

MODELO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DE LAS BAMBAS

MODEL TO HYDRIC RESOURCE MANAGEMENT IN BAMBAS BASIN

Alfonso Romero Baylón*, Nemesio Espinoza Herrera*, Daniel Lovera Dávila*,
Carlos Malpartida Domínguez

RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad mostrar un modelo de gestión de los recursos hídricos de las distintas cuencas que componen la Cuenca de las Bambas en Apurímac, con el propósito de coadyuvar a la industria extractiva primaria en forma sostenible.

Existen diversas aplicaciones informáticas para la modelización de cuencas y, debido a su carácter multidisciplinario y especialidad específica del tema, para una modelización integral se debe usar varios de ellos, entre éstos podemos mencionar el HidroGeolAnalyst, ModFlow, GeoChemistry, entre otros, con los que se puede hacer el modelamiento de aguas superficiales y/o subterráneas en sus aspectos de lagunas y acuíferos, respectivamente.

Este trabajo propone la aplicación del uso de los recursos hídricos de la zona, sugiriendo de esta forma que los trabajos de prospección y exploración deben considerar estos aspectos dentro de sus campañas respectivas.

Palabras clave: Modelo de gestión de recursos hídricos en cuencas, cuantificación volumétrica de aguas superficiales, aguas subterráneas y modelo conceptual.

ABSTRACT

The present work has by purpose of showing a model of management of the hydric resources of the different river basins that compose the river basin of bambas in Apurímac, in order to help primary the extractive industry in sustainable form.

Diverse computer science applications for the modelización of river basins exist and, due to his multidisciplinary character and specialty it specifies of the subject, for one modelizacion integral is due to use several of them between these we can mention the HidroGeolAnalyst, ModFlow, GeoChemistry among others, with which the modelamiento can be done respectively of superficial and/or underground waters in its aspects of water-bearing and lagoons.

This work proposes the application of the use of the hydric resources of the zone, suggesting of this form that the works of prospection and exploration must consider these aspects within their respective campaigns.

Keywords: Model of management of hydric resources in river basins, volumetric superficial water quantification, underground waters and conceptual model.

* Docentes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

I. Introducción [1, 2, 3, 4, 5]

Una de los aspectos más importantes de los modelos de cuencas es la orientación y uso de las ecuaciones matemáticas para calcular resultados como el volumen de escorrentía o el flujo máximo.

El modelo teórico incluye un grupo de leyes generales o principios teóricos. Si se conocieran bien las leyes teóricas o todas las leyes físicas fundamentales y se pudieran describir por medio de ecuaciones de física matemática, el modelo tendría una base Física.

Dependiendo del carácter de los resultados obtenidos, los modelos se clasifican como *estocástico* o *determinístico*. Si una o más variables de un modelo matemático se consideran como variables aleatorias que tienen distribuciones en la probabilidad, entonces el modelo es *estocástico*. Pero Si de todas las variables se consideran libres de variación aleatoria, el modelo es *determinista*.

También es importante hablar de los *modelos de casos* y los *modelos continuos*, sendo el primero aquella que representa un caso singular de escorrentía producido durante un periodo de tiempo que abarca desde, aproximadamente, una hora hasta algunos días. Las condiciones iniciales en la cuenca hidrográfica para cada caso se deben poner o determinar por otros medios, y ofrecerlas como datos de entrada.

Un modelo continuo de cuenca es aquel que funciona durante un periodo de tiempo, determinando los índices de flujo y las condiciones, tanto durante los periodos de escorrentia como de los periodos de no escorrentía superficial.

Los modelos para una cuenca hidrográfica son modelos para los que la fuente primaria de los datos es la precipitación y otros datos meteorológicos, y la salida de datos es el hidrograma de la cuenca hidrigráfica que debe cumplir la relacion:

$$\text{Precipitacion} - \text{Evapotranspiración real} = \text{Escorrentía} \pm \text{cambio en el almacenamiento.}$$

II. PARÁMETROS DE MODELO [6, 7, 8]

1. Definir el problema, información necesaria y preguntas a contestar.
2. Usar el método más simple para dar respuesta a las preguntas.
3. Usar el modelo más simple que ofrezca precisión.

4. No adecuar el problema al modelo, sino seleccionar un modelo que se adecúe al problema.
5. Encontrar el modelo conceptual.

2.1. Ubicación

El terreno en evaluación tiene un área total de 7 605 238 Ha, tiene un perímetro de 47 225 793 m y se ubica en el departamento de Apurímac a altitudes entre 3700 y 4600 msnm. El área de estudio se ha dividido en tres zonas: Ferrobamba, Chalcobamba-Charcas y Sulfobamba (ver tabla N.º 1).

Tabla N.º 1. Coordenadas UTM del perímetro del área de estudio.

Punto	Norte	Este
P1	8 438 500	796 000
P2	8 438 500	794 000
P3	8 440 500	791 000
P4	8 441 700	790 000
P5	8 441 700	789 000
P6	8 440 500	789 000
P7	8 440 500	778 500
P8	8 446 500	778 500
P9	8 446 500	792 000
P10	8 443 000	792 000
P11	8 443 000	796 000

2.2. Geología

La mineralización de cobre en Las Bambas está principalmente emplazada en los contactos de calizas de la formación Ferrobamba y las rocas intrusivas de la Era Terciaria (granodiorita, cuarzo monzonita y cuarzo diorita). Las calizas corresponden a la Era Cretácea, similar a los depósitos de Skarn en Tintaya, Antamina y Magistral.

La forma de mineralización más común es la calcopirita, que contiene oro y plata, asociados con cobre. La mineralización se distribuye en bloques fallados de granate y magnetita en skarn. Las rocas con alteración potásica y silicificación presentan calcopirita diseminada. La mineralización de enriquecimiento secundario es ligera, debido a la erosión glacial intensa y a la densidad de skarn.

Las unidades litológicas ígneas y sedimentarias que afloran en el distrito minero de Las Bambas son las formaciones Hualhauani, Mara y Ferrobamba, cuyas eras van desde el Jurásico Superior al Cretáceo Superior.

Aunque varios minerales metálicos se han encontrado en Las Bambas, solamente algunos minerales ocurren en cantidades económicas y casi exclusivamente en el cuerpo skarn.

2.3. Hidrogeología

El área del Proyecto se encuentra por encima de los 4000 msnm; en ella se encuentran seis cuencas que se agrupan para formar la red del río Santo Tomás, tributario del Apurímac en la gran cuenca amazónica.

Las características geológicas de la zona determinan un tipo de fisiografía en la que la roca aflorante, en muchos casos, puede ser parte del yacimiento; de cumbres redondeadas con presencia de detritos finos formados por el meteorismo de las heladas, lluvias o por el intenso calor durante el día. De laderas entre suaves y agrestes, como pequeñas plataformas, que dan origen al nacimiento de ojos de agua o a la formación de bofedales. Por lo que en las partes altas y planas existen cinco lagunas que conforman un acuífero, cuya caracterización es de suma importancia. La calidad del acuífero en mención, dados los afloramientos aguas abajo, puede determinar su uso adecuado.

Con la información de campo recopilada sobre la topografía, tipo de suelo, calicatas, etc. se establece un perfil de estratos litológicos que describe el comportamiento del acuífero en el área del proyecto.

Roca sana. Roca original sin fracturamientos que forma el substrato impermeable. Se encuentra a profundidades que varían entre 3 y 4 m, en zonas de laderas pronunciadas, y aún menos en afloramientos. En las zonas altas pueden alcanzar de 8 a 10 m, como también en áreas de baja pendiente, conformando pequeñas laderas. El coeficiente de impermeabilización para este tipo de roca es del orden de 10^{-8} a 10^{-10} m/s.

Roca fracturada. Estrato que se encuentra sobre la roca sana; puede tener un ancho variable, dependiendo del grado de solidez de la roca madre. Se asume valores de 2 a 3 m de profundidad y la presencia de un acuífero prácticamente inmóvil, a excepción de fracturas de espesor importante. El coeficiente de impermeabilización para este tipo de estratos es de 10^{-7} a 10^{-9} m/s.

Material aluvial. Material de cubierta que tiende a ser de grano más fino en áreas de terrazas o en zonas de bofedales o lagunas. En general, este tipo de material de transporte sedimenta en las zonas mencionadas, en contraste con el material aluvial de las laderas, relativamente más grueso y con ausencia de limos. El coeficiente de permeabilidad varía de 10^{-5} a 10^{-7} m/s, por lo que este material permite una mayor velocidad del acuífero, a diferencia de las zonas de plataforma.

Afloramientos.- Materiales que se encuentran cerca de la superficie, sobresalen de la misma por ser más resistentes a la erosión. Modifican los acuíferos y muchas veces los confinan, obligándolos a salir a superficie formando manantiales o simplemente bofedales. Característica muy común en la zona del presente proyecto.

2.4. Características del acuífero

Superficialmente el acuífero se identifica por la presencia de bofedales, manantiales y nacientes de ríos.

Los principales bofedales, lagunas y nacientes de ríos en cada una de las cuencas están identificados en el área del Proyecto. En general, los acuíferos alimentan los cursos de las quebradas, aún en tiempos de estiaje, dependiendo esto último del tamaño del acuífero y sus características.

El manejo del agua en las zonas aledañas al proyecto se indica a continuación en base a datos estimados.

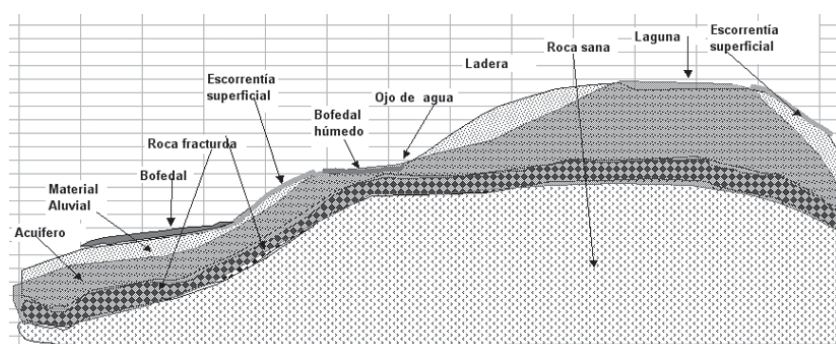


Figura N.º 1. Modelo conceptual del acuífero.

El acuífero de las quebradas de Charcacocha y Huasijasa, que se dirigen al norte, presenta niveles medios de bofedales con gradientes de 4 a 5%. Más adelante, saliendo del bofedal, la pendiente se incrementa a un 7%; y sólo en zonas abruptas, puede sobrepasar el 12%. Se estima el relieve superficial como la gradiente del acuífero.

Estimando la constante de permeabilidad y conociendo la gradiente hidráulica, es posible calcular la velocidad del acuífero con la ayuda de la siguiente relación:

$$V = k \cdot i$$

Por lo que el acuífero del bofedal se desplaza a una velocidad de:

$$V = 10^{-7} \text{ m/s} \cdot 4,5 \times 10^{-2} = 4,5 \times 10^{-9} \text{ m/s, en zonas onduladas de baja pendiente}$$

Y cuando atraviesa materiales coluviales en zonas de alta pendiente, la velocidad del acuífero es:

$$V = 10^{-5} \text{ m/s} \times 1,2 \times 10^{-1} = 1.2 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

Prácticamente, incrementa su velocidad relativa unas 500 veces.

2.5. Estimación de caudales [10, 11]

Una característica del acuífero es el transporte de agua, que naturalmente varía por las recargas debidas a las precipitaciones estacionales.

Una manera práctica de estimar el volumen del acuífero es midiendo la mayor velocidad que adquiere éste, en zonas donde la quebrada se angosta; los estratos que forma son promedios, con partículas de tamaño intermedio, ni muy fino ni muy granular.

Resumen de caudales en Ferrobamba

Descripción	ESTE X (m.)	NORTE Y (m.)	COTA Z (m.)	Q (l/s)
Río Ferrobamba	793972	8439874	3790	175,0
Captación de Agua para Operac. Perforac.	794239	8442689	4304	0,060
Filtración Komerikaka	793365	8441512	4430	0,163
Filtr. Antiguo colector Centronum	793849	8441238	4029	0,022
Filtr. Frente a túnel antiguo	793804	8440702	3952	3,700
Filtr. Bajando acceso	793801	8440699	3951	2,500

Resumen de caudales en Chalcobamba

Descripción	ESTE X (m.)	NORTE Y (m.)	COTA Z (m.)	Q (l/s)
Filtración Takeruta	793750	8439802	3811	0,030
Filtración Alto Ferrobamba	790175	8440860	3986	24,0
Captación de agua para operac. chalcobamba	787047	8444842	4436	1,000
Descarga de bofedal aguas abajo	786443	8445158	4311	4,000
Descarga de laguna toloracocha	785257	8444162	4337	17,000
Caudal del río Chalcobamba - Chuspire	788067	8443118	4259	75,000
Descarga de laguna Chalcobamba	787555	8443596	4300	42,000
Captación de agua para campamento minero*	792352	8440396	3840	28,800

El acuífero de las quebradas de Charcacocha y Huasijasa, en su recorrido medio, puede alcanzar una amplitud de hasta 500 m, con espesores del sustrato de unos 8 m; se estima que el nivel freático se encuentra a 3 m debajo de la superficie y presenta unos 5 m de altura del acuífero, durante la temporada de inspección de campo (mes de julio).

Considerando una sección del orden de 2500 m², el caudal puede medirse por la siguiente relación:

$$Q = V \cdot S = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \cdot 2,5 \cdot 10^3 \text{ m}^2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ l/s}$$

2.6. Calidad de los acuíferos

Las aguas, en contacto con zonas mineralizadas, pueden arrojar un incremento en las concentraciones de iones metálicos. Los reportes de análisis para la evaluación del contenido de metales y sólidos (totales disueltos y totales en suspensión) en las muestras de aguas subterráneas en coordenadas dadas y AM-1, indican unos rangos de concentración en cationes metálicos muy por debajo de los LMP de las Clases I y III de la Ley General de Aguas. Se observa una calidad de aguas blandas en las muestras SW-2 y SW-4, mientras que en las otras dos muestras SW-1 y SW-3 se supera los 100 mg/L de CaCO₃, lo que no representa un valor muy alto de dureza.

Las cuatro muestras de agua, según las coordenadas, presentan valores bajos correspondientes a Coliformes totales, por lo que estas aguas pueden calificarse como aguas de calidad bacteriológica de Clase III (ver tabla N.º 2).

Tabla N.º 2. Análisis de aguas subterráneas (valores de coliformes, totales).

Coord. UTM	8 452 720 N	8 443 000 N
	783 853 E	772 849 E
Zona / descripción	Pamputa / grifo	Progreso / grifo de vivienda
Altitud (msnm)	4117	3875
Flujo (L/s)		
T (C)	12,3	15,4
pH	7,80	7,32
P.O.R. (mv)	332,0	435
Conductividad uS/cm	332	25
STD (mg/L)	194 005	21 005
STS (mg/L)	< 1	< 1

Punto	AM -1
Coord. UTM	8 440 980 N
	793 737 E
Zona / descripción	Ferrobamba Agua de manantial
Altitud (msnm)	3963
Flujo (L/s)	-
T (C)	11,4
pH	8,86
P.O.R. (mv)	233,2
Conductividad uS/cm	116
STD (mg/L)	76 005
STS (mg/L)	< 1

Son, además, aguas que no presentan valores detectables de mercurio y cianuro totales y valores de STS menores a 1 mg/L, por lo que se puede inferir que los acuíferos no se encuentran contaminados.

2.7. Calidad de aguas superficiales

Los reportes de análisis para la evaluación del contenido de metales disueltos y totales, y de sólidos en la muestra de aguas superficiales de MA-1 indican unos rangos de concentración muy por debajo de los LMP de las Clases I y III de la Ley General de Aguas.

Existe una relación directa para todas las muestras entre los valores hallados de Conductividad eléctrica y TDS. Se observa, además, que hay escasa diferencia entre los resultados de concentraciones de iones disueltos y totales. Se trata, además, de aguas bastante limpias, dado que los valores de TSS reportados son, en la mayoría de los casos, cercanos, o aún menores, a 1 mg/L. Llegando a ser el mayor valor de 7005 mg/L. Ninguna de las muestras presenta concentración detectable de Mercurio total. La muestra MA-1 no sobrepasa los límites bacteriológicos en Coliformes totales y fecales de la Clase III, mas no de la Clase I (más exigente en este rubro). La muestra MA-1 está sólo por debajo de los límites para Coliformes fecales de la Clase III, pero excede grandemente –en 10 veces– el límite en Coliformes totales para la misma Clase III.

Por lo que será necesaria la aplicación de un método de desinfección para poder ser consumidas.

Por tanto, las aguas superficiales de la zona en estudio no se encuentran contaminadas con iones metálicos; y, en líneas generales, se pueden

clasificar como aguas para consumo, riego de vegetales y bebida de animales.

III. CALIDAD DE SUELOS

El desarrollo del suelo, como en la mayoría de los Andes peruanos, está limitado por el clima, la fisiografía y la geología. Estos factores, a su vez, afectan el uso de la tierra, a la población y al desarrollo de la comunidad.

Tabla N.º 3. Clasificación de suelos.

SIM	Descripción	ÁREA (Has)
A	Con capacidad para cultivos en limpio	-
C	Con capacidad para cultivos permanentes	869,73
P	Con capacidad para pastos	2956,42
F	Con capacidad para uso forestal	2553,50
X	Con capacidad para protección	1162,15
TOTAL		7541,80

En el área del proyecto, el suelo superficial es típicamente orgánico, de colores marrón oscuro a arena cenagosa negra. Varía de 0,5 a 2 m de espesor de cieno beige a rojizo y/o cieno arenoso cuarteado. En las partes más altas, el suelo superficial se presenta en núcleos locales o depresiones y sobreyace en la roca madre fracturada o erosionada por el ambiente.

En las pendientes planas y más bajas el perfil del suelo generalmente se comprime a los 50 cm de espesor del suelo superficial, en un rango de suelos de arena a arcilla.

IV. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

En base a la información obtenida en la Oficina General de Estadística e Informática del SENAMHI, se hace el registro meteorológico del área del Proyecto durante el periodo comprendido de abril de 2002 hasta marzo de 2003. Éste resulta apropiado para la caracterización de las condiciones climáticas.

De las cuatro estaciones meteorológicas del SENAHMI próximas a la zona del proyecto, la más cercana es la de Tambobamba, a 22 km de distancia.

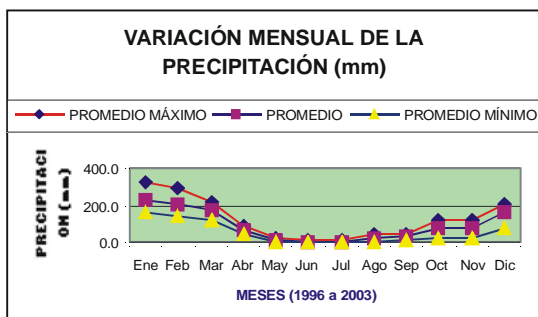
Estación meteorológica: Tambobamba, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac.

Período de registro de la información: Años 1996 - 2003.

4.1. Precipitación pluvial

La precipitación promedio anual en el área del proyecto varía entre 854 y 1189.7 mm/año en el período de 1996 a 2003.

La lluvia máxima dentro de un período de 24 horas ha alcanzado 52.7.



Las condiciones de las lluvias en el periodo entre 1964 y 2002 se caracterizan mediante los registros del pluviómetro de Shorey. Se reporta un promedio anual de lluvias de 1439 mm. La lluvia diaria máxima en un periodo de retorno de 100 años se estima en 64 mm. La precipitación diaria máxima probable se estima en 198 mm.

4.2. Temperatura

Se reporta una temperatura diaria de 4,8 °C como promedio anual en el área del Proyecto. Los datos de la temperatura del aire muestran peque-

ñas fluctuaciones estacionales. El mes más caluroso, febrero de 2003, con una temperatura diaria promedio de 5,6 °C; el más frío, julio de 2002, con una temperatura diaria promedio de 4,2 °C.

4.3 Velocidad y dirección del viento

Los vientos predominantes en el área del Proyecto provienen del noreste. Se reporta una velocidad promedio del viento (Estación ESTM-01) de 16,9 km/h ó 4,7 m/s. La mayor velocidad del viento de 51,1 km/h (14,2 m/s) se observa a mediados de septiembre de 2002.

4.4 Evaporación y Humedad Relativa

La evaporación de las aguas superficiales (evaporación de laguna) se estima en base a los datos regionales de la evaporación en bandeja de las minas cercanas y las estaciones del SENAMHI.

Se reporta un promedio anual de evaporación de las lagunas estimado en 700 mm/año.

Se reporta un promedio anual de humedad diaria relativa en ESTM-01 de 80%.

Ver Anexo N.º 4.4 (Precipitación total mensual, precipitación máxima en 24 horas y dirección y velocidad del viento – Estación Tambobamba, SENAMHI).

V. VALORACIÓN Y CALIDAD DE AGUA *in situ*

La calidad del agua estará en función a la toma de datos superficiales y a profundidades entre 0-40 m, el resto se cuantificará por interpolación y ajuste de curva mediante el Método kriging, esto nos permitirá elaborar isolíneas de partículas en suspensión, contenidos de elementos básicos de agua dulce, entre otros; por supuesto que en el ámbito de planta se hará muy rápidamente, sobre



Figura N.º 2. Toma de datos con GPS.

OJO DE AGUA EN LAS BAMBAS



Figura N.º 3. Afloramiento de acuífero.

todo en la superficie; sin embargo, en las vistas verticales será necesario realizar interpolaciones más sofisticadas, pero que el Datamine ya lo tiene establecido en su kit de herramientas de análisis estadístico (ver figura N.º 2).

Para los acuíferos, es necesario hacer las pruebas de los parámetros establecidos líneas arriba y, además, tener los registros de cada uno de los métodos vistos aquí, para luego establecer su composición y su Ph (ver figura N.º 3).

La valoración para ambos casos se hace mediante el modelo de bloques del Datamine, aplicando las técnicas de suavización de contornos, entre otras herramientas del Datamine.

VI. RESULTADOS ESPERADOS

1. El modelo de cuencas de aguas superficiales (lagos) como de aguas subterráneas (acuíferos) representa una herramienta estratégica que facilitará a las labores subterráneas, tajo abierto o canteras (minería no metálica) manejar óptimamente el recurso agua, tanto requeridas por las operaciones de producción como las requeridas por las comunidades, que, en la mayoría de los casos, este elemento agua mal administrado es motivo de conflictos socio-ambientales, perjudicando a ambas partes por un mal manejo y uso. Del mismo modo el tener caracterizado el recurso agua en sus aspectos cuantitativos y cualitativos hará que la hidrogeología de la zona sea conocida y flexible en su manejo, distribución y uso óptimo.
2. Además el hecho de tener modelado los lagos y acuíferos permitirá a los sectores involucrados hacer un buen manejo de este recurso; es decir, les permitirá a SEDAPAL, ministerio de AGRICULTURA, INRENA, entre otros organismos, a

administrar óptimamente y, sobre todo, saber de antemano la cantidad y establecer los caudales ecológicos de cada uno de ellos, para luego darles una explotación racional y óptima. Pero no sólo a esto contribuirá el modelamiento, sino que también permitirá controlar, establecer su vida útil y prevenir los riesgos de contaminación, desequilibrio geológico debido a la estructura de yacencia, entre otros, permitiéndole establecer las políticas de protección y conservación con un costo viable.

3. Controlar y cuantificar el recurso agua en los acuíferos, permitiéndole establecer la prevención y protección de las mismas por contaminación subterránea y superficial, manteniéndola en equilibrio en relación a la carga y descarga de la misma y, sobre todo, aprovechar eficiente y óptimamente en casos específicos.

VII. CONCLUSIONES

1. Los modelos hidrogeológicos permiten controlar y supervisar la carga y descarga de este recurso, manteniendo un modelamiento de tipo dinámico en relación a su caudal ecológico, que discretizadamente se considera como estable.
3. Este modelo del recurso agua, en particular, nos permite realizar la valoración del recurso en su estado natural; y esto, llevado a un inventario a nivel nacional, permitiría visualizar escenarios futuros de este recurso, referente a: su vida útil, ciclo de vida y, lo más importante, que es la prevención de contaminantes y preservación mediante el uso racional.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. CHARLOTE, HARBORD (1998). *Estimated Economic Value of Resource*. USA.
2. ARTHINGTON, A. and B. PUSEY (1994). «Essential Flow Requirements of River Fish Communities». AWWA Environmental Flows Seminar, Australia.
3. BOVEE, K. A. (1996). «Comprehensive Overview of the Instream Flow Incremental Methodology (IFIM)». United States Geological Survey.
4. MATHUR, D., W. BASON, E. PURDY and C. SILVER. A. *Critique of the Instream Flow Incremental Methodology*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 825-831.
5. ALVES, M. H. (1993). *Métodos de determinação do caudal ecológico. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Hidráulica e Recursos*

- Hídricos*. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 162 pp.
6. ANNEAR, T. C. & CONDER, A.A. (1984). «Relative bias of several fisheries instream flow methods». *North American Journal of Fisheries Management*, 4: 451-539.
 7. BAIN, M. B. & BOLTZ, J. M. (1989). «Regulated Stream Flow and armwater Fish: A General Hypothesis and Research Agenda». Biological Report 89 (18). U. S. Fish and Wildlife Service. Washington, DC. 28 pp.
 8. BOVEE, K.D. (1982) «A Guide to Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper». N.º 12, FWS/OBS-82/26. U.S. Fish and Wildlife Service. Washington, DC. 248 pp.
 9. AUGUSTO NOBRE. *Ecologia das Bacias Hidrográficas e Recursos Geológicos*. Instituto de Zoologia e Estação de Zoologia Marítima. Faculdade de Ciências do Porto. Porto, 23-25 de Maio. pp. 73-79. *Review*, Winter 1985: 22-28.
 10. INEI. (2000-2002) *Compendio Estadístico*. Apurímac. Ministerio de Agricultura.
 11. CORTÁZAR, PEDRO FELIPE (1969). «Documental del Perú». Apurímac, Ioppe Editores e Iberia SA. 3.ª ed. Lima.