

---

ANEXO 10.

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA ESTACIÓN DE ESQUÍ LA TUCA.

REALIZADO POR AL EMPRESA ECAFIR, S.L. INGENIERÍA AMBIENTAL.

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS  
DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL  
DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA  
(VIELHA – VAL D'ARAN)**

---

**MEMORIA**

1. Introducción.
2. Características climáticas de las cuencas de los barrancos de Serrahèra, Magdalena, Sant Esteve, Escunhau y Bargadèra.
3. Estimación de los caudales y las aportaciones de los de los barrancos de Serrahèra, Magdalena, Sant Esteve, Escunhau y Bargadèra.,
  - 3.1. Datos de las estaciones de aforos disponibles.
  - 3.2. Conceptos.
  - 3.3. Modelos paramétricos.
  - 3.4. Modelos y tablas para el cálculo de la aportación a partir del coeficiente de escorrentía.
  - 3.5. Determinación de la aportación por relación de cuencas.
  - 3.6. Determinación final de la aportación.
  - 3.7. Datos de un estudio hidrológico de la cuenca de la Garona realizado recientemente por la ACA.
4. Necesidades futuras de agua para innivación
5. Caudales de mantenimiento exigibles
6. Estimación de caudales medios mensuales de la cuenca del barranc de Bargadèra y Sant Estèue
7. Conclusiones.

**ANEJOS**

1. Datos de la estación de aforos del Garona en Arties.
2. Climodiagrama de la estación meteorológica de la Bonaigua.
3. Resumen de las aportaciones anuales por cuencas de la Garona. (ACA, INTERREG IIIa Garona).
4. “El consum d’aigua per generació de neu artificial. Informe de situació.” (ACA, 2007)

**PLANOS**

1. Cuencas hidrográficas de las captaciones.
2. Rango de altitud (relieve)
3. Isohietas
4. Isotermas
5. Orientaciones.
6. Aportaciones.
7. Captaciones.
8. Delimitación del DPH.

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS  
CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL  
DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA  
(VIELHA – VAL d'ARAN)**

---

**MEMORIA**

**1. Introducción.**

El presente estudio hidrológico se realiza para determinar las aportaciones hidrológicas de las cuencas hidrográficas de las posibles captaciones de agua del dominio esquiable de la Tuca, y así poder valorar cuál es el porcentaje de detracción de agua sobre la aportación total de cada una de las cuencas. Las cuencas hidrográficas que se estudiarán son las cinco que total o parcialmente vierten sus aguas o tienen parte de su cuenca hidrográfica dentro de dicho dominio esquiable, es decir:

- a) cuenca del barranc de Serrahèra (del riu Nere)
- b) cuenca del barranc de Magdalena (del riu Nere)
- c) cuenca del barranc de Sant Esteve (del riu Nere)
- d) cuenca de los barrancos de Escunhau (de la Garona)
- d) cuenca del barranc de Bargadèra (de la Garona)

Para el estudio hidrológico se han trabajado los datos climáticos de las estaciones climatológicas disponibles en el Valle de Arán, así como de la estación de aforos de la Garona en Arties de Confederación Hidrográfica del Ebro (existe otra estación de aforos de la Garona en Bossòst pero se ha despreciado por localizarse muy lejos, aguas abajo y a cota muy inferior, de tal modo que es clarament mejor a los efectos de este estudio los datos de la de Arties). Además, se dispone de datos de dos años de un aforo temporal realizado en el río Forcalh y de diez años del río Malo en su desembocadura en el río Ruda procedentes de FECSA-ENDESA, los cuales servirán para caracterizar el régimen hidrológico mensual de los barrancos objeto de estudio, ya que son similares por altitud, orientación y superficie de cuenca.

**2. Características climáticas de las cuencas de los barrancos de Serrahèra, Magdalena, Sant Esteve, Escunhau i Bargadèra.**

Para la recopilación de los datos pluviométricos de las cuencas hidrográficas estudiadas se han consultado diferentes fuentes:

- a) Confederación Hidrográfica del Ebro
- b) Instituto Nacional de Meteorología
- c) Servicio de Meteorología de Cataluña
- d) Red Agrometeorológica de Cataluña

Las estaciones meteorológicas consideradas (tanto si son explotadas por varios organismos como si son estaciones diferentes en el mismo emplazamiento aproximado) son las siguientes:

ESTACIÓN	UTM (X)	UTM (Y)	Z (m)	DATOS
Vielha			974	INM, SMC, DARP
Arties	817.566	4.734.970	1.144	INM, CHE
Tredòs	822.270	4.734.850	1.500	CHE
Baqueira	823.581	4.734.600	1.880	INM, CHE
Baqueira	824.288	4.734.600	2.200	CHE
Baqueira	825.372	4.734.340	2.500	CHE
Bonaigua	826.461	4.731.580	2.263	INM, CHE, SMC, DARP

Tabla 1. Localización de las estaciones meteorológicas.

A partir de los datos existentes de estas estaciones despreciando las de períodos inferiores a 10 años, se han obtenido las siguientes estimaciones de precipitaciones medias anuales (mm/año) y de temperaturas medias anuales (°C).

ESTACIÓN	PP (mm)	T (°C)	Z (m)	DATOS
Vielha	942	9,7	974	INM, SMC, DARP
Arties	880	8,5	1.144	INM, CHE
Tredòs	867	5,8	1.500	CHE
Baqueira	1.100	4,6	1.880	INM, CHE
Baqueira		-2,4	2.200	CHE
Baqueira		-4,1	2.500	CHE
Bonaigua	1.348	2,7	2.263	INM, CHE, SMC, DARP

Tabla 2. Datos básicos climatológicos de las estaciones meteorológicas

Por lo tanto, podemos obtener los siguientes gradientes altitudinales de temperatura y precipitaciones en la zona del dominio esquiable de la Tuca:

gradiente de precipitación: 63 mm/100 m

gradiente de temperatura: -0,65°C/100 m

Integrando los datos de temperatura y precipitaciones de las estaciones meteorológicas utilizadas, con los gradientes altitudinales y corrigiendo con las orientaciones principales obtenemos los planos de isohietas e isotermas adjuntos. A partir de estos planos podemos conocer las características climáticas medias de cada una de las cuencas hidrográficas estudiadas:

CUENCA	Sup.	Alt. Màx.	Alt. Mìn.	Alt media	PP (mm)	T (°C)
Serrahèra	5,70	2.630	1.220	2.100	1.150	1,0
Madalena	1,92	2.320	1.200	2.000	1.050	1,5
Sant Estèue	3,04	2.389	1.200	2.000	1.070	1,6
Coma de Meddia	0,96	2.315	1.000	1.800	1.000	2,0
Bargadèra	9,75	2.518	1.020	1.900	1.150	1,0

Tabla 3. Datos básicos de las cuencas hidrológicas

### 3. Estimación de los caudales y las aportaciones de los barrancos de Serrahèra, Madalena, Sant Esteue, Coma de Meddia i Bargadèra.

#### 3.1. Datos de las estaciones de aforo disponibles.

La única estación de aforos de Confederación Hidrográfica del Ebro próxima al área de estudio es la del río Garona en Arties (estación de aforos núm. 143). Desafortunadamente esta estación está afectada por la derivación de la central hidroeléctrica de Arties de ENDESA que junto con muchas otras captaciones deriva el agua de más del 90% de la superficie de la cuenca de aportación de esta estación. Por lo tanto, los únicos datos válidos para la estimación de los caudales circulantes por esta estación son las del periodo antes de la entrada en funcionamiento de la CH (1950 a 1973), de las cuales se obtienen estas medias mensuales:

MENSUALES (promedio 1950-1973)											ANUALES		
OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	Qmed	Aport
m <sup>3</sup> /s											m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	
2,61	2,99	2,63	2,53	2,40	3,59	6,16	10,38	10,37	4,66	3,05	2,49	4,38	138,02

Tabla 4. Caudales medios mensuales de la estación de aforos del Garona en Arties

Esta aportación media anual de 138 Hm<sup>3</sup>/año nos servirá para hacer un cálculo aproximativo de la aportación de cada una de las cuencas hidrográficas estudiadas por el método de cálculo por relación de cuencas.

En cuanto a la distribución mensual de los caudales hay que decir que a medida que las cuencas hidrográficas estudiadas son más altas y de menor superficie, sus curvas

de distribución mensual de caudales son proporcionalmente más variables entre caudal medio anual y caudales medios mensuales máximos y mínimos. Es decir, las puntas de caudal máximo primaveral por deshielo son más pronunciadas y concentradas en el tiempo, y los estiajes tanto de verano como invernales también más pronunciados. Por lo tanto, la estimación de la distribución de caudales mensuales para cada cuenca hidrográfica estudiada tendrá en cuenta este factor, de gran importancia para conocer en qué momento del año la derivación y almacenaje de caudales por innivación supone un menor impacto hidrológico por detracción de caudales.

### 3.2. Conceptos.

La escorrentía es la parte de la precipitación que llega a la red hidrográfica de la cuenca y discurre por ella dando lugar a los caudales líquidos. Los factores que intervienen en la escorrentía son numerosos siendo los principales, entre otros, los siguientes:

- factores agroclimáticos: cantidad, intensidad y duración de la lluvia; distribución de la precipitación respecto al tiempo y al área de la cuenca; condiciones precedentes de humedad al suelo; intercepción causada por la cubierta vegetal, variable según la especie y la densidad de la vegetación; época del año, etc; valor de la evapotranspiración que es variable según la temperatura, presión y humedad atmosférica; radiación solar, etc
- factores fisiográficos: hay que destacar la extensión; forma y pendiente media de la cuenca de recepción en estudio; condiciones de la superficie del terreno como por ejemplo, geología, tipo de suelo, permeabilidad, tareas de cultivo, densidad de la red hidrográfica y capacidad de evacuación de la misma,...

Uno de los problemas que siempre se presenta en cuencas pequeñas de hasta 50 km<sup>2</sup> es la ausencia de aforos, en series suficientes que permitan establecer escorrentías mensuales con la garantía suficiente, de forma que pueda ser calculado el balance hídrico. En la mayoría de los observatorios meteorológicos locales existen datos de temperaturas mensuales, pluviométricos mensuales, número de días de lluvia por meses, precipitación máxima diaria del mes, etc., en series de quince años o más. Esto permite de alguna manera llegar a determinar las escorrentías anuales con un cierto rigor, de cada uno de los modelos paramétricos que se describirán y por el método analítico del "número de curva" elaborado por *United States Soil Conservation*.

Para los cálculos de las páginas siguientes hemos utilizado las nomenclaturas de 'fo' por la cuenca del Forcalh, 'mo' por la de Molins, 'ma' por la de Malo y 'ru' por la de Ruda, de forma subindexada para cada factor de cálculo.

### 3.3. Modelos paramétricos.

Existen diversas fórmulas empíricas basadas en datos experimentales que determinan la escorrentía de las cuencas de recepción. La simplicidad con que se trata el fenómeno en estos casos hace que los resultados tengan un valor orientativo para períodos de tiempo suficientemente amplios, siendo desaconsejable su uso con series meteorológicas cortas o con falta de datos. Cuanto menos factores o parámetros intervengan en la fórmula, más sencilla resulta de aplicar, pero ofrece menos garantías.

#### - Fórmula de Becerril

Proporciona directamente la aportación anual y se suele aplicar en anteproyectos de grandes cuencas:

$$Q = \beta \frac{P^{3/2}}{1.000} \cdot \Omega$$

donde:

Q = aportación de la cuenca en Hm<sup>3</sup>

P = precipitación anual en mm

$\Omega$  = superficie de la cuenca

$\beta$  = coeficiente definidor del tipo de escorrentía con los valores siguientes:

· regiones muy secas	0,007
· regiones secas	0,010
· regiones medianamente húmedas	0,012 a 0,014
· regiones lluviosas	0,013 a 0,016
· regiones muy lluviosas	0,018 a 0,020

En nuestro caso, aplicamos  $\beta = 0,018$  y con los datos de superficie y precipitación media anual de cada cuenca hidrográfica obtenemos las siguientes estimaciones de las aportaciones anuales:

$$\begin{aligned}Q_{se} &= 4,00 \text{ Hm}^3/\text{año} \\Q_{ma} &= 1,18 \text{ Hm}^3/\text{año} \\Q_{st} &= 1,92 \text{ Hm}^3/\text{año} \\Q_{md} &= 0,55 \text{ Hm}^3/\text{año} \\Q_{ba} &= 6,84 \text{ Hm}^3/\text{año}\end{aligned}$$

### - Fórmula de Coutagne

Proporciona directamente la escorrentía anual en metros de altura de agua y puede aplicarse en anteproyectos de cuencas medias. Se basa en la determinación del déficit de escorrentía (evapotranspiración ET del período considerado).

$$ET [m] = P - \lambda P^2$$

donde P es la precipitación anual en metros. El valor de  $\lambda$  se obtiene mediante la expresión:

$$\lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 T}$$

siendo T la temperatura media anual de la cuenca en grados centígrados, teniendo que cumplir que:

$$1/8\lambda \leq P \leq 1/2\lambda$$

si  $P \leq 1/8\lambda$  no hay escorrentía. Si  $P = 1/2\lambda$  la evapotranspiración es prácticamente independiente de la precipitación y puede utilizarse la siguiente expresión:

$$ET[\text{mm}] = 210 + 30T$$

Finalmente se deduce:

$$Q = P - ET$$

Si se aplica esta fórmula a un número suficientemente largo de años (al menos 15 años), puede obtenerse la aportación media de la cuenca como la media aritmética de las aportaciones anuales. Si se compara este valor medio obtenido con la precipitación media del período de años de estudio, puede obtenerse el coeficiente medio de escorrentía anual. En nuestro caso, siendo para la estación meteorológica de la Bonaigua (ver anexo 2) la escorrentía anual calculada por el método de Coutagne de 941 mm/año tomamos este valor para las cuencas hidrográficas de Forcalh y Molins que tienen la misma altura media que la Bonaigua, y hacemos las correcciones por altura correspondiente de las cuencas de los ríos Malo y Ruda.

Multiplicando después la superficie de cada cuenca hidrográfica por la escorrentía anual estimada por el método de Coutagne obtenemos las siguientes estimaciones de las aportaciones anuales de cada cuenca:

$$\begin{aligned}Q_{se} &= 4,98 \text{ Hm}^3/\text{año} \\Q_{ma} &= 1,60 \text{ Hm}^3/\text{año}\end{aligned}$$

$$Q_{st} = 2,53 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{md} = 0,72 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ba} = 7,70 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

**- Fórmula de Turc**

Esta fórmula fue establecida por Turc a partir de las observaciones realizadas en 254 cuencas situadas en todos los climas del globo terráqueo.

