



**Universidad Nacional  
Federico Villarreal**

*Vicerrectorado de  
INVESTIGACIÓN*

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

**“EFICIENCIA DE FLOCULANTES ORGANICOS EN LA  
BIOSORCION DE PLOMO Y CADMIO EN MUESTRAS A NIVEL DE  
LABORATORIO, LIMA - 2018”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:**

**DOCTOR EN INGENIERIA AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI**

**ASESOR:**

**DR. CESAR JORGE ARGUEDAS MADRID**

**JURADO:**

**DRA. MATILDE FLORINDA NAUPAY VEGA**

**DR. ABEL WALTER ZAMBRANO CABANILLAS**

**DR. EDWIN ANTONIO MARTELJAVIER**

**LIMA- PERÚ**

**2019**

TITULO

EFICIENCIA DE FLOCULANTES ORGANICOS EN LA BIOSORCION DE PLOMO Y  
CADMIO EN MUESTRAS A NIVEL DE LABORATORIO, LIMA - 2018

AUTOR

MAESTRO. FERNANDO ANTONIO SERNAQUÉ AUCCAHUASI

## **D E D I C A T O R I A**

A Dios y la Virgen María Auxiliadora

A mí:

Papá Fernando y mamá Margarita que con su ejemplo de sacrificio constante en el trabajo y amor incomparable me formaron bajo los principios de respeto y justicia.

Hermana Margarita, ejemplo de lucha constante frente a las adversidades

A Celín, mi esposa que me acompaña en las buenas y en las malas, que me entiende siempre y me da fuerzas para salir adelante.

## AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento al Dr. Cesar Arguedas Madrid por su valiosa orientación y colaboración como asesor de la presente tesis, así como a los señores revisores de la Investigación, Dr. Elías Alfonso Valverde Torres y Dr. José Bolívar Jiménez. A mis jurados Walter Zambrano Cabanillas, Edwin Martel Javier y Marlitt Naupay Vega Finalmente, a todas las personas que colaboraron con el trabajo de tesis como el Ing. Omar Vásquez, el Lic. Raúl Ruiz Arias, Ing. Ángel Merino y la Ing. Mónica Salcedo

## INDICE

INTRODUCCION.....	14
I. Planteamiento del Problema.....	14
1.1. Descripción del problema.....	14
1.2. Formulación del Problema.....	15
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	16
1.4. Limitaciones de la investigación.....	16
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo General.....	17
1.5.2. Objetivo Específicos.....	17
II. Marco Teórico.....	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Marco conceptual.....	22
2.3. Aspectos de responsabilidad social y medio ambiental.....	44
III. Método.....	46
3.1 Tipo de Investigación.....	46
3.2 Población y muestra.....	46
3.3 Hipótesis.....	46
3.4 Operacionalización de variables.....	48
3.5 Instrumentos.....	49
3.6 Procedimientos.....	49
3.7 Análisis de datos.....	55
IV. Resultados.....	56
4.1 Análisis e interpretación.....	56
4.2 Contrastación de hipótesis.....	119
V. Discusión de resultados.....	170
5.1 Discusión.....	170
VI. Conclusiones.....	169
VII.Recomendaciones.....	17471
VIII. Referencias.....	17572
IX. Anexos.....	1818

## Índice de tabla

<b>Tabla 1:</b> Usos del plomo en diversas industrias .....	25
<b>Tabla 2:</b> Taxonomía de la mandarina .....	33
<b>Tabla 3:</b> Taxonomía de la ciruela .....	33
<b>Tabla 4:</b> Taxonomía de la manzana de agua .....	34
<b>Tabla 5:</b> Taxonomía del menbrillo .....	34
<b>Tabla 6:</b> Taxonomía de la naranja .....	35
<b>Tabla 7:</b> Taxonomía del pepino .....	35
<b>Tabla 8:</b> Taxonomía de la uva .....	36
<b>Tabla 9:</b> Taxonomía del tamarindo .....	36
<b>Tabla 10:</b> Taxonomía de la cocona .....	37
<b>Tabla 11:</b> Taxonomía de la carambola .....	37
<b>Tabla 12:</b> Taxonomía de la toronja .....	38
<b>Tabla 13:</b> Taxonomía del kiwi .....	38
<b>Tabla 14:</b> Taxonomía de la piña .....	39
<b>Tabla 15:</b> Taxonomía maracuyá .....	39
<b>Tabla 16:</b> Taxonomía de la Lima .....	40
<b>Tabla 17:</b> Para este trabajo de investigación se definió trabaja con tres concentraciones	49
<b>Tabla 18:</b> Preparación de la curva de calibración para el cadmio .....	52
<b>Tabla 19:</b> Preparación de la curva de calibrado para el plomo .....	54
<b>Tabla 20:</b> Determinación de la dosis óptima y eficiencia con los 15 floculantes orgánicos en la absorción de plomo .....	56
<b>Tabla 21:</b> Mejores niveles de dosis y coagulante segun fruta analizada para contrarrestar el plomo .....	84
<b>Tabla 22:</b> Determinación de la dosis óptima y eficiencia con los 15 floculantes orgánicos en la absorción de cadmio .....	85
<b>Tabla 23:</b> Mejores niveles de dosis y coagulante segun fruta analizada para contrarrestar el cadmio .....	113
<b>Tabla 24:</b> Eficiencia promedio segun fruta y concentracion para plomo segun tres lecturas diferentes .....	114
<b>Tabla 25:</b> Eficiencia promedio segun fruta y concentracion para cadmio .....	115
<b>Tabla 26:</b> Diseño de experimentos por blouse aleatorios para observar la eficiencia en el tratamiento del plomo por parte de la fruta y la concentracion .....	119
<b>Tabla 27:</b> Puebade Tukey para identificar la fruta con mayor eficiencia para el tratamiento del plomo .....	119
<b>Tabla 28:</b> Prueba de Tukey para identificar la concentración con mejor eficiencia para el tratamiento del plomo .....	120
<b>Tabla 29:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar la eficiencia en el tratamiento del cadmio por parte de la fruta y la concentración .....	120
<b>Tabla 30:</b> Prueba de Tukey para identificar la fruta con mejor eficiencia para el tratamiento del cadmio .....	121

<b>Tabla 31:</b> Prueba de Tukey para identificar la concentración con mejor eficiencia para el tratamiento del cadmio .....	121
<b>Tabla 32:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>uva</b> sobre la concentración de plomo.....	122
<b>Tabla 33:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>cocona</b> sobre la concentración de plomo.....	123
<b>Tabla 34:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del <b>tamarindo</b> sobre la concentración de plomo.....	125
<b>Tabla 35:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>maracuyá</b> sobre la concentración de plomo .....	126
<b>Tabla 36:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>mandarina</b> sobre la concentración de plomo.....	128
<b>Tabla 37:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>toronja</b> sobre la concentración de plomo .....	129
<b>Tabla 38:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la lima sobre la concentración de plomo.....	131
<b>Tabla 39:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>naranja</b> sobre la concentración de plomo.....	132
<b>Tabla 40:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>manzana</b> sobre la concentración de plomo.....	134
<b>Tabla 41:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del <b>membrillo</b> sobre la concentración de plomo .....	135
<b>Tabla 42:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del <b>Kiwi</b> sobre la concentración de plomo.....	137
<b>Tabla 43:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>Ciruela</b> sobre la concentración de plomo .....	138
<b>Tabla 44:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del pepino sobre la concentración de plomo .....	140
<b>Tabla 45:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>piña</b> sobre la concentración de plomo.....	141
<b>Tabla 46:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>carambola</b> sobre la concentración de plomo.....	143
<b>Tabla 47:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>uva</b> sobre la concentración de cadmio.....	144
<b>Tabla 48:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>cocona</b> sobre la concentración de cadmio.....	146
<b>Tabla 49:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del <b>tamarindo</b> sobre la concentración de cadmio.....	148
<b>Tabla 50:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>maracuyá</b> sobre la concentración de Cadmio .....	149
<b>Tabla 51:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>mandarina</b> sobre la concentración de cadmio.....	151
<b>Tabla 52:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>toronja</b> sobre la concentración de cadmio .....	153

<b>Tabla 53:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la lima sobre la concentración de cadmio. ....	154
<b>Tabla 54:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>naranja</b> sobre la concentración del cadmio.....	156
<b>Tabla 55:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>manzana</b> sobre la concentración de cadmio.....	157
<b>Tabla 56:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del <b>membrillo</b> sobre la concentración de cadmio .....	159
<b>Tabla 57:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del <b>Kiwi</b> sobre la concentración de cadmio.....	161
<b>Tabla 58:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>Ciruela</b> sobre la concentración de cadmio .....	162
<b>Tabla 59:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del pepino sobre la concentración de cadmio .....	164
<b>Tabla 60:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>piña</b> sobre la concentración de cadmio.....	166
<b>Tabla 61:</b> Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la <b>carambola</b> sobre la concentración de cadmio.....	167

### Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> El plomo en estado sólido .....	23
<b>Figura 2:</b> El cadmio en estado solido .....	26
<b>Figura 3:</b> Métodos de tratamiento ultrafiltración, microfiltración, osmosis inversa y nanofiltración .....	28
<b>Figura 4:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la uva para plomo.....	62
<b>Figura 5:</b> Dosis optima y promedio del segundo tratamiento con la uva para plomo.....	63
<b>Figura 6:</b> Dosis óptima y promedio del Tercer tratamiento con la uva para plomo .....	63
<b>Figura 7:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la cocona para plomo .....	64
<b>Figura 8:</b> Dosis optima y promedio del segundo tratamiento con la cocona para plomo ..	64
<b>Figura 9:</b> Dosis optima y promedio del tercer tratamiento con la cocona para plomo .....	64
<b>Figura 10:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Tamarindo para plomo .....	65
<b>Figura 11:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Tamarindo para plomo.....	66
<b>Figura 12:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Tamarindo para plomo	66
<b>Figura 13:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Maracuyá para plomo	67
<b>Figura 14:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Maracuyá para plomo .....	67
<b>Figura 15:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Maracuyá para plomo.	67
<b>Figura 16:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Mandarina para plomo .....	68
<b>Figura 17:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Mandarina para plomo.....	69

<b>Figura 18:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Mandarina para plomo	69
<b>Figura 19:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Toronja para plomo ...	70
<b>Figura 20:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Toronja para plomo	70
<b>Figura 21:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Toronja para plomo ....	70
<b>Figura 22:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Lima para plomo .....	71
<b>Figura 23:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Lima para plomo....	72
<b>Figura 24:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Lima para plomo .....	72
<b>Figura 25:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la naranja para plomo....	73
<b>Figura 26:</b> Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la naranja para plomo.	73
<b>Figura 27:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la naranja para plomo.....	73
<b>Figura 28:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la manzana para plomo.	74
<b>Figura 29:</b> Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la manzana para plomo .....	75
<b>Figura 30:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la manzana para plomo..	75
<b>Figura 31:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Membrillo para plomo	76
<b>Figura 32:</b> Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con el Membrillo para plomo .....	76
<b>Figura 33:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Membrillo para plomo.	76
<b>Figura 34:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Kiwi para plomo.....	77
<b>Figura 35:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Kiwi para plomo .....	77
<b>Figura 36:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Kiwi para plomo.....	78
<b>Figura 37:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Ciruela para plomo ....	79
<b>Figura 38:</b> Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la Ciruela para plomo	79
<b>Figura 39:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Ciruela para plomo .....	79
<b>Figura 40:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el pepino para plomo .....	80
<b>Figura 41:</b> Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con el pepino para plomo.	80
<b>Figura 42:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el pepino para plomo .....	81
<b>Figura 43:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Piña para plomo .....	81
<b>Figura 44:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Piña para plomo ....	82
<b>Figura 45:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Piña para plomo .....	82
<b>Figura 46:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Carambola para plomo .....	83
<b>Figura 47:</b> Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la Carambola para plomo .....	83
<b>Figura 48:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Carambola para plomo .....	84
<b>Figura 49:</b> Dosis óptima y eficiencia del primer tratamiento con la Uva para cadmio .....	91
<b>Figura 50:</b> Dosis óptima y eficiencia del Segundo tratamiento con la uva para cadmio .....	92
<b>Figura 51:</b> Dosis óptima y eficiencia del tercer tratamiento con la uva para cadmio.....	92
<b>Figura 52:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la cocona para cadmio ..	92
<b>Figura 53:</b> Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la cocona para cadmio .....	93
<b>Figura 54:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la cocona para cadmio ...	93
<b>Figura 55:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Tamarindo para cadmio .....	94

<b>Figura 56:</b> Dosis òptima y promedio del Segundo tratamiento con el Tamarindo para cadmio .....	94
<b>Figura 57:</b> Dosis òptima y promedio del tercer tratamiento con el Tamarindo para cadmio .....	95
<b>Figura 58:</b> Dosis òptima y promedio del primer tratamiento con la Maracuya para cadmio .....	95
<b>Figura 59:</b> Dosis òptima y promedio del Segundo tratamiento con la Maracuya para cadmio .....	96
<b>Figura 60:</b> Dosis òptimo y promedio del tercer tratamiento con la Maracuya para cadmio .....	96
<b>Figura 61:</b> Dosis òptima y promedio del primer tratamiento con la Mandarina para cadmio .....	97
<b>Figura 62:</b> Dosis òptima y promedio del Segundo tratamiento con la Mandarina para cadmio .....	97
<b>Figura 63:</b> Dosis òptima y promedio de tercer tratamiento con la Mandarina para cadmio .....	98
<b>Figura 64:</b> Dosis òptima y promedio del primer tratamiento con la Toronja para cadmio .	98
<b>Figura 65:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Toronja para cadmio .....	99
<b>Figura 66:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Toronja para cadmio...	99
<b>Figura 67:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Lima para cadmio ....	100
<b>Figura 68:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Lima para cadmio	100
<b>Figura 69:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Lima para cadmio .....	101
<b>Figura 70:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Naranja para cadmio	101
<b>Figura 71:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Naranja para cadmio .....	102
<b>Figura 72:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la naranja para cadmio.	102
<b>Figura 73:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Manzana para cadmio .....	103
<b>Figura 74:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Manzana para cadmio .....	103
<b>Figura 75:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Manzana para cadmio .....	104
<b>Figura 76:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Membrillo para cadmio .....	104
<b>Figura 77:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Membrillo para cadmio .....	105
<b>Figura 78:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Membrillo para cadmio .....	105
<b>Figura 79:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Kiwi para cadmio.....	106
<b>Figura 80:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Kiwi para cadmio.	106
<b>Figura 81:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Kiwi para cadmio.....	107
<b>Figura 82:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la ciruela para cadmio .	107
<b>Figura 83:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la ciruela para cadmio .....	108

<b>Figura 84:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la ciruela para cadmio ..	108
<b>Figura 85:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el pepino para cadmio .	109
<b>Figura 86:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el pepino para cadmio .....	109
<b>Figura 87:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el pepino para cadmio ..	110
<b>Figura 88:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la piña para cadmio .....	110
<b>Figura 89:</b> Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la piña para cadmio .	111
<b>Figura 90:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la piña para cadmio .....	111
<b>Figura 91:</b> Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la carambola para cadmio .....	112
<b>Figura 92:</b> Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la carambola para cadmio.....	112
<b>Figura 93:</b> Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la carambola para cadmio .....	113
<b>Figura 94:</b> Eficiencia promedio segun fruta y concentracion.....	117
<b>Figura 95:</b> Eficiencia promedio segun fruta y concentracion para el tratamiento de cadmio .....	118
<b>Figura 96:</b> Presentacion de fotos del trabajo en el laboratorio.....	181

## RESUMEN

En la presente investigación, se evaluó la eficiencia de los flocculantes orgánicos en la biosorción de plomo y cadmio en muestras a nivel de laboratorio, para ello se preparó una solución patrón de 1000 mg/l o ppm de Pb y Cd, la cual fue de base para las soluciones hijas de 50mg/l, 100 mg/l y 200 mg/l; respectivamente de cada metal, para este trabajo se definió tres concentraciones en caso de Pb a 0.2, 0.5 y 1 mg/l y para cadmio a 0.05, 0.25, 0.5mg/l. Se utilizó como instrumento la test de jarras para el primer tratamiento de las muestras, considerando constante el volumen de un 1L, mientras que la concentración del flocculante orgánico varío, se trabajó a 5 dosis diferentes para todas las frutas (0.5g, 1g, 1.5g, 2g y 2.5g), teniendo como desarrollo para la prueba, primera corrida ( $v_1=250$  RPM por 15 minutos), tiempo de reposo 1 ( $tr_1=5$  minutos), segunda corrida (50 RPM por 5 minutos), tiempo de reposo final ( $Tr_f=30$  minutos). Se determinó que la dosis con mayor eficiencia se presenta con 2.5g para cada flocculante natural.

Luego que la muestra ya fue tratada, se llevó a la plancha de calentamiento, para ello se tomó una alícuota de 100ml y se añadió 5ml de ácido nítrico, para la digestión de la muestra a una temperatura de 95°C, con un tiempo aproximado de 50 minutos, donde se observó que el volumen ha reducido a 20 a 30 ml, seguidamente se dejó enfriar, para luego así utilizar el equipo espectrofotómetro de absorción atómica.

Se concluyó que los flocculantes orgánicos en la remoción de plomo y cadmio tienen una eficiencia de 28.37% a 89.18%, siendo la carambola quien presentó un 11.67% una menor eficiencia en la remoción de plomo mientras que la naranja, uva, pepino, cocona y manzana son las frutas con mayor eficiencia en el tratamiento de plomo, destacando la eficiencia de la manzana con un 89.18%. Así mismo para el cadmio las frutas como la cocona, toronja, mandarina, pepino y manzana son quienes presentaron una mayor eficiencia estadísticamente, donde se destaca una vez más la manzana con una eficiencia de 88.69%, mientras que la uva presentó solo un 41.93% menor eficiencia en la remoción de cadmio.

**Palabras claves:** Flocculante orgánico, Biosorción, Cadmio y Plomo

## ABSTRACT

In the present investigation, the efficiency of organic flocculants was evaluated in the biosorption of lead and cadmium in laboratory-level samples is evaluated, for which a standard solution of 1000 mg / l or ppm of Pb and Cd is prepared, which was the basis for the daughter solutions of 50 mg / l, 100 mg / l and 200 mg / l; respectively for each metal, for this work three concentrations were defined in case of Pb at 0.2, 0.5 and 1 mg / l and for cadmium at 0.05, 0.25, 0.5 mg / l. The was used as an instrument the jar test for the first treatment of the samples, considering constant the volume of 1L, while the concentration of the organic flocculant varied, it was carried out at 5 different doses for all the fruits (0.5 g, 1 g, 1.5 g, 2 g and 2.5 g), having as development for the test, first run ( $v_1 = 250$  RPM for 15 minutes), rest time 1 ( $tr_1 = 5$  minutes), second run (50 RPM for 5 minutes) , Final rest time ( $Tr_f = 30$  minutes). It was determined that dose with the highest efficiency is presented with 2.5 g for each natural flocculant.

After the sample was treated, it was taken to the heating plate, for which to 100 ml aliquot it was taken and 5ml of nitric acid was added, for the digestion of the sample at a temperature of 95 ° C, with an approximate time of 50 minutes, where it was observed that the volume has been reduced to 20 to 30 ml, then let it cool, to then use the atomic absorption spectrophotometer equipment.

It was concluded that the organic flocculants in the removal of lead and cadmium have an efficiency of 28.37% to 88.33%, being the carambola which presented a 28.37% lower efficiency in the removal of lead while the orange, grape, cucumber, cocona and apples are fruits with greater efficiency in the treatment of lead, highlighting the efficiency of the apple with 88.33%. Also for cadmium fruits such as cocona, grapefruit, tangerine, cucumber and apple are those who presented a greater efficiency statistically, where stands out once again the apple with an efficiency of 83.83%, while the grape presented only a 41.93% lower efficiency in the removal of cadmium.

Keywords: flocculant organic, biosorption, cadmium and lead

## **INTRODUCCION**

### **I. Planteamiento del Problema**

#### **1.1. Descripción del problema**

La Autoridad Nacional del Agua llevó a cabo un monitoreo en abril del 2012 en el río Rímac y sus afluentes detectando la presencia de metales pesados como Arsénico, Plomo, Cadmio, Cromo, entre otros en cantidades por encima de los Estándares de Calidad Ambiental; indicando así que las aguas del río Rímac se encuentran contaminadas con Cadmio, con mayor incidencia en la cuenca media, mientras que el Plomo se encuentra con mayor incidencia en la parte baja de la cuenca (Ministerio de Agricultura, 2012).

