



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Tratamiento del lactosuero residual a través de un proceso electrolítico aplicando arreglos ortogonales para su reutilización en la agroindustria

Author: Nicolás Francisco Mateo-Díaz

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 16
Mail: pacomatthew06@gmail.com
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			



Resumen

La generación de lactosuero en la agroindustria quesera es el principal residuo que actualmente no se le da tratamiento ni aprovechamiento alguno en México.

Contiene una gran cantidad de DQO y DBO requerida para degradar la materia orgánica.

Se busca una alternativa para tratar el lactosuero con métodos electroquímicos y la posterior reutilización del agua en algunos procesos de lavado.

Se realizó un experimento empleando Arreglos Ortogonales de Taguchi para determinar variables significativas en la obtención de Hidrógeno (H) y oxígeno (O) en la electrólisis, se probó el voltaje, tipo de material, tiempo y tamaño del electrodo a dos niveles cada uno. El resultado mostró que usando aluminio como electrodos en cátodo y ánodo se genera mayor cantidad de H y O en el proceso electrolítico.



Introducción

Investigaciones han demostrado que el lactosuero, residuo generado en las queserías, conocidas como agroindustrias, es un vertido contaminante por la alta carga orgánica de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Callejas, Prieto, Reyes, Marmolejo y Méndez (2012) tras caracterizar un lactosuero encontraron que éste puede presentar una $DQO > 100\ 000\ \text{mg O}_2/\text{L}$; en cambio, Valencia y Ramírez (2009) reportan que la DQO del residuo se encuentra entre 30 000 a 50 000 mg/L. Otros autores reportan valores de DBO de 40 000- 60 000 (Ben Hassan y Ghaly, 1994) y DQO de 50 000- 80 000 mg/L (Fournier, Schwitzguébel y Péringer, 1993)



Metodología

Factores de control y Ruido

Factores de control	Nivel		Factores de ruido	Nivel	
	1	2		1	2
A: Voltaje (V)	6	12	K: pH	4.0	5.14
B: Tiempo (min)	15	30	L: Salinidad	3.90	5.30
C: Tamaño del electrodo (cm)	10	15			
D: Tipo de Material	Al	Cu			

Tabla 1 Factores de control y ruido definidas en el experimento. *Fuente: Elaboración por los autores.*

Las variables de respuesta fueron:

Y_H : Volumen de hidrógeno (H) obtenido.

Y_O : Volumen de oxígeno (O) obtenido



Arreglos Ortogonales

Se usaron los Arreglos Ortogonales (AO) de Taguchi en el Diseño Robusto (DR); se definieron cuatro variables de control a dos niveles usando un AO L_8 ; para los factores de ruido se eligió un AO L_4 . La gráfica lineal elegida para el L_8 fue (gráfico 1):

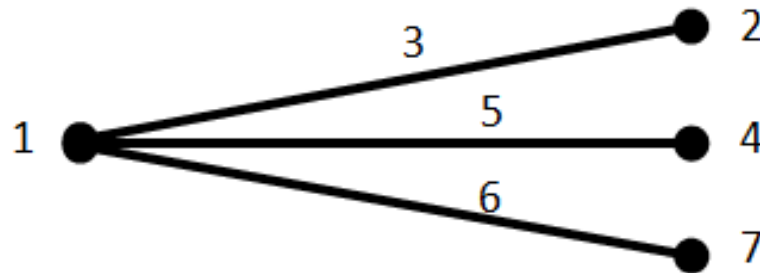


Grafico 1 Gráfica lineal para el arreglo L_8 . *Fuente: Escalante (2014)*



Arreglos Ortogonales

Factores de ruido		Arreglo Externo (L_4)						\bar{X}	σ	S/R				
		3	1	2	2	1								
		2 L	1	2	1	2								
Factores controlables		1 K	1	1	2	2								
Arreglo Interno (L_8)	1	2	3	4	5	6	7							
	A	B		C			D							
	1	1	1	1	1	1	1	18	18	17.8	18.1	17.98	0.13	25.09
	1	1	1	2	2	2	2	7.2	7.2	7.24	7.11	7.19	0.05	17.13
	1	2	2	1	1	2	2	13.68	14.4	14.09	14.10	14.07	0.30	22.96
	1	2	2	2	2	1	1	20.88	21.6	21.31	21.37	21.29	0.30	26.56
	2	1	2	1	2	1	2	14.4	14.76	14.75	14.54	14.61	0.17	23.29
	2	1	2	2	1	2	1	15.12	14.4	14.85	14.59	14.74	0.31	23.37
	2	2	1	1	2	2	1	32.4	36	33.47	32.95	33.71	1.59	30.53
	2	2	1	2	1	1	2	9	10.08	9.10	9.66	9.46	0.51	19.49

