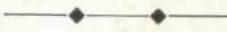


-422

J

REPUBLICA DEL PERU
MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCION GENERAL DE IRRIGACIONES

**PROYECTO DE IRRIGACION
JEQUETEPEQUE - ZAÑA**



**TRANSPORTE DE MATERIALES
EN SUSPENSION EN EL RIO ZAÑA**

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



DIRECCION DE ESTUDIOS
PROYECTO JEQUETEPEQUE - ZAÑA

NOVIEMBRE 1977

PE 126 (6)

PE 374



REPUBLICA DEL PERU
MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCION GENERAL DE IRRIGACIONES

**PROYECTO DE IRRIGACION
JEQUETEPEQUE - ZAÑA**



**TRANSPORTE DE MATERIALES
EN SUSPENSION EN EL RIO ZAÑA**

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



DIRECCION DE ESTUDIOS
PROYECTO JEQUETEPEQUE - ZAÑA

NOVIEMBRE 1977



PRESENTACION

La Dirección General de Irrigaciones a través de su Dirección de Estudios, ha querido contribuir con la investigación del problema de transporte de sedimentos en los ríos del Perú.

La posibilidad de construir pequeños reservorios en la cuenca alta del río Zaña, hace que sea necesario continuar las mediciones de transporte de sedimentos, cuya finalidad es determinar con mayor exactitud la vida útil de dichas estructuras.

El Valle de Zaña, se implementará en la Segunda Etapa del Plan Integral del Proyecto Jequetepeque-Zaña, por lo que la Dirección de Estudios conciente del problema procedió a determinar el volumen de transporte de sedimentos en suspensión como el inicio de la evaluación de estas investigaciones, reservándose a informes posteriores una interpretación mas amplia y con un mayor número de registros históricos.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



INDICE

1.0	OBJETIVO	Pág.
1.1	Introducción	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Propósito del Informe	3
1.4	Alcances del Informe	3
2.0	LA ZONA DE ESTUDIO	
2.1	Cuenca- Característica Morfológicas	4
2.2	Descripción y Ubicación de la Estación El Batán	6
2.3	Período de Registro	7
3.0	PROCEDIMIENTO METODO Y CRITERIO EMPLEADO EN LA OBTENCION DE MUESTRAS DE SEDIMENTO	
3.1	Equipo de Muestreo y Laboratorio	7
3.2	Sección de Muestreo	7
3.3	Métodos de Muestreo	8
3.4	Frecuencia de Muestreo	10
3.5	Trabajo de Campo	11
3.6	Trabajo de Laboratorio y/o Gabinete	
	3.6.1 Trabajo de Laboratorio	11
	3.6.2 Trabajo de Gabinete	13
4.0	RESULTADOS	
4.1	Consideraciones Previas	15
4.2	Magnitud del Transporte en Suspensión	16



ANEXOS

CUADROS Y DIAGRAMAS

	Pág.	
- Cuadro I	Transporte de sólidos en suspensión	17
- Cuadro II	Transporte mensual de material en suspensión	18
- Cuadro III	Descarga y material en suspensión, año hidrológico 1972-73	19
- Cuadro IV	Descarga y material en suspensión, año hidrológico 1973-74	20
- Cuadro V	Descarga y material en suspensión, año hidrológico 1974-75	21
- Cuadro VI	Descarga y material en suspensión, año hidrológico 1975-76	22
- Cuadro VII al X	Concentraciones medias diarias	23
- Diagrama	Diagrama comparativo de caudal líquido y caudal sólido en suspensión.	27
PLANOS	Plano de ubicación de la Estación El Batán	

SIMBOLOS UTILIZADOS

- A : Area de la Cuenca en km^2
- C_c : Concentración media de material en suspensión (ejem.: la concentración promedio diaria en gr/l.)
- Q : Caudal líquido (ejem. : la descarga promedio diario o mensual $\text{m}^3/\text{s.}$)
- Q_s : Caudal medio sólido (ejem. : el gasto sólido promedio diario, mensual en kg/s.)
- T_s : Transporte de material en suspensión diario, mensual o anual en T.M.
- M_s : Masa de material en suspensión (ejem. : la masa diaria, mensual ó anual en m^3).
- E_s : Erosión específica de la cuenca (parte de la erosión superficial que corresponde al material en suspensión en T.M./km^2).
- γ_s : Peso específico aparente en T.M./m^3
- t : Número de segundos
- M : Masa de agua en Mío de m^3
- T.M. : Toneladas métricas

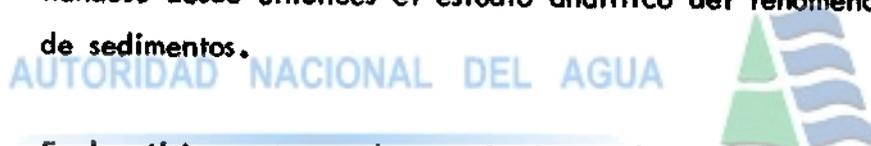
TRANSPORTE DE MATERIAL EN SUSPENSION DEL RIO ZAÑA

1.0 OBJETIVO

1.1 INTRODUCCION

Todos los ríos debido a la acción erosiva de las corrientes de agua transportan cantidades variables de sólidos. En los ríos de la costa del Perú dicho transporte alcanza cantidades notables en época de avenidas (ENE-MAY) ocasionando limitaciones en la vida útil de los Proyectos.

En el pasado muchas obras hidráulicas fueron construidas sin tener en cuenta este fenómeno, por lo que presentaron dificultades imprevistas en la operación y utilización de las mencionadas obras. Estos hechos llevaron a muchos investigadores a analizar el problema detenidamente originándose desde entonces el estudio analítico del fenómeno del transporte de sedimentos.



En los últimos años se han profundizado las investigaciones en torno a este fenómeno, habiéndose desarrollado diversas teorías que tratan de explicar las leyes que gobiernan su comportamiento.

El presente informe se limita a cuantificar la magnitud del transporte de sedimentos en suspensión del río Zaña, dejando para informes posteriores su análisis e interpretación, a fin de tener una idea de la probable sedimentación y prever sus implicancias en la vida útil de las estructuras a construirse en el lecho del mencionado río.

El río Zaña, forma parte del esquema de recursos aprovechables del Proyecto Jequetepeque-Zaña; sus disponibles hídricas no reguladas, incrementadas con los aportes del agua de trasvase se prevé utilizar en la Segunda Etapa del mismo.

En el Estudio de Factibilidad Técnica y Económica del Proyecto (Tomo III),

se hace referencia sobre la posibilidad de construir una bocatoma sobre el lecho del río Zaña, cuya ubicación aún no está determinada; igualmente en el mismo estudio, se recomienda que debería investigarse en la cuenca alta del valle, la posibilidad de construir pequeños reservorios de 40 a 60 Millones de m^3 , con el objeto de retener pequeñas crecidas, que serán aprovechadas con fines de riego.

Teniendo en cuenta las posibles construcciones de estas obras, el Proyecto Jequetepeque-Zaña se preocupó en determinar, en base a muestreo periódico, la cantidad de material sólido transportado en suspensión con el objeto de estudiar a posteriori su posible influencia en dichas estructuras.

