

 **CIATF**  
Consejo Insular  
de Aguas de Tenerife

*Santa Cruz de Tenerife*  
**29-30 septiembre 2009**

**JORNADAS SOBRE  
HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE  
EN TENERIFE**



*Primera Jornada:*

**EL MODELO HIDROLÓGICO  
DE SUPERFICIE**

**7**

**RESULTADOS DEL MHS**

**D. Juan-José Braojos Ruiz.**  
*Jefe Área Recursos Hidráulicos del CIATF*

**D. Pedro Delgado Melián.**  
*Jefe Sección Datos Hidrológicos del CIATF*

**INDICE**

- 1** LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS
- 2** EL BALANCE HÍDRICO INSULAR
- 3** LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS
- 4** ANÁLISIS TENDENCIALES. EL CAMBIO CLIMÁTICO
- 5** MAPAS TEMÁTICOS
- 6** PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3

0. INTRODUCCIÓN

### FINALIDAD DEL MHS

Obtener información a distintos niveles de agregación y al menos a nivel mensual, acerca de:

- Las variables climáticas
  - La precipitación {
    - Convencional o directa
    - Indirecta, de niebla u horizontal
  - La temperatura {
  - La humedad relativa máxima
  - La velocidad del viento
- Las variables hidrológicas
  - La evapotranspiración
  - La escorrentía
  - La recarga al subsuelo
  - La humedad del suelo
  - Los recursos hídricos captados y almacenados

1 LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

### El Gradiente Pluviométrico

La lluvia directa

- La lluvia conjunta (convencional + nieve) se distribuye en altura de acuerdo a un gradiente que cambia de sentido en la franja central de ambas vertientes de la Isla.
  - En el Valle de La Orotava: 100m de altura → 350 mm/año

Periodo	P	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1944/45 -	mm	72	56	51	28	11	4	3	9	35	71	144	169	423
2005/2006	mm/año	147	114	103	57	22	8	3	5	18	71	144	169	860
2005/2006	mm/año	17	13	12	7	13	9	1	2	8	17	20	100	100

gradiente positivo de 4,5 mm/100 m.

gradiente negativo de -25 mm/100 m.

Legend (mm):

- 100 - 200
- 200 - 300
- 300 - 400
- 400 - 500
- 500 - 600
- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 900
- 900 - 1000
- 1000 - 1100

1 LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

El Gradiente Pluviométrico

- En Izaña (2364 m de altura) → 495 mm/año
- En los pluviómetros de Las Cañadas (2150 m) → 480 mm/año  
 gradiente negativo de **-25 mm/100 m.**  
 de acuerdo al gradiente → **530 mm/año**

En los pluviómetros de Las Cañadas

- competencia entre la lluvia convencional y la nieve → Colmataciones de los aparatos
- lecturas mensuales o incluso supramensuales
- congelación del agua meteórica
- evaporación...