De acuerdo con el Ministerio de Salud (2010), las estaciones E-06 y E-6A donde se monitorea la zona de Tamboraque en el mes de agosto llegaron a cuantificar concentraciones de este parámetro con valores que superaron el valor límite; para el caso del plomo se reportó en las mismas estaciones y en el mes de setiembre concentraciones que superaban el valor establecido en la norma.

Lima se abastece de agua en un gran porcentaje del río Rímac, es por eso que la contaminación de este río afectaría gravemente en la salud de los limeños, con la aparición de enfermedades derivadas del consumo de los metales pesados en cantidades elevadas.

La problemática de la contaminación del agua por metales pesados a nivel mundial es originada principalmente por la minería e industrias, esta contaminación requiere de diversas tecnologías y métodos para su reducción antes de que ingresen al cuerpo receptor o puedan ser vertidas; esto a su vez deriva en un alto costo por el uso de la tecnología, por ello es necesario aplicar otras metodologías complementarias que permitan la reducción de metales pesados como plomo y cadmio; ya que una característica de estos metales y de elementos relacionados es que pueden ser altamente tóxicos para las células vivas (Cañizares, R., 2000); esto desencadena enfermedades cancerígenas y otros daños a la salud humana, además de ser bioacumulables en los seres vivos.

De acuerdo al Ministerio de Salud en nuestro país entre los principales agentes contaminantes identificados tenemos: el plomo, mercurio, aluminio, arsénico, magnesio, manganeso, hierro, cobre, cianuro. Adicionalmente a ello tenemos la presencia cada vez mayor de las poblaciones ubicadas dentro del área de influencia de las actividades productivas entre ellas la minería.

Mediante la investigación se propone utilizar floculantes orgánicos que permitan la adsorción de metales pesados como el plomo y cadmio, utilizando cáscaras de 15 frutas; de esta manera el tratamiento en el efluente sería más económico al tradicional y se lograría reducir los niveles de concentración cumpliendo con los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **-Problema General**

¿Cómo será la eficiencia de los floculantes orgánicos para la biosorción de plomo y cadmio en muestras a nivel de laboratorio?

### **-Problemas Específicos**

¿Cuál es la dosis óptima de cada floculante orgánico en la biosorción de plomo?

¿Cuál es la dosis óptima de cada floculante orgánico para la biosorción de cadmio?

¿Cuál es la eficiencia de cada floculante orgánico en la biosorción de plomo?

¿Cuál es la eficiencia de cada floculante orgánico en la biosorción de cadmio?

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

La investigación busca aprovechar las cáscaras de frutas e identificar la eficiencia de los floculantes orgánicos en base a estas cáscaras de frutas aplicadas a aguas contaminadas con plomo y cadmio con la finalidad de reducir costos en el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados que pueden ser aplicados a la minería y otras industrias; además de tratar aguas naturales o residuales para la agricultura o ganadería; esta investigación también permitirá evidenciar el floculante orgánico más eficiente para que sobre él se deriven otras investigaciones que permitan complementar su potencial floculante.

Esta investigación permitirá tratar aguas naturales o derivadas de minería industrias que contaminan con metales pesados los cuerpos receptores, haciendo que la concentración de metales pesados como plomo y cadmio se reduzcan debido a la floculación que permitirá que precipiten; evitando enfermedades cancerígenas o deformaciones en el ser humano y seres vivos debido a su potencial bioacumulativo.

#### Justificación filosófica

Esta tesis se basa en el positivismo que es una estructura o sistema de carácter filosófico, que considera que no existe otro conocimiento que el que proviene de hechos reales que han sido verificados por la experiencia, por lo tanto niega la posibilidad de que la teoría pueda ser una fuente del conocimiento y además niega la posibilidad que la filosofía pueda contribuir al conocimiento científico. (Díaz, 2014).

### **1.4. Limitaciones de la investigación**

No se tuvieron mayores limitaciones; al contrario se tuvo la facilidad de utilizar el laboratorio y todos los equipos necesarios del Laboratorio de Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Por otro lado, los gastos se realizaron con recursos propios del tesista.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Evaluar la eficiencia de los floculantes orgánicos en la biosorción de plomo y cadmio en muestras a nivel de laboratorio

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar la dosis optima de cada floculante orgánico en la biosorción de Plomo.
- Determinar la dosis óptima de cada floculante orgánico en la biosorción de Cadmio.
- Determinar la eficiencia de cada floculante orgánico en la biosorción de Plomo.
- Determinar la eficiencia de cada floculante orgánico en la biosorción de Cadmio.

## II. Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes

#### - Antecedentes internacionales

(Verdugo, 2017). *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina.* Evaluó la capacidad de bioadsorción en el tratamiento de aguas residuales contaminadas con plomo y cromo mediante la cascara de mandarina (*Citrus reticulata var. Clementina*), El estudio consistió en la elaboración de soluciones con los metales a una concentración de 5 ppm, así mismo con una agitación durante dos horas se estipulo que el pH óptimo para eliminar plomo y cromo es 4, cabe mencionar que el tamaño de las cascaras de mandarina que se trabajó fueron: menores a 0.3 mm; mayores 0.6 mm y entre 0.3 – 0.6mm. Los primeros resultados de eficiencia fueron de 71.9 % de plomo y 54.4% de cromo y aplicando los métodos estadísticos confirma que los tamaños de partículas tiene una diferencia significativa de ( $p < 0.05$ ) en la bioadsorción de Pb y Cr, siendo las más óptimas las partículas menores a 0.3mm. Así mismo, mediante el estudio isotérmico se calculó la máxima retención de los metales de los biosorbentes dando valores mediante Langmuir  $q_{max}$ : 39.38 mg plomo/g y 20.53 mg cromo/g y Freundlich  $K=1.32$ ;  $n=1.42$  de plomo y  $k=2.98$ ;  $n=2.2$  de cromo. Concluyo que el biosorbente (cascara de mandarina) tiene excelente capacidad de biosorción de plomo mientras que para cromo es mucho menos.

(Zapién, 2013). *Biosorción de Cr (VI) en solución acuosa utilizando cáscara de membrillo, en un sistema por lotes.* Tuvo como objetivo evaluar la remoción de Cr (VI) mediante la cascara de membrillo, el experimento se realizó en 3 vasos con 200 ml de contenido y 5 g/L de biosorbente, las muestras fueron analizadas a una temperatura de 25, 35 y 40 °C, a valores de pH 2, 7 y 9, así como concentraciones iniciales de 1, 10 y 20 mg/l de Cr (VI). Durante los primeros 60 minutos en contacto con la cascara se logró disminuir en un 60 y 80% a concentraciones de 1 a 1 mg/l y pH de 2 con un tiempo de contacto de 1 hora. Concluyendo que la cascara de membrillo es capaz de remover cromo de soluciones acuosas por biosorción y reducción.

(Netzahuatl, Morales, Cristiani, 2009). *Selección de residuos agroindustriales con alta capacidad de remoción de cromo hexavalente de soluciones acuosas*. Estudiaron 20 residuos agroindustriales entre ellas se encuentra la cascara de tamarindo y la cascara de pepino para remover Cr (VI) llevándose a cabo en 24 horas de contacto, de los materiales ensayados presentaron que la cáscara de tamarindo presentó la mayor capacidad de remoción de Cr (VI) presentando valores superiores a 80 mg/g juntamente con otras dos especies la cascara de mango y cáscara de marmey, así mismo se menciona que la cascara de pepino presentó 27 – 31 mg/g de remoción de Cr (VI) al igual que otros residuos agroindustriales. Concluyendo que los residuos agroindustriales son una gran alternativa para la remoción de metales.

(Pandey, Ansari, Prasad y Murthy, 2014). *Eliminación de Pb (II) de la solución acuosa mediante la exfoliación con pepino (pepino): estudio cinético, de equilibrio y termodinámico*. Utilizó la cascara de pepino (*Cucumis sativus*) para eliminar plomo (II) de una solución acuosa en diferentes condiciones como la dosis del adsorbente, pH y tiempo de contacto, durante el experimento logró determinar que el pH óptimo donde se encontró la máxima adsorción es 5 con una capacidad de 28.25 mg/g para una concentración inicial de plomo (II) de 25 mg/l a 25°C, en cuanto a los datos se ajustan al modelo isotérmico de Langmuir, siendo aplicado en modelos de adsorción por lotes, basados en el pseudo primer orden y pseudo segundo orden, es así que se logra determinar que los datos cinéticos fueron de un pseudo segundo orden demostrando una recuperación del 93.5% para 25 mg/l de la concentración de ión Pb (II).

(Rumi, Hidetaka y Takanori, 2009). *Residuos de uva como un biosorbente para eliminar Cr (VI) de una solución acuosa*. Estudiaron los residuos de uva en la producción de vino para eliminar Cr (VI), para ello se preparó un gel adsorbente a partir de residuos de uva, durante las primeras pruebas de adsorción los efectos de tiempo, pH y la isoterma de adsorción de cromo hexavalente mostraron una capacidad máxima de 1.91 mol/kg a pH 4. De la misma manera se realizó para otros metales como Fe (III), Zn

(II), Cd (II) y Pb (II) de una solución acuosa con valores de pH de 1 a 5. Concluyendo que el gel de residuos de uva tiene una alta posibilidad de ser utilizado como un adsorbente.

(Marshall y Subía, 2016). *Evaluación del poder absorbente de las cascavas de cítricos "limón y Toronja" para eliminación de metales pesados; plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en aguas residuales sintéticos.* Estudiaron el proceso de biosorción de plomo y mercurio utilizando cáscaras cítricas (limón y toronja), en cuanto al diseño experimental consistió en trabajar dos fases y para ello se tomaron dos variables la cantidad de bioadsorbente que fueron (0.5 g, 1.0 g, 1.5 g, 2.0 g y 3 g) y el tamaño de la partícula (315 y 630  $\mu\text{m}$ ). La primera fase consistió en trabajar con cascavas cítricas trituradas sin articulación sino únicamente en regular el pH ligeramente ácido entre 4 – 6 lo cual es favorable para la biosorción y la segunda fase consistió en trabajar con cascavas reticuladas reguladas a un pH de 5. Logrando determinar la eficiencia - porcentaje, en cuanto a la cascava de toronja removió un 93.54% de biosorción de plomo y 98.80% de mercurio utilizando un tamaño de partícula 630  $\mu\text{m}$  y 3.0 g de bioadsorbente. En cuanto a las cascavas de limón se utilizó 1.5 g de bioadsorbente con un tamaño de partícula 630  $\mu\text{m}$  removiendo un 96.08% de plomo y 98.58% de mercurio.

(Ardila, María y Barrera, 2018). *Cáscava de piña como adsorbente de colorantes típicos de la industria textil.* Evaluó la adsorción de colorantes en la industria textil mediante cáscava de piña, durante el proceso se tuvo en consideración las condiciones como tamaño de partícula, pH, tiempo, así mismo influyen otros parámetros como la concentración del contaminante que fue de 50 ppm y la cantidad de adsorbente 150 mg, ya en el experimento, determinaron que el pH de 2.1 con un diámetro promedio de la partícula de 0.6 mm en 8 horas de operación se logra recuperar un 59.2 $\pm$ 1.9% de colorantes con las cascavas, concluyeron que el uso de cascavas de piña como adsorbente representa un gran beneficio.

(Iliina, Martínez, Segura, Villarreal, y Gregorio, 2009). *Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá*. Estudiaron los materiales generados a partir de la cascara y fibra de la cascara de maracuyá y para ello se preparó 4 muestras de los biosorbentes (HQCMO, HQFMO, Fe–HQCMO y Fe–HQF–MO) para ello se prepararon una serie de reactores que contenían 60 ml de solución arsenato de 19.82 ppm o arsenito de 20.52 ppm, con un pH de 7 y adicionándole 0.06 g de material, determinando la concentración final que de 0.001 g/mL. Llegando a demostrar que los materiales obtenidos a partir de la cascara de maracuyá y fibra pueden considerarse biosorbentes.

#### **- Antecedentes nacionales**

(Muñoz, 2007). *Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja citrus cinensis pretatada*. Realizo la biosorción de plomo (II) utilizando la cascara de naranja (*Citrus cinensis*) llevando a cabo el proceso mediante la reticulación, manteniendo el sistema en agitación constante durante 24 horas a un pH de 5 siendo este ajustado con una solución de 0.05 M de HCL y mientras que la cascara de naranja fue pretratada, obteniendo un tamaño de 180 – 250  $\mu\text{m}$ . Durante el experimento se llegó a determinar que el proceso de biosorción alcanzo un equilibrio a las 4 horas de a ver iniciado el proceso, logrando remover un 40% de plomo (II).

(Velásquez, 2014). *Bioadsorción de cromo hexavalente en aguas contaminadas sintéticamente mediante una biomasa de cáscara de lima (citrus aurantifolia)*. Evaluó la bioadsorción de cromo hexavalente en aguas contaminadas mediante la cáscara de lima (*Citrus aurantifolia*) las mezclas se mantuvieron en agitación constante por 5 horas aproximadamente. Concluyendo que la capacidad bioadsorbente del cromo hexavalente mediante la aplicación de la cascara de lima tiene un mejor resultado en los siguientes parámetros, en 2 mg/L de cromo hexavalente logró la máxima adsorción en las dos primeras horas es un 93.5%, 4 mg/L de cromo hexavalente la máxima adsorción se logró a las 3 horas con un 89%, mientras que en 6 mg/L se logró la máxima adsorción a 4 horas con un

75.3 %, en 8 mg/L se alcanzó la máxima adsorción en 4 horas un 66.8% y en 1 mg/L de cromo hexavalente alcanzo la máxima adsorción en 4 horas en un 65.8%, finalmente se llegó a observar que en la concentración de 2 mg/L se da la mayor adsorción logrando remover el cromo hexavalente en un 93.5%.

## 2.2. Marco conceptual

### Metales pesados

Según la tabla periódica el metal pesado viene hacer un elemento químico con masa - peso atómico mayores a 20 y alta densidad mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>. (Robards y Worsfold, 2011, pp. 549) sostiene que “los metales de dividen en dos grupos: los no esenciales y los esenciales para la vida”, donde los no esenciales son considerados perjudiciales debido a que no se pueden degradar por vía metabólica y estas se acumulan en los tejidos causando severos daños”. Cabe resaltar que el principal problema es cuando la contaminación nace de los procesos antropogénicos y estos metales ingresan a cauces naturales.

(IARC, 2012, pp. 10) Menciona que “el cáncer es una de los efectos más consecuentes sobre la salud del ser humano, debido a sus efectos de iones metabólicos, los cuales se clasifican de acuerdo a su condición tales: Grupo I que es proveniente del cadmio, cromo VI llamado carcinógeno, mientras el grupo 2<sup>a</sup> el plomo y sus compuestos un probable cáncer”.

Según Febrianto, Kosasih, Sunarsi, Ju, Indraswati y Ismadji, (2009, p. 616) afirma que:

Durante los últimos tiempos los metales pesados son componentes que están presentes en muchos procesos industriales debido a su importancia tecnológica, empleándose en diversas industrias como la minería, industrias de fertilizantes, industria de papel, curtiembre y pesticidas, la cual estas generan altas descargas directas o indirectas de aguas residuales con elevado contenido de metales.

Es importante resaltar que la toxicidad de los metales, según (Manaban, 1999, pp.) “proviene de la capacidad que presentan para enlazarse a grupos funcionales presentes en las biomoléculas que por lo general tienen una afinidad con grupos de sulfuro interfiriendo en las funciones metabólicas”. En cuanto a la lista de metales más tóxicos y peligrosos quienes registran enfermedades y problemas ambientales se encuentra el plomo, arsénico, cadmio y mercurio, que a continuación serán detallados:

- **Plomo**

Es un metal que se está utilizando por muchos años debido a su firmeza a la corrosión, facilidad para formar aleaciones. Según (Albert, 1997, pp. 45) “el plomo es un metal inodoro, insoluble en agua, altamente maleable que tiene un color plateado con un tono azulado y es resistente a la corrosión, sin embargo no es conductor eléctrico”.

Según la tabla periódica el plomo es divalente tiene 82 de número atómico, una densidad relativa de 11.4 g/cc y un peso atómico de 207.19



**Figura 1:** El plomo en estado sólido

Fuente: Molina, Aguilar y Cordovez, (2010).

Usualmente “el plomo es utilizado en acumuladores de baterías, en recubrimiento de cables, en la construcción además que es empleada como aditivo en gasolinas (...) así como su uso en diferentes actividades industriales,

hace que esté presente en el agua, alimentos y medio ambiente” (Carro de Diego, 2012).

- **Efectos del plomo sobre los seres vivos**

La adsorción de plomo es un riesgo muy alto para la salud de los seres vivos. (Castro, 2015, pp. ) Menciona que “se ven afectados debido a su ingesta de sales de plomo ocasionando intoxicaciones, esto es producido a causa de ingerir comida elaborada o los recipientes desprendan plomo (...) se calcula que ingresan al cuerpo es un 65% por medio de alimentos”.

Hoy en día las comidas como vegetales, fruta, entre otros, pueden contener grandes cantidades de plomo e incluso el humo del cigarro contiene pequeñas cantidades de plomo. (Lenntech, 2013) Menciona “el ingerir o inhalar el plomo no únicamente genera intoxicación si no también daño cerebral, enfermedades cardiovasculares, hipertensión, efectos en el sistema nervioso, inhibición de la biosíntesis de la hemoglobina y la anemia e incluso problemas de aborto” Aunque la intoxicación puede llegar a causar incluso la muerte presentando síntomas como náuseas, dolores abdominales, alteraciones renales, debilidad, fatiga y dolor muscular.

- **Efectos ambientales del plomo**

El plomo se produce de forma natural en el medio ambiente, sin embargo las altas concentraciones de este metal encontrados en el medio ambiente son producto de las actividades del ser humano. (Wase y Forster, 1997, pp. ) Sostiene que “debido a la aplicación del plomo en gasolinas, se genera un ciclo no natural que da lugar al plomo quemado producto de los motores de los vehículos”. Por ello que estas sales entran en contacto con el ambiente la cual se percibirán impregnándose en el entorno, es decir las partículas grandes se precipitaran en el suelo mientras que las partículas más pequeñas entraran en contacto con el aire permaneciendo en la atmosfera.

- **Industrias donde se utiliza el plomo en el Perú**

(Agency for toxic substances and disease control, 2011, pp. 269) Menciona que “lo más importante en la industria son los tetraetilo y óxidos de plomo, por lo general se emplea de esta forma en la mayor parte de sus

aplicaciones”. Usualmente se encuentra en metales como torio y uranio, por lo mismos que provienen de la división radiactiva.}

**Tabla 1:** Usos del plomo en diversas industrias

Industria	Uso
Industria Metalúrgica	Utiliza el plomo para el recubrimiento de cables y como recubrimiento en la producción automovilística.
Industria Química	Es utilizado el plomo con otros metales como el estaño, bismuto, arsénico y antimonio para mejorar las propiedades químicas
Agricultura	Es utilizado el arseniato de plomo como un insecticida.
Pigmentos	Las sales de plomo constituyen a muchos pigmentos y pinturas: el sulfato y carbonato de plomo son utilizados como los cromatos de lomo pigmento naranja, amarillo, verde de cromo y rojo.

Fuente, (Cespón Romero, 2008)

- **Cadmio**

(Rosique, 2013, pp. 22) “Es un metal toxico asociado a la contaminación ambiental, puesto que reúne cuatro características más temidas la cuales son: bioacumulación, efectos adversos para el hombre y el medio ambiente, viaja grandes distancias con el viento y tiene efectos adversos para el hombre y medio ambiente”



**Figura 2:** El cadmio en estado sólido

Fuente: (Sánchez, 2016).

Durante los últimos años “el uso y la producción de cadmio a nivel industrial y por lo mismo su eliminación es un gran problema para el ambiente, en cuanto al uso de este metal son la industria de fabricación de baterías, estabilización de plásticos y la galvanoplastia”. (Rosique, 2013, pp. 23)

Según la tabla periódica es un elemento químico situado en el grupo 12, con número atómico 48. (Sánchez, 2016, pp. 15) sostiene que “es un metal pesado blando de color plateado claro, considerado uno de los contaminantes más tóxico”. Cabe mencionar que este metal no se encuentra de manera natural si no se encuentra asociado con otros metales como el zinc, plomo y cobre. Así mismo, es empleada en acumulaciones eléctricas que al ser calentadas se combina con azufre, oxígeno.

