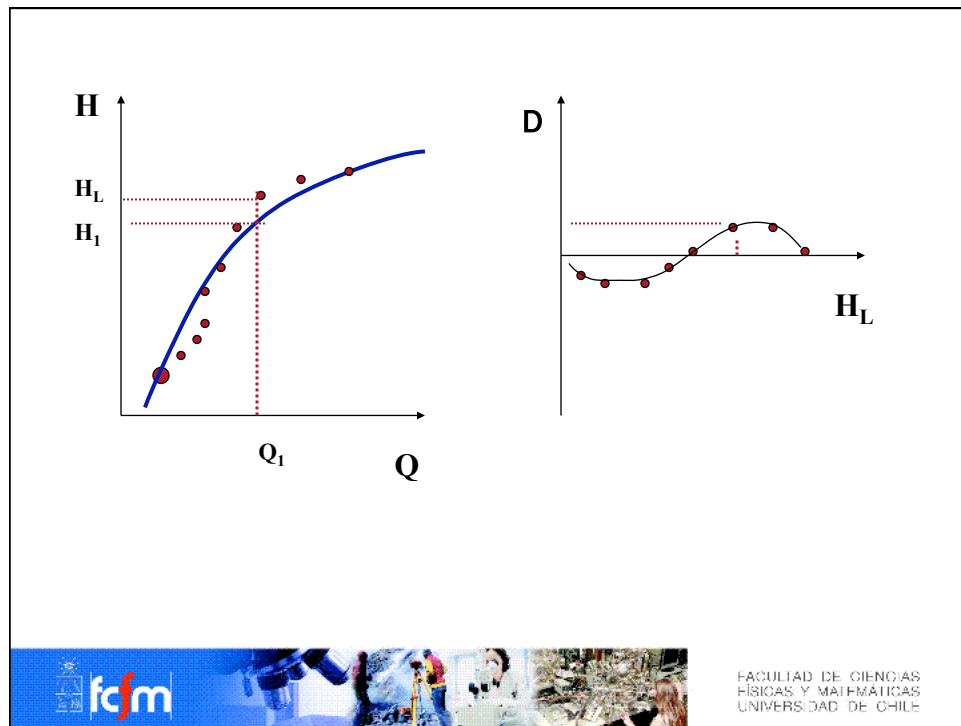
### Tendencia Visual

**Ajuste Curva tipo  $Q=K(H-a)^b$**

cuando sección uniforme (circular, parábola, rectángulo o trapecio)



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE





## **Métodos de estimación:** evaluar potencialidad de uso

### **Análisis de Consistencia**

#### **Curvas Doble Acumuladas**

permiten detectar cambios en método de registro, cambios ubicación estación, cambios de almacenamiento superficial de la cuenca, cambios en los usos del agua.....

Se usa Q/A o en % de Q medio

Estaciones de régimen similar

### **Análisis Teórico**

#### **Relaciones P-Q**

#### **Fórmulas Empíricas**

#### **Relaciones Generales**



## **PRONOSTICO DE ESCORRENTIA EN CUENCAS PLUVIALES**

### **Corto Plazo ( $\Delta t$ =horas o días)**

- Propagación de Crecidas
- Planificación de Operación de Obras de Control

### **Mediano Plazo o estacional**

- Estimar recurso y distribución
- Planificar Operación de Sistemas de Aprovechamiento