Tabla 2 Diseño con arreglos interno y externo para el estudio de H obtenido. *Fuente: Elaboración por los autores.*



Arreglos Ortogonales

		Arreglo Externo (L ₄)												
		3		1	2	2	1							
		2	L	1	2	1	2							
		1	K	1	1	2	2	\bar{X}	σ	S/R				
		Factores controlables												
		1	2	3	4	5	6	7						
		A	B		C			D						
Arreglo Interno (L ₈)	1	1	1	1	1	1	1	2.52	3.6	2.60	2.65	2.84	0.51	8.82
	1	1	1	2	2	2	2	0.72	1.08	0.73	1.03	0.89	0.19	-1.47
	1	2	2	1	1	2	2	3.6	3.6	3.42	3.71	3.53	0.12	11.07
	1	2	2	2	2	1	1	9.72	10.8	9.72	9.94	10.05	0.51	20.01
	2	1	2	1	2	1	2	1.08	1.08	9.97	9.88	5.50	5.11	3.63
	2	1	2	2	1	2	1	2.16	0.72	1.04	1.20	1.28	0.62	0.27
	2	2	1	1	2	2	1	7.2	7.2	7.14	6.90	7.11	0.14	17.03
	2	2	1	2	1	1	2	2.52	2.88	2.78	2.72	2.73	0.15	8.68

Tabla 3 Diseño con arreglos interno y externo para el estudio de O obtenido. Fuente: Elaboración por los



Razón señal/ ruido

$$-10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i^2} \right] \quad (1)$$

Resultados

Efectos significativos en la obtención de H

Se hizo un análisis regular, para encontrar factores que afectan a la media del proceso experimental, teniendo en cuenta que el interés se centra en el estudio de los 4 efectos individuales (A, B, C y D) en sus dos niveles, el cálculo del Análisis de Varianza (anova) en relación a la media indica que el factor significativo es D con valor F de 11.32, que es mayor a F_{Tablas} al 95% de confianza y un grado de libertad: $F_{0.05,1,3} = 10.13$ (tabla 4)



Factores	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
A	1	17.99	17.99	0.91
B	1	72.05	72.05	3.63
C	1	95.79	95.79	4.83
D	1	224.53	224.53	11.32
Error Residual	3	59.50	19.83	
Total	7	469.86		

Tabla 4 Análisis de varianzas de medias. *Fuente: Elaboración por los autores.*

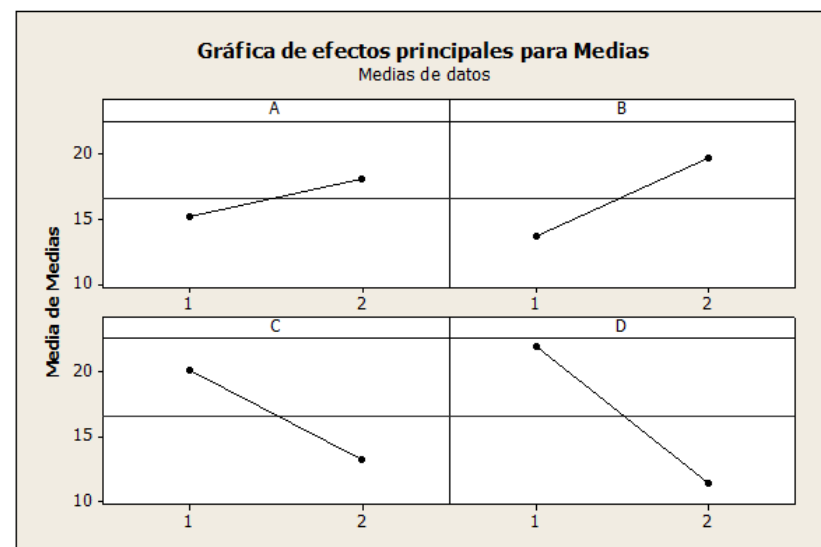


Gráfico 2 Gráfico de efectos principales para Medias en la obtención de H. *Fuente: Elaboración en minitab por los autores.*



También se determinaron efectos significativos que afectan a la Razón S/R, el anova arrojó que los factores C y D con valores F de 11.88 y 25.99 respectivamente, son significativos al ser mayores que F_{Tablas} al 95% de confianza y un grado de libertad: $F_{0.05,1,3} = 10.13$ (tabla 5)

Factores	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
A	1	3.046	3.046	1.23
B	1	14.211	14.211	5.75
C	1	29.378	29.378	11.88
D	1	64.290	64.290	25.99
Error Residual	3	7.420	2.473	
Total	7	118.346		

Tabla 5 Análisis de varianzas de Relación Señal/Ruido.
Fuente: Elaboración por los autores.

