

## **Title: Reduction of fluorides present in drinking water in the municipality of Calera de Victor Rosales, Zacatecas using chitosan gel beads**

**Authors: GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, Enrique Iván, GARCÍA-GONZÁLEZ, Juan Manuel, CONEJO-FLORES, Ricardo and GUZMÁN-PANTOJA, Javier**

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2022-01  
BCIERMMI Classification (2022): 261022-0001

Pages: 12  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 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](http://www.ecorfan.org)

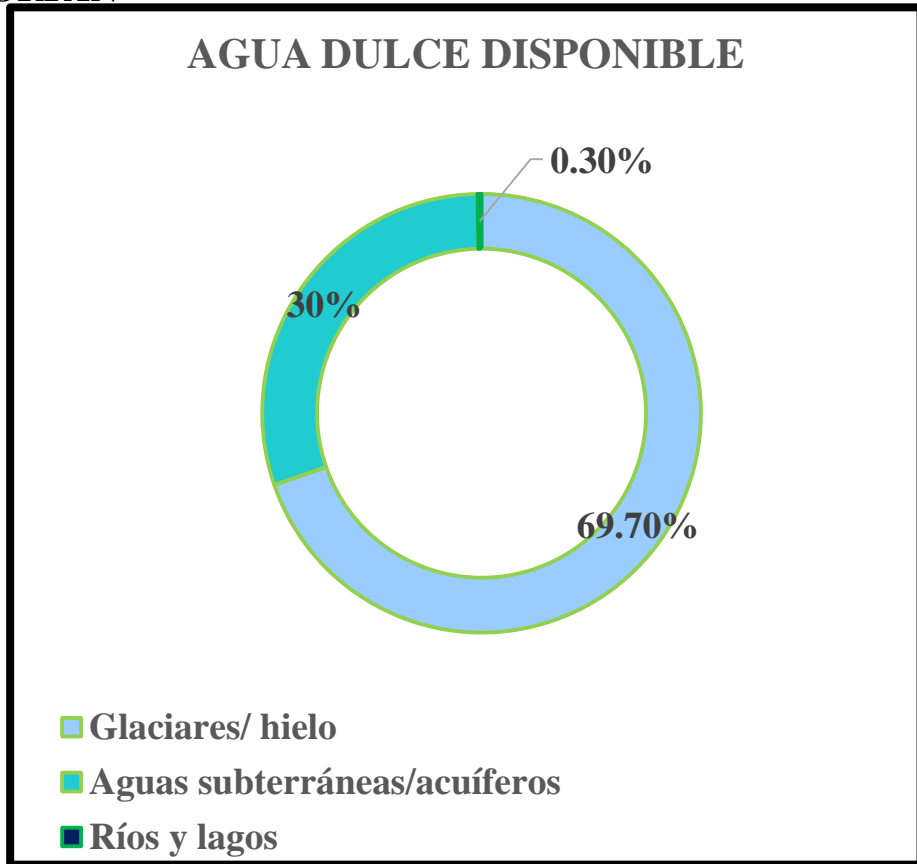
Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



# Introduction

ECORFAN®

A nivel mundial



**Gráfico 1.** Distribución sectorial del agua dulce disponible en el mundo.

- Dependemos de <math><0.5\%</math> del agua en el mundo para nuestras necesidades.

Según la UNICEF :

- 2,100 millones de personas carecen de servicios de agua potable.
- 4,500 millones carecen de servicios de saneamiento gestionados de forma segura.

Informe 2020 de UNESCO:

*“el uso global de agua se ha multiplicado por seis en los últimos 100 años y sigue aumentando a un ritmo constante de 1% anual debido al crecimiento demográfico, al desarrollo económico y al cambio en los patrones de consumo”*



