

---

# Índice general

<b>Dedicatoria</b>	<b>II</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>III</b>
<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>10</b>
2.1. Objetivo General . . . . .	10
2.2. Objetivos Específicos . . . . .	10
<b>3. Marco Teórico</b>	<b>11</b>
3.1. Importancia del Hidrógeno . . . . .	11
3.2. Tratamiento de aguas residuales . . . . .	12
3.2.1. El Stirring y la Celda Electrobiocatalizada . . . . .	15
3.3. Cultivos bacterianos . . . . .	18
3.3.1. Estimación Estadística de Bacterias - Número Más Probable (NMP) . . . . .	21
3.3.2. ¿Cuándo se puede utilizar el Método de Número Más Probable?	22
3.4. Cinética Bacteriana . . . . .	23
3.5. Formulación de un Problema de Estimación de Parámetros . . . . .	27

3.6. Algoritmos Genéticos . . . . .	30
3.6.1. Operadores de Evolución: Selección, Cruce y Mutación . . . . .	32
<b>4. Metodología</b>	<b>34</b>
4.1. Modelación Matemática . . . . .	35
4.2. Fase de Adaptación . . . . .	37
4.2.1. Formulación general de las ecuaciones bacterianas . . . . .	38
4.2.2. Modelo Matemático asociado al Stirring . . . . .	41
4.2.3. Modelo Matemático asociado a la CEB . . . . .	43
4.3. Fase en Continuo . . . . .	44
4.3.1. Modelo Matemático para el Stirring . . . . .	45
4.3.2. Modelo Matemático para la CEB . . . . .	46
4.4. Estado de Equilibrio . . . . .	48
4.5. Principios Matemáticos del NMP . . . . .	52
4.6. Aplicación del NMP . . . . .	56
4.7. Estimación de Parámetros a través de un Algoritmo Genético . . . . .	60
4.7.1. Implementación en Matlab . . . . .	61
<b>5. Simulaciones, Resultados y Discusión</b>	<b>63</b>
5.1. Resultados de NMP . . . . .	64
5.2. Parámetros Estimados . . . . .	68
5.3. Equilibrio del Modelo Propuesto . . . . .	71
<b>6. Conclusiones</b>	<b>73</b>
<b>A. Tablas para obtener el NMP</b>	<b>74</b>
<b>B. Cinéticas Bacterianas</b>	<b>76</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>78</b>