Como consecuencia de esta medición se ha establecido que en cuatro (4) años de registro histórico (1972-76), el transporte total de sólidos en suspensión fue de 0.172 Mio T.M.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



1.2 ANTECEDENTES

El Valle de Zaña, al igual que casi la totalidad de los Valles de la Costa del Perú, afronta el problema fundamental de la escasez de agua debido a la irregularidad de sus regímenes de corriente. Aproximadamente el 75% de la aportación anual de agua del río Zaña discurren en sólo cuatro meses (ENE - ABR), por lo que grandes cantidades de masas del líquido elemento se pierden anualmente en perjuicio de la irrigación de sus valles.

En 1969 a la luz de las evaluaciones de los resultados del Estudio de Pre-Factibilidad, el Comité Especial del Valle Jequetepeque - brindó su más amplia acogida al planteamiento formulado por el delegado de la Oficina Regional de Desarrollo del Norte (ORDEN), de incorporar al Valle de Zaña dentro de los alcances del Proyecto en lugar de tierras eriazas existentes entre ambos valles.

Este planteamiento se vio ratificado por la dación de la Ley General de Aguas en 1969, que reconoce como prioritario el uso del agua para mejoramiento de riego antes que, para irrigación de nuevas tierras.

En FEB. de 1972, el personal del Proyecto Jequetepeque-Zaña, inició los muestreos de sedimento de material sólido en suspensión de la estación El Batán (río Zaña).

En 1973, la firma consultora Salzgitter, en vista de la falta de valores de medición de material en suspensión y teniendo en cuenta el comportamiento relativamente regular de las descargas, estimó el transporte medio anual en 150 T.M./km^2 . Deduciendo de esto - que durante un año normal y hasta la confluencia del río Zaña - con el Nanchoc, el primero aportaría una masa de material en suspensión del orden de $155,000 \text{ T.M.}$ ó $115,000 \text{ m}^3$ respectivamente (Tomo V, Estudio de Factibilidad Técnica y Económica.)

1.3 PROPOSITO DEL INFORME

En este informe se pretende :

- a) Recopilar y procesar toda la información referente a material sólido en suspensión del río Zaña, en la estación El Batán.
- b) Determinar la cantidad de material sólido en suspensión que transporta el río Zaña y que pasa por la sección de la estación El Batán.

1.4 ALCANCE DEL INFORME

Para alcanzar las tareas se ha contado con la siguiente documentación de base :

- Cuatro (4) años de información con registro de muestreo diario

de sedimentos en suspensión en la estación El Batán.

- Estudio de Factibilidad Técnica y Económica del Proyecto Jequetepeque-Zaña, TOMO V, Salzgitter, 1973.

Con el apoyo de esta documentación en el presente informe se ha tratado de determinar la cantidad de material sólido transportado en suspensión. Se reserva para informes posteriores una interpretación más amplia del fenómeno estudiado, que incluye el tratamiento estadístico del registro histórico de tal forma de poder establecer la posibilidad de ampliar esta serie.

2.0 LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 LA CUENCA - CARACTERISTICA MORFOLOGICA

La cuenca del río Zaña está ubicada políticamente en los departamentos de Cajamarca y Lambayeque y, geográficamente comprendida entre los paralelos $6^{\circ}44'$ y $7^{\circ}02'$ de Latitud Sur y los meridianos $78^{\circ}53'$ y $79^{\circ}43'$ de Longitud Oeste.

La cuenca del río Zaña que abarca una extensión horizontal de $2,900 \text{ km}^2$. limita por el Norte con la cuenca del río Lambayeque Chancay, por el Sur con la cuenca del río seco de San Gregorio o Chamán y por el Sur-Este con la cuenca de Jequetepeque, todos ellos pertenecientes a la Hoya Hidrográfica del Pacífico.

En consecuencia la cuenca del río Zaña no se origina en la divisoria continental de los Andes; por ello se dice que tiene un carácter secundario.

La parte superior o cuenca alta, que se extiende aguas arriba del pueblo de las Delicias (250 m.s.n.m.) abarca una extensión de 851 km^2 , y es prácticamente la zona húmeda en donde se produce

casi la totalidad de la escorrentía.

En su seno se registran altitudes que sobrepasan los 3,500 m.s.n.m. como los cerros Coshuro, Huachulla, Piedra Redonda Larga, Pedregal y Las Estacas. La cuenca superior también ofrece una vegetación de semejanza amazónica debido a la precipitación abundante. Esta vegetación que se aprecia más arriba de los 400 m.s.n.m., es muy diferente a la flora que se presenta en la cuenca superior de los ríos Chancay y Jequetepeque, lo que permite concluir que la cuenca del río Zaña está caracterizada por un régimen local más húmedo.

La cuenca inferior comprendida entre Las Delicias y la desembocadura en el Océano Pacífico, es donde está localizado propiamente el Valle, allí las precipitaciones son esporádicas y la escorrentía se ve incrementada irregularmente por el aporte del río Nanchoc o Tingues en época de verano.

El río Zaña nace a los 3,600 m.s.n.m. de los manantiales del cerro Huachulla incrementándose con los aportes de la Qda. de Quinua y río La Majada (3,400 m.s.n.m.) que se originan en los cerros Piedra Redonda Larga, y del río La Cascarrilla con nacientes en los cerros Pedregal y las Estacas.

Aunque el principal afluente del río Zaña es el río Udimá o Chulis que desemboca a la altura de la Hda. Espinal (400 m.s.n.m.), por la margen derecha, en todo su recorrido por la cuenca superior, el río Zaña recibe contribuciones de diferentes riachuelos y quebradas entre los cuales figuran: Río Las Argollas, Quebrada Honda, Quebrada La Laja, Quebrada San Isidro y Quebrada El Palmo.

En la cuenca inferior y por la margen izquierda, cerca a Nueva Arica (200 m.s.n.m.) el río Zaña recibe los aportes del río Nanchoc, también llamado Tingues cuyas nacientes están a los ---

3,200 m.s.n.m. Este río es de régimen irregular, sólo algunos años en épocas de avenidas trae agua, permaneciendo seco el mayor tiempo. y su cuenca dispone de un área de 436 Km².

El río Zaña tiene una longitud total de 115 Km. de los cuales recorre en la parte alta hasta Espinal 42 km. y en la parte inferior 73 km. Mientras que en la parte superior alcanza una pendiente promedio de 6.8 %, en la inferior sólo logra 0.4% de pendiente razón por la cual de Espinal hacia arriba hay escasez de sedimentos finos predominando la erosión, en la parte inferior su perfil está muy cerca del perfil de equilibrio, no existiendo fuerte transporte de sedimentos en contraposición con lo que sucede en el Chancay y Jequetepeque en los que el aluvionamiento es grande aunque no de cuidado.

2.2 DESCRIPCION Y UBICACION DE LA ESTACION EL BATAN

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

La estación de aforos El Batán funciona desde 1919 bajo el control de la Administración de Aguas del Ministerio de Agricultura. Dicha estación se encuentra ubicada en la zona del pueblo Bebederos, donde el río Zaña fluye a lo largo del flanco izquierdo del valle y con una leve curvatura a la derecha presenta una pendiente relativamente constante y tiene buena distribución de flujo sobre todo la sección de medición. Las coordenadas geográficas de esta estación son 6°50' Latitud Sur y 79°18' Longitud Oeste y se encuentra en la cota 212 m.s.n.m.

Hasta la estación El Batán, el río Zaña drena una cuenca de 670 km². A partir de 1971 el Proyecto Jequetepeque-Zaña instaló, pocos metros aguas arriba de la mencionada estación, otra, equipada con una mira de nivel, un limnógrafo, y una oroya, realizando desde Marzo 1971 mediciones independientes de las de la Administración de Aguas.

