

REMARKS CONCERNING THE EMISSION RATES IN SUPERSTRONG
MAGNETIC FIELDS*Jorge Páez*Escuela de Física
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica*L. Semionova*Departamento de Física
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

The transition rates for cyclotron radiation are calculated under the assumption that the third component for the electron spin is oriented along the magnetic field. Our result reveals the discrepancy in a previous work by White and support the results found by Herold *et al.*

Since the discovery of the cyclotron features in the X-ray emission spectrum of Hercules X1 (Her X1) (1), (2), the cyclotron radiation have gained increasing interest among astrophysicists and recently have appeared in the literature some

controversy on the cyclotron emission rates in superstrong magnetic fields (3), (4), (5). For this reason it seem to us that there are some interesting features that can be widely discussed in order to clarify all the calculation on this subject.

We did a fully relativistic calculation on the magnetic cyclotron emission in the first order approximation utilizing the Furry-framework. A simple calculation and averaging over the spin orientations leads to the result.

$$\begin{aligned}
 \Gamma^{N \rightarrow N'} = & \frac{\alpha}{16} \int_0^\pi d\theta \frac{\omega \sin \theta}{\epsilon_0 (\epsilon_0 \sin^2 \theta)} \left\{ \left[(\epsilon_0 + m) (\epsilon_0 - \omega - m) I_{N-1, N'}^2(z) + (\epsilon_0 - m) (\epsilon_0 - \omega + m) I_{N, N'-1}^2(z) \right] (1 + \cos^2 \theta) \right. \\
 & + \left[(\epsilon_0 - m) (\epsilon_0 - \omega + m) I_{N-1, N'}^2(z) + (\epsilon_0 + m) (\epsilon_0 - \omega - m) I_{N, N'-1}^2(z) \right] (1 + \cos^2 \theta) \\
 & - 8\epsilon_0 B \sqrt{N N'} \left[I_{N-1, N'}(z) I_{N, N'-1}(z) + I_{N, N'}(z) I_{N-1, N'-1}(z) \right] \sin^2 \theta \\
 & + 4\sqrt{\gamma N} \omega \left[I_{N-1, N}(z) I_{N, N'}(z) + I_{N, N'-1}(z) I_{N-1, N'-1}(z) \right] \sin \theta \cos^2 \theta \\
 & + \left[(\epsilon_0 + m) (\epsilon_0 - \omega + m) I_{N-1, N'-1}^2(z) + (\epsilon_0 - m) (\epsilon_0 - \omega + m) I_{N, N'}^2(z) \right] \sin^2 \theta \\
 & \left. + \left[(\epsilon_0 - m) (\epsilon_0 - \omega - m) I_{N-1, N}^2(z) + (\epsilon_0 + m) (\epsilon_0 - \omega + m) I_{N, N'}^2(z) \right] \sin^2 \theta \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

where $z = \omega^2 \cdot \sin^2 \theta / 2eB$ and $I_{N,N'}$ are constructed from the associated Laguerre polynomials (6) and are defined by

$$I_{N,N'}(z) = \sqrt{\frac{N!}{N'}} \cdot e^{-z/2} \cdot z^{(N-N')/2} \cdot L_{N'}^{N-N'}(z) \quad (2)$$

Comparing our Eq. (1) with the Eq. (1) of the paper by Herold *et al.* (4), one notices some slight differences between them. They are caused just because Herold *et al.* consider that the total spin is oriented along the magnetic field (7), while

we consider, following Sokolov procedure (8) for the calculation of transition rates, that only the third component of the total spin is oriented along the magnetic field (5). Our result gives also a small contribution to the total transition rate as calculated by Herold *et al.* It is also remarkable that in the integrand of our Eq. (1) appears the angle of emission of the photon in agreement with Herold *et al.* (4). This supports the arguments of Herold *et al.* that White (9) used the incorrect form ($\epsilon_0 - \omega$) in the denominator of the transition rates. Other possible contribution to the total transition rate may be due to the influence of the metric (10) in the radiation processes of the star mentioned above.

REFERENCES

1. J. Trümper, W. Pietsch, C. Reppin, B. Sacco, E. Kendziorra and R. Staubert, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 302 (1977) 538.
2. J. Trümper, W. Pietsch, C. Reppin, W. Voges, R. Staubert and E. Kendziorra, *Astrophys. J.* 219 (1978) L105.
3. D. White, *Phys. Lett.* Vol. 80A, (1980) 377.
4. H. Herold, H. Ruder and G. Wunner, *Phys. Lett.* Vol. 91A (1982) 272.
5. D. White, *Phys. Lett.* Vol. 93A, (1982) 9.
6. A.A. Sokolov and I.M. Ternov, *Synchrotron Radiation*, Akademie-Verlag, Berlin, 1968.
7. A.A. Sokolov and I.M. Ternov, *J.E.T.P. (U.S.S.R.)* 25, (1953) 698.
8. A.A. Sokolov, *Introduction to Quantum Electrodynamics*, Books 1-2, U.S.A.E.C., 1960.
9. D. White, *Phys. Rev.* D9, (1974) 868.
10. F. Ernst, *Phys. Rev.*, Vol. 167, No. 5, (1968) 1175, and *Phys. Rev.* Vol. 168, No. 5 (1968) 1415.

