



**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE AGUAS**

**CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN  
DE CAUDALES DISPONIBLES PARA  
LA DILUCIÓN EN  
CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES**

**REALIZADO POR:**

**DPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN  
DE RECURSOS HÍDRICOS**

**S.D.T. N° 200**

**SANTIAGO, SEPTIEMBRE DEL 2005**



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DEPTO. CONSERVACION Y PROT. REC. HIDRICOS

Minuta técnica N° 11/

## **Criterios para la Determinación de Caudales Disponibles para la Dilución en Cuerpos Receptores Superficiales**

En el marco del DS N°90/2000 MINGESPRES, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.

**Santiago, Agosto de 2005**

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. FUNDAMENTO LEGAL .....	3
3. PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO .....	4
4. CRITERIOS GENERALES .....	4
5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DISPONIBLE PARA DILUCIÓN .....	5
5.1 Zonas con caudal ecológico establecido.....	5
5.2 Zonas sin caudal ecológico establecido.....	6
5.3 Cauces artificiales (canales, acequias, etc.) .....	8
5.4 Cuerpos fluviales afluentes a un cuerpo lacustre. ....	8
5.5 Zonas fluviales afectas a influencias del mar.....	8
ANEXO: EJEMPLOS .....	10
Ejemplo N°1, Descarga de dos efluentes al mismo cuerpo receptor. ....	10
Ejemplo N°2: Cálculo Q dilución considerando Q ecológico establecido.....	12
Ejemplo N°3, Cálculo del Q dilución en cuenca sin control fluviométrico .....	13

# **Criterios para la Determinación de Caudales Disponibles para La Dilución en Cuerpos Receptores Superficiales**

En el marco del DS N°90/2000 MINGESPRES, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales

## **1. INTRODUCCIÓN**

La presente Minuta Técnica reemplaza a la Minuta Técnica DCPRH-DGA de Octubre de 2004, en lo que dice relación con la determinación de caudales disponibles para dilución.

La readecuación de la forma de determinar el caudal de dilución atiende al proceso de mejoramiento continuo que obliga a adecuar los procedimientos, a la luz de nuevos antecedentes y de la experiencia ganada con el tiempo.

Se hace necesario indicar que el asimilar el caudal de dilución con el caudal ecológico tiene por objetivo asegurar que el agua disponible para dilución se encuentre en el cauce receptor. Esto debido a que al momento de entregar un nuevo derecho de aprovechamiento o al momento de autorizar el traslado del ejercicio de derechos, la Dirección General de Aguas incorpora la condición de preservación de un caudal ecológico.

Se acepta, según el objetivo general del DS N°90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales, que los cuerpos receptores no verán dañada su calidad ambiental con la descarga de efluentes que cumplan con los límites máximos de emisión establecidos en el mencionado decreto, ello debido a que la restricción se expresa en concentraciones máximas de contaminantes (masa de contaminante por unidad de volumen de líquido).

## **2. FUNDAMENTO LEGAL**

Según queda establecido en el DS. 90/2000 MINGESPRES "Tasa de dilución del efluente vertido" se define como la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades. Se define además, el "caudal disponible del cuerpo receptor" como la cantidad de agua disponible expresada en volumen por unidad de tiempo para determinar la capacidad de dilución de un cuerpo receptor, que será determinada por la Dirección General de Aguas.

El cálculo de la Tasa de dilución del efluente vertido es determinada por los servicios con competencia en fiscalización de los efluentes, Superintendencia de Servicios Sanitarios o Ministerio de Salud según cada competencia, a la DGA sólo le corresponde la determinación del “caudal disponible del cuerpo receptor” o caudal de dilución.

### **3. PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO**

El interesado en conocer la capacidad de dilución de algún cauce del país deberá solicitar formalmente dicha información a la respectiva Dirección Regional de Aguas, señalando mediante coordenadas UTM el punto específico del cauce en donde se efectuará la descarga, emitiendo esta última una resolución indicando el caudal de dilución disponible, después de evaluar las componentes que afectan el recurso en la zona.

La delegación de funciones a los directores regionales de aguas quedó establecida en la Resolución DGA N°23 del 17.01.2002, rectificada por Resolución DGA N°580 del 21.06.2002.