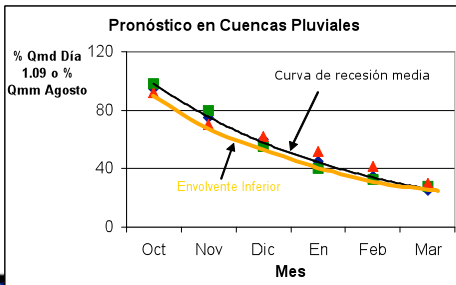


## Uso: Riego para planificación anticipada de cultivos anuales

### Zona Central de Chile desde Septiembre

#### Periodo de deshielo

#### Curva de Recesión de Hidrogramas



**También se usan relaciones P-Q  
o Modelos de Simulación Hidrológica**

**Intentar varias relaciones y  
elegir la más adecuada**

**Sur de Chile llueve después de Septiembre**



**Análisis Probabilístico**



## Pronóstico de Escorrentía en Cuencas Nivales

**Volumen Periodo de deshielo** (Septiembre-abril)

**$\approx 60$  a  $80$  % Volumen Es anual**

**Volumen Total  
Distribución Mensual**

**Balance**

**Correlaciones**



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

$$V_{ED} \equiv aI_P + bI_{CI} + c$$

$$I_P = aP + bR + c$$

Equivalente en agua de ruta de Nieve

$$I_{CI} = I_P^{t-1} \quad o = V_{t-1}$$



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

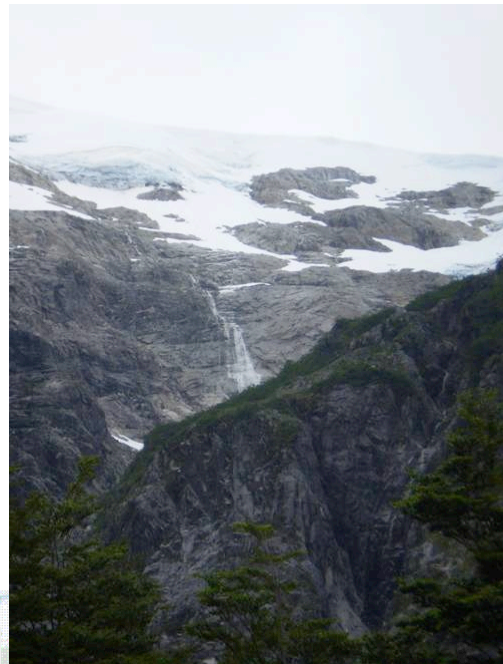
$$V_{EDt} = 0,888P_t + 0,711R_t + 289,76$$

### Distribución Mensual

Según Tipo de año (húmedo, seco o normal)  
que se define con  $V_{ED}$ , se determina mes  
en que ocurre el máximo y  $Q_{max}$



Pronóstico de  
Volúmenes de  
Deshielos mediante  
Redes Neuronales  
Recurrentes e  
Imágenes Satelitales  
MODIS



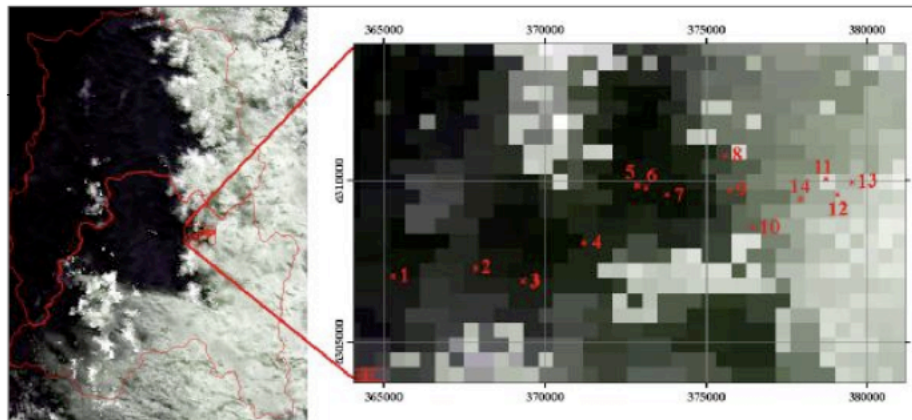


Figura 12.7. Puntos de muestreo sobre la imagen satelital MOD09-193 en color real (RGB).  
La nieve se distingue en aquellos píxeles de color blanco y la nieve de mala calidad se distingue en aquellos píxeles de tonalidades claras.