Durante la crecida de 1972 la oroya quedó destruída, posteriormen-

te la estación fue reinstalada y actualmente se encuentra funcionando.

2.3 PERIODO DE REGISTRO

La estación El Batán como se mencionó anteriormente, proporciona datos de hidrometría desde el año 1919 controlado por la Administración de Aguas y a partir de OCT. 71, el Proyecto Jequetepeque - Zaña, en forma paralela controla dicha estación suministrando información hidrométrica y recién a partir del 19 de FEB. 72 realiza muestreo de sedimentos en suspensión, contando hasta la fecha con cuatro años de registro continuo de sedimentos en suspensión (1972-1976). Esta estación continúa operando normalmente.

3.0 PROCEDIMIENTO, METODO Y CRITERIO EMPLEADO EN LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



3.1 EQUIPO DE MUESTREO Y LABORATORIO

El equipo de muestreo utilizado consiste en :

- a) Una sonda turbimétrica de fabricación nacional cuyas características se muestran en el esquema de la lámina adjunta.
- b) Recipientes de plástico (bidones) de 1/2 galón de capacidad.

El equipo de Laboratorio se compone de :

- a) Papel filtro de 100 grs/m².
- b) Balanza analítica con una precisión de 0.001 grs.
- c) Horno eléctrico
- d) Desecador

3.2 SECCION DE MUESTREO

La sección de muestreo se encuentra ubicada en la misma estación de aforo El Batán.

3.3 METODOS DE MUESTREO

Para estimar las concentraciones de material en suspensión se ha utilizado los métodos de muestreo recomendado en el folleto titulado: "Programa de Investigación del Transporte de Sólidos en los Ríos J_equetepaque y Cajamarca-Campaña de Muestreo del Período de Aven_idas de 1971". Dicho folleto propone dos métodos que a continuación se describe:

a) Muestreo con sonda turbimétrica.

En este método la sección se divide en tres zonas.

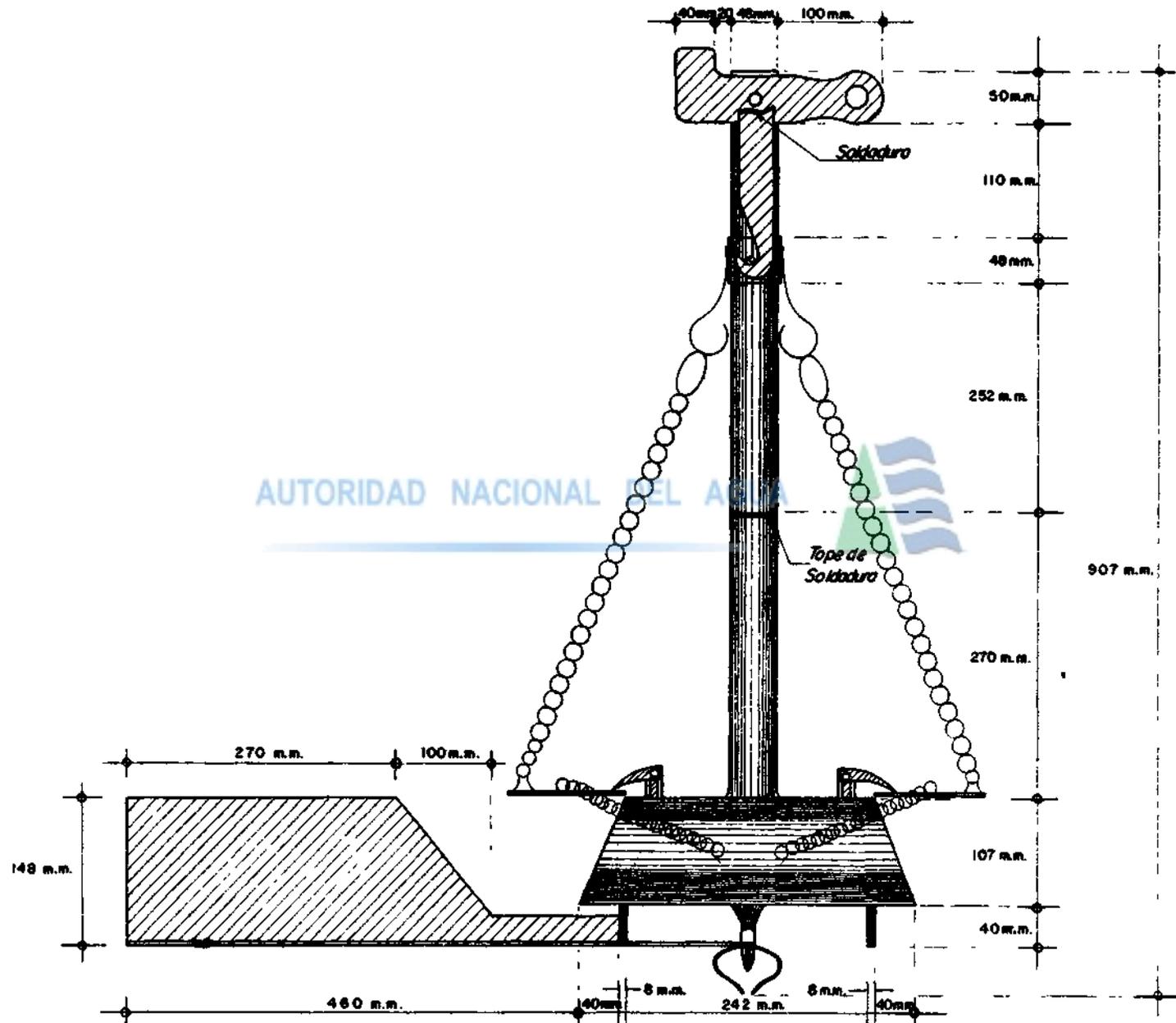
El muestreo se realiza en la sección vertical central de cada una de ellas. En cada una de las tres verticales se toman tres muestras: en la superficie, el centro y a 15 cms. del fondo - (ver croquis).

En total para cada proceso de muestreo se extraen (9) nueve -- muestras puntuales. El lapso entre la toma de dos muestras pun_tuales consecutivas es de 10 minutos, tiempo que corresponde a la operación de izaje de la sonda hasta el puente, vaciado de la muestra y colocación de la sonda en la nueva posición de muestreo.

b) Muestreo Superficial

Se realiza utilizando sonda o balde. la operación de muestreo - se ejecuta en la vertical 1 y 2 de la sección muestreo.

VISTA LATERAL DE LA SONDA TURBIOMETRICA



3.5 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se centra en la toma de muestras, tal como se explica en los métodos anteriormente expuestos.

Cada muestra se vierte en un recipiente plástico (bidón) en el cual se indica con un marcado adecuado, la hora de toma, la vertical de muestreo y la profundidad del punto muestreado.

Las muestras así tomadas se recogen semanalmente de la estación El Batán y se trasladan al Laboratorio del Proyecto en la ciudad de Pacasmayo, para ser analizadas.