El caudal disponible para dilución en un punto identificado con coordenadas UTM e informado mediante resolución por la respectiva dirección regional, estará disponible tanto para el solicitante que dio origen al análisis, como para cualquier otro solicitante futuro que desee descargar un efluente en el mismo punto (ver ejemplo N°1 en Anexo).

### **4. CRITERIOS GENERALES**

- i. Si la cuenca se encuentra agotada, no significa a priori que en algún punto de un tramo de río, no se disponga de un caudal permanente posible de definir como caudal ecológico y consecuentemente como caudal de dilución. Ya que, aún cuando el caudal que escurre en la sección de interés esté otorgado aguas abajo del punto de la futura descarga, la totalidad de éste, o una fracción, puede constituir un caudal ecológico y en consecuencia permitir el establecimiento de un caudal disponible para dilución.
- ii. Aquellas solicitudes relacionadas con la adquisición y ejercicio de derechos de aprovechamiento de aguas que se presenten actualmente a la Dirección General de Aguas, se analizan teniendo como criterio técnico general el balance entre el caudal disponible en la fuente y el recurso comprometido en ella, éste último considera los derechos de aguas constituidos, los usos a respetar y el caudal ecológico definido para el tramo del cauce, entre otros. Por todo lo anterior, las nuevas solicitudes de derechos de aprovechamiento, al incorporar el establecimiento de un caudal ecológico, permiten determinar directamente el caudal disponible para dilución, siempre y cuando este caudal ecológico se verifique, de acuerdo a lo establecido más adelante en la presente Minuta.

- iii. Al momento de establecer el caudal de dilución se debe recopilar la información existente y utilizarla, en especial los Estudios de disponibilidad realizados por el Servicio (aprobados por resolución del Director General de Aguas) y las Resoluciones de constitución de Derechos de Aprovechamientos con caudal ecológico establecido, lo anterior sobre la base que estos documentos representan la posición oficial de la Dirección General de Aguas.
- iv. El caudal de dilución se debe considerar nulo en las quebradas de régimen intermitente, debido a que existirían épocas del año que no se dispone de agua para producir la dilución requerida para la descarga de residuos líquidos.

## **5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DISPONIBLE PARA DILUCIÓN**

### **5.1 Zonas con caudal ecológico establecido.**

Se denominará caudal ecológico teórico (nominal) a aquel que se encuentre establecido de acuerdo al Manual de Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, a través de estudios de la Dirección General de Agua aprobados por resolución del Director General de Aguas o Resoluciones de otorgamiento de derechos de aprovechamiento. Para la determinación del caudal de dilución se deberá proceder a la verificación del caudal ecológico teórico (nominal) mediante un balance hidrológico en la sección de análisis. Esta verificación debe realizarse a nivel mensual, considerando para ello los caudales medios mensuales con una probabilidad de excedencia de 85%, los derechos permanentes consuntivos, continuos y discontinuos, constituidos aguas arriba de la zona de interés (ver Nota) y los derechos no consuntivos constituidos aguas arriba de la sección que tengan su punto de restitución aguas abajo de la zona de interés.

Si como resultado del balance hidrológico realizado, el caudal ecológico teórico (nominal) se verifica todos los meses, vale decir siempre se encuentra disponible en el río, el caudal de dilución corresponderá a dicho caudal ecológico verificado.

Asimismo, si como resultado del balance hidrológico, el caudal ecológico teórico (nominal) no se verifica en algún mes, vale decir el caudal disponible es menor que el caudal ecológico teórico, el caudal de dilución corresponderá al porcentaje del caudal ecológico que si es verificado en todos los meses del año. En otras palabras, el caudal de dilución corresponderá al caudal mínimo verificado en todos los meses. Adicionalmente, se deberá determinar que probabilidad de excedencia que tiene dicho caudal verificado (ver ejemplo N°2 en Anexo).

Nota: Cuando la estadística se encuentre en régimen observado, sólo serán descontados de los balances aquellos derechos concedidos o constituidos a contar de 1981 a la fecha, ya que dichos caudales no están siendo reflejados por las estadísticas utilizadas y deben ser respetados, en cambio todos los derechos concedidos con anterioridad al año 1981 se asumen que se encuentran en uso y estos usos están siendo reflejados por la estación fluviométrica utilizada (la estación registra los excedentes de los usos históricos).

