

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
XXII CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

**ANÁLISIS DE MUESTREOS RUTINARIOS E INTEGRADOS DE SEDIMENTOS
EN SUSPENSIÓN EN CUENCAS DEL RÍO ELQUI, LIMARÍ, PETORCA, LIGUA,
MATAQUITO, ITATA Y BIOBÍO**

FORTUNATO ONETO ZÁRATE¹

RESUMEN

En Chile, la Dirección General de Agua, DGA, mide el gasto sólido en suspensión mediante dos metodologías; mediante muestreos rutinarios (realizados diariamente) y por muestreos integrados (realizados una vez al mes). El presente trabajo corresponde al estudio realizado para la obtención del Título de Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso durante el periodo 2013 – 2014, donde, se presentan los resultados obtenidos del análisis de los registros facilitados por la DGA, de ciertas estaciones de control, con la finalidad de obtener relaciones lineales entre ambas metodologías de muestreo para estaciones de la cuenca del río Elqui, Limarí, Petorca, Ligua, Mataquito, Itata y Biobío, y con ello determinar la pendiente, denominada coeficiente C, que caracteriza la relación.

Del análisis se observó que la región de Coquimbo presenta menores valores del coeficiente C que la región del Biobío. Por otro lado la región del Biobío presenta mayor dispersión de la muestra al ajustarla a una curva lineal.

También se analizó la relación entre el gasto sólido en suspensión y el caudal mediante una relación potencial, determinando las curvas de descargas entre ambas variables.

¹Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Ingeniero de Proyectos, Minería & Servicios
– fortunato@vtr.net foneto@myschile.cl

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del arrastre de sedimentos se ha ido desarrollando en Chile a lo largo de los años en distintos trabajos que han contribuido a la obtención de relaciones del tipo lineal y potencial. Por otro lado se ha investigado respecto de los factores que promueven la producción de sedimentos como también de las características hidrográficas y fisiográficas que facilitan su producción.

Chile cuenta con una red de información sedimentológica a cargo de la Dirección General de Aguas, en adelante DGA, que mide, a través de muestreo rutinario diario el Gasto Sólido en Suspensión Rutinario, en adelante GSSR y a través de muestreos integrados mensuales el Gasto Sólido en Suspensión Integrado, en adelante GSSI.

El fenómeno del arrastre de sedimentos se ve influenciado por múltiples factores, tanto meteorológicos como geográficos de la cuenca. De ahí la dificultad de encontrar expresiones teóricas que tengan un buen ajuste en distintos ríos. Por otro lado, la metodología in situ, para determinar el gasto sólido en suspensión, puede ser obtenida mediante dos tipos de muestreo, siendo la metodología integrada la que mejor se ajusta al fenómeno pero que, al ser económicamente más costosa, son las observaciones rutinarias la metodología con que más se cuentan en los registros de la DGA.

Es por ello que la necesidad de contar con relaciones entre el gasto sólido en suspensión integrado y rutinario radica en la importancia de ajustar curvas de descargas que modelen con mayor precisión el sedimento en suspensión que pasa por un área de control. Para ello se sistematizarán los registros de observaciones integradas y rutinarias del gasto sólido en suspensión provistas por la DGA y se les ajusta una curva que caracteriza de mejor forma el fenómeno, obteniendo coeficientes locales que corrigen el gasto sólido en suspensión obtenido mediante metodología rutinaria.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo general es procesar la información sedimentológica del gasto sólido en suspensión de algunas estaciones controladas por la DGA y establecer curvas de descarga del gasto sólido en suspensión.

Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos del proyecto:

1. Compilar información existente de estudios similares.
2. Analizar metodologías existentes.
3. Establecer una relación entre los muestreos rutinarios e integrados.
4. Concluir respecto de parámetros que relacionen las constantes obtenidas.