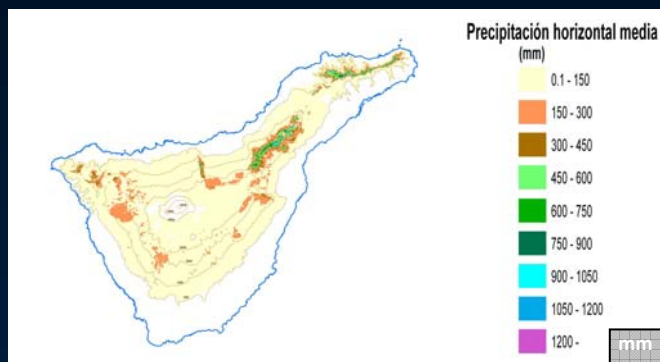
En Izaña

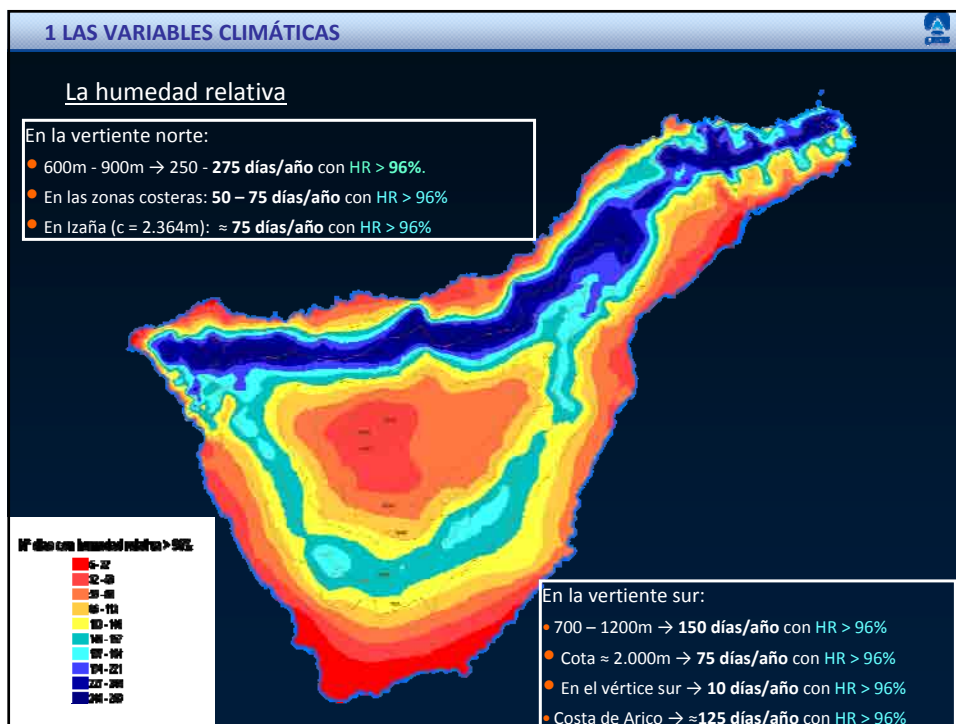
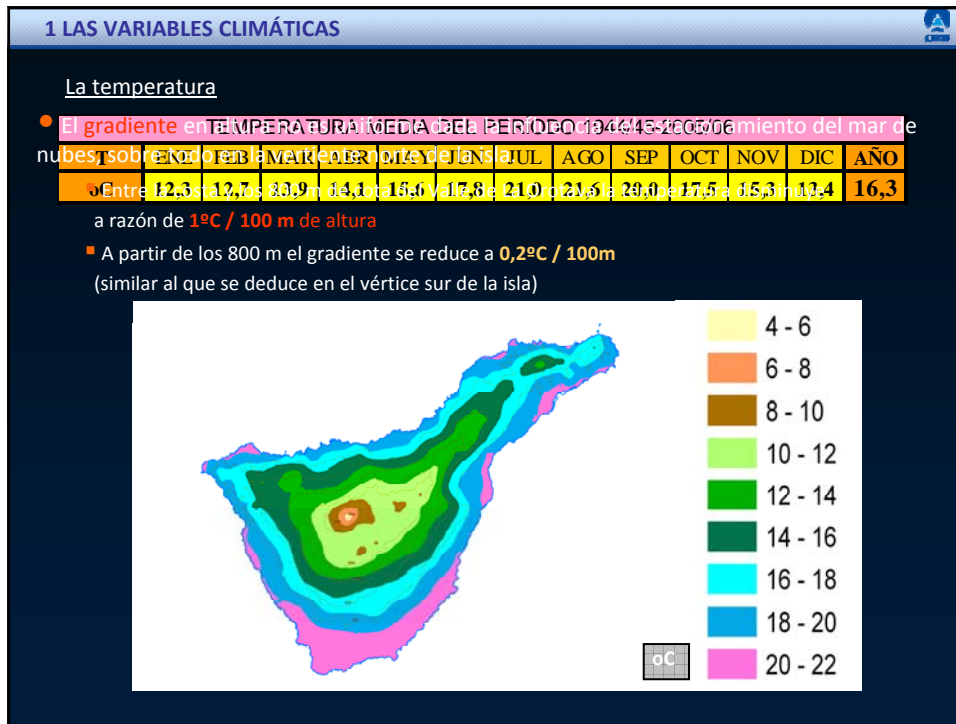
- la medición y la descarga del aparato se realiza varias veces al día
- se dispone de un aparato calefactor

