



Palabras clave: Sistemas de transferencia para peces, río Paraná, Yacyretá.

Key words: fish passage systems, Paraná River, Yacyretá dam.

# Incidencia de factores ambientales en la abundancia y distribución de peces del río Paraná y su relación con los sistemas de transferencia de la represa de Yacyretá

Norberto Oldani\*, Priscila Minotti\*\*, Roberto Rodríguez\*, Ricardo Delfino\*\*\*, Claudio Baigún\*\*\*\*

\* Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química. INTEC.

Güemes 3450, 3000 Santa Fe, R. Argentina.  
\*\* Humedales para las Américas (Wetlands International).

Monroe 2142, 1428 Capital Federal, R. Argentina.

\*\*\* Dirección de Recursos Ictícolas y Acuícolas, Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable.

San Martín 457, Capital Federal, R. Argentina.

\*\*\*\* Centro Nacional Patagónico.

Bvd. Brown s/n, 9120 Puerto Madryn, R. Argentina.

## RESUMEN

Los sistemas de transferencia para peces son una herramienta valiosa para mitigar los efectos negativos de las represas y su eficiencia: están condicionados principalmente por la ubicación geográfica de las entradas. Los objetivos de este trabajo son establecer las áreas de concentración de peces aguas abajo de Yacyretá y determinar las rutas de aproximación a los sistemas de transferencia. Los valores máximos se observaron en agosto de 1997 y junio de 1998 con 2.881 y 2.889 peces/ha, respectivamente, siendo el promedio anual de 1.285 peces/ha. El área con las mayores probabilidades de encontrar altas concentraciones, se ubicó en la zona más profunda (más de 7 m) del antiguo cauce del río Paraná, aguas abajo del cierre principal. Otras zonas profundas con bajas probabilidades de encontrarlos son: aguas abajo de la central-vertedero y el canal de la esclusa de navegación. Los factores limitantes serían, las altas velocidades de corriente y los flujos turbulentos generados por el funcionamiento de la central y la muy baja velocidad del agua en el interior del canal de navegación. Estos resultados sugieren que, bajo las actuales condiciones de operación las entradas a los sistemas de transferencia no están ubicados en el sitio adecuado.

## ABSTRACT

*Incidence of environmental factors on fish abundance and distribution in the Paraná River and their relationship with fish passage systems of Yacyretá dam.*

*Fish passage systems are a very important issue related to mitigation of dam negative impacts. Their efficiency is mainly related to geographic location. The aim of this paper was to assess fish concentration in the tailrace and to recognize fish migration routes toward fish passage systems. Maximum density was measured in August 1997 and June 1998, being 2,881 and 2,889 fish/hectare, respectively. Mean annual density was 1,285 fish/hectare. The area located downstream the Yacyretá dam corresponding to the old river channel (7 m depth) showed the highest probabilities of containing high fish densities. However, other deep areas (downstream the powerhouse and spillway and navigation lock) had low probabilities to support large fish densities. Such behavior was related to high water velocity and turbulent flows produced by the turbines and low water velocity inside the navigation lock. Results suggest that locations of fish passage entrances are not appropriate under present dam operation conditions.*

0329-2177 / 01 / 32 (1) : 41-48 \$ 2.00 © Asoc. Cienc. Nat. del Litoral



## INTRODUCCION

Las obras hidroeléctricas que se construyen en los grandes ríos sudamericanos son una severa fuente de impacto ambiental en las poblaciones de peces migradores. La alternativa más importante que se utiliza para mitigar los efectos negativos, es la construcción de facilidades o sistemas de transferencia que permiten el pasaje de peces desde aguas abajo hacia arriba y también viceversa. En la Cuenca del Plata, con grandes comunidades de los peces de gran porte, de importancia económica y alta proporción de especies migradoras, las represas, prácticamente no tienen sistemas de transferencia. Solamente existen unas pocas con facilidades diseñadas y construidas principalmente para salmonídeos, por lo que resultan de una baja eficiencia por las diferentes características ecológicas de los peces de la Cuenca del Plata (Oldani et al., 1998a). En el Paraná, las comunidades están caracterizadas principalmente por Charácidos y Silúridos de los géneros *Prochilodus*, *Salminus*, *Leporinus*, *Pimelodus*, *Luciopimelodus* y *Pseudoplatystoma*, que migran aguas arriba en primavera-verano. *Prochilodus lineatus* es considerada una especie clave del sistema, con una biomasa del orden del 50-60 % del total (Oldani, 1990) y llega a representar el 54 % de las capturas comerciales (Quirós y Cuch, 1989).