ICTIOFAUNA DEL EMBALSE ARENAL, GUANACASTE, COSTA RICA

Juan Bautista Ulloa
Jorge Cabrera Peña
Oliver Alpírez Q.

Escuela de Ciencias Biológicas,
Universidad Nacional
Heredia 3000, Costa Rica

El embalse Arenal, localizado en la provincia de Guanacaste, Costa Rica ($84^{\circ} 54' 8''$ longitud Oeste y $10^{\circ} 30' 5''$ Latitud Norte) a 646 msnm, tiene un área aproximada de $87,80 \text{ km}^2$, con un volumen calculado de $2,42 \times 10^9 \text{ m}^3$, su ancho

máximo es de 6 km, con una profundidad media de 20,88 m, un desarrollo litoral de 3,31 y su fase de llenado fue terminada en 1979 (Centro Científico Tropical, 1981; Instituto Costarricense de Electricidad, 1981).

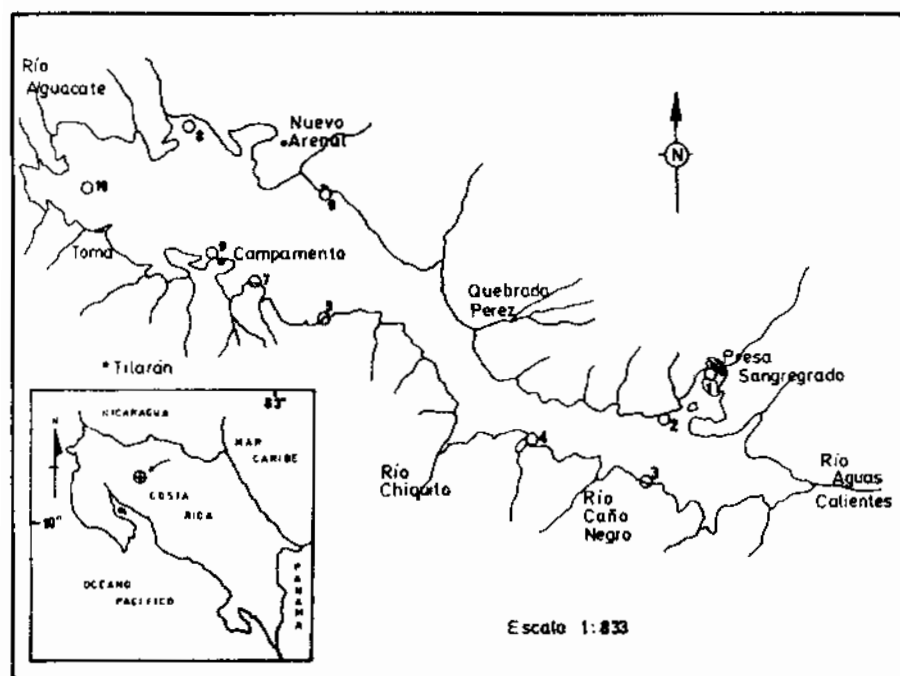


FIGURA 1: Localización de las zonas de muestreo en el embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica.

CUADRO 1

Lista de las especies de peces capturados en las diferentes estaciones de muestreo. Embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica.