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

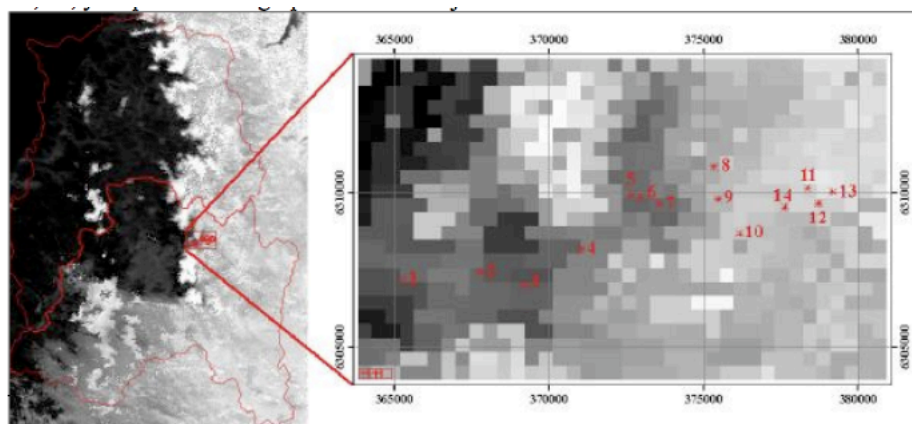
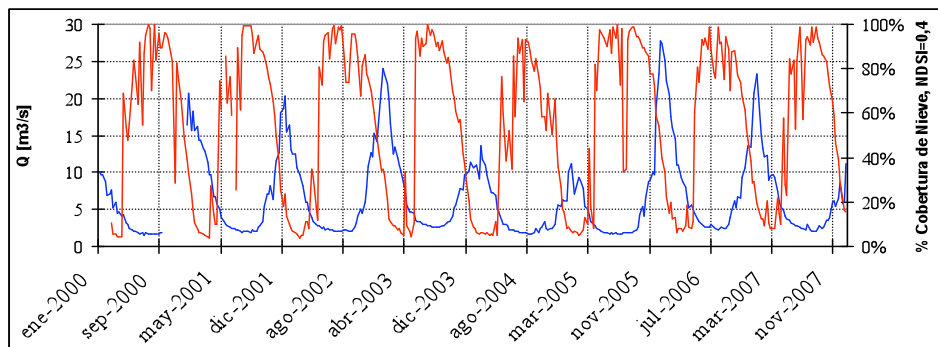


Figura 12.8. Puntos de muestreo sobre la imagen satelital MOD09-193 con aplicación del filtro NDSI. La calidad de la nieve será mejor en la media que el píxel presente una tonalidad más blanca.



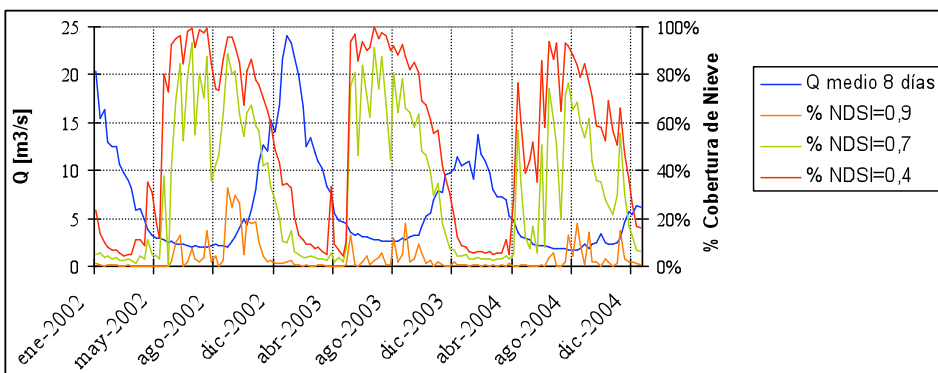
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Área Cubierta de Nieve (MODIS09) v/s  $Q$  Obs.  
Cuenca río Juncal en Juncal.



