

Universidad del Mar

Campus Puerto Ángel



Cuantificación de Acetaminofén y Naproxeno en los pozos: el Aguaje, Barrio del Sol y Villa Florencia de Puerto Ángel, Oaxaca

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Ambiental

Presenta:

Eric Martínez Hernández

Directora de Tesis

M. en C. María del Rocío Gutiérrez Ortiz

Puerto Ángel, Oaxaca. Junio de 2017

Dedicatorias

A mis amados padres Jaime y Reyna por su infinito amor, por sus enseñanzas, por sus consejos, pero sobre todo por su inmenso sacrificio para hacer este sueño realidad. Esta meta la alcanzamos juntos, y fue posible porque siempre estuvieron ahí apoyándome; en los momentos difíciles fueron mi motor para salir adelante y no flaquear.

A mis queridos hermanos Humberto, Jaime y Gabriela por ser los mejores hermanos, por apoyarme, por hacerme reír, pero sobre todo, por hacerme inmensamente feliz y estar siempre presentes cuidando de mí y animándome en todo momento.

Agradecimientos

A mis amados padres por ser mi guía, mi apoyo, pero sobre todo por darme la mejor herencia que un hijo pueda recibir, por quitarse el bocado para darme algo de comer, por renunciar a portar un buen calzado o vestido para que yo tuviera que vestir, pero principalmente por amarme tanto.

A mis hermanos por su infinito apoyo.

A la M. C. María del Rocío Gutiérrez Ortiz por su apoyo para desarrollar este trabajo de tesis, por sus sabios consejos para salir adelante cuando estaba flaqueando, por su dedicación en el desarrollo de la tesis, por sus desvelos en el laboratorio y por su valioso tiempo que sacrificó por brindarme la atención.

A la Dra. María del Rosario Enríquez Rosado por su apoyo durante la carrera, por sus sabios consejos, por ayudarme a mantener siempre los pies sobre la tierra y ser muy realista, por el apoyo para realizar mis estancias profesionales, pero sobre todo por sus buenas enseñanzas dentro de las aulas.

M. C. German Enrique Anaya por su apoyo durante la carrera, por sus enseñanzas, por sus regaños que más que regaños son consejos.

A la Dra. Judith Amador Hernández, Dr. Aitor Aizpuru y al M. C. Cervando Sánchez Muñoz por disponer su valioso tiempo para revisar el trabajo y hacer sus observaciones tan pertinentes.

Al Ing. Martín Zúñiga Ramírez por su apoyo durante la carrera y por sus enseñanzas dentro de las aulas.

A Karla por ser un gran apoyo, un hombro donde pude descansar en los momentos difíciles, por escucharme, por aconsejarme y darme ánimos cuando más lo necesitaba, por su cariño y comprensión, su compañía, por hacerme muy feliz, por robarme sonrisas y poner sonrisas en mis labios cuando me encontraba afligido.

A mis amigos Angel, Eunice, Oscar, Ani, Mayo, Jaqueline, Daniela, Ivan, Dulce, Cristina, Fernanda, y muchos más que faltan por mencionar pero saben que son parte de mi vida, por su apoyo, por las bromas, por las risas y los momentos tan increíbles que compartimos y seguimos compartiendo.

Resumen

El presente trabajo es el inicio del monitoreo de contaminantes emergentes en agua de pozo para uso y/o consumo humano de la localidad de Puerto Ángel, Oaxaca, México, cuyo objetivo es detectar la presencia de Acetaminofén (ACT) y Naproxeno (NPX), así como, cuantificar la cantidad de estos compuestos mediante Cromatografía de Líquidos con un detector UV-Vis.

La metodología desarrollada es una alternativa para cuantificar ACT y NPX en muestras reales, usando Ácido Acético (0.1 %) y Metanol como fase móvil, la elución de los analitos de interés se realizó utilizando un método de gradiente, la determinación se hizo a una longitud de onda de 235 nm, con un flujo de 1 mL min⁻¹, el tratamiento de muestras se llevó a cabo por extracción en fase sólida.