1 LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

La Lluvia Indirecta u Horizontal

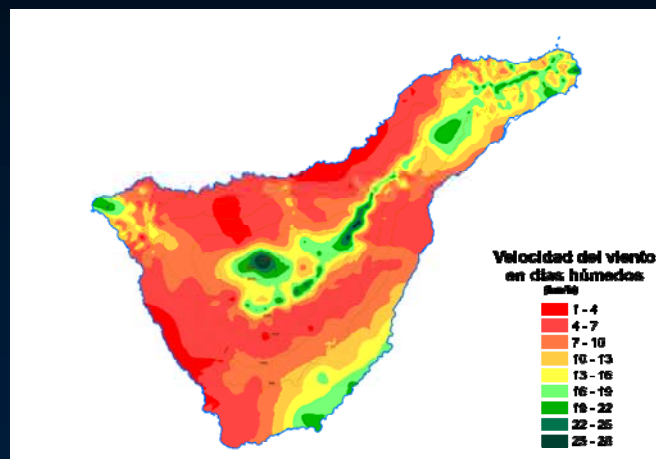
PRECIPITACIÓN HORIZONTAL MEDIA														
Período	P	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1944/45 --	mm	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	41
2005/2006	hm3/año	6	7	7	8	8	8	7	7	7	6	7	7	84
	% s/AÑO	7	8	8	10	9	9	8	9	9	7	8	8	100





1 LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

La advección



2 EL BALANCE HÍDRICO INSULAR

El Balance Hídrico Insular “Medio”

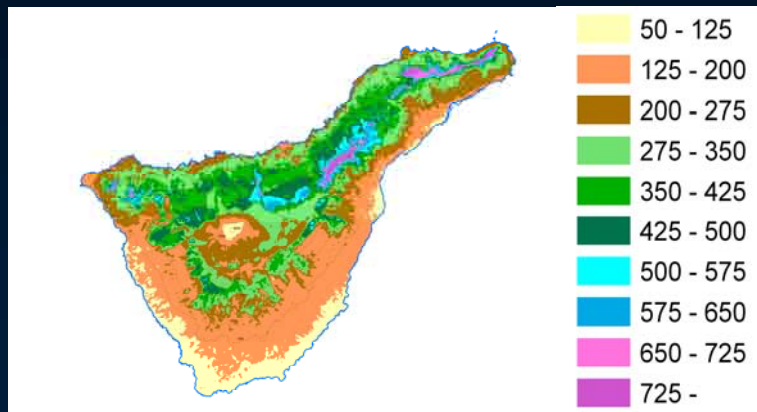
- A partir del tratamiento estadístico en el MHS de los datos históricos de las variables climáticas correspondientes al período 1944/1945 – 2005/2006, junto con la consideración de las características del suelo y las capacidades de derivación y de embalse existentes se ha deducido el valor anual medio de la Precipitación total y su distribución entre las variables hidrológicas que conforman el BHI

Ref	MAGNITUD HIDROLÓGICA	mm/año	hm3/año	%
PC	Precipitación Convencional	423,6	860	91,1
PN	Precipitación Horizontal	41,4	84	8,9
	<b>Precipitación Total</b>	<b>465,0</b>	<b>944</b>	<b>100,0</b>
EVT	Evapotranspiración	273,2	555	58,7
ES	Escorrentía	4,5	9	1,0
I	Infiltración	186,8	379	40,2
VR	Δ de reservas en el suelo	0,0	0	0,0
DE	Derivado a embalses	0,5	1	0,1

3 LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS

La Evapotranspiración Real (ETR)

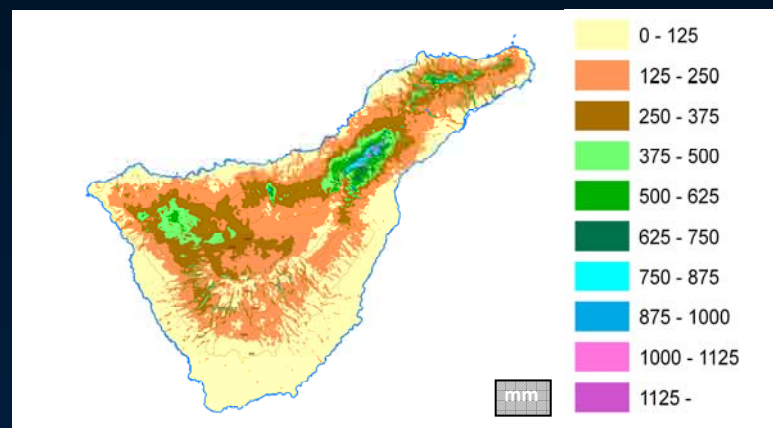
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL MEDIA														
Período	ETR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1944/45 --	mm	27	27	35	31	23	14	7	7	12	26	33	31	273
2005/2006	hm3/año	55	55	72	63	46	28	15	13	24	54	68	63	556
	% s/AÑO	10	10	13	11	8	5	3	2	4	10	12	11	100

