

## Las algas tóxicas de agua dulce - sus toxinas y la incidencia en el desarrollo social

Juan Carlos Zanotti Cavazzoni

Gustavo Alcaraz

### Resumen

El artículo tiene por fin exponer la incidencia del consumo de agua con contenido tóxico, como sucede con ciertas algas, en la salud. Entre ellas, las cianobacterias tóxicas se encuentran en ambientes de aguas dulces de cursos o espejos en todo el mundo. Actualmente, al menos 46 especies han demostrado tener efectos tóxicos sobre los vertebrados. El conjunto de colonias que forman, pueden llegar a dimensiones visibles a simple vista e incluso dejar el agua con un aspecto gelatinoso, movilizarse por causa de la corriente de agua y del viento infectando los alrededores de su fuente de origen. La proliferación de las algas incluyendo las tóxicas puede deberse a diversas fuerzas antropogénicas, por ejemplo, la carga de fósforo proveniente de abonos que percolan llegando a los cursos eutrofizándolos. En el Paraguay, la fuente principal de contaminación es causada por la fertilización de los suelos dado que se realizan a una distancia mínima de la orilla de los ríos en contra de las leyes vigentes. El efecto nocivo de estas algas, puede llegar a ser letal, tanto en animales como en humanos. Estas algas no solamente producen intoxicación al consumirla, sino también con un simple contacto con la piel y mucosas dado que ella puede ser absorbida por esta.

Palabras clave: Algas tóxicas; Salud; Desarrollo.

### Abstract

*The present work aims to reveal that the intake of contaminated water, as it happens with certain algae, affects human health. Among them, the toxic cyanobacteria are found in freshwater atmospheres the world over. At present, at least 46 species have shown to have an effect on vertebrates. The set of colonies they produce can reach visible dimensions and even cause a gelatin-like form on water, which expands with the*

*movement caused by the wind infesting the surroundings of their source of origin. The proliferation of the seaweeds, including the toxic ones, may be the result of anthropogenic forces, such as the sediments of phosphorous generated which run onto the water which eutrophizing them. In Paraguay, the main source of contamination is caused by the fertilization of the soil because they take place near the rivers thus breaking the current laws. The harmful effect of these seaweed, could get to be lethal, as much in animals as in humans. Consequently, the intoxication is not only caused by the intake of such type of water, but also by a simple contact of the skin with this seawater because it is absorbed by it.*

**Key words:** Toxic seaweed; Health; Development.

## 1. Introducción

Las algas de la especie de *Microcystis* producen toxinas solubles y de difícil depuración que afectan al hígado y a la piel pudiendo ser mortal. La toxina es acumulativa por lo tanto la patogeneidad es grave e importante. En nuestro país y en el mundo está difundida reportándose casos graves y mortales, especialmente en población disminuida nutricionalmente e inmunitariamente con respuesta funcional deficiente.

La importancia sanitaria que tiene el alga tóxica en nuestro país es tal debido a que muchas tomas de agua para la población, se hacen directamente en zonas contaminadas y por lo tanto amerita investigaciones para minimizar el riesgo a los usuarios y tomar medidas de protección y seguridad. la literatura internacional describe a la toxina como no filtrable, no precipitable, no retenible, no metabolizable y resistente al calor inclusive a 300°C. Esto es un problema importante para la salud pública especialmente pensando que la mayoría de los recursos hídricos están eutrofizados y por lo tanto propensos a la multiplicación de algas, a más la temperatura favorece este problema. Una solución es imperativa para minimizar la pobreza y la ignorancia que está relacionada con la salud, cultura y educación.

## 2. Referencias teóricas

Al ser la toxina de difícil manejo, alta toxicidad, y de ser retenida y acumulada por el hígado, se debe tener en cuenta la incidencia en la región de las hepatopatías.

Igualmente, se debe tener en cuenta la eutrofización de las aguas y en especial el contenido de fósforo en las mismas.

### *Vía de exposición*

Durante el uso del agua recreativa, los peligros para la salud humana surgen a través de tres vías de exposición:

- ◇ Contacto directo de las partes expuestas del cuerpo, incluidas las áreas sensibles tales como oídos, ojos, boca y garganta, así como las áreas cubiertas por el traje de baño, ya que pueden retener materia celular;
- ◇ Ingestión accidental al tragar agua que contiene células en florecimiento; e
- ◇ Ingestión al aspirar agua que contiene toxina sobre los límites tolerables.
- ◇ Los síntomas relacionados con estas vías de exposición pueden incluir diferentes metabolitos tóxicos.