- **Efectos del cadmio sobre los seres vivos**

Como mencionan (Sánchez, 2016). “el cadmio es un metal tóxico emitido al medio ambiente que tiende a acumularse en los alimentos, por este motivo es que la fuente principal de contaminación del ser humano es mediante la ingesta de vegetales”. Es decir, estos alimentos son ricos en calcio y por lo mismo puede incrementar la concentración de cadmio en gran medida en los seres humanos, como por ejemplo en los champiñones, cacao, mariscos y algas.

La contaminación por cadmio depende de su exposición y se da por medio de la inhalación o ingesta de aguas,

- **Efectos ambientales del cadmio**

(Osorio, 1997, pp. 211) sostiene que “el cadmio se encuentra en la corteza terrestre en una concentración de 0.1 mg/kg, usualmente este metal se encuentra

en abundancia en rocas sedimentadas, aunque los niveles de cadmio en el suelo son relacionados principalmente con la contaminación”.

Actualmente la contaminación está relacionada con este metal con la industria de plomo y zinc, así mismo se producen emisiones de cadmio aunque en menores cantidades mediante la combustión de carbón, de basuras y producción de cementos.

- **Industrias donde se utiliza el cadmio en el Perú**

(Sánchez, 2016). El cadmio es aplicado para diferentes procesos los cuales son: la elaboración de control en plantas eléctricas nucleares, se usa las sales en fotografías, en la fabricación de fuegos artificiales.

- **Métodos usuales para el tratamiento de aguas residuales**

(Wase, y Forster, 1997). “El tratamiento de aguas consiste en la eliminación de metales pesados aplicando tecnologías como los procesos de filtración de membrana, oxidación - reducción, procesos de intercambio iónico”. Cada una de estas tecnologías tiene ventajas y desventajas que a continuación se detallara:

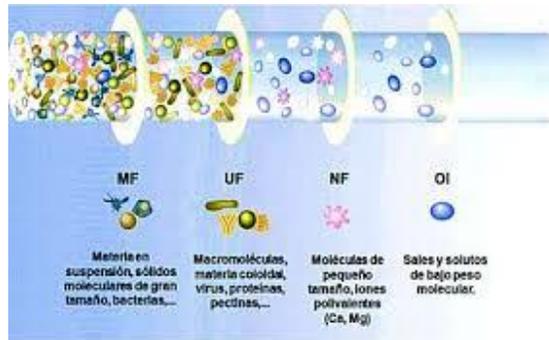
- **Electrodiálisis**

(Taylor y Wiesner, 2002) comenta que “este proceso está enfocado en eliminar componentes iónicos de soluciones acuosas utilizando membranas permeables en un campo eléctrico”.

- **Filtración por membrana**

(Izquierdo, 2010) Menciona que se basa principalmente en la separación de solutos presentes en agua al pasar por una membrana con tipo de iones, es importante recalcar que la filtración por membrana se divide en ultrafiltración, microfiltración, osmosis inversa y nanofiltración, la diferencia entre estos tipos de filtración se debe por el material que constituye la membrana, el mecanismo de separación, tamaño de poro y la fuerza impulsadora.

Las ventajas de este método son que tiene una alta eficiencia, no es selectiva y que requiere poco espacio, mientras que la desventaja es porque genera gran cantidad de lodo con presencia de metales.



**Figura 3:** Métodos de tratamiento ultrafiltración, microfiltración, osmosis inversa y nanofiltración

Fuente: (Izquierdo, 2010)

- **Oxidación – reducción**

Usualmente este método es aplicado en la remediación de aguas con iones metálicos. (Wase, y Forster, 1997) consiste “en la adición de un compuesto que interviene como un agente reductor, ocasionándose una permutación por la transferencia electrónica entre los compuestos presentes y el compuesto añadido”.

- **Coagulación – Floculación**

En el proceso de coagulación y floculación, las partículas se agrupan en pequeños conjuntos de masa, superior al del agua, llamadas flóculos. Dependiendo de las características orgánicas e inorgánicas pueden ser removidas totalmente del agua porque a mayor concentración de materia, mayor es la turbiedad que presenta el cuerpo de agua, por tanto, no puede sedimentar a una velocidad rápida; El proceso de coagulación-floculación remueve el color característico de los flóculos; elimina los virus, bacterias y organismos patógenos susceptibles, y elimina las sustancias que originan el sabor agrio y olor (Arboleda, 1992).

- **Procesos de intercambio iónico**

“Este método consiste en la eliminación de metales donde los iones presentes en un material son reemplazados por iones de una especie diferente en disolución” (Izquierdo, 2010).

- **Métodos alternativos para el tratamiento de aguas residuales**

Los métodos alternativos en los últimos años han logrado una aceptación, ya que estos métodos son enfocados en el sector industrial siendo ellos considerados la principal problemática, aplicar estos procesos naturales sin afección al medio ambiente, es decir tecnologías sustentables las cuales son:

- **Microalgas**

(Covarrubias, Rocha y Garcia, 2011). Menciona que “son microorganismos eucariotas que poseen fitoquelatinas las cuales están encargadas de eliminar los metales (...) las microalgas cuenta con un mecanismo que logra realizar procesos de biosorción que es el intercambio iónico donde los iones de Ca, Na y Mg logran ser desplazados por metales pesados”.



**Figura 4:** Planta de tratamiento de aguas residuales con microalgas

Fuente: Iberdrola ingeniería, 2014.

- **Bioadsorción**

La bioadsorción consiste en la utilización de residuos orgánicos como material adsorbente para remover concentraciones de metales. (Pinzón y Vera, 2009. pp. 95) hace referencias que “en los últimos años la bioadsorción se ha

definido como una nueva tecnología, que fundamenta en la captación de diversas especies químicas, a través del intercambio iónico y adsorción”.

(Cañizares, 2000, pp. 131). Explica que este “proceso implica una fase solida (adsorbente) y una líquida (solvente), para que este proceso se lleve a cabo debe existir correlación del adsorbente por los adsorbatos, es decir, donde por diferentes mecanismos este último sean transportado hacia el sólido”. Cabe resaltar que este método es aplicado hasta que se establece un equilibrio entre el adsorbato enlazado al sólido y adsorbato disuelto.

Así mismo sostiene que este método implica la interacción del contaminante y la superficie del material.

- **Bioadsorción de metales pesados en aguas residuales**

(Cuervo, Folch y Quiroz, 2009, pp. 11). Nos comenta que “este proceso se caracteriza por la unión rápida y reversible de iones cuando el sólido se adhiere a la superficie de materiales orgánicos (...) y que la bioadsorción es la técnica de eliminación de compuestos mediante diversos tipos de biomasa que actúa en procesos no metabólicos”.

“Aplicar este método tiene ventajas como: lograr recuperar el material utilizado y minimizar los residuos químicos – biológicos y sobre todo posee la capacidad de eliminar con bajo costo como adsorbente” (Fu y Wang, 2011, pp. 407). Este material de bajo costo abunda en la naturaleza e incluso son desechos de fácil obtención, recolección y de poco tratamiento.

(Izquierdo, 2010) nos comenta que existen diversos estudios de bioadsorción que pueden ser empleados dependiendo las características.

- **Criterios de selección para el material bioadsorbente**

(Bautista, 2008, pp. 34). Para una correcta selección e ideal agente usado para la recuperación de metales se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- El bioadsorbente debe ser producido a bajo costo.
- La captura del metal debe ser eficiente, con una buena captura de metales pesados con bajas concentraciones referentes a (<10ppm).

- El material deberá tener forma, un tamaño de partícula, propiedades mecánicas que concedan a una alta variabilidad para operar bajo un intervalo de valores de temperatura, pH.
- El bioadsorbente deberá ser selectivo, deseable para separar metales, además de tener bajos niveles de contaminación orgánica (<5000 ppm),

- **Parámetros que intervienen el proceso de bioadsorción**

(Carro de Diego, 2012). Para que se lleve una buena bioadsorción existe varios factores los cuales nos van a permitir a desarrollar satisfactoriamente este proceso, estos factores son: parámetros fisicoquímicos, propiedades del contaminante, propiedades de la biomasa y condiciones del medio.

- **Influencia por el tipo de bioadsorbente**

(Volesky, 2003, pp. 29). “Los bioadsorbente cuentan con características para que pueda darse los procesos de adsorción, como la cantidad de grupos funcionales, el tipo, la afinidad que pueda existir entre el metal y el adsorbente y su disponibilidad”. Es importante mencionar que para conocer “las características del bioadsorbente se debe iniciar con un pretratamiento la cual consiste en el lavado, secado y triturado, en otros casos se aplica un tratamiento con químicos con el fin de mejorar la capacidad de adsorción” (Carro de Diego, 2012).

- **Influencia por el tamaño de partícula**

“Este parámetro es importante debido a que actúa directamente en el proceso, es decir a menor dimensión de partícula existirá una mayor disponibilidad para que se dé la reacción y así el adsorbato acceda teniendo una menor difusión” (Wase y Forster, 1997).

- **Influencia del pH**

(Wase y Forster, 1997). “El pH es uno de los principales factores ya que afecta la química de solución d los metales en el proceso de bioadsorción, por lo general se observa que los iones libres predominan de hidrogeno bajos, valores altos de pH como carbonatos, hidróxido y óxidos”. En cuanto a los iones libres se adsorben con mayor destreza que las especies acomplejadas.

## - **Influencia tiempo de contacto**

(Liu y Wang, 2009) Consiste en “conocer el tiempo de equilibrio entre el material y el soluto para que pueda completarse el proceso de adsorción, sin embargo para determinar el tiempo depende de parámetros como la cantidad y concentración del adsorbente, por lo general estos procesos son cortos”.

## • **Tipos de adsorbentes**

“Existen bioadsorbentes proveniente de biomasa, que se clasifican en diferentes grupos las cuales son: algas, quitasano, residuos industriales, residuos de actividades agrícolas” (Moreno, 2013, pp. 13). Tienen la ventaja que se producen en grandes cantidades y muy económicos.

## • **Características de las frutas ácidas**

### ○ **Propiedades físicas**

“Las frutas acidas son altamente soluble en agua y se encuentra como cristales incoloros, comúnmente con un sabor ácido, tiene un densidad de 1.66 g/ml”. (Ríos, 2013, pp.34).

### ○ **Propiedades químicas**

Así mismo, (Ríos, 2013, pp, 36) menciona que “las frutas acidas son ácidos tribásico, debido a que tiene tres grupos COOH que reacciona con tres moléculas de base y forma con facilidad complejos de citratos con cationes metálicos.

### ○ **Taxonomía de cada fruta**

**Tabla 2:** Taxonomía de la mandarina

Taxonomía	
Nombre común	Mandarino
Nombre científico	<i>Citrus Reticulata</i>
Reino	Vegetal
Orden	<i>Gereniales</i>
Familia	<i>Rutaceae</i>
subfamilia	<i>Aurantioidea</i>
Género	<i>Citrus</i>
Especie	Clementinas, Sarsumas y Comunes

Fuente: Morin, 1985

**Tabla 3:** Taxonomía de la ciruela

Taxonomía	
Nombre común	Ciruelo
Nombre científico	<i>Prunus domestica</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Rosales</i>
familia	<i>Rosaceae</i>
subfamilia	<i>Amygdaloideae</i>
Género	<i>Prunus</i>
Especie	Prunus domestica

Fuente: (Linares, 2003)

**Tabla 4:** Taxonomía de la manzana de agua

Taxonomía	
Nombre común	Manzana malaya, pomarrosa, cajuilito
Nombre científico	<i>Syzygium malaccense</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Myrtales</i>
Familia	<i>Myrtaceae</i>
Subfamilia	<i>Myrtoideae</i>
Género	<i>Syzygieae</i>
Especie	<i>Syzygium malaccense</i>

Fuente: (Barrie, 2007)

**Tabla 5:** Taxonomía del membrillo

Taxonomía	
Nombre común	Membrillero
Nombre científico	<i>Cydonia oblonga</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Rosales</i>
familia	<i>Rosacecae</i>
subfamilia	<i>Amygdaloideae</i>
Género	<i>Cydonia</i>
Especie	<i>Cydonia oblonga</i>

Fuente: (Andrada, 2000)

**Tabla 6:** Taxonomía de la naranja

Taxonomía	
Nombre común	Naranja
Nombre científico	<i>Citrus sinensis</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Sapindales</i>
familia	<i>Rutaceae</i>
Género	<i>Citrus</i>
Especie	Citrus sinensis

Fuente: Muñoz, J. (2007).

**Tabla 7:** Taxonomía del pepino

Taxonomía	
Nombre común	pepino
Nombre científico	<i>Cucumis sativus</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Cucurbitales</i>
familia	<i>Pepinillo</i>
subfamilia	<i>Cucurbitoideae</i>
Género	<i>Hermafrodite</i>
Especie	Cucumis sativus

Fuente: Linares, J. (2003).

Tabla 8: Taxonomía de la uva

Taxonomía	
Nombre común	Vid o parra
Nombre científico	<i>Vitis vinifera</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Vitales</i>
familia	<i>Vitaceae</i>
Género	<i>Vitis</i>
Especie	Vitis vinifera

Fuente: Rum, K, Hidetaka, K, Takanori, K. (2009).

**Tabla 9:** Taxonomía del tamarindo

Taxonomía	
Nombre común	Tamarindo
Nombre científico	<i>Tamarindus indica</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Fabales</i>
familia	<i>Fabaceae</i>
subfamilia	<i>Caesalpinioideae</i>
Género	<i>Tamarindus</i>
Especie	Tamarindus indica

Fuente: (Barrie, 2007)

**Tabla 10:** Taxonomía de la cocona

Taxonomía	
Nombre común	Cocona o túpiro
Nombre científico	<i>Solanum sessiliflorum</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Solanales</i>
familia	<i>Solanaceae</i>
subfamilia	<i>Solanoideae</i>
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum sessiliflorum</i>

Fuente: Linares, J. (2003).

**Tabla 11:** Taxonomía de la carambola

Taxonomía	
Nombre común	Tapio
Nombre científico	<i>Averrhoa carambola</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Oxalidales</i>
Familia	<i>Oxalidaceae</i>
Género	<i>Averrhoa</i>
Especie	<i>Averrhoa carambola</i>

Fuente: Castillo Ortiz, M. (2007).

**Tabla 12:** Taxonomía de la toronja

Taxonomía	
Nombre común	Pomelero o toronjo
Nombre científico	<i>Citrus paradisi</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Sapindales</i>
Familia	<i>Rutaceae</i>
Subfamilia	<i>Citroideae</i>
Género	<i>Citrus</i>
Especie	<i>Citrus paradisi</i>

Fuente: Marshall, R, Espinoza, J. (2016).

**Tabla 13:** Taxonomía del kiwi

Taxonomía	
Nombre común	Kiwi, kivi
Nombre científico	<i>Actinidia deliciosa</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Ericales</i>
Familia	<i>Actinidiaceae</i>
Género	<i>Actinidia</i>
Especie	<i>Actinidia deliciosa</i>

Fuente: Linares, J. (2003).

**Tabla 14:** Taxonomía de la piña

Taxonomía	
Nombre común	Ananá
Nombre científico	<i>Ananas comosus</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Bromeliaceae</i>
Subfamilia	<i>Bromelioideae</i>
Género	<i>Ananas</i>
Especie	Ananas comosus

Fuente: Ardila, C., María, Á y Barrera, R. (2018).

**Tabla 15:** Taxonomía maracuyá

Taxonomía	
Nombre común	Pasionaria
Nombre científico	<i>Passiflora edulis</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Malpighiales</i>
familia	<i>Passifloraceae</i>
Género	<i>Passiflora</i>
Especie	Passiflora edulis

Fuente: Iliina, A, Martinez, J, Segura, P, Villarreal, J y Gregorio, K. (2009).

**Tabla 16:** Taxonomía de la Lima

Taxonomía	
Nombre común	Limero
Nombre científico	<i>Citrus aurantifolia</i>
Reino	Plantae
Orden	<i>Sapindales</i>
familia	<i>Rutaceae</i>
subfamilia	<i>Citroideae</i>
Género	<i>Citrus</i>
Especie	Citrus aurantifolia

Fuente: Velásquez, L (2014).

### **Bases teóricas especializadas sobre el tema**

- **Eficiencia de floculantes orgánicos**

Para determinar la eficiencia de los floculantes orgánicos en esta investigación se utilizó en método de jarras, considerando ciertas características. (Moscozo, 2015) nos comenta que “estas sustancias solubles en agua, procedentes de origen vegetal y animal, tiene una reacción similar a los floculantes inorgánicos, se acumularan las partículas en suspensión facilitando su sedimentación”.

Cabe mencionar que la eficiencia dependerá de la dosis del floculante y las características del proceso de floculación, es decir el tiempo de retención y sedimentación llevándose a ser determinado por medio del método de jarras.

Lo que tenemos que saber, es cuál es el proceso donde se aplica esta sustancia. (Alcazar, Gamarra, Castro y Godoy 2010). Menciona que “el proceso donde se utiliza sustancias químicas es llamado coagulación y floculación,

considerado tratamiento preliminar, en el cual consistirá en remover mediante procesos químicos y físicos parte de los contaminantes.

- **Biosorción de plomo y cadmio**

En cuanto a la biosorción de metales pesados (Méjia, 2006, pp. 77) Hace referencia “a la captación de iones metálicos por medio de una biomasa a través de mecanismos físicos y químicos, así mismo nos comenta que desde finales de los 60 se han realizado más investigaciones con respecto a organismos como plantas, hongos, microorganismos y algas”.

En el Perú, a nivel laboratorio se logró remover el plomo en un 99.23%, teniendo en cuenta los mecanismos de biosorción con el floculante orgánico.

### **Marco conceptual**

- **Floculación**

(Andia, 2000). Sostiene que “es un proceso que consiste en la agitación de masa, lenta que nos permitirá la aglomeración del agente coagulante y las partículas coloidales, formando el incremento de los floculos y la precipitación sea más rápido. (...) así mismo resalta que el floculante mayor aplicado en el proceso tecnológico de tratamiento de agua es Sulfato de Aluminio ( $AlSO_4$ ) un floculante inorgánico, lo cual tiende a aumentar el tamaño de los flocos, a formar una superficie de puentes para aglomerar los coloides, y posteriormente incitar una sedimentación adecuada

Para que “el proceso de floculación sea favorecida y se permita agrupar poco a poco los flóculos, debe de adoptar un tiempo estimado entre 10 a 30 minutos, durante este tiempo se lograra observar el incremento del tamaño de las partículas y el peso de los flóculos” (Andia, 2000).

- **Factores que influyen en la floculación**

- **Sedimentación**

“Es una unidad que nos permite la separación de lodos generados en el floculador, con el objetivo de disminuir la concentración de sólidos en el agua” (Barrenechea, 2004).

## - **Tiempo de retención**

Este elemento hace referencia a la velocidad en que se forman los floculos. Según (Barrenechea, 2007) “el tiempo de retención va a depender, es decir puede varenar de 10 a 30 minutos dependiendo la temperatura y la unidad de proceso”.

### • **Clasificación de floculantes**

Por lo general existen dos tipos de floculantes orgánicos e inorgánicos. (DIAZ, J. 2014) “Los inorgánicos son sales solubles en el agua que están compuestos de sales metálicos como hierro y aluminio que normalmente estas son las más utilizadas para descontaminar agua, mientras que el orgánico viene hacer naturales y sintéticos cada una de ellas tiene diferentes características, donde los sintéticos son utilizados en la industria química llegan hacer eficaces pero en bajas concentraciones”.

Mientras que los orgánicos según (Moscozo, 2015) menciona que “algunos polímeros naturales presentan propiedades coagulantes y/o floculantes y han sido utilizados de forma empírica por comunidades nativas para remover la turbidez del agua, obteniéndose óptimos resultados”.

### • **Floculantes orgánicos naturales**

(Moscozo, 2015) menciona que algunos “polímeros naturales presentan propiedades coagulantes y/o floculantes y han sido utilizados de forma empírica por comunidades nativas para remover metales del agua, obteniendo óptimos resultados (...) Además, señala que los biopolímeros de origen natural en la mayoría de casos, no presenta una composición química específica, debido a que están compuestos por diversos tipos de polisacáridos”.