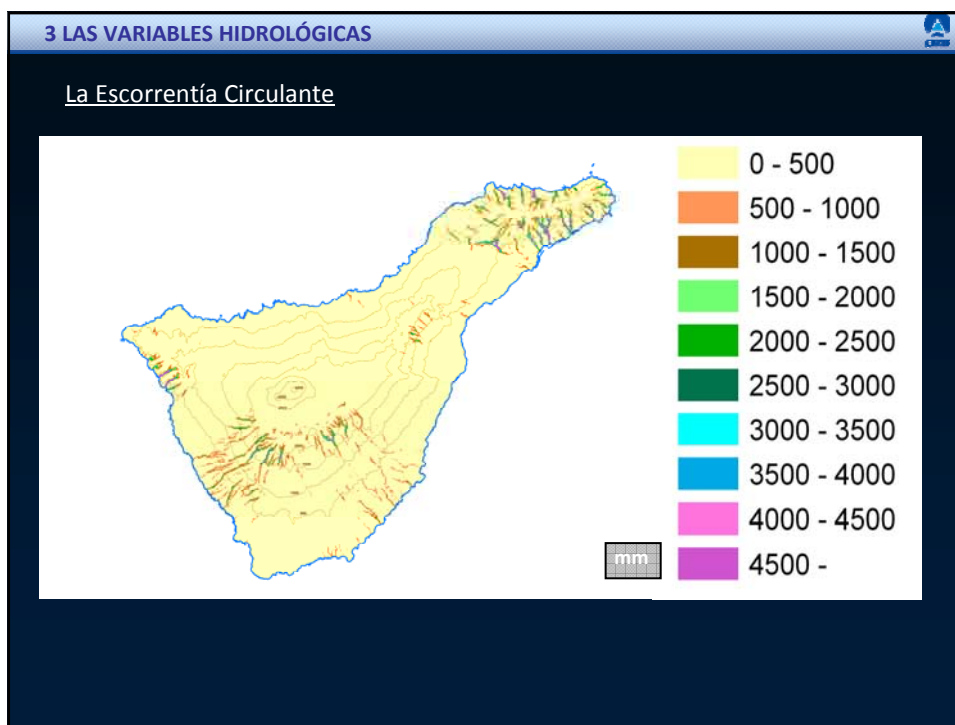


3 LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS

La Infiltración Efectiva o de Recarga

INFILTRACIÓN EFECTIVA MEDIA														
Período	I	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1944/45 --	mm	46	32	19	5	0	0	0	0	0	6	25	47	180
2005/2006	hm3/año	94	64	38	10	1	0	0	0	0	12	51	95	365
	% s/AÑO	26	18	10	3	0	0	0	0	0	3	14	26	100





**3 LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS**

La Escorrentía Derivada y Almacenada

- Parte de la escorrentía circulante es interceptada para su almacenamiento
  - represándola en el mismo barranco mediante diques,
  - derivándola hacia balsas ubicadas fuera de sus cauces de procedencia.

LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA DERIVADAS y ALMACENADAS														
Período	DE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1944/45 --	mm	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,06	0,26
2005/2006	hm3/año	0,11	0,05	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,12	0,13	0,53
	% s/AÑO	21,5	10,1	8,1	3,2	0,9	0,1	0,0	0,1	0,4	8,7	22,7	24,2	100,0

- Se han derivado a embalses, directa o indirectamente, una media de **530.000 m<sup>3</sup>/año**.
  - El llenado se inicia con las lluvias de otoño
  - acusa los valores máximos en los meses de noviembre a enero;
  - cesa a mitad de primavera, salvo casos muy aislados.
  - Más del noventa por ciento del agua embalsada se concentra en el norte de la isla.

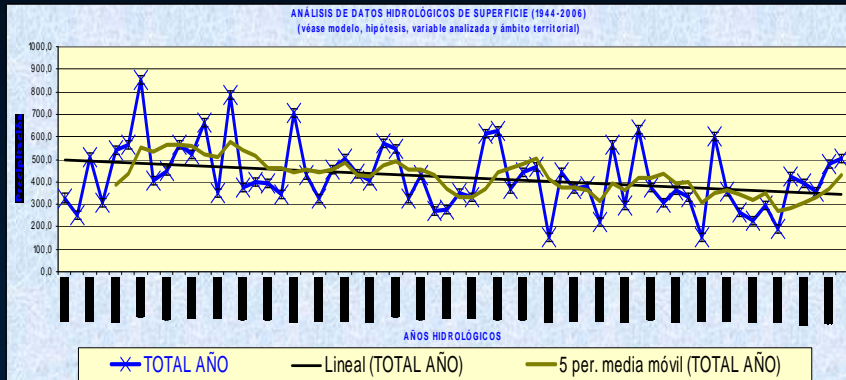


4. ANÁLISIS TENDENCIALES. EL CAMBIO CLIMÁTICO

La lluvia convencional

La serie de 62 años del período 1944/45-2005/06 arroja un descenso tendencial de:

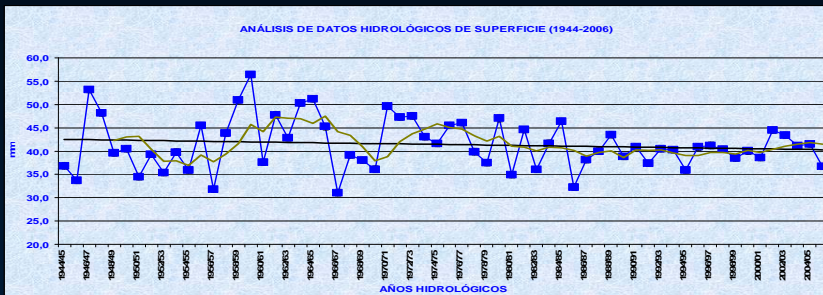
**- 2,5 mm/año.**



Los episodios lluviosos de los últimos años se han caracterizado por su poca duración temporal – dos o tres día a lo sumo – y por ser, en general, muy intensos

4. ANÁLISIS TENDENCIALES. EL CAMBIO CLIMÁTICO

La lluvia horizontal



La serie de 62 años del período 1944/45-2005/06 arroja un descenso tendencial de:

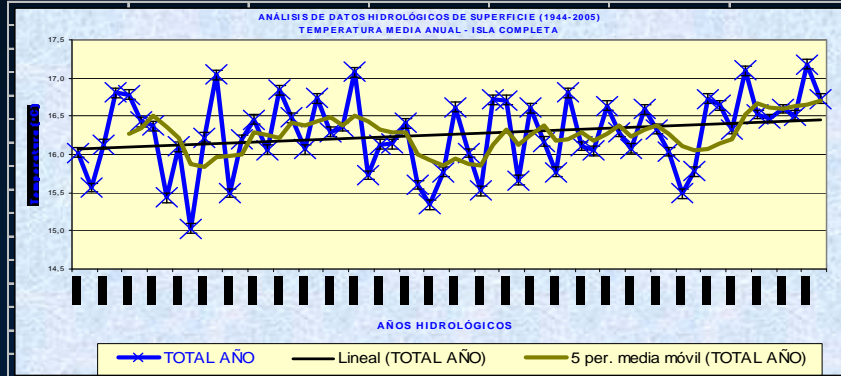
**- 0.04 mm/año**

4. ANÁLISIS TENDENCIALES. EL CAMBIO CLIMÁTICO

La temperatura

Con los **62 años** analizados se deduce una tendencia **ascendente** de: **+ 0,01°C/año**

En el período de los **últimos 31 años** la tendencia al **ascenso** ha sido de: **+ 0,02°C/año**.

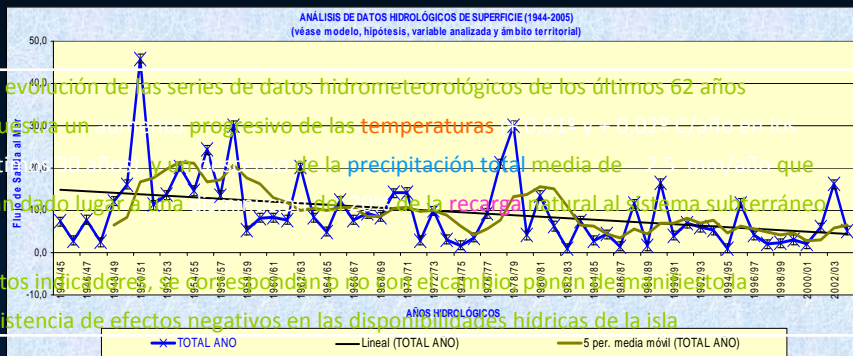


4. ANÁLISIS TENDENCIALES. EL CAMBIO CLIMÁTICO

La Escorrentía Superficial

Con los **62 años** del período considerado se deduce una tendencia **descendente** de:

**- 0,2 mm/año**



La evolución de las series de datos hidrometeorológicos de los últimos 62 años muestra un aumento progresivo de las temperaturas medias y máximas y una disminución de la precipitación total media de -2,5 mm/año que ha dado lugar a una disminución de la recarga natural al sistema subterráneo. Estos indicadores se corresponden con el cambio climático y la existencia de efectos negativos en las disponibilidades hídricas de la isla.