### *Contacto directo*

Luego de la exposición a aguas recreativas, se han reportado casos de irritación por contacto con varios géneros de cianobacterias de aguas dulces (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Gloeotrichia*), si bien la irritación no es tan severa como en el caso de algas marinas.

Las algas de agua dulce son conocidas por sus reacciones dérmicas alérgicas o irritantes de gravedad variada. Los trajes de baño y especialmente los trajes de buceo suelen agravar estos efectos por acumulación de células. Por el pigmento ticoianina de la cianobacteria (Cohen y Reif, 1953) se reportaron severos casos de dermatitis (con efectos similares a los de quemaduras en la piel

Kuiper-Goodman y otros, 1998). En un estudio epidemiológico sobre la salud en áreas recreativas (Pilotto y otros, 1997), se encontró que las irritaciones de la piel eran un síntoma frecuente. Este estudio mostró una correlación entre la densidad celular de las cianobacterias y la duración de la exposición.

Cianotoxinas	LD50 (i.p. ratón) de toxina pura	Taxones que producen toxina(s)	Mecanismo de toxicidad
Bloqueadores de fosfatasa de Proteínas (péptidos cíclicos con ADDA)			
Microcistinas en general (60 congéneres conocidos)	45- > 1.000 µg/kg	*Microcystis, Planktothrix *Oscillatoria, *Nostoc	Bloqueo de proteínas fosfatasas por enlace covalente y produce hemorragia del hígado; puede ocurrir daño acumulativo
Microcistina-LR	60 (25-125) µg/kg	*Anabaena, Anabaenopsis	
Microcistina-YR	70 µg/kg	Hapalosiphon	
Microcistina-RR	300-600 µg/kg		
Nodularina	30-50 µg/kg	Nodularia spumigena	
Neurotoxinas			
Anatoxina-a (alcaloide)	250 µg/kg	*Anabaena, *Oscillatoria, Aphanizomenon, Cylindrospermum	Bloqueo de la despolarización post-sináptica
Anatoxina -a(s) (organofosfato único)	40 µg/kg	Conocida sólo para dos especies de Anabaena	Bloqueo de acetilcolinesterasa
Saxitoxinas (alcaloides de carbamato)	10-30 µg/kg	Aphanizomenon, *Anabaena, *Lyngbya, Cylindrospermopsis Raciborskii	Bloqueo de los canales de sodio
Citotoxina Cylindrospermopsina (alcaloide)	2100 µg/kg/d 200 µg/kg/5-6 d	Cylindrospermopsis Raciborskii	Bloqueo de la síntesis de proteínas; toxicidad acumulativa sustancial

Cuadro 1 - Toxinas de algas de agua dulce.

(\*) Algas encontradas en los cursos de agua dulce de la zona Oriental del Paraguay especialmente en el departamento de Central y Cordillera.

### *Instituciones involucradas*

- Asociación Civil “Renacer Ambiental”
- “Centro de analítica y bioestimulación La Esperanza”.

## **2. Objetivos**

- **General** - Encontrar la relación de desarrollo y algas.

Es un hecho que las comunidades rurales del Paraguay tienen un nivel económico que linda con la extrema pobreza y la ignorancia. Ambas situaciones son extremadamente influyentes en la salud, y habiendo a más un problema de tal magnitud con el vital elemento que es el agua hace que la situación sea gravísima.

- **Específicos:**

- Investigar el desarrollo de las regiones contaminadas;
- Investigar la salud en los lugares comprometidos;
- Constatar la existencia de vida animal en las aguas contaminadas.

## **3. Método**

El estudio fue del tipo laboratorio; en ella se separaron tres lotes de lauchas de laboratorio.

El primer lote se reserva como control no dándosele más que agua y alimento. Al segundo lote se le aplica a la piel un extracto de algas obtenidas del curso a controlar. Se observa los síntomas que presenta, se describe y se fotografía. Al tercer lote se le da para tomar unas gotas de extracto. Se observan los síntomas, se describen y se fotografían.

El método fue pues, demostrativo de toxicidad y no cuantitativo. Se utilizan muestras de aguas con características de contaminación e identificación de las algas presentes por microscopía.

El estudio se realizó a través de análisis de laboratorio y de bioferio.

Los datos se recogieron a través de una encuesta y de datos estadísticos existentes sobre hepatopatías, pobreza y cultivo extensivo con uso masivo de abonos y fertilizantes.