El diseño y la construcción de los sistemas de transferencia para los ríos de sudamérica es motivo de debate. Uno de los factores que condiciona el pasaje de los stocks migradores aguas arriba está dado por su ubicación de las entradas. En la represa de Salto Grande, (río Uruguay), Delfino et al., (1986) notaron que *P. lineatus* se aproxima a la represa siguiendo la línea de ribera, mientras las entradas a los sistemas Borland están en el centro del cauce. En la represa de Yacyretá, también tienen grandes limitaciones (Oldani et al., 1998a), pero existe la posibilidad de construir sistemas adicionales tanto en el brazo principal como en el Aña Cuá, por lo que resulta de interés analizar y conocer las rutas de aproximación de los peces a la represa, así como los patrones de distribución espacio-temporal.

Los objetivos del trabajo son establecer las áreas de concentración de los peces y determinar las rutas de aproximación a los sistemas de transferencia de Yacyretá.

## MATERIAL Y METODOS

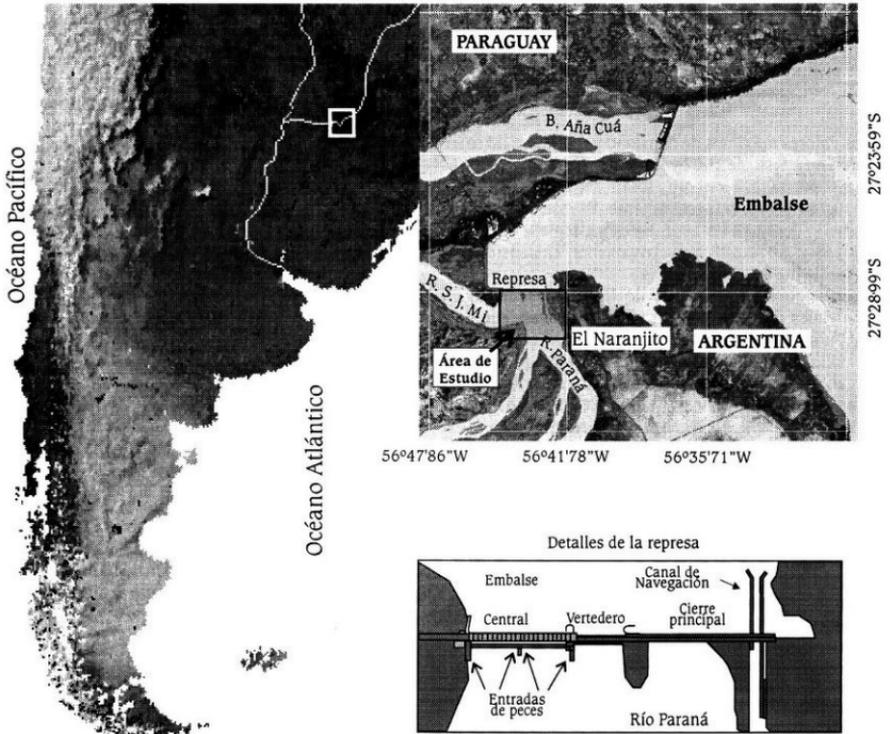
El área de estudio se ubica a los en el río Paraná (km 1460), aguas abajo de la represa de Yacyretá desde el canal de salida del agua turbinada y del vertedero, excavados en la isla Yacyretá hasta el paraje El Naranjito (Fig.1). También el antiguo cauce del río Paraná, aguas abajo del cierre principal, el canal de navegación y la embocadura de los ríos San José Mí y Apipé. En total son aproximadamente 1000 has. El fondo del área es duro y está constituido principalmente por basalto, grava y arena que se encuentra hacia la embocadura del río Apipé y El Naranjito. La vegetación natural de las islas corresponde a la selva marginal o ribereña con dominancia de *Cecropia* sp., *Croton* sp., *Inga* sp. y en las zonas bajas y de escasa velocidad de corriente, *Phyllanthus* sp., *Panicum* sp. y gramíneas acuáticas (Carnevali, 1994).

