



UNIVERSIDAD DEL MAR
Campus Puerto Ángel

CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS RESISTENTES A
MERCURIO, AISLADAS DE LA BAHÍA DE PUERTO ÁNGEL, OAXACA

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA
GABRIELA RUIZ AGUDO

DIRECTORA
DRA. MARÍA DEL CARMEN MONROY DOSTA

CO-DIRECTORA
MARÍA NIEVES TRUJILLO TAPIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, PUERTO ÁNGEL, OAXACA, MÉXICO, 2024

Resumen

La contaminación marina por metales pesados es una problemática que va en aumento, y en especial el mercurio es uno de los metales más tóxicos y sin ninguna función biológica, además de no degradarse de forma natural, se bioacumula y representa un peligro para las diversas formas de vida marina, debido a esto, el interés hacia la identificación de bacterias que puedan funcionar como biorremediadores se ha incrementado. Por lo que el objetivo de este trabajo consistió en identificar bacterias resistentes a mercurio presentes en sedimento y agua de la playa de Puerto Ángel, Oaxaca. Para lo cual se tomaron muestras de agua y sedimento en cuatro puntos de muestreo de la Playa principal, donde se aislaron y caracterizaron siete cepas bacterianas: *P. cepacia*, *Sphingomonas* spp, *O. anthropi*, *S. trueperi*, *Burkholderia* spp, *P. luteola*, *P. acidovorans*. Todas las cepas fueron sometidas a concentraciones de 10, 25, 50, 100, 150, y 200 µg/L. Los resultados obtenidos permitieron identificar en las muestras de agua a seis especies bacterianas que corresponden a: *Pseudomonas acidovorans*, *Burkholderia* spp, *Pseudomonas luteola*, *Pseudomonas cepacia*, *Sphingomonas trueperi* y *Sphingomonas* spp, en comparación con las muestras de sedimento solo se identificaron tres especies: *Pseudomonas cepacia*, *Sphingomonas trueperi* y *Ochrobactrum anthropi*. Todas las cepas aisladas mostraron crecimiento en presencia del mercurio, sin importar la concentración. Sin embargo, fue la especie *P. cepacia*, quien mostro mayor crecimiento incluso en la concentración más alta de 200 µg/L. Por lo que dicho especie puede ser considerada para pruebas de biorremediación bacteriana de metales pesados, como el mercurio.

Palabras clave: mercurio, bacterias, resistencia, bahía, concentración.

Dedicatoria

Me parece una noción muy romántica dedicarle este trabajo a una joven que en el 2016 comenzaba un propedéutico en una universidad lejos de casa, lejos de sus amigos, lejos de su vida. Comenzaría una aventura sola, en un pequeño poblado llamado Puerto Ángel, había tanta emoción, pero también mucha incertidumbre y muchos miedos, no solamente estaba por comenzar la universidad, también estaba por comenzar la mejor y la peor parte de su corta vida, lloro tanto, quiso desistir más veces de las que se puede acordar. No se creía capaz, y conoció gente que la hizo sentir poco inteligente. A decir verdad, sus amigos, y la pequeña Luna, la salvaron, le dieron el sostén para terminar.

Dedicarme esta investigación, es recordarme que detrás de esta tesis hay mucho más trabajo que solo letras, estadísticas, referencias, y más, es honrar a esa Gabi, que aun con sus miedos, inseguridades... lo logro y, poder ver lo que era y en lo que me he convertido, me llena de orgullo y de satisfacción.

Agradecimientos

Primero quiero agradecer a mis padres, pues gracias a ellos pude realizar uno de mis mas grandes sueños (ser bióloga marina), también a mis hermanos que siempre creyeron en mí.

A mi directora, la Dra. María del Carmen Monroy Dosta, una gran profesional y ejemplo a seguir, que desde el primer momento me recibió en su laboratorio con gran entusiasmo, aprendizaje y me brindo las herramientas y material necesario para poder llevar a cabo la tesis.

Al laboratorio de Análisis Químico de Alimento vivo y la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, por abrir sus puertas y permitirme llevar a cabo esta investigación en sus instalaciones.

También a la Dra. Ma Nieves Trujillo Tapia, ella me alentó a descubrir mi potencial, me aconsejo y motivó a continuar.

Agradezco a mis revisores: Dr. José Antonio Mata Sotres, Q.B. Concepción Martínez Lievana y M en C. Minerva E Isis Camacho Sánchez.