3. ESTUDIOS PREVIOS

Desde 1957 se han realizado mediciones de concentración de sedimentos en distintos ríos de Chile. Dicha información y las mediciones que se realizan actualmente en 84 puntos de control a lo largo de Chile es manejada por la DGA,

Estudios previos que involucran el análisis del gasto sólido en suspensión mediante metodologías rutinarias e integradas, corresponden a los que se señalan a continuación:

1. Menares Karina. 2011. “Análisis de muestreos rutinarios e integrados de sedimentos en suspensión: ríos de las cuencas del Choapa, Rapel y Maule”. Memoria de Título, Ingeniería Civil, PUCV.
2. Guzmán S., O., A. 2008. “Análisis de muestreos rutinarios e integrados de sedimentos en suspensión: casos de los ríos Colorado y Mapocho”. Memoria de Título, Ingeniería Civil en Obras Civiles, USACH.
3. González Benavente, J.P. 2007. “Análisis de muestreos puntuales e integrados de sedimentos en suspensión en el río Aconcagua”. Memoria de Título, Ingeniería Civil, UC.
4. Sanhueza Tapia, k. 2006. “Recopilación y análisis de datos sedimentométricos de la cuenca del Maipo”, Memoria de Título, Ingeniería Civil en Obras Civiles, USACH.

Dichas memorias han centrado su estudio en la zona central de nuestro país, contribuyendo al estudio de los ríos de la Región de Coquimbo, Región de Valparaíso, Región Metropolitana, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y la Región del Maule.

En la Tabla 1 se presentan relaciones obtenidas en dichos análisis, donde se obtuvieron dos tipos de relación; una potencial, que relaciona el caudal líquido con el gasto sólido en suspensión para una misma metodología de muestreo, de la que se obtienen coeficientes A y B que dependen de las características particulares de cada estación de medición; y por otro lado, se encuentra una relación lineal que relaciona el gasto sólido en suspensión integrado con el rutinario, de la cual se obtiene un coeficiente C correspondiente a la pendiente de la relación y que se utiliza como constante de corrección para las curvas de descargas en función del gasto sólido en suspensión rutinario.

En la Tabla 1 se señalan los ríos Choapa en Cuncumén e Illapel en las Burras, pertenecientes a la cuenca del río Choapa; los ríos Cachapoal en puente Termas y Tinguiririca bajo los Briones, pertenecientes a la cuenca del río Rapel; el río Purapel en Sauzal, perteneciente a la cuenca del río Maule; los ríos Colorado antes de junta con río Maipo, río Mapocho en los Almendros, río Mapocho en Rinconada de Maipú, río Maipo en el Manzano y río Maipo en San Alfonso, pertenecientes a la cuenca del río Maipo; y, finalmente, el río Aconcagua en Cachabuquito, perteneciente a la cuenca del río Aconcagua.

Tabla 1 - Resumen por estación de los coeficientes adoptados como válidos para los modelos.