**Evaluaciones acústicas.** Los trabajos para establecer la densidad de peces se realizaron hacia el medio día y al anochecer, con el vertedero principal cerrado, desde julio de 1997 hasta junio de 1998. En total se realizaron 8 evaluaciones siguiendo una grilla tratando de cubrir las zonas de mayor concentración y las rutas de aproximación de los peces. Se utilizó un ecosonda (Biosonics DT4000 de 200 kHz de frecuencia con un transductor de 6°) y un posicionador GPS (Garmin 45 S, con  $\pm 20$  m de error), montados en una embarcación de 4,15 m de eslora y un motor de 35 HP.

Para la adquisición de los datos en campaña y para el procesamiento de la información se utilizaron programas de Biosonics. La información adquirida de los registros acústicos fue filtrada para evaluar el número de peces de 22,4 cm de longitud total según Love (1971), y expresada en partes cada 100 transmisiones y en individuos por ha.

**Mapas.** Se confeccionaron utilizando el programa SURFER (6.04) interpolando los datos de los relevamientos con el cuadrado de la distancia inversa que otorga mayor peso a los puntos situados más próximos. Esto resulta más conveniente para minimizar grandes errores cuando los datos son poco numerosos (Isaaks y Srivastava, 1989). Las riberas de los ríos se digitalizaron con una tableta Summagraphics a partir de una plancheta, escala 1:25.000 (actualizada en setiembre de 1981) confeccionada con imágenes satelitales. Los terraplenes, el cierre frontal, la central y vertederos fueron relevados por tierra.

Distribución de altas densidades de peces.



**Figura 1**

Ubicación y detalles del área de estudio y de la represa.

Corresponde a la suma de los mapas reclasificados de isodensidades de peces con ceros "0" para todos los pixell con densidades de hasta 2.000 peces/ha y unos "1" para todas las densidades de peces mayores de 2.000 peces/ha.

**Profundidades.** Se obtuvo con el programa IDRISI (2.0) extrayendo el nivel de restitución de 60 m (cota

de IGM) de una imagen de batimetría preparada con datos de las campañas del 7 y 8 de octubre, 11 de noviembre y 11 de diciembre de 1997. Los partes se consideraron cada 10 transmisiones, lo que equivale a un dato (XYZ) cada 2 segundos de navegación (aproximadamente 10 m de recorrido).

**Esquema del sentido de la corriente.** Se realizó



basándose en observaciones directas.  
**Esquema del desplazamiento de los peces.** Se realizó considerando las áreas de concentración y el sentido de la corriente.

## RESULTADOS

Los valores máximos de densidad y número total se dieron en agosto de 1997 y junio de 1998 con 2.881 y 2.889 peces/ha, con un total de 2.903.498 y 2.910.764 peces, respectivamente. El resto del año, oscilaron desde 194 a 1995 peces/ha, representando 195.165 y 2.010.543, respectivamente. La densidad promedio fue de 1285 peces/ha.

Observando la distribución de frecuencias de las densidades de peces/ha de todos los relevamientos (Fig.2), se estableció que a partir de 2.000 peces/ha, los valores se asintotizan geográficamente y se ubican en áreas reducidas, que son consideradas de altas concentraciones. Con este criterio, se reclasificaron todos los mapas de isodensidades de cada una de las campañas y se confeccionó el de distribución de altas densidades de peces (Fig.3).

**Profundidades.** Existen tres zonas muy profundas: la primera inmediatamente aguas abajo de la central-vertedero con valores que decrecen paulatinamente hasta llegar a la embocadura del San José Mí, la segunda sobre la ribera derecha del antiguo cauce principal, aguas abajo del cierre principal y la tercera

dentro del canal de la esclusa de navegación (Fig.4). Sentido de la corriente. El agua turbinada por la central, genera una fuerte corriente que se encauza hacia el río San José Mí y al cauce principal del río Paraná. Frente a la estación El Inconveniente, el Paraná presenta un manto de basalto que divide a la corriente del brazo principal en dos. La de la derecha escurre sobre la isla Apipé y una parte de ese caudal se encauza hacia el río Apipé y la de la izquierda sobre la ataguía de margen izquierda. A la altura de El Naranjito las corrientes del brazo principal se unen nuevamente.