El déficit de escorrentía (la evapotranspiración del período considerado ET) según Turc viene dado por la expresión:

$$ET = \frac{P}{\sqrt{0,9 + (P/L)^2}} - \frac{P^2}{L^2} > 0,1$$

en la cual P es la precipitación media en mm:  $L = 300 + 25T + 0,05T^3$ , donde T es la temperatura media. Siendo el escorrentía calculada por el método de Turc para la estación meteorológica de la Bonaigua de 881 mm/año, aplicamos este valor a las cuencas del Forcalh y Molins por tener una altura media similar a la Bonaigua, y hacemos las correcciones necesarias para adaptar el valor para las alturas medias de las cuencas del río Malo y de Ruda. Finalmente, multiplicando por la superficie de cada cuenca obtenemos la estimación para cada una de ellas:

$$Q_{se} = 4,66 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ma} = 1,49 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{st} = 2,37 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{md} = 0,67 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ba} = 7,21 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

Observación: Coutagne desarrolló su método para una zona de Francia relativamente llana y con una pluviometría acotada entre 300 mm (la mínima) y 1.800 (la máxima). Este método da buenos resultados para pluviometrías entre 1.000 y 1.300 mm. Cuando el valor deducido por Coutagne difiera en más d'un 30% con el obtenido por Turc, se deberá reconsiderar su utilización. No es este nuestro caso puesto que los dos valores son muy parecidos y difieren en menos de un 10%.

**3.4. Modelos y tablas para el cálculo de la aportación a partir del coeficiente de escorrentía.**

**- Fórmula de Nadal**

Nadal facilita la fórmula siguiente para el cálculo del coeficiente de escorrentía:

$$C = 0,25 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$K_1$  = factor de la extensión de la cuenca

$K_2$  = factor de la lluvia media anual

$K_3$  = factor de la pendiente y de la permeabilidad del suelo

Pueden emplearse los valores siguientes:

Extensión		Lluvia media anual		Características de la cuenca	$K_3$
km <sup>2</sup>	$K_1$	mm	$K_2$		
5	2,80	200	0,25		
10	2,60	300	0,50		
20	2,45	400	0,75	Llana y permeable	0,4 - 0,5
40	2,15	500	1,00	Ondulada	0,5 - 0,7
100	1,80	600	1,10	Montañosa e impermeable	0,7 - 1,2
200	1,70	700	1,17		
500	1,40	800	1,25		

1.000	1,30	900	1,32		
5.000	1,00	1.000	1,40		
10.000	0,90	1.200	1,50		
20.000	0,87	1.300	1,60		

Así, en nuestro caso, dando los valores correspondientes a cada cuenca según la tabla anterior, obtenemos diferentes valores de C para cada cuenca, entonces

$$Q = C \cdot P \cdot S$$

y por lo tanto, multiplicando el coeficiente de escorrentía obtenido para cada cuenca por su precipitación media y superficie obtenemos las siguientes estimaciones de la aportación para cada cuenca:

$$Q_{se} = 4,66 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ma} = 1,48 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{st} = 2,31 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{md} = 0,68 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ba} = 7,40 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

#### - Fórmula de Keler

Su expresión es:

$$C = a - \frac{b}{P} \text{ aplicable para } P \geq 500 \text{ mm}$$

donde, a, es un coeficiente que oscila entre 0,88 y 1,00, según tabla de cálculo en función de la compacidad de la cuenca; b, es un coeficiente que varía entre 350 y 460, según tabla de cálculo en función de la permeabilidad de la cuenca; y P, es la precipitación anual o módulo pluviométrico

Aplicando en nuestro caso los valores correspondientes a cada cuenca de estudio obtenemos las siguientes aproximaciones de las aportaciones:

$$Q_{se} = 3,91 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ma} = 1,26 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{st} = 2,02 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{md} = 0,61 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ba} = 6,69 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

#### - Tablas experimentales

Diversos investigadores han diseñado tablas empíricas en función del resultado de la escorrentía observada en diferentes parcelas experimentales. La de Molchanov está diseñada utilizando parcelas forestales; sus resultados, de forma resumida, son los siguientes:

Tipo de escorrentía	Pendiente del terreno (en grados)	Densidad y uso de la cubierta vegetal	Tipo de suelo	C%
I	1 - 35	D $\geq$ 0,6 Sin pastos	franco-arenoso	5
II	5 - 35	0,5>D>0,4 Con pastos ocasionales	franco-pedregoso	6-25
III	5 - 40	0,4 $\geq$ D>0,1 Con pastos permanentes	franco-pedregoso	25-50
IV	5 - 40	0,4 $\geq$ D>0,1 Con pastos intensivos	franco-pedregoso	50-75
*V	5 - 40	0,4 $\geq$ D>0,1 Con pastos intensivos	arcilloso	>75

Otra tabla similar es la diseñada por Prevert, ampliamente difundida en Europa y basada igual que la anterior en parcelas experimentales; su contenido es el siguiente:

Uso del suelo	Pendiente (%)	Textura del suelo (%)		
		Arcilloso-limoso Limoso-arenoso	Limoso Limoso-arcilloso	Arcilloso
Bosque	0 - 5	0,10	0,30	0,40
	5 - 10	0,25	0,35	0,50
	10 - 30	0,30	0,40	0,60
	> 30	0,32	0,42	0,63
Pasto	0,15	0,15	0,35	0,45
	5 - 10	0,30	0,40	0,55
	10 - 30	0,35	0,45	0,65
	> 30	0,37	0,47	0,68
Cultivo agrícola	0 - 5	0,30	0,50	0,60
	5 - 10	0,40	0,66	0,70
	10 - 30	0,50	0,70	0,80
	> 30	0,53	0,74	0,84

Aplicando una combinación de ambas tablas teniendo en cuenta la pendiente media de cada cuenca, el uso del suelo (básicamente pastos y roquedos) y la naturaleza de los terrenos, obtenemos una estimación del coeficiente de escorrentía que podemos aproximar de forma general al valor del 70%, y obteniendo por lo tanto una estimación de la aportación de cada cuenca de:

$$\begin{aligned}
 Q_{se} &= 4,59 \text{ Hm}^3/\text{año} \\
 Q_{ma} &= 1,41 \text{ Hm}^3/\text{año} \\
 Q_{st} &= 2,28 \text{ Hm}^3/\text{año} \\
 Q_{md} &= 0,67 \text{ Hm}^3/\text{año} \\
 Q_{ba} &= 7,85 \text{ Hm}^3/\text{año}
 \end{aligned}$$

#### - Fórmula de Heras

Su expresión es la siguiente:

$$A = S^\alpha \cdot P^\beta (\gamma I_c + \delta I_p) \cdot 10^{-3}$$

siendo:

$A$  = aportación en  $\text{Hm}^3$   $0,8 \leq \alpha \leq 1$   
 $S$  = superficie en  $\text{km}^2$   $1 \leq \beta \leq 1,3$   
 $I_p$  = índice de pendiente  $0,2 \leq \gamma \leq 0,4$   
 $I_c$  = índice de compacidad  $0,7 \leq \delta \leq 1$   
 $H_M$  = altura máxima de la cuenca en m  
 $H_m$  = altura mínima de la cuenca en m  
 $L$  = longitud del río en km  
 $P$  = precipitación en mm  
 $p$  = perímetro de la cuenca en km

$$\text{donde } I_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

$$\text{y } I_p \text{ se aproxima a } \frac{H_M - H_m}{1000 \cdot L_r}$$

Utilizando las tablas para la aplicación de la fórmula damos valores para cada cuenca de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  para obtener las siguientes estimaciones de la aportación:

$$Q_{se} = 5,83 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ma} = 1,90 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{st} = 2,57 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{md} = 1,17 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ba} = 9,42 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

### 3.5. Determinación de la aportación por relación de cuencas.

Finalmente podemos hacer también una estimación de la aportación de cada una de las cuencas conociendo la aportación de una cuenca próxima como es el caso del río Garona en Arties, o lo que es lo mismo, por la aportación específica de cada cuenca a la estación de aforos de la Garona en Arties.

Así pues, conociendo la aportación específica en Arties de 0,69 Hm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, obtenemos para cada cuenca un valor en función de su superficie. Este resultado se debe corregir en función de la diferente pluviometría de cada cuenca y suponiendo en este caso el mismo déficit de toda la cuenca alta de la Garona.

Entonces, haciendo esta corrección, en función tan sólo de la pluviometría media de cada cuenca (en definitiva, dependiente básicamente de la altura media de cada cuenca) obtenemos las siguientes estimaciones de las aportaciones por relación de cuencas:

$$Q_{se} = 4,72 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ma} = 1,51 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{st} = 2,40 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{md} = 0,68 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

$$Q_{ba} = 7,30 \text{ Hm}^3/\text{año}$$

### 3.6. Determinación final de la aportación.

Podemos realizar la determinación final de la aportación a partir de la obtención de la media de todas las estimaciones realizadas:

Estimación (Hm <sup>3</sup> )	Serrahèra	Madalena	Sant Estèue	Coma Meddia	Bargadèra
<b>Modelos paramétricos</b>					
Fórmula de Becerril	4,00	1,18	1,92	0,55	6,84
Fórmula de Coutagne	4,98	1,60	2,53	0,72	7,70
Fórmula de Turc	4,66	1,49	2,37	0,67	7,21
<b>Modelos por tablas</b>					
Fórmula de Nadal	4,66	1,48	2,31	0,68	7,40
Fórmula de Keler	3,91	1,26	2,02	0,61	6,69
Taules experimentals	4,59	1,41	2,28	0,67	7,85
Fórmula de Heras	5,83	1,90	2,57	1,17	9,42
<b>Relación de cuencas</b>	4,72	1,51	2,40	0,68	7,30
<b>Media</b>	<b>4,67</b>	<b>1,48</b>	<b>2,30</b>	<b>0,72</b>	<b>7,55</b>
<b>Desv. típica:</b>	<b>0,59</b>	<b>0,22</b>	<b>0,23</b>	<b>0,19</b>	<b>0,85</b>

### 3.7. Datos de un estudio hidrológico de la cuenca de la Garona realizado recientemente por el ACA.

Del estudio hidrológico de la cuenca de la Garona realizado recientemente por el ACA incluido en los trabajos de INTERREG IIIa de la Garona. Del resumen de las aportaciones anuales (Hm<sup>3</sup>/año) por cuencas se obtienen los datos siguientes:

Hont Hereda	Malo (Baciver)	Serrahèra
6,1	6,8	5,1

Nuestra estimación media del barranco de Serrahèra es de 4,67 Hm<sup>3</sup>/año, mientras que la del estudio INTERREG Illa del Garona es de 5,1 Hm<sup>3</sup>/año, cifras por tanto perfectamente congruentes, y en todo caso más conservadora la nuestra. Hont Hereda es una cuenca adyacente al oeste de la de Serrahèra, de superficie un poco mayor que ésta y de mayor altitud, y el rio Malo en Baciver es una cuenca de superficie similar a la Serrahèra pero de mayor altitud y por tanto también precipitación, por lo que los datos son congruentes con los obtenidos en nuestra estima.

Por lo tanto, en todos los casos, el estudio hidrológico recientemente realizado por el ACA estima unas aportaciones algo superiores a las de nuestro estudio, quedando por lo tanto validado éste si nos situamos por el lado de la máxima seguridad y prudencia como corresponde para un análisis de viabilidad futura.

#### 4. Necesidades futuras de agua.

De acuerdo con el estudio de las necesidades de agua para innivación de la futura estación de esquí de la Tuca, realizado por el ingeniero Pep Mirabet, reproducimos su cálculo y justificación:

“ Necesidades estimadas de agua para innivación en una primera fase y las totales futuras, en función de las superficies de pistas a innivar:

NIEVE ARTIFICIAL FASE 1				
Número de pista	Superficie	Longitud	Número de cañones	Volumen de agua (m <sup>3</sup> ) por temporada
Infantil	1,14	300	6	5.700
8	7,16	2.863	41	35.788
9	1,65	550	8	8.250
10	2,69	1.790	26	13.425
14	6,72	3.360	48	33.600
20	0,45	180	3	2.250
23	4,60	1.315	19	23.013
<b>Total nieve artificial</b>	<b>24,41</b>	<b>10.358</b>	<b>150</b>	<b>122.025</b>

Tabla núm.A.. Necesidades de agua para la fabricación de nieve artificial.  
Font: Propuesta Plan Especial.

Se prevé que para un año medio hará falta 0,5m<sup>3</sup> de volumen de agua por cada m<sup>2</sup> de superficie de pista a innivar, que equivale a un volumen total de agua de 122.025 m<sup>3</sup> por temporada, considerándola de noviembre a marzo.

Por otra parte, también se considera una posible futura ampliación de pistas a innivar para poder prever un futuro volumen total de almacenamiento de agua. Las posibles pistas futuras a innivar y su volumen de agua necesario es el que se muestra en la siguiente tabla:

INCREMENTO NIEVE ARTIFICIAL						
Número de pista	Color	Longitud (m)	Ancho (m)	Superficie (Ha)	Número de cañones	Volumen de agua (m <sup>3</sup> )
1	Azul	805	25	2,01	12	10.063
2	Verde	690	15	1,04	10	5.175
4	Roja	1237	30	3,71	18	18.555
5	Azul	1160	35	4,06	17	20.300
6	Roja	2500	30	7,50	36	37.500
7	Azul	1820	25	4,55	26	22.750
13	Negra	650	25	1,63	9	8.125

16	Azul	181	25	0,45	3	2.263
18	Negra	630	35	2,21	9	11.025
19	Roja	910	30	2,73	13	13.650
21	Roja	1440	25	3,60	21	18.000
25	Azul	344	30	1,03	5	5.160
29	Roja	411	25	1,03	6	5.138
33	Negra	787	30	2,36	11	11.805
SP	Snowparc	365	50	1,82	5	9.100
<b>Total neu artificial</b>		<b>13.930</b>		<b>39,72</b>	<b>199</b>	<b>198.608</b>

Tabla núm. Abis. Necesidades futuras de agua para la fabricación de nieve artificial.  
Font: Propuesta Plan Especial.

Así pues, las necesidades de agua totales actuales y futuras serán de aproximadamente 320.633 m<sup>3</sup>.”

Así mismo, de acuerdo con el informe “*Valoració prèvia de les possibilitats hídriques i treballs a executar, per a l’abastament d’aigua a l’Estació d’Esquí de La Tuca*”, realizado por el hidrogeólogo Alex Alom, la demanda de agua sanitaria y de boca es la que se reproduce en la siguiente tabla:

CUADRO RESUMEN DEMANDA						
		Visitantes máximos	Coefficiente de ocupación	Nº de días	Dotaciones	Volumen m <sup>3</sup>
VISITANTES	Cafetería	2.500	1,00	15	10	375,00
		2.500	0,80	30	10	600,00
		2.500	0,60	70	10	1.050,00
		2.500	0,30	30	10	225,00
	Total cafetería					2.250,00
	Restaurante	300	1,00	15	65	292,50
		300	0,80	30	65	468,00
		300	0,60	70	65	819,00
		300	0,30	30	65	175,50
	Total restaurante					1.755,00
	Guardería	40	1,00	15	8	4,80
		40	0,80	30	8	7,68
		40	0,60	70	8	13,44
		40	0,30	30	8	2,88
	Total guardería					28,80
	Servicios	4.452	1,00	15	16	1.684,48
4.452		0,80	30	16	1.709,57	
4.452		0,60	70	16	2.991,74	
4.452		0,30	30	16	641,09	
Total aseos					6.410,88	
PERSONAL TEMPORADA	Cafetería	85	1,00	140	10	119,00
	Restaurante	85	0,15	140	65	116,03
	Servicios	85	1,00	140	16	190,40
	Total personal temporada					425,43
PERSONAL FUERA TEMPORADA	Servicios	10	1	160	16	25,60
	Total personal fuera temporada					25,60
<b>TOTAL</b>						<b>10.895,71</b>

Así pues, el volumen de agua total previsto para la primera, segunda fase y equipamientos es de 331.633 m<sup>3</sup>.