ECORFAN®

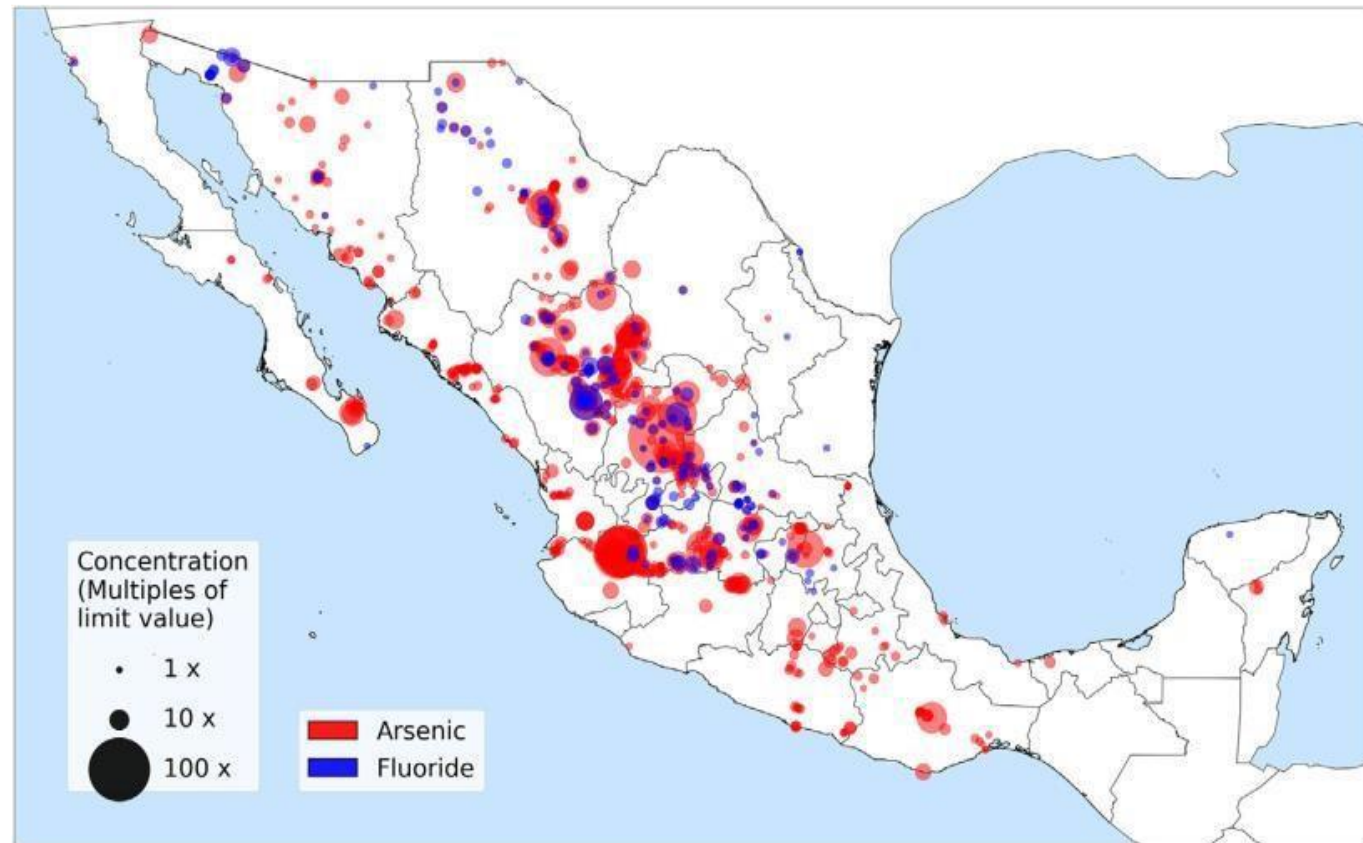
# Panorama

Estudios en 2016 arrojan:

- 90% de muestras tomadas exceden límites de OMS
- 43% excede límites de As
- 43% excede límites de fluoruros

En base a la NOM-127-SSA1-2017

Los resultados son en parte consecuencia de la riqueza en el suelo de minerales como arsenopirita, fluorita y fluorapatita.