En términos absolutos, la escorrentía, que ha evolucionado a razón de **- 0,2 mm/año** (0.4 hm<sup>3</sup>/año), ha sido el parámetro menos afectado por los -2,5 mm/año de la pluviometría. Dada su poca representación en el BHI, el descenso es significativo.

5. MAPAS TEMÁTICOS

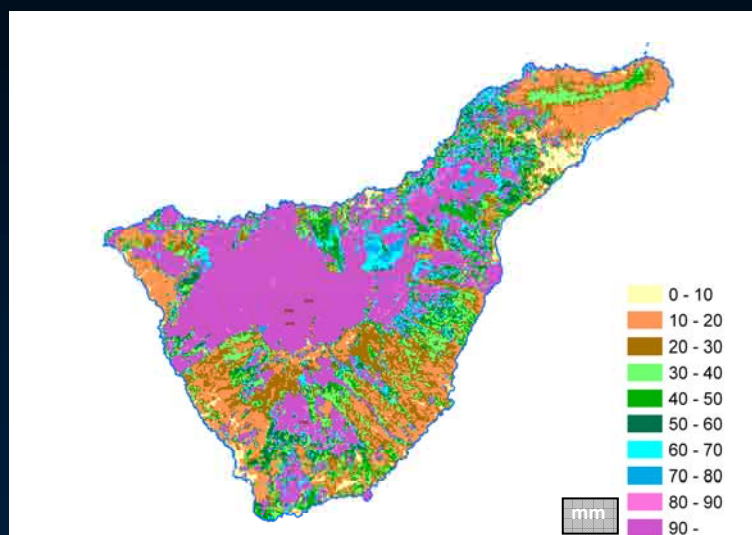
El mapa de permeabilidades



- Las zonas más permeables coinciden con las coladas volcánicas más recientes
- Gran parte de la superficie de isla menos permeable coincide con los cascos urbanos

5. MAPAS TEMÁTICOS

Umbrales de Escorrentía



## 6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3

### ➤ PLAN FORMATIVO DE BECARIOS CIATF-ULL

Formación de universitarios recién titulados:

- Manejo del Modelo Hidrológico
- Procesamiento de información hidrometeorológica
- Tratamiento y análisis de la información

### ➤ TRABAJOS INCLUIDOS EN EL PLAN FORMATIVO

1. Generación de nuevos modelos climáticos.
2. Consulta y exportación de series de datos hidrometeorológicos
- 3.- Análisis de resultados

## 6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3

### 1.- Generación de nuevos modelos climáticos:

76 nuevos modelos a partir de distintas hipótesis de variación de las variables:

#### ➤ Precipitación:

11 nuevas pasadas de modelización aplicando distintos coeficientes de intervención (0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 1,00 0,95; 1,05; 1,10; 1,15; 1,20 y 1,25)

#### ➤ Temperatura:

7 hipótesis adicionales de variación de temperatura (entre  $-1$  y  $+2$  ° C y a intervalos de medio grado centígrado)

6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3

2.- Consulta y exportación de series de datos hidrometeorológicos :

Tipos de variables:

VARIABLES HIDROMETEOROLÓGICAS	
Meteorológicas	Hidrológicas
Precipitación	Precipitación eficaz
Precipitación horizontal	Evapotranspiración potencial
Temperatura media	Evapotranspiración real
Humedad relativa máxima	Infiltración efectiva
Numero de días en que se supera el umbral de humedad (HR>96%)	Infiltración en los cauces
Velocidad del viento	Reserva de agua en el suelo a final de mes
Velocidad del viento en días húmedos (HR>96%)	Flujo de salida
	Volumen embalsado a final de mes

Escalas temporales:

- Mensual
- Estacional
- Anual (año hidrológico y año natural)

6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3

2.- Consulta y exportación de series de datos hidrometeorológicos :