El intervalo en el cual la señal de los analitos presenta un comportamiento lineal es de 0.3 a 5 µg mL⁻¹ para el ACT y de 0.1 a 5 µg mL⁻¹ para el NPX. Los porcentajes de recuperación de los analitos de interés fueron de 100 ± 9 % para el ACT y 43 ± 13 % para el NPX.

Se logró cuantificar Naproxeno en el orden de ng mL⁻¹ en el pozo el Aguaje, y en los demás pozos se observó la presencia de los analitos de interés pero no se pudieron cuantificar debido a que se encontraban por debajo del límite de cuantificación.

Los residuos generados (Ácido Acético 0.1% y Metanol) son de fácil manejo y disposición disminuyendo así el impacto ambiental.

Índice general

Dedicatorias	I
Agradecimientos	II
Resumen.....	III
Índice general.....	IV
Índice de tablas	VI
Índice de figuras	VII
Abreviaturas	VIII
1. Introducción	1
2. Marco teórico.....	3
2.1 Contaminantes emergentes.....	3
2.2 Comportamiento de los contaminantes emergentes en el medio ambiente.....	4
2.3 Información sobre los compuestos de estudio	6
2.3.1 Acetaminofén	6
2.3.2 Naproxeno	7
2.4 Cromatografía Líquida.....	8
2.5 Montaje y validación de un método analítico.....	10
2.5.1 Proceso de montaje del método.....	10
2.5.2 Proceso de validación.....	10
2.5.3 Estadística para determinar los parámetros de validación.....	12
2.6 Extracción en fase sólida	17
3. Antecedentes	19
4. Justificación	21
5. Objetivos	23
5.1. Objetivo general.....	23
5.1.1. Objetivos Particulares	23
6. Metodología	24
6.1. Equipo	24
6.2. Reactivos	24

6.3. Área de estudio	26
6.4. Diseño y validación del método analítico	27
6.4.1. Diseño del método cromatográfico	27
6.4.2. Calibración del método cromatográfico	27
6.4.3. Determinación de la reproducibilidad del método	28
6.4.4 Determinación de la exactitud	28
6.4.5. Tratamiento de muestras y determinación del porcentaje de recuperación	28
6.5. Recolección y tratamiento de muestras ambientales.....	30
6.6. Análisis de resultados.....	30
7. Resultados y discusión	31
7.1. Diseño del método analítico	31
7.2. Validación del método analítico.....	32
7.3. Análisis de muestras reales	35
8. Conclusiones.....	38
9.- Recomendaciones	40
Glosario	41
Bibliografía	44

Índice de tablas

Tabla I	Localización de los pozos de estudio de acuerdo a Martínez <i>et al.</i> , 2012	27
Tabla II	Serie de muestras para realizar la curva de calibración del método	28
Tabla III	Ecuación de regresión lineal para Acetaminofén y Naproxeno	33
Tabla IV	Reproducibilidad y exactitud del método analítico	34
Tabla V	Evaluación y elección del método de extracción en fase sólida utilizado para muestras sintéticas y muestras reales	34
Tabla VI	Parámetros determinados durante la toma de muestras reales	35
Tabla VII	Concentración de Acetaminofén y Naproxeno en agua de pozo para uso y/o consumo humano, ng mL ⁻¹	35

Índice de figuras

Figura 1	Ruta de distribución y efectos de los residuos de productos farmacéuticos en el medio ambiente	5
Figura 2	Estructura molecular del Acetaminofén	6
Figura 3	Estructura molecular del Naproxeno	7
Figura 4	Sistema de HPLC	9
Figura 5	Esquema seguido para el desarrollo experimental	25
Figura 6	Microlocalización del área de estudio	26
Figura 7	Proceso de extracción en fase sólida del ACT y NPX	29
Figura 8	Espectros de absorción de a) ACT y b) NPX a distintas condiciones de pH, en el intervalo de 200 a 400 nm	31
Figura 9	Cromatograma obtenido al inyectar Acetaminofén y Naproxeno a 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$	32
Figura 10	Curva de calibración para a) Acetaminofén y b) Naproxeno	33