Para la fabricación de la nieve artificial es necesario poder almacenar el agua de deshielo de la primavera. Por ello se prevé en el mismo plan especial la construcción de una balsa de agua para innivación en la primera fase cercana a la llegada de los telesillas B y F, y cerca del Tuc de Meddia, en la cota 2.215 m (ver plano núm. 7 de captaciones). Para la segunda fase se prevé la construcción de dos balsas más, la primera cercana a la balsa de la fase 1, cerca del Tuc de Meddia, en la cota 2.200 m y la segunda en la cota 1.950 m cerca de la Tuca Malh Blanc (ver plano núm. 7 de captaciones).

En definitiva, las necesidades máximas previsibles de agua son de 0,332 Hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 0,253 Hm<sup>3</sup>/año el plan especial propone que sean captaciones superficiales y 0,079 Hm<sup>3</sup>/año se propone que sean captaciones subterráneas mediante pozos. En este estudio nos centramos en los 0,253 Hm<sup>3</sup>/año de captaciones superficiales.

La estimación de las aportaciones totales de la cuenca son del orden de 16,72 Hm<sup>3</sup>/año sumando las aportaciones de las cuencas del Serrahèra, Santa Madalena, Sant Esteue, Coma de Meddia y Bargadèra (ver plano núm. 6 de aportaciones anuales). Por consiguiente, el volumen de aguas necesario para innivación y agua sanitaria se estima en el orden del 1,51% de las aportaciones del conjunto de cuencas del dominio esquiable del plan especial de las pistas de esquí de la Tuca, cifra muy razonable.

Sin embargo, para ser más precisos, deberíamos hacer el cálculo para las cuencas de las cuáles se captarán las aguas para innivación. Considerando la localización prevista para las balsas, ubicadas dos de ellas aguas a la cuenca de la Coma de Meddia y una tercera en la cuenca de Sant Estèue.

Para las dos balsas ubicadas a la Coma de Meddia, sería planteable derivar las aguas de esa cuenca. No obstante, la localización de las balsas en el punto más alto de la misma y su escasa aportación no aconseja captar las aguas de esa cuenca. También por razones de localización geográfica, no resulta operativa una captación en el barranco de Serrahèra, que por aportación total sería muy factible, por la distancia a la balsa. Así, se contemplan dos posibles alternativas de localización (ver plano núm. 7) de las captaciones (que pueden ser también ambas), en los barrancos de Sant Estèue (2,30 Hm<sup>3</sup>/año de aportación estimada) y de Bargadèra (7,55 Hm<sup>3</sup>/año). Así mismo, para la balsa ubicada en la cuenca de Sant Estèue por razones de localización geográfica la alternativa más factible de la captación sería el propio barranco de Sant Estèue (2,30 Hm<sup>3</sup>/año de aportación estimada).

En ese caso, considerando una aportación total estimada de 9,85 Hm<sup>3</sup>/año, las necesidades totales de agua representarían el 2,57 % de dichas aportaciones, por tanto cifras muy prudentes, y totalmente compatibles des del punto de vista ambiental e hidrológico como comentaremos a continuación. No obstante cabe diferenciar el porcentaje a extraer de cada cuenca suponiendo una captación en el barranco de Bergadèra del 75% para la balsa de la primera fase y del 100% para la balsa de la segunda fase próxima al Tuc de Meddia y una extracción del barranco de Sant Estèue de un 25% para la balsa de la primera fase y del 100% para la balsa cercana a la Tuca Malh Blanc de la segunda fase, que respectivamente representarían el 2,38% y el 3,17% de detracción de la aportación de esas cuencas.

A continuación se muestra una tabla con las aportaciones previstas a estudiar:

CAPTACIONES DE AGUA FASE I					
Id	Tipo	Uso	Denominación	Volumen previsto (m <sup>3</sup> )	Situación -cota
A	Superficial	Alimentación lago 1	Captación superficial Barranco de la Bargadèra	100.000	1.815m
B	Superficial	Alimentación lago 1	Captación superficial Barranco Sant Esteue	33.000	1.925m
CAPTACIONES DE AGUA FASE FUTURO					
2	Superficial	Almacenamiento lago 2	Captación superficial Barranco de la Bargadèra	80.000	2.215
3	Superficial	Almacenamiento lago 3	Captación superficial Barranco Sant Esteue	40.000	1.940

De entrada, cabe resaltar que si las necesidades totales estimadas de agua son menores en todo caso del 5% de las aportaciones totales de las cuencas de captación. Por tanto, no hay ningún problema en respetar los caudales de mantenimiento exigibles, teniendo en cuenta que la captación se hará en primavera, cuando los caudales mensuales son máximos.

## 5. Caudales de mantenimiento exigibles.

De acuerdo con la estimación antes realizada de la aportación de cada cuenca, obtenemos el siguiente cuadro de cálculo de los porcentajes del volumen de captación en cada caso en relación a la aportación total:

Cuencas de captación	Serrahèra	Madalena	Sant Estèue	Coma Meddia	Bargadèra
Aportaciones estimadas (Hm3)	4,67	1,48	2,30	0,72	7,55
Porcentaje de detracción	5,68	17,91	11,53	36,81	3,51
Caudal medio interanual (l/s)	148	47	73	23	239
Caudal ecológico mínimo exigible	30	25	25	20	48

Así, de forma general, se podrán cumplir con holgura los caudales de mantenimiento exigidos en el Plan sectorial de los caudales de mantenimiento de las cuencas internas de Cataluña (DOGC núm. 4685), en su punto 2.2.d) donde se determina el procedimiento para fijar los caudales en puntos sitios aguas arriba de los puntos determinados en la tabla:

*"d) Si el punto fluvial se sitúa aguas arriba de los puntos mostrados en la tabla anterior, o en un tramo fluvial no contemplado en la misma, su régimen de caudales de mantenimiento se determinará en conformidad con el método QpV, descrito en la memoria técnica de este plan, que se aplicará sobre el caudal medio interanual para calcular el caudal básico (Qb). Para calcular el caudal medio interanual se utilizará la aportación específica del tramo fluvial justo aguas abajo, o el correspondiente a la zona, multiplicado por el área de cuenca drenada. El Qb no podrá ser inferior a 25 l/s (se asignará 25 l/s al Qb siempre que el 20 % del caudal mediano interanual sea inferior). Finalmente, el caudal básico (Qb) se modulará mensualmente a partir de la hidroregión a la cual pertenece el tramo en cuestión, en conformidad con el que establece el anejo V de este Plan Sectorial, para calcular el régimen de caudales de mantenimiento (Qm)".*

Asimismo el Plan Sectorial en la Determinación 5 establece:

*"en ríos; tramos fluviales que, en régimen natural, presenten un caudal mediano interanual inferior a 100 l/s, o con un caudal diario igual o superado durante 330 días del año (Q330) inferior a 15 l/s en los cuales exista un riesgo para el logro de los objetivos ambientales, el régimen de caudales de mantenimiento será próximo al régimen natural".*

Es por ello que se desestiman las captaciones en los barrancos de Coma de Meddia y Santa Madalena, por cuanto, aún siendo perfectamente posible respetar los caudales de mantenimiento exigibles, los porcentajes de detracción se consideran elevados. Y en consecuencia, y por razones geográficas, se considera óptima la captación en el barranco de Bargadèra y en el barranco de Sant Estèue,

Hacemos pues el análisis para las posibles captaciones en el barranco de Bargadèra y Sant Estèue.

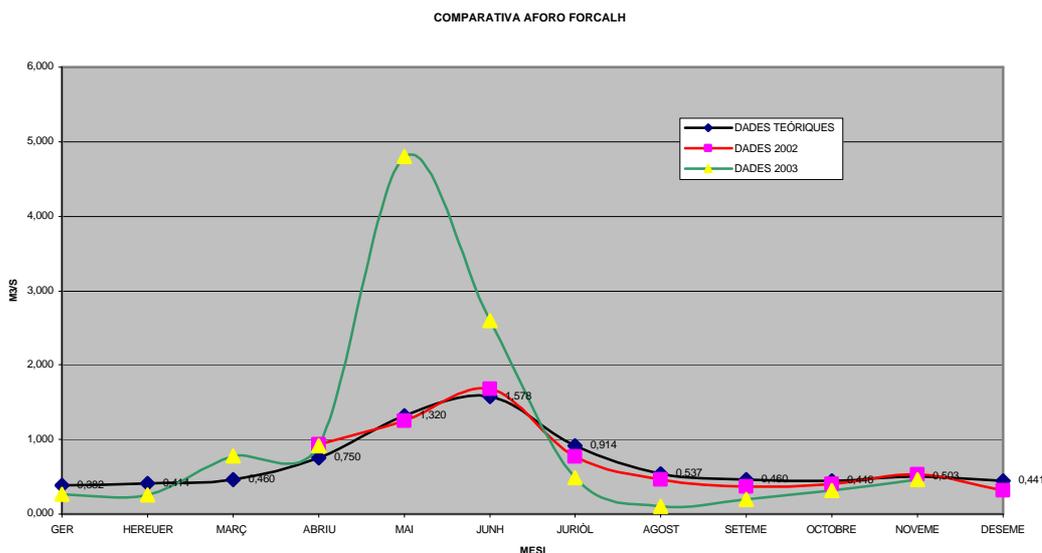
## 6. Estimación de caudales medios mensuales de la cuenca del barranc de Bargadèra y Sant Estèue

De acuerdo con el estudio del Área de Planificación del uso sostenible del agua de la Agència Catalana de l'Aigua de enero de 2007 titulado "El consum d'aigua per generació

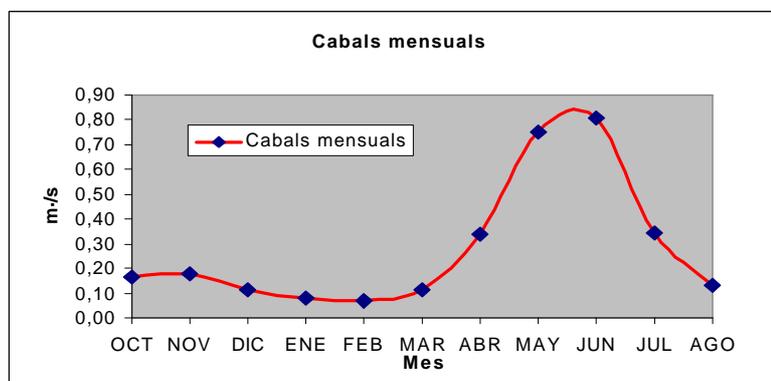
de neu artificial. Informe de situació”, (ver anejo 4), se recomienda realizar la captación de agua para innivación los meses de primavera, cuando en alta montaña los caudales son máximos y el porcentaje de detracción puntual de caudal es entonces muy bajo, respetando los caudales mensuales circulantes el resto del año, desde que se llena la balsa en junio como máximo, hasta el mes de abril cuando empieza el deshielo.

Para la estimación de los caudales medios mensuales de cada cuenca de captación tenemos dos fuentes de datos:

- a) aforos realizados en el río Forcalh por el Conselh Generau d'Aran en los años 2002 y 2003, con los resultados gráficos siguientes:



- b) aforos diarios realizados por FECSA en el río Malo (en la captación de la central) en la década 1980-1990, con los siguientes resultados gráficos:



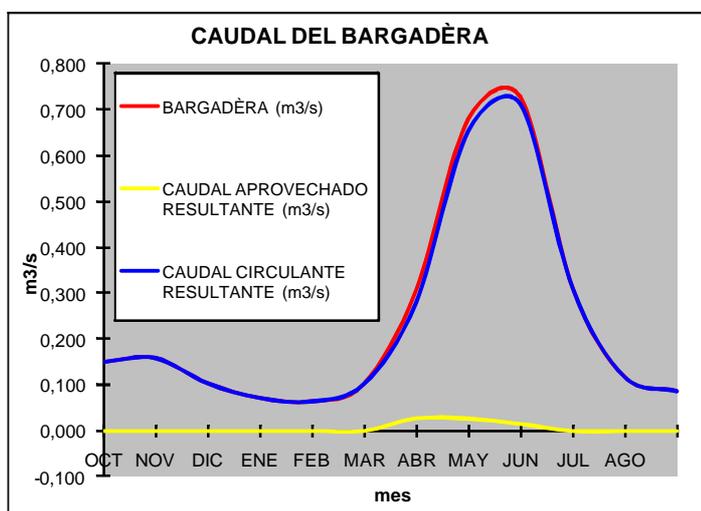
Considerando que esta distribución es para el río Malo mucho más aguas abajo que la captación en Bargadèra, cabe suponer que las puntas han de ser más acusadas en Bargadèra y Sant Estèue, es decir, más elevadas tanto las puntas de deshielo como los mínimos invernales.

De acuerdo con el análisis sobre caudales medios mensuales antes realizado, y para la cuenca del barranc de Bargadèra, aplicando la propuesta de captación de un volumen máximo estimado de agua de 0,180 Hm<sup>3</sup>/año, y para la cuenca del barranc de Sant Estèue, aplicando la propuesta de captación de un volumen máximo estimado de agua de 0,073 Hm<sup>3</sup>/año obtenemos los siguientes resultados, también expresados gráficamente en la página siguiente.