Fuente: MENARES, K. LOPEZ A. IAHR, 2012

ESTACIÓN	$GSSR=A*Qrut^B$	$GSSI=A*Qint^B$	$GSSI=C*GSSR$
Río Choapa en Cuncumén	$GSSR=0,4891*Qrut^{1,6055}$ $R^2=0,61$	$GSSI=0,4039*Qint^{1,7194}$ $R^2=0,61$	$GSSI=1,1574*GSSR$ $R^2=0,81$
Río Illapel en Las Burras	$GSSR=0,6817*Qrut^{1,3058}$ $R^2=0,63$	$GSSI=0,6282*Qint^{1,3956}$ $R^2=0,69$	$GSSI=1,4737*GSSR$ $R^2=0,84$
Cachapoal en Puente Termas	$GSSR=22,9806*Qrut^{0,9596}$ $R^2=0,72$	$GSSI=29,8520*Qint^{1,0739}$ $R^2=0,73$	$GSSI=1,8253*GSSR$ $R^2=0,50$
Tinguiririca Bajo Los Briones	$GSSR=0,0464*Qrut^{2,3237}$ $R^2=0,72$	$GSSI=0,1269*Qint^{2,2578}$ $R^2=0,71$	$GSSI=1,3642*GSSR$ $R^2=0,91$
Río Purapel en Sauzal	$GSSR=1,0376*Qrut^{1,4957}$ $R^2=0,85$	$GSSI=0,7427*Qint^{1,0258}$ $R^2=0,73$	$GSSI=1,2264*GSSR$ $R^2=0,89$
Colorado antes junta Río Maipo	$GSSR=0,0533*Qrut^{2,887}$ $R^2=0,82$	$GSSI=0,0301*Qint^{3,0592}$ $R^2=0,80$	$GSSI=0,6606*GSSR$ $R^2=0,87$
Mapocho en Los Almendros	$GSSR=1,5812*Qrut^{1,7374}$ $R^2=0,74$	$GSSI=1,7389*Qint^{1,8229}$ $R^2=0,71$	$GSSI=1,0528*GSSR$ $R^2=0,89$
Mmapocho en Rinconada de Maipú	(*)	$GSSI=0,9383*Qint^{1,8963}$ $R^2=0,57$ (**)	(***)
Maipo en el Manzano	$GSSR=0,0210*Qrut^{2,4000}$ $R^2=0,57$	$GSSI=0,0287*Qint^{2,3877}$ $R^2=0,58$	$GSSI=1,0891*GSSR$ $R^2=0,85$
Maipo en San Alfonso	$GSSR=0,0555*Qrut^{2,7100}$ $R^2=0,73$	$GSSI=0,5531*Qint^{1,8504}$ $R^2=0,68$	$GSSI=1,2775*GSSR$ $R^2=0,85$
Aconcagua en Chacabucuito	$GSSR=1,108*Qrut^{2,0569}$ $R^2=0,79$	$GSSI=0,1362*Qint^{2,4381}$ $R^2=0,83$	$GSSI=0,8200*GSSR$ $R^2=0,58$

(*) No se encontró relación

(**) Aplicable solo para tener un orden de magnitud de los valores

(***) Se rechazó el modelo propuesto

4. DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se solicitó a la DGA determinar las estaciones con mediciones de arrastre de sedimento en suspensión a analizar, siendo propuestas las siguientes estaciones:

- Río Elqui en Algarrobal
- Río Laguna en Salida Emb. La Laguna
- Río Turbio en Varillas
- Río Grande en Puntilla San Juan
- Río Hurtado en Angostura de Paine
- Río Alicagüe en Colligüay
- Río Sobrante en Piñadero
- Río Claro en Los Queñes
- Río Teno Después de Junta con Claro
- Río Chillán Camino a Confluencia
- Río Diguillín en Longitudinal
- Río Diguillín en San Lorenzo
- Río Itata en Balsa Nueva Aldea
- Río Itata en Coelemu
- Río Ñuble en San Fabián 2
- Río Bío Bío en Desembocadura
- Río Bío Bío en Rucalhue
- Río Laja en Puente Perales
- Río Bío Bío en Llanquén
- Río Vergara en Tijeral

5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Determinación de la Muestra

Se determina la extensión de los registros a analizar procurando:

- a) Correlación temporal entre registros rutinarios e integrados para mismas estaciones.
- b) Continuidad en las mediciones de los registros, eliminando los registros nulos.
- c) Extensión mínima representativa de los datos seleccionados para el análisis de 80 mediciones.
- d) Eliminación de datos incoherentes.
- e) Eliminación de valores $GSSI < GSSR$

Relación entre las Variables en Estudio

Con los registros determinados según los criterios expuestos para la determinación de la muestra se procede a realizar dos estudios:

- a) Primero se estudia, para una misma metodología de muestreo, la relación entre el caudal líquido y el gasto sólido en suspensión. Esto permite relacionar dos variables que se miden con la misma metodología en el mismo instante.
- b) Luego se relaciona el gasto sólido en suspensión integrado con el rutinario. Estos datos corresponden a parámetros que se miden el mismo día en una serie de años. Esta relación permite ajustar una curva de la cual se determina un coeficiente que relaciona ambas metodologías de muestreo. Por otro lado se estima la dispersión de ambas metodologías y posteriormente se verifica la linealidad del modelo.