3.6 TRABAJO DE LABORATORIO Y/O GABINETE

3.6.1 Trabajo de Laboratorio

Para determinar la concentración de sólidos en la muestra de agua se utiliza el método de papel filtro.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

A continuación se describe el procedimiento de análisis seguido en el Laboratorio:

a) Preparación de la muestra

Antes de la operación de muestreo se debe asegurar - que los bidones (recipientes) estén limpios de tierra y lodo. Asimismo se debe tener especial cuidado en su cierre hermético después de vacear la muestra en ellas. Se descartan todos aquellos recipientes que presenten fugas.

b) Preparación de los papeles filtro

Para separar los sólidos del agua se utiliza pliegos de papel filtro de 100 gr/m². El papel filtro se dobla en cuatro partes, se pone en clip de acero inoxidable y luego se coloca en el horno donde permanece de 1 a

1 1/2 hora a una temperatura de 110°C. Luego los filtros se colocan a un desecador donde se dejan enfriar por espacio de 1 1/2 hora. Posteriormente se pesan en una balanza analítica de una precisión de 0.001 gr. El peso resultante se registra como peso de la tara -- (filtro + clip).

c) Separación de los sólidos por filtración

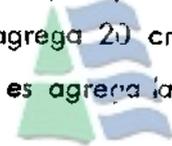
Cada papel filtro se dobla y coloca en embudos de vidrios o metal, luego la muestra se vacía parcial y paulatinamente al embudo hasta agotar el volumen muestreado, para tal objeto se utiliza una probeta graduada de vidrio.

Se lleva un registro de los volúmenes vaciados para determinar el volumen total. En caso de que quede material fino adherido al recipiente se agrega 20 cm³. de agua limpia para lavarla. Esta agua es agregada luego al embudo.

d) Secado y pesado del papel filtro y los sólidos.

Terminada la operación de separación de los sólidos los papeles se doblan en 4 partes y luego diagonalmente de tal forma que presentan una superficie triangular.

Luego se ajusta en su vértice abierto con el clip de metal y se le somete a un presecado a 70° C durante un lapso de dos horas. Posteriormente y en el momento más conveniente para la operación del Laboratorio esta muestra se transfiere al horno con una temperatura constante de 110° C donde se le mantiene por dos horas, transcurrido este tiempo se saca y coloca en un desecador por espacio de 30 minutos. Finalmente, los papeles se pesan y su resultado se registra como peso



de la muestra más la tara.

e) Registro y cálculo de los resultados

Los registros de las características del proceso de muestreo y de la determinación de sólidos se efectúan en formato especialmente diseñado para el efecto.

3.6.2 TRABAJO DE GABINETE

El trabajo de gabinete se centra en el procesamiento de datos de campo y laboratorio a fin de determinar la cantidad de material sólido en suspensión que transporta el río Zaña por la sección de muestreo.

A continuación se describe los pasos seguidos para el cálculo del transporte de sólido.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



a) Cálculo de la concentración media - C_c en gr/L.

Una vez obtenida las concentraciones puntuales se determina la concentración media en la sección transversal tomando el promedio de las concentraciones en los puntos muestreados. Este valor obtenido para las concentraciones se considera como valor medio diario (ver cuadros VII al X del anexo).

El gasto medio diario se obtiene del limnógrafo con que está prevista la estación.

b) Cálculo del caudal medio sólido Q_s en Kg/s.

El caudal medio sólido diario se obtiene multiplicando la concentración media por los caudales medio diarios, vale decir :

$$Q_s = C_c Q$$

donde : C_c = concentración media en gr/l o kg/m³.

Q_s = caudal medio sólido en kg/s.

Q = caudal medio líquido en m³/s.

Asimismo el caudal medio sólido mensual se determinó mediante el promedio aritmético de los caudales medios sólidos diarios del mes estudiado (ver cuadros III al VI).

- c) Cálculo del transporte de sólidos en suspensión T_s en T.M.

El transporte diario de sólidos en suspensión se obtuvo multiplicando el caudal medio sólido diario por el número de segundos del día (86,400). Asimismo el transporte mensual se obtuvo sumando los valores de transporte diarios del mes correspondiente (ver cuadros III al VI).

En general para un período (día, mes, año), el transporte correspondiente de material sólido en suspensión se obtuvo integrando el caudal sólido de material en suspensión en el tiempo correspondiente, es decir:

$$T_s = \sum Q_s t$$

donde : T_s = transporte en T.M. (día, mes, año)

Q_s = caudal medio sólido en kg/s (diario, mensual, anual).

t = número de segundos (día, mes, año)

- d) Cálculo de la masa de material sólido en suspensión (M_s)

Para obtener la masa de material sólido en suspensión

se divide el transporte de sólidos en suspensión entre el peso específico aparente, $\gamma_s = 1.35 \frac{T.M.}{m^3}$, asu_mido para estas cálculos.

Es decir:

$$M_s = T_s / \gamma_s$$

M = volumen en M3

T_s = transporte de material sólido en suspensión en toneladas métricas.

γ_s = peso específico aparente.

e) Cálculo de la erosión específica de la Cuenca, E_s.

En el cálculo de E_s se considera, únicamente, la parte de la erosión correspondiente al material sólido en suspensión. Su valor se obtiene dividiendo el transporte por el área de la cuenca respectiva (ver cuadros III al VI).

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Su fórmula es:

$$E_s = \frac{T_s}{A}$$

donde :

E_s = erosión específica de la cuenca

A = área de la cuenca en km² (460)

T_s = transporte de material en suspensión en T.M. (valores mensuales).

4.0 RESULTADOS

4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Se ha considerado como concentración media, para toda la sección, como se indicó anteriormente, el promedio de las muestras puntuales

correspondiente a cada muestreo.

4.2 MAGNITUD DEL TRANSPORTE EN SUSPENSIÓN

En la sección de la estación El Batán el transporte de sólidos en sus pensión correspondiente a cuatro (4) años de registro hidrológico -- (Oct. 72 - Set. 76) suma un total de 0.17 Mio de T.M. arrojando un promedio, para los 4 años, de 0.043 Mio de T.M./año (ver cuadro I).

Estimando un peso específico aparente de 1.35 T.M./año el volumen total de material sólido en suspensión para los 4 años de registro -- (Oct. 72- Set. 76) fue de 0.127 Mio de m³/ y un promedio de - 32,000 m³/año (ver cuadro I).

El máximo transporte anual se registró el año 1974-75 con 80,000 T. M./año. El mínimo se registró el año 1973-74 con sólo 7,550 T.M./ año (ver cuadro II).

El máximo transporte mensual se registró en Abr. 75 con 42,000 T.M. y un mínimo de 123 T.M./mes registrado en Dic. 75 (ver cuadro II).

La erosión específica anual *E_s de la cuenca del río Zaña de los cuatro (4) años de registro, período Oct. 72 - Set. 74 arrojó un promedio de 64 T.M./km² por año que corresponde a una erosión superficial de 0.05 m.m.

El gráfico de correlación, en papel logarítmico, entre las masas -- anuales de agua y de material en suspensión no muestra ninguna ten dencia entre los puntos plateados.

* E_s se refiere a la erosión de cuenca correspondiente a la parte de material sólido transportado.