ESPECIES	ESTACIONES
Cichlidae	
<i>Cichlasoma dovii</i> (Günther, 1864)	1 a 10
<i>Cichlasoma nicaraguense</i> (Günther, 1864)	1 a 10
<i>Cichlasoma septemfasciatum</i> (Regan, 1908)	1 a 10
<i>Cichlasoma nigrofasciatum</i> (Günther, 1869)	1 a 10
<i>Cichlasoma tuba</i> (Meek, 1912)	1, 2, 4, y 8
<i>Cichlasoma alfari</i> (Meek, 1907)	1, 2, 3, 7, 8 y 9
<i>Neotroplus nematopus</i> (Günther, 1864)	1 a 10
Poeciliidae	
<i>Poecilia gillii</i> (Kner y Steindachner, 1864)	1 a 10
<i>Poeciliopsis turrubarensis</i> (Meek, 1912)	1, 3, 7 y 9
<i>Neoheterandria umbratilis</i> (Henn, 1916)	2, 4 y 8
<i>Brachyrhaphis holdridgei</i> (Bussing, 1966)	1, 4, 7 y 9
<i>Brachyrhaphis rhabdophora</i> (Regan, 1913)	1, 3, 7 y 9
Atherinidae	
<i>Melaniris chagresi</i> (Meek y Hildebrand, 1914)	1 a 10
Pimelodidae	
<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther, 1864)	1 a 10
<i>Rhamdia alfari</i> (Fowler, 1932)	1 a 10
Characidae	
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	1 a 10
<i>Brycon guatemalensis</i> (Regan, 1908)	1 a 10
<i>Bryconamericus scleroparius</i> (Jan, 1908)	1, 3, 5, 7 y 8
Synbranchidae	
<i>Synbranchus marmoratus</i> (Bloch, 1795)	1, 3 y 5
Gymnotidae	
<i>Gymnotus cylindricus</i> (LaMonte, 1935)	1 y 4

El objetivo del presente trabajo es proporcionar información sobre las diferentes especies que constituyen la ictiofauna del embalse Arenal.

Mensualmente desde abril de 1984 a agosto de 1987, se realizaron evaluaciones cualitativas de los peces obtenidos en diferentes zonas del Embalse Arenal (Fig. 1), con una red de arrastre de 15 m de largo, 1,5 m de alto y con una distancia de entrenudos de 0,5 cm; con una red agallera de 100 m de largo, 3 m de alto y con una distancia entrenudos de 12 cm y líneas de mano con anzuelos de diferentes tamaños.

Las colectas fueron realizadas tanto de día como de noche y los especímenes capturados fueron preservados en formalina al 10 %/o. La identificación de los ejemplares se realizó con las claves de Meek y Hildebrand (1916), Hildebrand (1938), López (1968), Zuñiga (1980) y Villa (1982).

Se colectó un total de 7 familias, 13 géneros y 20 especies en las 10 estaciones muestreadas en el embalse Arenal (Cuadro 1).

El menor número de familias y especies de peces encontrados en el presente estudio, en relación con lo reportado por Bussing y López (1977), para la cuenca hidrográfica de Arenal (10 familias y 25 especies), puede atribuirse a que el embalsamiento de las aguas de dicha cuenca, modificó sustancialmente los hábitat existentes, lo cual favoreció a las especies euritópicas y lacustres.

El hallazgo de tres especies de peces no citados para esta cuenca, dos pertenecientes a la vertiente Atlántica (*Cichlasoma nicaraguense* y *Bryconamericus scleroparius*) y una a la Pacífica (*Poeciliopsis turrubarensis*) (Ulloa et al., 1987) puede deberse a su introducción accidental por el uso de determinadas especies como carnada y a las obras de ingeniería realizadas previas al embalsamiento (canalizaciones, presas u otras).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los participantes en los Proyectos 831045 y 851057 y en especial a la Licda. Margarita Mora J. coordinadora de esos proyectos.

REFERENCIAS

- Bussing, W.A. y M.I. López, 1977. Distribución y aspectos ecológicos de los peces de las cuencas hidrográficas de Arenal, Bebedero y Tempisque. *Rev. Biol. Trop.* 25: 13-37.
- Centro Científico Tropical. 1981. Estudio ecológico integral de las zonas de afectación del Proyecto Arenal, Costa Rica. 750 pp.
- Hildebrand, S.F. 1938. A new catalogue of the freshwater fishes of Panama. *Field Mus. Nat. Hist. Zool. Ser.*, 22: 217-359.
- Instituto Costarricense de Electricidad. 1981. Plantas hidroeléctricas del ICE. San José, Costa Rica. 24 pp.
- López, M.I. 1968. Clave para la identificación de los peces de las aguas continentales de Costa Rica. *Fac. Ciencias y Letras, Depto. de Biología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.* 31 pp.
- Meek, S.E. y S.F. Hildebrand. 1916. The fishes of the freshwaters of Panama. *Field Mus. Nat. Hist. Zool. Ser.*, 10: 1-374.
- Ulloa, J.B.; O. Olpírez y J. Cabrera. 1987. Presencia de *Bryconamericus scleroparius*, *Poecilopsis turrubarensis* y *Cichlasoma nicaraguense* en el Embalse Arenal, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36: 171-172.
- Villa, J.D., 1982. Peces nicaragüenses de agua dulce. Fondo de Promoción Cultural del Banco de América, Managua, Nicaragua. 253 pp.
- Zúñiga, L.M. 1980. Contribución a la sistemática del género *Rhamdia* (Pisces: Pimelodidae) en Costa Rica. Tesis, *Fac. de Ciencias, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.* 95 pp.
-