La validación de las relaciones que se establecen es por medio del coeficiente de determinación de Pearson (r^2), el cual se exige mayor a 0,5; esto se sustenta, en una primera instancia, como un valor que se ha supuesto en estudios relacionados con la generación de relaciones entre el gasto sólido en suspensión integrado y rutinario; y por otro lado, se valida la indicación dada la alta dispersión entre las variables provocada por situaciones externas que afectan a la toma de mediciones del gasto sólido en suspensión.

Ajuste de Relaciones

Para el caso de la relación entre el caudal líquido y el gasto sólido en suspensión se utilizará una relación del tipo potencial, donde:

$$GSS = A * Q^B \quad (1)$$

Donde: GSS : Gasto sólido en suspensión, medido en [m³/s].
 Q : Caudal líquido, medido en [m³/s].
 A,B : Constantes adimensionales definida a partir de la relación.

Para el caso de la relación entre el gasto sólido en suspensión rutinario y el gasto sólido en suspensión integrado se utilizará una relación del tipo lineal, donde:

$$GSSI = C * GSSR \quad (2)$$

Donde: GSSI : Gasto sólido en suspensión integrado, medido en [m³/s]
 GSSR : Gasto sólido en suspensión rutinario, medido en [m³/s]
 C : Factor de corrección adimensional definida a partir de la relación.

6. RESULTADOS

El área en estudio abarcó un total de 20 Estaciones de la DGA en las que se realizan muestreos de arrastre de sedimento en suspensión; de las cuales se analizaron 18 ríos. De los 18 ríos, se encontraron 11 relaciones entre el gasto sólido en suspensión integrado y el rutinario que cumplen con las condiciones expuestas para validar el modelo.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos para la cuenca del río Elqui.

Tabla 2 - Estaciones de la DGA, cuenca río Elqui.

ESTACIÓN	$GSSR=A*Qrut^B$	$GSSI=A*Qint^B$	$GSSI=C*GSSR$
RÍO ELQUI EN ALGARROBAL	$GSSR=0,81*Qrut^{1,692}$ $R^2=0,648$	$GSSI=0,799*Qint^{1,899}$ $R^2=0,698$	$GSSI=1,966*GSSR$ $R^2=0,960$
RÍO TURBIO EN VARILLAR	$GSSR=1,527*Qrut^{1,729}$ $R^2=0,662$	$GSSI=1,870*Qint^{1,930}$ $R^2=0,686$	$GSSI=1,638*GSSR$ $R^2=0,874$
RÍO LA LAGUNA EN SALIDA EMB. LA LAGUNA	$GSSR=0,338*Qrut^{1,086}$ $R^2=0,708 (**)$	$GSSI=0,698*Qint^{1,099}$ $R^2=0,758 (**)$	$GSSI=1,379*GSSR$ $R^2=0,999 (**)$

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para la cuenca del río Limarí.

Tabla 3 - Estaciones de medición de la DGA, cuenca del río Limarí.

ESTACIÓN	$GSSR=A*Qrut^B$	$GSSI=A*Qint^B$	$GSSI=C*GSSR$
RÍO GRANDE EN PUNT. SAN JUAN	$GSSR=0,366*Qrut^{1,520}$ $R^2=0,828$	$GSSI=0,683*Qint^{1,612}$ $R^2=0,849$	$GSSI=2,410*GSSR$ $R^2=0,896$
RÍO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	$GSSR=0,392*Qrut^{1,416}$ $R^2=0,793$	$GSSI=0,956*Qint^{1,443}$ $R^2=0,800$	$GSSI=2,255*GSSR$ $R^2=0,950$

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos para las estaciones ubicadas en la región de Valparaíso.