#### 4. Resultados

En el lote de ratones a los cuales se les aplicó sobre la piel el extracto, se pudo constatar a los pocos minutos un manifiesto prurito que provocaba un rascado violento de la zona afectada provocando en el animal intranquilidad, lamido y ambulación.

En cuanto al lote al que se dio por ingesta el extracto, la reacción fue violenta e inmediata, con parálisis y pérdida del sentido, aceleración de la respiración y de los latidos del corazón. Tiempo después se recupera la deambulación pero sin capacidad de fijación de rumbo y estabilidad; solo tiempo después se recuperaron aparente totalmente; pero dos días después murieron.

El grupo testigo no manifestó ninguna sintomatología.

En el laboratorio se tipificó el alga siendo *Anabaena* y *Mycrocistis*, en algunos casos *Oscillatorias*.

Con los datos se construyó un cuadro que define la calidad:

	Nulo	Escaso	Regular	Alto
Número de células de algas				
Toxicidad				

Cuadro 2 - Ejemplo para definir calidad de agua.

El criterio de clasificación es en base a la cuantificación de números de células de algas, a la toxicidad y el tipo de bioterio.

Este cuadro es básico para categorizar los recursos hídricos.

	Nulo	Escaso	Regular	Alto
Número de células de algas				X
Toxicidad				X

Cuadro 3 - Calidad de agua Arroyo San Lorenzo.

Se ha constatado que la mortalidad de los peces es simultánea una vez que entran en las aguas de dichos cursos.

	Nulo	Escaso	Regular	Alto
Número de células de algas				X
Toxicidad			X	

Cuadro 4 - Calidad de agua Arroyo Lambaré.

Se constató que las aguas de dicho arroyo en muchos trayectos no sostienen vida alguna.

	Nulo	Escaso	Regular	Alto
Número de células de algas				X
Toxicidad		X		

Cuadro 5 - Calidad de agua Arroyo Negra (Cnel. Oviedo).

Se constató vida acuática, peces, libélulas y otros.

	Nulo	Escaso	Regular	Alto
Número de células de algas			X	
Toxicidad		X		

Cuadro 6 - Calidad de agua Lago Ypacarai.

Se constató vida acuática pero se relata episodios de reacción alérgica.

Código de barra comparativo de nº de células, polución hídrica y pobreza.

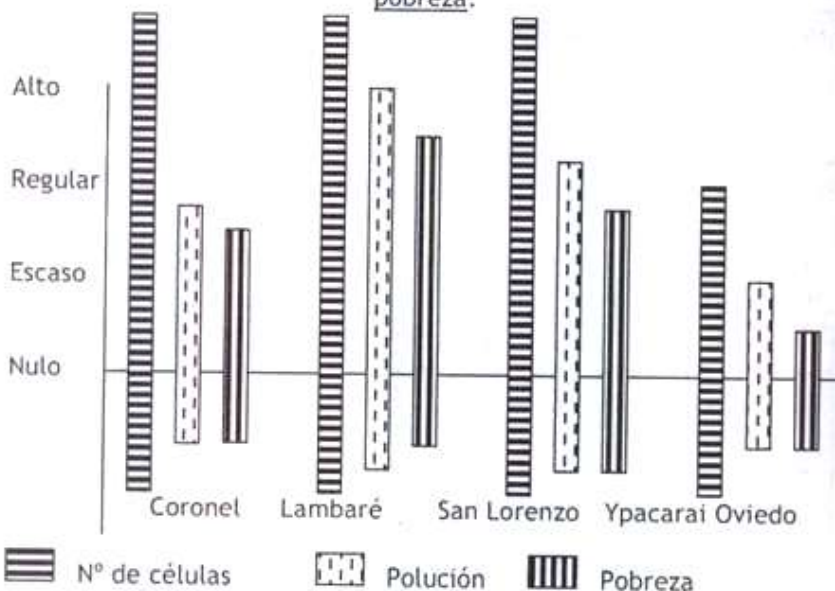


Figura 7: Barras comparativas sobre nº de células, polución hídrica y pobreza de distintas ciudades. Fuente propia



## Riesgo de calidad de vida de las poblaciones.

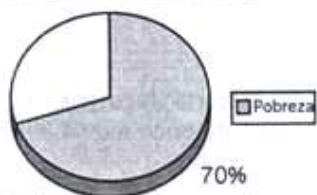


Gráfico 1 - Porcentaje de pobreza de San Lorenzo.

