

VIII. RESULTADOS

8.1 CURVAS DE CRECIMIENTO

8.1.1 *Saccharomyces cerevisiae* cepa UDLAP-07

Las gráficas que se muestran a continuación representan las curvas de crecimiento de *S. cerevisiae* cepa UDLAP-07 en ausencia de metales y con 5ppm, 10ppm y 15ppm de plomo y cadmio.

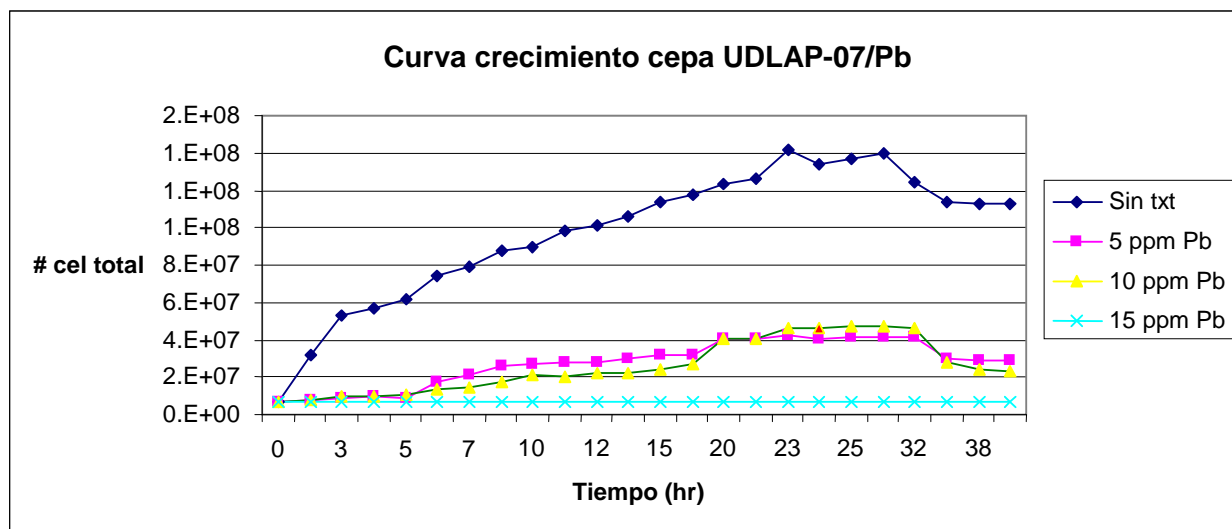


Figura 15. Curvas de crecimiento de *S. cerevisiae* cepa UDLAP-07 en presencia de diferentes concentraciones de plomo.

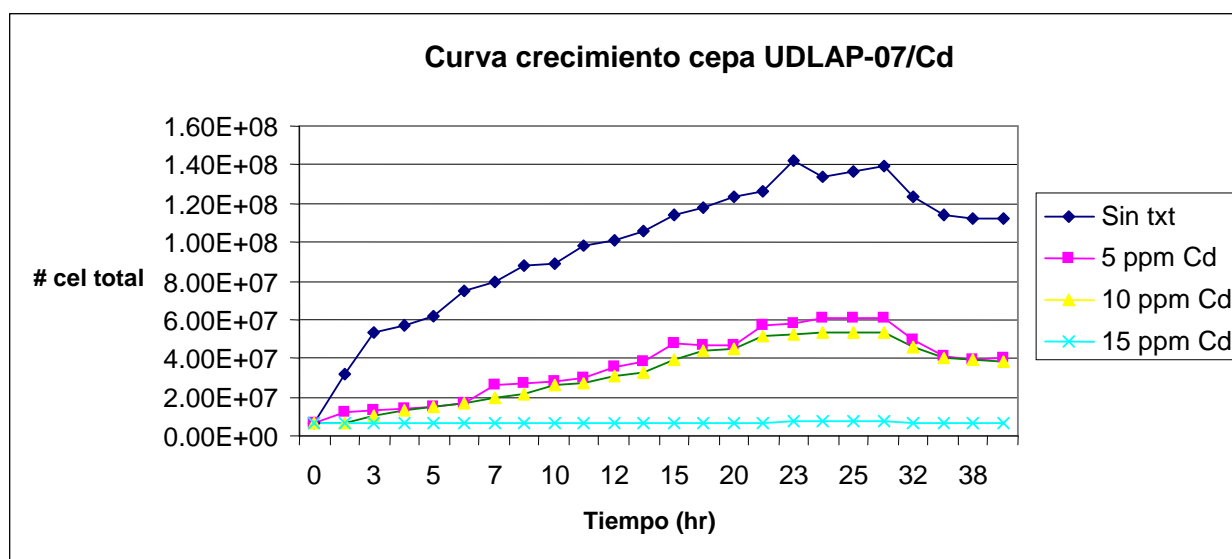


Figura 16. Curvas de crecimiento de *S. cerevisiae* cepa UDLAP-07 en presencia de diferentes concentraciones de cadmio.