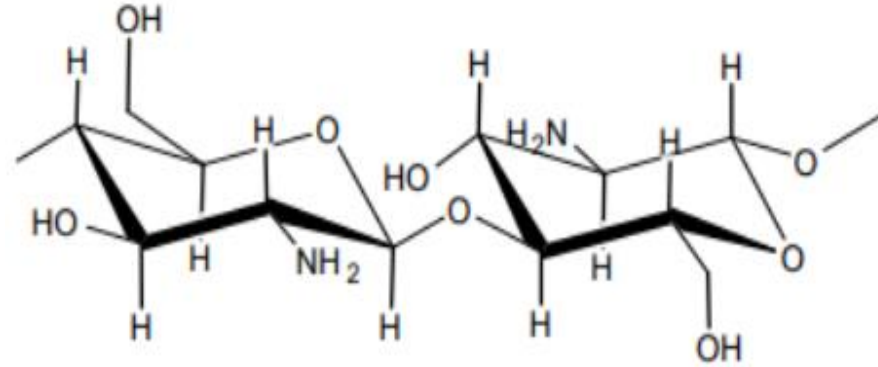


**Figura 1.** Co-ocurrencia de As y compuestos fluorados dentro del territorio nacional (Alarcón-Herrera, 2020)



ECORFAN®

# Quitosano como molécula de trabajo



**Figura 2.** Estructura química del quitosano (*Vera ,2020*)

Ofrece una alternativa económica, ayuda a la reutilización de materia orgánica que es desechada día con día alrededor de gran parte del mundo.

Su efectividad como coagulante se ha demostrado en una variedad de aguas residuales:

- Producción petrolera
- Industria de alimentos
- Efluentes avícolas
- Empresas lácteas
- Aguas naturales
- Sólidos suspendidos
- Compuestos orgánicos e inorgánicos
- Turbidez
- (DQO)
- Fenol.



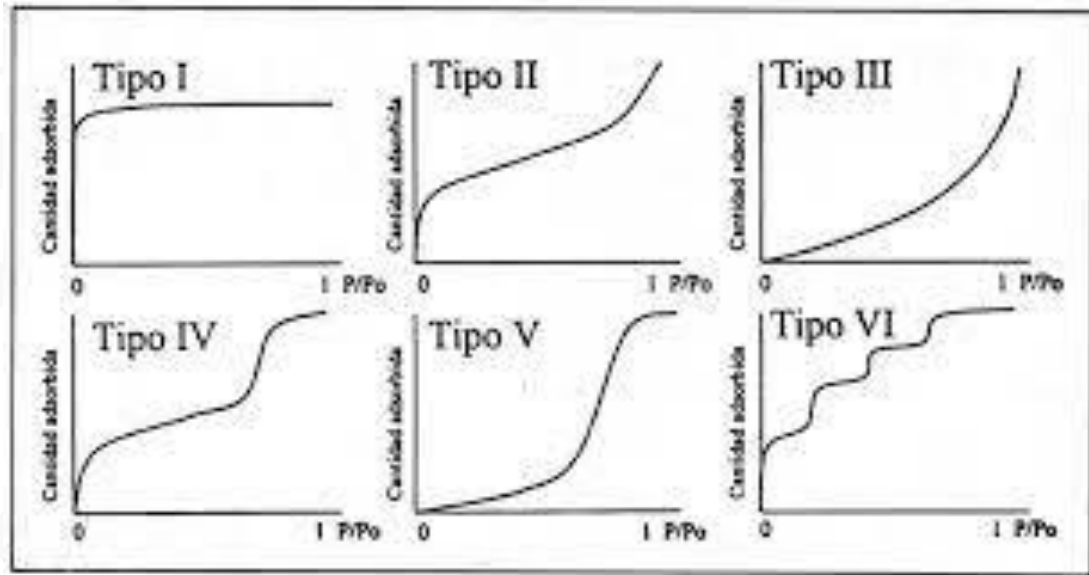


# El proceso de adsorción

ECORFAN®

La adsorción puede definirse como la tendencia de un componente del sistema a concentrarse en la interfase, donde la composición interfacial es diferente a las composiciones correspondientes al seno de las fases.

En el análisis de los procesos de adsorción, los datos de equilibrio se expresan normalmente como isoterma de adsorción aplicadas para definir el modelo más adecuado.



**Figura 3.** Tipos de isoterma de adsorción (Vega, 2012)

- Langmuir
- Freundlich
- BET
- Temkin
- DRK



# Cinética de adsorción

ECORFAN®

## Factores más importantes

- La tasa a la cual ocurrirá la adsorción
- El tiempo de residencia del adsorbato
- Las dimensiones del sistema

**Dependen de la cinética del sistema de adsorción.**

## CINÉTICA



$$\frac{dq}{dt}$$

- Pseudo-primer orden (Lagergren)
- Pseudo-segundo orden (Ho & McKay )
- Difusión intrapartícula (Webber & Morris)

Estos modelos cinéticos se basan en la superficie de reacción como el paso cinético que controla la tasa de adsorción.