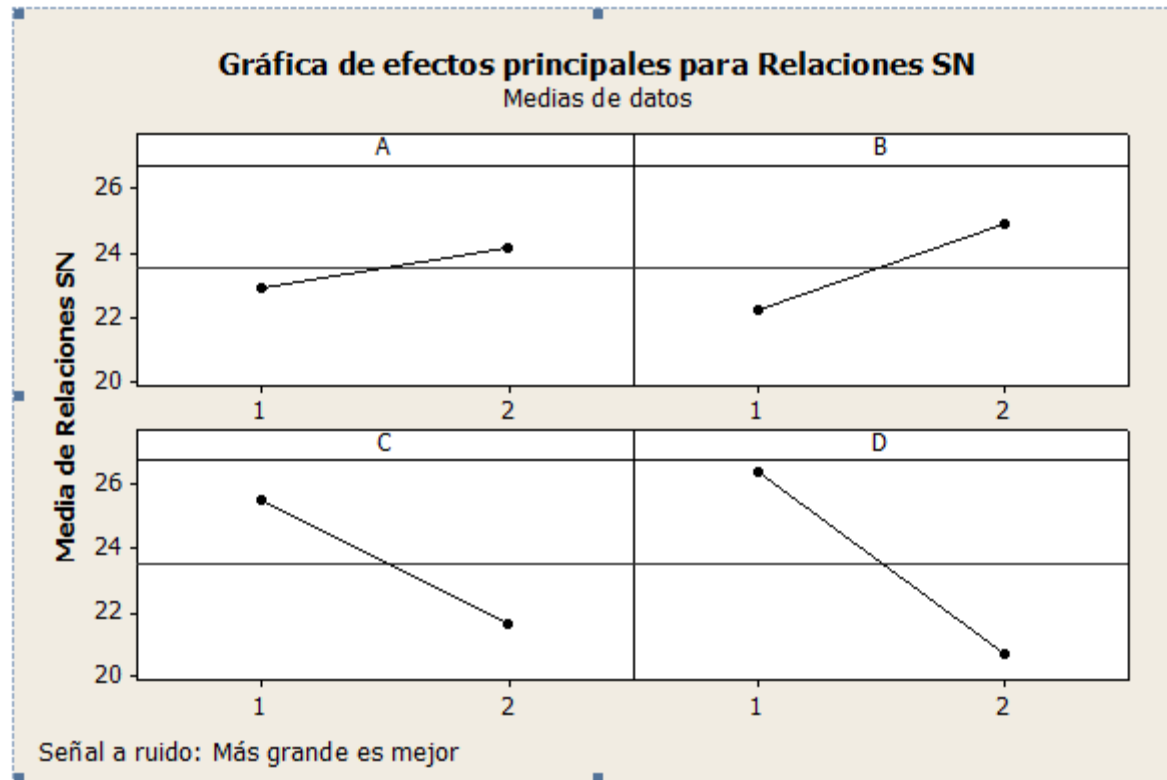


Gráfico 3 Gráfico de efectos principales para relaciones S/R para H. Fuente: Elaboración en minitab por los autores.



Efectos significativos en la obtención de O

Ningún factor fue significativo en la obtención del O respecto a la media; todos fueron menores al valor $F_{0.05,1,3} = 10.13$ (tabla 6). En tanto que el factor B: Tiempo, resultó significativo respecto a S/R (Tabla7), con un valor F de 19.83.