La adición de metales al caldo de cultivo afecta el tiempo de generación de la levadura, la disminución del número de células es mayor con el plomo. No se observa una diferencia importante en el crecimiento con 5 y 10ppm de metales. A una concentración de 15ppm de metal.

8.1.2 *Saccharomyces cerevisiae* cepa CM-05

La siguiente gráfica representa la curva de crecimiento de *S. cerevisiae* cepa CM-05 en presencia de 5ppm, 10ppm y 15ppm de plomo.

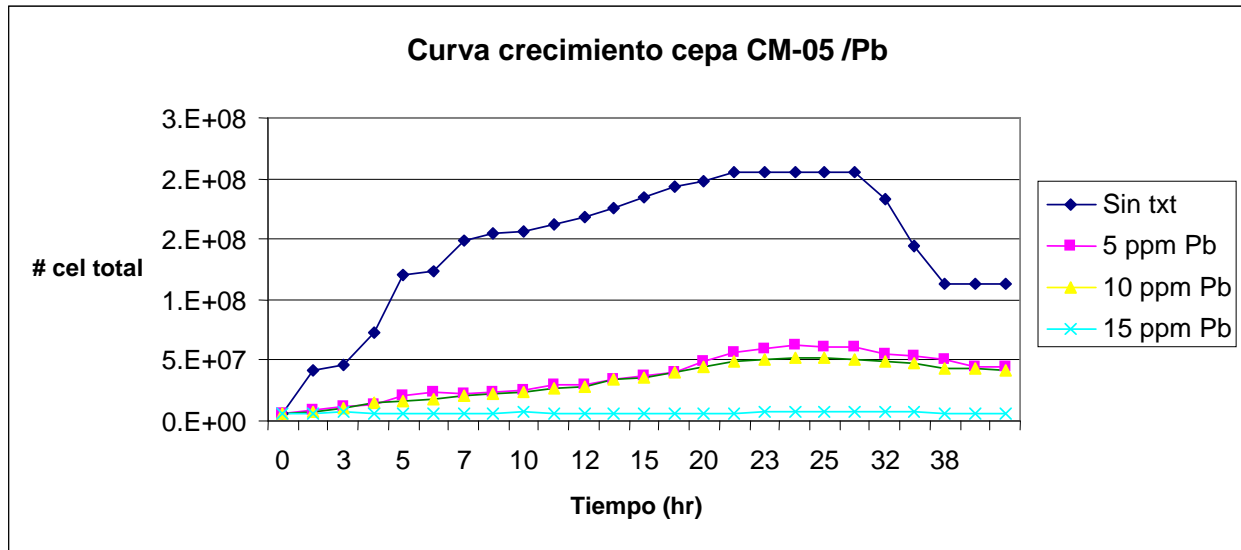


Figura 17. Curvas de crecimiento de *S. cerevisiae* cepa CM-05 en presencia de diferentes concentraciones de plomo.

A continuación se presenta la curva de crecimiento de la cepa CM-05 en presencia de 5ppm, 10ppm y 15ppm de cadmio.