En los estudios de adsorción es importante identificar los mecanismos involucrados que pueden incluir difusión externa, difusión interna y reacciones químicas.



# Methodology

Toma de muestras

NOM-014-SSA1-1993  
NOM-230-SSA1-2002

Caracterización  
físicoquímica

NOM-127-SSA1-2017

Proceso de adsorción



450 rpm



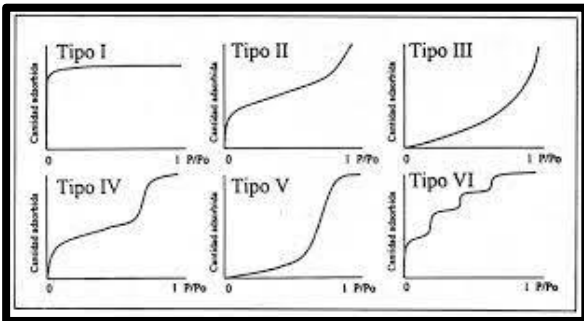
0.3 g de adsorbente

Construcción de isotermas  
y obtención de parámetros.

Determinación del modelo cinético.

$$q = \frac{C_o - C_t}{m} * V$$

Modelo cinético	Ecuación linealizada
Pseudo-primer orden	$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$
Pseudo-segundo orden	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}$
Difusión intrapartícula	$q_t = K_p t^{0.5} + C$





# Results

ECORFAN®

Parámetro	Valor obtenido
Fluoruros (ppm)	5.3±0.0
Dureza (ppm CaCO <sub>3</sub> )	46 ±1.73
pH	8.19±0.37
Cloro libre (ppm)	0.5±0.0
Cloruros (ppm)	20±0.0
Temperatura (°C)	18.46±0.30
Conductividad (mS)	0.47±0.025

**Tabla 1.** Caracterización del agua potable de Calera, Zacatecas, proveniente de pozo de abastecimiento.

- Niveles de la mayoría de parámetros respetan la NOM-127-SSA1-1994, se destaca la presencia de fluoruros que supera en tres veces al límite establecido por normatividad .
- Factores adicionales de la toma doméstica se atribuyen a cuestiones de distribución y saneamiento.





ECORFAN®

# Results

## Mejor ajuste a cinética de pseudo-segundo orden

$$\frac{dq}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \longrightarrow \frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}$$

Tiempo (min)	Fluoruros (ppm)	q <sub>t</sub> (mg F <sup>-</sup> / g de adsorbente)
0	5.30	0
15	1.80	1.75
30	1.40	1.95
45	1.10	2.1
60	0.70	2.3
75	1.10	2.1
90	0.70	2.3
105	0.80	2.25
120	1.10	2.1
135	0.80	2.25