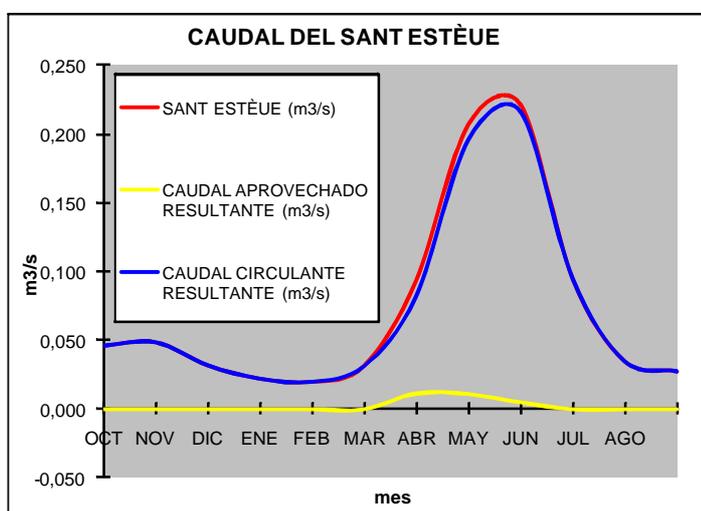
Podemos ver como la detracción de caudales en primavera provoca un impacto hidrológico mínimo, por cuanto prácticamente no se modifica la curva de caudales circulantes naturales, y los caudales circulantes resultantes son durante casi todo el año (de

junio a abril) los mismos naturales por cuanto no hay captación durante esta época, y de abril a junio, los caudales circulantes resultantes son muy superiores a los caudales de mantenimiento exigibles, que se respetan con mucha holgura durante estos meses.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
BARGADÈRA (m3/s)	0,149	0,158	0,103	0,071	0,063	0,101	0,306	0,680	0,728	0,311	0,117	0,086	-
BARGADÈRA (Hm3)	0,399	0,410	0,275	0,190	0,152	0,270	0,793	1,821	1,887	0,834	0,303	0,229	7,550
VOLUMEN TOTAL APROVECHADO (Hm3)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070	0,040	0,000	0,000	0,000	0,180
CAUDAL APROVECHADO RESULTANTE (m3/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,027	0,026	0,015	0,000	0,000	0,000	-
CAUDAL CIRCULANTE RESULTANTE (m3/s)	0,149	0,158	0,103	0,071	0,063	0,101	0,279	0,654	0,713	0,311	0,117	0,086	-



	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
SANT ESTÈUE (m3/s)	0,046	0,048	0,031	0,022	0,019	0,031	0,093	0,207	0,222	0,095	0,034	0,027	-
SANT ESTÈUE (Hm3)	0,122	0,125	0,084	0,058	0,046	0,082	0,241	0,555	0,575	0,254	0,092	0,070	2,300
VOLUMEN TOTAL APROVECHADO (Hm3)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,030	0,013	0,000	0,000	0,000	0,073
CAUDAL APROVECHADO RESULTANTE (m3/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,011	0,005	0,000	0,000	0,000	-
CAUDAL CIRCULANTE RESULTANTE (m3/s)	0,046	0,048	0,031	0,022	0,019	0,031	0,082	0,196	0,217	0,095	0,034	0,027	-



## 7. Conclusiones.

Se comprueba como las curvas hidrológicas de los caudales mensuales circulantes resultantes son muy similares a las naturales con la aplicación de la propuesta de un volumen de captación de 0,073 Hm<sup>3</sup>/año del barranco de Sant Estèue y un volumen de captación de 0,18 Hm<sup>3</sup>/año del barranco de Bargadèra, siendo por lo tanto su impacto hidrológico prácticamente insignificante para los dos barrancos y respetándose siempre con mucha holgura los caudales de mantenimiento exigibles. Con la propuesta de creación de una balsa en la primera fase y dos balsas más en la segunda fase para los volúmenes antes

descritos, se cumple la recomendación del ACA de respetar el régimen natural en otoño, invierno y verano cuando el estiaje es mayor y la garantía del caudal de mantenimiento es más comprometida, y se capta sólo caudal en primavera cuando los caudales de deshielo son mucho mayores y no se compromete en modo alguno la garantía del caudal ecológico.

Se recomienda y se propone la captación en el barranco de Bargadèra y en el barranco de Sant Estèue, donde el impacto hidrológico sería menor. Dicha captación requeriría la tramitación y obtención de una concesión de aguas para uso de producción de nieve artificial de 0,253 Hm<sup>3</sup>/año, equivalente a un caudal máximo mensual de 40 l/s durante los meses de abril, mayo y junio.

Barcelona, 24 de noviembre de 2010,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Claudio Racionero Cots', with the number '1544' written below it.

Claudio Racionero Cots  
Ingeniero de montes  
Colegiado núm. 1544

## **ANEJOS**

- 1. Datos de la estación de aforos del Garona en Arties.**
- 2. Climodiagrama de la estación meteorológica de la Bonaigua.**
- 3. Resumen de las aportaciones anuales por cuencas de la Garona.  
(ACA, INTERREG IIIa Garona)**
- 4. “El consum d’aigua per generació de neu artificial. Informe de situació.” (ACA, 2007)**

**1. Datos de la estación de aforos del Garona en Arties.**

Nº estación:	<b>143</b>	Denominación:	<b>Garona en Arties</b>
Provincia:			

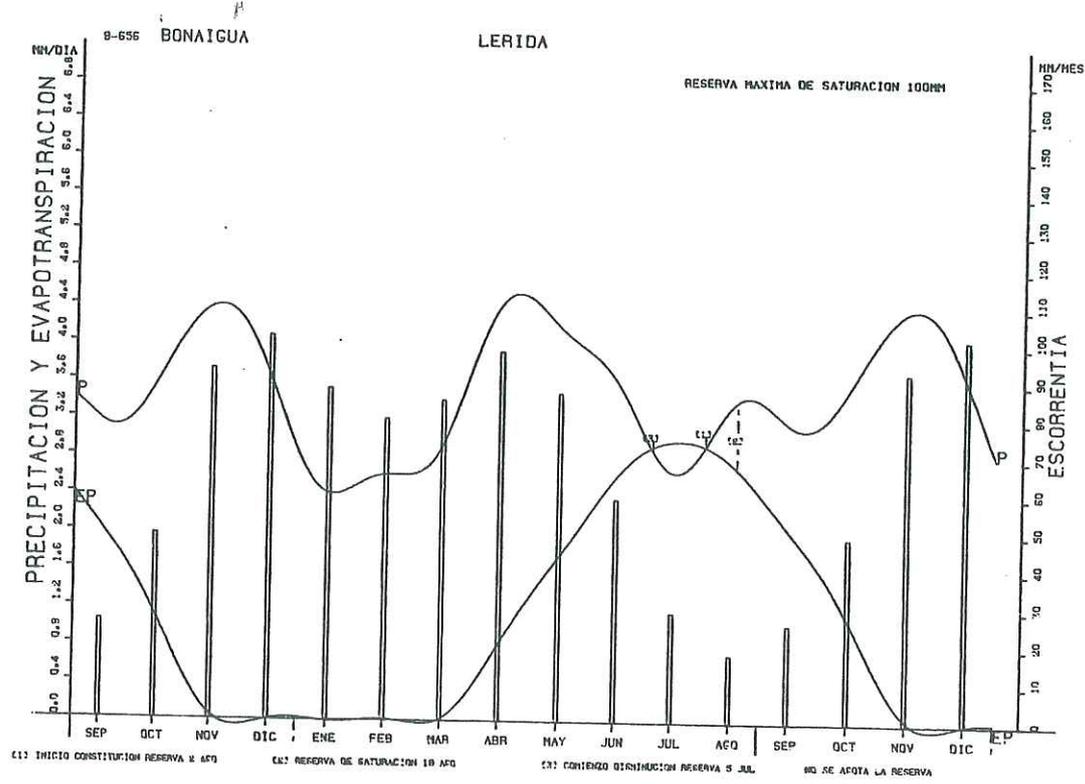
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES Y MEDIOS ANUALES EN m³/s**

AÑO	MENSUALES												ANUALES	
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	Qmed	Aport
	m³/s												m³/s	hm³/a
1950/51	2,0	5,4	2,6	4,1	3,7	5,8	8,9	12,9	20,2	10,1	6,6	3,8	7,2	226,1
1951/52	4,6	8,4	4,8	4,3	3,6	9,0	14,9	15,1	16,1	8,7	5,3	4,0	8,2	259,63
1952/53	6,2	6,3	7,5	4,6	5,0	5,7	8,6	4,4	11,3	8,0	5,0	4,2	6,4	201,98
1953/54	4,7	4,8	3,5	3,3	1,8	4,7	6,6	12,2	14,6	7,9	4,6	5,4	6,2	195,3
1954/55	3,9	4,2	6,0	6,3	4,9	5,0	8,3	12,2	9,2	4,7	4,1			
1955/56	3,5	2,9		4,2	3,8	3,6	5,9			7,4	6,3	4,8		
1956/57	3,4	2,8	2,8	2,4	2,5	4,4	6,9	7,2	14,3	3,3	3,3	2,7	4,7	147,08
1957/58	2,5	2,3	2,1	2,4	3,3	5,4	5,0	16,9	7,9	4,6	3,1	2,9	4,9	154,01
1958/59	1,8	2,9	2,4	2,6	3,7	4,9	7,5	14,0	14,7	6,3	3,6	3,8	5,7	179,31
1959/60	2,8	3,1	4,1	4,4	3,2	4,3	6,3	14,0	9,8	3,9	3,1	3,3	5,2	163,91
1960/61	7,4	5,0	3,5	3,6	4,3	5,6	8,3	11,5	10,0	5,7	2,2	2,2	5,8	181,73
1961/62	4,0	3,9	3,7	2,4	2,1	2,9	6,2	10,3	8,7	3,0	1,8	1,5	4,2	132,98
1962/63	1,2	1,9	1,9	2,4	1,8	2,7	5,5	10,6	12,8	5,5	5,3	4,6	4,7	148,28
1963/64	3,6	4,7	3,7	2,6	2,1	3,0	6,3	13,5	5,8	1,9	1,6	2,5	4,3	135,06
1964/65	3,8	4,4	3,4	2,9	3,3	4,3	7,8	16,4	16,9	8,2	4,4	5,7	6,8	214,34
1965/66	1,9	1,5	2,2	1,8	1,1	1,2	7,4	9,2	6,3	3,0	0,2	0,2	3,0	95,252
1966/67	0,8	1,9	0,5	0,8	0,6	1,8	1,1	4,8	5,3	2,3	0,9	0,3	1,8	55,525
1967/68	0,2	0,6	0,7	0,7	0,9	0,7	2,5	5,1	6,3	0,8	0,0	0,0	1,5	47,944
1968/69	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,9	6,7	2,7	1,7	0,5	0,5	1,3	42,097
1969/70	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,9	2,9	6,8	13,9	2,6	0,3	0,0	2,5	78,028
1970/71	0,4	0,5	0,7	0,7	1,0	0,9	6,8	10,7	6,4	2,3	5,2	0,8	3,0	95,485
1971/72	0,4	0,4	0,6	0,4	1,4	2,5	4,4	8,4	12,5	4,0	1,6	1,3	3,2	99,53
1972/73	0,8	0,5	0,7	0,6	0,7	1,1	1,9	5,5	2,2	1,3	1,2	0,5	1,4	44,869
PROMIG	2,6	3,0	2,6	2,5	2,4	3,6	6,2	10,4	10,4	4,7	3,1	2,5	4,4	138,0
1974/75														
1975/76														
1976/77	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,7	0,9	1,2	0,6	0,6	0,2	0,5	17,077
1977/78	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,7	0,6	1,3	3,2	1,3	0,4	0,2	0,7	23,547
1978/79	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	0,4	0,5	1,7	2,4	0,6	0,9	0,4	0,7	21,209
1979/80	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	1,5	0,4	0,4	0,3	0,5	14,523
1980/81	0,2	0,6	0,2	0,5	0,5	0,7	0,9	1,0	1,9	0,6	0,2	0,3	0,6	19,816
1981/82	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	1,4	1,2	0,3	0,5			
1982/83	0,3	0,8	0,7	0,5	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9	0,3	0,3	0,4	0,5	17,043
1983/84	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	1,2	0,5	0,4	0,3	0,4	13,157
1984/85	1,2	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,7	0,7	0,3	0,3	0,6	0,5	17,129
1985/86	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,6	1,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,4	13,344
1986/87	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,6	0,7	0,8	0,4	0,9	0,2	0,2	0,4	13,563
1987/88	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	1,5	0,7	0,4	0,2	0,2	0,4	13,037
1988/89	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	9,6433
1989/90	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,1	0,2	0,4	0,2	7,184
1990/91	0,5	0,4	0,4	0,4	0,1	0,3	0,5	0,6	1,1	0,3	0,1	0,1	0,4	12,77
PROMIG	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,9	1,2	0,5	0,3	0,3	0,5	15,2
Medias	1,7	1,9	1,7	1,7	1,6	2,3	3,9	6,6	6,6	3,0	2,0	1,6	2,8	88,899
1)	16,8	19,0	16,0	12,5	5,7	38,0	34,5	47,2	31,0	16,2	29,0	16,0	47,2	
2)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

1) Caudal medio diario máximo del mes (m³/s)

2) Caudal medio diario mínimo del mes (m³/s)

## 2. Climodiagrama de la estación meteorológica de la Bonaigua.



ESTACION 9-656 LATITUD 42-40N LONGITUD 04-40E ALTITUD 2263 METROS PERIODO 1941-1970

	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	A/O
TEMPERATURA.....	8.0	3.8	-0.4	-3.2	-3.8	-2.6	-0.2	1.8	5.0	8.1	10.6	10.2	3.0
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL..	62	34	0	0	0	0	0	24	55	78	94	85	432
PRECIPITACION.....	96	107	137	111	74	72	90	135	131	108	81	104	1246
DIFERENCIA P-EP.....	34	73	137	111	74	72	90	111	76	30	-13	19	814

FICHA HIDRICA PARA UNA RESERVA DE SATURACION DE 75 MILIMETROS

VARIACION DE LA RESERVA.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	13	
RESERVA.....	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	62	75	
EVAPORACION REAL.....	62	34	0	0	0	0	0	24	55	78	94	85	432
DEFICIT.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXCEDENTE.....	34	73	137	111	74	72	90	111	76	30	0	6	814
ESCORRENTIA.....	26	49	93	102	88	80	85	98	87	59	29	18	814

FICHA HIDRICA PARA UNA RESERVA DE SATURACION DE 100 MILIMETROS

VARIACION DE LA RESERVA.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	13	
RESERVA.....	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87	100	
EVAPORACION REAL.....	62	34	0	0	0	0	0	24	55	78	94	85	432
DEFICIT.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXCEDENTE.....	34	73	137	111	74	72	90	111	76	30	0	6	814
ESCORRENTIA.....	26	49	93	102	88	80	85	98	87	59	29	18	814

FICHA HIDRICA PARA UNA RESERVA DE SATURACION DE 150 MILIMETROS

VARIACION DE LA RESERVA.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-13	13	
RESERVA.....	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	137	150	
EVAPORACION REAL.....	62	34	0	0	0	0	0	24	55	78	94	85	432
DEFICIT.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXCEDENTE.....	34	73	137	111	74	72	90	111	76	30	0	6	814
ESCORRENTIA.....	26	49	93	102	88	80	85	98	87	59	29	18	814

EVAPORACION REAL ANUAL (TURC)..... 365 ESCORRENTIA ANUAL (P. ANUAL - EVAPORACION REAL (TURC))..... 881

EVAPORACION REAL ANUAL (COUTAGNE)..... 305 ESCORRENTIA ANUAL (P. ANUAL - EVAPORACION REAL (COUTAGNE))..... 941

FECHA EN QUE COMIENZA A CONSTITUIRSE LA RESERVA..... 2 DE AGOSTO

FECHA EN QUE SE ALCANZA LA RESERVA DE SATURACION DE.. 75 MM. = 19 DE AGOSTO  
 100 MM. = 19 DE AGOSTO  
 150 MM. = 19 DE AGOSTO

FECHA EN QUE COMIENZA A DISMINUIR LA RESEVA..... 5 DE JULIO

FECHA DE AGOTAMIENTO DE LA RESERVA DE SATURACION DE.. 75 MM. = NO SE AGOTA  
 100 MM. = NO SE AGOTA  
 150 MM. = NO SE AGOTA