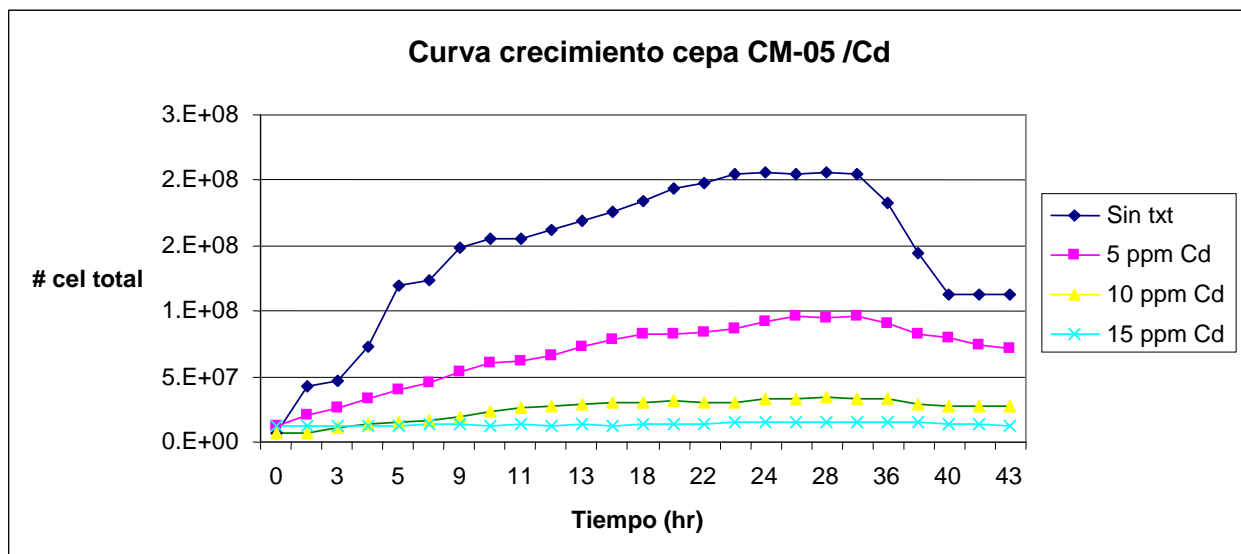


Figura 18. Curvas de crecimiento de *S. cerevisiae* cepa CM-05 en presencia de diferentes concentraciones de cadmio.

En presencia de 5 y 10ppm de plomo no existe una diferencia importante en el número de células de la cepa CM-05. Existe una diferencia considerable en el número de células presentes en las soluciones de 5ppm y 10ppm de Cd. A concentraciones de 15ppm de Pb y Cd no hay crecimiento.

El tiempo de generación nos permite valorar la viabilidad de las células de las cepas y determinar la influencia que tienen sobre ellas la presencia de plomo y cadmio en las diferentes concentraciones.

Cotejando los dos gráficos anteriores podemos observar que la cepa CM-05 sin tratamiento con metales pesados presenta un tiempo de generación mayor a que la cepa UDLAP-07 (ver tabla6). Así mismo no existe una diferencia importante entre los tiempos de generación de ambas cepas en presencia de 5 y 10ppm de plomo. A diferencia de lo que ocurre en presencia de 5 y 10 ppm de cadmio, en donde la cepa UDLAP-07 presenta un tiempo de generación menor que la cepa CM-05, y por lo tanto esta última se ve en mayor medida afectada por la presencia de cadmio.

A partir de los resultados obtenidos, se demuestra que a una concentración de 15ppm de metal en adelante se ve afectada la viabilidad de las levaduras y por consiguiente la destoxificación de aguas contaminadas con plomo y cadmio por parte de ambas cepas, por lo tanto se descartó el uso de la biomasa viva para concentraciones más altas de plomo y cadmio.

Cepa UDLAP-07		Cepa CM-05	
Tiempo de generación (min)		Tiempo de generación (min)	
Pb		Pb	
Sin txt	728.22	Sin txt	965.77
5 ppm	590	5 ppm	517.47
10 ppm	573.15	10 ppm	500.27
15 ppm	60200	15 ppm	13892.30
Cd		Cd	
5 ppm	360.47	5 ppm	569.71
10 ppm	356.91	10 ppm	437.28
15 ppm	12900	15 ppm	12900

Tabla 6. Comparación de los tiempos de generación de la cepa UDLAP-07 y la cepa CM-05 bajo diferentes condiciones.

8.2 INMOVILIZACIÓN DE METALES PESADOS POR LA BIOSAMA FÚNGICA VIVA.

De acuerdo al comportamiento de las cepas UDLAP-07 y CM-05 a las diferentes concentraciones de Pb y Cd, se eligió experimentar bajo la condición de mayor concentración de metales a la cual existiera un crecimiento favorable de la levadura; cumpliendo tales características el tratamiento con la solución a una concentración de 10ppm de metal.

8.2.1 *Saccharomyces cerevisiae* cepa UDLAP-07

La tabla siguiente muestra la cantidad retenida de los metales a partir de una solución con una concentración de 10 ppm. Los valores máximos de inmovilización empleando biomasa viva de levaduras, se alcanzaron durante los primeros 5 minutos de contacto entre la solución de metales pesados y la biomasa. Posteriormente se observó un fenómeno de desorción mediante el cual las células liberan cierta cantidad del metal retenido.