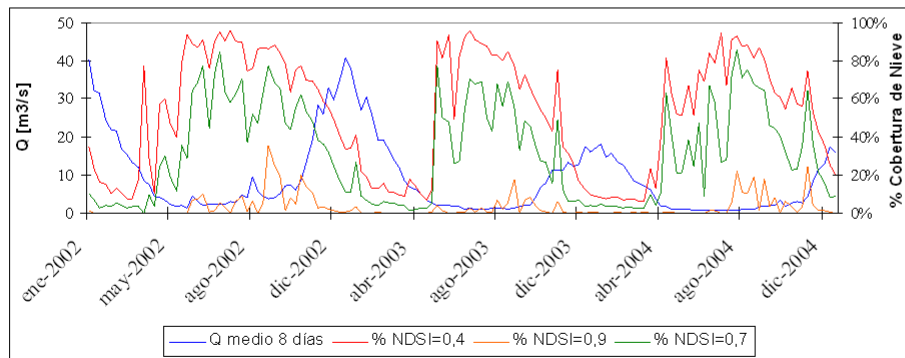
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Área Cubierta de Nieve (MODIS09) v/s  $Q$  Obs.  
Cuenca río Juncal en Juncal.



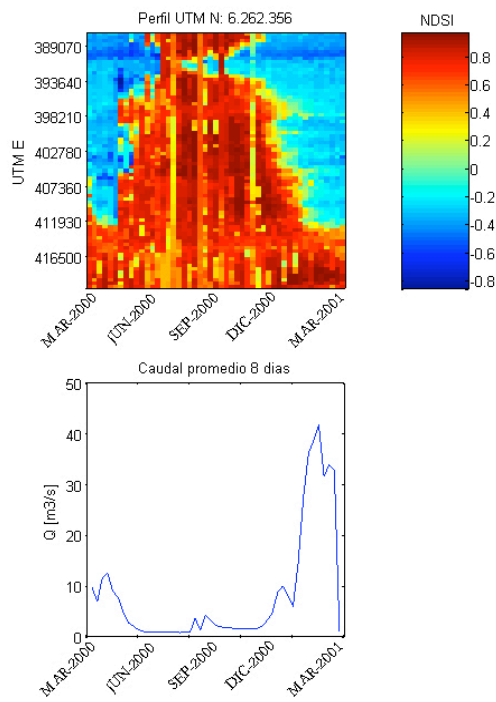
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