### • **Floculantes orgánicos de síntesis**

Según (Degremod, 1991) los floculantes orgánicos de síntesis “son macromoléculas obtenidos de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 107 g/mol y considerados los más usados, así mismo estos se clasifican en anionicos, catiónicos y neutros de acuerdo a la ionicidad”.

- **Método de jarras**

La prueba de jarras determina la duración, la dosis óptima e intensidad de mezcla y floculación, (ASTM, 1995). Es una técnica estandarizada usado para obtener la dosificación y condiciones requeridas para lograr resultados óptimos en el tratamiento de agua residual o de consumo humano

La prueba de jarras simula el periodo de mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación;

La mezcla rápida según (Barnechea, 2004). “favorece en formar turbulencia y agilidad entre las partículas coloidales y el polímero químico. Si ocurre a primera estancia, puede ser hasta en segundos cerca de 100 seg, sin embargo, se rige de acuerdo a las condiciones de temperatura, pH y cantidad de partículas en el agua”.

Muy del contrario “la mezcla lenta simula el tratamiento de un floculador mediante la agitación relativamente lenta a fin que las partículas choquen entre sí, aglomerándose y formando partículas de mayor tamaño (flóculos). Esta agitación varía entre 20-40 RPM y no debe exceder de los 3-15 min” (Barnechea, 2004).

Finalmente, se realiza el proceso de sedimentación, el cual mediante un determinado tiempo que difiere entre 10-40 min los flóculos precipitan.

- **Potabilización del agua**

(Romero, 2008, pp.1) sostiene que “la potabilización de agua es aquella que posee características físicas, químicas y biológicas aptas para el consumo del ser humano y animal sin ningún riesgo”.

### **Definición de términos**

**Adsorción:** Es un proceso de sólidos disueltos, líquidos y gases donde las moléculas, átomos y iones son retenidos en una superficie, es decir, la adsorción es un proceso en el cual un contaminante es eliminado del aguas por medio del contacto con una superficie sólida.

**Biosorción:** Describe a la eliminación de metales pesados a partir de soluciones acuosas por la asociación pasiva a biomasa no viva.

**Bioadsorción:** Es un proceso que nos permitirá la captación activa de iones metálicos a causa de diversas biomasas muertas o vivas.

**Eficiencia:** Es la capacidad de lograr ese efecto deseado con el mínimo de recursos, es decir disponer de algo para conseguir lo que queremos.

**Fertilizantes:** Un fertilizante es una sustancia orgánica e inorgánica que se caracteriza por tener nutrientes en formas digeribles por la plantas, usualmente se utiliza para lograr que el suelo gane más fertilidad.

**Floculantes:** Es una sustancia que se utiliza en el proceso de floculación para la potabilización del agua, se caracteriza porque existe tipos de floculantes como catiónicos, aniónicos y sintéticos.

**Inorgánico:** Se denomina compuesto inorgánico aquellos compuestos que están formados por diferentes elementos pero el que predomina siempre es el carbono, se puede decir que los compuestos inorgánicos participan en casi todos los elementos conocidos.

**Orgánico:** A diferencia de los compuestos orgánicos son sustancias químicas denominadas moléculas orgánicas, que contienen carbono formando carbono – hidrogeno, cabe resaltar que en muchos casos contiene nitrógeno y oxígeno.

**Potabilización:** Es un proceso que se realiza sobre cualquier agua con el fin de convertir en agua potable y lograr de esta manera que sea apta para consumo humano.

**Metales:** Son elementos químicos capaces de transportar calor y electricidad, se caracterizan por ser tenaces, dúctiles y cuentan con una correcta resistencia mecánica.

**Toxicidad:** Se denomina toxicidad a cualquier sustancia que produce efectos perjudiciales dañinos sobre los seres vivos,

### **2.3. Aspectos de responsabilidad social y medio ambiental**

Los especialistas del Programa Nacional de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014) indicaron:

La Asamblea General de las Naciones Unidas ha adoptado “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” como uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030 para el

desarrollo. La urgencia por abordar las cuestiones relacionadas con el agua también queda patente en las preocupaciones expresadas por la comunidad empresarial internacional: las crisis del agua representaron el principal riesgo por su impacto según indica el Foro Económico Mundial en su 10º informe de los riesgos globales.

Y esta falta de este recurso, se acrecienta cuando además por las diferentes actividades antropogénicas se contamina, por lo cual consideramos con la investigación mejorar la calidad del agua.

### **III. Método**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

La investigación es aplicada, porque cumple con el propósito de resolver problemas. Hernández R. et al. (2014), sostiene que el propósito del diseño de investigación es lograr dar respuesta a las preguntas de investigación, cumplir los objetivos del estudio y someter la hipótesis a prueba.

En cuanto a la definición de experimento, Hernández, R. et al. (2014), toma en cuenta las aportaciones de Fleiss, 2013; O'Brien, 2009 y Green, 2003, y contextualiza este como "un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.

#### **3.2 Población y muestra**

En la presente investigación la población está conformada por la cantidad de agua contaminada con plomo y cadmio

Se utilizaron 15 frutas diferentes, de cada fruta se utilizó su cascara como floculantes orgánicos, con los cual tendremos 15 tratamientos. Para cada tipo de fruta se utilizará 15 litros de agua que estarán contaminados con cadmio y plomo. Por cada tratamiento se realizaran 15 repeticiones; es decir se utilizará 225 litros de agua en total

#### **3.3 Hipótesis**

Hipótesis general.

- La eficiencia de los floculantes orgánicos difieren en el proceso de biosorción de plomo y cadmio en muestra a nivel de laboratorio

#### Hipótesis específicas

- La dosis óptima aplicada por cada floculante orgánico difieren en la biosorción de Plomo.
- La dosis óptima aplicada por cada floculante orgánico difieren en la biosorción de Cadmio.
- La eficiencia de cada floculante orgánico difieren en la biosorción de Plomo.
- La eficiencia de cada floculante orgánico difieren en la biosorción de Cadmio.

### 3.4 Operacionalización de variables

"Eficiencia de floculantes organicos en la biosorción de plomo y cadmio en muestras a nivel de laboratorio , Lima- 2018"																
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	MARCO CONCEPTUAL	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA								
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Cómo será la eficiencia de los floculantes organicos para la biosorción de plomo y cadmio en muestras a nivel de laboratorio?</p>	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Evaluar la eficiencia de los floculantes organicos en la biosorción de plomo y cadmio en muestras a nivel de laboratorio</p>	<p><u>Hipotesis General:</u></p> <p>La eficiencia de los floculantes organicos difieren en el proceso de biosorción de plomo y cadmio en muestra a nivel de laboratorio</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>EFICIENCIA DE FLOCULANTES ORGANICOS</p>	<p>La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.</p> <p>Los floculantes orgánicos naturales son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales. (Andia , 2000, p. 30-31)</p>	<p>Se utilizó el método de jarras, considerando constantes el volumen (v=1l), la concentración, primera corrida (v1=250 RPM por 15 minutos), tiempo de reposo 1 (tr1=5 minutos), segunda corrida (50 RPM por 5 minutos), tiempo de reposo final (Trf=30 minutos); lo que variará será el peso del floculante natural.</p>	<p>DOSIS OPTIMA DE LOS FLOCULANTES ORGANICOS</p>	Volumen	mm								
							Peso	g								
							Granulometria	min								
							Velocidad de agitación	rpm								
						<p>CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE FLOCULACION.</p>	Tiempo	Min								
Remoción	%															
<p><u>Problemas Especificos</u></p> <p>¿Cuál es la dosis optima de cada floculante orgánico en la biosorción de plomo?</p> <p>¿Cuál es la dosis optima de cada floculante organico para la biosorción de cadmio?</p> <p>¿Cuál es la eficiencia de cada floculante organico en la biosorción de plomo?</p> <p>¿Cuál es la eficiencia de cada floculante orgánico en la biosorción de cadmio?</p>	<p><u>Objetivos Especificos</u></p> <p>Determinar la dosis optima de cada floculante orgánico en la biosorción de Plomo.</p> <p>Determinar la dosis optima de cada floculante orgánico en la biosorción de Cadmio.</p> <p>Determinar la eficiencia de cada floculante organico en la biosorción de Plomo.</p> <p>Determinar la eficiencia de cada floculante organico en la biosorción de Cadmio.</p>	<p><u>Hipotesis Especificas:</u></p> <p>La dosis óptima aplicada por cada floculante orgánico difieren en la biosorción de Plomo.</p> <p>La dosis óptima aplicada por cada floculante orgánico difieren en la biosorción de Cadmio.</p> <p>La eficiencia de cada floculante organico difieren en la biosorción de Plomo.</p> <p>La eficiencia de cada floculante organico difieren en la biosorción de Cadmio.</p>	<p>Variable Dependiente:</p> <p>BIOSORCIÓN DE PLOMO Y CADMIO</p>	<p>El concepto biosorción de metales pesados, se refiere a la captación de iones metálicos por medio de una biomasa viva o muerta (la diferencia es el poder toxico de los metales, que puede afectar cuando se trabaja con biomasa viva), a través de mecanismos físicos y químicos, como la adsorción y el intercambio iónico. (Mejía , G. 2006 p.89))</p>	<p>1. Preparación de la Muestra: Se preparó una solución patrón de 1000 mg/l o ppm de Pb y Cd, la cual fue de base para las soluciones hijas de 50mg/l, 100 mg/l y 200 mg/l; respectivamente de cada metal.</p> <p>Para este trabajo de investigación se definió trabajar con tres concentraciones: Concentración 1 (mg/l) Concentración 2 (mg/l) Concentración 3 (mg/l)</p> <table border="1"> <tr> <td>Pb</td> <td>0.2</td> <td>0.5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>0.05</td> <td>0.25</td> <td>0.5</td> </tr> </table> <p>La concentración 1 está basada de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas, según D.S. N°010-2010-MINAM.</p> <p>La concentración 2 y 3, se consideró mayor a LMPs antes mencionado ya que los efluentes tienen una mayor concentración de metales pesados.</p>	Pb	0.2	0.5	1	Cd	0.05	0.25	0.5	<p>PARAMETROS FISICOS</p>	Temperatura inicial	Tj°
						Pb	0.2	0.5	1							
						Cd	0.05	0.25	0.5							
						Temperatura final	Tf°									
						<p>PARÁMETROS QUIMICOS</p>	Concentración de plomo	mg/l								
							Concentración de cadmio	mg/l								

### 3.5 Instrumentos

- Espectrofotometro de absorción atómica equipado con una lámpara de cadmio de cátodo hueco y un conjunto nebulizador – quemador de aire –acetileno.
- Embudos de decantación de 500 ml.
- Agitador automático de vaivén (frecuencia de agitación 60).
- Centrifugadora.
- pHmetro.

### 3.6 Procedimientos

Preparación de la Muestra:

Se preparó una solución patrón de 1000 mg/l o ppm de Pb y Cd, la cual fue de base para las soluciones hijas de 50mg/l, 100 mg/l y 200 mg/l; respectivamente de cada metal.

**Tabla 17:** Para este trabajo de investigación se definió trabaja con tres concentraciones

	Concentración 1 (mg/l)	Concentración 2 (mg/l)	Concentración 3 (mg/l)
Pb	0.2	0.5	1
Cd	0.05	0.25	0.5

Fuente: Elaboración propia

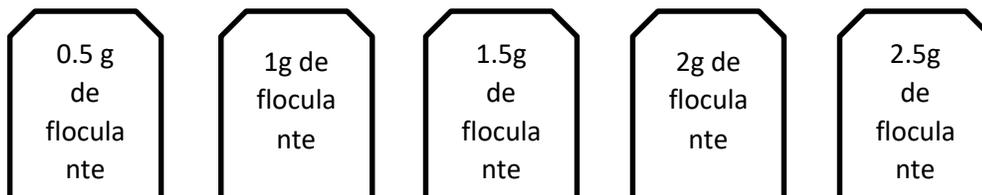
La concentración 1 está basada de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades mineros-metalúrgicas, según D.S. N°010-2010-MINAM.

La concentración 2 y 3, se consideró mayor a LMPs antes mencionado ya que los efluentes tienen una mayor concentración de metales pesados.

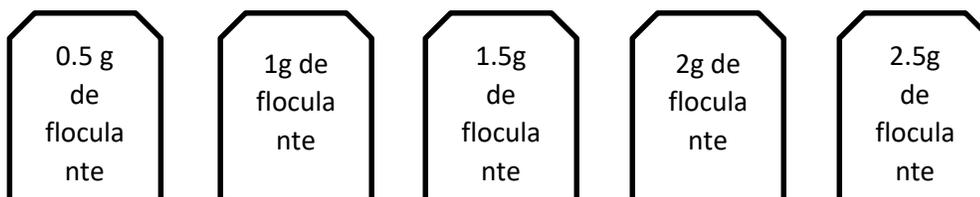
Tratamiento de la muestra:

Se utilizó el método de jarras, considerando constantes el volumen ( $v=1l$ ), la concentración, primera corrida ( $v_1=250$  RPM por 15 minutos), tiempo de reposo 1 ( $tr_1=5$  minutos), segunda corrida (50 RPM por 5 minutos), tiempo de reposo final ( $Tr_f=30$  minutos); lo que variará será el peso del floculante natural.

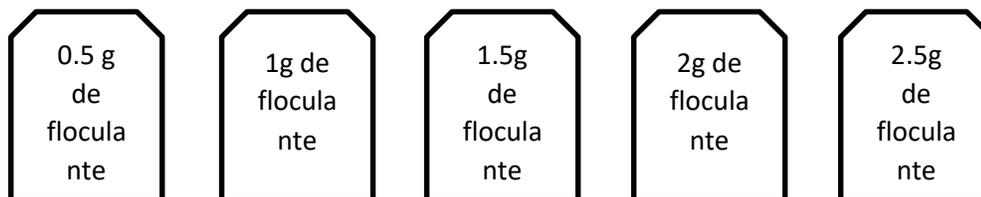
### Tratamiento para la concentración 1:



### Tratamiento para la concentración 2:



### Tratamiento para la concentración 3:



### Análisis de la muestra:

Luego de que la muestra ya fue tratada, se tomó una alícuota de 100 ml, para luego agregarle 5 ml de ácido nítrico cc, para así llevarlo a la plancha de calentamiento, para la digestión de la muestra a una temperatura de 95 °C, con un tiempo aproximado de 50 minutos, donde se se observará que el volumen se haya reducido de 20 a 30 ml.

Luego se dejó enfriar, por un tiempo de 30 minutos, para que de ahí se filtre para este luego ser enrazado en una fila de 100 ml.

Debido a la cantidad de las muestras se trabajó en 04 grupos y estos fueron almacenados en un refrigerador a 5 ° C.

Luego de todo este proceso se hicieron los respectivos análisis, con el equipo espectrofotómetro de absorción atómica, donde se usaron un blanco y 3

soluciones estandares (0.5 mg/l, 1 mg/l y 2 mg/l) para calibrar el equipo, utilizando como combustible gas de acetileno y para luego así poder determinar la concentración final de cada una de las muestras.

Wall, H. y Rhodes, C. (1968).; Pinta, M, (1971). y Norme AFNORT. (1976) explican sobre el Método de la absorción atómica para cadmio:

### **Principio**

El cadmio complejado por el amonio pirrolidido ditiocarbamato se extrae a pH 3.5 por la metilisobutilcetona y después se determina por espectrometría de absorción atómica directamente de la solución obtenida.

### **Reactivos**

Utilizar el agua destilada y los reactivos de una gran pureza.

-Ácido nítrico (d=1.4 mg/l).

-Solución de cloruro amónico a pH 9:

Cloruro amónico. . . . . 25 g

Agua destilada hasta enrase. . . . . 100 ml

Ajustar el pH a 9 con una solución de hidróxido sódico al 25%.

-Solución de amonio pirrolidido ditiocarbamato (APDC) de 20 g/l.

-Metilisobutilcetona.

-Solución madre patrón de cadmio de 1 g/l:

Cadmio puro. . . . . 0.1 g

Ácido nítrico hasta disolución.

Agua destilada hasta enrase. . . . . 100 ml

-Solución hija patrón de cadmio de 10 mg/l.

Diluir a 1/100 la solución precedente añadiendo 1.5 ml de ácido nítrico.

-Solución hija patrón de cadmio de 0.1 mg/l.

Diluir a 1/100 la solución precedente añadiendo 1.5 ml de ácido nítrico.

### **Preparación de la curva de calibrado**

En una serie de matraces aforados de 500 ml, preparar las diluciones siguientes:

**Tabla 18:** Preparación de la curva de calibración para el cadmio

Número de los matraces	T	I	II	III	IV	V
Solución patrón de 0,1 mg/l (ml)	0	5	25	50	125	250
Ácido nítrico (ml)	1	1	1	1	1	1
Agua destilada hasta enrase (ml)	500	500	500	500	500	500
Concentración en ug/l de cadmio	0	1	5	10	25	50

### Procedimiento

Introducir en un vaso de precipitados 400 ml de agua acidificada en el momento de la toma y ajustar el pH de la muestra a 3,5  $\pm$  0,1 con la solución tampón Ph 9. Verter el contenido en un embudo de decantación. Lavar el vaso con 25 ml de agua. Juntar las aguas de lavado. Añadir 50 ml de solución APDC. Agitar durante 5 minutos con un agitador de vaivén. Añadir 50 ml de metilisobutilcetona.

Agitar de nuevo durante 10 minutos. Dejar que decante varias horas en la oscuridad y, preferentemente, a baja temperatura. Recoger la fase orgánica y centrifugarla para eliminar las trazas de agua. Nebulizar la solución de metilisobutilcetona intercalando este reactivo puro después de cada muestra. Utilizar una llama de aire-acetileno. Efectuar las medidas a la longitud de onda de 228,8 nm.

### Expresión de los resultados

Los resultados se expresan en microgramos de cadmio por litro.

Burke, K. (1972) y Norme AFNORT. (1976) explican sobre el Método de la absorción atómica para plomo:

### Principio

El plomo complejo por el amonio pirrolidino ditiocarbamato se extrae a pH 3.5 con metilisobutilcetona y después se determina por espectrometría de absorción atómica directamente de la solución obtenida.

### **Material especial**

Espectrómetro de absorción atómica equipado con una lámpara de plomo de cátodo hueco y un conjunto nebulizador – quemador de aire – acetileno.

### **Reactivos**

Utilizar agua destilada y reactivos de una gran pureza.

- Ácido nítrico (d=1.4 mg/l).

- Solución de cloruro amónico de pH 9:

Cloruro amónico. . . . . 25 g

Agua destilada hasta enrase. . . . . 100 ml

Ajustar el pH a 9 con una solución de hidróxido sódico al 25 %.

- Solución de amonio pirrolidid ditiocarbamato de 20 mg/l.

Ajustar el pH de la solución a 3.5 y proceder a una extracción con metilisobutilcetona. Se ha de preparar cada día.

Solución madre de plomo de 1g/l:

Plomo. . . . . 1 g

Ácido nítrico. . . . . 60 ml

Agua destilada hasta enrase. . . . . 1 l

Solución hija patrón de plomo de 10 mg/l.

Diluir a 1/100 la solución madre patrón.

- Solución hija patrón de plomo de 0.4 mg/l.

Diluir a 1/25 la solución precedente después de haber añadido 1 ml de ácido nítrico.

### **Preparación de la curva de calibrado**

En una serie de matraces aforados de 500 ml, preparar las diluciones siguientes:

**Tabla 19:** Preparación de la curva de calibrado para el plomo

Número de los matraces	T	I	II	III	IV	V
Solución patrón de plomo de 0,4 mg/l (ml)	0	5	25	50	100	200
Ácido nítrico (ml).	1	1	1	1	1	1
Agua destilada hasta enrase (ml)	500	500	500	500	500	500
Correspondencia en ug/l de plomo	0	4	20	40	80	160

Fuente: Elaboración propia

### Procedimiento

Introducir en un vaso de precipitados 400 ml de agua acidificada en el momento de la toma y ajustar el pH de la muestra a  $3.5 \pm 0.1$  con la disolución tampón de pH 9. Verter el contenido en un embudo de decantación y lavar el vaso de precipitados con 25 ml de agua. Juntar las aguas de lavado. Añadir 50 ml de metilisobutilcetona. Agitar de nuevo otros 10 minutos. Dejar que decante durante varias horas en la oscuridad y preferentemente a baja temperatura. Recoger la fase orgánica y centrifugarla para eliminar las tazas de agua. Nebulizar la solución de metilisobutilcetona intercalando fracciones de este reactivo puro después de cada muestra. Utilizar una llama de aire-acetileno. Efectuar las lecturas a la longitud de onda de 283.3 nm.