No puedo pasar por alto a mis amigos de la universidad, a Luis, Saul, Diana, Everardo y Vanesa, con ellos me divertí a montones, y me inspiraron a mejorar.

Hablando de inspiración, agradezco a Fernanda, Reyna, Diana y Braulio, mis amigos de laboratorio, en ellos encontré un gran equipo, y una gran amistad.

Por último, agradezco a mi universidad y profesores que fueron parte de mi formación.

ÍNDICE

1	Introducción.....	1
1.1	Generalidades del Mercurio y su toxicidad.....	2
1.2	El mercurio en el ambiente.....	3
1.3	Ciclo del mercurio.....	4
1.3.1	Metilación de Mercurio.....	4
1.4	Contaminación marina por mercurio.....	5
1.5	Bacterias resistentes a mercurio.....	6
2	Antecedentes.....	7
2.1	Bioacumulación de metales en organismos acuáticos.....	8
2.2	Bacterias resistentes a mercurio.....	8
3	Justificación.....	10
4	Hipótesis.....	12
5	Objetivos.....	12
5.1	Objetivo general.....	12
5.2	Objetivos particulares.....	12
6	Material y métodos.....	12
6.1	Área de estudio.....	12
6.2	Toma de muestra.....	14
6.3	Aislamiento bacteriano.....	14
6.4	Identificación bacteriana.....	15
6.5	Crecimiento bacteriano.....	15
6.6	Análisis estadístico.....	16
7	Resultados.....	16

7.1. Parámetros fisicoquímicos	16
7.2. Abundancia bacteriana en agua y sedimento sin mercurio	16
7.3. Abundancia bacteriana en agua y sedimento con mercurio	18
7.4. Identificación bacteriana en agua y sedimento sin mercurio	19
7.5. Identificación bacteriana en agua y sedimento con mercurio	19
7.6 Crecimiento por especie bacteriana.....	19
7.7 Crecimiento por concentración.	23
8 Discusión	26
9 Conclusiones.....	29
10 Recomendaciones	30
11 Referencias	31
12 Anexos.....	38
Anexo A. Tablas descriptivas de las colonias aisladas	38
Anexo B. Tablas pruebas Tukey por especie	40
Anexo C. Tablas pruebas Tukey por concentración	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de muestreo.....	13
Figura 2. Abundancia bacteriana en muestras de sedimento	17
Figura 3. Abundancia bacteriana en muestras de agua	17
Figura 4. Abundancia bacteriana en muestras de agua	18
Figura 5. Abundancia bacteriana en muestras de sedimento	18
Figura 6. Crecimiento bacteriano de <i>S. trueperi</i>	20
Figura 7. Crecimiento bacteriano de <i>P. acidovorans</i>	20
Figura 8. Crecimiento bacteriano de <i>O. anthropi</i>	21
Figura 9. Crecimiento bacteriano de <i>Burkholderia spp</i>	21
Figura 10. Crecimiento bacteriano de <i>Sphingomonas spp</i>	22
Figura 11. Crecimiento bacteriano de <i>P. cepacia</i>	22
Figura 12. Graficas de crecimiento bacteriano a distintas concentraciones.	24
Figura 12.1. Graficas de crecimiento bacteriano a distintas concentraciones.	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Generalidades del Mercurio	2
Tabla II. Parámetros fisicoquímicos.	16
Tabla III. Unidades formadoras de colonias (UFC).....	38
Tabla IV. Resumen de las cepas aisladas e identificadas	39
Tabla V. Valores obtenidos.....	40
Tabla VI. Resultados de la prueba Tukey de la cepa <i>S. trueperi</i>	41
Tabla VII. Resultados de la prueba Tukey de la cepa <i>O. anthropi</i>	41
Tabla VIII. Resultados de la prueba Tukey de la cepa <i>Burkholderia spp.</i>	41
Tabla IX. Resultados de la prueba Tukey de la cepa <i>P. cepacia</i>	42
Tabla X. Resultados de la prueba de Tukey en C10.	43
Tabla XI. Resultados de la prueba de Tukey en C25.....	43
Tabla XII. Resultados de la prueba de Tukey en C50	44
Tabla XIII. Resultados de la prueba de Tukey en C100.....	44
Tabla XIV. Resultados de la prueba de Tukey en C150.....	45
Tabla XV. Resultados de la prueba de Tukey en C200	45