

ENCUENTRO DE INVESTIGADORES

Construyendo el conocimiento
científico en el Paraguay

24 al 26 de agosto de 2016

organiza



apoyan



Proyecto de investigación:

Desinfección de aguas por medio de iones metálicos

Proyecto financiado por el CONACYT través del Programa PROCIENCIA con recursos del Fondo para la Excelencia de la Educación e Investigación – FEEI del FONACIDE”.



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Desinfección de aguas por medio de iones metálicos

Objetivo del Proyecto:	Evaluar dosis desinfectantes de iones metálicos en aguas contaminadas. Poner en funcionamiento un laboratorio de aguas en la Universidad Central del Paraguay que permita dar continuidad a tareas de investigación en dicha área.
Ejecutores:	Oscar Coronel (UCP)
Etapas actuales del Proyecto:	1) R1 Revisión Bibliográfica. Montaje del Laboratorio de aguas de la Universidad 2) R2 Determinar el, los o la combinación de iones metálicos adecuados para la desinfección de aguas. Determinar la dosificación necesaria 3) R3 Identificar posibles usos prácticos de los iones metálicos como desinfectantes de acuerdo a las dosificaciones necesarias determinadas 4) Establecer ventajas, desventajas y costos de desinfección con iones metálicos, y compararlos con otros desinfectantes de uso conocido
Alcance o impacto social del proyecto:	La propuesta puede aportar un nuevo sistema de desinfección de aguas sin efectos cancerígenos como la cloración, el más usado en la actualidad

“Este Proyecto es financiado por el CONACYT través del Programa PROCIENCIA con recursos del Fondo para la Excelencia de la Educación e Investigación – FEEI del FONACIDE”.



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay



Desinfección de aguas por iones metálicos



R1 Revisión Bibliográfica ANTECEDENTES

Las fuentes de agua para bebida humana contienen microorganismos perjudiciales para el hombre y el medio ambiente: bacterias, virus, amebas, protozoos, helmintos, etc.

La desinfección es un proceso de destrucción o inactivación de los microorganismos patógenos. Los sistemas de desinfección más utilizados son cloración, ozonización, radiación ultravioleta y filtración por membranas. A excepción de la **cloración**, los sistemas nombrados no modifican la calidad del agua.

De todos estos métodos, la **cloración** es un desinfectante poderoso contra bacterias y virus, que tiene dos características fundamentales:

- 1. Es el único desinfectante usado en la actualidad que permanece en las aguas largos periodos de tiempo, actuando sobre contaminaciones posteriores al tratamiento, por ejemplo, en una red de distribución.*
- 2. Se comentan los efectos de la formación de productos cancerígenos en la mezcla del cloro con ácidos húmicos y fúlvicos, y trihalometanos, - estos últimos, además, mutagénicos-.*



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

R1 Rev. Bibl. JUSTIFICACION Desinfección de aguas por iones metálicos

- El agua potable puede deteriorarse en su calidad microbiana durante su distribución, por lo cual es importante mantener un desinfectante residual a través del sistema de distribución.
- Existe una reciente preferencia en algunos países europeos con aguas crudas con tendencia a la formación de compuestos cancerígenos y mutagénicos por reacción con el cloro, a utilizar métodos de desinfección que disminuyan o eliminen estos efectos. Pero estos sistemas no tienen efecto desinfectante residual.
- La plata como desinfectante no produce sabor, olor ni color en el agua tratada, y no produce subproductos, pero es 200 a 300 veces mas cara que la cloración (Solsona y Mendez, 2003, OPS)
- Es por ello que la justificación de la investigación propuesta, es evaluar la viabilidad de usar otros iones metálicos además que la plata para obtener un efecto desinfectante residual en redes de abastecimiento de agua potable.