Tabla 4 - Estaciones de medición de la DGA, región de Valparaíso.

ESTACIÓN	$GSSR=A*Qrut^B$	$GSSI=A*Qint^B$	$GSSI=C*GSSR$
RÍO SOBRANTE EN PIÑADERO	(*)	(*)	(*)
RÍO ALICAHUE EN COLLIGUAY	$GSSR=0,688*Qrut^{1,348}$ $R^2=0,673$ (**)	$GSSI=1,226*Qint^{1,031}$ $R^2=0,547$ (**)	$GSSI=1,923*GSSR$ $R^2=0,989$ (**)

Los valores obtenidos para la región del Maule se presentan en la Tabla 5..

Tabla 5 - Estaciones de medición de la DGA, cuenca del río Maule.

ESTACIÓN	$GSSR=A*Qrut^B$	$GSSI=A*Qint^B$	$GSSI=C*GSSR$
RÍO TENO DESP. DE JUNTA CON CLARO	$GSSR=0,056*Qrut^{1,977}$ $R^2=0,633$	$GSSI=0,094*Qint^{1,997}$ $R^2=0,629$	$GSSI=1,444*GSSR$ $R^2=0,846$
RÍO CLARO EN LOS QUEÑES	(*)	(*)	(*)

La cuenca del río Itata contó con 6 estaciones analizadas. Las relaciones obtenidas se presentan en la Tabla 5..

Tabla 5 - Estaciones de medición de la DGA, cuenca del río Itata.

ESTACIÓN	$GSSR=A*Qrut^B$	$GSSI=A*Qint^B$	$GSSI=C*GSSR$
RÍO ITATA EN COELEMU	$GSSR=0,176*Qrut^{1,280}$ $R^2=0,809$	$GSSI=0,166*Qint^{1,479}$ $R^2=0,806$	$GSSI=2,388*GSSR$ $R^2=0,859$
RÍO ITATA EN Balsa Nueva Aldea	$GSSR=0,128*Qrut^{1,312}$ $R^2=0,756$ (**)	$GSSI=0,102*Qint^{1,567}$ $R^2=0,755$ (**)	$GSSI=4,813*GSSR$ $R^2=0,626$ (**)
RÍO CHILLAN EN CAMINO A CONFLUENCIA	$GSSR=0,547*Qrut^{1,145}$ $R^2=0,881$ (**)	$GSSI=0,676*Qint^{1,329}$ $R^2=0,918$ (**)	$GSSI=2,359*GSSR$ $R^2=0,921$ (**)
RÍO DIGUILLÍN LONGITUDINAL	$GSSR=0,417*Qrut^{1,015}$ $R^2=0,873$	$GSSI=0,793*Qint^{1,074}$ $R^2=0,826$	$GSSI=2,285*GSSR$ $R^2=0,773$
RÍO ÑUBLE EN SAN FABIAN N 2	$GSSR=0,130*Qrut^{1,207}$ $R^2=0,562$ (**)	$GSSI=0,073*Qint^{1,537}$ $R^2=0,677$ (**)	$GSSI=4,788*GSSR$ $R^2=0,414$ (***)
RÍO DIGUILLÍN EN SAN LORENZO	$GSSR=0,117*Qrut^{1,014}$ $R^2=0,426$ (***)	$GSSI=0,471*Qint^{0,912}$ $R^2=0,382$ (***)	$GSSI=1,620*GSSR$ $R^2=0,104$ (***)

En la Tabla 6 se presentan las relaciones obtenidas para las estaciones analizadas en la región del Biobío, cuenca del Biobío.

Tabla 6 - Estaciones de medición de la DGA, cuenca del río Biobío.

