

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. General	2
1.2.2. Específicos	2
1.3. Estructura del informe	3
2. Revisión bibliográfica	4
2.1. Metales y metaloides en las aguas	4
2.2. Arsénico	4
2.2.1. Descripción del arsénico	4
2.2.2. Especiación y toxicidad	5
2.3. Descripción del hierro	7
2.4. Interacción arsénico y hierro	8
2.5. Sistemas de tratamiento de aguas	8
2.5.1. Sistemas convencionales para la remoción de arsénico y hierro en agua	9
2.5.2. Sistemas de tratamiento naturales	9
2.6. Humedales construidos	10
2.6.1. Componentes de un humedal construido	11
2.6.2. Humedales construidos para remoción de arsénico y hierro	12
2.7. Hidráulica en humedales construidos	14
2.8. Parámetros de diseño en humedales construidos	16
2.8.1. Tiempo de retención hidráulico	17
2.8.2. Distribución de los tiempos de retención	19
2.8.3. Pruebas de trazador	22
2.9. Caso de estudio: Río Azufre	22
3. Materiales y métodos	24
3.1. Descripción del sistema	24
3.1.1. Medio de soporte	25
3.1.2. Vegetación	26
3.2. Operación	26
3.2.1. Agua sintética	26
3.2.2. Muestreo	27
3.2.3. Análisis	28
3.3. Pruebas de remoción de As y Fe	29

3.4. Pruebas de trazador	30
4. Resultados y discusión	35
4.1. Cambios en parámetros ambientales de calidad del agua	35
4.1.1. Efecto de la vegetación y carga superficial en los parámetros de calidad del agua	37
4.1.2. Efecto de la vegetación y carga superficial en la remoción de contaminantes	48
4.2. Relación entre la concentración de hierro y pH	55
4.3. Otros cambios observados	56
4.4. Pruebas de trazador	57
4.4.1. Efecto de la vegetación	63
4.4.2. Efecto de la carga superficial	65
4.5. Comparación con otros estudios	67
5. Conclusiones y recomendaciones	69
5.1. Efecto de la vegetación y de la carga superficial en remoción de As y Fe	69
5.2. Medición de tiempos de retención mediante pruebas de trazador	71
5.3. Recomendaciones	71
Bibliografía	72
A. Pruebas de remoción	78
A.1. Datos corregidos para la primera etapa	78
A.2. Datos en bruto para la primera etapa y segunda etapa	79
B. Pruebas de trazador	92