## 5.2 Zonas sin caudal ecológico establecido.

En zonas donde no se haya establecido un caudal ecológico previamente, se realizará la determinación de éste, según se establece en el **Manual de Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos**, haciendo la distinción de cuencas con control fluviométrico y cuencas sin control fluviométrico.

Se debe señalar que como cuenca sin control fluviométrico se deben considerar aquellas subcuencas o subsubcuencas que además de no tener estación fluviométrica al interior de ella, no forman parte de una cuenca mayor que tenga control fluviométrico. En otras palabras, si la cuenca en análisis forma parte de un sistema con información de caudales, se debe considerar que es controlada y la información necesaria deberá ser analizada bajo esa perspectiva.

### a) Cuencas con Control Fluviométrico

La determinación del caudal ecológico en cuencas con control fluviométrico, pasa por el conocimiento de las series de caudales medios mensuales, de tal forma de realizar los análisis de frecuencias respectivas y así determinarlo de acuerdo a lo establecido en el manual mencionado.

La generación de las series hidrológicas necesarias podrá realizarse de acuerdo a procedimientos hidrológicos habituales para estos efectos. Los cuales deberán ser apoyados con 3 aforos, de igual manera que se realiza para la constitución de derechos.

Una vez determinado el caudal ecológico se deberá proceder de acuerdo a lo establecido en el numeral 5.1. de la presente Minuta, vale decir se deberá verificar la existencia del caudal ecológico para determinar el caudal de dilución.

### b) Cauces naturales en cuencas sin control fluviométrico entre las regiones III y IX, con áreas nivales entre 50 y 6000 Km<sup>2</sup>.

En cuencas sin control fluviométrico deberá utilizarse la metodología establecida en el **Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, DGA, Agosto 1995.**

Dicho Manual establece un método para determinar los caudales mínimos asociados a distintas probabilidades de excedencias, en cuencas sin información de tipo fluviométrica y que no presenten alteraciones, tales como embalses o extracciones, que afecten en forma significativa su régimen natural. El campo de validez del método propuesto corresponde geográficamente a las cuencas ubicadas entre las III y la IX

Región, con áreas nivales entre 50 y 6000 Km<sup>2</sup>.

Para el establecimiento del caudal de dilución se deberán construir las curvas  $Q^{(p\%)}_1$  versus probabilidad de excedencia (p) con p igual a 20, 50, 80, 90 y 95%. Los valores de  $Q^{(p\%)}_1$  se obtienen aplicando en Factor Regional (tabla 5.8 de dicho Manual) al  $Q^{(p\%)}_{30}$ , tanto en sus valores medios, máximos y mínimos.

Teniendo en cuenta la necesidad de disminuir la incertidumbre de los métodos indirectos, la Dirección Regional de Aguas solicitará un 1 aforo mensual, durante 3 meses del período de estiaje, para validar la estimación de caudales mínimos. Aforos que se graficarán en la curva  $Q^{(p\%)}_1$  versus p para su validación.

Sobre la base de estos resultados, se establecerá que el caudal ecológico será igual a  $Q^{(95\%)}_{30}$ , mínimo, que corresponde a una de las definiciones de caudal ecológico entregadas en el Manual de Procedimientos de Administración de Recursos Hídricos.

Una vez determinado el caudal ecológico se deberá proceder de acuerdo a lo establecido en el numeral 5.1. de la presente Minuta, vale decir se deberá verificar la existencia del caudal ecológico para determinar el caudal de dilución.

Ver ejemplo N°3 en ANEXO.

**c) Cauces naturales en cuencas sin control fluviométrico en las regiones I, II, XI, XII o cuencas con áreas nivales fuera del rango 50 y 6000 Km<sup>2</sup> ubicadas entre las regiones III a X.**

En cuencas sin control fluviométrico ubicadas en las regiones I, II, X, XI, XII o bien cuencas con áreas nivales fuera del rango 50 y 6000 Km<sup>2</sup> ubicadas entre las regiones III a X, se deberá utilizar la información hidrométrica existente en una cuenca controlada y homogénea hidrológicamente para generar una estadística de a lo menos 30 años hidrológicos completos, a nivel de caudales medios mensuales, o algún método clásico para la generación de dicha estadística.