ESTACIÓN	$GSSR=A*Q_{rut}^B$	$GSSI=A*Q_{int}^B$	$GSSI=C*GSSR$
RÍO BÍO BÍO EN DESEMBOCADURA	$GSSR=0,038*Q_{rut}^{1,462}$ $R^2=0,755$	$GSSI=0,292*Q_{int}^{1,330}$ $R^2=0,582$	$GSSI=3,288*GSSR$ $R^2=0,571$
RÍO VERGARA EN TIJERAL	$GSSR=0,350*Q_{rut}^{1,287}$ $R^2=0,881$	$GSSI=0,420*Q_{int}^{1,369}$ $R^2=0,876$	$GSSI=1,662*GSSR$ $R^2=0,821$
RÍO LAJA EN PUENTE PERALES	$GSSR=0,056*Q_{rut}^{1,514}$ $R^2=0,804$	$GSSI=0,077*Q_{int}^{1,672}$ $R^2=0,740$	$GSSI=2,446*GSSR$ $R^2=0,589$
RÍO BÍO BÍO EN RUCALHUE	$GSSR=0,116*Q_{rut}^{1,253}$ $R^2=0,595$	$GSSI=0,078*Q_{int}^{1,456}$ $R^2=0,752$	$GSSI=2,040*GSSR$ $R^2=0,617$
RÍO BÍO-BÍO EN LLANQUEN	$GSSR=0,029*Q_{rut}^{1,570}$ $R^2=0,895 (**)$	$GSSI=0,035*Q_{int}^{1,675}$ $R^2=0,899 (**)$	$GSSI=2,544*GSSR$ $R^2=0,733 (**)$

Para el análisis de los coeficientes A y B obtenidos de las curvas de descarga entre el gasto sólido en suspensión y el caudal se presenta la Tabla 7, que indica los valores de los coeficientes C, A y B correspondientes a cada estación analizada.

Tabla 7 - Coeficientes C, A y B

ESTACIÓN	C [modelo GSSI]	RUTINARIO		INTEGRADO	
		A	B	A	B
RIO ELQUI EN ALGARROBAL	1,966	0,810	1,692	0,799	1,899
RIO TURBIO EN VARILLAR	1,638	1,527	1,729	1,870	1,930
RIO LA LAGUNA EN SALIDA EMB. LA LAGUNA	1,379	0,338	1,086	0,698	1,099
RIO GRANDE EN PUNT. SAN JUAN	2,410	0,366	1,520	0,683	1,612
RIO HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE	2,255	0,392	1,416	0,956	1,443
RIO SOBRANTE EN PIÑADERO					
RIO ALICAHUE EN COLLIGUAY	1,923	0,688	1,348	1,266	1,031
RIO TENO DESP. DE JUNTA CON CLARO	1,444	0,056	1,977	0,094	1,997
RIO CLARO EN LOS QUEÑES					
RIO ITATA EN COELEMU	2,388	0,176	1,280	0,166	1,479
RIO ITATA EN Balsa Nueva ALDEA	4,813	0,128	1,312	0,102	1,567
RIO CHILLAN EN CAMINO A CONFLUENCIA	2,359	0,547	1,145	0,676	1,329
RIO DIGUILLIN LONGITUDINAL	2,285	0,417	1,015	0,793	1,074
RIO ÑUBLE EN SAN FABIAN N 2	4,788	0,130	1,207	0,073	1,537
RIO DIGUILLIN EN SAN LORENZO	1,620	0,117	1,014	0,471	0,912
RIO BIOBIO EN DESEMBOCADURA	3,288	0,038	1,462	0,292	1,330
RIO VERGARA EN TIJERAL	1,662	0,350	1,287	0,420	1,369
RIO LAJA EN PUENTE PERALES	2,446	0,056	1,514	0,077	1,672
RIO BIOBIO EN RUCALHUE	2,040	0,116	1,253	0,078	1,456
RIO BIO-BIO EN LLANQUEN	2,544	0,029	1,570	0,035	1,675
μ	2,40	0,35	1,38	0,53	1,47
σ	0,99	0,37	0,26	0,50	0,31
COVARIANCIA	41,1%	106,9%	18,7%	93,4%	21,1%