Tiempo (min)	Inmovilización de Pb a 10 ppm por Cepa UDLAP-07			Inmovilización de Cd a 10 ppm por Cepa UDLAP-07		
	Absorbancia (nm)	Concentración (ppm)	Cantidad inmovilizada (ppm)	Absorbancia (nm)	Concentración (ppm)	Cantidad inmovilizada (ppm)
0	7.960	9.593	0.000	0.2715	10.579	0.000
5	6.469	8.102	1.491	0.269	10.485	0.094
10	6.685	8.318	1.275	0.2693	10.496	0.083
15	6.737	8.369	1.223	0.2695	10.504	0.075
20	6.790	8.423	1.170	0.2703	10.534	0.045
25	6.789	8.422	1.171	0.2698	10.515	0.064

Tabla 7. Inmovilización de Pb y Cd a 10 ppm por *S. cerevisiae* cepa UDLAP-07.

La siguiente gráfica representa la inmovilización de plomo y cadmio a 10 ppm.

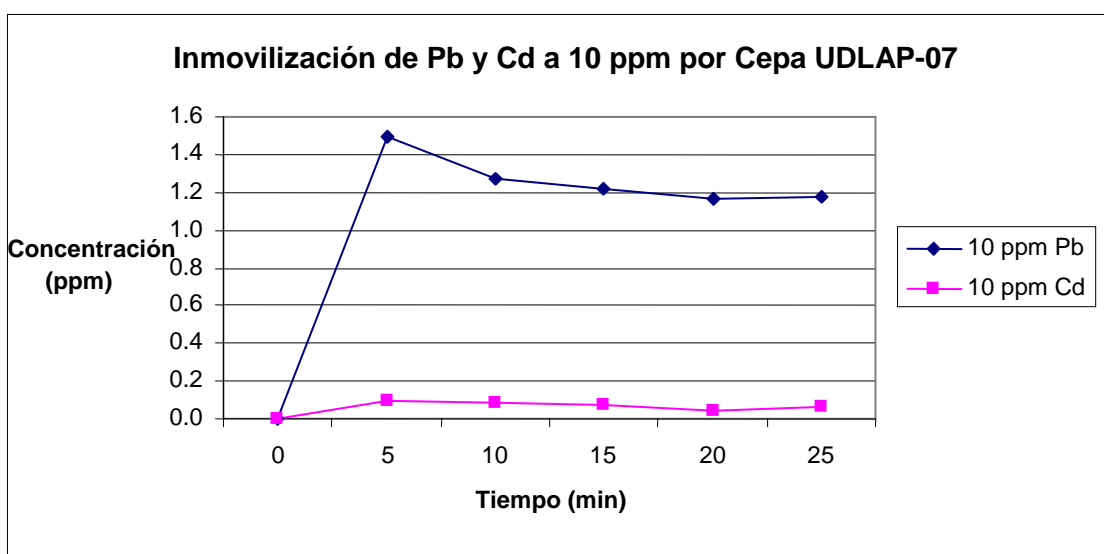


Figura 19. Inmovilización de Pb y Cd a 10 ppm por *S. cerevisiae* cepa UDLAP-07.

Como se puede observar en el gráfico anterior la capacidad de inmovilización de Pb a 10ppm por la cepa UDLAP-07 es de 1.491 ppm, lo cual es considerablemente mayor que a 10ppm de Cd, ya que este es de 0.094ppm durante los primeros 5 minutos de contacto.

8.2.2 *Saccharomyces cerevisiae* cepa CM-05

La tabla siguiente muestra la cantidad retenida de plomo a partir de una solución con una concentración de 20 ppm de Pb. Los máximos de inmovilización empleando biomasa viva de levaduras, se alcanzaron durante los primeros minutos de contacto entre la solución de metales pesados y la biomasa. Posteriormente se observó un fenómeno de desorción mediante el cual las células liberan cierta cantidad del metal retenido.