Teniendo en cuenta la necesidad de disminuir la incertidumbre de los métodos indirectos y para validar el método de estimación de caudales, la Dirección Regional de Aguas solicitará un 1 aforo mensual, durante 3 meses del período de estiaje.



### **5.3 Cauces artificiales (canales, acequias, etc.)**

Con respecto a este tipo de cauces se debe considerar lo siguiente:

- i. La facultad de establecer el caudal de dilución entregada en el DS 90 a la Dirección General de Aguas podrá ser ejercida en los cauces naturales de acuerdo a las atribuciones conferidas a este Servicio en el Artículo 299 del Código de Aguas.
- ii. La administración de las aguas al interior de los canales es de carácter privado, la que es ejercida por la respectiva Organización de Usuarios.
- iii. Estos cauces poseen un flujo discontinuo a lo largo del año, lo cual responde netamente a las necesidades de los usuarios.
- iv. No es posible establecer caudales disponibles para dilución en estos cauces.

### **5.4 Cuerpos fluviales afluentes a un cuerpo lacustre.**

En conformidad a lo expresado en el DS N°90/2002 los cuerpos de agua fluviales afluentes a un cuerpo de agua lacustre natural (o sea, aquellos que desembocan directamente al cuerpo de agua lacustre natural) deberán cumplir los límites máximos permitidos para descargas a cuerpos de agua lacustre (Tabla N°3 del DS N°90/2002) y consecuentemente, no puede definirse en ellos el concepto de capacidad de dilución.

### **5.5 Zonas fluviales afectas a influencias del mar.**

La Dirección General de Aguas entiende como cuerpo de agua fluvial, en el marco del D.S. 90/2000, aquellas aguas terrestres superficiales corrientes que desembocan en otro cuerpo de agua fluvial, cuerpo de agua lacustre o en el mar. Según lo anterior, un estuario, es considerado un cuerpo de agua fluvial aún cuando posea influencias de las mareas y por lo tanto, la Dirección General de Aguas determinará el caudal disponible en este tipo de cuerpos de agua receptores, cuando la descarga se realice aguas arriba de la Zona de Protección Litoral.

Para la determinación del caudal disponible para dilución en un estuario, el interesado deberá presentar los antecedentes listados a continuación, pudiendo la Dirección General de Aguas, requerir antecedentes complementarios o adicionales a los siguientes:

- i. Verificación de que el establecimiento califica como fuente emisora por el DS 90/2000 y que por lo tanto, su descarga queda condicionada al cumplimiento de los límites establecidos en este decreto.
- ii. Análisis donde se verifique que la descarga se produce aguas arriba de la Zona de Protección Litoral definida en el punto 3.13 del DS90/2000, no aplicándole la Tabla N°4, debido a que corresponde a un cuerpo de agua fluvial y por lo tanto, de competencia de la Dirección General de Aguas. La Dirección General de Aguas podrá solicitar la revisión del análisis presentado a la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante a fin de confirmar que el punto se encuentra aguas arriba de la zona de protección litoral.

De acuerdo a la definición en el punto 3.13 del Manual de Aplicación del DS 90/2000, la Zona de Protección Litoral "corresponde a la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a ésta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua, fijada por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante..."

- iii. Análisis de la capacidad de mezcla del estuario. Análisis que deberá considerar la influencia de las mareas, las velocidades de flujos en el estuario, los ciclos de vaciante y llenante, la intrusión salina que a su vez depende de la magnitud del caudal afluente y de la amplitud de onda de la marea y densidad de agua en el estuario.

Este análisis deberá incorporar una batimetría, análisis hidrodinámico, análisis hidrológico, análisis de mareas con sus ciclos de llenante y vaciante, determinación de intrusión salina y determinación de la estratificación de ésta.

La Dirección General de Aguas no ha desarrollado una metodología para la determinación de la capacidad de mezcla de un estuario, tampoco ha establecido como se relaciona esta capacidad de mezcla con el caudal disponible para dilución definido en el DS 90/2000, por lo que aún cuando se reconoce que en teoría existe factibilidad técnica en la determinación de la capacidad de mezcla de un estuario, la relación de esta capacidad con el concepto de caudal disponible para dilución no está establecida.

Para la determinación del contenido natural, la Dirección General de Aguas podrá solicitar los antecedentes que requiera al interesado.