Efecto desinfectante residual



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Desinfección de aguas por iones metálicos

R1 Rev. Bibl. CONTENIDOS LIMITES de iones metálicos en el agua potable:

Se decidió explorar los siguientes metales como
desinfectantes: **Al, Cu, Fe, Ni, Zn**

Se propone determinar y comparar la acción bactericida
de los iones metálicos mediante la determinación de
Coliformes Totales y E.coli. Una vez establecida y
comparada la actividad de los distintos iones metálicos y
establecida la preferencia por uno o por una dada
combinación, podrán determinarse supletoriamente la
acción sobre otros microorganismos.

Se considera que el nivel de contaminación representativo para una contaminación en una red de
distribución de agua potable proveniente de un proceso de potabilización y desinfección en planta,
es 1000 CFU/ ml, valor a partir del cual se produce el crecimiento y multiplicación de las colonias si
no existe elementos que lo limiten.

Metal	WHO	CUE	USA
Al	0,2 mg/L	200 µg/L	
Cd	0,003 mg/L	5 µg/L	
Cu	2 mg/L	2 mg/L	1300 µg/L
Cr	-	50 µg/L	
Ni	0,02 mg/L	0,02 mg/L	0,1 mg/L
Fe	0,3 mg/L	200 µg/L	300 µg/L
Pb	0,01 mg/L	10 µg/L	
Ag	0,1 mg/L		
Zn	3 mg/L		5000 µg/L



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Desinfección de aguas por iones metálicos

R1 Montaje Laboratorio de aguas de la UCP



Laboratorio de

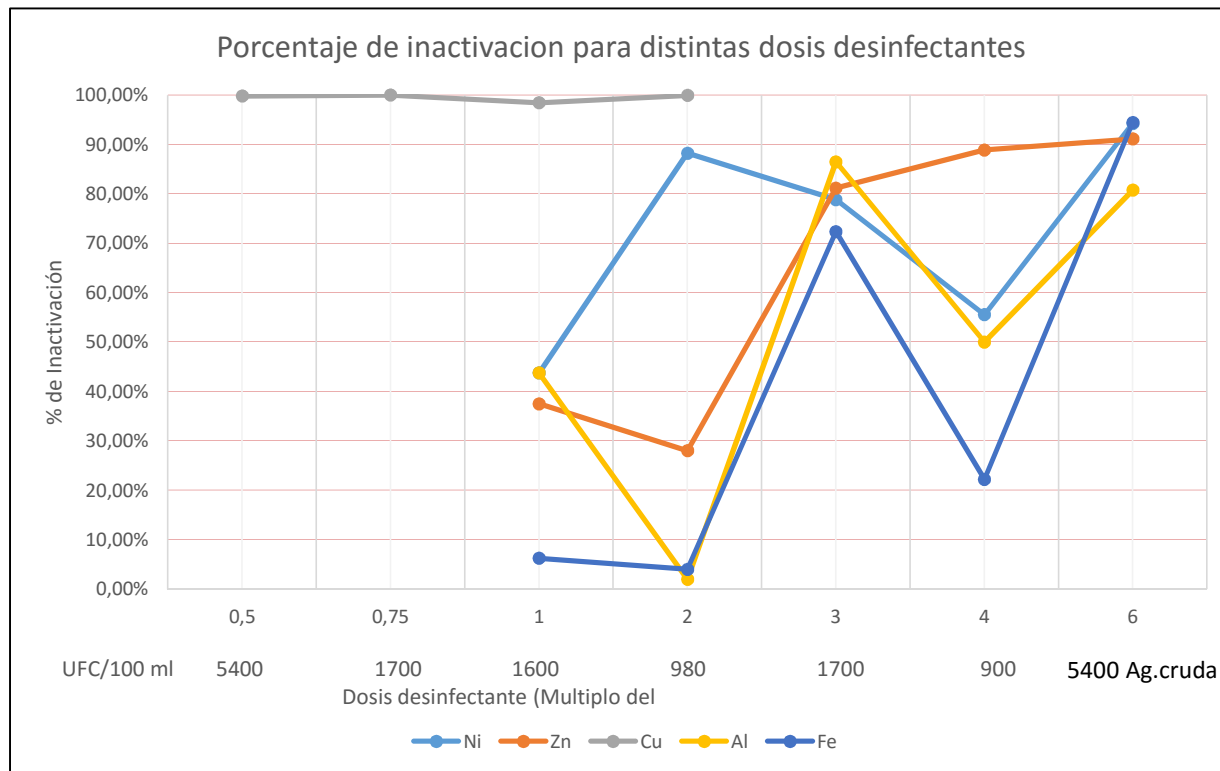
Microbiología



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Desinfección de aguas por iones metálicos

