

Tabla de Contenido

Introducción	1
1. Marco teórico	2
1.1. Metales pesados	2
1.1.1. Definición	2
1.1.2. Toxicidad	2
1.1.3. Mecanismos de remoción fisicoquímicos	3
1.2. Resistencia biológica a metales pesados	3
1.2.1. Barreras extracelulares	3
1.2.2. Transporte activo de iones	4
1.2.3. Secuestro extracelular	4
1.2.4. Secuestro intracelular	4
1.2.5. Cambio del estado de oxidación	5
1.3. Genes asociados a la resistencia de metales pesados	6
1.3.1. Genes asociados a la resistencia de cobre	6
1.3.2. Genes asociados a la resistencia de hierro	7
1.4. Microbiología del desierto de Atacama	11
1.4.1. Fuentes de energía	12
1.5. Diagramas de especiación para los iones de cobre y hierro	13
1.6. Bioprosesamiento de metales	14
1.6.1. Biominería	14
1.6.2. Bioremediación	14
1.6.3. Biosíntesis de nanopartículas	15
1.6.4. Propuesta de nuevo sistema de selección de organismos para su utilización en bioprocesos con metales pesados	16
2. Objetivos	17
2.1. Objetivo general	17
2.2. Objetivos específicos	17
3. Metodología	18
3.1. Revisión de organismos	18
3.1.1. Anotación de los genomas e identificación de especie	18
3.1.2. Selección de cepas	19
3.2. Genómica comparativa	19
3.2.1. Revisión de resistomas	19

3.2.2.	Árboles filogenéticos	19
3.2.3.	Presencia de genes marcadores de resistencia	20
3.2.4.	Otros mecanismos de resistencia	22
3.2.5.	Comparación del número de genes asociados a la resistencia y utilización de cobre y hierro entre cepas cercanas	22
3.2.6.	Proposición de clústers	23
3.2.7.	Búsqueda de genes de fotoheterotrofia y litheterotrofia	23
4.	Resultados	24
4.1.	Cepas aisladas	24
4.2.	Selección de cepas	26
4.3.	Presencia de genes de resistencia	27
4.3.1.	Otros genes de resistencia	28
4.4.	Comparación entre cepas cercanas	29
4.4.1.	Comparación del número de genes asociados a la tolerancia de hierro y cobre	29
4.4.2.	Caracterización filogenética	30
4.5.	Contexto genómico	30
4.6.	Adaptaciones para la subsistencia en la eco-región del desierto de Atacama	32
4.6.1.	Resistomas	32
4.6.2.	Genes para la mantención energética	35
4.7.	Proposición de metodología para la búsqueda de microorganismos propicios para bioprocesos	35
5.	Discusión	39
5.1.	Diversidad bacteriana y caracterización filogenética	39
5.2.	Elección de microorganismos con probable resistencia al cobre y hierro	39
5.3.	Genes marcadores de resistencia y probables clústers	40
5.4.	Comparación de genes para uso y resistencia de hierro y cobre con cepas cercanas	41
5.5.	Adaptaciones producto del medio ambiente	41
5.6.	Predicción de otros agentes que permiten la resistencia a partir de modelos metabólicos	42
5.7.	Metodología propuesta	43
5.8.	Limitaciones del trabajo	44
6.	Conclusiones	46
	Bibliografía	48
A.	Genes utilizados para la elaboración de los árboles filogenéticos	57
B.	Anexo Información para realizar la selección	59
C.	Anexo Puntajes asignados	61
D.	Anexo Comparaciones del número de genes asociados a la resistencia y utilización de cobre y hierro entre cepas similares	62

D.1. Comparación del número de genes identificados para la resistencia de cobre y hierro para la cepa AC2 <i>Bacillus altitudinis</i> y cepas filogenéticamente cercanas	62
D.2. Comparación del número de genes identificados para la resistencia de cobre y hierro para la cepa LB7 <i>Bacillus paralicheniformis</i> y cepas filogenéticamente cercanas	65
D.3. Comparación del número de genes identificados para la resistencia de cobre y hierro para la cepa 264 <i>Nesterenkonia lutea</i> y cepas filogenéticamente cercanas	67
D.4. Comparación del número de genes identificados para la resistencia de cobre y hierro para la cepa 618 <i>Roseovarius tolerans</i> y cepas filogenéticamente cercanas	69
D.5. Comparación del número de genes identificados para la resistencia de cobre y hierro para la cepa CA01 <i>Sphingopyxis bauzanensis</i> y cepas filogenéticamente cercanas	71
D.6. Comparación del número de genes identificados para la resistencia de cobre y hierro para la cepa 121 <i>Shewanella</i> sp. WE21 y cepas filogenéticamente cercanas	73
D.7. Comparación del número de genes identificados para la resistencia de cobre y hierro para la cepa S11 <i>Serratia quinivorans</i> y cepas filogenéticamente cercanas	75
D.8. Comparación del número de genes identificados para la resistencia de cobre y hierro para la cepa LB8 <i>Streptomyces thermogriseus</i> y cepas filogenéticamente cercanas	77
E. Anexo Genes encontrados <i>upstream</i> y <i>downstream</i>	79
F. Anexo Genes presentes en los resistomas	80