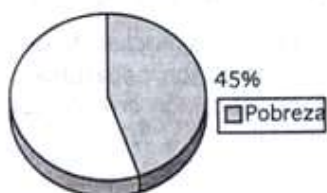


Gráfico 2 - Porcentaje de pobreza de Lambaré.

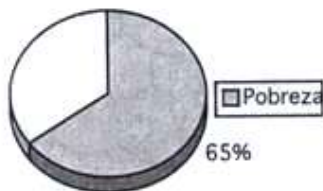


Gráfico 3 - Porcentaje de pobreza de Ypacaraí.

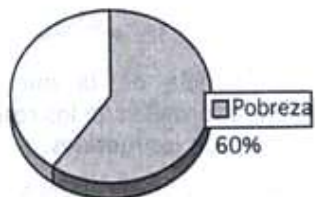


Gráfico 4 - Porcentaje de pobreza de Coronel Oviedo.

- Informe de laboratorio de las agua del vertido del Arroyo Negra (Coronel Oviedo)

### Algas azules:

Oscillatoria brevis, Oscillatoria lacustris, Oscillatoria chlorina. Son algas frecuentes en aguas de poco movimiento y contaminadas.

### Algas verdes:

Schroederia sp, Excentrosphaera sp, Ankistrodesmus sp, Microcystis sp, Siderocelis ornata, Schizochlamydes sp, Anabaena sp. Son algas frecuentes en agua eutrofica de poco movimiento.

Tanto las algas azules como muchas de las verdes son productoras de toxinas. Estas en general son hepatotóxicas, de acumulación en el órgano originando intoxicación crónica con sintomatología de difícil diagnóstico diferencial.

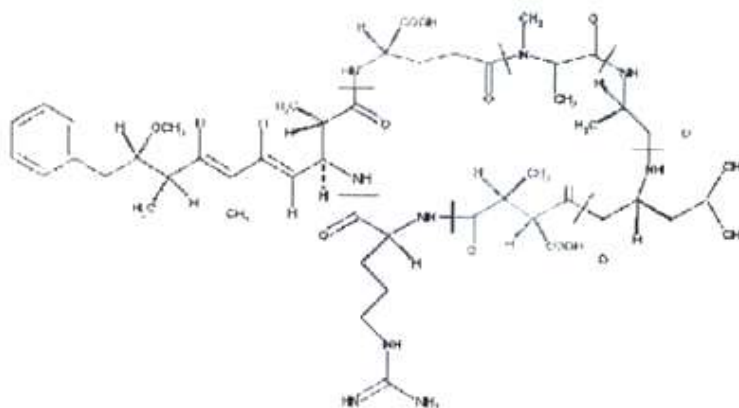


Figura 1 - Formula de la microcistina. Los aminoácidos existentes en la formula son los responsables de la capacidad de conjugación con los metales.

En la población de algas encontramos que varias de ellas son productoras de toxinas como ser las Oscillatorias y el Microcystis.

Estas algas se las cataloga en general como cianobacterias y a sus toxinas como cianotoxinas. La bibliografía es amplia y extensa.

Por el nivel de células existentes en el agua puede decirse que el riesgo es moderado, llamativo y de urgentes tomas de decisiones.

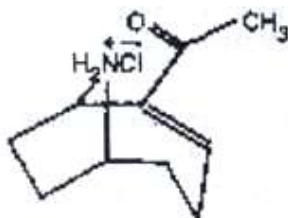


Figura 2 - Formula de la anatoxina (a)

Ingresos y pobreza por distrito

Distrito	Ingreso promedio mensual (en guaraníes)		Población pobre	
	Familiar	Por persona	%	*Orden del distrito más pobre de Py
San Lorenzo	1.766.756	381.312	23,6	194
Lambaré	2.080.741	438.764	18,8	205
Coronel Oviedo	931.914	192.523	46,1	76
San Bernardino	1.145.089	250.433	22,0	196

\* Orden de mayor a menor proporción (1 indica el distrito más pobre y 218 el menos pobre)

Figura 14: Cuadro de ingresos y pobreza por distritos. Fuente: Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos (DGEEC)

## 5. Conclusiones

A partir de los resultados se concluye que los mecanismos del desarrollo que incide generando enfermedad y la falta de desarrollo genera pobreza.

Entre las deficiencias se observan que pueden ser: Estructurales, Individuales, Sociales y Medio ambientales.

Los efectos inmediatos son: Enfermedad, Mala vivienda, Polución e Injusticia social.