Variable	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
A	1	0.0689	0.0689	0.01
B	1	20.9547	20.9547	1.75
C	1	2.0987	2.0987	0.18
D	1	9.1967	9.1967	0.77
Error Residual	3	35.8740	11.9580	
Total	7	68.1931		

Tabla 6 Análisis de varianzas de medias en la obtención de O. *Fuente: Elaboración por los autores.*



Variable	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
A	1	9.764	9.764	0.75
B	1	259.340	259.340	19.83
C	1	21.326	21.326	1.63
D	1	73.345	73.345	5.61
Error Residual	3	39.236	13.079	
Total	7	403.011		

Tabla 7 Análisis de varianza de Relación Señal/Ruido.
Fuente: Elaboración por los autores.

Predicción

La ecuación para la predicción respecto a la media de H queda establecida:

$$\hat{y} = \bar{y} + (\bar{D}_2 - \bar{y}) = \bar{D}_2 \quad (2), \text{ se obtiene } \hat{y} = 21.92$$

La ecuación para la predicción respecto a S/R de H queda establecida:

$$\widehat{S/N} = \overline{S/N} + (\bar{C}_1 - \overline{S/N}) + (\bar{D}_1 - \overline{S/N}) \quad (3) = 35.23$$

La ecuación para la predicción respecto a S/R de O queda establecida:

$$\widehat{S/N} = \overline{S/N} + (\bar{B} - \overline{S/N}) = \bar{B} \quad (4)$$



Predicción

La ecuación para la predicción respecto a la media de H queda establecida:

$$\hat{y} = \bar{y} + (\bar{D}_2 - \bar{y}) = \bar{D}_2 \quad \mathbf{(2)}, \text{ se obtiene } \hat{y} = 21.92$$

La ecuación para la predicción respecto a S/R de H queda establecida:

$$\widehat{S/N} = \overline{S/N} + (\bar{C}_1 - \overline{S/N}) + (\bar{D}_1 - \overline{S/N}) \quad \mathbf{(3)} = 35.23$$

La ecuación para la predicción respecto a S/R de O queda establecida:

$$\widehat{S/N} = \overline{S/N} + (\bar{B}_2 - \overline{S/N}) = \bar{B}_2 \quad \mathbf{(4)}$$

Usando la ecuación 4, se obtiene $\hat{y} = 19.63$



Conclusiones

La experimentación aplicando la idea de robustez de Taguchi permitió minimizar el efecto de los factores de ruido (salinidad y pH) sin tener que controlarlos directamente; buscando minimizar la varianza. La importancia de la aplicación del método de Taguchi en este trabajo, radica en que el proyecto se encuentra en la etapa de diseño de un nuevo producto, por lo tanto tiene mayor impacto, puesto que este tipo de diseño de experimentos son aplicables a la etapa de diseño y desarrollo de nuevos productos y procesos.



Referencia

Bezerra, R.A., Rodrigues, J.A.D., Ratusznei, S.M., Zaiat, M. y Foresti, E. (2007). whey treatment by AnSBBR with Circulation: Effects of organic loading, shock loads, and alkalinity supplementation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 143(3) 257-275. doi: 10.1007/s12010-007-8330-1

Bezerra, R.A., Rodrigues, J.A.D., Ratusznei, S.M., Zaiat, M. y Foresti, E. (2009). Effects of feed time, organic loading and shock loads in anaerobic whey treatment by an AnSBBR with Circulation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 157-140. doi: 10.1007/s12010-008-8371-4

Callejas, J. H., Prieto, F. G., Reyes V. E., Marmolejo, y., Méndez M. A. (2012) Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta universitaria*. 22 (1) 11-18.

Escalante, E. J. (2014) *Seis Sigma: Metodología y técnicas*. México. Limusa. ISBN: 978-607-05-0448-8



Fournier, D., Schwitzguébel, J. P. y Péringer, P. (1993) Effect of different heterogeneous inocula in acidogenic fermentation of whey permeate.. *Biotechnology Letters*. Vol. 15, 627-632. Doi: 10.1007/BF00138553

Gutiérrez, H. y De la Vara R. (2012) *Análisis y diseño de experimentos*. México. Mc Graw Hill. ISBN: 978-607-15-0725-9

Moeini, H., Nahvi, I., y Tavassoli, M. (2004) Improvement of SPC production and BOD removal of whey with mixed yeast culture. *Electronic journal of biotechnology*. 7(3). ISSN: 0717-3458

Melchioris, M.S., Piovesan, M., Becegato, V. R., Becegato, V. A., Tambourgi, E.B. y Paulino, A. T. (2016). Treatment of wastewater from the dairy industry using electroflocculation and solid whey recovery. *Journal of Environmental Management*, 182(1), 574-580.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)