### Expresión de los resultados

Los resultados se expresan en micro gramos de plomo por litro de agua.

### Observaciones

- La técnica es aplicable a las aguas poco cargadas de materias orgánicas.
- Contenidos de cromo (VI), manganeso, cobalto, níquel, cobre, zinc, plata y cadmio inferiores a 5 mg/l y de hierro inferiores a 1 mg no interfieren.
- La cantidad de ácido nítrico añadida a las soluciones de la gama de calibración corresponde a la utilizada para la conservación de las muestras.

- Para aguas cuyo contenido de plomo esté comprendido entre 0.2 y 10 mg/l, efectuar la determinación directamente sin extracción previa con la llama aire-acetileno.

### **3.7 Análisis de datos**

En la investigación el análisis estadístico estuvo a cargo del programa Excel para procesar los datos obtenidos de los equipos que se utilizaron, el cual facilitó el procedimiento de obtención de resultados, también se utilizó el programa SPSS para realizar la contratación de hipótesis.

Se realizó un análisis de parejas (prueba de Tukey) para identificar que fruta presenta un efecto diferente sobre la eficiencia (%).

## IV. Resultados

### 4.1 Análisis e interpretación

**Tabla 20:** Determinación de la dosis óptima y eficiencia con los 15 floculantes orgánicos en la absorción de plomo

	Coagulantes	Dosis (g)	Pb (mg/l) (Lect. Espectro)	Pb (mg/l) (Lect. Espectro)	Pb (mg/l) (Lect. Espectro)	Promedio	LMP(mg/l)	Eficiencia (%)
UVA	UVA 1 (Pb 0.2 mg/l)	0.5	0.075	0.075	0.076	0.076	0.2	69.5
		1	0.071	0.073	0.073	0.072	0.2	
		1.5	0.066	0.067	0.064	0.066	0.2	
		2	0.063	0.063	0.064	0.063	0.2	
		2.5	0.061	0.061	0.061	0.061	0.2	
	UVA 2 (Pb 0.5 mg/l)	0.5	0.102	0.105	0.101	0.103	0.2	87.2
		1	0.087	0.086	0.087	0.087	0.2	
		1.5	0.067	0.063	0.067	0.066	0.2	
		2	0.061	0.061	0.061	0.061	0.2	
		2.5	0.065	0.064	0.064	0.064	0.2	
	UVA 3 (Pb 1.0 mg/l)	0.5	0.698	0.698	0.698	0.698	0.2	85.8
		1	0.308	0.306	0.305	0.306	0.2	
1.5		0.158	0.159	0.159	0.159	0.2		
2		0.124	0.126	0.123	0.124	0.2		
2.5		0.141	0.144	0.141	0.142	0.2		
COCONA	COCONA 1	0.5	0.087	0.087	0.087	0.087	0.2	81.5
		1	0.055	0.055	0.055	0.055	0.2	
		1.5	0.042	0.044	0.042	0.043	0.2	
		2	0.030	0.03	0.03	0.030	0.2	
		2.5	0.037	0.037	0.037	0.037	0.2	
	COCONA 2	0.5	0.219	0.221	0.219	0.220	0.2	86.6
		1	0.204	0.203	0.201	0.203	0.2	
		1.5	0.144	0.144	0.143	0.144	0.2	
		2	0.109	0.109	0.109	0.109	0.2	
		2.5	0.067	0.068	0.065	0.067	0.2	
	COCONA 3	0.5	0.495	0.496	0.494	0.495	0.2	82.2
		1	0.455	0.457	0.452	0.455	0.2	
		1.5	0.350	0.35	0.349	0.350	0.2	
		2	0.225	0.229	0.224	0.226	0.2	
		2.5	0.178	0.178	0.177	0.178	0.2	
TAMARINDO	TAMARINDO 1	0.5	0.119	0.119	0.115	0.118	0.2	61.5
		1	0.113	0.112	0.111	0.112	0.2	
		1.5	0.108	0.109	0.107	0.108	0.2	

		2	0.095	0.094	0.095	0.095	0.2	70	
		2.5	0.078	0.077	0.077	0.077	0.2		
	TAMARINDO 2	0.5	0.238	0.238	0.238	0.238	0.2		70
		1	0.195	0.195	0.195	0.195	0.2		
		1.5	0.183	0.183	0.18	0.182	0.2		
		2	0.176	0.176	0.173	0.175	0.2		
		2.5	0.150	0.151	0.15	0.150	0.2		
	TAMARINDO 3	0.5	0.277	0.28	0.277	0.278	0.2		72.3
		1	0.261	0.262	0.258	0.260	0.2		
		1.5	0.259	0.26	0.257	0.259	0.2		
2		0.286	0.286	0.286	0.286	0.2			
2.5		0.277	0.277	0.277	0.277	0.2			
MARACUYA	MARACUYA 1	0.5	0.087	0.087	0.084	0.086	0.2	67.5	
		1	0.107	0.109	0.106	0.107	0.2		
		1.5	0.118	0.12	0.118	0.119	0.2		
		2	0.073	0.073	0.073	0.073	0.2		
		2.5	0.065	0.066	0.065	0.065	0.2		
	MARACUYA 2	0.5	0.120	0.124	0.119	0.121	0.2	69.2	
		1	0.140	0.142	0.138	0.140	0.2		
		1.5	0.179	0.173	0.179	0.177	0.2		
		2	0.168	0.166	0.166	0.167	0.2		
		2.5	0.157	0.152	0.154	0.154	0.2		
	MARACUYA 3	0.5	0.237	0.243	0.239	0.240	0.2	81.1	
		1	0.259	0.259	0.257	0.258	0.2		
		1.5	0.225	0.225	0.225	0.225	0.2		
		2	0.183	0.182	0.183	0.183	0.2		
		2.5	0.191	0.186	0.191	0.189	0.2		
MANDARINA	MANDARINA 1	0.5	0.177	0.178	0.176	0.177	0.2	62	
		1	0.146	0.146	0.146	0.146	0.2		
		1.5	0.109	0.11	0.108	0.109	0.2		
		2	0.083	0.082	0.082	0.082	0.2		
		2.5	0.076	0.076	0.076	0.076	0.2		
	MANDARINA 2	0.5	0.205	0.207	0.203	0.205	0.2	71.6	
		1	0.183	0.181	0.181	0.182	0.2		
		1.5	0.173	0.174	0.172	0.173	0.2		
		2	0.146	0.146	0.145	0.146	0.2		
		2.5	0.143	0.142	0.142	0.142	0.2		
	MANDARINA 3	0.5	0.444	0.442	0.441	0.442	0.2	67.6	
		1	0.407	0.407	0.406	0.407	0.2		
		1.5	0.350	0.349	0.352	0.350	0.2		

		2	0.333	0.333	0.33	0.332	0.2	
		2.5	0.325	0.324	0.324	0.324	0.2	
TORONJA	TORONJA 1	0.5	0.144	0.146	0.142	0.144	0.2	70
		1	0.131	0.128	0.13	0.130	0.2	
		1.5	0.095	0.095	0.095	0.095	0.2	
		2	0.079	0.079	0.079	0.079	0.2	
		2.5	0.060	0.059	0.06	0.060	0.2	
	TORONJA 2	0.5	0.208	0.206	0.207	0.207	0.2	69.2
		1	0.198	0.194	0.194	0.195	0.2	
		1.5	0.183	0.18	0.183	0.182	0.2	
		2	0.179	0.18	0.177	0.179	0.2	
		2.5	0.156	0.153	0.153	0.154	0.2	
	TORONJA 3	0.5	0.338	0.337	0.338	0.338	0.2	78.2
		1	0.243	0.24	0.243	0.242	0.2	
		1.5	0.235	0.232	0.232	0.233	0.2	
		2	0.226	0.225	0.225	0.225	0.2	
		2.5	0.218	0.218	0.218	0.218	0.2	
LIMA	LIMA 1	0.5	0.165	0.163	0.161	0.163	0.2	7
		1	0.150	0.15	0.15	0.150	0.2	
		1.5	0.182	0.181	0.18	0.181	0.2	
		2	0.157	0.157	0.157	0.157	0.2	
		2.5	0.187	0.186	0.186	0.186	0.2	
	LIMA 2	0.5	0.211	0.209	0.209	0.210	0.2	57.2
		1	0.261	0.261	0.261	0.261	0.2	
		1.5	0.231	0.232	0.231	0.231	0.2	
		2	0.247	0.246	0.247	0.247	0.2	
		2.5	0.214	0.214	0.214	0.214	0.2	
	LIMA 3	0.5	0.247	0.247	0.247	0.247	0.2	76.7
		1	0.264	0.265	0.264	0.264	0.2	
		1.5	0.282	0.281	0.277	0.280	0.2	
		2	0.272	0.272	0.272	0.272	0.2	
		2.5	0.233	0.233	0.234	0.233	0.2	
NARANJA	NARANJA 1	0.5	0.096	0.096	0.096	0.096	0.2	66
		1	0.077	0.077	0.077	0.077	0.2	
		1.5	0.082	0.081	0.082	0.082	0.2	
		2	0.084	0.084	0.084	0.084	0.2	
		2.5	0.068	0.068	0.068	0.068	0.2	
	NARANJA 2	0.5	0.163	0.163	0.163	0.163	0.2	76.4
		1	0.143	0.142	0.143	0.143	0.2	
		1.5	0.149	0.149	0.148	0.149	0.2	

		2	0.138	0.137	0.135	0.137	0.2	80.1	
		2.5	0.119	0.118	0.116	0.118	0.2		
		NARANJA 3	0.5	0.340	0.337	0.339	0.339		0.2
			1	0.3	0.299	0.297	0.299		0.2
			1.5	0.269	0.268	0.269	0.269		0.2
			2	0.256	0.253	0.251	0.253		0.2
			2.5	0.208	0.182	0.206	0.199		0.2
MANZANA	MANZANA 1	0.5	0.055	0.055	0.054	0.055	0.2	87	
		1	0.044	0.044	0.044	0.044	0.2		
		1.5	0.036	0.036	0.036	0.036	0.2		
		2	0.033	0.032	0.033	0.033	0.2		
		2.5	0.026	0.026	0.026	0.026	0.2		
	MANZANA 2	0.5	0.104	0.103	0.103	0.103	0.2	89.2	
		1	0.092	0.09	0.089	0.090	0.2		
		1.5	0.071	0.071	0.071	0.071	0.2		
		2	0.071	0.069	0.071	0.070	0.2		
	MANZANA 3	2.5	0.054	0.054	0.054	0.054	0.2	88.9	
		0.5	0.162	0.162	0.162	0.162	0.2		
		1	0.144	0.141	0.144	0.143	0.2		
		1.5	0.136	0.135	0.136	0.136	0.2		
	MEMBRILLO	MEMBRILLO 1	2	0.129	0.128	0.127	0.128	0.2	58
			2.5	0.113	0.112	0.109	0.111	0.2	
0.5			0.182	0.18	0.182	0.181	0.2		
1			0.122	0.122	0.122	0.122	0.2		
1.5			0.095	0.095	0.095	0.095	0.2		
MEMBRILLO 2		2	0.096	0.096	0.096	0.096	0.2	67.6	
		2.5	0.085	0.083	0.084	0.084	0.2		
		0.5	0.203	0.201	0.203	0.202	0.2		
		1	0.204	0.203	0.2	0.202	0.2		
MEMBRILLO 3		1.5	0.182	0.181	0.181	0.181	0.2	80.5	
		2	0.147	0.146	0.146	0.146	0.2		
		2.5	0.162	0.162	0.162	0.162	0.2		
		0.5	0.235	0.233	0.235	0.234	0.2		
		1	0.256	0.254	0.256	0.255	0.2		
KIWI		KIWI 1	1.5	0.214	0.214	0.214	0.214	0.2	65
	2		0.192	0.179	0.191	0.187	0.2		
	2.5		0.195	0.194	0.195	0.195	0.2		
		0.5	0.101	0.101	0.101	0.101	0.2		
		1	0.144	0.144	0.142	0.143	0.2		
		1.5	0.091	0.091	0.088	0.090	0.2		

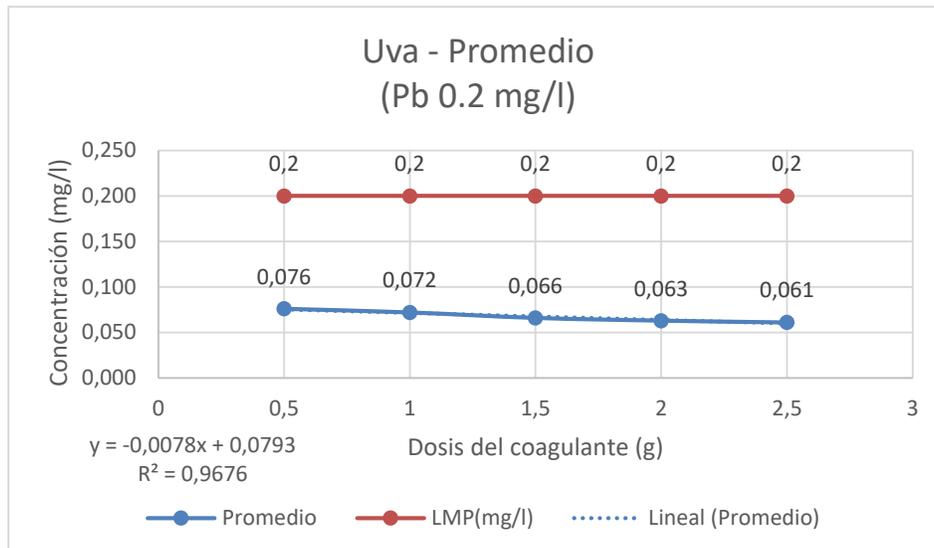
		2	0.148	0.15	0.148	0.149	0.2	60.2		
		2.5	0.070	0.07	0.07	0.070	0.2			
	KIWI 2	0.5	0.295	0.295	0.294	0.295	0.2			
		1	0.261	0.26	0.258	0.260	0.2			
		1.5	0.193	0.192	0.192	0.192	0.2			
		2	0.2	0.199	0.199	0.199	0.2			
		2.5	0.199	0.199	0.199	0.199	0.2			
	KIWI 3	0.5	0.321	0.321	0.318	0.320	0.2			
		1	0.313	0.313	0.313	0.313	0.2			
		1.5	0.264	0.263	0.264	0.264	0.2			
		2	0.297	0.296	0.297	0.297	0.2			
		2.5	0.264	0.264	0.264	0.264	0.2			
	CIRUELA	CIRUELA 1	0.5	0.101	0.101	0.101	0.101		0.2	38.5
			1	0.111	0.111	0.11	0.111		0.2	
			1.5	0.108	0.106	0.107	0.107		0.2	
2			0.102	0.102	0.102	0.102	0.2			
2.5			0.124	0.123	0.123	0.123	0.2			
CIRUELA 2		0.5	0.246	0.245	0.245	0.245	0.2	65.2		
		1	0.269	0.268	0.265	0.267	0.2			
		1.5	0.230	0.228	0.227	0.228	0.2			
		2	0.198	0.197	0.198	0.198	0.2			
		2.5	0.174	0.174	0.174	0.174	0.2			
CIRUELA 3		0.5	0.337	0.337	0.335	0.336	0.2	76.5		
		1	0.334	0.33	0.333	0.332	0.2			
		1.5	0.295	0.292	0.291	0.293	0.2			
		2	0.242	0.242	0.242	0.242	0.2			
		2.5	0.236	0.234	0.234	0.235	0.2			
PEPINO	PEPINO 1	0.5	0.060	0.06	0.06	0.060	0.2	84.5		
		1	0.030	0.029	0.029	0.029	0.2			
		1.5	0.042	0.042	0.042	0.042	0.2			
		2	0.026	0.025	0.026	0.026	0.2			
		2.5	0.031	0.031	0.03	0.031	0.2			
	PEPINO 2	0.5	0.186	0.189	0.186	0.187	0.2	72.6		
		1	0.171	0.171	0.171	0.171	0.2			
		1.5	0.155	0.158	0.155	0.156	0.2			
		2	0.144	0.144	0.144	0.144	0.2			
		2.5	0.138	0.135	0.138	0.137	0.2			
	PEPINO 3	0.5	0.316	0.316	0.316	0.316	0.2	79.7		
		1	0.236	0.236	0.236	0.236	0.2			
		1.5	0.233	0.235	0.233	0.234	0.2			

		2	0.209	0.209	0.208	0.209	0.2	
		2.5	0.203	0.203	0.203	0.203	0.2	
PIÑA	PIÑA 1	0.5	0.146	0.145	0.143	0.145	0.2	60
		1	0.116	0.117	0.115	0.116	0.2	
		1.5	0.103	0.104	0.103	0.103	0.2	
		2	0.086	0.087	0.085	0.086	0.2	
		2.5	0.080	0.08	0.08	0.080	0.2	
	PIÑA 2	0.5	0.396	0.396	0.396	0.396	0.2	57
		1	0.268	0.274	0.267	0.270	0.2	
		1.5	0.238	0.241	0.238	0.239	0.2	
		2	0.211	0.211	0.211	0.211	0.2	
		2.5	0.215	0.214	0.215	0.215	0.2	
	PIÑA 3	0.5	0.526	0.526	0.525	0.526	0.2	65.6
		1	0.398	0.397	0.396	0.397	0.2	
		1.5	0.407	0.408	0.407	0.407	0.2	
		2	0.374	0.376	0.374	0.375	0.2	
		2.5	0.345	0.346	0.341	0.344	0.2	
CARAMBOLA	CARAMBOLA 1	0.5	0.152	0.152	0.152	0.152	0.2	41.5
		1	0.136	0.136	0.133	0.135	0.2	
		1.5	0.136	0.136	0.134	0.135	0.2	
		2	0.131	0.132	0.13	0.131	0.2	
		2.5	0.119	0.118	0.115	0.117	0.2	
	CARAMBOLA 2	0.5	0.498	0.498	0.498	0.498	0.2	11.6
		1	0.491	0.491	0.49	0.491	0.2	
		1.5	0.470	0.468	0.465	0.468	0.2	
		2	0.462	0.46	0.459	0.460	0.2	
		2.5	0.444	0.441	0.44	0.442	0.2	
	CARAMBOLA 3	0.5	0.911	0.908	0.908	0.909	0.2	32
		1	0.499	0.797	0.767	0.688	0.2	
		1.5	0.749	0.747	0.745	0.747	0.2	
		2	0.722	0.72	0.719	0.720	0.2	
		2.5	0.679	0.681	0.679	0.680	0.2	

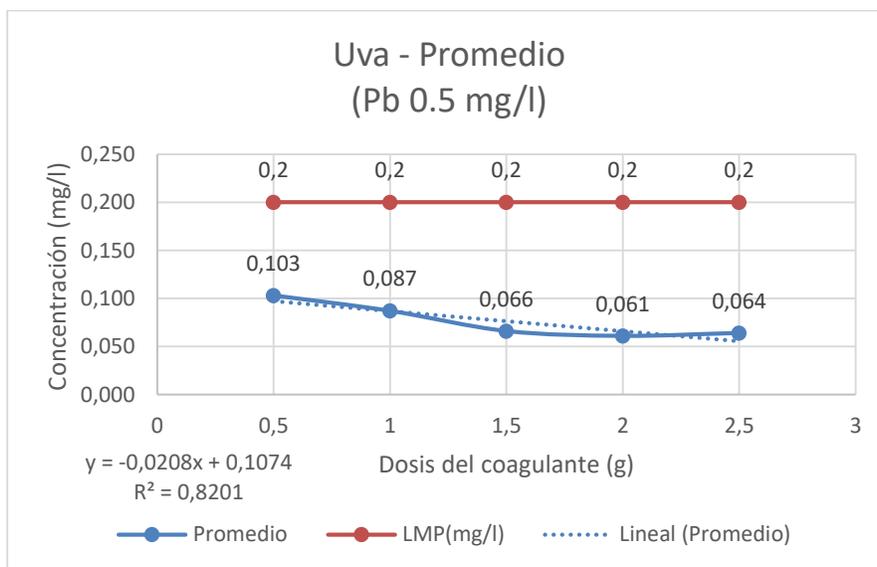
En la tabla 18 determinación de la dosis optima con los 15 floculantes orgánicos en la absorción de plomo, se observa tratamientos con diferentes dosis (0.5g, 1g, 1.5g, 2g y 2.5g) determinando que las mejores dosis que presentaron mayor efectividad de absorción ajustándose al LMP se presentó con 1.5, 2 g y 2.5 g en todos los floculantes orgánicos, como por ejemplo la manzana el su primer tratamiento con la concentración de

0.2mg/l alcanzo una absorción de 0.026, en su segundo tratamiento con 0.5mg/l alcanzo 0.054 y con una concentración de 1.0mg/l alcanzo 0.109 con una dosis de 2.5g.