ANEXOS

CUADROS Y DIAGRAMAS
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



CUADRO 1

RIO ZAÑA - ESTACION "EL BATAN"

TRANSPORTE DE SOLIDOS EN SUSPENSION

Año Hidrológico	Masa Anual de agua (Mio M3)	Transporte Anual Material en suspensión (Miles T.M.)	Masa Anual Material suspensión (Miles M ³)
1972-73	295.4	50.8	37.6
1973-74	200.1	7.6	5.6
1974-75	374.4	80.1	59.3
1975-1976	297.1	33.8	25.0
Total	1,167.0	172.3	127.5
Promedio	291.8	43.1	31.9

Peso específico aparente, $\gamma_s = 1.35 \text{ T.M./m}^3$

CUADRO II

RIO ZAÑA - ESTACION "EL BATAN"

TRANSPORTE MENSUAL DE SOLIDOS EN SUSPENSION T.M./Mes

Año Hidrológico	Mes	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	Total Anual
1972-73		356	254	1,157	2,285	2,797	29,460	9,938	2,828	557	271	423	508	50,834
1973-74		536	778	364	707	1,084	935	1,151	648	430	161	155	601	7,550
1974-75		354	283	163	3,996	1,439	28,841	42,273	887	433	254	206	962	80,091
1975-76		2,140	557	123	18,259	3,475	2,228	1,392	747	4,380	155	142	161	33,759
TOTAL		3,386	1,872	1,807	25,247	8,795	61,464	54,754	5,110	5,800	841	926	2,232	172,234

CUADRO III
RIO ZAÑA - ESTACION "EL BATAN"
DESCARGAS Y MATERIAL EN SUSPENSION
AÑO HIDROLOGICO 1972 -73

A = 670 km²

Mes	Q m ³ /s.	Q _s kg/s.	M Mio de m ³	I _s T. M.	$\sum I_s$ T. M.	E _s T. M./km ²
OCT.	4.3	0.133	11.5	356	356	0.53
NOV.	2.5	0.098	6.5	254	610	0.38
DIC.	4.5	0.432	12.1	1,157	1,767	1.73
ENE.	8.7	0.853	23.3	2,285	4,052	3.41
FEB.	9.5	1.156	23.0	2,797	6,849	4.17
MAR.	19.3	10.999	51.7	29,460	36,309	43.97
ABR.	23.7	3.834	61.4	9,938	46,247	14.83
MAY.	14.8	1.056	39.6	2,828	49,075	4.22
JUN.	8.8	0.215	22.8	557	49,632	0.83
JUL.	6.2	0.101	16.6	271	49,903	0.40
AGO.	4.5	0.158	12.1	423	50,326	0.63
SET.	5.7	0.196	14.8	508	50,834	0.76
TOTAL			295.4	50,834		

CUADRO IV
RIO ZAÑA - ESTACION "EL BATAN"
DESCARGAS Y MATERIAL EN SUSPENSION
AÑO HIDROLOGICO 1973- 74

A = 670 Km²

Mes	Q m ³ /s.	Q kg/s.	M Mio m ³	T _s T. M.	Σ T _s T. M.	E T. M. ^s /km ²
OCT .	5.8	0.200	15.5	536	536	0.80
NOV.	8.3	0.300	21.5	778	1,314	1.16
DIC.	5.2	0.136	13.9	364	1,678	0.54
ENE.	6.5	0.264	17.4	707	2,385	1.06
FEB.	9.2	0.448	22.3	1,084	3,469	1.62
MAR.	8.1	0.349	21.7	935	4,404	1.40
ABR.	8.0	0.444	20.7	1,151	5,555	1.72
MAY.	7.2	0.242	19.3	648	6,203	0.97
JUN.	6.5	0.166	16.8	430	6,633	0.64
JUL .	4.6	0.060	12.3	161	6,794	0.24
AGO.	3.1	0.058	8.3	155	6,949	0.23
SET.	4.0	0.232	10.4	601	7,550	0.90
TOTAL			200.1	7,550		

CUADRO V

RIO ZAÑA - ESTACION "EL BATAN"

DESCARGAS Y MATERIAL EN SUSPENSION

AÑO HIDROLOGICO 1974-75

A = 670 km²

Mes	Q m ³ /s.	Q _s kg/s	M Mio m ³	T _s T.M.	Σ T _s T.M.	E _s T.M./km ²
OCT.	5.7	0.132	15.3	354	354	0.53
NOV.	4.2	0.109	10.9	283	637	0.42
DIC.	4.1	0.061	11.0	163	800	0.24
ENE.	11.3	1.492	30.3	3,996	4,796	5.96
FEB.	9.9	0.595	24.0	1,439	6,235	2.24
MAR.	32.8	10.768	87.9	28,841	35,076	43.05
ABR.	31.9	16.309	82.7	42,273	77,349	63.09
MAY.	14.3	0.331	38.3	887	78,236	1.32
JUN.	9.7	0.167	25.1	433	78,669	0.65
JUL.	6.0	0.095	16.1	254	78,923	0.38
AGO.	4.5	0.077	12.1	206	79,129	0.31
SET.	8.0	0.371	20.7	962	80,091	1.44
TOTAL			374.4	80,091		

CUADRO VI
RIO ZAÑA - ESTACION "EL BATAN"
DESCARGAS Y MATERIAL EN SUSPENSION
AÑO HIDROLOGICO 1975- 76

A = 670 Km²

Mes	Q m ³ /s.	Q _s kg/s	M Mio de m ³	T _s T.M.	Σ T _s T.M.	E _s T.M./km ²
OCT.	13.6	0.799	36.4	2,140	2,140	3.19
NOV.	6.9	0.215	17.9	557	2,697	0.83
DIC.	3.9	0.046	10.4	123	2,820	0.18
ENE.	11.8	6.817	31.6	18,259	21,079	27.25
FEB.	13.7	1.387	34.3	3,475	24,554	5.19
MAR.	14.1	0.832	37.8	2,228	26,782	3.33
ABR.	14.3	0.537	37.1	1,392	28,174	2.08
MAY.	12.0	0.279	32.1	747	28,921	1.11
JUN.	11.9	1.690	30.8	4,380	33,301	6.54
JUL.	4.9	0.058	13.1	155	33,456	0.23
AGO.	3.5	0.053	9.4	142	33,598	0.21
SET.	2.4	0.062	6.2	161	33,759	0.24
TOTAL			297.1	33,759		



CUADRO VII

PROYECTO: JEQUETEPEQUE-ZAÑA

ESTACION: "EL BATAN"

RIO ZAÑA

CONCENTRACIONES MEDIAS DIARIAS gr/lit.