R2 Determinar el metal o la combinación de metales mas adecuada y las dosis necesarias:



Agua Cruda 900 UFC
Dosis metales 4 máxima, CU = 1 máx.

Ensayos	Zn	Zn	Cu	Al	Fe	
1	Ni	Zn	Cu	Al	Fe	1
2	Ni	Zn	Cu	Al		1
3	Ni	Zn	Cu		Fe	2
4	Ni	Zn		Al	Fe	3
5	Ni		Cu	Al	Fe	4
6		Zn	Cu	Al	Fe	5
7		Zn	Cu	Al		1
8			Cu	Al	Fe	2
9	Ni			Al	Fe	3
10	Ni	Zn			Fe	4
11	Ni	Zn	Cu			5
12	Ni		Cu	Al		6
13		Zn		Al	Fe	7
14	Ni		Cu		Fe	8
15	Ni	Zn		Al		9
16		Zn	Cu		Fe	10
17	Ni	Zn				1
18		Zn	Cu			2
19			Cu	Al		3
20				Al	Fe	4
21	Ni				Fe	5
22	Ni			Al		6
23		Zn			Fe	7
24	Ni		Cu			8
25		Zn		Al		9
26			Cu		Fe	10
27	Ni					1
28		Zn				2
29			Cu			3
30				Al		4
31					Fe	5



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Desinfección de aguas por iones metálicos

R3 Identificar posibles usos prácticos de los iones metálicos como desinfectantes de acuerdo a las dosificaciones necesarias determinadas

- El cobre se puede usar como desinfectante residual en sistemas de desinfección que no tienen efecto residual (Ultra violeta, ozonización), sin producir subproductos cancerígenos y mutagénicos.



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Bibliografía

Desinfección de aguas por iones metálicos

Autor	Cita
Berger et al, 1976	Berger, T. J., Spadaro, J. A., Chapin, S. E., & Becker, R. O. (1976). Electrically generated silver ions: quantitative effects on bacterial and mammalian cells. <i>Antimicrobial Agents and Chemotherapy</i> , 9(2), 357.
Berger et al, 1976 (1)	Berger, T. J., Spadaro, J. A., Bierman, R., Chapin, S. E., & Becker, R. O. (1976). Antifungal properties of electrically generated metallic ions. <i>Antimicrobial Agents and Chemotherapy</i> , 10(5), 856-860.
Berry et al, 2006	Microbial ecology of drinking water distribution systems
Birmele et al, 2011	Birmele, M. N., McCoy, L. E., & Roberts, M. S. (2011). Disinfection of spacecraft potable water systems by passivation with ionic silver. NASA technical report. Available at: http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110014435_2011014957.pdf (accessed 1.12. 12).
Blanc et al, 2005	Water disinfection with ozone, copper and silver ions, and temperature increase to control Legionella. seven years of experience in a university teaching hospital, <i>Journal of Hospital Infection</i> Volume 60, Issue 1, May 2005, Pages 69–72
Brereton J. & Mavinic D., 2002	Brereton Field and material-specific simulated distribution system testing as aids to understanding trihalomethane formation in distribution systems
Buffle, J. 1984.	Buffle, J. (1984). Natural organic matter and metal-organic interactions in aquatic systems. <i>Metal ions in biological systems</i> , 18, 165-221.
Butkus et al, 2005	Feasibility of the silver-UV process for drinking water disinfection
Cabrero et al, 1998	Effects of copper and zinc on the activated sludge bacteria growth kinetics
Chen et al, 2008	Chen Efficacy of point-of-entry copper–silver ionisation system in eradicating Legionella pneumophila in hospital
Chen et al, 2013	Chen, C. H., Lin, L. C., Chang, Y. J., Liu, C. E., Soon, M. S., & Huang, C. S. (2013). Efficacy of copper–silver ionization for controlling fungal colonization in water distribution systems. <i>Journal of water and health</i> , 11(2), 277-280.
Chen G., 2004	Chen Electrochemical technologies in wastewater treatment
Cho et al, 2006	Study on Fe(VI) species as a disinfectant: Quantitative evaluation and modeling for inactivating Escherichia coli
Chuamping et al 2004	Water disinfection by electrochemical treatment