**3. Resumen de las aportaciones anuales por cuencas de la Garona.  
(ACA, INTERREG IIIa Garona)**

## APORTACIONS GARONA

CONCA	NOM	Aportació Pròpia (hm3/any)	ÚS 1	DEMANDA 1	ÚS 2	DEMANDA 2
11	Rius	6,3	Central Artes			
12	Mar-Resistanca	9,6	Central Artes			
13	Algües hondes	1,4	Central Artes			
14	Ribereta+Sasloses	3,8	Central Artes			
15	Moncasau	1,0	Central Artes			
16	Mayor de Colomes	17,9	Central Artes			
17	Saboredo	7,0	Central Artes			
21	Aiguamog	21,6	Central Aiguamog			
22	Ruda+Malo	37,9	Central Aiguamog			
23	Baciber	6,8	inivació Baqueira	0,5 Hm3/any	Abastament (Naut Aran)	0,31 Hm3/any
24	Santa Margarida	1,6	Central Aiguamog		Central Aiguamog	
25	Unhola	33,3	Central Aiguamog			
31	Unhola bajo	6,6	Abast.		Central Viella	
32	Tredos	4,6	Central Viella		Riegos	0,07 Hm3/any
33	Tredos	1,1	Central Viella			
34	Gessa	9,2	Central Viella			
35 a	Barratge deth Ressac	9,4	Central Aiguamog			
35 b	Rio Rencules	7,1	Central Aiguamog			
35 c	Resto Valarties	14,0	Central Viella			
36	Escunhao	2,0	Ap. Sub. Central Aiguamog			
41	Hont Hereda	6,1	Central Sesplans			
42	Sarrahera	5,1	Central Sesplans			
51	Drenajes túnel	0,2	Central drenatjes			
52	Resto río Negro	29,5	Abastament Viella	0,72 Hm3/any	Riego	0,07 Hm3/any
61	Tramo Garona	32,7	Reg	0,11 Hm3/any	Central Benós	
62	Tramo Garona	1,0	Central Benós			
63	Salient	21,3	Central Bossost			
71	Horar der Unhola	6,2	Ap. Sub. Central Varradós			
72	Varradós Alto	27,4	Central Varradós			
81	Varradós Bajo	32,2	Central Bossost			
91	Forau Aigualluts	22,4	Ap. Sub. central Jueu			
92	Uelhs deth Jueu	17,2	Central Jueu			
93	Jueu Bajo	22,1	Central Benos			
100	Jueu muy bajo	3,6	Riego	0,01 Hm3/any		
101	Tramo Benos-Bossost	28,0	Abastament	0,12 Hm3/any	Central pont de Rei	
102	Barranco Margalida	8,5	Central Pont de Rei			
111	Torán	7,7	Central Toran			
112	Toma en Comatroja	10,4	Central Toran			
113	Serraconva	4,2	Central Toran			
114	Bordius	6,1	Central Toran			
121	Reste riu Torán	15,3	Central Pont de Rei			
122	Tramo Les	18,9	Piscifactoria	31,6 Hm3/any	Abastament Les	0,14 Hm3/any
131	Bausen	6,0	Central Bausen			
132	Carlac	3,1	Central Bausen			
200	Clot der Os	1,7	inivació Beret	0,5 Hm3/any		

**4. “El consum d’aigua per generació de neu artificial. Informe de situació.” (ACA, 2007)**



## **EL CONSUM D'AIGUA PER GENERACIÓ DE NEU ARTIFICIAL. INFORME DE SITUACIÓ**

### **1. Introducció**

La generació de neu artificial va començar a Catalunya l'any 1985, amb la instal·lació del primer canó de neu a l'estació de La Molina. Des d'aleshores, el nombre de canons no ha deixat d'incrementar-se: deu anys més tard ja eren 940, i el nombre actual és de 1.996. A data d'avui, nou de les deu estacions d'esquí alpí actives a Catalunya generen neu artificial, i el sector considera que aquesta pràctica és imprescindible per mantenir obertes les estacions.

L'objecte d'aquest informe és sintetitzar la informació disponible a l'Agència (AODPH, AIC, ATI), les opinions d'experts externs i realitzar una primera avaluació de les línies d'acció a seguir en un futur pla d'ordenació d'aquesta pràctica.

### **2. Volums emprats**

La quantificació dels volums emprats s'ha fet a partir de dues fonts d'informació: les concessions i la facturació tributària. Segons aquesta darrera font, més actualitzada, el consum conjunt de les nou estacions l'any 2005 s'estima en aproximadament **1.700.000 m<sup>3</sup>/any**. En anys de menys innivació natural, el consum pot ser superior.

Cal remarcar, però, les importants diferències entre les dades tributàries i les concessionals (*Fig. 1*), així com el fet de què, en general, les dades tributàries procedeixen d'estimacions, contrastades amb dades d'altres fonts, ja que aquests consums no acostumen a estar ben comptabilitzats. Això es deu, en part, a les dificultats de mesura intrínseques (condicions meteorològiques, dificultats d'accés als comptadors...), però sobretot a la manca de voluntat de col·laboració de moltes estacions.





# Agència Catalana de l'Aigua

Provença, 204-208  
08036 Barcelona  
Tel. 93 567 28 00  
Fax 93 567 27 80  
NIF Q

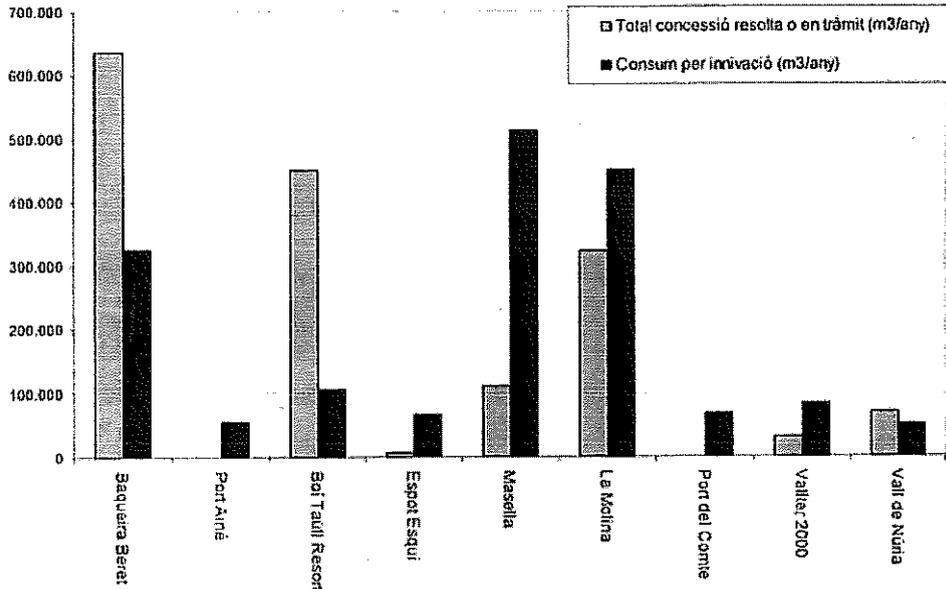


Figura 1. Cabals concedits o en tràmit i estimació dels consums

### 3. Impactes potencials

Els volums emprats per innivació suposen una xifra menyspreable en el conjunt d'usos d'una conca. No obstant, els impactes a nivell local sí poden arribar a ser significatius, ja que a aquesta escala les extraccions poden ser importants en relació als cabals circulants per les capçaleres o als consums per altres usos (Fig. 2).

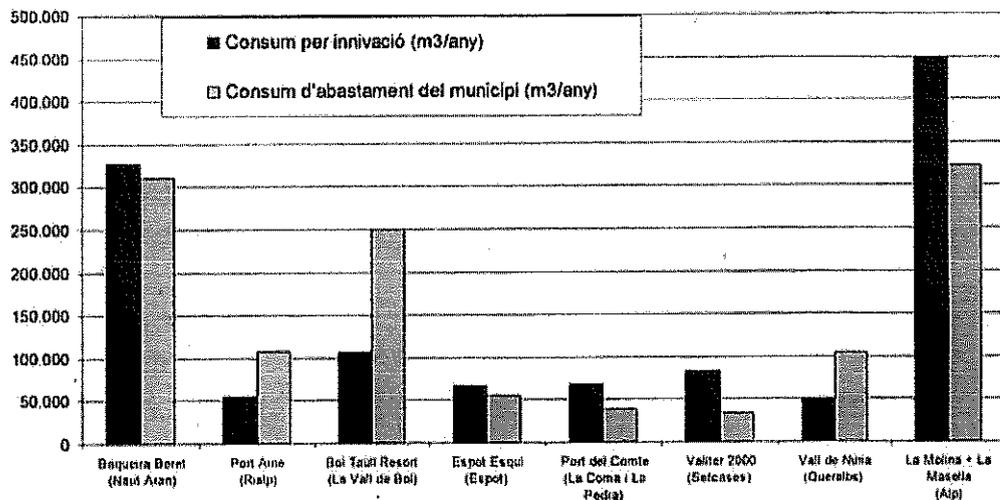


Figura 2. Comparatiu entre els cabals destinats a innivació i l'abastament del conjunt del municipi





En relació a aquests impactes locals, cal tenir en compte a més que moltes de les estacions estan situades en zones d'influència d'espais protegits.

El sector de les estacions d'esquí sol argumentar que la innivació artificial no produeix cap impacte, ja que no és contaminant ni consumptiva. La realitat, però, és que sí es poden identificar cinc impactes potencials, que seran més o menys severes segons les circumstàncies de cada estació. Són els següents:

- **Obres de captació.** Algunes estacions han realitzat les seves captacions alterant notablement el medi natural. És el cas, per exemple, del represament de l'estany de Baish Baciver (Baqueira-Beret) o de la construcció d'una bassa artificial al mig de la riera de Morens (Vallter 2000). Si la captació es fa d'una manera respectuosa, o mitjançant pous, aquest impacte es pot minimitzar.
- **Assecament del punt d'origen.** Encara que l'aigua emprada per la innivació torni més endavant a la conca, sovint ho fa en un punt diferent, a cota més baixa, quedant així un tram afectat, que pot arribar a quedar sec. Aquest efecte és més greu en el cas de captacions directes en petits estanys naturals, com en el cas del Baish Baciver que abans esmentàvem, o en cursos d'aigua de capçalera, amb molt poc cabal. En aquest segon cas, l'impacte es podria minimitzar si els assuts de captació permetessin el pas d'un cabal de manteniment.
- **Modificació del règim hidrològic.** Tampoc el moment de retorn de l'aigua coincideix amb el de l'extracció, factor que afecta al règim hidrològic. Els rius de muntanya solen presentar dos estiatges (hivern i final d'estiu) i un període de relativa abundància (primavera) com reflexa la Figura 3. L'afecció al règim d'un riu d'aquestes característiques dependrà del mètode de captació:
  - La captació es pot realitzar aprofitant els excedents de la primavera per omplir basses o llacs artificials dins l'estació, que es faran servir per generar neu a partir





del novembre o el desembre. Aquest és el cas, per exemple, d'una part dels cabals captats a La Molina o a Núria. En aquest cas l'impacte serà menor, ja que aquesta neu es fondrà de nou a la primavera, sense gairebé afectar el règim hidrològic.

- Si, en canvi, la captació es realitza fonamentalment durant els mesos d'hivern, coincidint amb l'estiatge dels torrents de muntanya, o assecant un estany natural, l'afecció al règim hidrològic serà superior: la neu generada al desembre retornarà a la conca a la primavera, quan la necessitat de cabals és menor, i un tram del medi natural pot quedar sec durant l'hivern (fig 3). Si l'extracció és subterrània, la situació serà similar, ja que els aqüífers de muntanya tenen poca regulació, i sovint l'extracció afectarà amb immediatesa a una font superficial propera.

La neu que es generi més endavant (febrer, març,...) ja no suposarà una modificació tant important, ja que es fondrà i retornarà a la conca en un lapse de temps inferior.

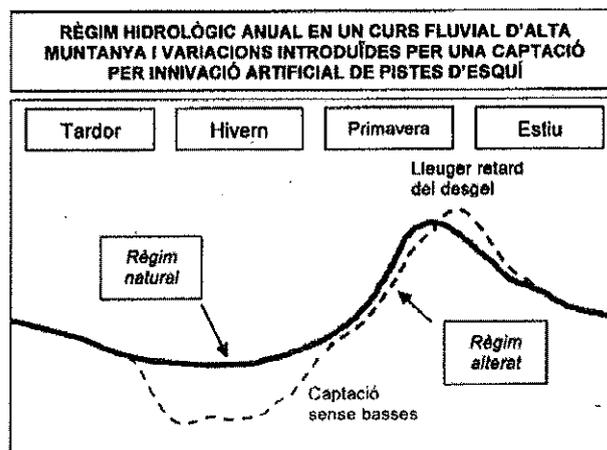


Figura 3. Esquema conceptual de l'afecció d'una captació a l'hivern en un riu de muntanya





- **Sublimació parcial de la neu.** En realitat, la innivació artificial sí que és parcialment consumptiva, degut al procés de sublimació de la neu<sup>1</sup>. Per tant, en generar neu, es produeix una pèrdua d'aigua que no s'hagués produït en cas contrari. Malgrat que és un fenomen no gaire estudiat a Catalunya, les referències bibliogràfiques internacionals indiquen valors d'entre el 10% i el 50%. Les primeres estimacions realitzades per l'ACA per a redactar aquest informe apunten a què una sublimació del 30 al 40% és probable al nostre clima. El cicle complet generació-desgel podria ser aproximadament el següent:

$1 \text{ m}^3 \text{ aigua} \rightarrow 2 \text{ m}^3 \text{ neu} \rightarrow 0,6 \text{ m}^3 \text{ aigua de desgel que torna al riu}$   
 $\rightarrow 0,4 \text{ m}^3 \text{ aigua sublimada (vapor)}$

- **Contaminació.** La contaminació derivada d'aquesta activitat podria provenir de l'ús de floculants que permeten generar neu artificial a temperatures més altes (com els de la marca Snowmax, derivats de la bactèria *Pseudomonas syringae*). Als Pirineus catalans, però, no es té constància d'aquesta pràctica. Tampoc no es coneix l'impacte que podria tenir.

No directament relacionats amb la innivació, però sí amb la resta d'activitats de les estacions, s'han detectat sovint impactes derivats dels abocaments de les depuradores.

#### 4. Impactes comprovats

A data d'avui, l'Agència no ha obert cap expedient sancionador a una estació d'esquí per causa de la captació per innivació (sí se n'han obert per altres raons, com ara per abocaments irregulars) Tampoc no s'han constatat impactes severos generalitzats degut a aquesta pràctica. Sí existeixen, no obstant, alguns casos on s'han detectat impactes significatius:

- **Vallter 2000.** A més de construir una bassa artificial al mig d'una llera, les seves captacions han suposat un impacte significatiu sobre els cabals del Ter i el Torrent de

<sup>1</sup> El procés de sublimació de la neu és aquell pel qual l'aigua en estat sòlid (neu) s'evapora directament, sense fondre's primer en aigua. Aquest procés, de caràcter superficial, es produeix tant per efecte de la vaporització ocasionada pel vent com en ser sotmesa la neu superficial a una radiació solar elevada. Per una determinada localització geogràfica (incloent vessant i altitud), depèn de factors climàtics com ara les hores d'insolació o el règim de vents.





## Agència Catalana de l'Aigua

Provença, 204-208  
08036 Barcelona  
Tel. 93 567 28 00  
Fax 93 567 27 80  
NIF Q 0801031 F

Morens, fins que finalment s'ha modificat l'assut per a permetre el pas d'un cert cabal de manteniment. Aquesta modificació s'ha produït després de sis anys de requeriments per part de l'ACA. El volum captat per aquesta estació és quasi bé el triple del concedit.