7. CONCLUSIÓN

Por medio del análisis desarrollado, se concluye respecto de los objetivos planteados, que:

Respecto a los valores obtenidos de la constante C se visualiza que su magnitud es diferente en la región de Coquimbo con respecto a la región del Biobío; siendo en esta última mayor. Según estudios similares se concluye que los valores obtenidos para la zona centro y norte son coherentes con las expresiones determinadas en trabajos anteriores y señaladas en “Estudios Previos”.

Con respecto al régimen hidrológico se observó que las estaciones con un régimen nival presentan un menor coeficiente C que las estaciones con régimen pluvial y nivo pluvial; por lo que se infiere que la precipitación afecta el ajuste de las relaciones por medio de un coeficiente C mayor.

Con respecto a los coeficientes A y B no se observó una relación con los factores comparados.

El presente trabajo se enfrentó a relaciones que presentan un comportamiento distinto a las relaciones obtenidas en trabajos previos, estas relaciones corresponden a las obtenidas en la región del Biobío y que están fuertemente influenciadas por las precipitaciones, hecho que aumenta la dispersión de la muestra. Por otro lado, se observa que en varias estaciones analizadas en la región del Biobío se visualizan dos tendencias correspondientes a la influencia de la precipitación y del deshielo. Dicho fenómeno debe considerarse al momento de utilizar las relaciones expuestas para lograr una mayor comprensión del fenómeno y mejorar el análisis en el diseño de obras de ingeniería.

El análisis desarrollado es esencial para ajustar curvas de descarga de gasto sólido en suspensión obtenidas por métodos rutinarios; puesto que, como ya señalamos, el muestreo integrado se ajusta mejor al comportamiento del fenómeno.

Se debe seguir investigando el fenómeno del arrastre de sedimento, particularmente respecto a los factores que influyen en el fenómeno y cómo podemos relacionarlos con los coeficientes obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

El estudio que se presenta no hubiese podido llevarse a cabo de la forma en que se desarrolló sin la ayuda del Profesor Alejandro López Alvarado, Ingeniero Civil, Académico y Jefe de Carrera de la Escuela de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Profesor Guía del ahora Ingeniero Civil Fortunato Oneto Zárate.

Así mismo se extiende los más sinceros agradecimientos al Profesor Gabriel Castro Araya, Ingeniero Civil, Profesor de la cátedra de especialidad “Diseño de Obras Hidráulicas” en la Escuela de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Profesor Correferente del ahora Ingeniero Fortunato.

REFERENCIAS

GUZMÁN, O. Análisis de muestreos rutinarios e integrados de sedimentos en suspensión: casos de los ríos Colorado y Mapocho. Memoria de Título, Ingeniería Civil en Obras Civiles, USACH, 2008.

GONZÁLEZ, J.P. Análisis de muestreos puntuales e integrados de sedimentos en suspensión en el río Aconcagua. Memoria de Título, Ingeniería Civil, UC, 2007.

MENARES, K. Análisis de muestreos rutinarios e integrados de sedimentos en suspensión: ríos de las cuencas del Choapa, Rapel y Maule. Memoria de Título, Ingeniería Civil, PUCV, 2011.

MENARES, K, LÓPEZ A. Análisis de muestreos rutinarios e integrados de sedimentos en suspensión: Caso de cuencas de Chile Central. XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica San José, Costa Rica, 9 al 12 de Septiembre 2012.

SANHUEZA, K. Recopilación y análisis de datos sedimentométricos de la cuenca del Maipo, Memoria de Título, Ingeniería Civil en Obras Civiles, USACH, 2006.