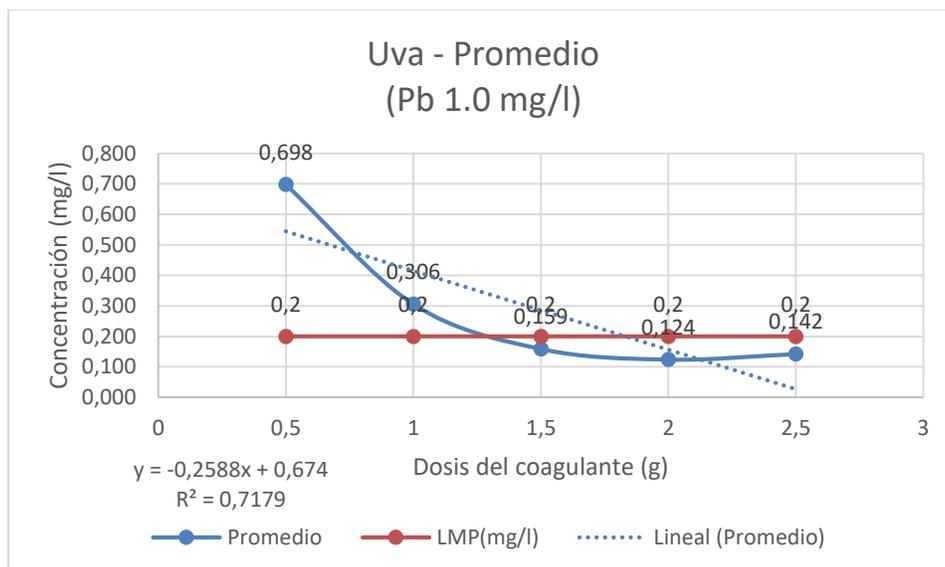
A continuación se muestra de forma gráfica la dosis óptima y el promedio en los 15 floculantes orgánicos.



**Figura 4:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la uva para plomo

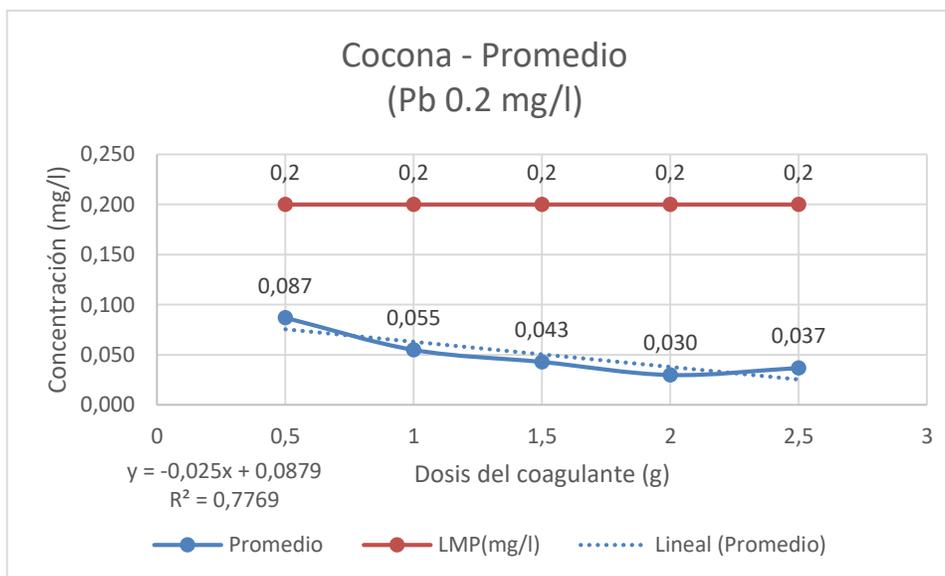


**Figura 5:** Dosis optima y promedio del segundo tratamiento con la uva para plomo

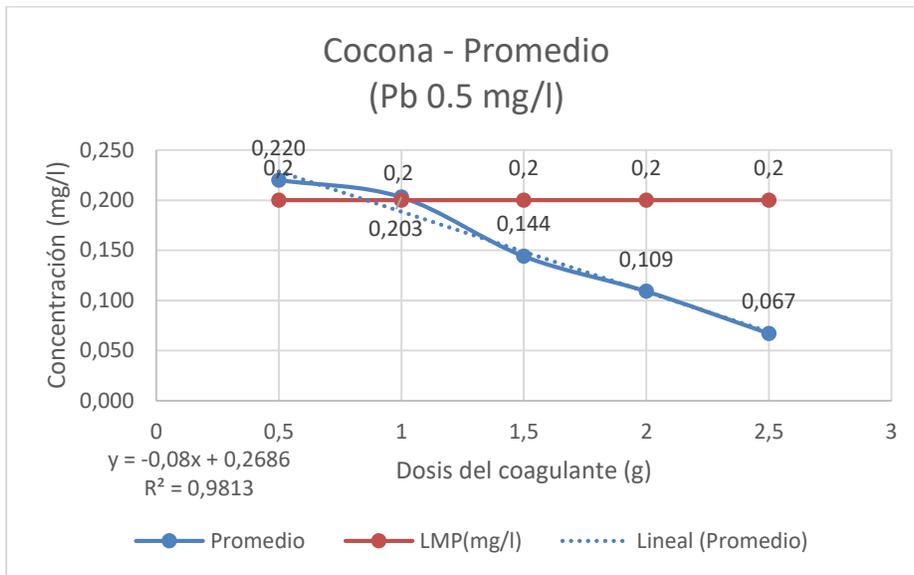


**Figura 6:** Dosis óptima y promedio del Tercer tratamiento con la uva para plomo

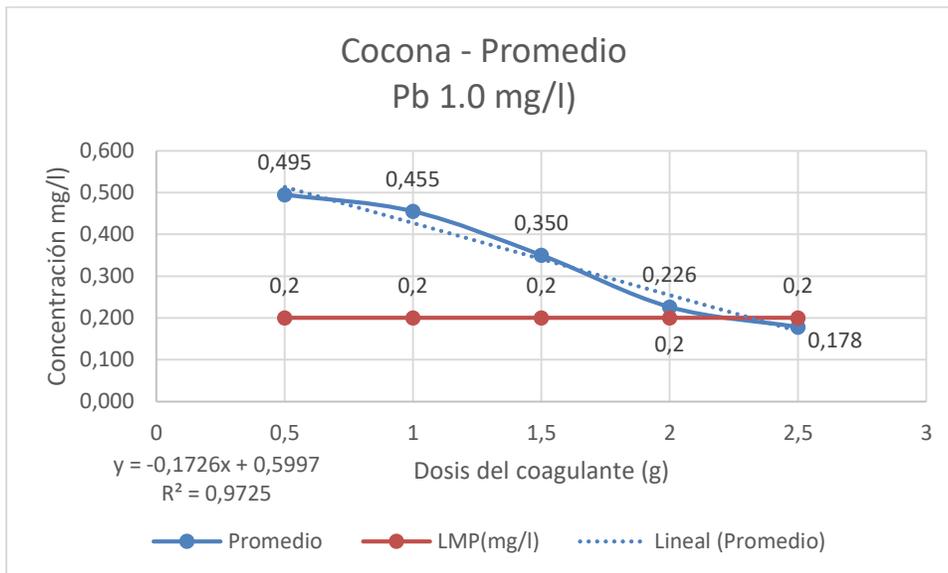
Interpretación: Para el caso de la Uva, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el primer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el segundo es buena ( $0.8 \leq R < 0.9$ ) y tercero es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ); y que el más eficiente es el segundo tratamiento (87.13%).



**Figura 7:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la cocona para plomo

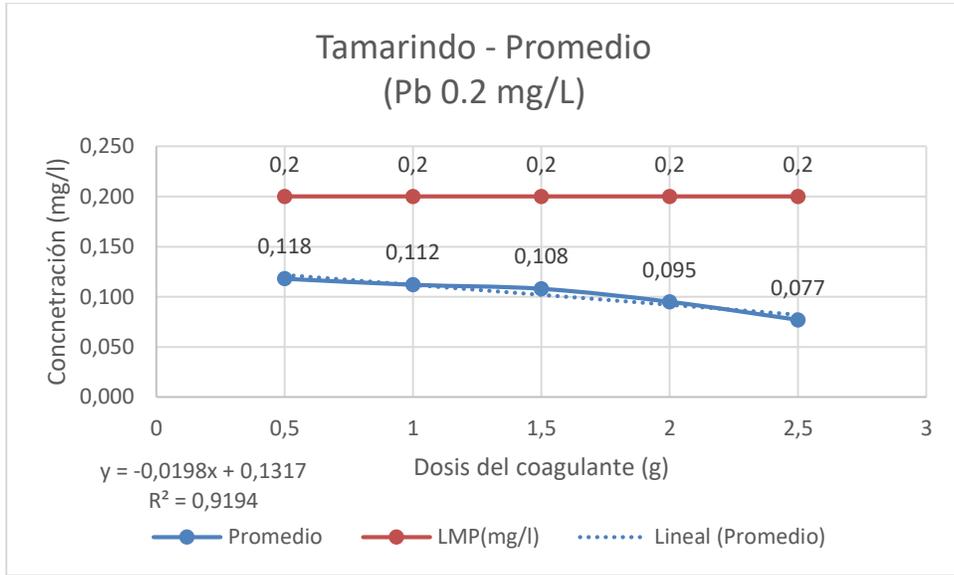


**Figura 8:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la cocona para plomo

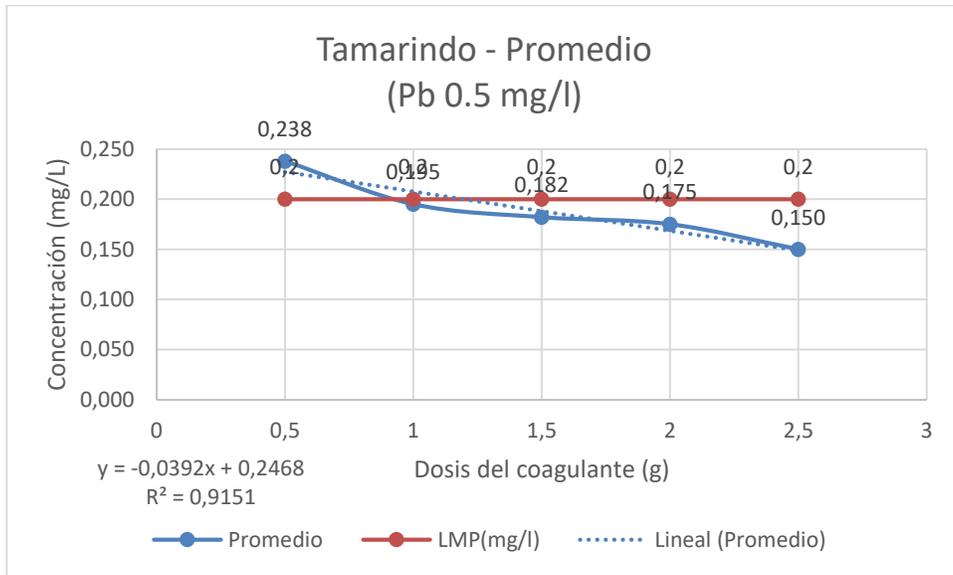


**Figura 9:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la cocona para plomo

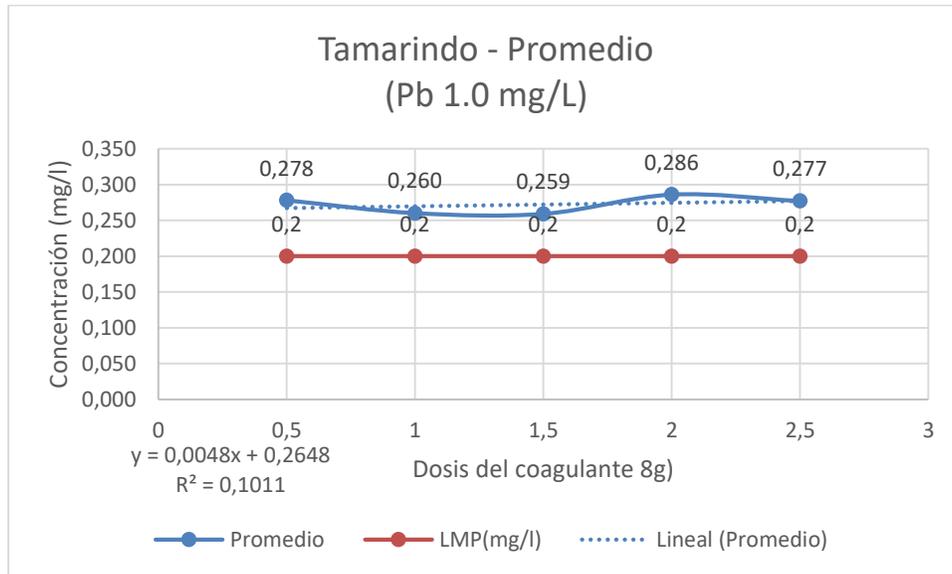
Interpretación: Para la cocona, observamos que el coeficiente de correlación es excelente segundo y tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el primer es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ) y que el más eficiente es el segundo tratamiento (86.64%).



**Figura 10:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Tamarindo para plomo

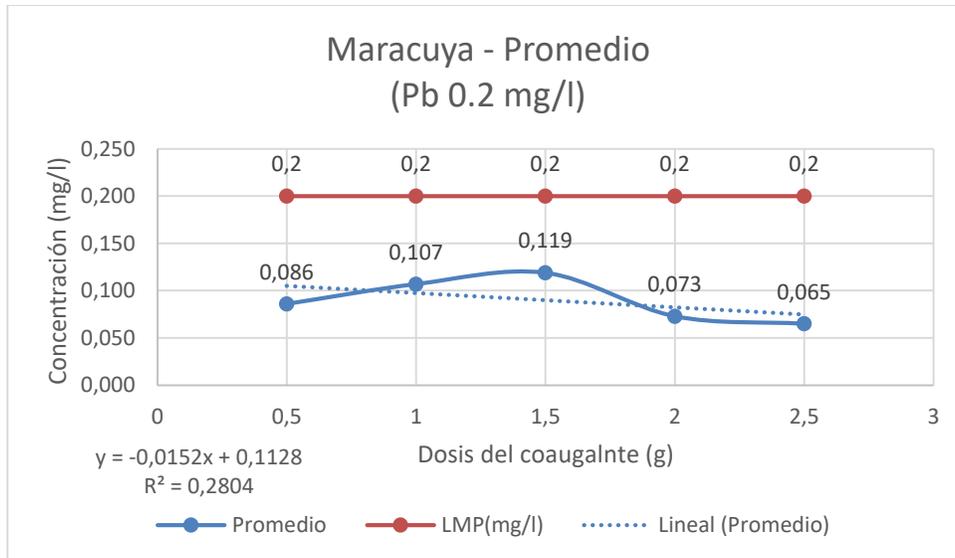


**Figura 11:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Tamarindo para plomo

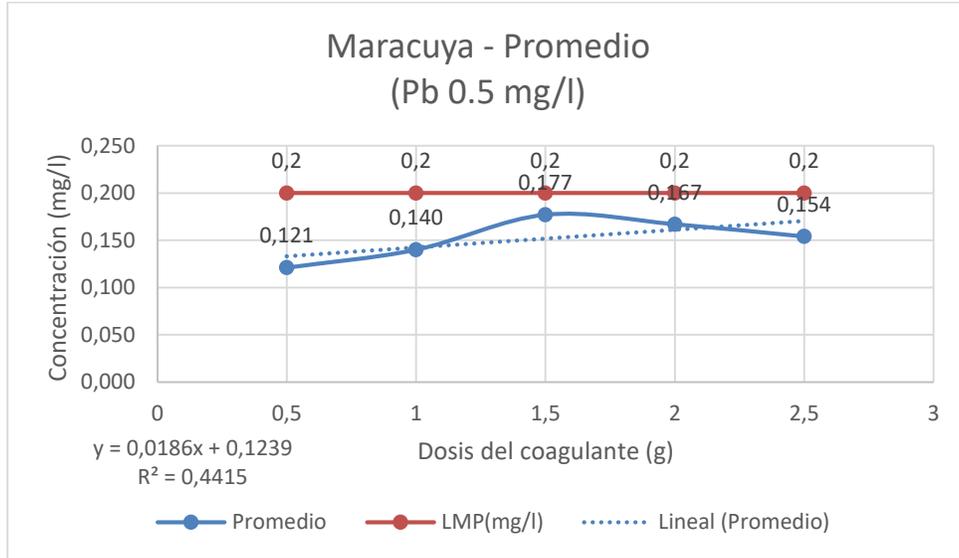


**Figura 12:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Tamarindo para plomo

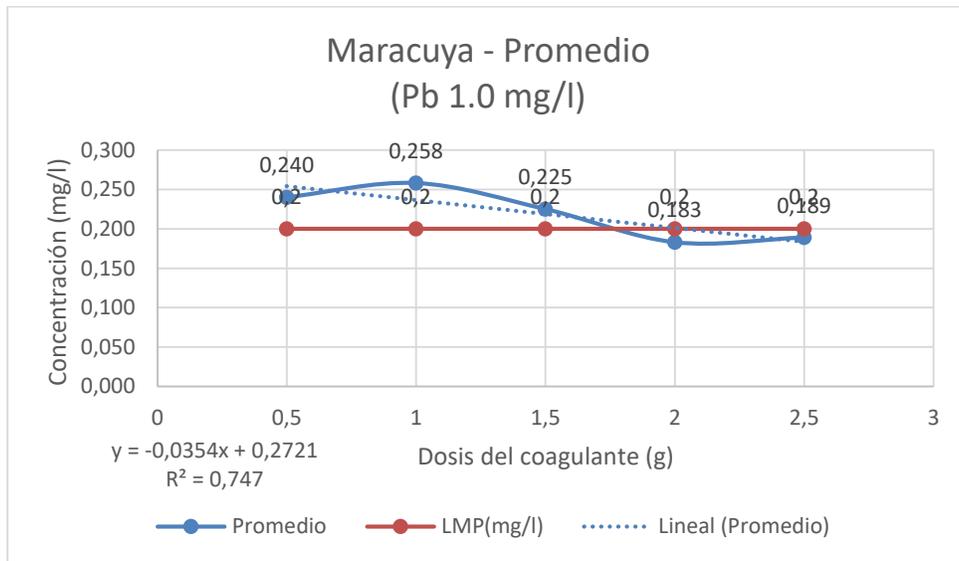
Interpretación: Para el Tamarindo, observamos que el coeficiente de correlación es excelente primer y segundo tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el tercer es malo ( $0.55 < R$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (72.30%).