## ANEXO: EJEMPLOS

### Ejemplo N° 1, Descarga de dos efluentes al mismo cuerpo receptor.

Si dos industrias descargan en un mismo punto un mismo tipo de contaminante, y además ambas industrias utilizan la capacidad de dilución del cuerpo receptor, establecida por resolución de la Dirección General de Aguas, descargando la concentración máxima permitida por el DS N°90/2000 (Tabla N°2).

Se tendrá lo siguiente:

$$C_{\max} = C_i = M_i / V_i$$
$$\text{ó, } M_i = V_i * C_{\max}$$

Donde:

$V_i$  = volumen de agua descargado por la industria  $i$

$M_i$  = masa de contaminante descargado por la industria  $i$

$C_i$  = Concentración de contaminante descargado por la industria  $i$  ocupando la capacidad de dilución del cuerpo receptor,  $C_i = C_{\max}$  (concentración máxima de contaminante fijado en DS N° 90 / 2000)

La pregunta que surge es: cuál es el efecto combinado de ambas descargas en el río; que se traduce en preguntar si la descarga combinada de ambas industrias seguirá cumpliendo el valor máximo de concentración establecido en el DS N°90/2000; o bien, si la capacidad de dilución del cuerpo receptor se agota.

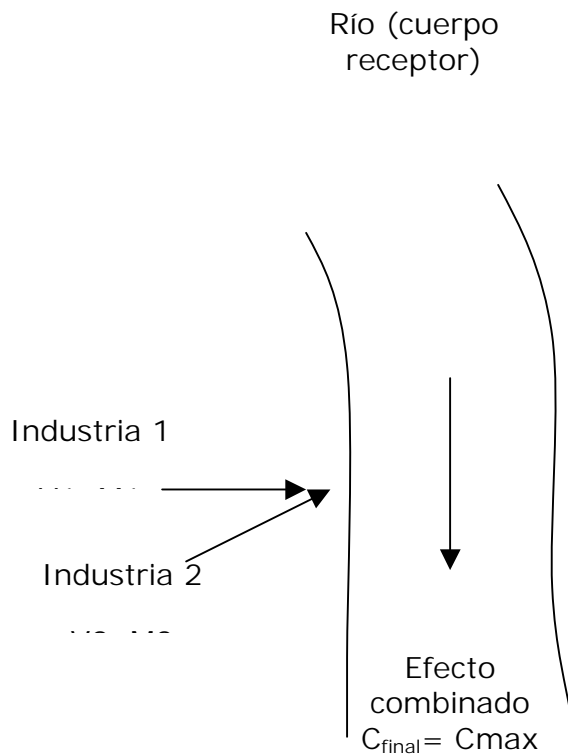
Sabemos que la masa de total de contaminante descargado será la suma de las masas descargadas por cada industria. Equivalentemente, el volumen total descargado será la suma de los volúmenes. Es decir:

$$M = M_1 + M_2 \quad ; \quad V = V_1 + V_2$$

$$C_{\text{final}} = M / V = (M_1 + M_2) / (V_1 + V_2)$$
$$C_{\text{final}} = (V_1 * C_{\max} + V_2 * C_{\max}) / (V_1 + V_2)$$
$$C_{\text{final}} = C_{\max} * (V_1 + V_2) / (V_1 + V_2)$$
$$C_{\text{final}} = C_{\max}$$

Por lo tanto, si cada industria restringe sus descargas al DS N°90/2000, el efecto combinado de ellas seguirá cumpliendo con los límites máximos establecidos en la normativa, comportándose como una sola descarga, aún cuando se haya utilizado la capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Es por lo anterior, que el caudal disponible para dilución en un punto permite la descarga de más de un efluente, como fue mencionado en el numeral II.



## Ejemplo N° 2: Cálculo Q dilución considerando Q ecológico establecido.

Considérense conocidos los datos entregados en la Tabla N°1: caudales medios mensuales de una zona de interés con probabilidad de Excedencia de 85% (Qmm) y derechos a respetar aguas arriba de la zona.