Tiempo (min)	Inmovilización de Pb a 10 ppm por Cepa CM-05			Inmovilización de Cd a 10 ppm por Cepa CM-05		
	Absorbancia (nm)	Concentración (ppm)	Cantidad inmovilizada (ppm)	Absorbancia (nm)	Concentración (ppm)	Cantidad inmovilizada (ppm)
0	7.680	9.313	0.000	0.291	10.331	0.000
5	0.069	1.702	7.611	0.049	0.422	9.909
10	0.085	1.718	7.595	2.681	3.053	7.278
15	0.087	1.719	7.593	2.489	2.861	7.470
20	0.100	1.733	7.580	2.144	2.516	7.815
25	0.089	1.722	7.591	2.223	2.595	7.736

Tabla 9. Inmovilización de Cd a 10 ppm por *S. cerevisiae* cepa CM-05.

A continuación se presenta la gráfica de la inmovilización de plomo y cadmio a 10 ppm.

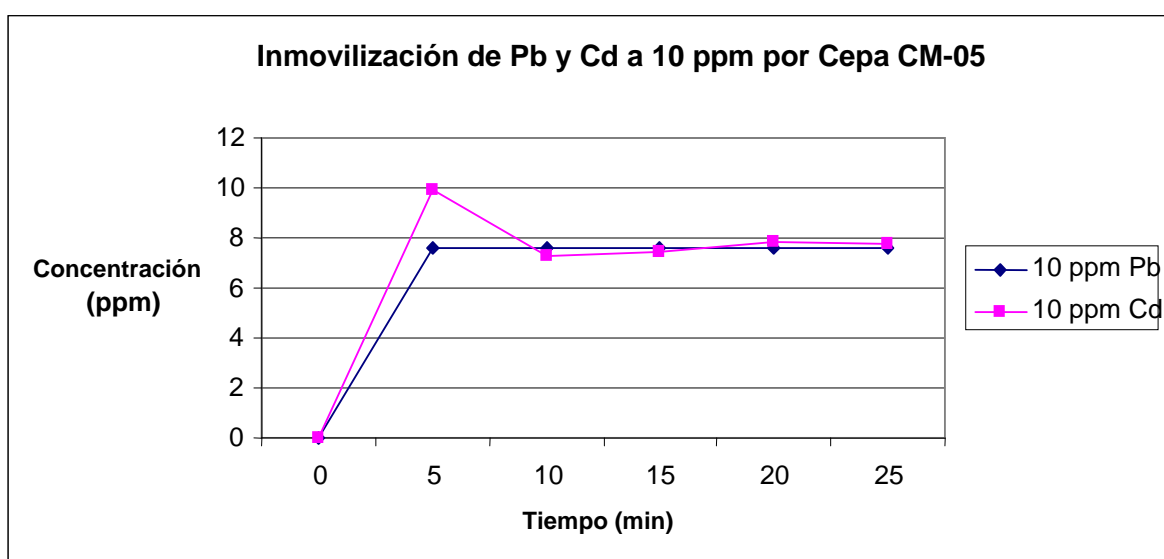


Figura 21. Inmovilización de Pb y Cd a 10 ppm por *S. cerevisiae* cepa CM-05.

En seguida se muestra la tabla y el gráfico de los resultados sobre la inmovilización de plomo a 20ppm por la cepa de procedencia comercial.

Inmovilización de Pb a 20 ppm por Cepa CM-05			
Tiempo (min)	Absorbancia (nm)	Concentración (ppm)	Cantidad inmovilizada (ppm)
0	0.4872	20.930	0.000
2	0.4072	16.886	4.044
3	0.4319	18.134	2.796
4	0.4312	18.099	2.831
5	0.4312	18.099	2.831
6	0.4354	18.311	2.619
7	0.4351	18.296	2.634
8	0.436	18.342	2.588
9	0.4258	17.826	3.104
10	0.4287	17.973	2.958
15	0.4284	17.958	0.142
20	0.4296	18.018	0.116
25	0.4305	18.064	0.035

Tabla 8. Inmovilización de plomo a 20ppm por *S. cerevisiae* cepa CM-05.