- **La Masella.** L'Ajuntament d'Alp afirma que els pous de La Masella afecten una de les seves fonts d'abastament (Font d'en Puig), si bé l'abastament pot mantenir-se amb les restants. Els volums captats per aquesta estació són cinc vegades superiors als concedits.
- **Baqueira-Beret.** D'acord amb la informació del CSIC, el represament de l'estany de Baish Baçiver, que en va incrementar la fondària en uns 3 metres, va ocasionar la desaparició completa de la seva vegetació, d'un cert interès ecològic, que no va poder adaptar-se a l'increment de turbolesa i matèria orgànica derivada de la inundació del perímetre i a les posteriors oscil·lacions de nivell. Anys després, la vegetació no s'ha recuperat en absolut, i sembla que a data d'avui l'estany està quasi completament sec a causa de les extraccions (aspecte aquest darrer pendent de confirmació per una inspecció). D'altra banda, alguns anys s'ha instal·lat una bomba en els llacs superior de Baciver, per a conduir aigua fins l'inferior. L'any 2001, per exemple, es va fer aquesta captació, perforant el llac superior amb una càrrega explosiva.

Cal recordar que, d'acord amb els treballs d'implantació de la DMA, les pressions per aprofitament, en general de caràcter hidroelèctric, són les principals en els estanys del Pirineu.

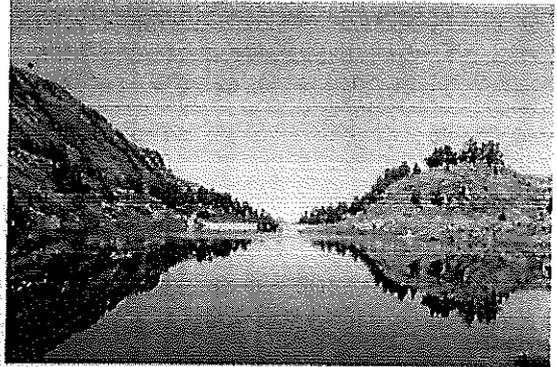


Generalitat de Catalunya  
Departament de Medi Ambient  
i Habitatge



## Agència Catalana de l'Aigua

Provença, 204-208  
08036 Barcelona  
Tel. 93 567 26 00  
Fax 93 567 27 80  
NIF Q 0801031 F



*Figura 4. Estany de Baciver, abans i després del represament. En la fotografia esquerra, abans del represament, es poden apreciar les poblacions d'Isoetes, que van desaparèixer després de la modificació.*

Per la resta d'estacions no es coneixen impactes importants, però en general tampoc no s'ha fet un seguiment exhaustiu dels mateixos. L'Àrea d'Inspecció i Control té prevista una campanya general d'inspeccions a les estacions, que podrà determinar aquests impactes. Pel que fa a l'afecció a abastaments propers no es pot descartar tampoc que en el futur apareguin noves problemàtiques, en especial per la competència entre la creixent captació per innivació i el fort creixement urbanístic d'alguns nuclis propers a les estacions (Vaqueira, La Molina,...) que comparteixen algunes captacions.

### 5. Cànon de l'Aigua

Actualment es tributa a les estacions d'esquí la Tarifa General del cànon de l'aigua, que és de 0,1196 €/m<sup>3</sup> a les Conques Internes i de 0,0598 €/m<sup>3</sup> a les Conques Catalanes de l'Ebre.

La Llei 12/2004, de 27 de desembre, de mesures financeres preveia l'aplicació futura d'un coeficient 1,2, condicionat al que establís el *Pla Director de les Estacions de Muntanya*:

*"En els consums d'aigua destinada a innivació artificial, el tipus s'afecta d'un coeficient 1,2, que pot ésser aplicable una vegada s'hagi aprovat el Pla director de la neu a Catalunya"*



Generalitat de Catalunya  
Departament de Medi Ambient  
i Habitatge



## Agència Catalana de l'Aigua

Provença, 204-208  
08036 Barcelona  
Tel. 93 667 28 00  
Fax 93 667 27 80  
NIF Q 0801031 F

Atès que aquest pla, recentment publicat, no fa cap esment sobre aquesta qüestió, l'aplicació d'aquest coeficient ha de fer-se realitat. L'increment de recaptació serà petit, ja que el conjunt d'estacions d'esquí paguen actualment al voltant de 100.000 € a l'any.

### 6. Tendències

La tendència en la generació de neu artificial serà clarament a l'alça, mantenint-se probablement ritmes d'increment similars o superiors als dels darrers anys. El *Pla Director d'Estacions de Muntanya* defineix la instal·lació de nous canons com una de les línies prioritàries d'actuació, preveient una línia de subvencions públiques destinada a aquest fi (*Inniva 2011*). Aquestes subvencions prendran també en consideració, no obstant, criteris de viabilitat ambiental ("disponibilitat d'aigua la zona").

El potencial de creixement és important, atès que actualment la innivació artificial només arriba a un 42% del domini esquiable. D'altra banda, també és probable que augmenti la freqüència d'ús dels canons, tenint en compte els efectes del canvi climàtic sobre el règim d'innivació natural. D'acord amb les estimacions del *Secrétariat d'État et du Tourisme*, un increment de la temperatura mitjana de 1,8°C podria reduir el nombre de dies de nevada en un 60% als Pirineus Catalans, i la cota de neu segura pujarà sensiblement. Tal i com assenyala el Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, aquesta situació podria suposar la desaparició pràctica de l'esquí a Catalunya.

### 7. Conclusions

- Les estacions d'esquí utilitzen actualment, en un any normal, uns 1,7 hm<sup>3</sup>/any d'aigua per a la generació de neu artificial. Aquesta quantitat és petita a nivell del conjunt d'una conca, però significativa a escala local.
- Els impactes locals més importants poden venir associats a les pròpies obres de captació, en especial si es fan en estanys naturals (com és el cas del represament del Baish Baciver). També poden ser importants els impactes derivats de les extraccions durant l'hivern (època d'estiatge en els rius de muntanya), que poden arribar a deixar



Generalitat de Catalunya  
Departament de Medi Ambient  
i Habitatge



## Agència Catalana de l'Aigua

Provença, 204-208  
08036 Barcelona  
Tel. 93 567 28 00  
Fax 93 567 27 80  
NIF Q 0801031 F

secs els petits cursos d'aigua d'on s'alimenten. Com a norma general, la captació en petits estanys naturals, i encara més la seva modificació per represament, no s'hauria d'acceptar. La regulació que necessitin les estacions l'han d'aconseguir mitjançant la construcció, en l'interior del seu recinte, de basses artificials. Només podria ser compatible l'extracció en grans estanys que ja tenen algun ús hidroelèctric.

- En canvi, la captació d'excedents durant la primavera per emmagatzemar-los en llacs artificials dins l'estació (La Molina, La Masella, Port del Compte...) i fer-los servir a l'hivern, aparentment no genera problemes.
- Fins ara, només s'ha denunciat un cas d'afecció a un abastament proper (de l'estació de La Masella a l'ajuntament d'Alp), que tampoc no ha arribat a ser greu. No es pot descartar, però, que en el futur es presentin altres casos, degut al previsible increment de la innivació artificial i al desenvolupament urbanístic dels nuclis propers a les pistes, que comparteixen algunes captacions (Vaqueira, la Molina,...).
- L'Agència ha de promoure un major control dels volums captats, exigint comptadors en totes les captacions correctament ubicats i de les característiques que l'ACA determini per garantir la fiabilitat de les dades, i que es garanteixin les condicions necessàries per a la realització de les inspeccions que l'administració cregui oportunes. Avui, la quasi totalitat de determinacions tributàries s'han de fer per estimació, per manca de dades fiables de comptadors. També seria positiu un requeriment administratiu d'actualització de les concessions en les estacions on els consums estimats superen clarament els concedits.
- Per a l'atorgament de concessions o ampliacions de les mateixes, caldria considerar la possibilitat d'utilitzar aigües subterrànies, demanant als interessats que aportin un estudi hidrogeològic detallat, tant per a demostrar la viabilitat del seu ús com per justificar la impossibilitat de fer-les servir. Només en aquest segon cas es pot considerar la utilització de barrancs de capçalera.
- Per a l'atorgament de concessions o ampliacions de les mateixes, caldria que els interessats aportessin un pla detallat de l'evolució temporal interanual dels cabals mitjos i màxims a captar, basses d'emmagatzematge de l'aigua, etc., demostrant que es minimitza al màxim l'alteració del regim hídric natural de la figura 3. També s'hauria





## Agència Catalana de l'Aigua

Provença, 204-208  
08036 Barcelona  
Tel. 93 567 28 00  
Fax 93 567 27 80  
NIF Q 0801031 F

d'exigir un pla d'autocontrol, que inclogués la vigilància de possibles afeccions al medi, amb la obligació de remetre periòdicament a l'ACA les dades del mateix.

- A curt i mig termini s'espera un increment important de l'ús d'aigua per generar neu, atès que per ara només es pot innivar el 42% del domini esquiable, i que la Generalitat subvencionarà la instal·lació de canons. A llarg termini, algunes previsions apunten a què el canvi climàtic pot fer disminuir els dies d'innivació natural en un 60%, cosa que podria fer inviabilitat algunes de les estacions del Pirineu català.

### 8. Propostes

1. En l'actual context de sequera, no s'han de permetre altres captacions per innivació que les previstes en les concessions atorgades
2. No s'han d'acceptar noves captacions en petits estanys naturals (com el Baciver), i encara menys la seva modificació per represament. La regulació que necessitin les estacions l'han d'aconseguir construint-se basses artificials fora de la llera, en l'interior dels seus recintes
3. Un cop s'ha aprovat el *Pla director d'estacions de muntanya*, ja es pot aplicar el coeficient de 1,2 a la tarifa general del cànon de l'aigua.

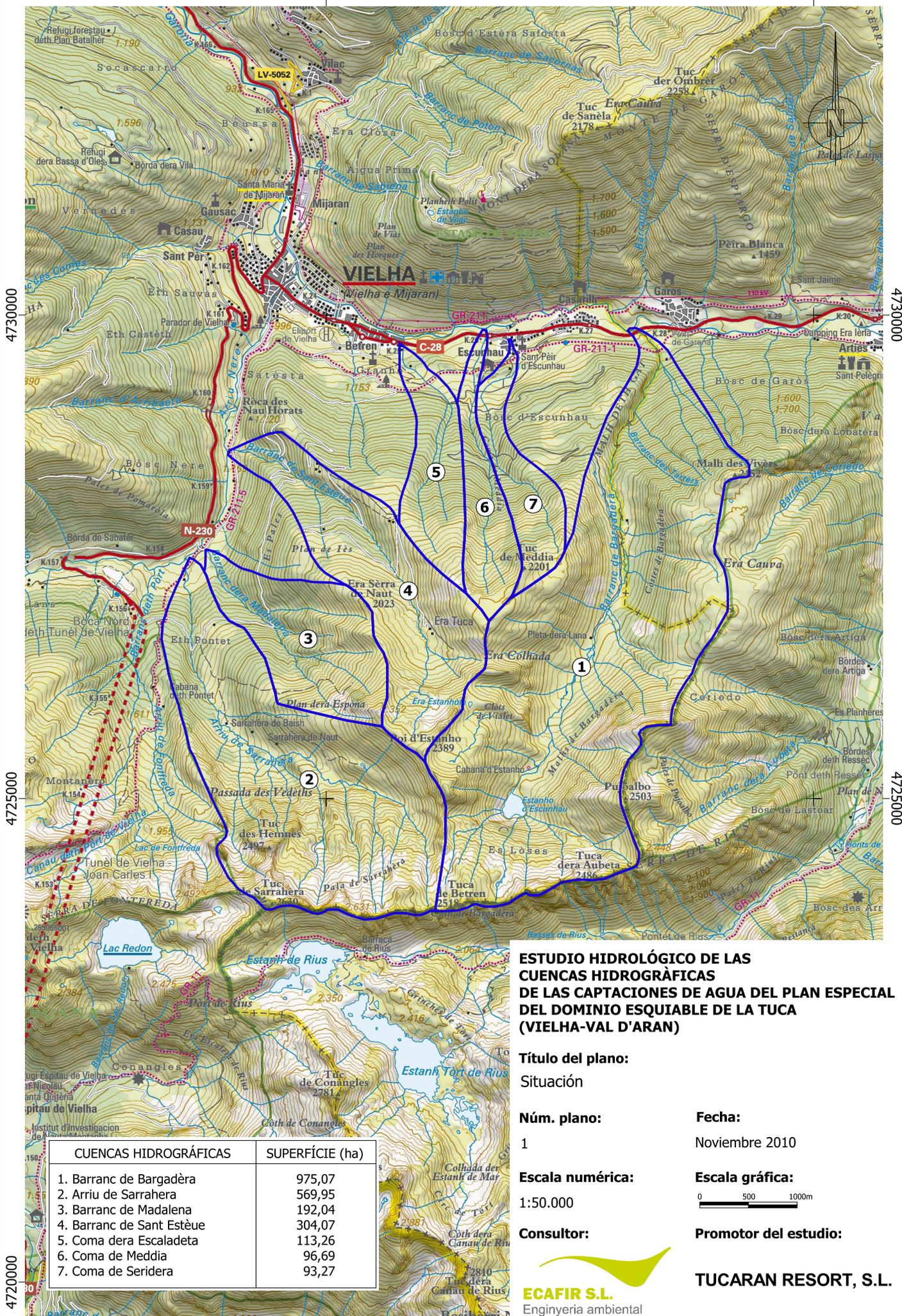
Barcelona, 11 de gener de 2007  
Àrea de Planificació de l'ús sostenible de l'aigua



Generalitat de Catalunya  
Departament de Medi Ambient  
i Habitatge

## **PLANOS**

- 1. Cuencas hidrográficas de las captaciones.**
- 2. Rango de altitud (relieve)**
- 3. Isohietas**
- 4. Isotermas**
- 5. Orientaciones.**
- 6. Aportaciones.**
- 7. Captaciones.**
- 8. Delimitación del DPH.**



## ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA (VIELHA-VAL D'ARAN)

Título del plano:

Situación

Núm. plano:

1

Escala numérica:

1:50.000

Consultor:

**ECAFIR S.L.**  
Enginyeria ambiental

Fecha:

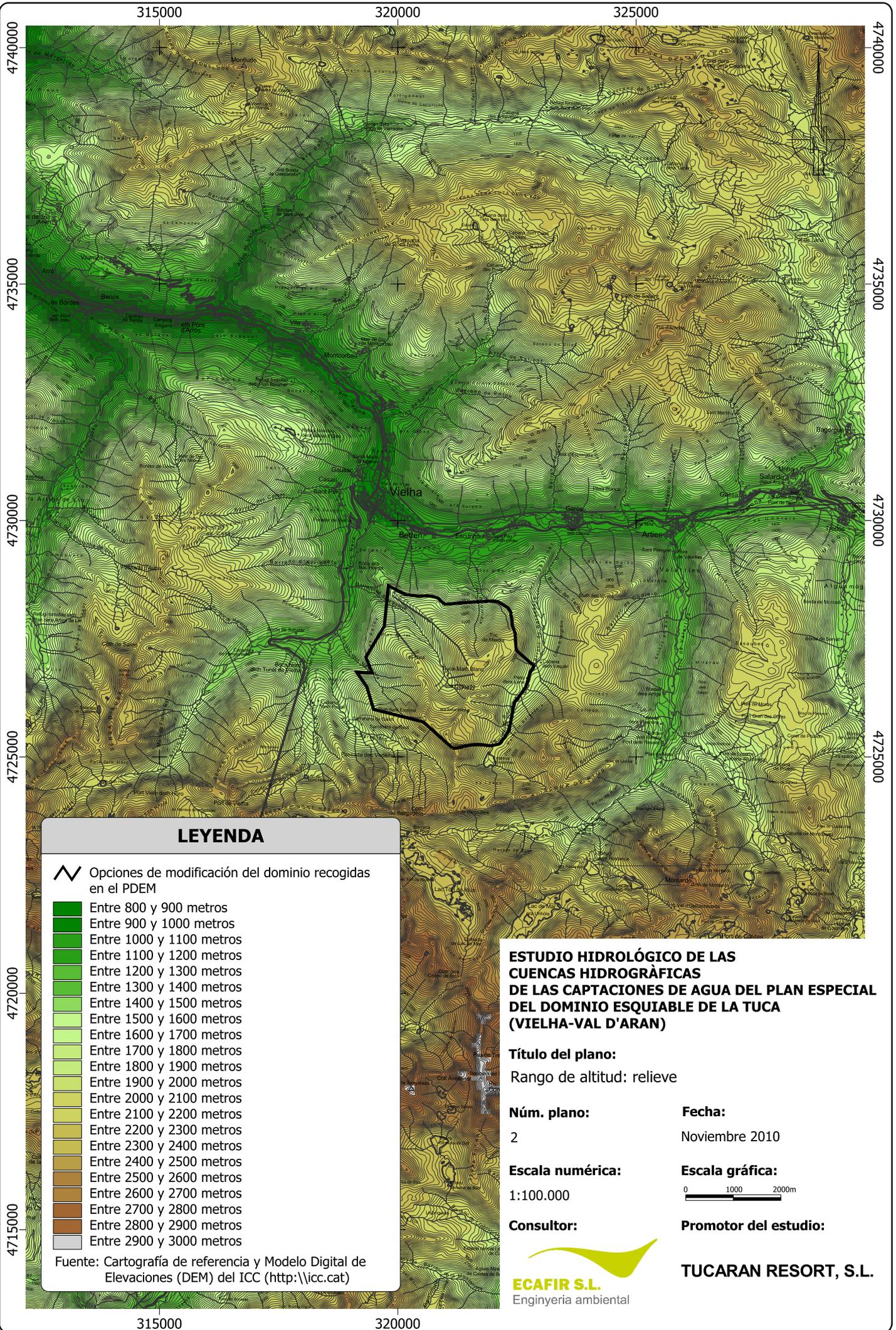
Noviembre 2010

Escala gráfica:

0 500 1000m

Promotor del estudio:

**TUCARAN RESORT, S.L.**



**LEYENDA**

Opciones de modificación del dominio recogidas en el PDEM

- Entre 800 y 900 metros
- Entre 900 y 1000 metros
- Entre 1000 y 1100 metros
- Entre 1100 y 1200 metros
- Entre 1200 y 1300 metros
- Entre 1300 y 1400 metros
- Entre 1400 y 1500 metros
- Entre 1500 y 1600 metros
- Entre 1600 y 1700 metros
- Entre 1700 y 1800 metros
- Entre 1800 y 1900 metros
- Entre 1900 y 2000 metros
- Entre 2000 y 2100 metros
- Entre 2100 y 2200 metros
- Entre 2200 y 2300 metros
- Entre 2300 y 2400 metros
- Entre 2400 y 2500 metros
- Entre 2500 y 2600 metros
- Entre 2600 y 2700 metros
- Entre 2700 y 2800 metros
- Entre 2800 y 2900 metros
- Entre 2900 y 3000 metros

Fuente: Cartografía de referencia y Modelo Digital de Elevaciones (DEM) del ICC (<http://\icc.cat>)

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA (VIELHA-VAL D'ARAN)**

**Título del plano:**

Rango de altitud: relieve

**Núm. plano:**

2

**Fecha:**

Noviembre 2010

**Escala numérica:**

1:100.000

**Escala gráfica:**

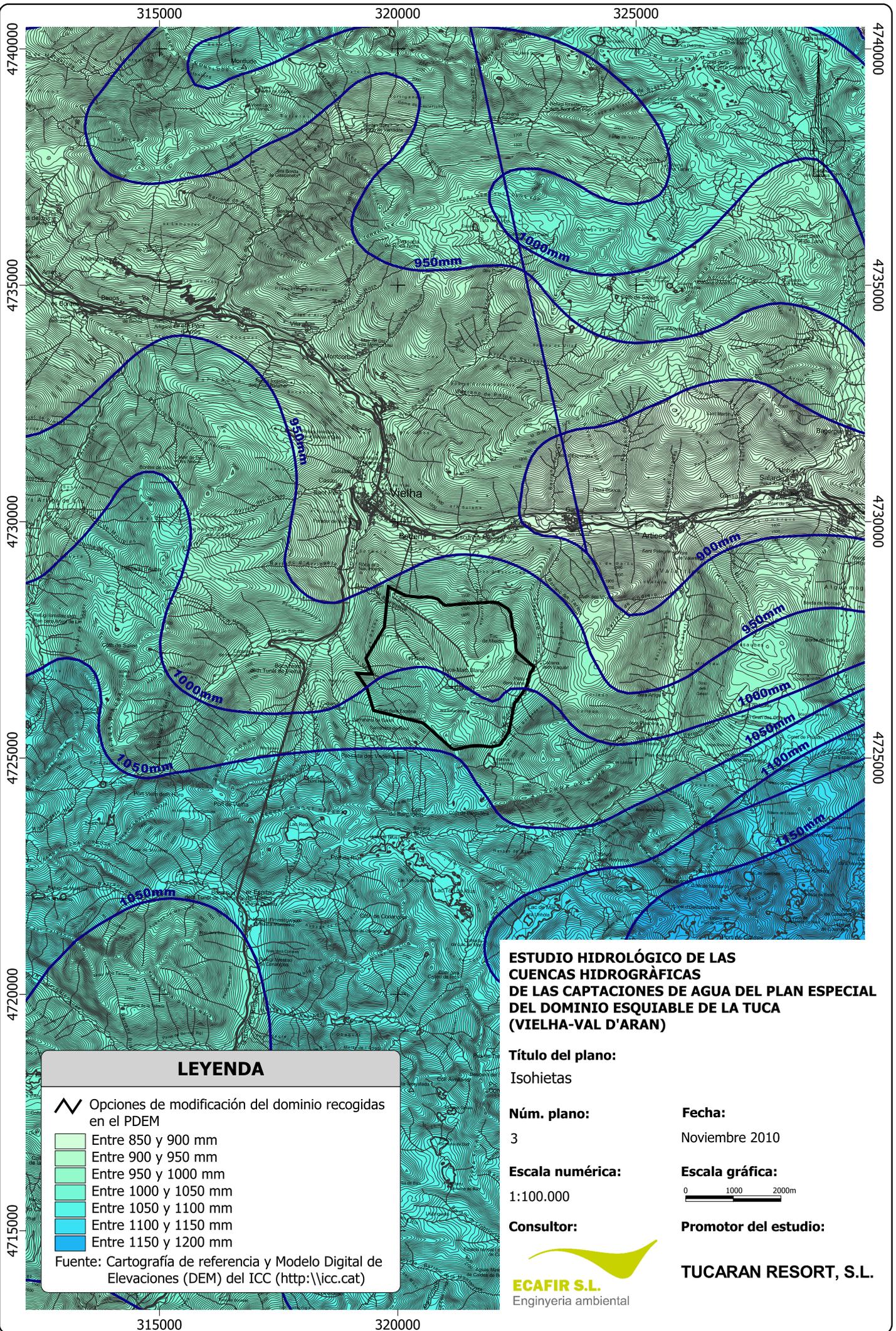


**Consultor:**



**Promotor del estudio:**

**TUCARAN RESORT, S.L.**



**LEYENDA**

-  Opciones de modificación del dominio recogidas en el PDEM
-  Entre 850 y 900 mm
-  Entre 900 y 950 mm
-  Entre 950 y 1000 mm
-  Entre 1000 y 1050 mm
-  Entre 1050 y 1100 mm
-  Entre 1100 y 1150 mm

Fuente: Cartografía de referencia y Modelo Digital de Elevaciones (DEM) del ICC (<http://icc.cat>)

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA (VIELHA-VAL D'ARAN)**

**Título del plano:**

Isohietas

**Núm. plano:**

3

**Fecha:**

Noviembre 2010

**Escala numérica:**

1:100.000

**Escala gráfica:**

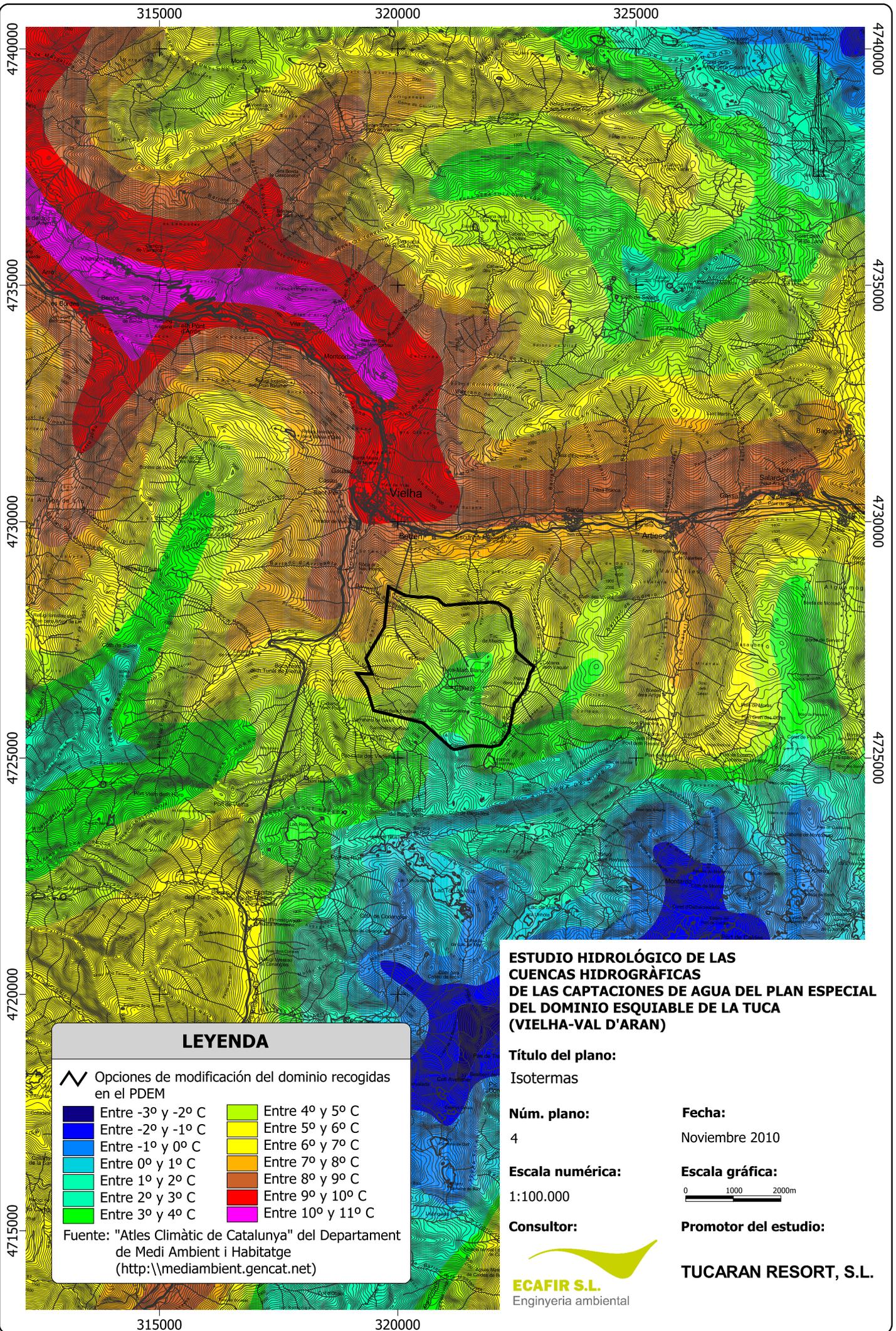


**Consultor:**



**Promotor del estudio:**

**TUCARAN RESORT, S.L.**



**LEYENDA**

-  Opciones de modificación del dominio recogidas en el PDEM
- |   |   |
|---|---|
|  Entre -3º y -2º C |  Entre 4º y 5º C   |
|  Entre -2º y -1º C |  Entre 5º y 6º C   |
|  Entre -1º y 0º C  |  Entre 6º y 7º C   |
|  Entre 0º y 1º C   |  Entre 7º y 8º C   |
|  Entre 1º y 2º C   |  Entre 8º y 9º C   |
|  Entre 2º y 3º C   |  Entre 9º y 10º C  |
|  Entre 3º y 4º C   |  Entre 10º y 11º C |

Fuente: "Atlas Climàtic de Catalunya" del Departament de Medi Ambient i Habitatge (<http://mediambient.gencat.net>)