**Tabla N° 1**

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Qmm Pexc 85% (m3/s)	13,9	31,5	129,6	155	148,1	114,8	72,7	43,4	23,8	15,5	11,4	11,3
Derecho a respetar aguas arriba (m3/s)	7,85	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,17	9,02	8,96	7,8	7,8	7,8
<b>Balance (m3/s)</b>	<b>6,05</b>	<b>22,39</b>	<b>120,49</b>	<b>145,89</b>	<b>138,99</b>	<b>105,69</b>	<b>63,53</b>	<b>34,38</b>	<b>14,8</b>	<b>7,7</b>	<b>3,6</b>	<b>3,5</b>

### Caso 1:

- a) Caudal Ecológico, establecido en estudio del Depto de Administración de Recursos Hídricos, igual a 2.5 m3/s

En este caso al comparar el caudal ecológico teórico, 2.5 m3/s, con la fila de balance es posible apreciar que este es verificado todos los meses del año, vale decir el balance es mayor que el caudal ecológico, por lo tanto el caudal de dilución corresponde a 2.5 m3/s.

### Caso 2:

- b) Caudal Ecológico, establecido en estudio del Depto de Administración de Recursos Hídricos, igual a 11.9 m3/s

De la fila de balance es posible apreciar que lo disponible para sustentar el caudal ecológico teórico solo se presenta en el período entre mayo y Diciembre, es decir entre los meses de enero y abril el balance es menor al caudal ecológico y por lo tanto este no es sustentado en dicho período.

Ante esta situación, el caudal ecológico teórico verificado en el río en la zona de interés corresponde al mínimo valor del balance, vale decir a 3.5 m3/s (mes de Marzo), siendo este un 29% del caudal ecológico teórico. Por lo tanto el caudal de dilución corresponde a 3.5 m3/s, teniendo este una probabilidad de excedencia como caudal medio anual del orden del 95%.

### Ejemplo N° 3, Cálculo del Q dilución en cuenca sin control fluviométrico

Para ilustrar la aplicación de metodología propuesta para cuencas sin control fluviométrico, se complementa el ejemplo del numeral 5.3 c) del Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica; Chillán en Esperanza.

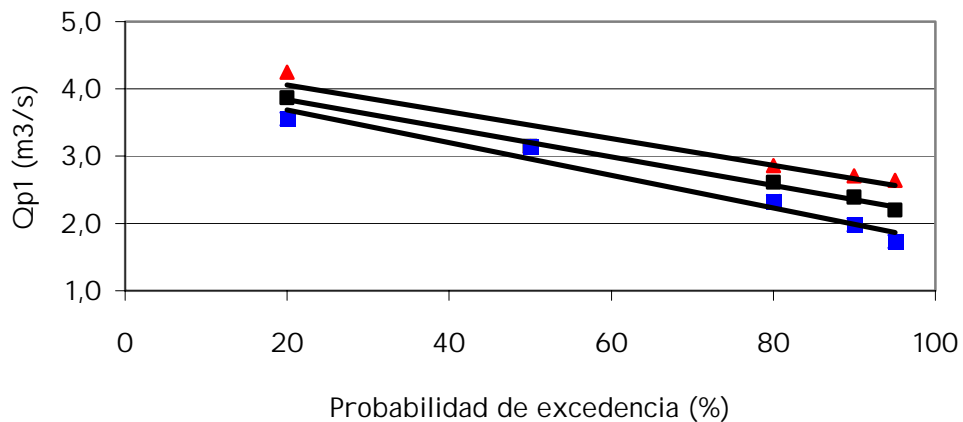
Siendo  $Q^{(50\%)}_{30}$  igual a  $3.63 \text{ m}^3/\text{s}$ , se obtiene la siguiente información:

Probabilidad de Excedencia (%)	Qp30		
	medio ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	máximo ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	mínimo ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
20	4,46	4,90	4,10
50	3,63	3,63	3,63
80	3,01	3,30	2,69
90	2,76	3,12	2,29
95	2,54	3,05	2,00

Para el caso analizado corresponde a Itata por lo que el factor regional  $Qp1/Qp30$  corresponde 0.866, resultando:

Probabilidad de Excedencia	Q1(p)		
	medio	máximo	mínimo
20	3,87	4,24	3,55
50	3,14	3,14	3,14
80	2,61	2,86	2,33
90	2,39	2,70	1,98
95	2,20	2,64	1,73

Al graficar esta información:



Suponiendo que los aforos caen dentro del rango, se considera validada la curva y por consiguiente el caudal de dilución sería igual a Q95%(30) mínimo, es decir 2 m<sup>3</sup>/s.

MAV/MMJ