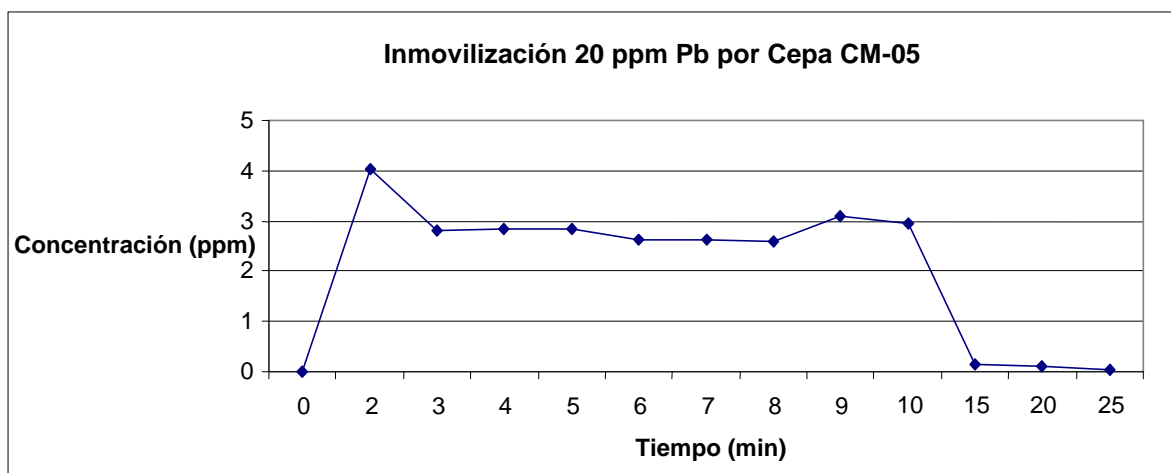


Figura 20. Inmovilización de plomo a 20ppm por *S. cerevisiae* cepa CM-05.

Como se puede observar en el gráfico anterior, hay un pico de inmovilización a los dos minutos de 4 ppm posteriormente baja a 2.83 ppm; donde se estabiliza por alrededor de 7 minutos y luego disminuye, probablemente por un fenómeno de desorción.

Cuando se usó una solución de 20 ppm de cadmio no se observó una inmovilización del metal de manera significativa.

Comparando la capacidad de inmovilización de la cepa UDLAP-07 y de la cepa CM a 10ppm de Pb y a 10ppm de Cd a los 5 minutos de exposición es evidente que la cepa CM-05 inmoviliza una mayor cantidad de metales. La cepa CM-05 retuvo 9.91ppm y 7.6ppm de Pb y Cd respectivamente, mientras que la cepa UDLAP-07 inmovilizó 0.09ppm de Pb y 1.49ppm de Cd.

Así mismo se puede afirmar que la retención a partir de una solución de 20 ppm por parte de la cepa CM-05, es eficiente en el caso del plomo y nula para el cadmio. Respecto a la cepa UDLAP-07 no se presenta retención a esta concentración de ambos metales, por lo cual para los siguientes experimentos se empleó la biomasa muerta de la cepa CM-05.

8.3 BIOSORCIÓN DE METALES PESADOS POR LA BIOMASA FÚNGICA MUERTA DE LA CEPAS CM-05.

Al observar los resultados anteriores se nota que las dos cepas de levaduras no sobreviven a concentraciones superiores a 20 ppm de plomo y cadmio, por lo que se decidió usar biomasa muerta, de tal forma que la inmovilización de los metales se realice por biosorción.

Los resultados obtenidos para los metales en las diferentes soluciones con los distintos tratamientos y tiempos de lectura se muestran en las tablas que aparecen en el apéndice 6 y 7.

8.3.1 Plomo

La tabla siguiente muestra los porcentajes máximos promedio de biosorción empleando diferentes concentraciones de plomo con los distintos tratamientos. Estos se alcanzaron a los 25 minutos de contacto entre la solución de metales y el biosorbente.

Comparación del % promedio de biosorción de Pb por cepa CM-05 (2v)			
Concentración	Sin txt	HNO3	NaOH
20 ppm	93.93	77.3	94.07
25 ppm	93.76	95.95	96.18
30 ppm	93.09	94.98	96.73
100 ppm	79.89	92.20	77.11
150 ppm	45.60	52.06	57.60
200 ppm	29.13	31.96	27.97
250 ppm	13.22	15.92	13.80

Tabla 10. Comparación del porcentaje promedio de biosorción de Pb por *S. cerevisiae* cepa CM-05 (2v).

Como se observa en la tabla anterior, no hay diferencia en la biosorción de plomo en los tres experimentos. La cantidad retenida de este metal es muy similar cuando se usaron concentraciones de 20 a 30 ppm. Sin embargo, al incrementar la concentración se observa una disminución considerable.

8.3.2 Cadmio

La tabla siguiente muestra los porcentajes máximos promedio de biosorción en los distintos tratamientos. Estos se alcanzaron a los 25 minutos de contacto entre la solución de metales y el biosorbente.