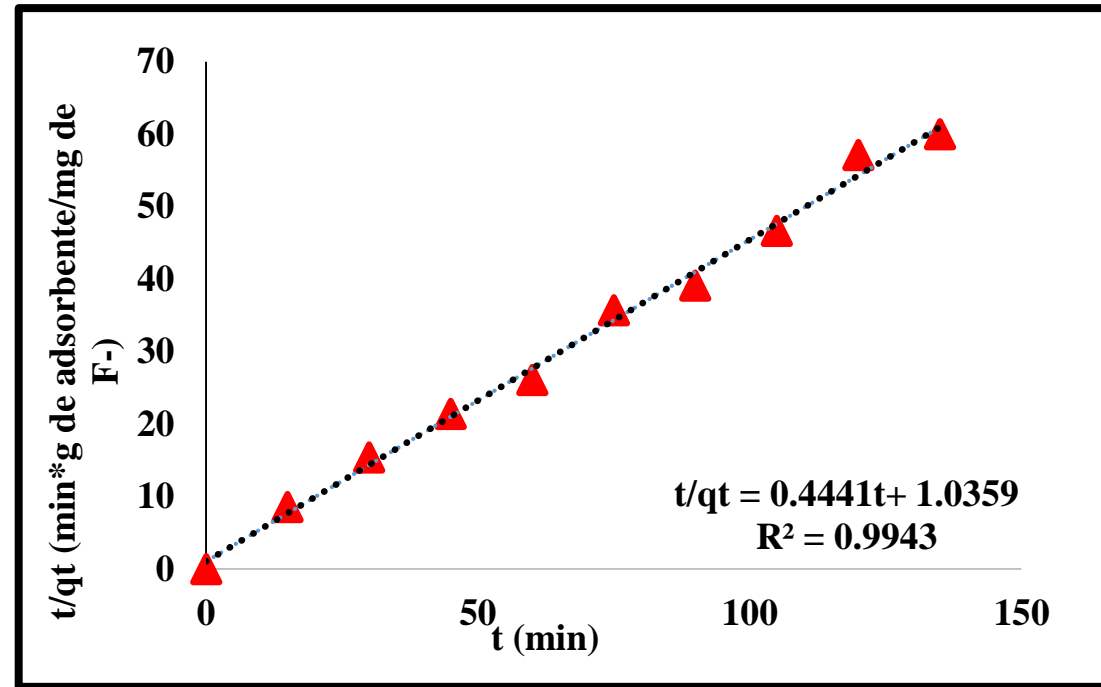


Gráfico 1. Ajuste de los datos de sorción en base al modelo cinético de pseudo-segundo orden.

Tabla 2. Resultados de la sorción de fluoruros en perlas de gel de quitosano reticuladas con PVA.

### Parámetros obtenidos :

q<sub>e</sub>: 2.22 mg F<sup>-</sup> /g de quitosano

k<sub>2</sub>: 0.19 g/mg\*min

h:0.95 mg F<sup>-</sup> /g quitosano\*min



ECORFAN®

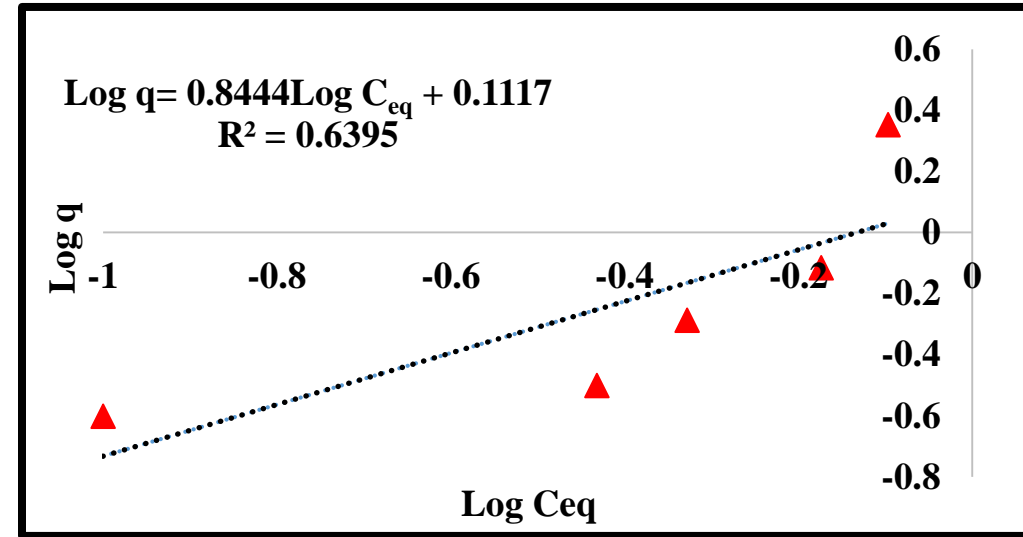
# Results

Muestra (ml) + agua desionizada (ml)	C <sub>o</sub> (ppm)	C <sub>eq</sub> (ppm)	q (mg F-/ g adsorbente)
150 +0	5.3	0.8	2.25
120+30	2.2	0.67	0.76
90+ 60	1.5	0.47	0.51
60+90	1	0.37	0.31
30+120	0.6	0.1	0.25

**Tabla 3.** Resultados obtenidos al variar el grado de dilución de la muestra a tratar.

## Isoterma de Freundlich resulta con mejor correlación

$$q = K * C_{eq}^{\frac{1}{n}} \longrightarrow \text{Log } q = \text{Log } K + \frac{1}{n} \text{Log } C_{eq}$$