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Bibliografía

Desinfección de aguas por iones metálicos

Autor	Cita
Craun et al, 2002	Outbrakes in drinking water systems 1991-1998
Cross et al, 2003	Cross, J. B., Currier, R. P., Torracco, D. J., Vanderberg, L. A., Wagner, G. L., & Gladen, P. D. (2003). Killing of Bacillus spores by aqueous dissolved oxygen, ascorbic acid, and copper ions. <i>Applied and environmental microbiology</i> , 69(4), 2245-2252.
CUE, 1998	Directiva 98/83/CE Calidad de las Aguas Consumo Humano
Davies et al, 1997	Davies, R. L., & Etris, S. F. (1997). The development and functions of silver in water purification and disease control. <i>Catalysis Today</i> , 36(1), 107-114.
Delaedt et al, 2008	The impact of electrochemical disinfection on Escherichia coli and Legionella pneumophila in tap water
Dupont et al, 2011	Dupont, C. L., Grass, G., & Rensing, C. (2011). Copper toxicity and the origin of bacterial resistance—new insights and applications. <i>Metallomics</i> , 3(11), 1109-1118.
Dziewulski et al, 2015	D.M. Dziewulski, E. Ingles, N. Codru, J. Strepelis, D. Schoonmaker-Bopp Use of copper-silver ionization for the control of legionellae in alkaline environments at health care facilities <i>Am. J. Infect. Control</i> , 43 (9) (2015), pp. 971–976
EPA,1999	Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual
EPA,2006	EPA National Recommended Water Quality criteria 2006
Fass et al, 1996	Fate of e coli experimentally injected in a drinking water distribution system
Feng et al 2004	Water disinfection by electrochemical treatment
Fewtrell et al, 2001	Fewtrell A review of the science behind drinking water standards for copper.
Huang et al, 2008	Huang, H. I., Shih, H. Y., Lee, C. M., Yang, T. C., Lay, J. J., & Lin, Y. E. (2008). In vitro efficacy of copper and silver ions in eradicating Pseudomonas aeruginosa, Stenotrophomonas maltophilia and Acinetobacter baumannii: implications for on-site disinfection for hospital infection control. <i>Water research</i> ,42(1), 73-80.
Hwang et al, 2006	Accumulation of copper and silver onto cell body and its effect on the inactivation of Pseudomonas aeruginosa
Jaworska et al, 1997	Effect of Metal Ions on the Entomopathogenic Nematode Heterorhabditis Bacteriophora Poinar Nematoda Heterorhabditidae Under Laboratory Conditions
Kaydarov et al, 2006	Water disinfection using electrolytically generated silver, copper and gold ions