**Figura 13:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Maracuyá para plomo

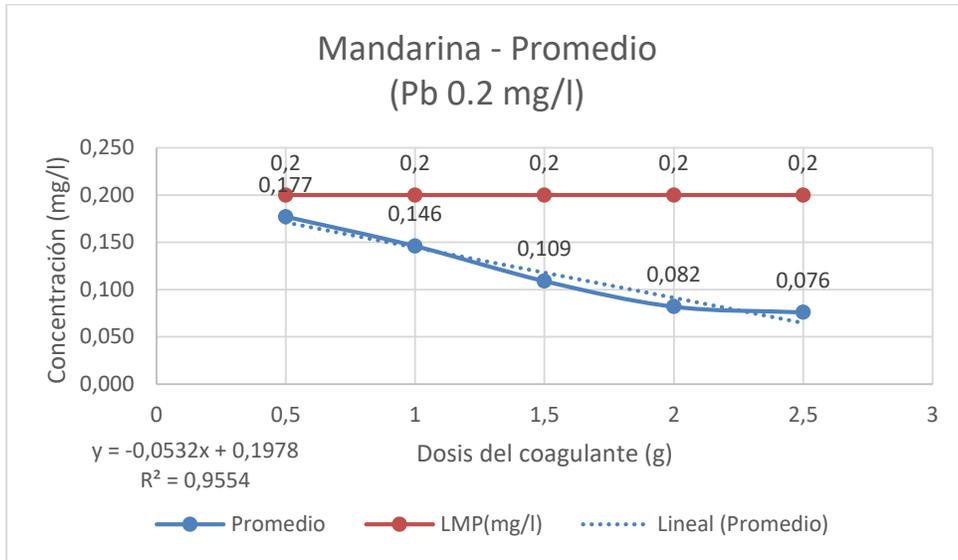


**Figura 14:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Maracuyá para plomo

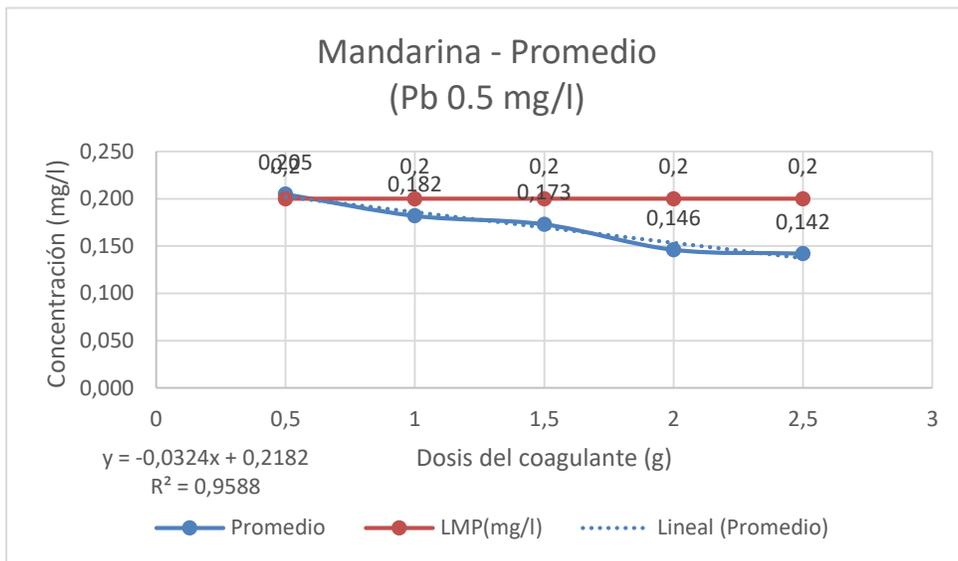


**Figura 15:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Maracuyá para plomo

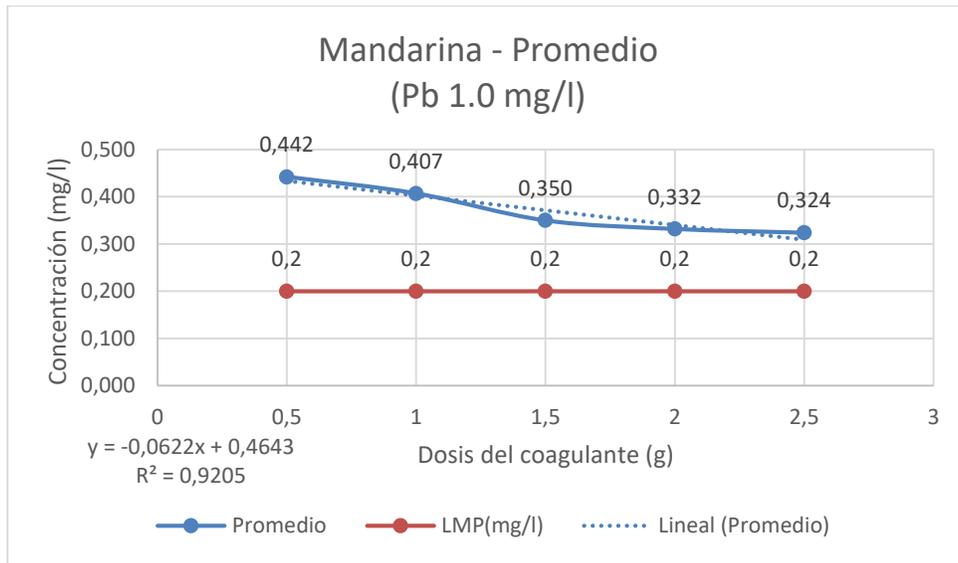
Interpretación: Para la Maracuyá, observamos que el coeficiente de correlación es regular en el tercer tratamiento ( $0.5 \leq R < 8$ ), en el primer y segundo es malo ( $0.5 < R$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (81.07%).



**Figura 16:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Mandarina para plomo

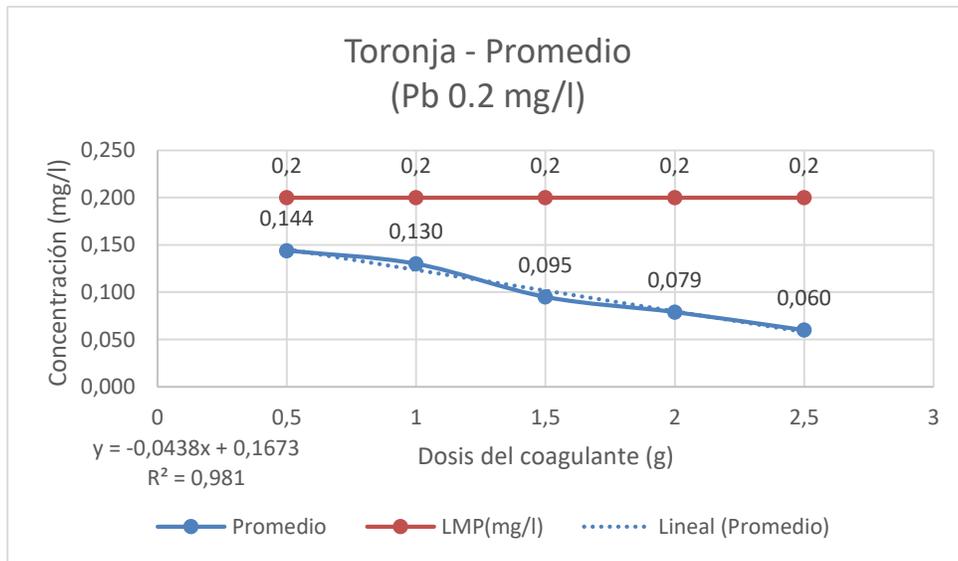


**Figura 17:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Mandarina para plomo

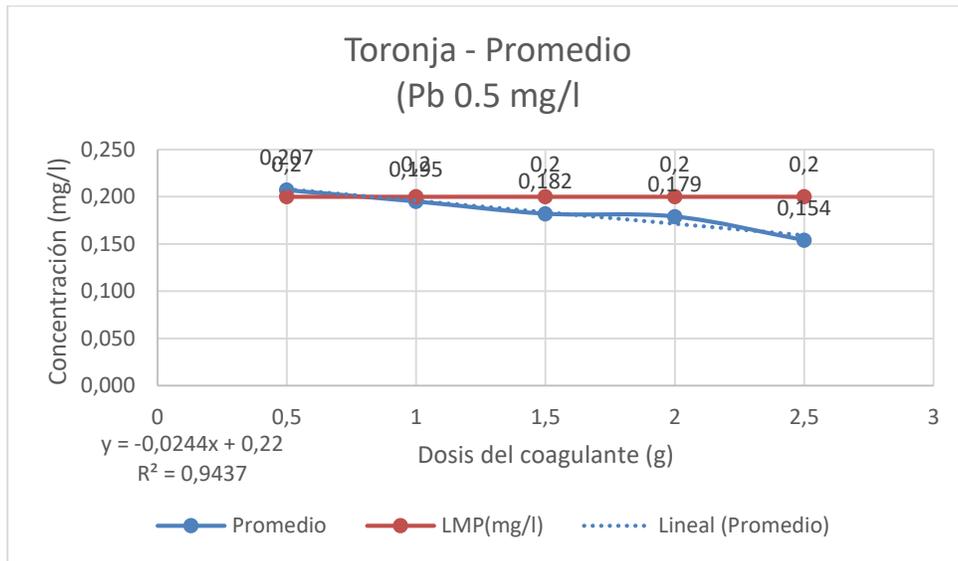


**Figura 18:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Mandarina para plomo

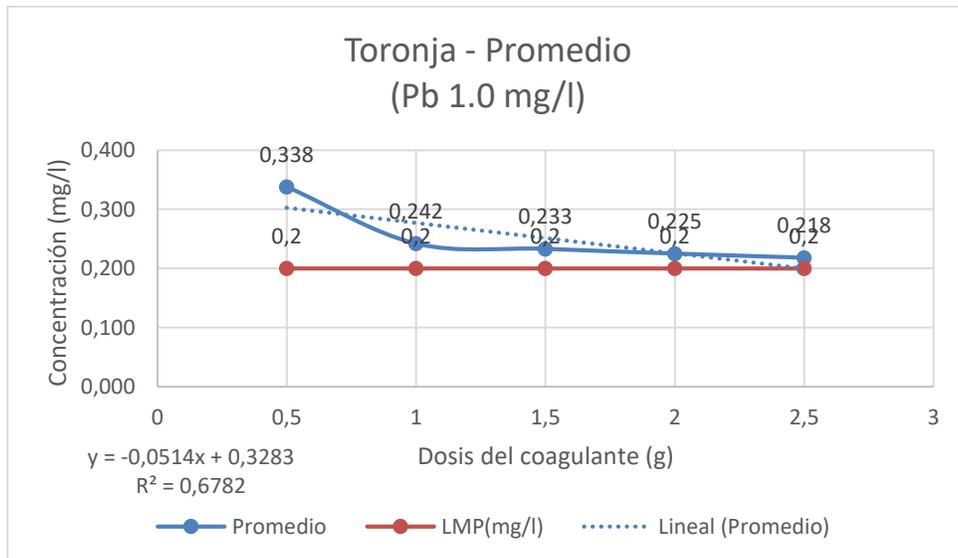
Interpretación: Para la Mandarina, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en los tres tratamientos ( $0.9 \leq R < 1$ ) y que de los tres tratamientos el más eficiente es el segundo (71.51%).



**Figura 19:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Toronja para plomo

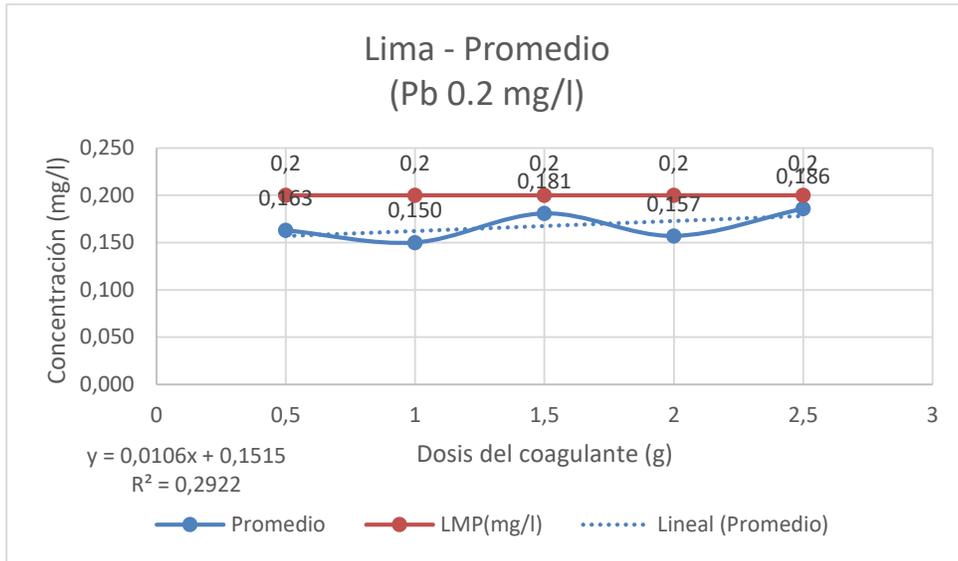


**Figura 20:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Toronja para plomo

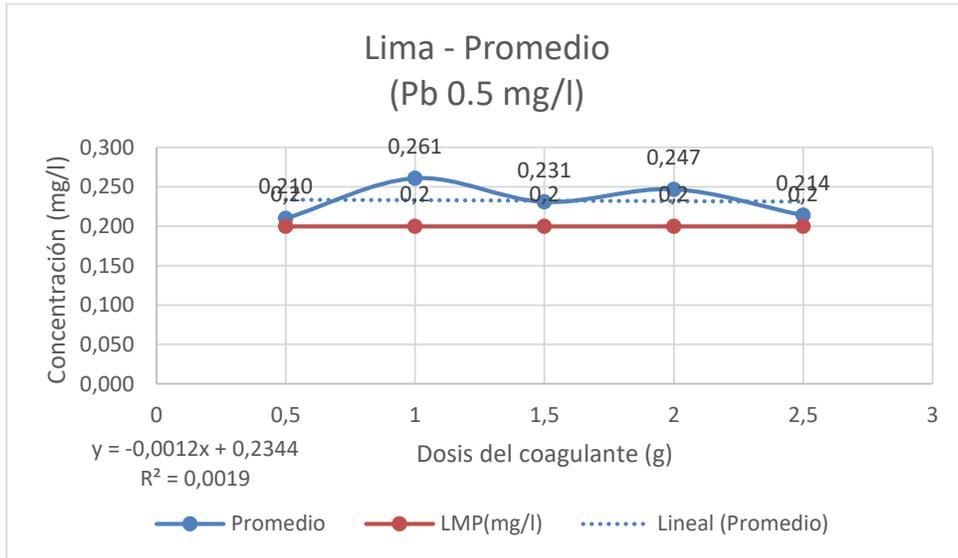


**Figura 21:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Toronja para plomo

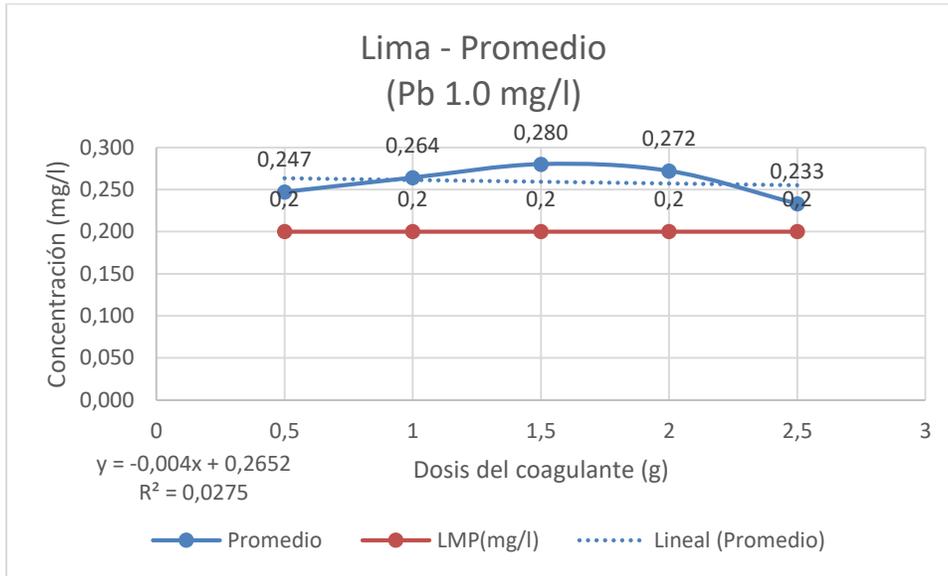
Interpretación: Para la Toronja, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el primer y segundo tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el tercero es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ) y que el más eficiente es el primer tratamiento (70.29%).



**Figura 22:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Lima para plomo

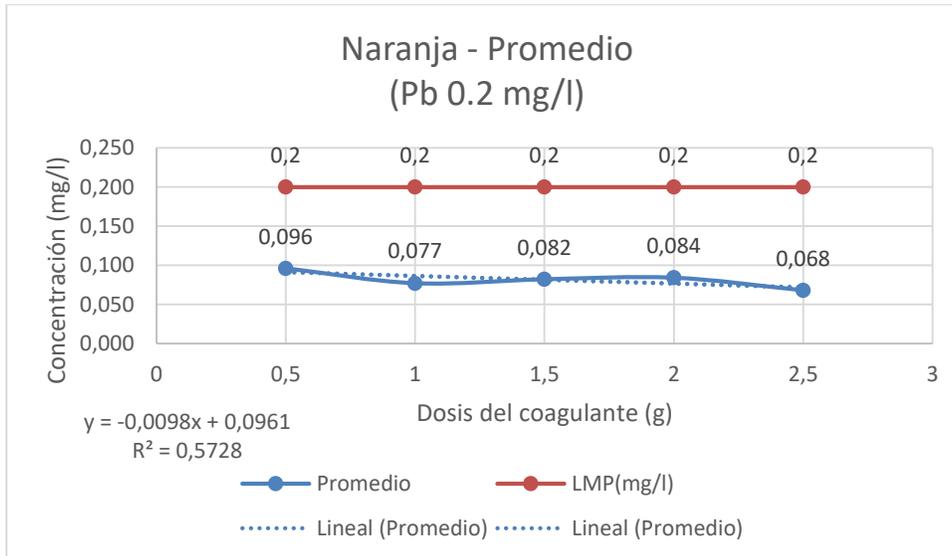


**Figura 23:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Lima para plomo

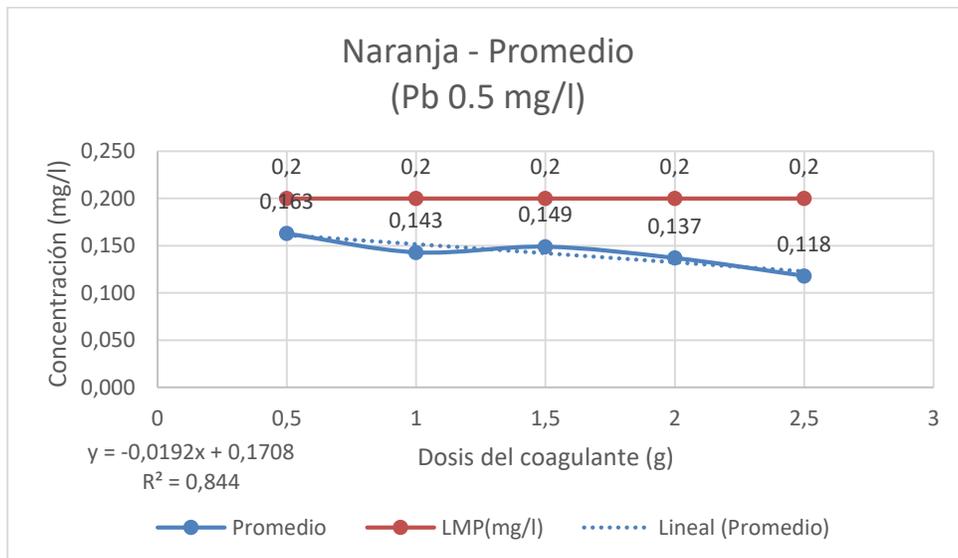


**Figura 24:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Lima para plomo

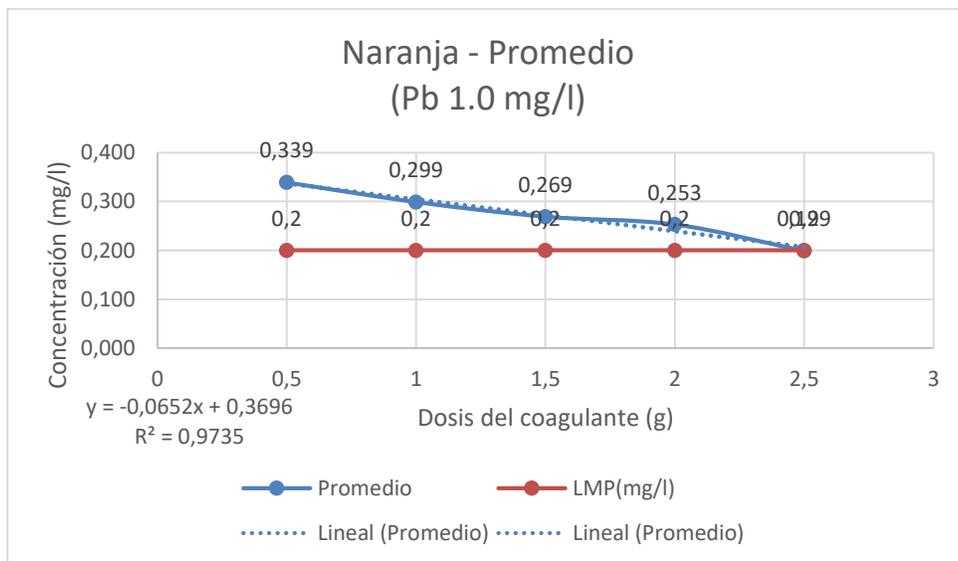
Interpretación: Para la Lima, observamos que el coeficiente de correlación es malo en los tres tratamientos ( $R < 5$ ) y que debido a esto no se puede determinar una eficiencia confiable.