**Gráfico 2.** Ajuste de los datos experimentales respecto al modelo Freundlich de adsorción

### Parámetros obtenidos:

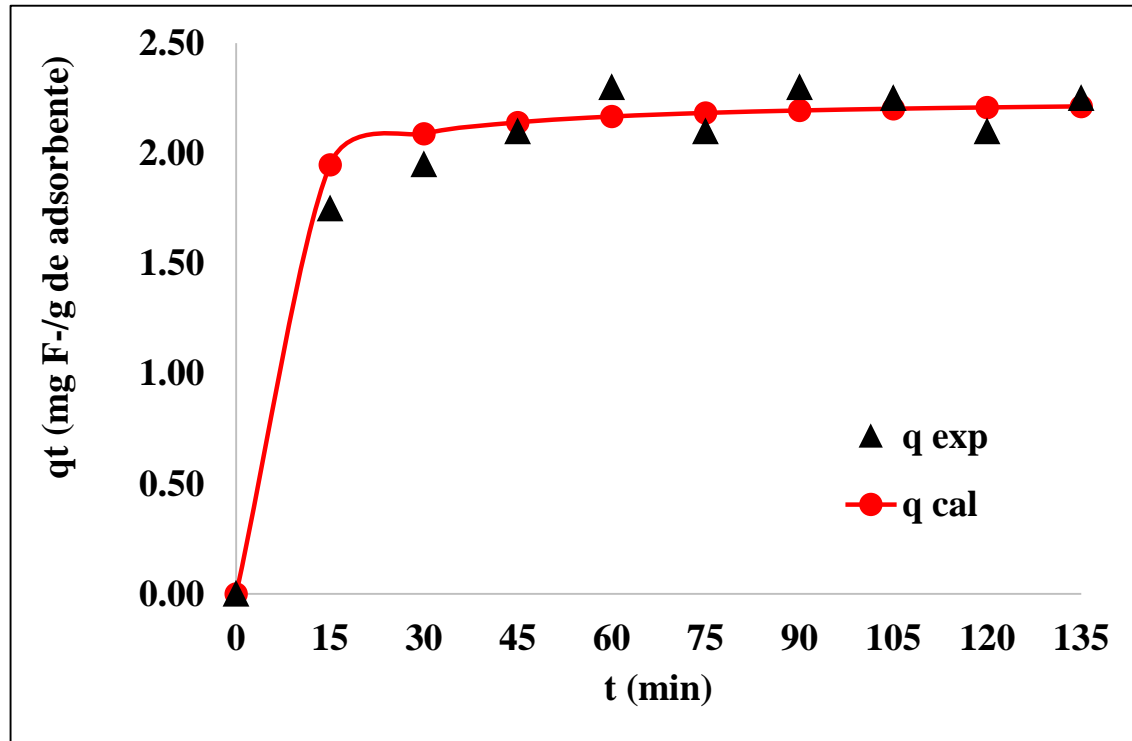
**K = 1.29 mg F-/g de adsorbente**

**n=1.18**

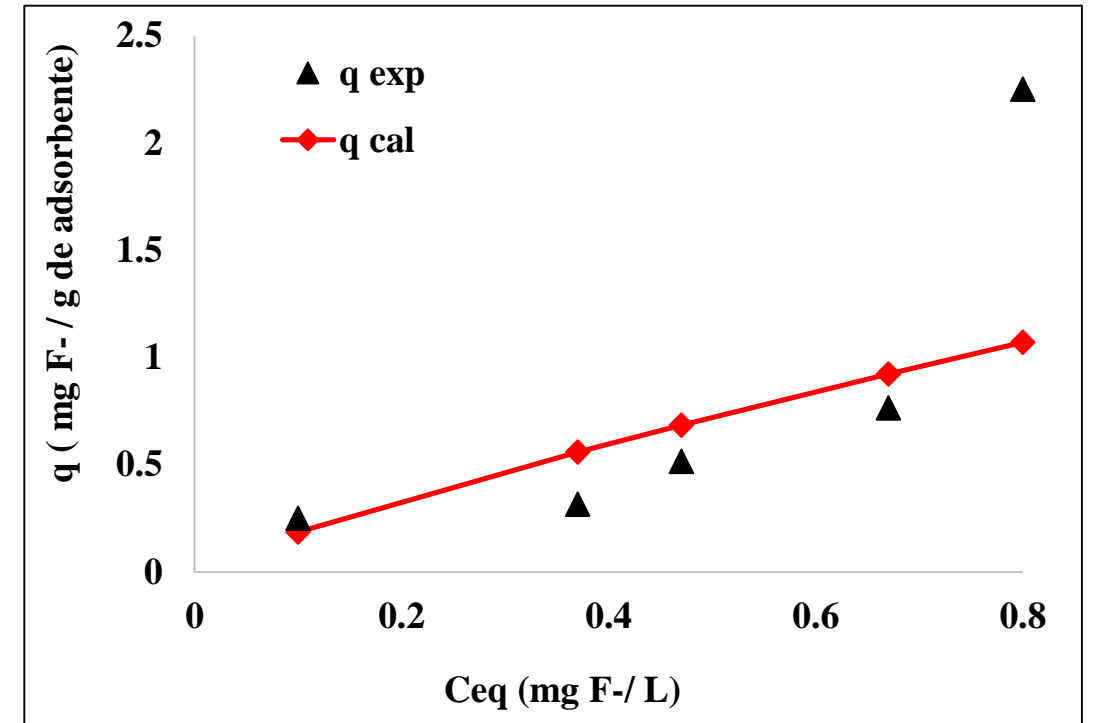


# Results

ECORFAN®



**Grafico 3.** Relación de los datos experimentales ( $q_{exp}$ ) vs los datos del modelo de pseudo-segundo orden ( $q_{cal}$ ).



**Gráfico 4.** Relación de los datos experimentales ( $q_{exp}$ ) vs el modelo Freundlich de adsorción ( $q_{cal}$ ).



ECORFAN®

# Conclusions

- **Las condiciones de proceso establecidas arrojan resultados favorables en la disminución de compuestos fluorados mediante adsorción, con eficiencias promedio de 80%.**
- **El modelo cinético de pseudo –segundo orden se ajusta de manera muy adecuada al proceso de adsorción que ocurre en las perlas de quitosano, además de que las capacidades máximas de adsorción obtenidas por este modelo y de manera experimental no presentan una variación significativa.**
- **Se puede decir que al acoplar los datos al modelo de Freundlich es que al encontrarse en un medio alcalino de pH 8-9, los sitios de adsorción pueden haber sido ocupados por iones  $\text{OH}^-$  en vez de los iones  $\text{F}^-$  por lo que la capacidad de adsorción de  $\text{F}^-$  en la mayoría de las diluciones es menor a la esperada según la teoría.**



# References

ECORFAN®

- ONU-Agua, U. N. E. S. C. O. (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020. *Agua y Cambio Climático*. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373611/PDF/373611spa.pdf.multi>