DEL AÑO HIDROLOGICO 1972 - 1973

Día	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
01	0.025	0.065	0.030	0.020	0.071	0.033	0.080	0.030	0.010	0.020	0.020	0.010
02	0.025	0.030	0.020	0.020	0.046	0.080	0.807	0.035	0.010	0.010	0.025	0.010
03	0.055	0.020	0.020	0.020	0.077	0.027	0.523	0.035	0.020	0.010	0.020	0.020
04	0.045	0.020	0.025	0.030	0.048	0.020	0.100	0.040	0.010	0.015	0.025	0.020
05	0.030	0.025	0.050	0.030	0.060	0.162	0.050	0.135	0.025	0.020	0.215	0.025
06	0.140	0.020	0.035	0.160	0.183	0.027	0.060	0.035	0.025	0.035	0.025	0.020
07	0.060	0.035	0.020	0.090	0.170	0.028	0.230	0.205	0.070	0.020	0.020	0.025
08	0.040	0.040	0.020	0.085	0.170	0.027	0.240	0.165	0.025	0.010	0.015	0.025
09	0.020	0.030	0.040	0.325	0.147	1.669	0.020	0.155	0.010	0.010	0.030	0.085
10	0.040	0.035	0.030	0.145	0.036	1.246	0.070	0.055	0.010	0.010	0.030	0.030
11	0.025	0.035	0.020	0.075	0.943	0.117	0.115	0.080	0.005	0.010	0.025	0.020
12	0.025	0.035	0.020	0.075	0.206	0.098	0.128	0.040	0.010	0.020	0.020	0.010
13	0.020	0.060	0.530	0.205	0.082	0.074	0.151	0.180	0.020	0.015	S.D.	0.005
14	0.010	0.040	0.105	0.075	0.055	0.037	0.065	0.155	0.010	0.015	S.D.	0.015
15	0.015	0.030	0.030	0.080	0.042	0.030	0.090	0.060	0.020	0.015	S.D.	0.015
16	0.045	0.025	0.025	0.050	0.035	0.053	0.077	0.055	0.020	0.015	S.D.	0.010
17	0.025	0.030	0.030	0.345	0.040	0.026	0.047	0.040	0.010	0.010	0.015	0.010
18	0.020	0.025	0.345	0.050	0.015	0.074	0.043	0.030	0.010	0.015	0.030	0.025
19	0.025	0.035	0.185	0.100	0.030	0.171	0.033	0.030	0.045	0.015	0.045	0.075
20	0.115	0.025	0.040	0.035	0.020	0.020	0.040	0.030	0.070	0.015	0.030	0.020
21	0.025	0.040	0.045	0.045	0.017	0.061	0.025	0.025	0.060	0.010	0.030	0.070
22	0.025	0.020	0.025	0.030	0.187	0.020	0.580	0.035	0.020	0.010	0.020	0.085
23	0.020	0.020	0.025	0.230	0.023	0.153	0.035	0.035	0.020	0.010	0.025	0.095
24	0.025	0.025	0.025	0.065	0.023	0.321	0.035	0.020	0.025	0.010	0.025	0.020
25	0.020	0.050	0.020	0.035	0.023	0.083	0.055	0.045	0.010	0.015	0.025	0.020
26	0.015	0.070	0.025	0.035	0.010	0.338	0.060	0.015	0.045	0.015	0.020	0.025
27	0.035	0.055	0.035	0.048	0.017	0.172	0.174	0.015	0.025	0.010	0.025	0.010
28	0.045	0.060	0.025	0.065	0.020	0.133	0.055	0.040	0.030	0.020	0.015	0.025
29	0.030	0.060	0.090	0.055		0.077	0.065	0.010	0.010	0.050	0.020	0.010
30	0.020	0.055	0.025	0.061		2.767	0.035	0.030	0.005	0.030	0.025	0.020
31	0.020		0.020	0.053		0.240		0.010		0.015	0.020	

CUADRO VIII

PROYECTO: JEQUETEPEQUE-ZAÑA

ESTACION: "EL BATAN"

RIO ZAÑA

CONCENTRACIONES MEDIAS DIARIAS gr/lit.

DEL AÑO HIDROLOGICO 1973 - 1974

Día	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
01	0.030	0.025	0.015	0.245	0.240	0.049	0.045	0.030	0.025	0.025	0.010	0.100
02	0.025	0.030	0.010	0.065	0.035	0.064	0.035	0.035	0.010	0.015	0.015	0.050
03	0.145	0.010	0.010	0.035	0.010	0.025	0.050	0.030	0.025	0.010	0.010	0.020
04	0.025	0.010	0.010	0.025	0.010	0.025	0.035	0.065	0.025	0.005	0.005	0.035
05	0.025	0.010	0.010	0.030	0.010	0.025	0.035	0.025	0.020	0.005	0.010	0.175
06	0.005	0.020	0.010	0.035	0.010	0.259	0.035	0.085	0.020	0.010	0.010	0.030
07	0.020	0.190	0.010	0.035	0.010	0.071	0.110	0.045	0.015	0.005	0.010	0.030
08	0.065	0.045	0.010	0.020	0.020	0.025	0.085	0.040	0.015	0.015	0.015	0.035
09	0.150	0.045	0.010	0.010	0.025	0.030	0.045	0.049	0.010	0.010	0.015	0.025
10	0.090	0.020	0.010	0.015	0.010	0.020	0.030	0.040	0.010	0.020	0.020	0.020
11	0.025	0.010	0.015	0.010	0.010	0.015	0.050	0.010	0.010	0.010	0.020	0.025
12	0.025	0.005	0.010	0.015	0.010	0.020	0.035	0.035	0.015	0.015	0.015	0.020
13	0.020	0.010	0.010	0.015	0.015	0.015	0.030	0.015	0.010	0.015	0.025	0.040
14	0.030	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.055	0.010	0.015	0.015	0.025	0.030
15	0.015	0.010	0.020	0.010	0.015	0.015	0.065	0.020	0.010	0.015	0.020	0.050
16	0.055	0.010	0.055	0.025	0.015	0.020	0.189	0.010	0.005	0.015	0.015	0.020
17	0.020	0.060	0.040	0.050	0.015	0.025	0.126	0.015	0.010	0.010	0.020	0.020
18	0.005	0.020	0.020	0.015	0.015	0.020	0.046	0.015	0.025	0.010	0.020	0.030
19	0.015	0.020	0.015	0.015	0.079	0.020	0.010	0.010	0.015	0.010	0.025	0.040
20	0.010	0.030	0.010	0.010	0.093	0.015	0.010	0.025	0.025	0.010	0.015	0.030
21	0.015	0.030	0.010	0.010	0.104	0.025	0.015	0.005	0.070	0.010	0.015	0.025
22	0.010	0.035	0.015	0.020	0.050	0.015	0.005	0.015	0.040	0.010	0.015	0.055
23	0.000	0.025	0.010	0.015	0.040	0.020	0.005	0.015	0.070	0.010	0.015	0.035
24	0.010	0.035	0.075	0.020	0.035	0.030	0.010	0.035	0.025	0.020	0.010	0.090
25	0.010	0.025	0.015	0.015	0.025	0.030	0.010	0.010	0.025	0.015	0.010	0.085
26	0.005	0.025	0.010	0.015	0.020	0.025	0.015	0.025	0.025	0.015	0.015	0.025
27	0.000	0.025	0.010	0.025	0.077	0.040	0.015	0.040	0.075	0.030	0.025	0.030
28	0.020	0.010	0.105	0.015	0.048	0.035	0.055	0.080	0.020	0.010	0.035	0.030
29	0.015	0.015	0.035	0.010		0.030	0.020	0.080	0.015	0.010	0.015	0.055
30	0.020	0.015	0.110	0.010		0.025	0.035	0.035	0.010	0.015	0.025	0.175
31	0.020		0.035	0.030		0.030		0.035		0.015	0.055	

CUADRO IX

PROYECTO : JEQUETEPEQUE-ZAÑA

ESTACION: "EL BATAN"

RIO ZAÑA

CONCENTRACIONES MEDIAS DIARIAS gr/lit.

DEL AÑO HIDROLOGICO 1974 - 1975

Día	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
01	0.065	0.010	0.015	0.010	0.015	0.145	0.418	0.010	0.020	0.035	0.020	0.020
02	0.015	0.020	0.010	0.010	0.015	0.078	0.160	0.020	0.010	0.040	0.020	0.145
03	0.020	0.010	0.010	0.015	0.010	0.310	0.201	0.010	0.015	0.015	0.015	0.020
04	0.010	0.010	0.005	0.015	0.015	0.146	3.900	0.015	0.015	0.015	0.010	0.015
05	0.010	0.010	0.005	0.010	0.010	0.680	0.546	0.015	0.010	0.020	0.015	0.020
06	0.010	0.015	0.005	0.015	0.025	0.164	0.213	0.060	0.010	0.015	0.010	0.020
07	0.020	0.010	0.005	0.075	0.020	0.114	0.153	0.020	0.020	0.020	0.010	0.020
08	0.070	0.010	0.005	0.030	0.010	0.206	0.190	0.015	0.115	0.010	0.010	0.020
09	0.045	0.010	0.015	0.125	0.015	0.206	0.503	0.010	0.015	0.010	0.015	0.020
10	0.010	0.010	0.015	0.010	0.020	0.050	0.376	0.020	0.010	0.015	0.010	0.020
11	0.015	0.020	0.005	0.015	0.010	0.035	0.264	0.020	0.010	0.015	0.010	0.030
12	0.010	0.025	0.010	0.010	0.010	0.030	0.110	0.120	0.010	0.010	0.015	0.025
13	0.010	0.010	0.015	0.010	0.040	0.076	0.055	0.025	0.005	0.010	0.015	0.050
14	0.015	0.015	0.010	0.080	0.030	0.251	0.030	0.020	0.010	0.010	0.015	0.045
15	0.010	0.015	0.015	0.420	0.035	1.545	0.060	0.025	0.010	0.010	0.010	0.060
16	0.015	0.015	0.015	0.080	0.020	0.381	0.040	0.015	0.010	0.020	0.010	0.030
17	0.035	0.015	0.010	0.630	0.065	0.186	0.118	0.010	0.010	0.020	0.010	0.170
18	0.020	0.010	0.010	0.020	0.223	0.290	0.045	0.015	0.010	0.010	0.010	0.030
19	0.010	0.015	0.020	0.025	0.035	0.158	0.020	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010
20	0.020	0.010	0.030	0.040	0.035	0.101	0.055	0.010	0.010	0.020	0.010	0.050
21	0.010	0.020	0.010	0.025	0.084	0.118	0.030	0.020	0.010	0.010	0.005	0.045
22	0.070	0.010	0.040	0.030	0.160	0.102	0.095	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015
23	0.030	0.020	0.040	0.015	0.091	0.238	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015
24	0.025	0.010	0.020	0.010	0.015	0.108	0.020	0.010	0.010	0.015	0.020	0.010
25	0.010	0.010	0.010	0.015	0.010	0.726	0.040	0.010	0.010	0.010	0.020	0.020
26	0.005	0.080	0.015	0.010	0.015	0.178	0.020	0.015	0.010	0.010	0.015	0.030
27	0.010	0.025	0.015	0.010	0.010	0.228	0.015	0.020	0.010	0.010	0.030	0.145
28	0.010	0.160	0.010	0.015	0.128	0.006	0.020	0.010	0.010	0.010	0.015	0.030
29	0.010	0.020	0.010	0.010		0.006	0.020	0.030	0.010	0.010	0.020	0.025
30	0.010	0.020	0.010	0.010		0.006	0.010	0.020	0.020	0.010	0.025	0.035
31	0.005		0.010	0.015		0.518		0.010		0.020	0.050	

CUADRO X

PROYECTO: JEQUETEPEQUE-ZAÑA

ESTACION: "EL BATAN"

RIO ZAÑA

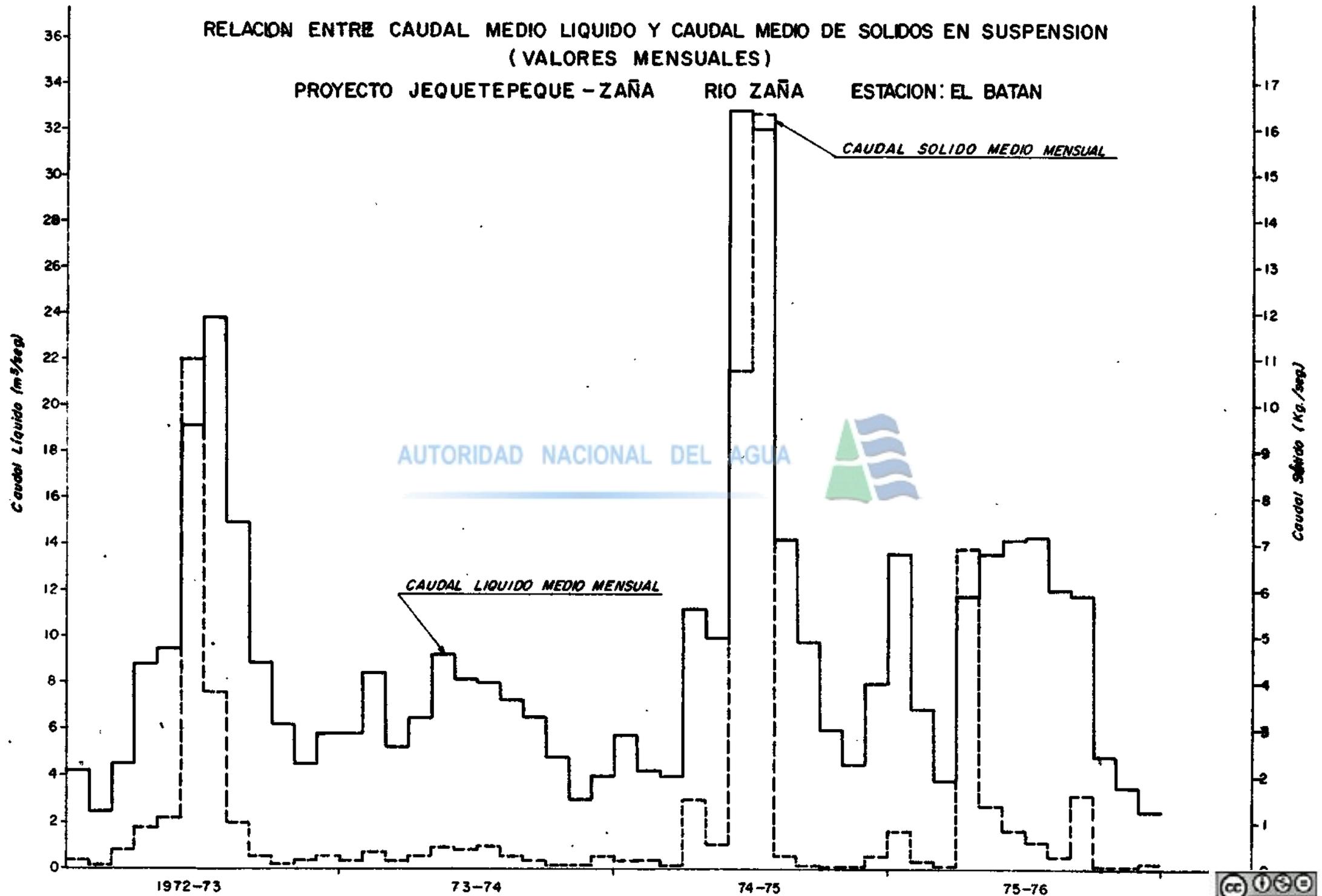
CONCENTRACIONES MEDIAS DIARIAS gr/lit.

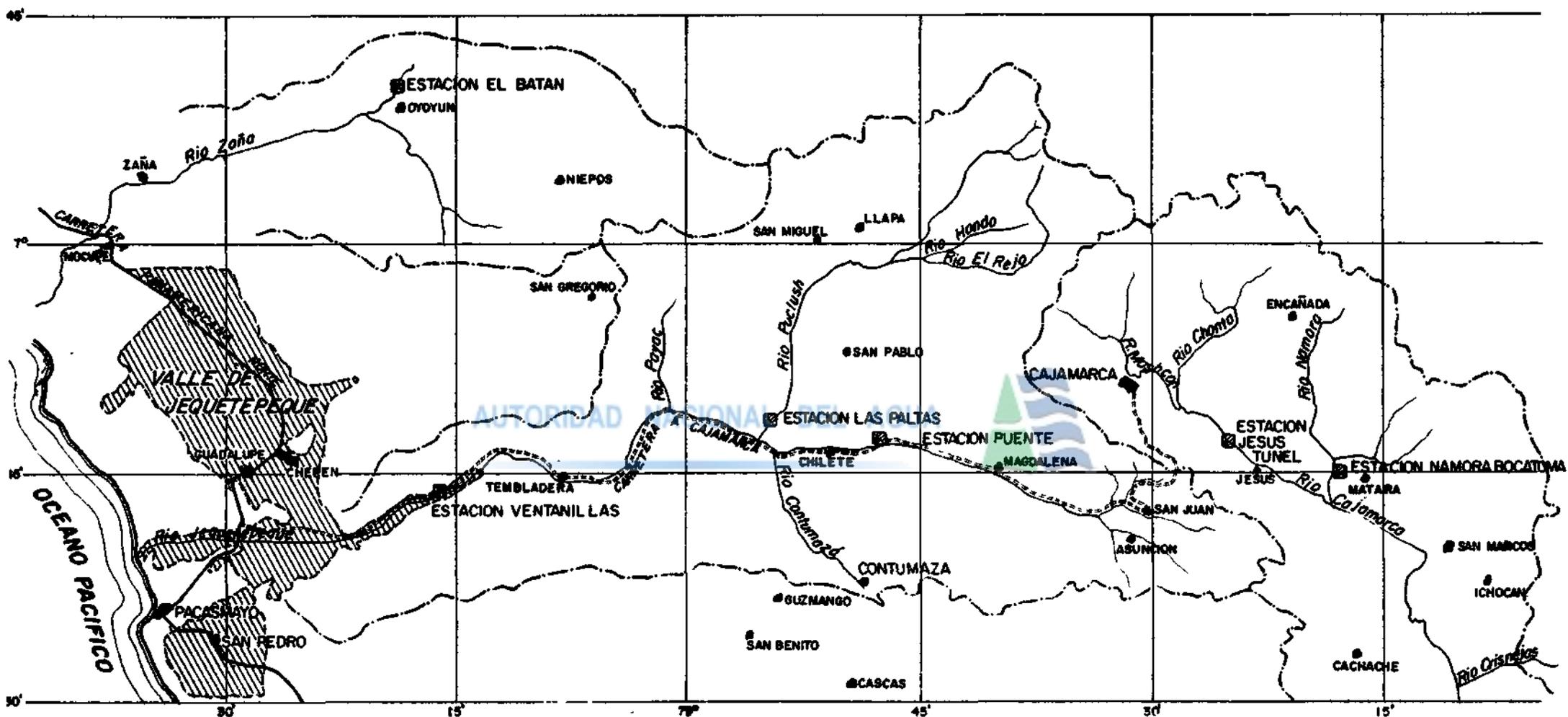
DEL AÑO HIDROLOGICO 1975 - 1976

Día	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
1	0.050	0.040	0.010	0.010	0.616	0.073	0.060	0.010	0.020	0.010	0.010	
2	0.030	0.030	0.010	0.010	0.103	0.100	0.025	0.010	0.060	0.010	0.010	
3	0.105	0.015	0.010	0.010	0.046	0.065	0.020	0.060	0.020	0.010	0.010	
4	0.030	0.025	0.010	0.010	0.040	0.050	0.025	0.025	0.170	0.010	0.010	
5	0.015	0.010	0.010	0.010	0.010	0.020	0.020	0.015	0.035	0.010	0.010	
6	0.025	0.015	0.010	0.040	0.010	0.015	0.010	0.107	0.010	0.010	0.005	
7	0.020	0.010	0.010	0.025	0.015	0.015	0.015	0.030	0.010	0.010	0.015	
8	0.025	0.010	0.010	0.020	0.015	0.010	0.020	0.010	0.183	0.010	0.005	
9	0.035	0.015	0.010	0.035	0.030	0.010	0.020	0.050	0.070	0.010	0.010	
10	0.086	0.020	0.010	0.020	0.010	0.010	0.025	0.010	0.643	0.020	0.010	
11	0.015	0.025	0.010	0.025	0.010	0.020	0.015	0.010	0.447	0.010	0.005	
12	0.193	0.025	0.010	0.015	0.020	0.025	0.057	0.010	0.137	0.015	0.010	
13	0.146	0.015	0.010	0.010	0.025	0.040	0.067	0.010	0.125	0.010	0.010	
14	0.068	0.040	0.010	0.010	0.015	0.040	0.023	0.010	0.070	0.010	0.010	
15	0.123	0.060	0.010	0.030	0.040	0.043	0.010	0.010	0.110	0.015	0.010	
16	0.040	0.030	0.010	0.015	0.025	0.430	0.010	0.010	0.055	0.015	0.010	
17	0.070	0.015	0.010	0.010	0.025	0.070	0.260	0.010	0.025	0.015	0.010	
18	0.096	0.040	0.020	0.010	0.025	0.040	0.017	0.010	0.030	0.015	0.005	
19	0.040	0.020	0.020	0.010	0.025	0.030	0.010	0.010	0.020	0.015	0.020	
20	0.020	0.055	0.015	0.025	0.025	0.063	0.010	0.050	0.025	0.015	0.035	
21	0.020	0.065	0.010	0.145	0.060	0.020	0.015	0.010	0.020	0.010	0.025	
22	0.010	0.085	0.020	0.030	0.210	0.070	0.033	0.010	0.030	0.010	0.025	
23	0.045	0.030	0.015	0.433	0.063	0.045	0.015	0.015	0.020	0.010	0.035	
24	0.025	0.020	0.010	0.160	0.080	0.025	0.010	0.020	0.020	0.010	0.020	
25	0.030	0.020	0.020	0.043	0.050	0.025	0.035	0.035	0.015	0.010	0.020	
26	0.025	0.025	0.015	0.015	0.050	0.020	0.123	0.010	0.010	0.010	0.030	
27	0.030	0.020	0.010	0.010	0.070	0.015	0.027	0.010	0.015	0.010	0.025	
28	0.020	0.020	0.010	0.020	0.045	0.020	0.020	0.010	0.010	0.010	0.020	
29	0.025	0.015	0.010	0.030		0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.025	
30	0.020	0.020	0.010	0.025		0.120	0.010	0.020	0.010	0.015	0.015	
31	0.035		0.015	2.646		0.020		0.010		0.020	0.020	

RELACION ENTRE CAUDAL MEDIO LIQUIDO Y CAUDAL MEDIO DE SOLIDOS EN SUSPENSION (VALORES MENSUALES)

PROYECTO JEQUETEPEQUE - ZAÑA RIO ZAÑA ESTACION: EL BATAN





**PLANO DE UBICACION
DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO SOLIDOS EN SUSPENSION
PROYECTO JEQUETEPEQUE-ZAÑA
PLANO N°1**

LEYENDA

- ☐ Estaciones Limnigráficas
- Muestreo Sólidos en Suspensión



ESCALA GRAFICA



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