**Área Cubierta de Nieve (MODIS09) v/s Q Obs.**  
**Cuenca río Volcán en Queltehues.**

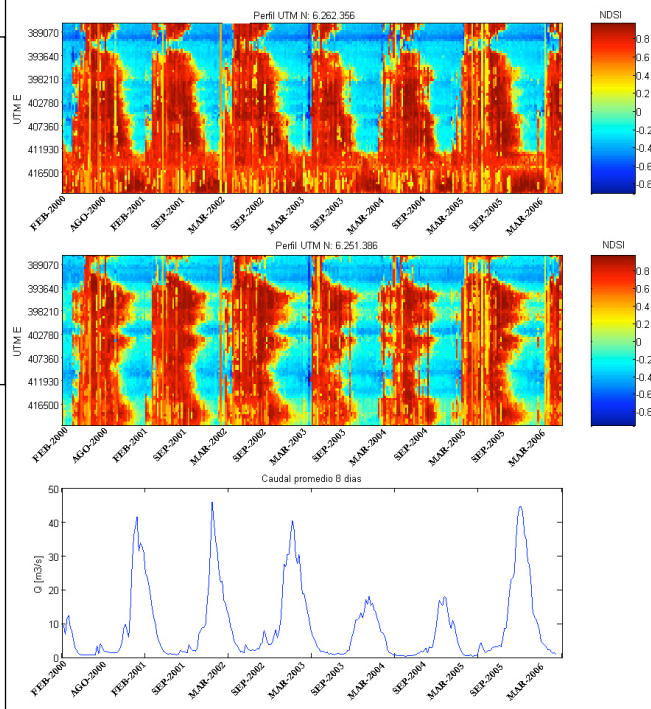


FACULTAD DE CIENCIAS  
 FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
 UNIVERSIDAD DE CHILE

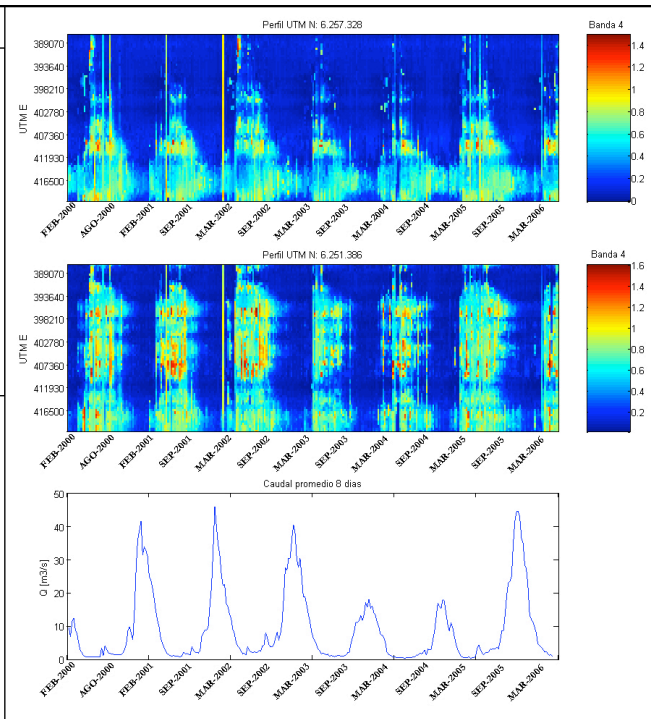
**Transectas en el tiempo:**  
**Cubierta de Nieve**  
**(NDSI) v/s Q Obs.**  
**Cuenca del río Volcán en**  
**Queltehues,**  
**Año 2000-2001.**



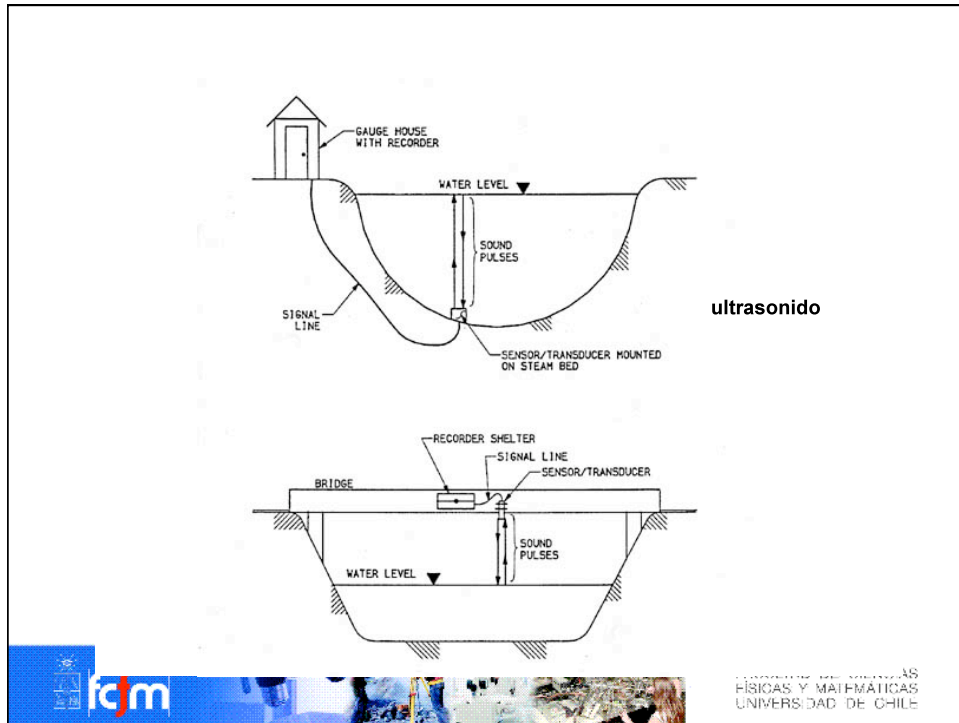
Transectas en el  
tiempo: Cubierta  
de Nieve (NDSI)  
v/s Q Obs.  
Cuenca del río  
Volcán en  
Queltehues