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA (VIELHA-VAL D'ARAN)**

**Título del plano:**

Isotermas

**Núm. plano:**

4

**Fecha:**

Noviembre 2010

**Escala numérica:**

1:100.000

**Escala gráfica:**

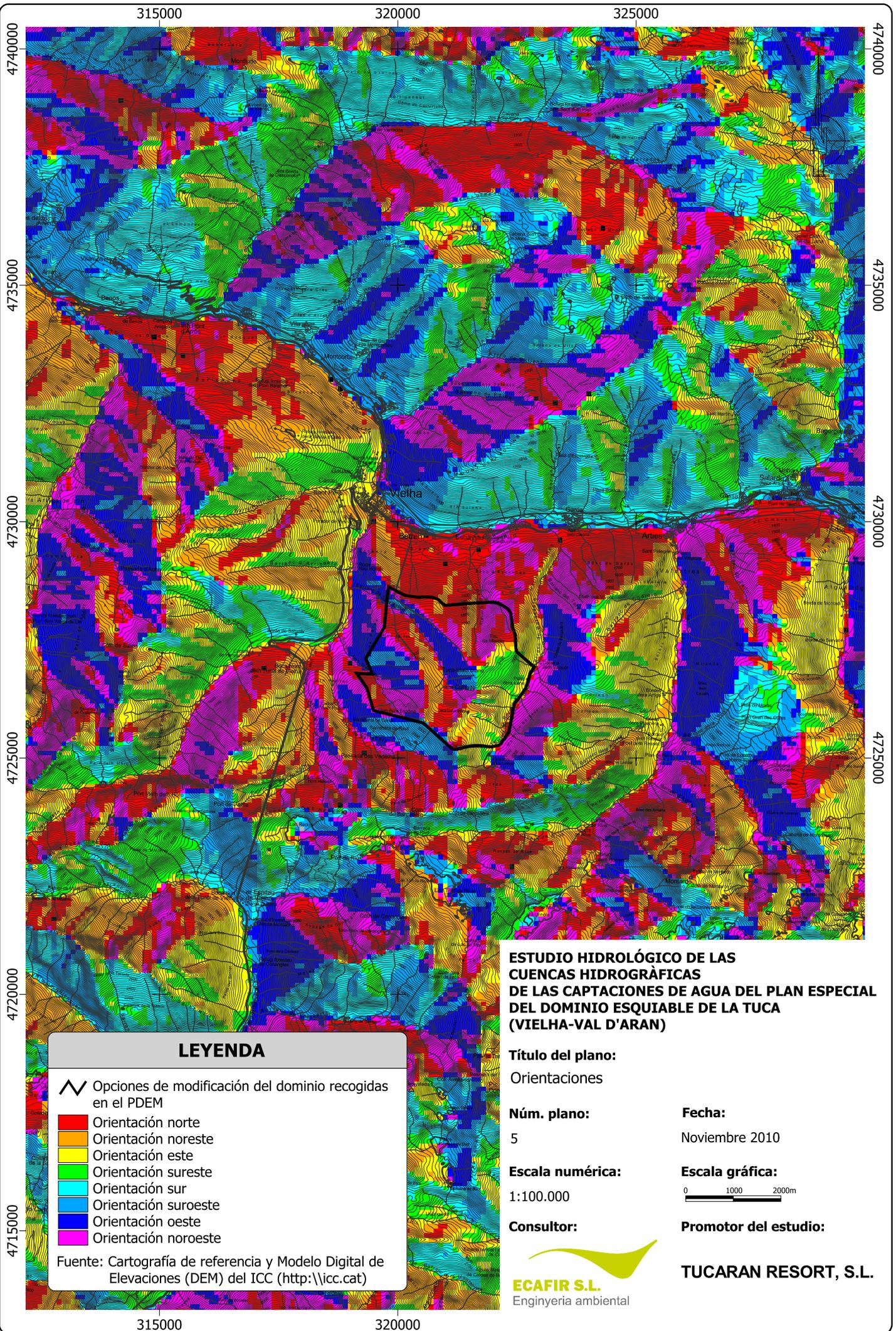


**Consultor:**



**Promotor del estudio:**

**TUCARAN RESORT, S.L.**



**LEYENDA**

-  Opciones de modificación del dominio recogidas en el PDEM
-  Orientación norte
-  Orientación noreste
-  Orientación este
-  Orientación sureste
-  Orientación sur
-  Orientación suroeste
-  Orientación oeste
-  Orientación noroeste

Fuente: Cartografía de referencia y Modelo Digital de Elevaciones (DEM) del ICC (<http://icc.cat>)

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA (VIELHA-VAL D'ARAN)**

**Título del plano:**

Orientaciones

**Núm. plano:**

5

**Fecha:**

Noviembre 2010

**Escala numérica:**

1:100.000

**Escala gráfica:**



**Consultor:**

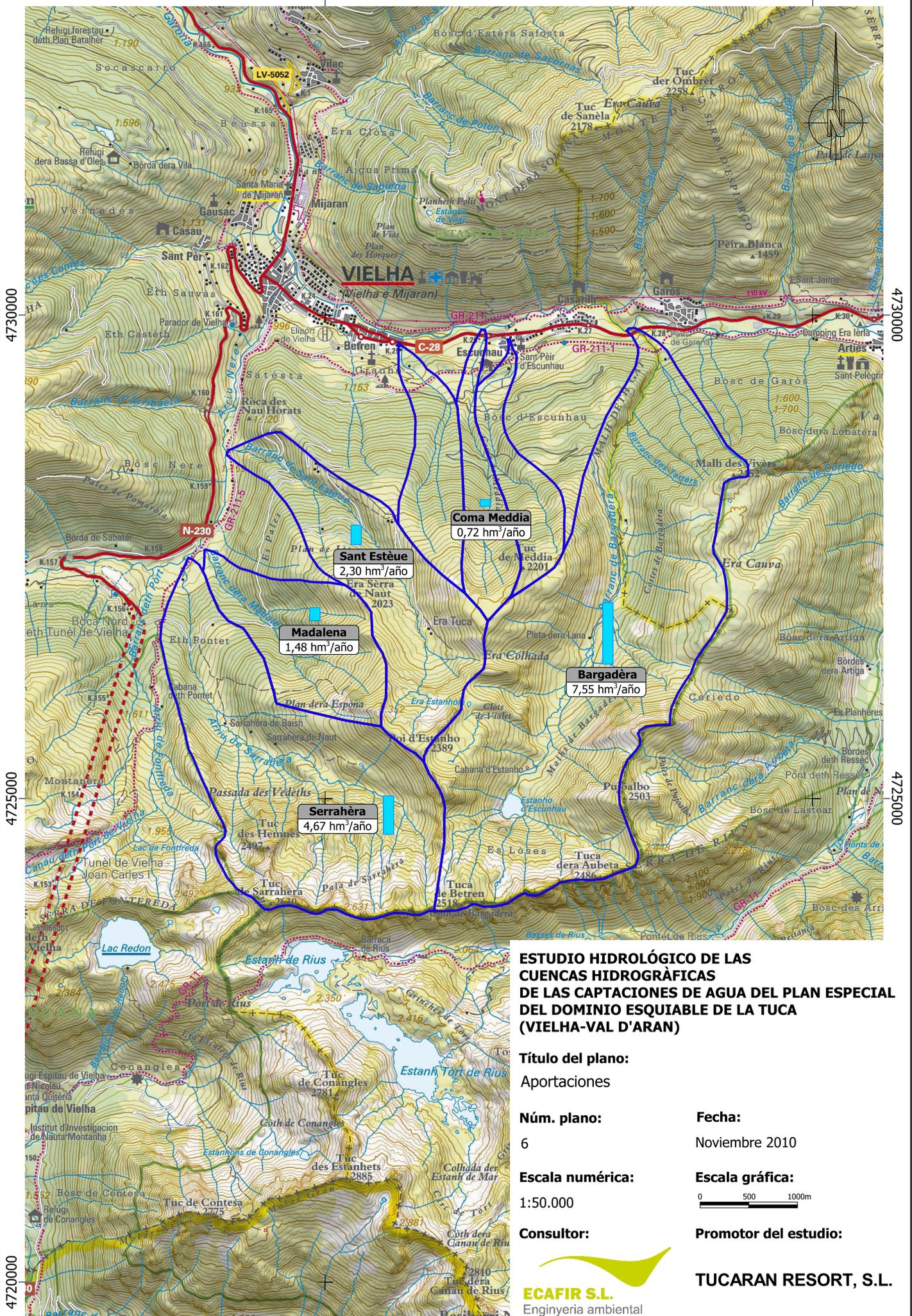


**Promotor del estudio:**

**TUCARAN RESORT, S.L.**

320000

325000



## ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA (VIELHA-VAL D'ARAN)

**Título del plano:**

Aportaciones

**Núm. plano:**

6

**Fecha:**

Noviembre 2010

**Escala numérica:**

1:50.000

**Escala gráfica:**



**Consultor:**



**Promotor del estudio:**

**TUCARAN RESORT, S.L.**

320000

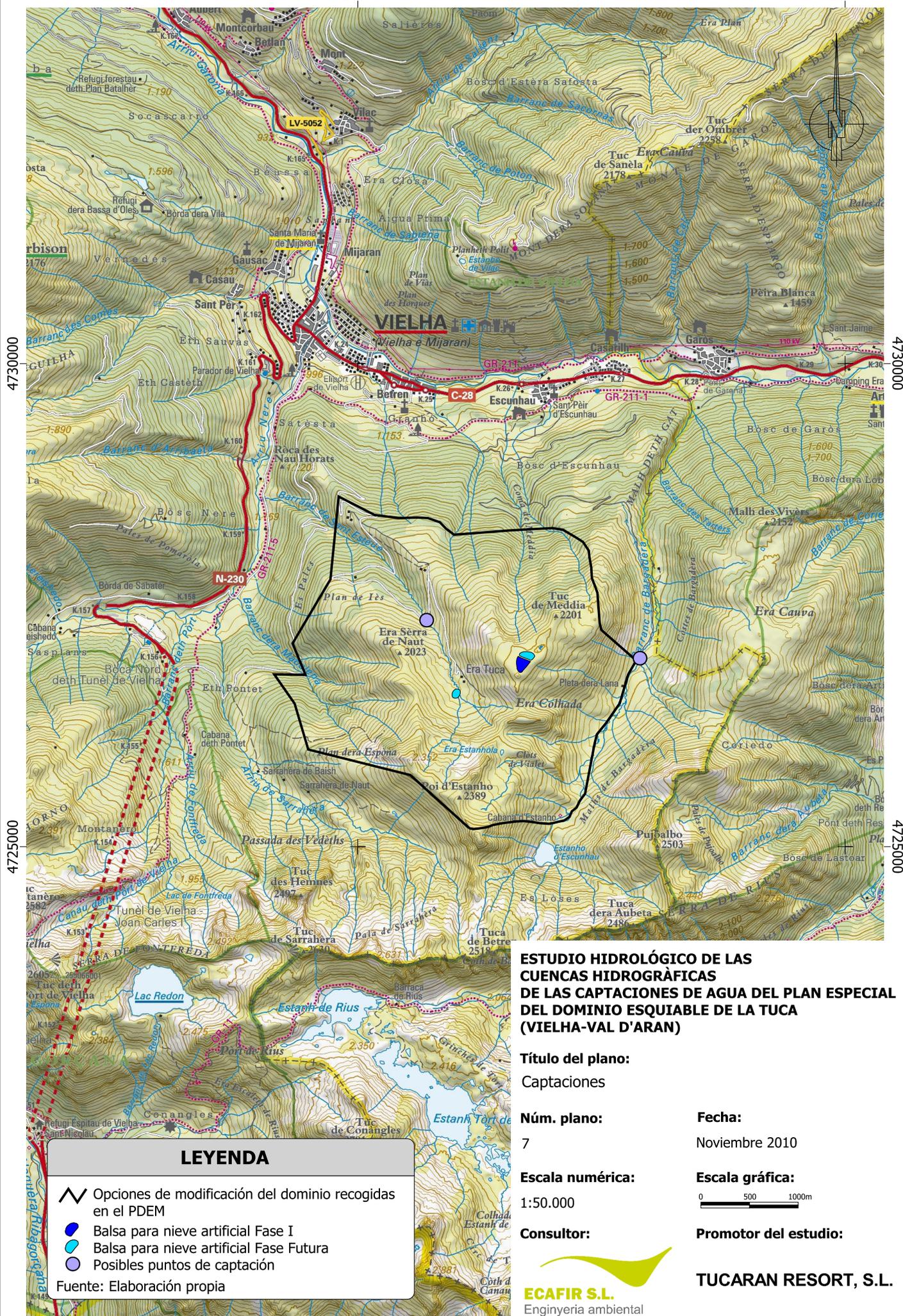
4730000

4730000

4725000

4725000

4720000



320000

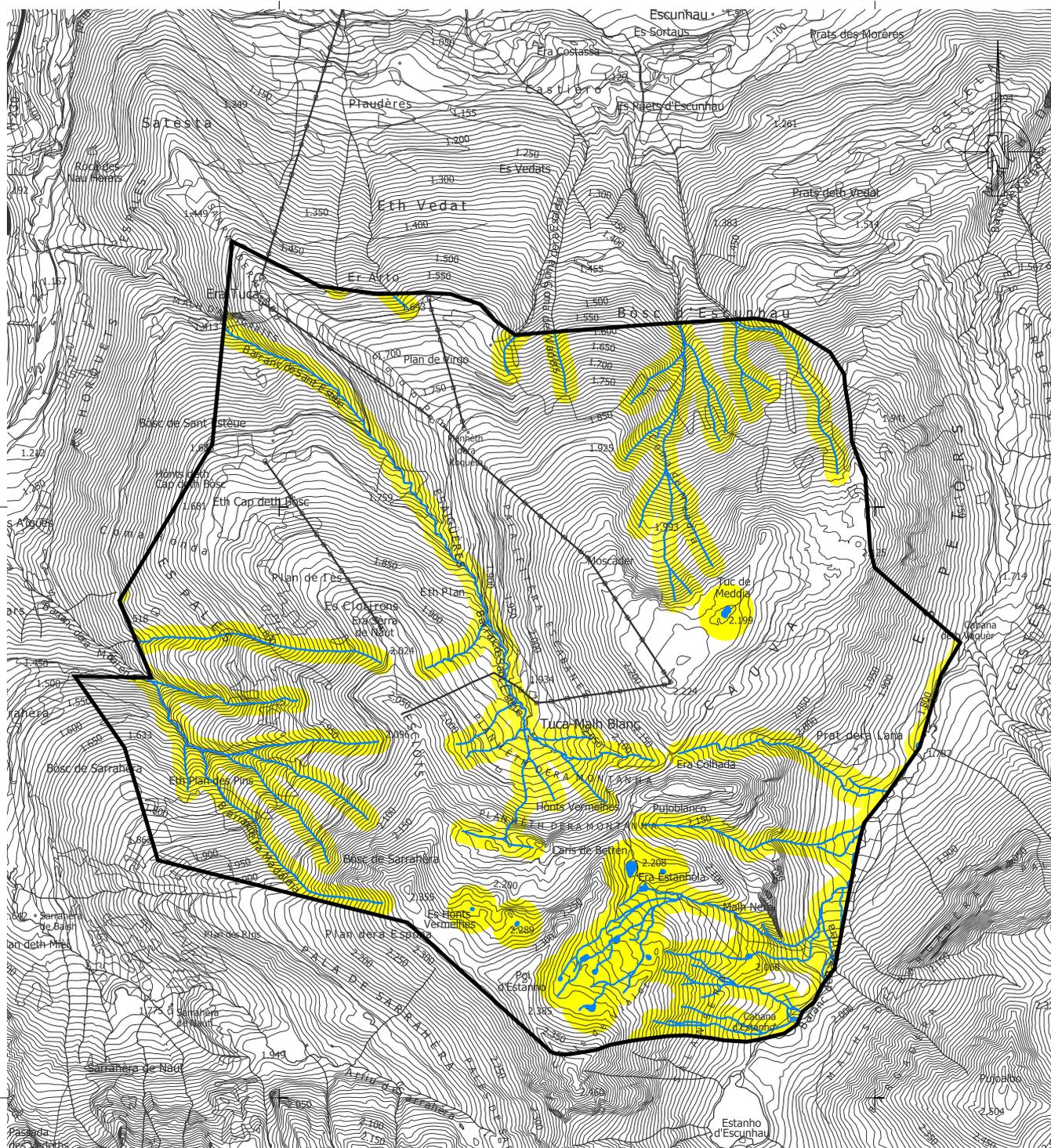
322500

4727500

4727500

4725000

4725000



**ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DEL PLAN ESPECIAL DEL DOMINIO ESQUIABLE DE LA TUCA (VIELHA-VAL D'ARAN)**

**Título del plano:**

Delimitación del DPH (Dominio Público Hidráulico)

**Núm. plano:**

8

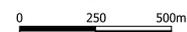
**Fecha:**

Noviembre 2010

**Escala numérica:**

1:25.000

**Escala gráfica:**



**Consultor:**



**Promotor del estudio:**

**TUCARAN RESORT, S.L.**

**LEYENDA**

-  Opciones de modificación del dominio recogidas en el PDEM
  -  Área de servitud
  -  Área de policía
- Fuente: elaboración propia

320000