Ámbitos territoriales

Relieve



Cuencas Hidrográficas



Sectores Hidrogeológicos



Vertientes



Comarcas Hidráulicas



Términos Municipales

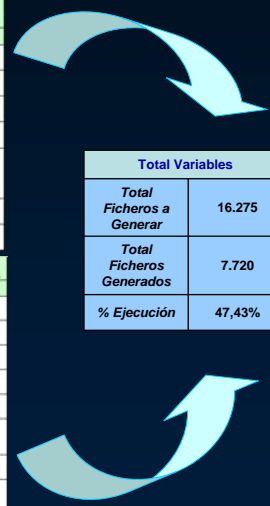


6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3

2.- Consulta y exportación de series de datos hidrometeorológicos :

Se han generado unos 1.351 recintos (cruces de ámbitos territoriales) de consulta y exportación de series de las variables hidrometeorológicas consideradas en cada caso.

Ámbitos Variables	Isla	Altitud	Vertientes	Municipios	Municipios Altitud	Vertientes Altitud	Cuencas Hidrológicas	Comarcas Hidráulicas	Sectores Hidrogeo.
Nº de Recintos	1	38	9	31	504	178	407	18	42
Precipitación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lluvia Horizontal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Temperatura media	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Humedad relativa máxima	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nº de días en que se supera el umbral de humedad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Velocidad del viento	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Velocidad Viento días húmedos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nº de Recintos	1	38	9	31	504	131	407	18	42
Precipitación eficaz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Evapotranspiración Potencial	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Evapotranspiración Real	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Infiltración Efectiva	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Infiltración sobre cauces	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Reserva de agua en suelos a final de mes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Flujo de salida	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Volumen embalsado final de Mes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3

2.- Consulta y exportación de series de datos hidrometeorológicos :

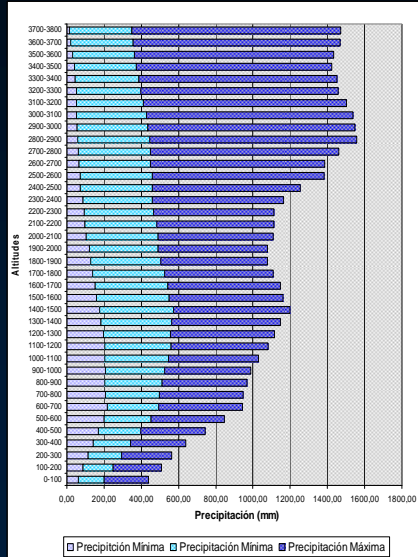
Avance de resultados obtenidos para su análisis:

- Variables meteorológicas:
  - Distribución de la precipitación: “por altitudes para toda la Isla”.
  - Distribución de la temperatura: “por altitudes para toda la Isla”.
- Variables hidrológicas:
  - Balance Hidrológico: “por altitudes para toda la Isla”.

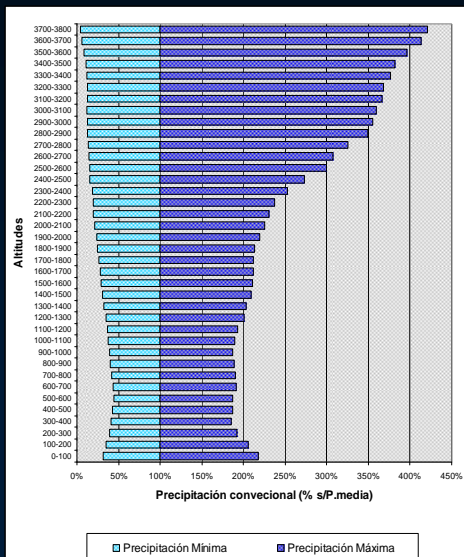
6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3



PRECIPITACIÓN CONVENCIONAL  
POR ALTITUDES. TENERIFE: 1944-2006



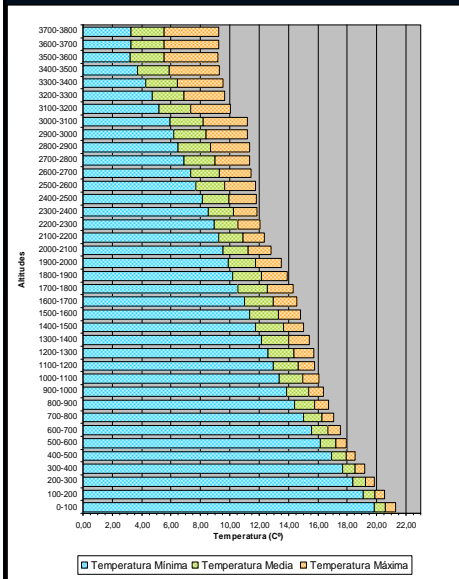
VARIACIONES DE PRECIPITACIÓN RESPECTO A LA MEDIA  
POR ALTITUDES. TENERIFE: 1944-2006