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Bibliografía

Desinfección de aguas por iones metálicos

Autor	Cita
Kusnetsov, et all 2001	Kusnetsov, J., Iivanainen, E., Elomaa, N., Zacheus, O., & Martikainen, P. J. (2001). Copper and silver ions more effective against legionellae than against mycobacteria in a hospital warm water system. <i>Water Research</i> , 35(17), 4217-4225.
Lethola et al, 2005	Pipeline materials modify the effectiveness of disinfectants in drinking water distribution systems
Lin et al, 1998	Inactivation of <i>Mycobacterium avium</i> by copper and silver ions.
Ling et al, 2006	Synthesis, Properties And Environmental Applications Of Nanoscale Iron-Based Materials A Review
Lund et al 1995	The influence of disinfection processes on biofilm formation in water distribution systems
Macova Z. & Bouzek K., 2005	Macova Electro-catalytic activity of copper alloys for NO ₃ in a weakly alkaline solution Part 1 Copper-zinc.
Martínez et all, 2004	Martínez, S. S., Gallegos, A. A., & Martínez, E. (2004). Electrolytically generated silver and copper ions to treat cooling water: an environmentally friendly novel alternative. <i>International Journal of Hydrogen Energy</i> , 29(9), 921-932.
Martínez-Huitle, y Brillas, (2008)	Martínez-Huitle, C. A., & Brillas, E. (2008). Electrochemical alternatives for drinking water disinfection. <i>Angewandte Chemie International Edition</i> ,
Niquette et al, 2001	Bacterial dynamics in the drinking water distribution system of Brussels
Ochoa-Herrera et al, 2011	Ochoa-Herrera, V., León, G., Banihani, Q., Field, J. A., & Sierra-Alvarez, R. (2011). Toxicity of copper (II) ions to microorganisms in biological wastewater treatment systems. <i>Science of the total environment</i> , 412, 380-385.
Page et al, 2002	Effect of alum treatment on the trihalomethane formation and bacterial regrowth potential of natural and synthetic waters
Rohr et al, 1999	Rohr, U., Senger, M., Selenka, F., Turley, R., & Wilhelm, M. (1999). Four years of experience with silver-copper ionization for control of <i>Legionella</i> in a German university hospital hot water plumbing system. <i>Clinical infectious diseases</i> , 29(6), 1507-1511.
Sharma V.K., 2004	Use of iron(VI) and iron(V) in water and wastewater treatment
Sharma, 2007	Sharma, V. K. (2007). Disinfection performance of Fe (VI) in water and wastewater: a review. <i>Water Science & Technology</i> , 55.
Shi B. & Taylor J., 2007	Iron and copper release in drinking water distribution systems



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Bibliografía

Desinfección de aguas por iones metálicos

Autor	Cita
Sidhu et al, 1995	Need to Revise the National Drinking Water Regulation for Copper
Silva Martinez et al, 2004	Electrolytically generated silver and copper ions to treat cooling water an environmentally friendly novel alternative
Solsona F & Mendez J., 2003	Water Desinfection
Stout & Victor,2003	Stout, J. E., & Victor, L. Y. (2003). Experiences of the first 16 hospitals using copper-silver ionization for Legionella control: implications for the evaluation of other disinfection modalities. <i>Infection Control & Hospital Epidemiology</i> , 24(08), 563-568.
Sung et all, 2005	Treatment and Distribution System Effects on Chloramine Decay, pH, Nitrification, and Disinfection By-Products Case Study.
Svaluk et al, 1986	Antimicrobila Properties of Cooper
Svaluk et al, 1990	Intensification of water disinfection by sodium hypochlorite in the presence of copper or silver ions
Wang et al, 2015	Wang, L. R., Ko, W. C., & Liu, C. C. (2015). Effect of intermittent copper-silver ionization for Legionella colonization in water distribution system at a medical center in southern Taiwan. <i>Journal of Microbiology, Immunology and Infection</i> ,48(2), S181.
Westrell et al, 2003	A theoretical approach to assess microbial risks in water systems
WHO, 2004	Guidelines Drinking Water Quality 2004



ENCUENTRO DE INVESTIGADORES
Construyendo el conocimiento Científico
en el Paraguay

Desinfección de aguas por iones metálicos

Oscar Fernando Coronel

[E-mail: coronel.oscar@gmail.com](mailto:coronel.oscar@gmail.com)

Tel: 0971777176