Además se genera un gran remolino de bajas velocidades de corriente sobre el antiguo cauce del río Paraná, aguas abajo del cierre principal y una zona de muy baja circulación de agua en el interior del canal de navegación. En la ribera norte de la isla Apipé frente a la central y en la ataguía de margen izquierda, los espigones que se construyeron para evitar la erosión generan otras zonas de bajas velocidades de corriente (Fig.5).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las evaluaciones acústicas se realizaron simultáneamente con la instalación de las turbinas; por ese motivo, el estudio se debe considerar como del período de transición. A raíz de que las zonas de

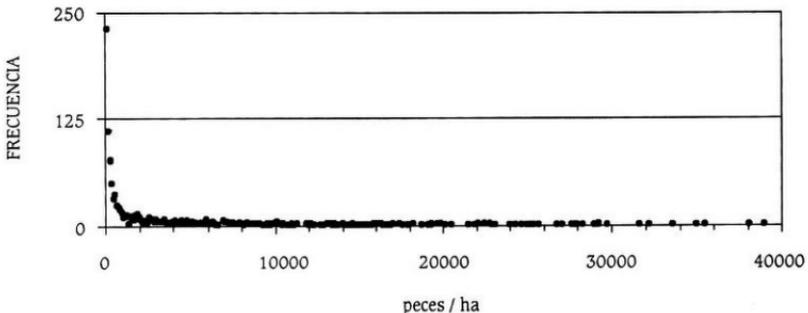


Figura 2

Distribución de frecuencias de las densidades de todas las evaluaciones acústicas



grandes turbulencias pueden enmascarar los ecos de los peces de pequeña talla, el área inmediata a la salida de máquina no fue considerada en las

evaluaciones. Los valores de densidad de peces/ha se encuentran dentro del rango determinado para el tramo medio

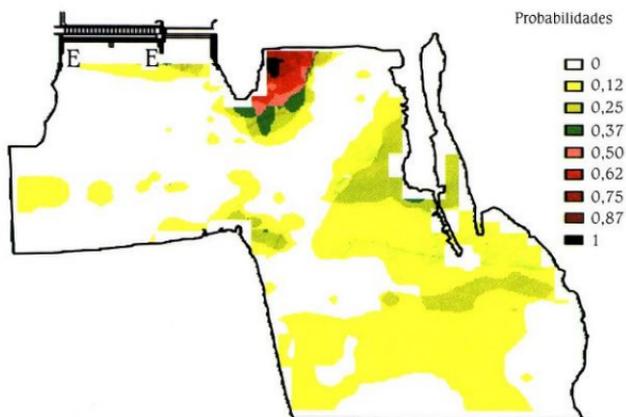


Figura 3

Distribución de las áreas con distintas probabilidades de altas densidades de peces.  
E: Entradas de peces a los elevadores

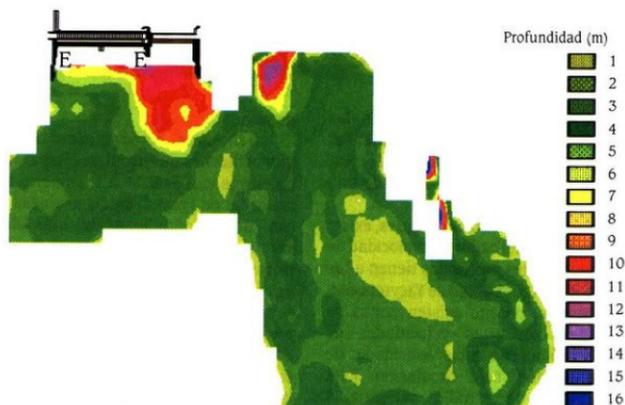
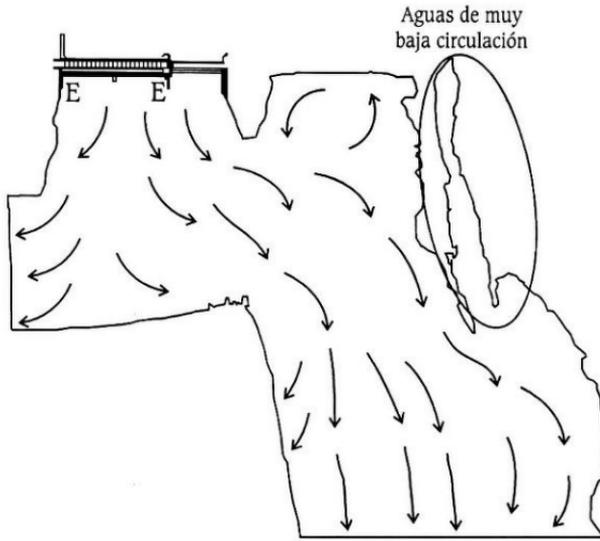
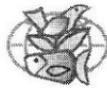