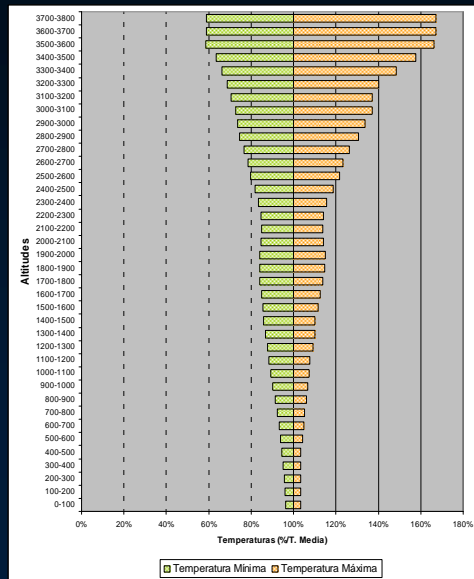
6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3

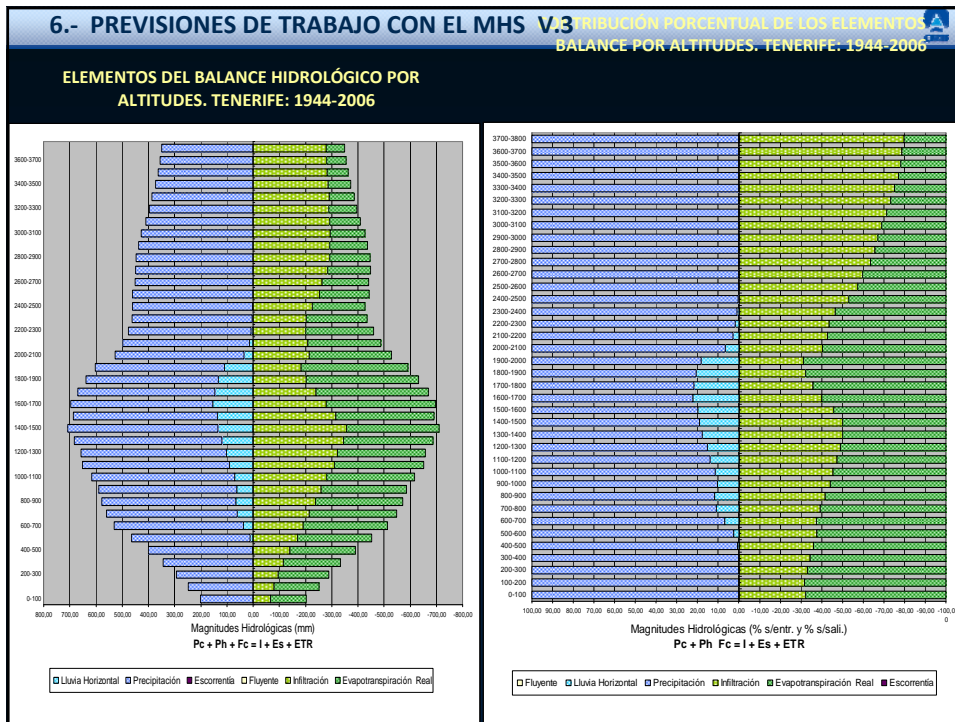


TEMPERATURAS  
POR ALTITUDES. TENERIFE: 1944-2006



VARIACIONES DE TEMPERATURA RESPECTO A LA MEDIA  
POR ALTITUDES. TENERIFE: 1944-2006





**6.- PREVISIONES DE TRABAJO CON EL MHS V.3**

**3.- Análisis de resultados**

- **Análisis de variabilidad de los datos** (mensuales, estacionales y anuales) de las variables hidrometeorológicas:
  - **General:** “para toda la isla”
  - **Parcial:** “para las divisiones territoriales consideradas” (municipios, cuencas hidrográficas, sectores hidrogeológicos, comarcas hidráulicas, vertientes, altitudes, etc...)
- **Análisis de sensibilidad** para los términos del balance hidrológico frente a la variación de las variables de precipitación y temperatura.
- **Planteamiento de escenarios futuros**, tanto a nivel general como parcial, **a partir de las tendencias observadas** para los indicadores de cambio climático (a nivel local y planetario)