

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes generales	1
1.2. Motivación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
2. Marco Teórico	4
2.1. Modelamiento matemático	4
2.2. Modelos de sistemas biológicos	5
2.2.1. Crecimiento de microorganismos en reactor batch	5
2.2.2. Producción de bioetanol y fructosa a partir de sacarosa	6
2.3. Machine learning	8
2.3.1. Regresión	9
2.3.1.1. Regresión paramétrica	9
2.3.1.2. Regresión simbólica	10
2.3.2. Algoritmos evolutivos	10
2.3.3. Algoritmos genéticos	11
2.3.4. Programación genética	13
2.3.4.1. Representación en árbol	13
2.3.4.2. Requisitos de funciones y terminales	17
2.3.4.3. Funcionamiento del algoritmo	18
2.3.4.4. Población inicial	19
2.3.4.5. Evaluación	22
2.3.4.6. Selección	23
2.3.4.7. Operadores genéticos	24
2.3.4.8. Parámetros importantes	26
2.3.4.9. Criterios de término	27
2.3.4.10. Problemas del algoritmo GP	27
3. Metodología	30
3.0.1. Metodología general	30
3.0.1.1. Diseño de la función de evaluación	31
3.0.2. Estrategia para evaluar viabilidad de metodología propuesta	34
4. Resultados	37
4.1. Caso de estudio 1: Cultivo de microorganismos en reactor batch	37

4.1.1.	Modelo estudiado	37
4.1.2.	Obtención de los datos experimentales	37
4.1.3.	Bloque faltante estudiado	39
4.1.4.	Estudio del efecto del tamaño de la población	39
4.1.5.	Estudio del efecto del número de generaciones	49
4.1.6.	Efecto de la inclusión de una parte conocida del bloque faltante	51
4.1.7.	Estudio del efecto del error en los datos experimentales	54
4.2.	Caso de estudio 2: Producción simultánea de etanol y fructosa a partir de sacarosa	61
4.2.1.	Modelo matemático	61
4.2.2.	Datos experimentales	62
4.2.3.	Bloque faltante estudiado	65
4.2.4.	Primera iteración	66
4.2.5.	Segunda iteración	68
4.2.6.	Penalización por ausencia de variable	71
4.2.7.	Ajuste de parámetros con remuestreo	76
4.2.8.	Análisis del mejor modelo obtenido	80
4.2.9.	Limitaciones de la metodología propuesta	87
4.2.10.	Posibles mejoras a la metodología propuesta	88
5.	Conclusiones	89
	Bibliografía	91
	Anexo A. Análisis estadístico de los parámetros en resultados del caso de estudio 1	102
A.1.	Estudio del efecto del tamaño de la población	102
A.2.	Estudio del efecto del error en los datos experimentales	105
	Anexo B. Análisis estadístico de los parámetros en resultados del caso de estudio 2	108
B.1.	Primera iteración	108
B.2.	Segunda iteración	109
B.3.	Efecto de la penalización por ausencia de variable	110
B.4.	Ajuste de parámetros con remuestreo	112