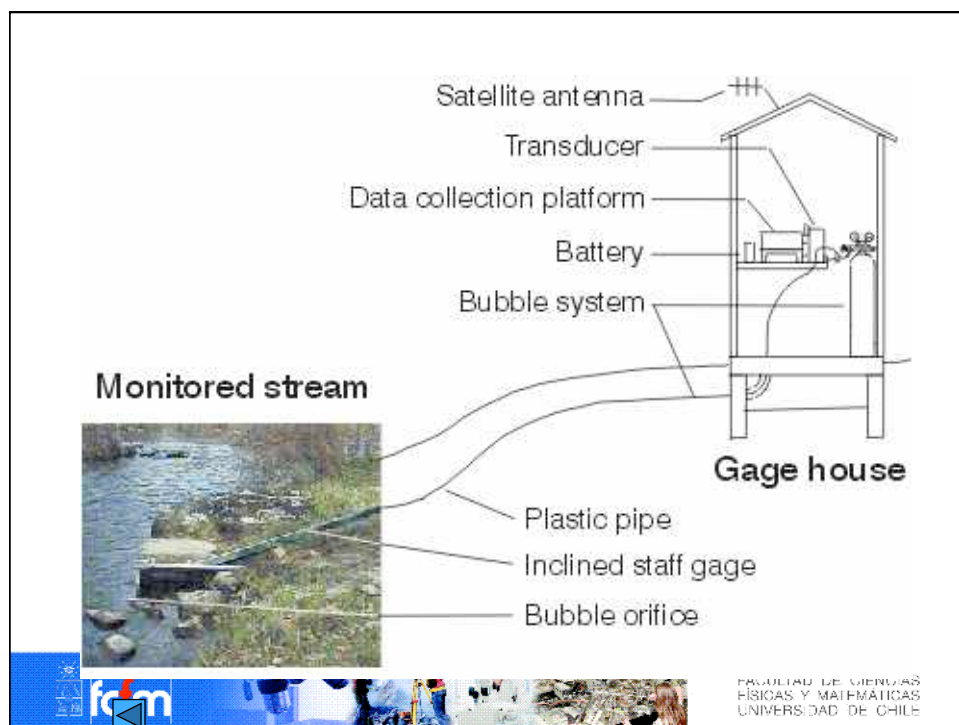
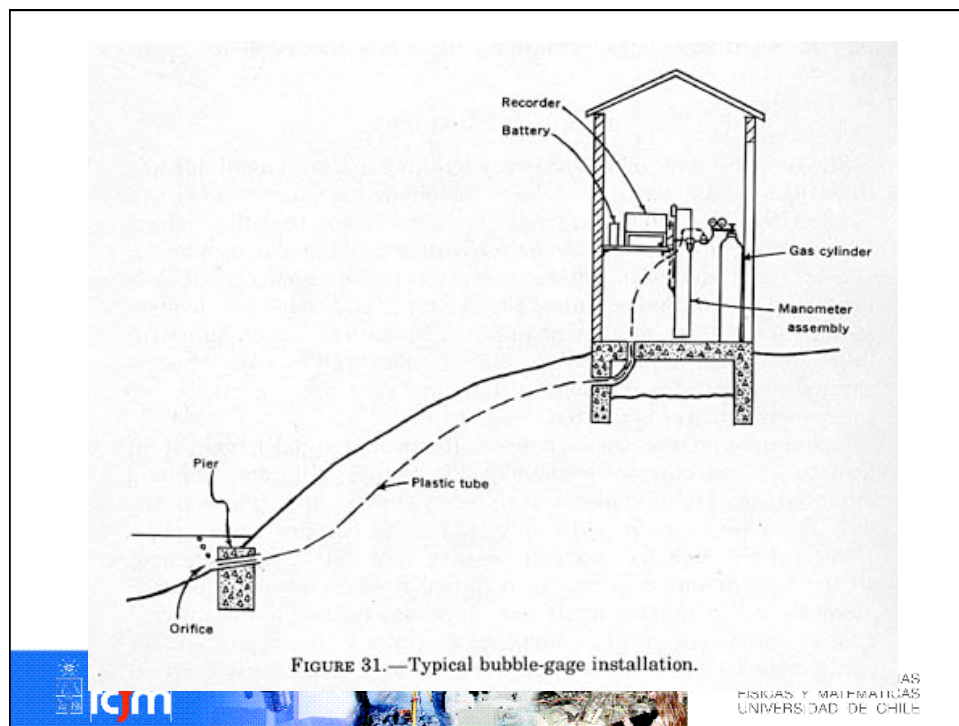