- Alarcón-Herrera, M. T., Martín-Alarcon, D. A., Gutiérrez, M., Reynoso-Cuevas, L., Martín-Domínguez, A., Olmos-Márquez, M. A., & Bundschuh, J. (2020). Co-occurrence, possible origin, and health-risk assessment of arsenic and fluoride in drinking water sources in Mexico: Geographical data visualization. *Science of the Total Environment*, 698, 134–168. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134168>
- Carrasquero-Ferrer, S. J., González-Sahinian, Y. G., Colina-Andrade, G., & Díaz-Montiel, A. R. (2019). Eficiencia del quitosano como coagulante en el postratamiento de efluentes de una planta de sacrificio de cerdos. *Orinoquia*, 23(2), 36-46. <https://doi.org/10.22579/20112629.567>
- Flores Alamo, N. (2016). *Estudio de adsorción de Zn(II) y Cu(II) mediante esferas del hidrogel quitosano-pva en sistemas por lote y continuo* Recuperado de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65403/TESIS%20DOCTORADO%2002%20FEB%202016.pdf?sequence=1>
- Landeta Tapia, J. J. (2020). *Análisis bibliográfico de tipos de isothermas de adsorción Freundlich, Langmuir y Brunauer, Emmett, Teller en zeolita para la recuperación de suelos agrícolas de la provincia de Cotopaxi en el periodo 2020* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC.). Recuperado de: <http://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/7110/1/PC-001034.pdf>
- Ayawei, N., Ebelegi, AN y Wankasi, D. (2017). Modelado e interpretación de isothermas de adsorción. *Revista de química*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/3039817>



**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. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/booklets](http://www.ecorfan.org/booklets))