### Desarrollo y salud



### Nueva valoración basada en la Ética y los DDHH

Los principios de eco-educación deberían ser aplicados en las escuelas, colegios y universidades para paliar los graves riesgos a la calidad de vida poblacional.

Se demostró en muchos trabajos, en este particularmente, que se ve relacionada a la pobreza, la ignorancia, la salud y el desarrollo; por lo cual los principios psicológicos ambientales deberán ser enseñados para disminuir los riesgos.

Esto es virtualmente lo más importante dado que la ignorancia y el egoísmo incurren en el desprecio de los demás, vulnerando los derechos humanos y la ética de comportamiento social e imposibilitando el desarrollo y la seguridad.

## Recomendaciones

En esencia, se recomienda la capacitación en el uso racional, la gestión y el gerenciamiento de los recursos naturales, dentro de una eco-pedagogía constructiva y formadora del hombre capaz de evolucionar en una reducción de la pobreza y una sociedad más justa y equitativa.

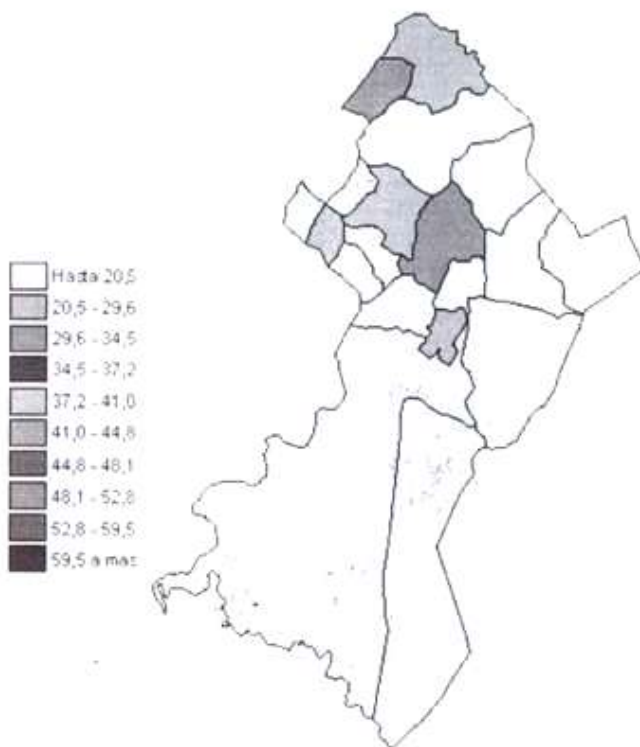
## 6. Referencias

- Zanotti Cavazzoni JC, Samaniego L. (2002). *Microorganismos de agua dulce como indicadores de salud ambiental en el Paraguay*. Asunción: OPS, OMS.
- Zanotti Cavazzoni, J. C. (2005). Tesis: Capacitación a las comunidades campesinas como minimización de la pobreza. Psicología social Universidad Metropolitana de Asunción.
- \_\_\_\_\_. (2006). Tesis: Asentamiento humano, seguridad y desarrollo. Doctorado en desarrollo y defensa: Universidad Metropolitana de Asunción.
- Streble H, Krauter D. (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua*. Barcelona: Ediciones Omega
- Glaubitz M. (1965). *Atlas der Garungsorganismen*. Hamburgo.
- Kadlubowska J. (1984). *Conjugatophyceae I*. Sturgart.
- Bourrelly P. (1968). *Les algues d'eau douce*. Paris: Editions N. Boubé y Cia.
- Bicudo D. (1989). *Algas epifitas do Lago Ninféas*. Sao Paulo: Instituto de Botánica.
- Hino K., Tundisi J. (1984). *Atlas de algas de represa do broa*. Sao Carlos: Universidad Federal de Sao Carlos. 2° edición.
- Roset, J.; Aguayo, S.; Muñoz, M.J. (2001). *Detección de cianobacterias y sus toxinas*. Una revisión. Revista de Toxicología.
- Chorus, Falconer, Salas, Bartram. *Riesgos a la salud causados por cianobacterias y algas de agua dulce en aguas recreacionales*.

