Instituto de Hidráulica e Hidrología, UMSA

Impactos de las represas de Jirau y Santo Antonio: Hidráulica y Sedimentos

Jorge Molina C., Philippe Vauchel, Fabiola Ledezma

Reunión Hybam, Tabatinga y Leticia, 2009

Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo FOBOMADE

International Rivers Network

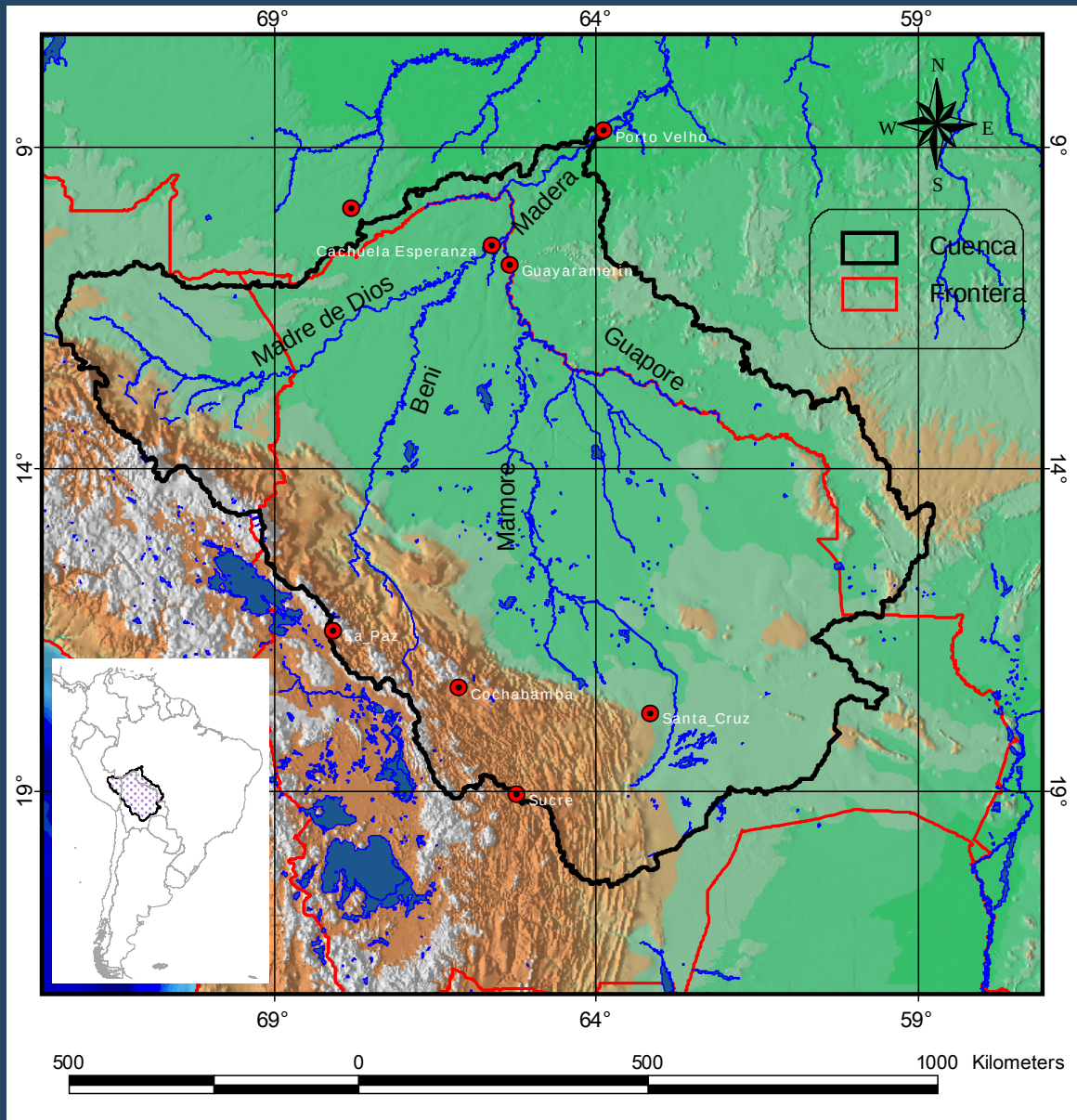
La cuenca

Casi 1 millón de km2 de superficie en Porto Velho

Altísima diversidad geográfica, biológica, climática y gran potencial hidroenergético

Lleva el 95% del caudal de los ríos bolivianos: Q=18000 m3/s

Pto de control	% superf.
Porto Velho	100
Abuná-Vila	94.4
C. Esperanza+ Guayaramerin	91.4



El proyecto

Fuente: Furnas-Odebrecht

4 represas para generación de energía aprovechando el tramo de cachuelas (60 m de desnivel)

Jirau (3300 MW) y Santo Antonio (3150 MW) fueron adjudicados en may 2008 y dic 2007. Santo Antonio se encuentra en construcción

Objetivos del estudio

- Evaluar los efectos que las represas de Jirau y Santo Antonio tendrán sobre el funcionamiento hidráulico (niveles, velocidades, etc) del tramo del río Madera entre Porto Velho y Villa Bella
- Evaluar la posible sedimentación inducida por los embalses

Modelos e información requerida

Remanso: HEC-RAS v 4.0 2008, Steady flow: Perfiles hidráulicos de flujo permanente (considera caudal constante en el tiempo). El mismo modelo se usó en los estudios de factibilidad (2004)

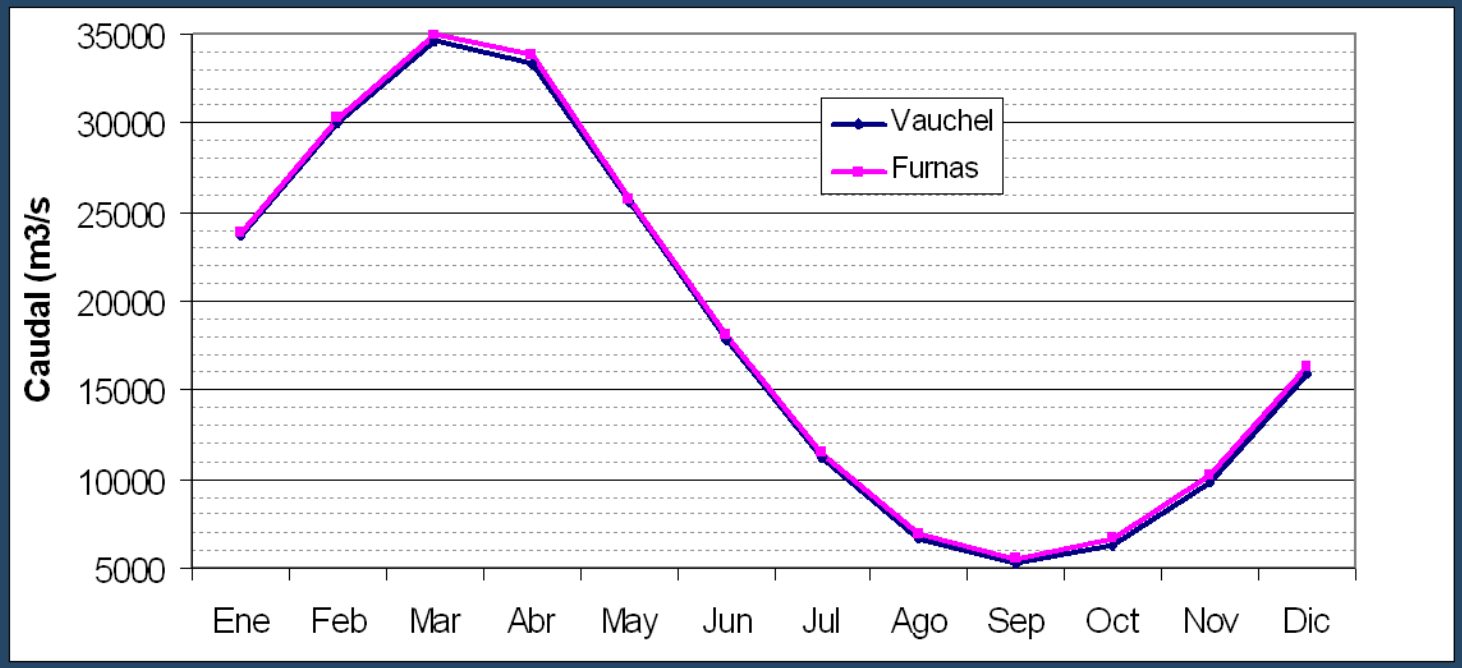
Sedimentación Para evaluar la posible sedimentación inducida por el embalse de Jirau, en el presente estudio se usó el módulo Sediment Transport Analyses (STA) de la versión 4.0 del HEC-RAS. Este módulo, derivado del modelo HEC-6, fue incorporado recientemente (2008). Se usó la ecuación de transporte de Toffaletti, recomendada para grandes ríos de lecho arenoso (Reid y Dunne, 1996)

Datos de entrada al modelo

- Topografía
- Curvas de descarga H-Q y perfiles hidráulicos instantáneos
- Series de tiempo de caudal líquido y caudal sólido
- Tamaño del sedimento transportado

Caudal líquido

Caudal medio mensual en Porto Velho, 1967-05



Caudal medio estimado (m3/s), 1967-05

P.Velho	18348
Abuná-Vila	17265
Cachuela Esperanza + Guayaramerin	17064

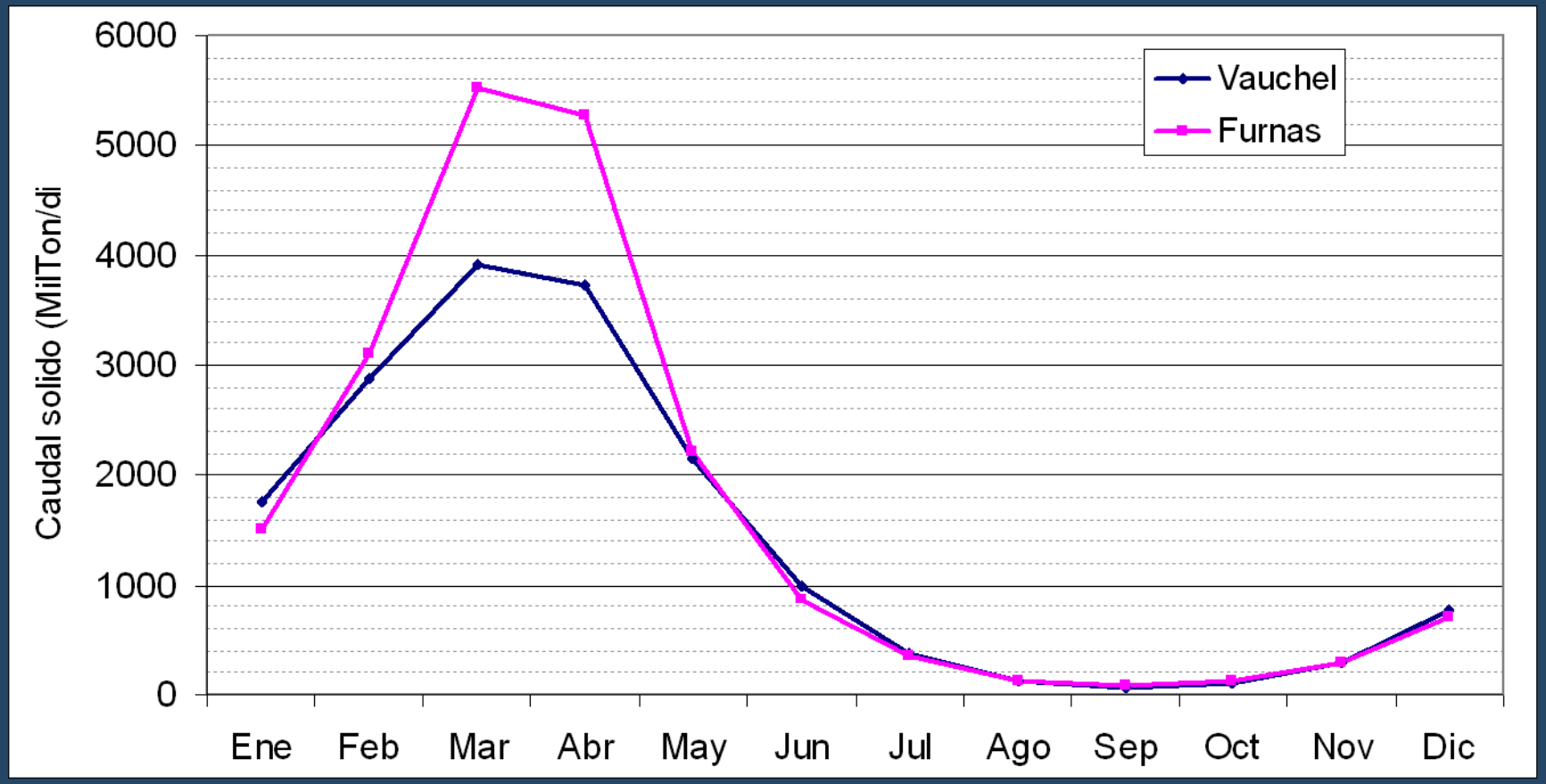
Caudal líquido

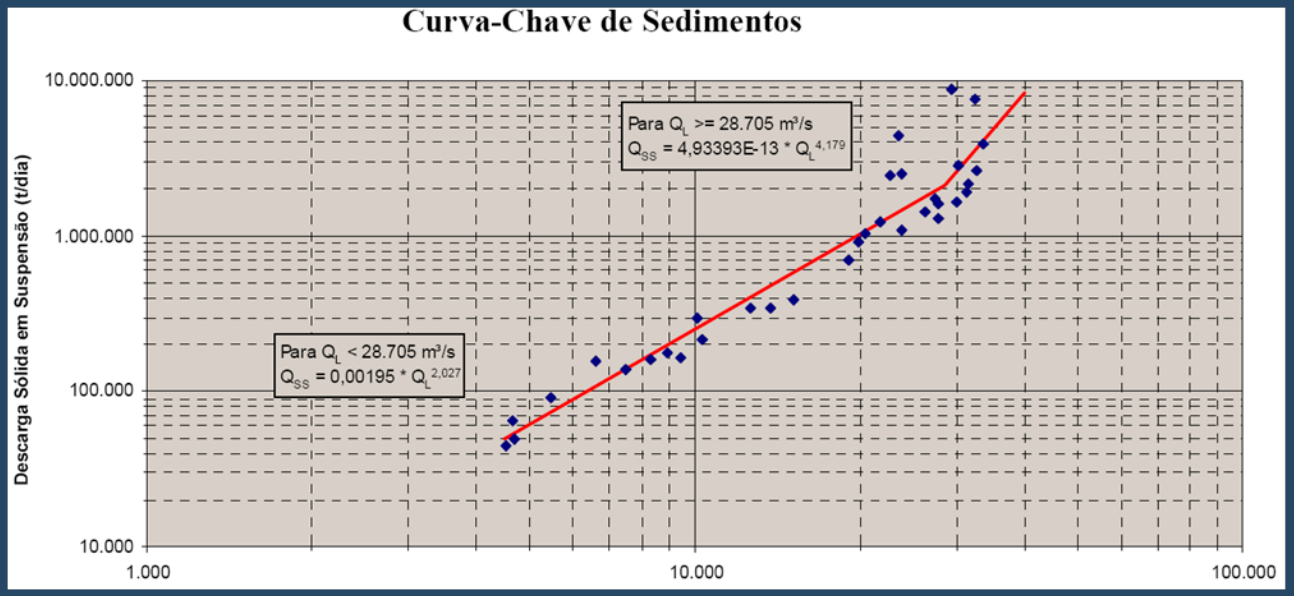
Se usó la serie en Porto Velho obtenida en el presente estudio para el periodo 1967-07, de 40 años de duración (Qm es 1.5% menor al Qm estimado en los estudios complementarios de factibilidad, Furnas)

Caudal sólido en suspensión

La estimación de Qss depende tanto del método y frecuencia de medición como del método de cálculo. Usando los mismos datos y el mismo método de cálculo Qss=f(Q), la estimación de Furnas-Odebrecht (2006) supera en 17.5% a la envolvente superior de Vauchel (2008), para el promedio anual del periodo común 1967-07 (613 y 521 mill.ton/año, respectivamente)

Caudal sólido medio en suspensión (miles ton/día), río Madera en Porto Velho

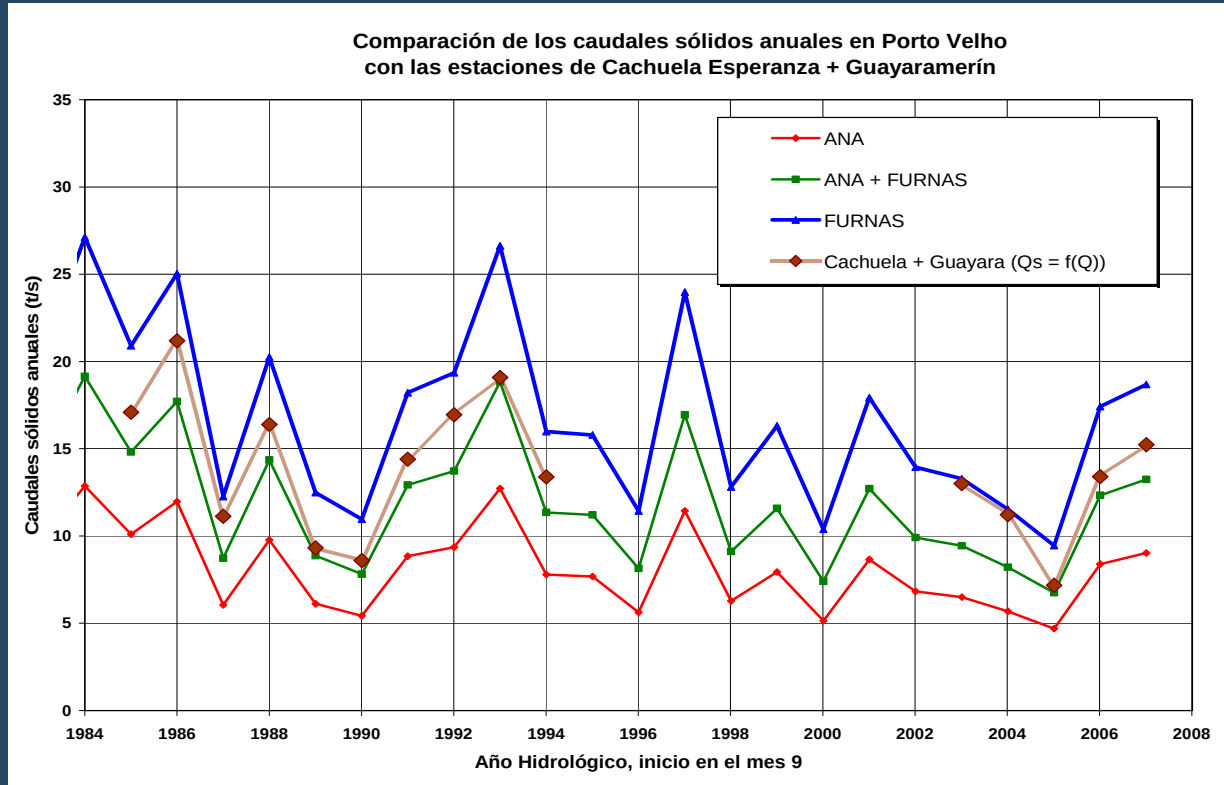


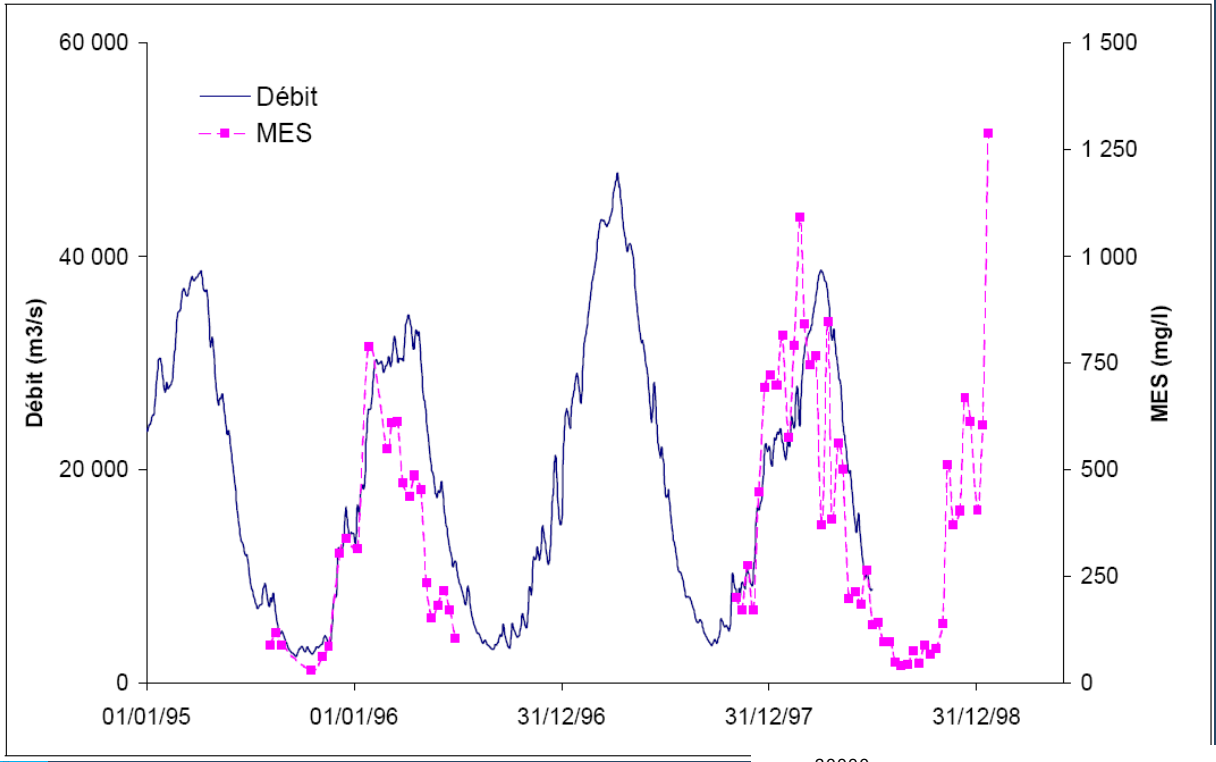


Curva Qss=f(Q), usada en los estudios de factibilidad (2005)

Comparación entre estaciones

Si se aplica la curva ANA + FURNAS, el Qss medio anual (1967-07) es de 407 millones ton/año



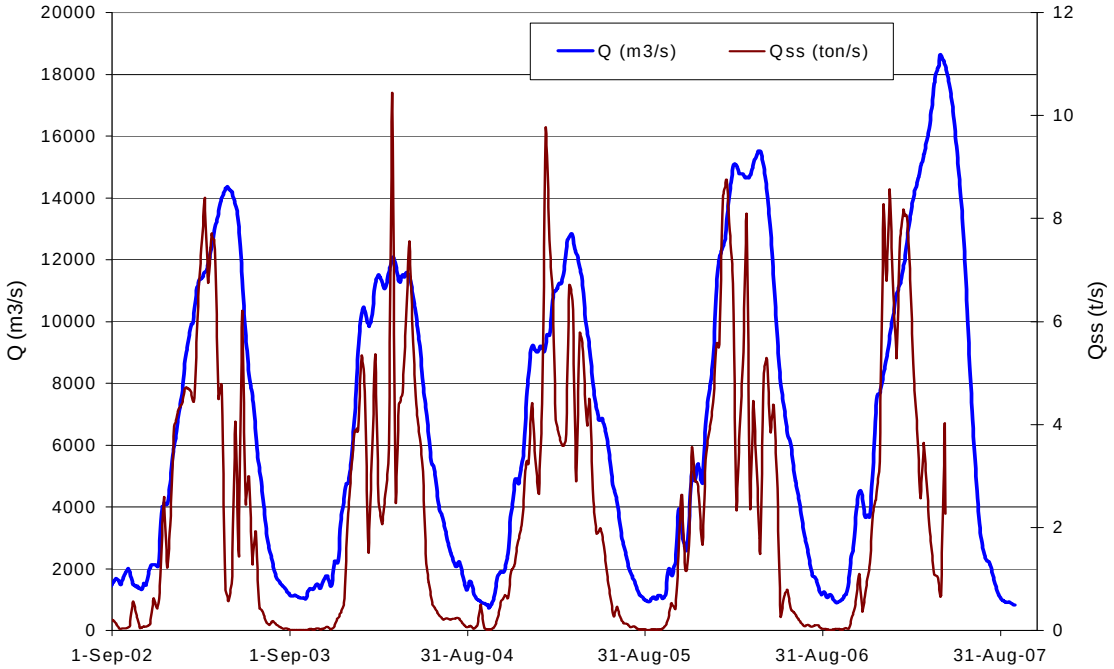


El desfase concentración sedim. susp. - caudal

Caudal líquido (débit) y concentración de sedimentos en suspensión (MES), río Madera en Porto Velho

Fuente: Guyot et al (1999a)

Caudal líquido Q y sólido en suspensión Qss, río Mamoré en Guayaramerin

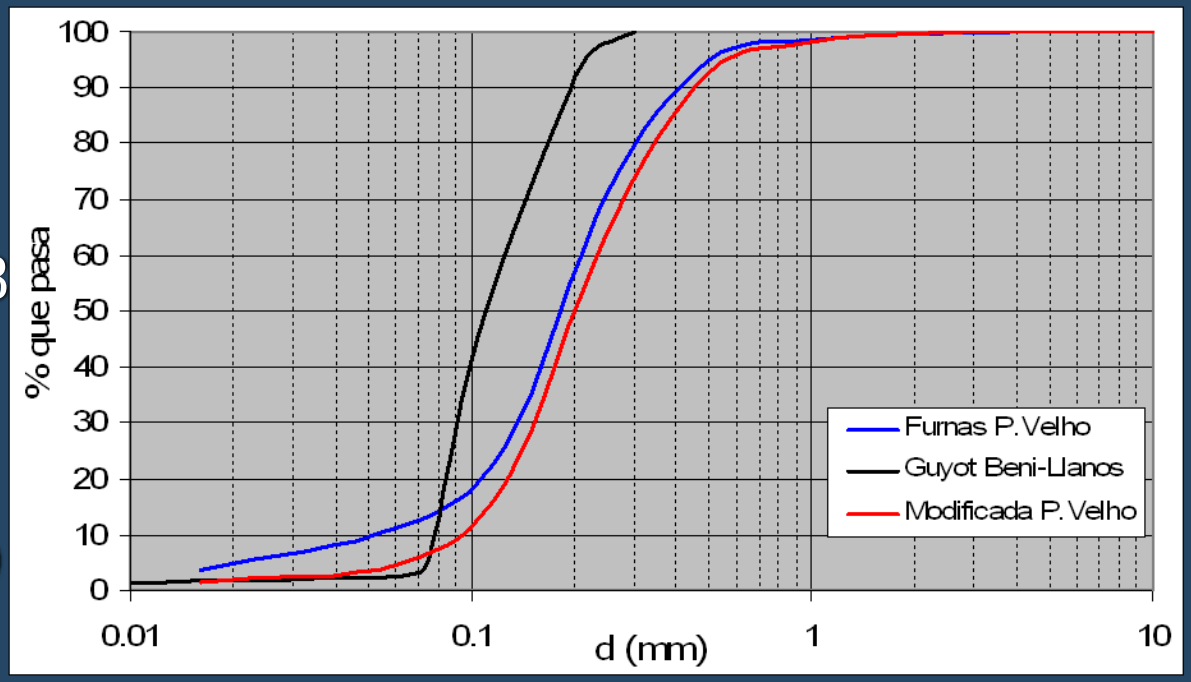


Tamaño del sedimento

Material	% Arcilla	% Limo	% Arena
Suspensión Qss	26.5	63.7	9.9
Carga de Fondo Qsf	1.8	7.0	91.2
Total Qst (Furnas)	25.0	60.6	14.4
Total Qst (Molina et al)	18	66	16

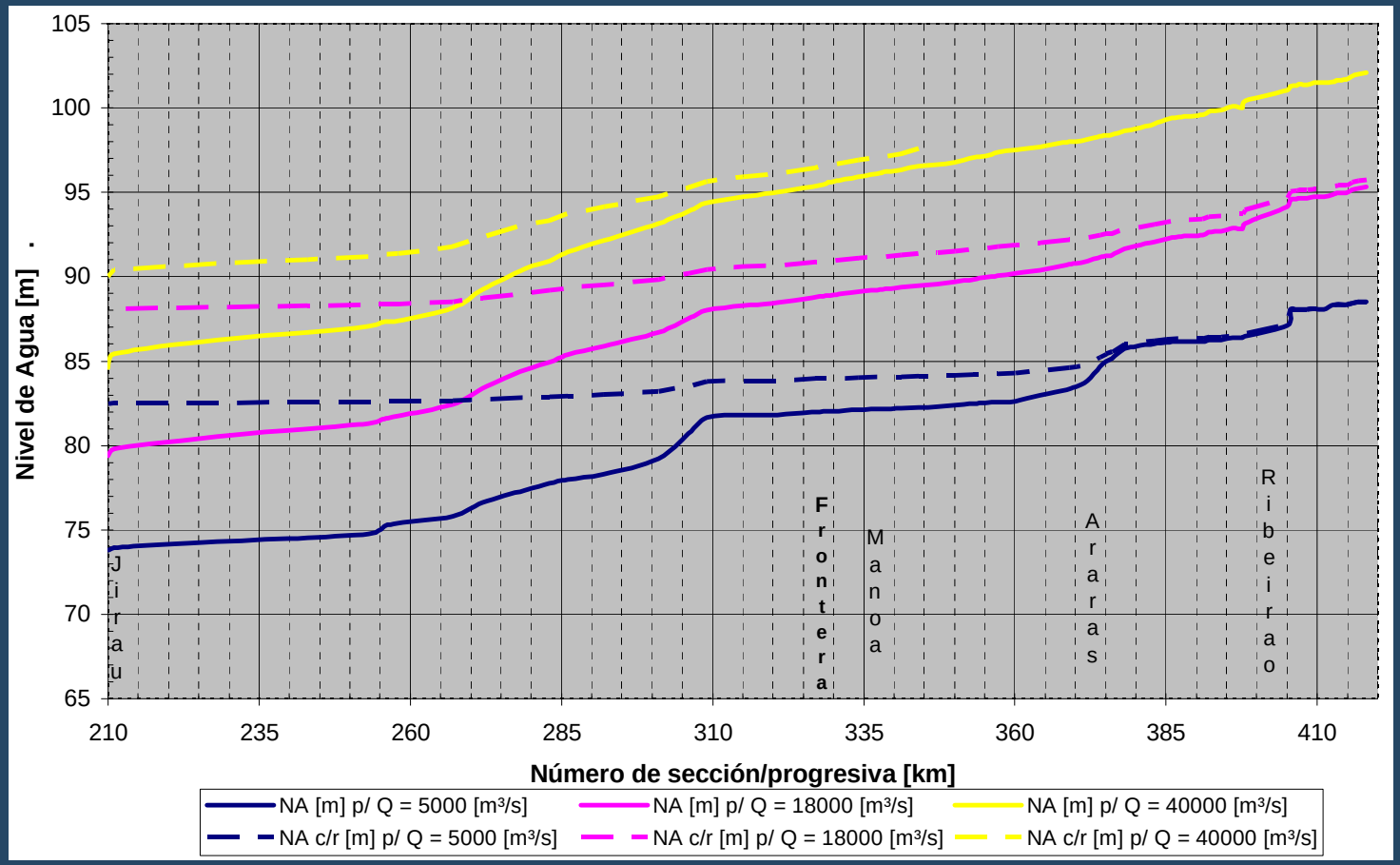
El caudal sólido total Qst se calculó considerando Qsf = 0.06 Qss

Para el tamaño del transporte de fondo, se usó una curva modificada (d50=0.198 mm) en base a los mismos datos de los estudios brasileños. Furnas (d50=0.19 mm) Guyot (d50=0.11 mm)



Resultados: Remanso hidráulico

Línea de agua entre Jirau (210) y cachuela Madera aguas abajo (418.1)



Niveles de agua y sobre-elevación en Manoa/Abuná-Vila

Caudal	5600	6800	10600	15900	16600	22700	23900	29100	33600	40000	48800
NA Natural	82.45	83.55	85.86	88.39	88.68	91.00	91.42	92.75	94.41	96.14	98.10
NA embalse	84.34	85.14	87.57	90.13	90.57	93.16	93.68	94.83	95.79	97.09	98.97
Sobreelevacion	1.89	1.59	1.71	1.74	1.89	2.16	2.26	2.08	1.38	0.95	0.87

Consecuencias del remanso hidráulico
a) Pérdida de energía potencial

Pérdida de energía por efecto de remanso en el tramo binacional, sección 338

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Q (m3/s)	22633	28723	32986	31839	24211	16829	10487	6271	4881	5814	9363	15126	17405
dNA(m)	2.26	2.06	1.38	1.38	2.26	1.91	1.71	1.59	1.89	1.89	1.71	1.74	
Pot (Mw)	467	540	415	401	499	293	164	91	84	100	146	240	
E (MWh)	335040	350059	298170	278515	358405	203758	117468	65313	58482	71971	101489	172390	2411060

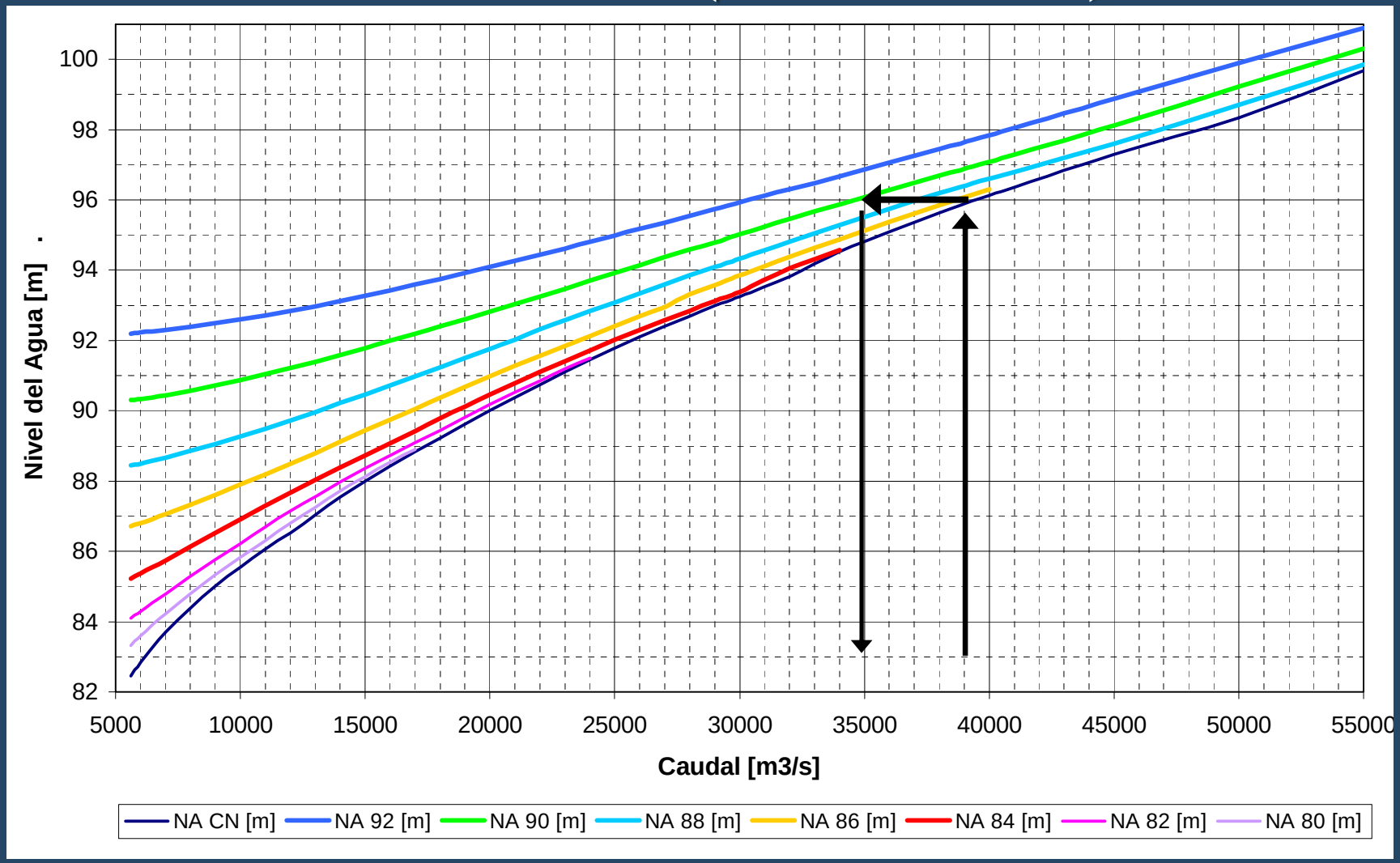
Q=caudal, dNA=sobre-elevación con respecto al nivel natural del agua, Pot=Potencia neta, E=Pérdida de energía

T-G: 93% FP=96.5% Periodo 1967-07

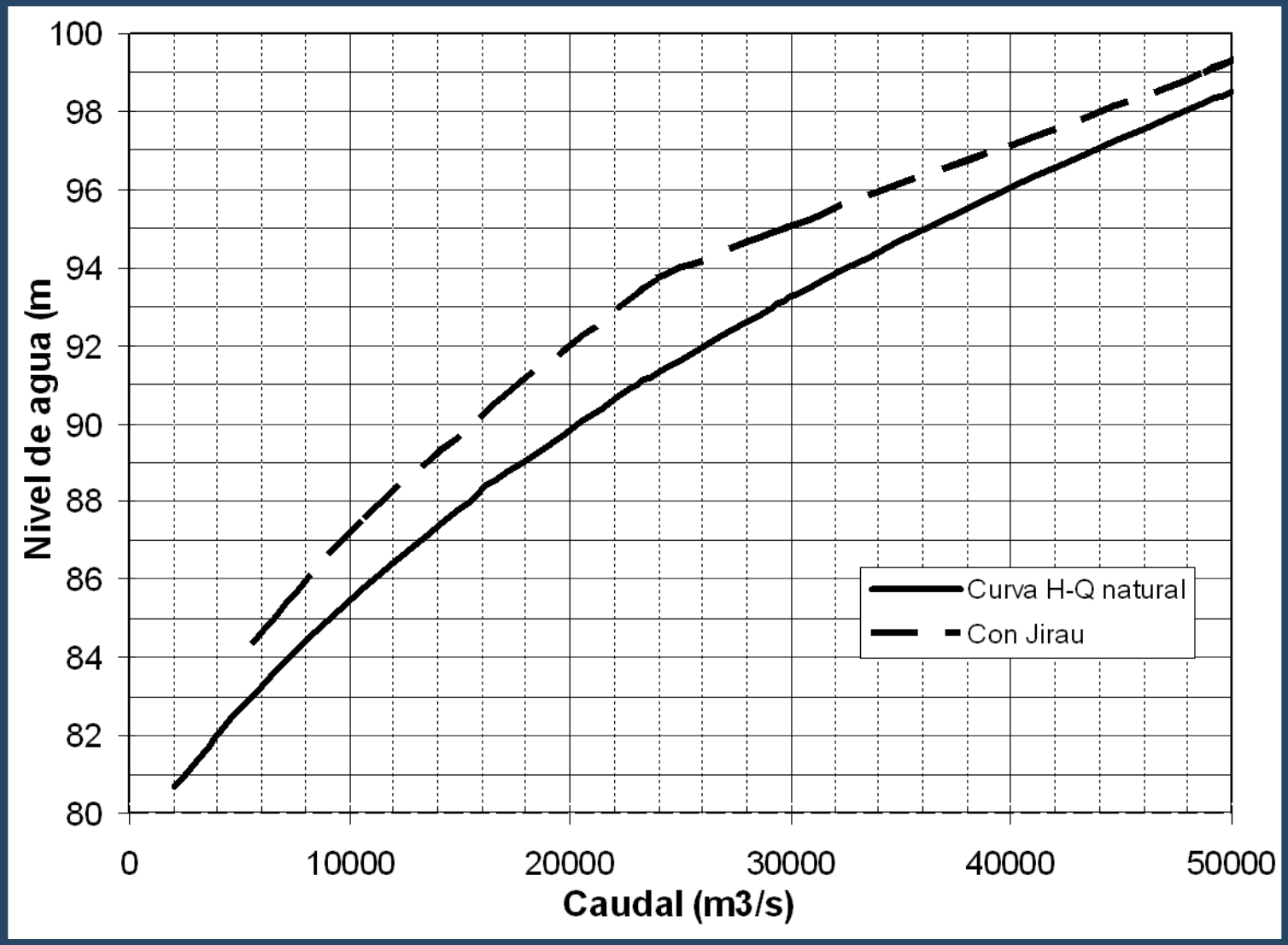
Al precio de generación que fue adjudicada la central de Jirau (43.2 U$/MWh), **esa pérdida de energía equivale en términos monetarios a 104 millones U$/año**

b) Aumento de los riesgos de inundación

Río Madera en Vila Abuná (sección 338), Curvas Nivel de agua-Caudal con influencia del embalse de Jirau (CN=condición natural)

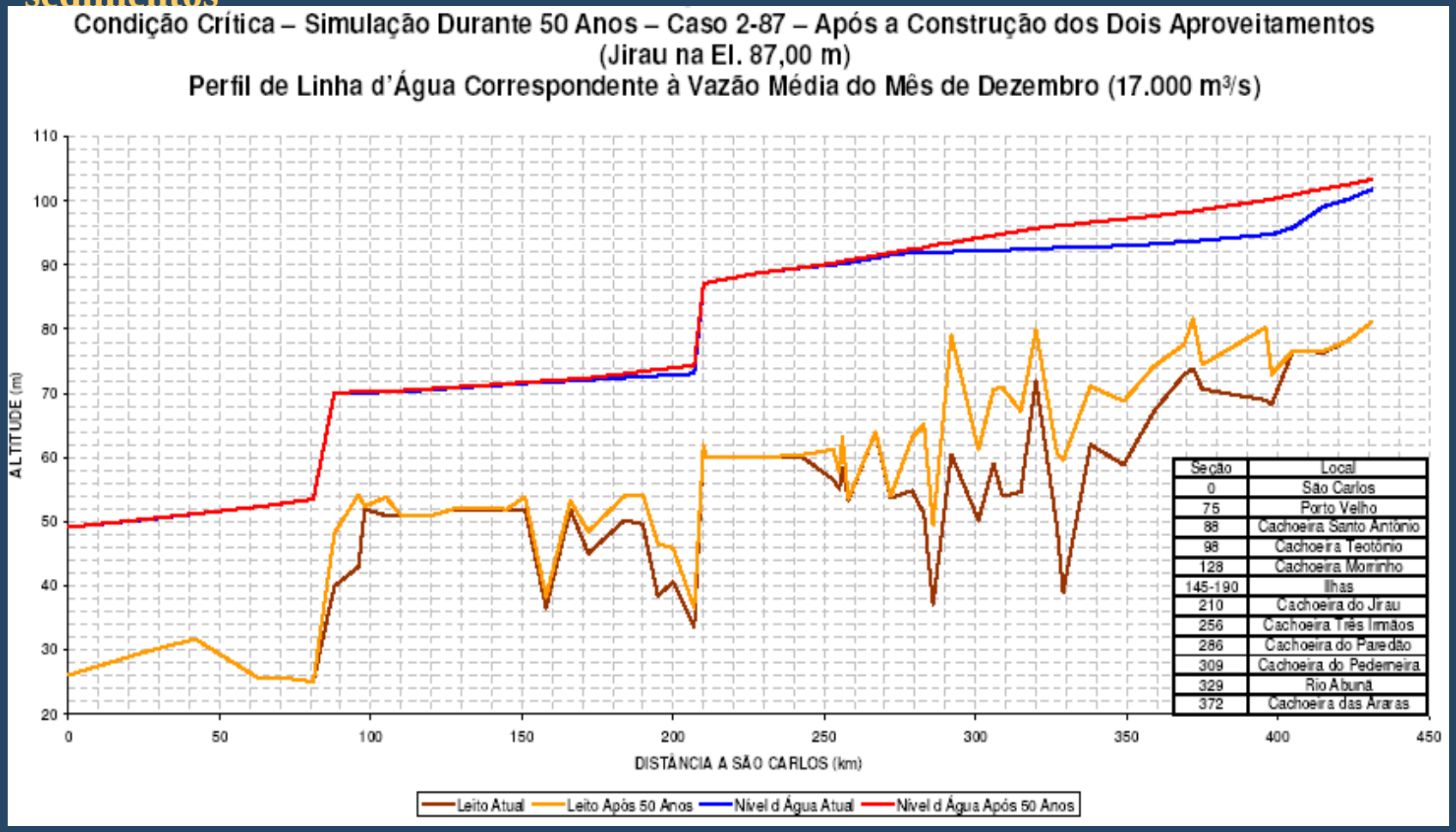


Nivel del agua natural y con embalse de Jirau en la sección 338 (Vila Abuná/Manoa)



SEDIMENTACIÓN

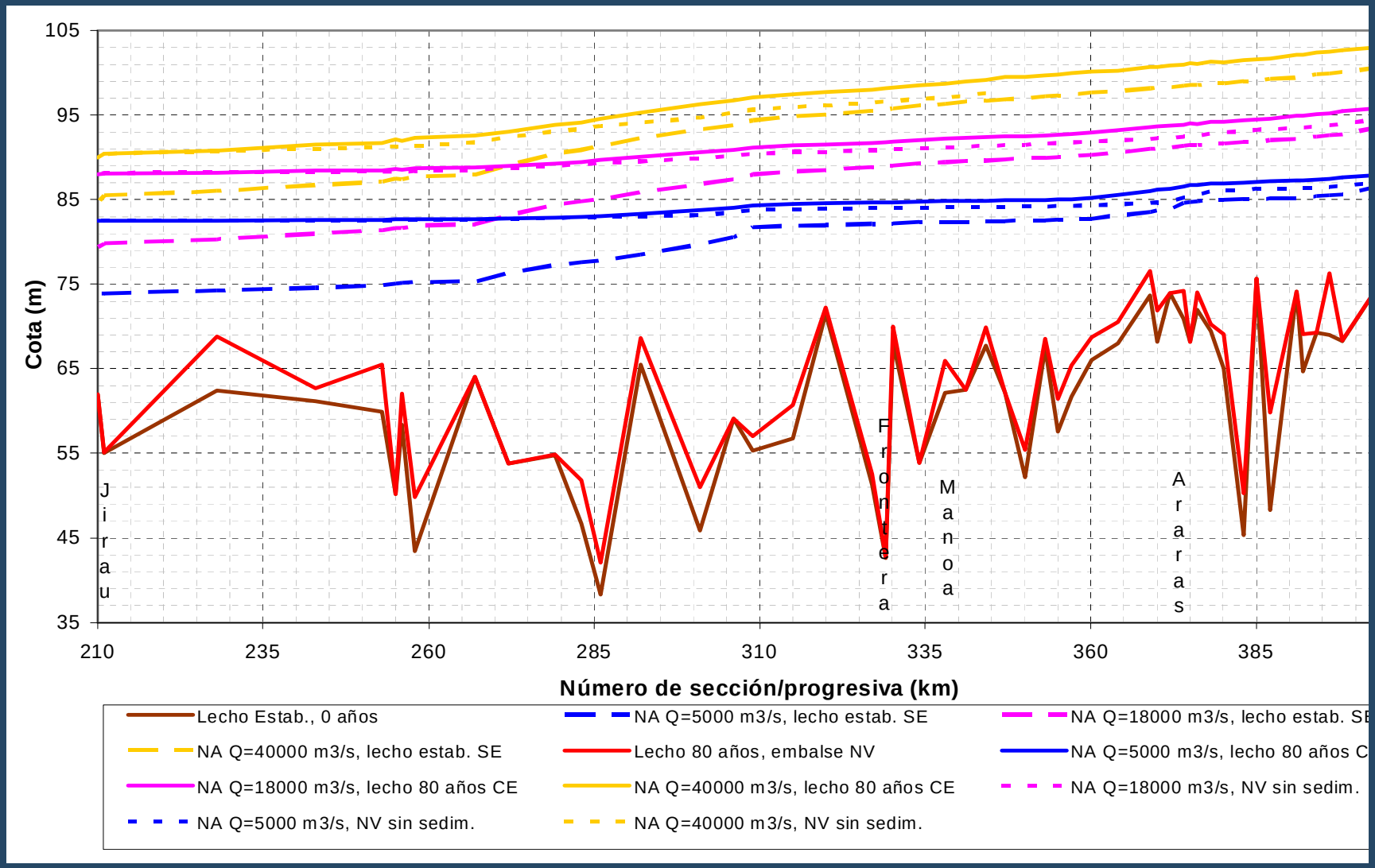
Los estudios de EIA usaron el modelo HEC-6 para evaluar la sedimentación. Esos estudios fueron desechados por el Gobierno brasileño: **“ Nesse estudo, foram empregados os modelos HEC-6 e HEC-RAS, fato este que, em reavaliações posteriores, confirmadas por especialistas de notório conhecimento, tornou-se sem sentido tendo em conta a não ocorrência de retenção permanente de sedimentos”**

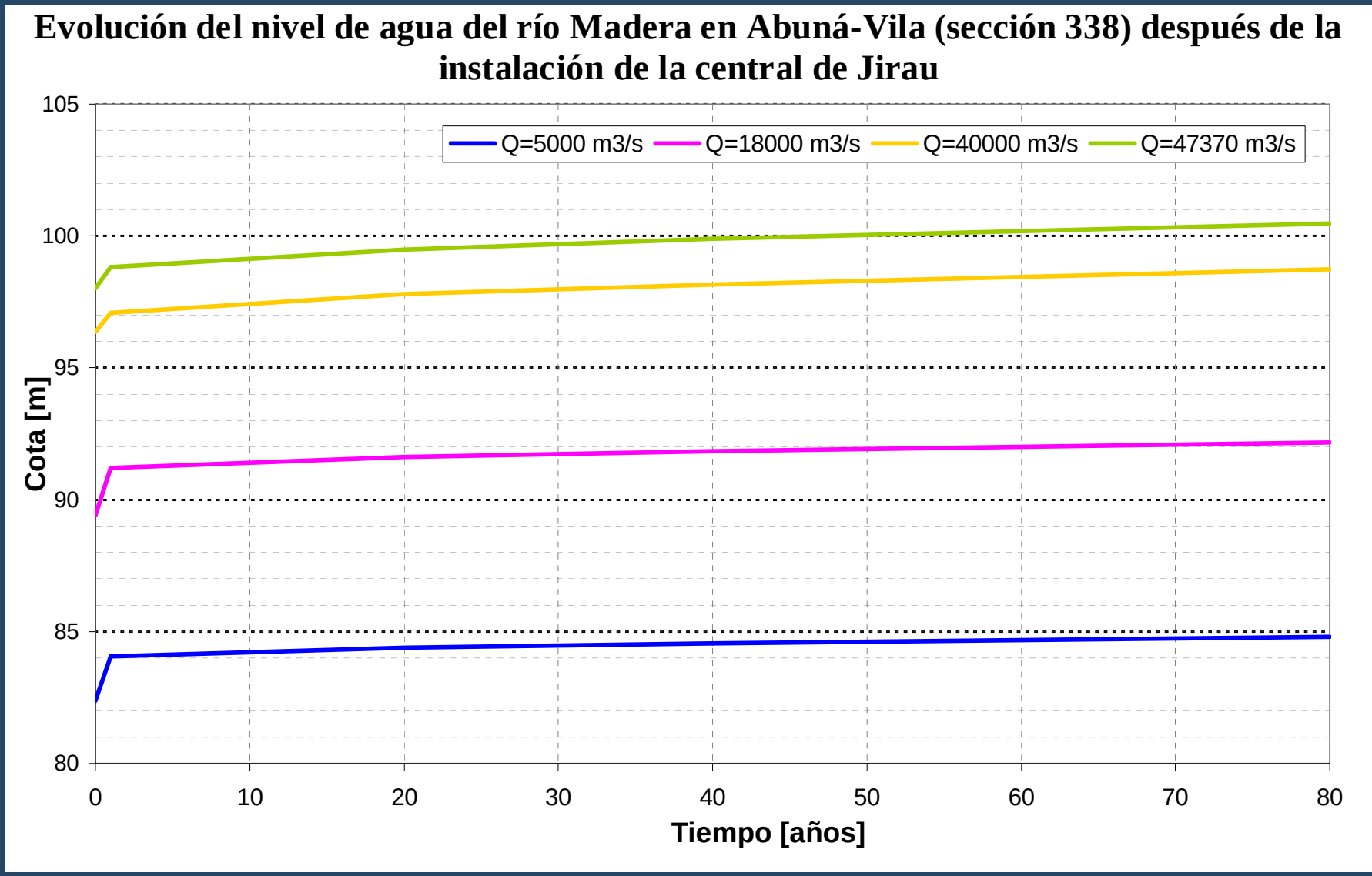


Seção	Local
0	São Carlos
75	Porto Velho
88	Cachoeira Santo Antônio
98	Cachoeira Teotônio
128	Cachoeira Morrinho
145-190	Ilhas
210	Cachoeira do Jirau
256	Cachoeira Três Irmãos
286	Cachoeira do Paredão
309	Cachoeira do Pederneira
329	Rio Abuna
372	Cachoeira das Araras

Deposición de sedimentos

Nivel del lecho para 0 y 80 años y nivel del agua NA para diferentes caudales

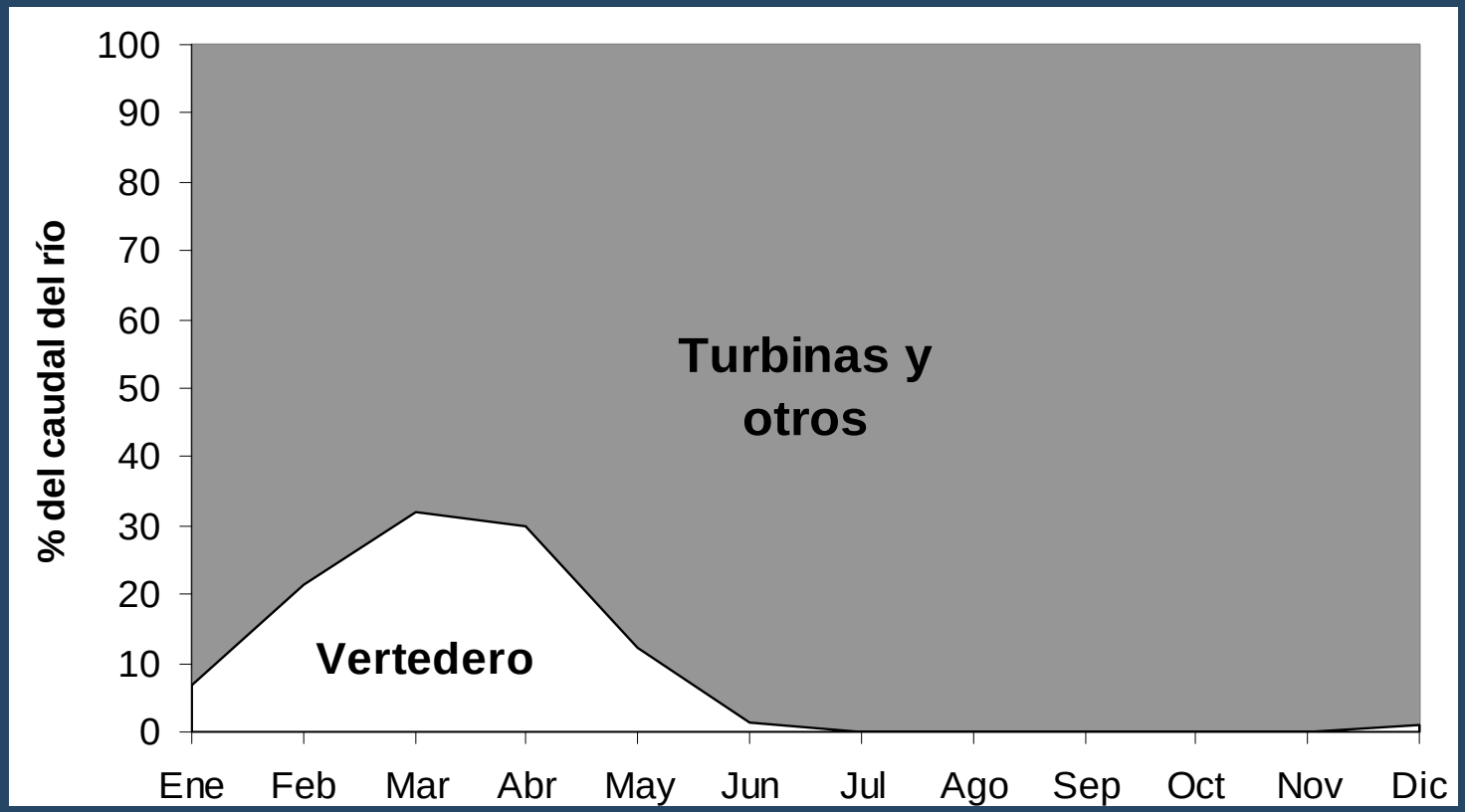



Evolución del nivel de agua del río Madera en Abuná-Vila (sección 338) después de la instalación de la central de Jirau
Q=5000 m3/s
Q=18000 m3/s
Q=40000 m3/s
Q=47370 m3/s
Cota [m]
105
100
95
90
85
80
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Tiempo [años]

Conclusiones

- El embalse de Jirau operando con la curva guía descrita en los estudios de factibilidad, afectará los niveles de agua en Abuná-Vila para todo el rango de caudales
- Como consecuencia, habrá pérdida de energía potencial y aumentará la frecuencia y duración de inundaciones en el tramo binacional
- Cambiarán significativamente las condiciones de flujo (especialmente en Santo Antonio)
- Como consecuencia de la sedimentación, existirá una sobre-elevación de los niveles de agua, adicional a la que provoca el embalse no sedimentado.

Análisis hidrológico asociado a otros impactos



Flujo sobre el vertedero como porcentaje del caudal mensual

"En la Amazonía las especies de peces que realizan migraciones ascendentes desovan en los trechos correntosos de los ríos, en el periodo de crecidas, y sus huevos y larvas derivan río abajo, con la corriente. En ese periodo de crecidas, los huevos, larvas y peces deberán pasar por los embalses y el vertedero de cada represa, que estarán necesariamente abiertos para dejar pasar los caudales excedentes"(EIA).

Gracias!