Figura 4

Distribución de profundidades (en m) para un nivel de restitución de 60 m. E: Entrada de peces a los elevadores



**Figura 5**

Distribución del sentido de la corriente. E: Entrada de peces a los elevadores

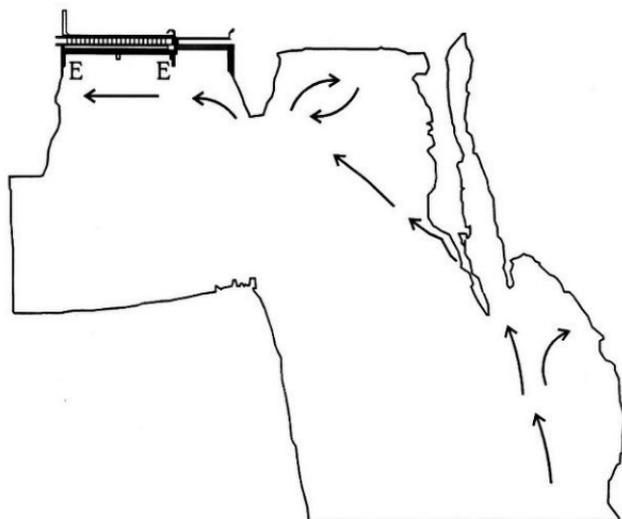
del río Paraná por Oldani (1990) y superan las estimaciones realizadas anteriormente por Oldani *et al.*, (1992), que utilizó un método de recuento de ecos. Esto probablemente se debe a la posibilidad de una mejor discriminación de los peces.

En el río Paraná, como en otros cursos de aguas, existe una relación entre la forma del cauce y la velocidad de la corriente, donde ambientes profundos tienen altas velocidades de corriente. Aguas abajo de Yacretá esta condición no se cumple, porque existen zonas de bajas profundidades con altas velocidades de corriente, zonas profundas con bajas velocidades de corriente o aguas de muy baja circulación. Esta característica del área de estudio ayudaría a discriminar el efecto relativo que las profundidades y las velocidades de corriente tienen sobre la distribución de las altas concentraciones y las rutas de migraciones de los peces en el área próxima a la

represa.

El área más importante, con las mayores probabilidades de encontrar altas concentraciones de peces que van de 0,37 a 1, se ubica sobre el antiguo cauce del río Paraná, aguas abajo del cierre principal, con una profundidad de más de 7 m. Estas variaciones de probabilidades se pueden asociar a los períodos de migraciones. Profundidades y velocidades de corriente tienen que actuar simultáneamente. Esto se deduce, porque sobre la ribera izquierda del área se presentan características hidrológicas similares a la de la zona profunda, pero la probabilidad de hallar elevadas cantidades de peces es nula. Aquí el factor limitante podría ser la profundidad.

En las otras dos zonas profundas (aguas abajo de la central-vertedero y en el canal de la esclusa de navegación) y en la porción inferior del área de estudio, se presentan probabilidades de 0,12 a 0,25.



**Figura 6**

Esquema tentativo de la ruta de aproximación de los peces a la entrada de los elevadores para peces de Yacyretá. E: Entrada de peces a los elevadores.

Esto significa que solamente en 1 ó 2 oportunidades se determinaron altas concentraciones. En la zona de la central-vertedero los peces se distribuyeron próximos a la ribera izquierda y sobre todo el frente de obra. En este caso, los factores limitantes serían las altas velocidades de corriente generadas por el funcionamiento de la central, mientras que en el canal de la esclusa de navegación se debería a la muy baja circulación del agua. Esto, a su vez, plantea la posibilidad de estudiar alternativas para generar condiciones hidráulicas que favorezcan la concentración de peces y finalmente transferirlos masivamente hacia el embalse.