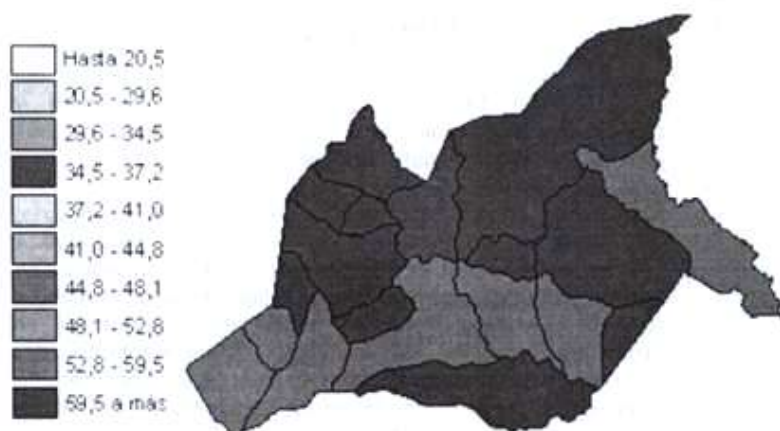
Ruscheinsky, A. y colaboradores (2002). *Educação Ambiental. Abordagens Multiplas*. Sao Paulo: Artmed.

Sierra Bravo, R. (1996). *Tesis Doctorales y trabajos de Investigación Científica*. España: Editorial Parainfo.

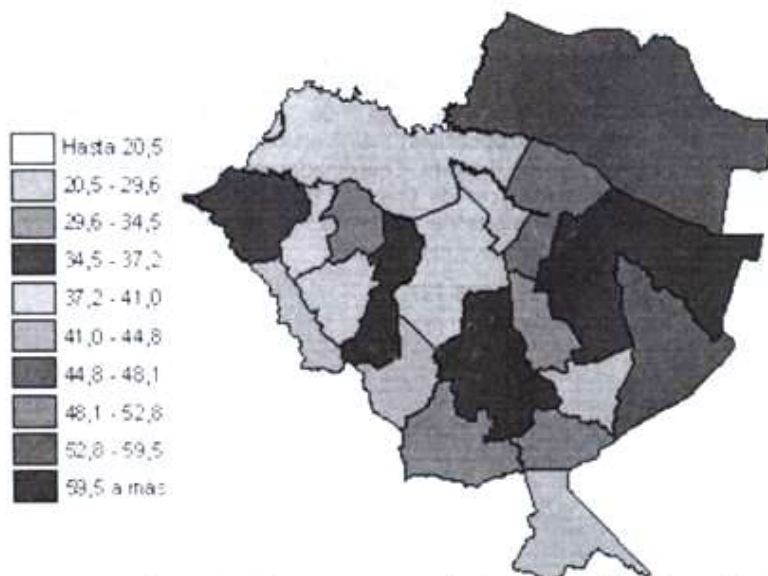
**Anexos**



Mapa de pobreza del departamento Central (% de la población con ingresos por debajo de la línea de pobreza). Fuente DGEEC.



Mapa de pobreza del departamento de Caaguazú (% de la población con ingresos por debajo de la línea de pobreza). Fuente DGEEC.



Mapa de pobreza del departamento de Cordillera (% de la población con ingresos por debajo de la línea de pobreza). Fuente DGEEC.

**Sobre los autores**

*Gustavo Daniel Alcaraz C.* Nacido en Asunción el 11 de Diciembre de 1968. Es técnico ambiental, docente y capacitador de asentamientos campesinos en calidad de vida y manejo de recursos naturales nacionales

*Juan Carlos Zanotti-Cavazzoni.* Doctor en Química Industrial (UNA). Master en Psicología Social, PhD en Seguridad y Defensa (Universidad Metropolitana de Asunción), Master en Gestión y Política Ambiental (UNA). Habla español, italiano y portugués; maneja inglés y francés técnico. Profesor en varias universidades de la capital. Representante de: Facultad de Ciencias Químicas de la UNA, SEAM, Consejero de la Sociedad Científica del Paraguay, Consejero en sociedades privadas. Asesor en: SEAM, Ministerio de Educación y Culto, Chancillería, Itaipú Binacional. Consultor en: OPS, Proyecto de Gestión Integrada de la cuenca del río Pilcomayo, Miembro del Comité consultor de la SEAM, Miembro del Comité de la Sociedad Científica del Paraguay. Orientador de tesis UNA en las carreras de Ciencias Químicas y Veterinaria, Universidad Autónoma de Asunción, UTCD. Miembro de Comité científico: Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Metropolitana, Universidad Autónoma de Asunción, Acuífero Guaraní. Coordinador de departamento de Biotecnología Facultad de Ciencias Químicas. Decano UTCD. Facultad de Ingeniería de alimentos. Ha escrito y publicado en revistas nacionales y extranjeras.

Teléfono: 213-273 / 205-737.

E-Mail: jczanotti@cab.com.py