Comparación del % promedio de biosorción de Cd en cepa CM-05 (2v)			
Concentración	Sin txt	HNO3	NaOH
20 ppm	85.25	85.22	87.66
25 ppm	87.85	90.10	91.14
30 ppm	94.16	97.15	98.30
100 ppm	75.49	79.74	81.68
150 ppm	40.30	48.94	50.05
200 ppm	21.48	29.82	32.11
250 ppm	10.54	14.90	15.34

Tabla 11. Comparación del porcentaje promedio de biosorción de Cd por *S. cerevisiae* cepa CM-05 (2v).

Al igual que en el caso anterior la mayor biosorción se observa entre 20 y 30 ppm de cadmio alcanzándose con esta última concentración entre 95 y 98%.

Comparando los porcentajes de biosorción de Pb y de Cd por la cepa CM-5, se observa que el mayor valor reportado por parte del plomo fue de 96.73%, mientras que para del cadmio fue igual a 98.304% los cuales se presentaron en la solución de 30ppm con tratamiento alcalino.

8.4 CAPACIDAD DE BIOSORCIÓN (Q).

Los resultados del análisis de la capacidad de biosorción de metales pesados a diferentes concentraciones bajo condiciones de sin tratamiento, tratamiento ácido y tratamiento básico; al tiempo de máxima adsorción (25 minutos) se exponen a continuación.

8.4.1 Plomo

	Sin txt (mg/g)	HNO3 (mg/g)	NaOH (mg/g)
20 ppm	0.02	0.09	0.02
25 ppm	0.03	0.02	0.02
30 ppm	0.04	0.03	0.02
100 ppm	0.38	0.43	0.15
150 ppm	1.50	1.76	1.24
200 ppm	2.66	2.9	3.20
250 ppm	4.19	4.17	4.09

Tabla 12. Comparación de la capacidad de biosorción de Pb por *S. cerevisiae* cepa CM-05.

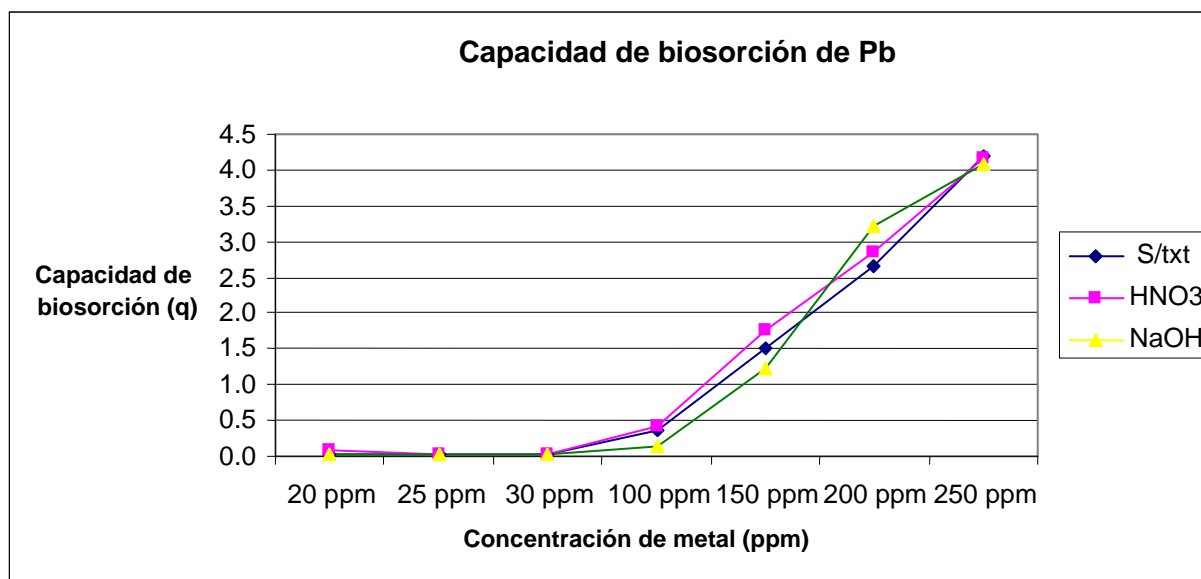


Figura 22. Capacidad de biosorción de plomo por *S. cerevisiae* cepa CM-05 respecto a las distintas condiciones de tratamiento y concentración de soluciones

Como se puede observar en la gráfica anterior conforme aumenta la concentración de plomo en la solución, aumenta el valor de la capacidad de biosorción (q). Así mismo, no se muestra un margen amplio de diferencia entre los valores de “q”, debido a las condiciones de sin tratamiento, condiciones ácidas y básicas.