Considerando que las áreas de elevadas cantidades son los ambientes que utilizarían en los desplazamientos, se construyó un esquema tentativo de la ruta de aproximación a las entradas de los

elevadores (Fig. 6). La mayor parte de los peces que llegan son los que se movilizan por el río Paraná, desde la estación El Naranjito siguiendo el borde del talweg, estimulados por la velocidad de la corriente; se desplazan por el canal que pasa entre el manto de basalto y la ataguía de margen izquierda siguiendo el cauce del río Paraná hasta el cierre principal donde se presenta la mayor concentración. Posteriormente, y en bajas cantidades, alcanzan las entradas a los elevadores desplazándose sobre la ribera izquierda del canal de salida y pasando frente al vertedero evitando las altas velocidades de corriente generadas por la central. Se destaca que para lograr una mayor eficiencia de los sistemas de transferencia es necesario vincular directamente el área de mayor concentración de peces con las entradas de los sistemas de transferencia.



## AGRADECIMIENTOS

Los fondos para este estudio fueron provistos por el BIRF y BID a través de la Entidad Binacional Yacyretá. A los Sres. Juan Soto e Isabelino Rodríguez por la asistencia en el campo y al Lic. Omar García por el apoyo logístico.

## REFERENCIAS

- Carnevali, R. 1994. Fitogeografía de la Provincia de Corrientes. *Gobierno de la Provincia de Corrientes e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Corrientes (Argentina)*: 324 p.
- Delfino, R.; C. Baigún y R. Quirós. 1986. Esclusas para peces en la represa de Salto Grande. Consideraciones acerca de su funcionamiento. *Dpto. Aguas Cont. Serie Inf. Tec. Inst. Invest. y Desarr. Pesqueras, Mar de la Plata* 3: 51 p.
- Isaaks, E.I. and R. M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. *Oxford University Press*: 561 pp.
- Love, R.H. 1971. Dorsal-aspect target strength of an individual fish. *Acoust. Soc. Amer.* 49(3) part 2: 816-823.
- Oldani, N.O. 1990. Variaciones de la abundancia de peces del valle del río Paraná (Arg.). *Rev.Hidrobiol. trop.* 23(1): 67-76.
- Oldani, N.O.; J. Iwaszkiw; O. Padín y A. Otaegui. 1992. Fluctuaciones de la abundancia de peces en el alto Paraná (Corrientes, Argentina). Actas del II Seminario El río Uruguay y sus recursos. 1(1): 43-53.
- Oldani, N.O.; C. Baigún, and R. Delfino. 1998a. Fishway Performances. In South American Regulated Rivers; Engineering Approaches to Ecosystem Restoration; Hayes, D. F.; *ASCE Amer. Soc. Civil Eng., Denver, Colorado, EEUU*. 1998 Session M-6.
- Quirós, R. and S. Cuch. 1989. The fisheries and limnology of the lower Plata basin. IN: Proceeding of the International large river symposium. D. P. Dodge (Ed.). *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106: 429-443.

Recibido/Received: 27 abril 2000  
Aceptado/Accepted: 24 octubre 2000

## Sistemas de Indexación

Los siguientes servicios nacionales e internacionales de información científica están autorizados para reproducir los títulos y/o los resúmenes de los artículos publicados en esta Revista: AGRIS: Sistema Internacional de Información sobre Ciencias y Tecnologías Agrícolas. Fao. Roma; ASFA: Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts. Estados Unidos.; BIOSIS: Biological Abstracts Inc. Philadelphia.; CAB: Commonwealth Agricultural Boureau. Inglaterra.; CARIS: Sistema de Información sobre Investigaciones Agronómicas en curso. FAO. Roma.; CICH: Centro de Investigación Científica y Humanística. México.; CIDIA: Centro Interamericano de documentación e información agrícola. Costa Rica.; CIFCA: Centro Internacional de información de Ciencias Ambientales. España.; CSA: Cambridge Scientific Abstracts. USA.; Geo Abstracts. Inglaterra. ISI: Institute for Scientific Information. USA.