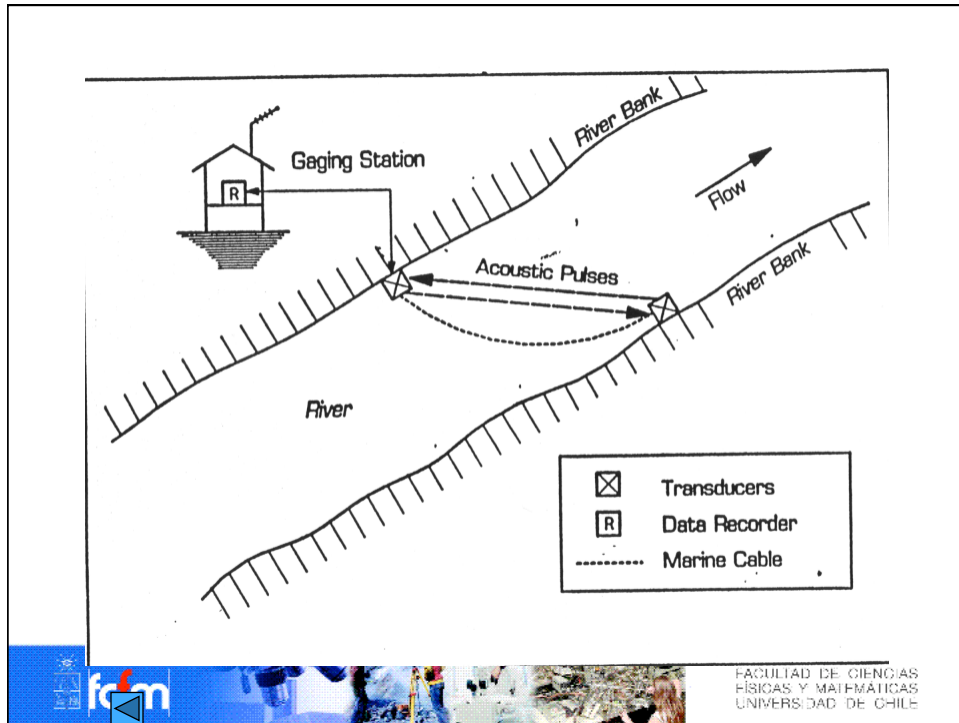
Transectas en el  
tiempo: Banda 4  
( $\lambda$ :546-565) v/s Q  
Obs.  
Cuenca del río  
Volcán en  
Queltehues











Colorado  
antes Junta  
con  
Aconcagua



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

JUNCAL EN  
JUNCAL



FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE