

SISTEMAS FLUVIALES Y REPRESAS: BIODIVERSIDAD,
CONSERVACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES

19 DE MARZO DE 2010

Impactos del embalse Yacyretá Sobre la biodiversidad y procesos fluviales

J.J.Neiff

CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA (CECOAL)

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS
(CONICET)

<http://www.neiff.com.ar>

jj@neiff.com.ar

<http://www.cecoal-conicet.gov.ar>

SISTEMAS FLUVIALES Y REPRESAS: BIODIVERSIDAD,
CONSERVACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES

19 DE MARZO DE 2010

Embalses: mirando hacia el pasado, pensando hacia el futuro

J.J.Neiff

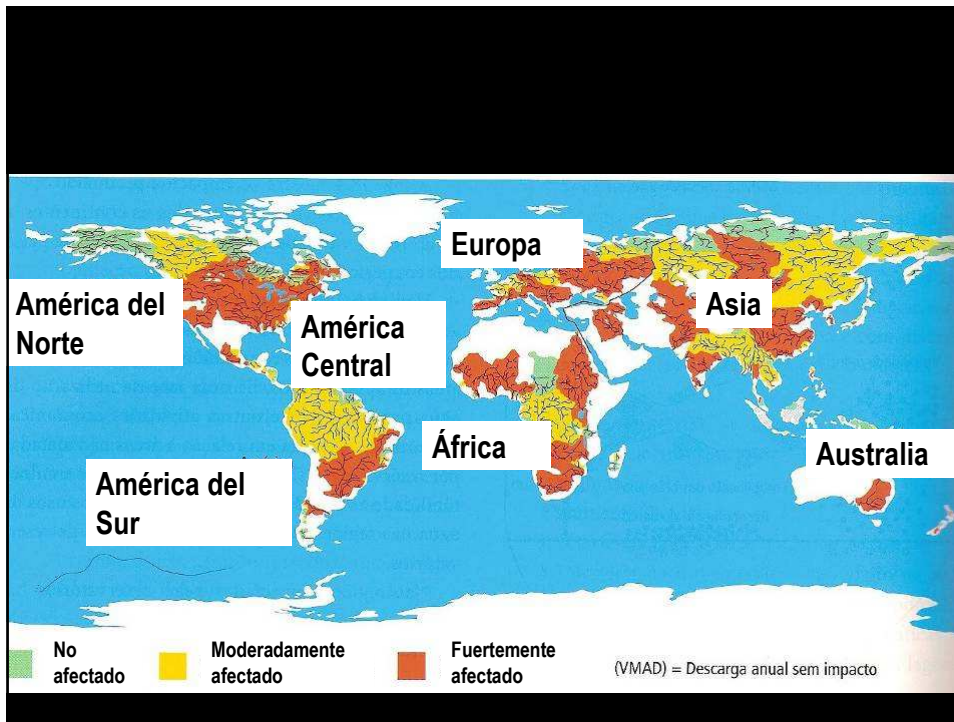
CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA (CECOAL)

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS
(CONICET)

<http://www.neiff.com.ar>

jj@neiff.com.ar

<http://www.cecoal-conicet.gov.ar>



36 000 dams and still more needed

By W. Pircher, President, International Commission on Large Dams

Large dams, for so many years the pride of civil engineers and a symbol of their achievements, are attracting increasingly negative comment. Their economic value is no longer taken for granted, and indeed is often denied (especially with regard to the Third World); their safety is called into question, as well as their social and environmental effects. However, a balanced, objective view of all the dams and reservoirs at present in service around the world, and the decades of experience gathered in their construction and operation, offers quite a different and fundamentally positive picture.

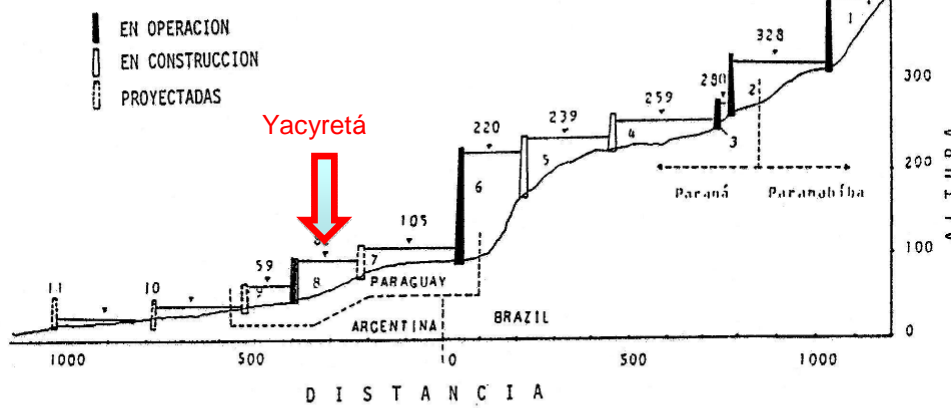
agrochemicals in many places, air pollution is now a health hazard in numerous cities, and the possibility of a global climatic catastrophe is now dangerously imminent.

The world population has increased in the same 20 years by 1.6 billion, making a present total of 5.3 billion. As this figure is likely to double in the next 50 years, or even sooner, there is every reason to assume that the situation will deteriorate further.

In these circumstances, it is not surprising that dams, as the biggest structures built by man, and reservoirs, with their obvious and sometimes enormous impact on the countryside, should be selected as special targets for criticism and opposition by various environmental groups. Their ver-

Embalses Proyectos y en operación – Río Paraná

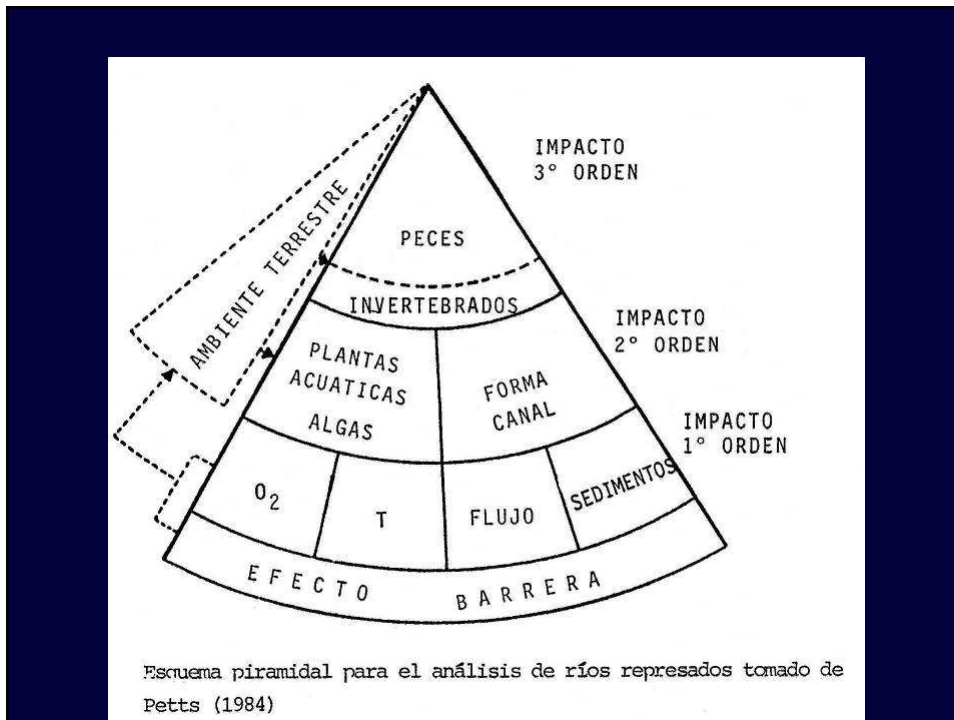
Río Alto Paraná, perfil longitudinal



1. San Simón; 2. Isla Soltería; 3. Jupíá; 4. Puerto Primavera
5. Isla Grande; 6. Itaipú; 7. Corpus; 8. Yacyretá; 9. Itatí-Itacorá
10. Patí; 11. Chapetón.

Influencia de un embalse

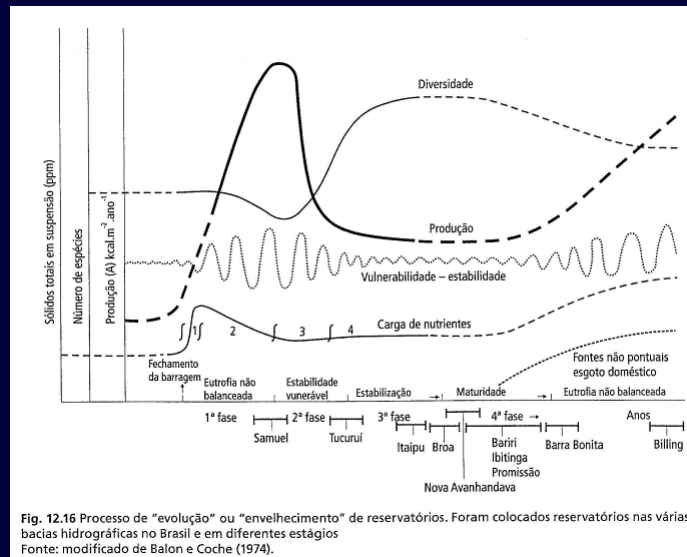
- Comunidades locales
- Estados (provincias) dentro de un país
- Varios países
- Patrimonio natural,
- Patrimonio cultural
- Patrimonio arqueológico / paleontológico



Influencia de un embalse sobre los ecosistemas



**Modelo
sucesional
En embalses
tropical tropicales
De Brasil
(Tundisi, 2007)**



The flushing flow problem: Defining and evaluating objectives

G. Mathias Kondolf

Department of Landscape Architecture, University of California, Berkeley

Peter R. Wilcock

Department of Geography and Environmental Engineering, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland

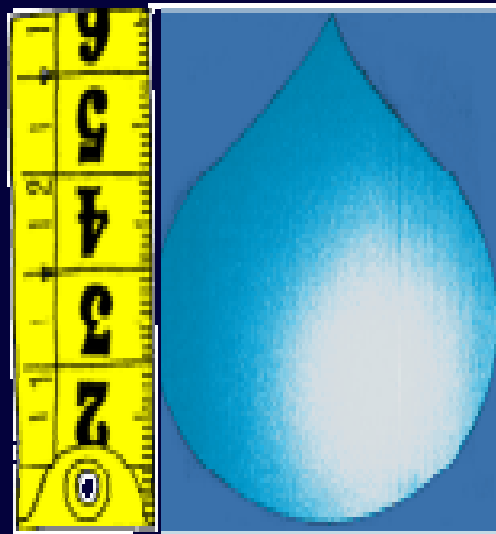
Abstract. Reservoir releases may be specified for the purpose of maintaining or improving the downstream channel and habitat. A wide variety of ecological or management objectives may be defined for such flushing flows (which may be broadly divided into sediment maintenance and channel maintenance flows). To specify a particular discharge and water volume for a flushing flow requires that the ecological or management objectives be translated into specific physical objectives for which flows can be specified. Flushing objectives that cannot be translated into definable flows are of little practical use, regardless of their intrinsic importance. Once defined, flushing flow objectives may be shown to conflict in some cases. For example, no flushing flow can satisfy the typical sediment maintenance objectives of maximizing sand removal and minimizing gravel loss. A discharge that mobilizes sediment throughout the channel cross section for channel maintenance purposes will often produce comparable transport rates of sand and gravel, thereby eliminating the selective transport of sand needed to reduce the sand content in the bed. Some nonflushing alternatives, such as artificial gravel replenishment and pool dredging, can be used to improve the performance of flushing flows. Selection among these alternatives and specification of a flushing flow discharge and volume depend directly on quantitative estimates of sand and gravel transport as a function of flow rate and volume.

HEP Software

- DUFLOW, QUAL-2E
 - WQRRS
 - WASP
 - TSLIB
 - SNTEMP
 - SSTEMP
- SALMOD
 - MODSIM
 - HEC-5Q
 - SIAM

Qué entendemos por *Caudal ecológico*?

“Perdone Sr., usted funciona felizmente con 5L de sangre, pero nosotros consideramos que con 1,9L todavía puede seguir vivo!”



Algunos problemas de la interferencia del flujo

“Pérdida” de los sitios rocosos del fondo , por acumulación de sedimentos finos.

Socavación del curso y movilización de sedimentos

Modificación de la vegetación litoral y de los ambientes lacustres y de bañados del río, modificando el hábitat para los peces.

Esto se relaciona con mantener:

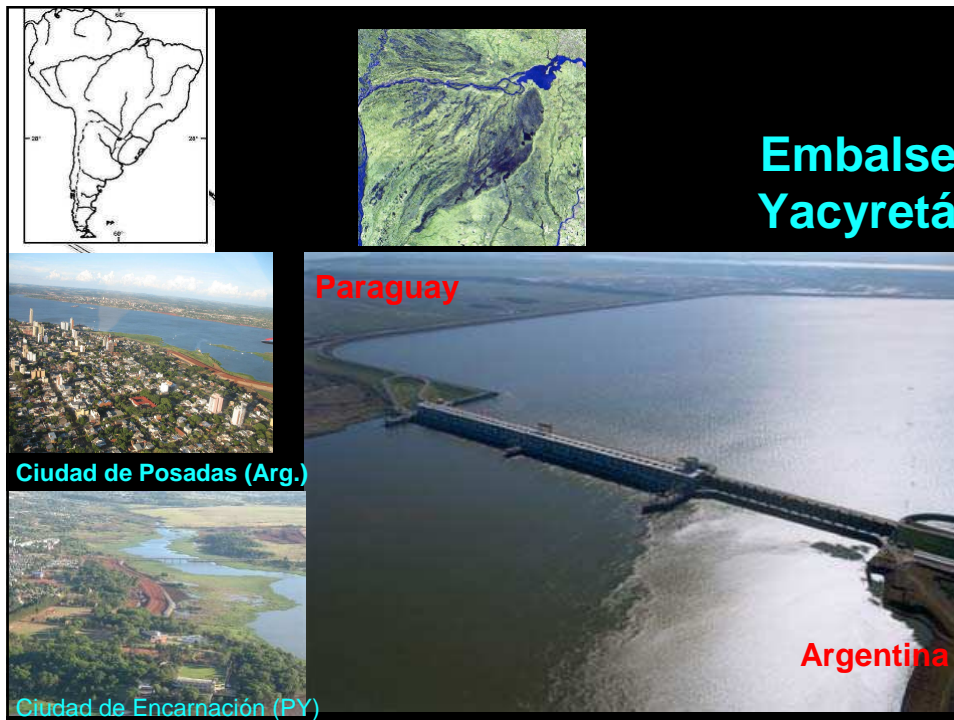
Hábitat de desove para las especies de peces que ponen sus huevos en, o dentro fondo del río.

Hábitat de cría en los intersticios de las piedras y grava.

Conductividad hidráulica del lecho rugoso

Flujo de agua entre las piedras y suministro oxígeno para la incubación de los huevos.

Huecos intersticiales del fondo del río.



Embalse Yacyretá

Embalse de Yacyretá

Construcción: 1983-1994 (primera etapa)

Generación: 3200 MV en cota 76; el doble, en cota 83 m.s.n.m.

Riego: 108 m³+108 m³ (Argentina + Paraguay)

Extensión d (el muro: 65 Km

Ancho : 30 Km.

Tirante de agua (cota 83 m.s.n.m.) 21 m.

Superficie: 1200 / 1600 Km²

Una esclusa para pasaje de barcos de 12 piés de calado.

20 turbinas Kaplan

38 compuertas y dos vertederos.

Capacidad total de evacuación: 95.000 m³

Tiempo de residencia del agua: 3-15 días

Caudales extremos: 3900 m³/s en 1944- 55.000 m³/s en 1983

Problemas socioeconómicos por resolver

Yaciretá se encuentra en la cota de 76 m.s.n.m.
= régimen no eficiente de generación

Para llegar a la cota de proyecto (83 m.s.n.m.), la EBY necesita resolver:

- La relocalización de 88.000 personas
- Resolver el conflicto por violación de los derechos humanos (causa ante la Corte Interamericana de derechos humanos, en Costa Rica.
- Realizar obras de recuperación de infraestructura y servicios que serán afectados en 500 Km² adicionales al actual embalse.
- Resolver los pasivos ambientales: erosión aguas abajo, solución de la eutrofización,
- Compensación por mortandades masivas de peces.

17

La percepción de los impactos varía según los intereses de quien los evalúa:

1990: “Yaciretá es el monumento nacional a la corrupción”

PRESIDENTE CARLOS S. MENEM

1998: “Yaciretá es un símbolo de la integración entre Argentina y Paraguay”

PRESIDENTE CARLOS S. MENEM

18

Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in the Northern Third of the World

Mats Dynesius and Christer Nilsson*

Seventy-seven percent of the total water discharge of the 139 largest river systems in North America north of Mexico, in Europe, and in the republics of the former Soviet Union is strongly or moderately affected by fragmentation of the river channels by dams and by water regulation resulting from reservoir operation, interbasin diversion, and irrigation.

..... These conditions indicate that many types of river ecosystems have been lost and that the populations of many riverine species have become highly fragmented. To improve the conservation of biodiversity and the sustainable use of biological resources, immediate action is called for to create an international preservation network of free-flowing river systems and to rehabilitate exploited rivers in areas that lack unaffected watercourses.

Impactos ecológicos

en el Corredor fluvial

- Pérdida de rutas migratorias de peces
- Fragmentación
- Desbalance poblacional de peces por pérdida de hábitat.
- Retención de sedimentos
- Alteración de la dinámica geomorfológica
- Cambios en la vegetación y en el paisaje



Impactos sociales directos.



Oleros de Mboí Kaé



Virgen de Fátima

-Relocalización de 44.000 personas

-Se afectó la red pluvial y cloacal de Encarnación

-El resarcimiento económico por relocalizaciones fue subvaluado (alteraron los número del censo argentino de 1990 realizado por INDEC).

-Viviendas en barrios inadecuados.

-Modificación de hábitos de vida.
-Pérdida de campos productivos

Impactos más evidentes

DEFECTUOSA OPERATIVIDAD EN YACYRETA CAUSO LA MUERTE DE 120.000 PECES

La muerte de más de 120.000 peces registrada en el Río Paraná a la altura de la localidad de Itá Ibaté, fue confirmada ayer en conferencia de prensa, por el ministro de Agricultura, Arturo Freyche, quien calificó el suceso como una catástrofe ecológica que podría volver a repetirse en los próximos días, si la Entidad Binacional de Yacyretá (EBY) no cumple con las medidas preventivas que deben realizarse durante las pruebas de funcionamiento de la represa.

Freyche afirmó que el gobierno de Corrientes está llevando a cabo las investigaciones científicas para determinar convenientemente las causas de la catástrofe y adelantando que al bien se reclamará a la EBY el resarcimiento por los daños causados, las pérdidas son cuantiosas e inmediatas, ya que no se pueden establecer aún los perjuicios futuros que esto, traerá a la actividad de la pesca deportiva provincial y específicamente a las Fiestas del Dorado y del Surubí.

La conferencia de prensa, llevada a cabo en el Salón Rivista Wallata de la Casa de Gobierno, contó con la presencia del ministro de Obras y Servicios Públicos, doctor Horacio Silva; el senador Luis María Díaz Co-

ledero; el diputado Jorge Galarza López; el jefe de Operaciones de la Prefectura de Zona, prefecto Jorge Echeverry; el decano de la Facultad de Ciencias Veterinarias, doctor Roberto Jacobo, los subsecretarios de Recursos Naturales, ingeniero José Arbo y de Recursos Hídricos, ingeniero Walter Duarte y el profesor Juan José Neiff, del Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), entre otros funcionarios.

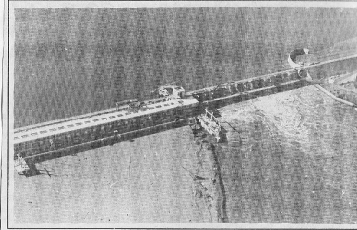
* DESCOMPRESION

La causa de la muerte de los peces, fue atribuida a una diferencia de presión que produjo en los ejemplares, una brusca descompresión, ya que no se detectaron causas de origen químico o de existencia de productos tóxicos en los análisis del agua. Los tamaños de los ejemplares afectados (de no más de 50 centímetros en especies del fondo del río) y otras investigaciones realizadas conjuntamente por una comisión integrada por especialistas de organismos provinciales, de la Facultad de Ciencias Veterinarias y del CECOAL-UNNE, son indicadores también de que las causas no fueron de tipo químico sino

Conferencia de prensa del ministro de Agricultura, Arturo Freyche, sobre la mortalidad de peces a la altura de Itá Ibaté y que fue atribuida a una diferencia de presión que produjo en los ejemplares una brusca descompresión.



Corrientes, jueves 18 de agosto de 1994— PAGINA 111



Vista aérea del complejo hidroeléctrico de Yacyretá, donde se observa la Casa de Máquinas que contiene la transferencia de peces y el vertedero principal.

mecánicas o físicas y se atribuyen hasta el momento, a una falta de prevención en la operatividad de la represa.

Esta catástrofe, accidental o no, ha generado mucha preocupación ya que los especialistas afirman también, que esta situación podría haberse evitado, si Yacyretá hubiera tomado las precauciones conocidas para espantar los peces, como la de utilización de ultrasonido u otros métodos conocidos.

* INFORME

El informe técnico indica que las evidencias recogidas desde el inicio de las investigaciones permiten inferir como foco de origen del siniestro a la represa hidroeléctrica de Yacyretá y la causa probable a un brusco cambio de caudal producido en el área de la represa. Los análisis realizados descartaron otras causas como la depleción brusca de oxígeno, presencia de microorganismos planctónicos o metales pesados. La muerte de los peces ocurrió en forma simultánea sin que estuviesen afectados por alguna patología epidémica o agente patógeno.

* MEDIDAS

El ministro informó también que se han girado las correspondientes actuaciones al Poder Ejecutivo con el objeto de que la Fiscalía de Estado tome intervención en el tema, para evaluar la magnitud de los daños y la reparación que correspondía ante el siniestro.

Impactos más evidentes



RESISTENCIA • Jueves 12 de Enero de 1996 • NORTE

Yacyretá debió suspender generación de energía por efecto de grandes camalotes

Las turbinas estuvieron a punto de explotar por

YACYRETA (Especial).- Sela buzos, cuatro argentinos y dos paraguayos, están trabajando intensamente en la limpieza de las malias de Yacyretá. Ambos no trabajan normalmente.

comenzó a recalentarse más de lo debido con el peligro de un sobrecalentamiento que podría hasta hacer explotar las turbinas.

DEFECTUOSA OPERATIVIDAD EN YACYRETA CAUSO LA MUERTE DE 120.000 PECES

La muerte de más de 120.000 peces registrada en el Río Paraná a la altura de la localidad de Itá Ibaté, fue confirmada ayer en conferencia de prensa, por el ministro de Agricultura, Arturo Freyche, quien calificó el suceso como una catástrofe ecológica que podría volver a repetirse en los próximos días, si la Entidad Binacional de Yacyretá (EBY) no cumple con las medidas preventivas que deben realizarse durante las pruebas de funcionamiento de la represa.

Freyche afirmó que el gobierno de Corrientes está llevando a cabo las investigaciones científicas para determinar convenientemente las causas de la catástrofe y adelantando que al bien se reclamará a la EBY el resarcimiento por los daños causados, las pérdidas son cuantiosas e inmediatas, ya que no se pueden establecer aún los perjuicios futuros que esto, traerá a la actividad de la pesca deportiva provincial y específicamente a las Fiestas del Dorado y del Surubí.

ledero; el diputado Jorge Galarza López; el jefe de Operaciones de la Prefectura de Zona, prefecto Jorge Echeverry; el decano de la Facultad de Ciencias Veterinarias, doctor Roberto Jacobo, los subsecretarios de Recursos Naturales, ingeniero José Arbo y de Recursos Hídricos, ingeniero Walter Duarte y el profesor Juan José Neiff, del Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), entre otros funcionarios.

* DESCOMPRESION

La causa de la muerte de los peces, fue atribuida a una diferencia de presión que produjo en los ejemplares, una brusca descompresión, ya que no se detectaron causas de origen químico o de existencia de productos tóxicos en los análisis del agua. Los tamaños de los ejemplares afectados (de no más de 50 centímetros en especies del fondo del río) y otras investigaciones realizadas conjuntamente por una comisión integrada por especialistas de organismos provinciales, de la Facultad de Ciencias Veterinarias y del CECOAL-UNNE, son indicadores también de que las causas no fueron de tipo químico sino

Corrientes, jueves 18 de agosto de 1994— PAGINA 111



Vista aérea del complejo hidroeléctrico de Yacyretá, donde se observa la Casa de Máquinas que contiene la transferencia de peces y el vertedero principal.

mecánicas o físicas y se atribuyen hasta el momento, a una falta de prevención en la operatividad de la represa.

Esta catástrofe, accidental o no, ha generado mucha preocupación ya que los especialistas afirman también, que esta situación podría haberse evitado, si Yacyretá hubiera tomado las precauciones conocidas para espantar los peces, como la de utilización de ultrasonido u otros métodos conocidos.

Período prologado de aguas bajas del Paraná

Corrientes, Argentina.

diciembre de 2003: persistente concentración de algas nca cianofíceas, nunca registrada en las tres últimas décadas.

febrero de 2004

•aguas arriba del embalse (Santa Ana, Misiones): plancton equilibrado (740 cel/mL de *Microcystis aeruginosa*)

•aguas abajo del **embalse** Yaciretá: dominio de *Microcystis aeruginosa* (19.000 cel/mL,)

•Clorofila $a = 7 \mu\text{g/L}$

•P- $\text{PO}_4 = 6 \mu\text{g/L}$

•N- $\text{NH}_4 = 40 \mu\text{g/L}$

marzo de 2004: se mantiene alta concentración de *Microcystis aeruginosa* y la concentración de clorofila y nutrientes. Valor de toxina (microcistina) = 1,0 - 1,3 $\mu\text{g/L}$ en río abierto

Nivel de alerta 1

Canadá: 0,5 $\mu\text{g/L}$. En China se estableció 0,01 $\mu\text{g/L}$ en agua p/bebida.

Perspectivas futuras

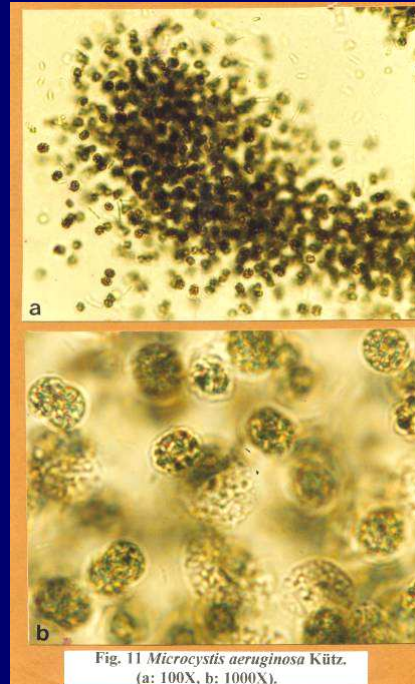
Corto plazo (1)

Situación desfavorable

- ✓ 4 meses o más en aguas muy bajas
- ✓ alta temperatura del agua (4 grados más alta de lo "normal" en esta fecha)
- ✓ Progresivo aumento de transparencia (fín de la creciente del río Bermejo)
- ✓ Nivel de base muy alto en la población de cianobacterias en el embalse Yaciretá. Aumento moderado de la concentración actual.
- ✓ Efecto aditivo de otros embalses (Itaipú, Ilha solteira, otros).

Cianobacterias

- Proliferan en aguas ricas en nutrientes, especialmente fósforo
- Viven en aguas quietas, remansos, bahías, lagunas, embalses.
- Forman colonias.
- Tienen crecimiento exponencial
- Inhiben el desarrollo de otras algas.
- Son consumidas por organismos filtradores (moluscos, algunos peces, especialmente juveniles)
- controlan la estructura del plancton.
- Producen toxinas que se acumulan en los organismos que las consumen.
- La toxina es semejante al cianuro de potasio.
- Pueden producirse enfermedades hepáticas, pulmonares, de piel, etc.



Perspectivas futuras

Corto plazo (2)

Situación desfavorable: EFECTOS

- ✓ **desmejorará la calidad de agua del río** (por aumento de cianobacterias y por muerte parcial de las existentes)
- ✓ **Restricciones en el uso de balnearios**, especialmente p/niños.
- ✓ **posible aumento de enfermedades hídricas**, diarreas, disenterías, hepatitis, conjuntivitis, irritación de vías respiratorias.
- ✓ **Problemas para la potabilización del agua p/bebida.**
- ✓ **Pérdida de calidad agua del río sin tratar.** Recomendación de no beber agua del río
- ✓ **Daños para la salud de los peces.** Amenazas p/ la biodiversidad

Perspectivas futuras

Mediano plazo

Reiteración de las condiciones actuales

- Bioacumulación de toxinas en la red trófica
 - Afectación algunas especies de peces
 - Desbalance en las condiciones tróficas del río.
 - Afectación de la biodiversidad
 - Posibles efectos negativos para la salud humana.
- Restricciones al uso recreativo del agua
- Restricciones al consumo de animales acuáticos.

Medidas de mitigación

Asegurar la provisión de agua potable

- tratamientos especiales (filtros de carbón activado, ozonización , otros)
- Habilitación de fuentes alternativas (agua freática, pozos)
- Programa de educación ambiental en áreas afectadas. Cartelería en balnearios y otros sitios.
- Programa permanente de monitoreo ambiental
- Investigar el efecto de la toxina sobre los organismos animales.
- Investigación clínica y estadística médica activa
- Gestión ambiental independiente

CAUDAL ECOLÓGICO? mejor hablemos de... ASIGNATURA HIDROLÓGICA, o FUNCIÓN DE PULSO...

Productividad Lótica

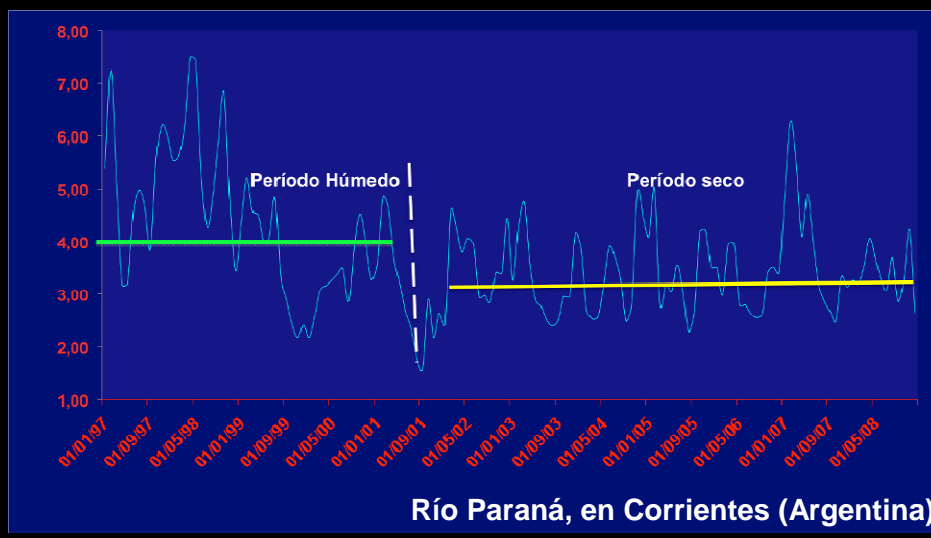
(Producción 1ª, Producción 2ª & Población íctica)

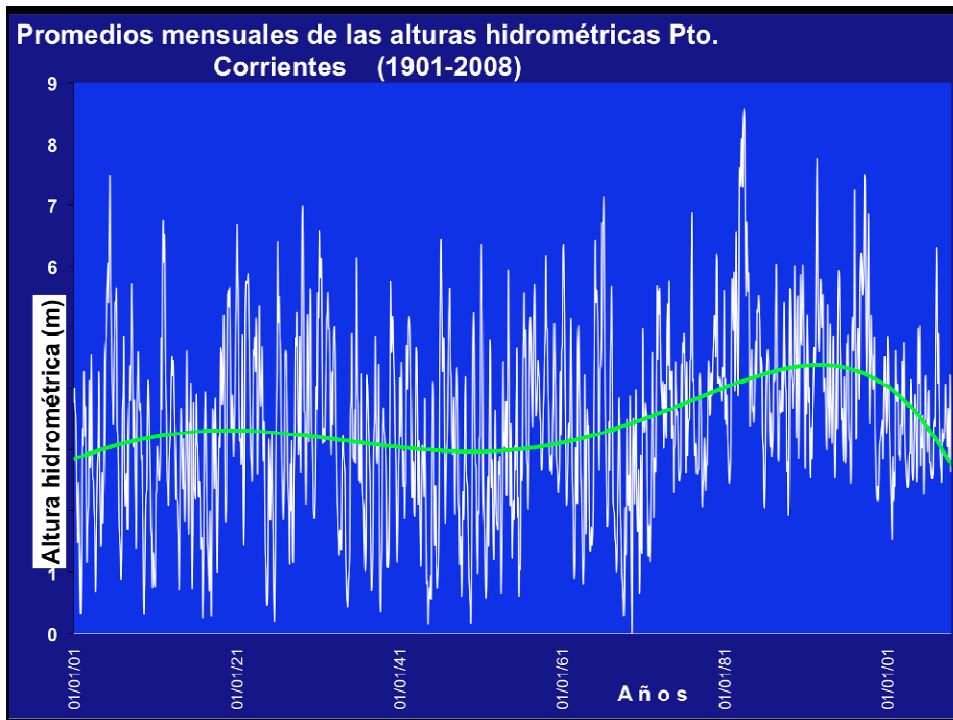
Compleja interacción de 4 componentes fundamentales:

1. Régimen de pulsos
2. Estructura física del hábitat (*forma del canal, distribución del sustrato & vegetación fluvial*)
3. Química del agua
4. Entradas energéticas desde la cuenca (*sedimentos, nutrientes & materia orgánica*)

FRECUENCIA, INTENSIDAD,
TENSIÓN, REGULARIDAD,
AMPLITUD, ESTACIONALIDAD

Indicadores de impactos: el peligro de las coincidencias





Objetivos Ecológicos de la gestión de flujos de salida

Mantenimiento de la carga de sedimentos y de la geometría del canal y de la planicie inundable.

Mantenimiento y/o recuperación de los hábitat para peces (rabiones, charcas, bañados).

Mantenimiento del ancho del canal y ecodiversidad

Creación de nuevos hábitat para la diversidad

Indicadores de Impactos

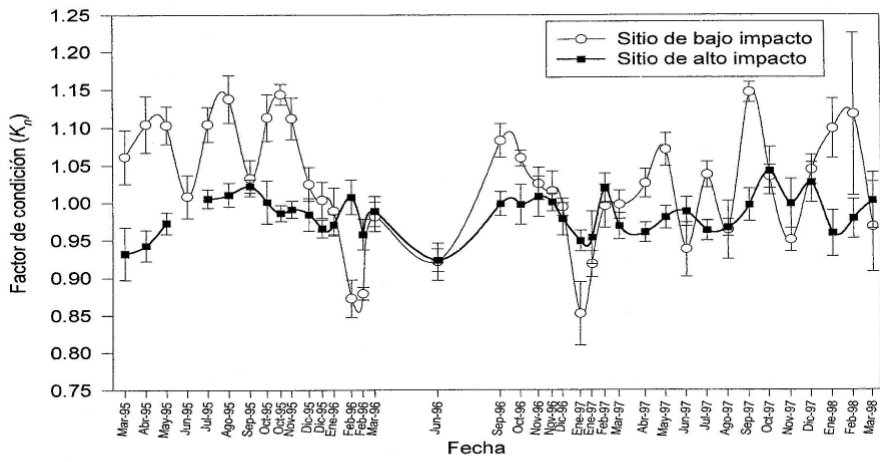
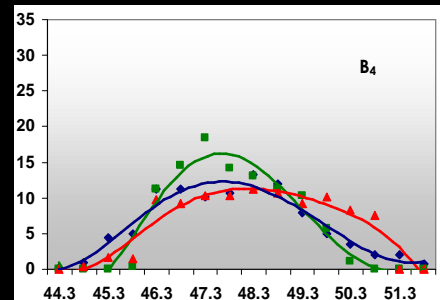
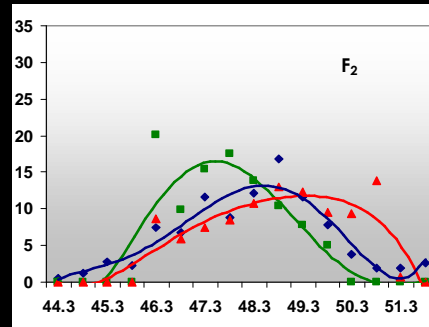
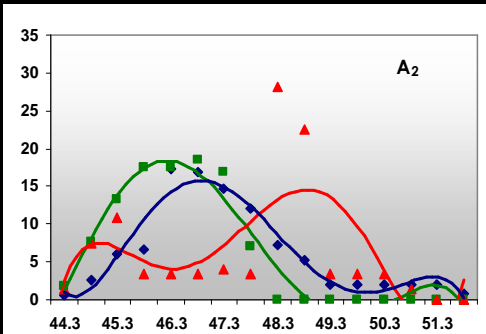


Figura 1. Variaciones mensuales del factor de condición de *Prochilodus lineatus*... (tomado de Bechara et al., 1999)

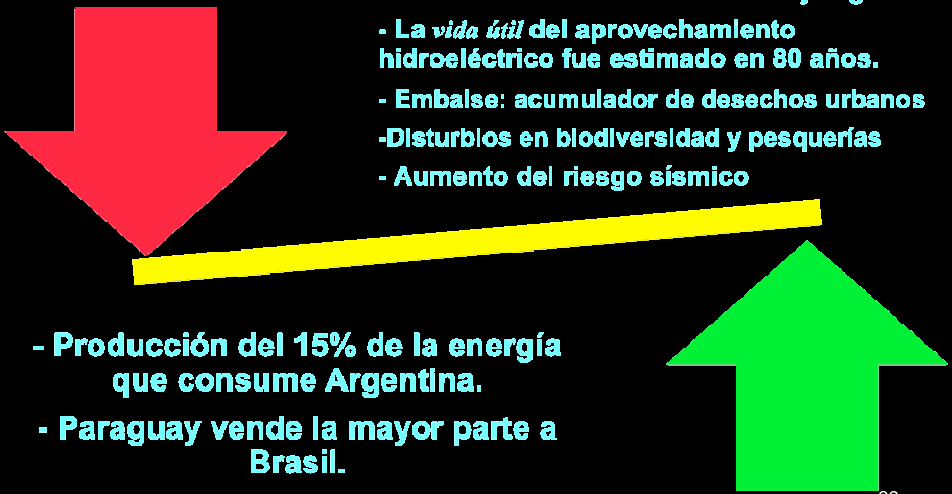
Patrones de distribución de las Poblaciones vegetales (río no represado)

(Casco, 2010)



Es negocio yacyretá?

- Costó 12 mil millones de dólares
- Mas de 100 mil personas relocalizadas
- 107.600 Km de tierras fértiles bajo agua
- La *vida útil* del aprovechamiento hidroeléctrico fue estimado en 80 años.
- Embalse: acumulador de desechos urbanos
- Disturbios en biodiversidad y pesquerías
- Aumento del riesgo sísmico

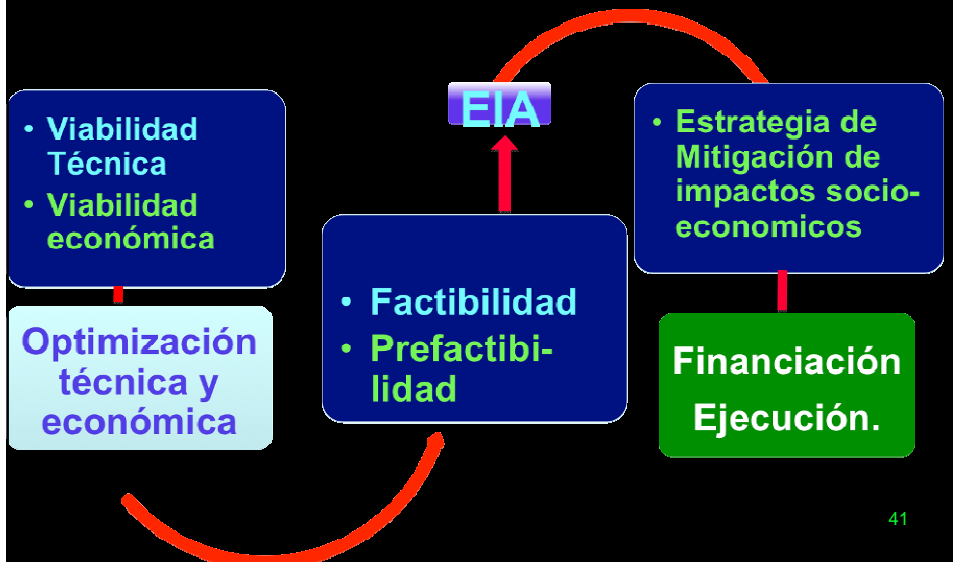
- 
- Producción del 15% de la energía que consume Argentina.
 - Paraguay vende la mayor parte a Brasil.

39

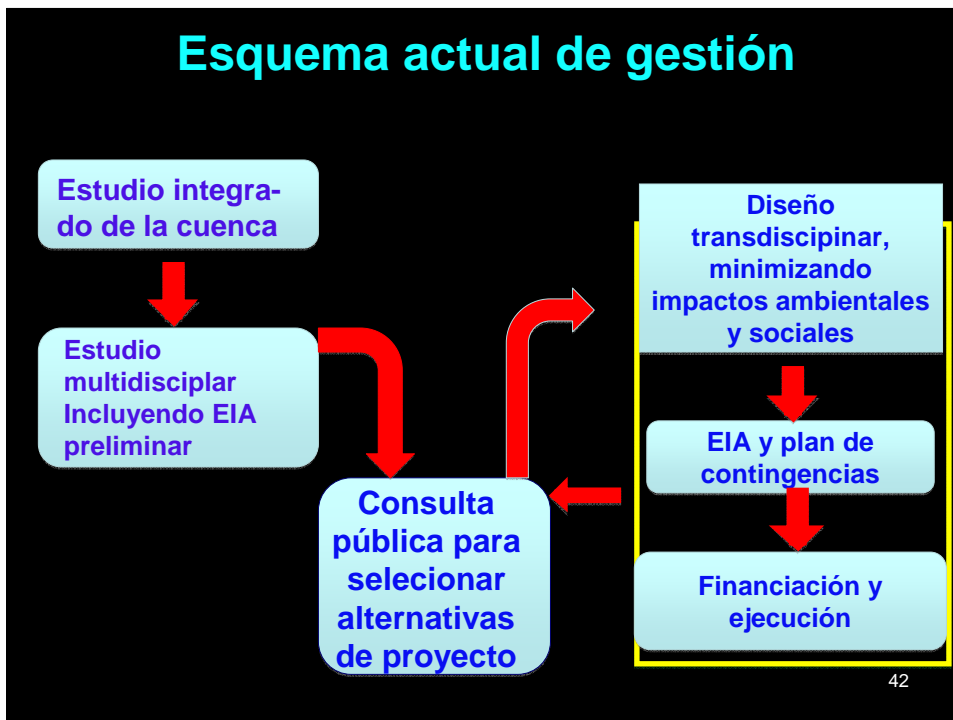
Calidad de aguas: un problema ambiental



Embalses: antiguo procedimiento



Esquema actual de gestión



Fín!