El valor máximo de la capacidad de biosorción alcanzado fue de 4.19mg/g correspondiente a la solución de una concentración de 250ppm de plomo sin tratamiento ácido o básico.

8.4.2 Cadmio

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de la capacidad de biosorción (q) para las soluciones de cadmio a diferentes concentraciones, denotando que conforme aumenta la concentración del metal en la solución, también aumenta el valor de la capacidad de biosorción.

El valor de q mayor se presentó en la solución con una concentración de 250ppm sin tratamiento y correspondió a 4.19 mg/g. Comparando las tres condiciones experimentales, no se evidencia una diferencia significativa entre las capacidades de biosorción de cadmio por parte de la levadura.

	Sin txt (mg/g)	HNO3 (mg/g)	NaOH (mg/g)
20 ppm	0.06	0.06	0.05
25 ppm	0.06	0.04	0.04
30 ppm	0.03	0.02	0.01
100 ppm	0.5	0.39	0.34
150 ppm	1.68	1.44	1.40
200 ppm	2.94	2.63	2.55
250 ppm	4.19	4.00	3.97

Tabla 13. Comparación de la capacidad de biosorción de Cd por *S. cerevisiae* cepa CM-05.

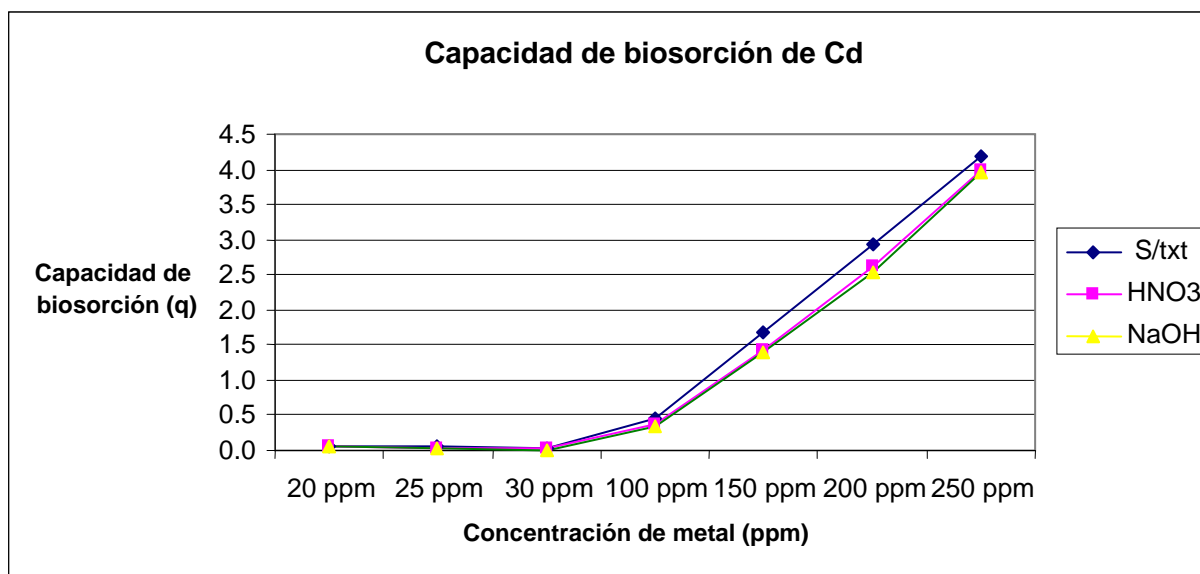


Figura 23. Capacidad de biosorción de cadmio por *S. cerevisiae* cepa CM-05 respecto a las distintas condiciones de tratamiento y concentración de soluciones

Comparando la capacidad de biosorción tanto de plomo como de cadmio por la cepa CM-05 podemos indicar que el valor máximo de q en condiciones de sin tratamiento es igual para ambos casos. Estos resultados corresponden a la solución sin tratamiento con una concentración de 250ppm de metal. De igual manera la presencia de un tratamiento ácido o básico no muestra diferencias importantes en la capacidad de biosorción de plomo y cadmio por parte de la cepa CM-05.