**Figura 25:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la naranja para plomo

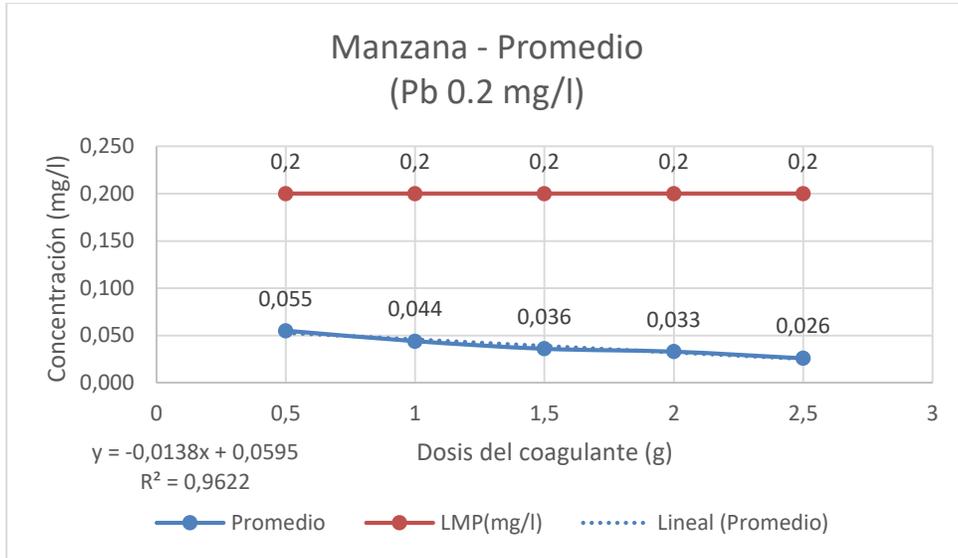


**Figura 26:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la naranja para plomo

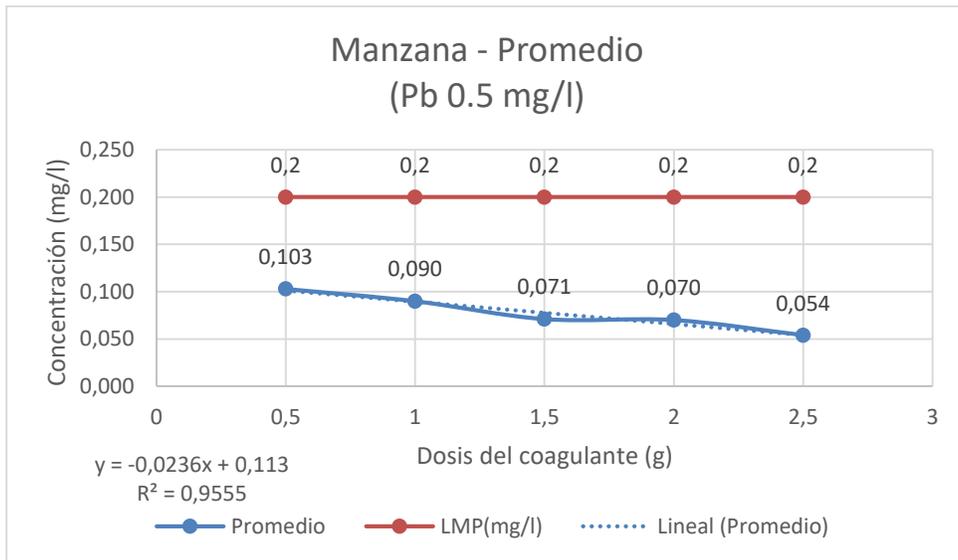


**Figura 27:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la naranja para plomo

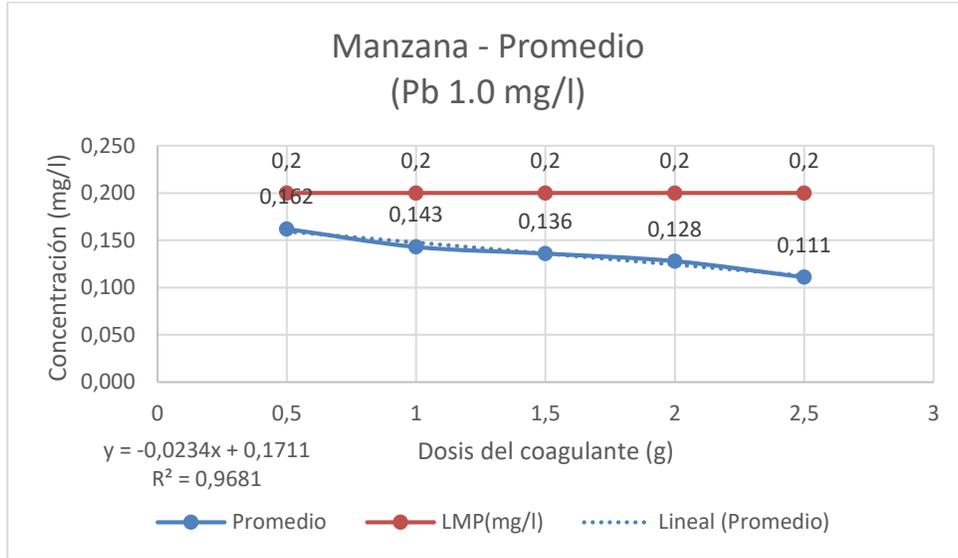
Interpretación: Para la Naranja, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), el segundo es bueno ( $0.9 \leq R < 1$ ) y en el primero es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ); y que el más eficiente es el tercer tratamiento (80.16%).



**Figura 28:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la manzana para plomo

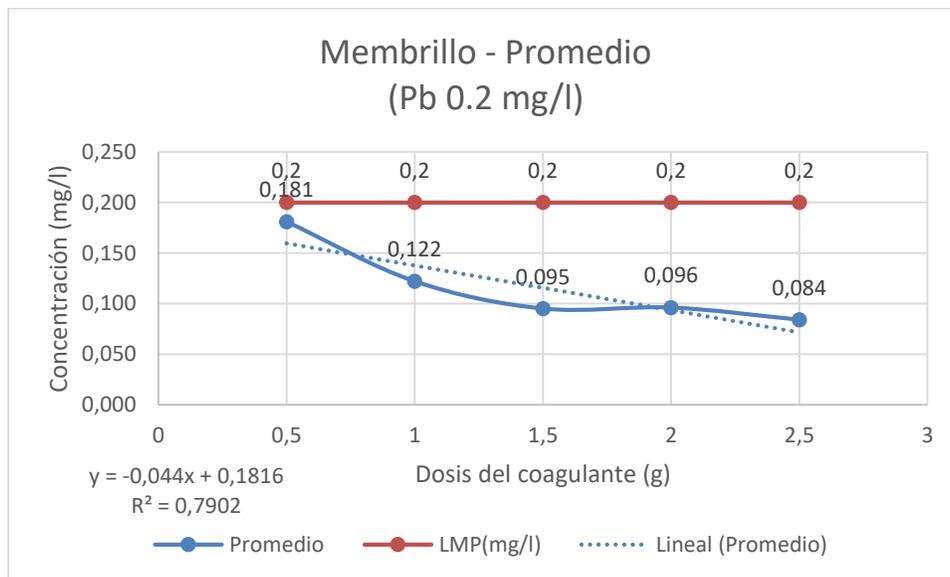


**Figura 29:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la manzana para plomo

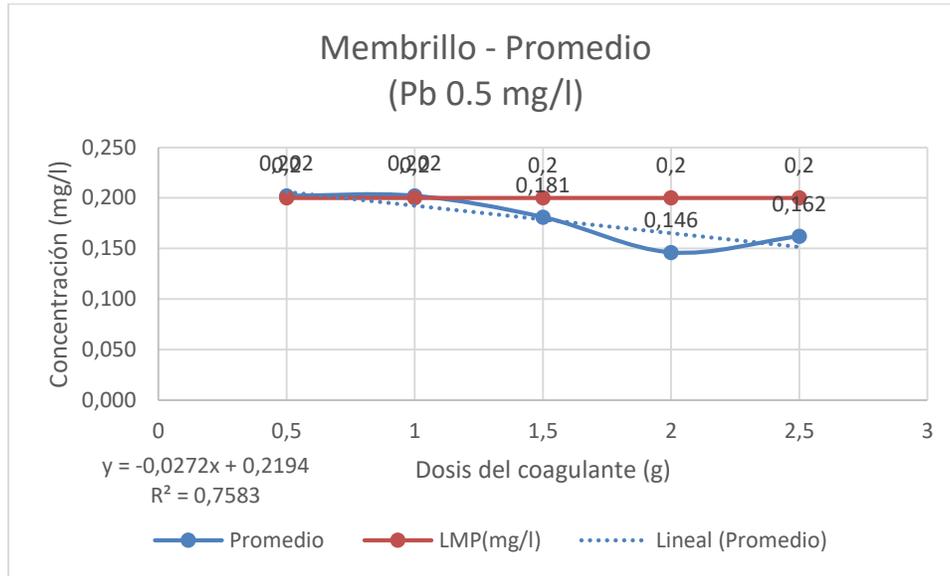


**Figura 30:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la manzana para plomo

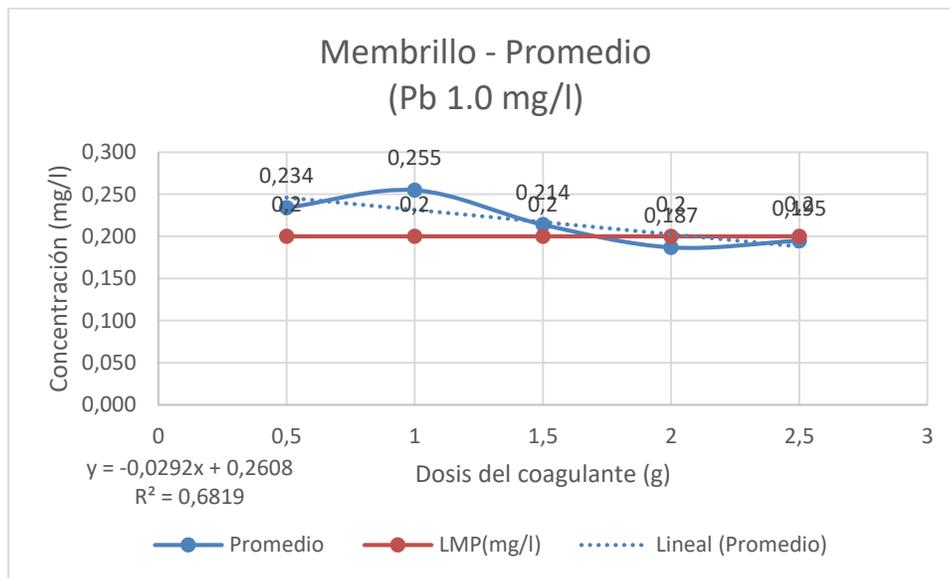
Interpretación: Para la Manzana, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en los tres tratamientos ( $0.9 \leq R < 1$ ) y que de los tres tratamientos el más eficiente es el segundo (89.18%).



**Figura 31:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Membrillo para plomo

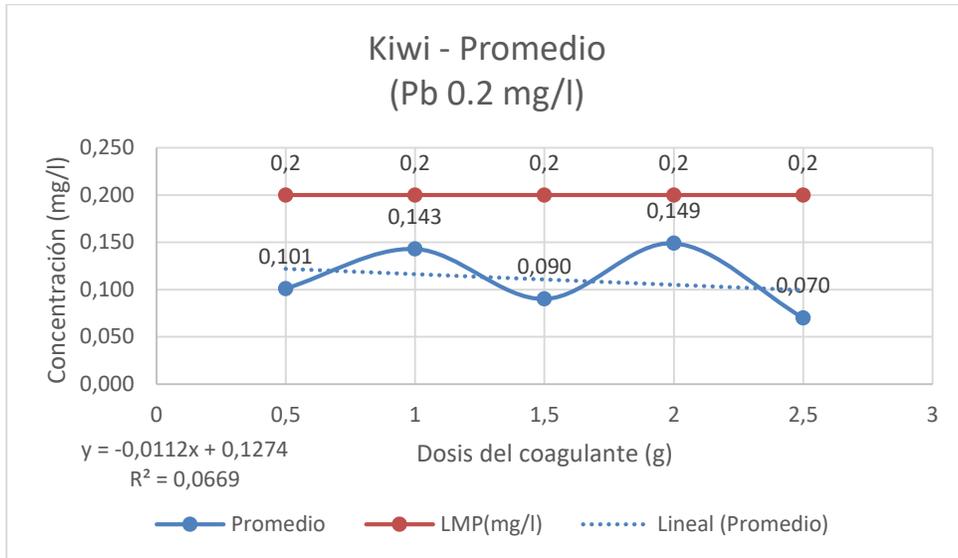


**Figura 32:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con el Membrillo para plomo

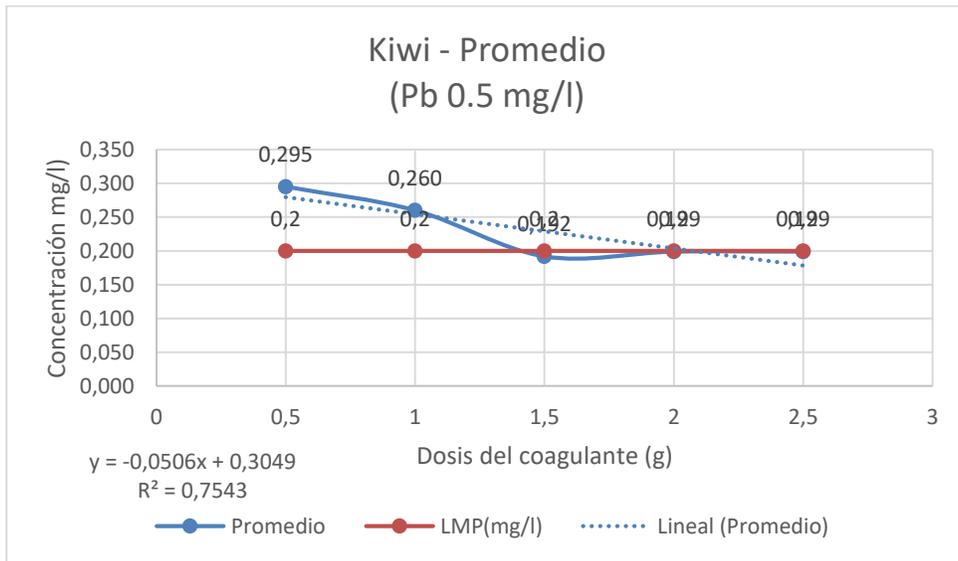


**Figura 33:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Membrillo para plomo

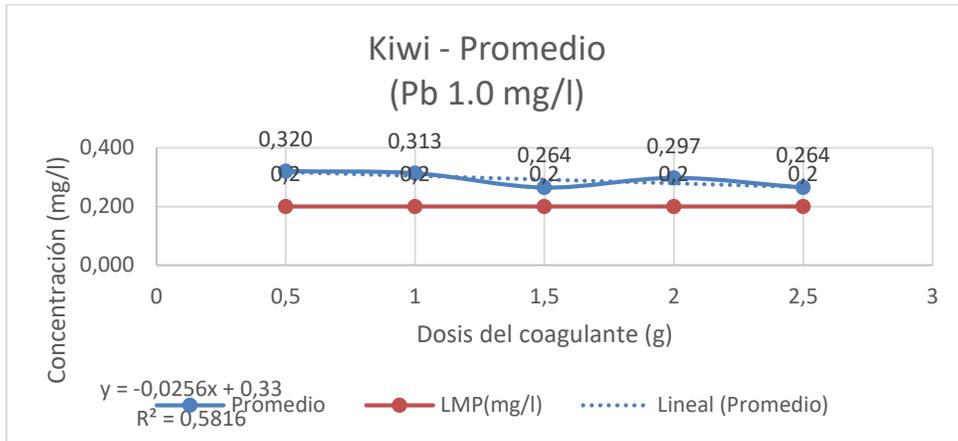
Interpretación: Para el Membrillo, observamos que el coeficiente de correlación es regular en los tres tratamientos ( $0.5 \leq R < 0.8$ ) y que de los tres tratamientos el más eficiente es el segundo (67.66%).



**Figura 34:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Kiwi para plomo

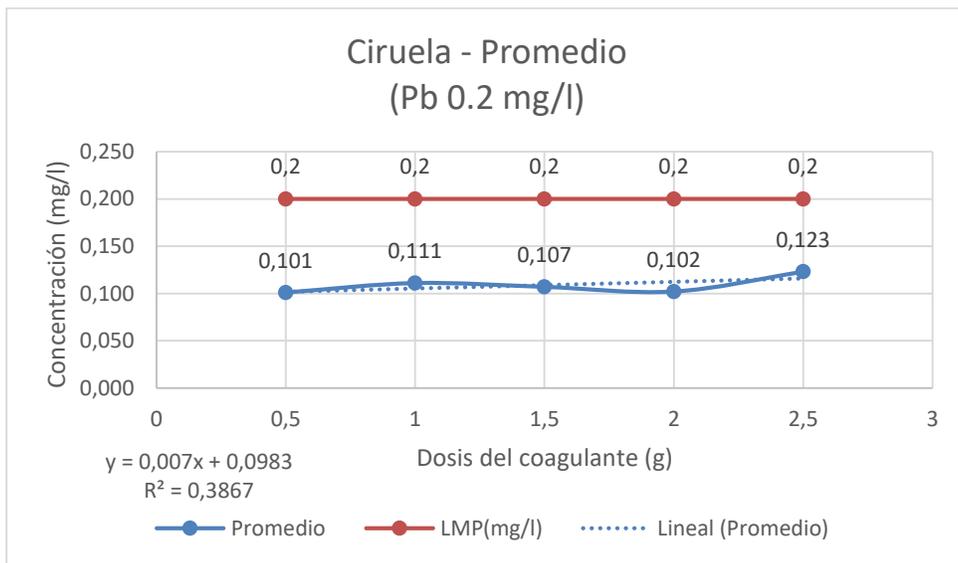


**Figura 35:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Kiwi para plomo

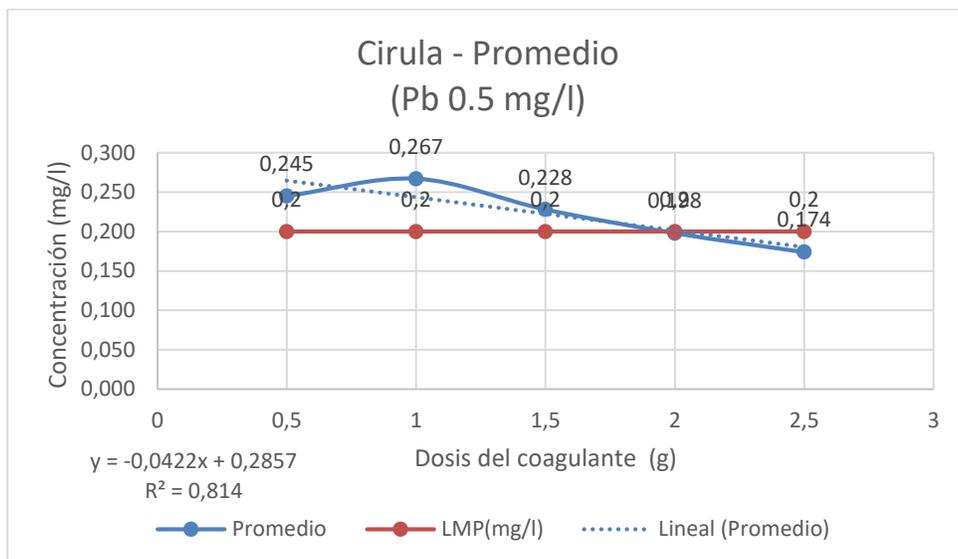


**Figura 36:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Kiwi para plomo

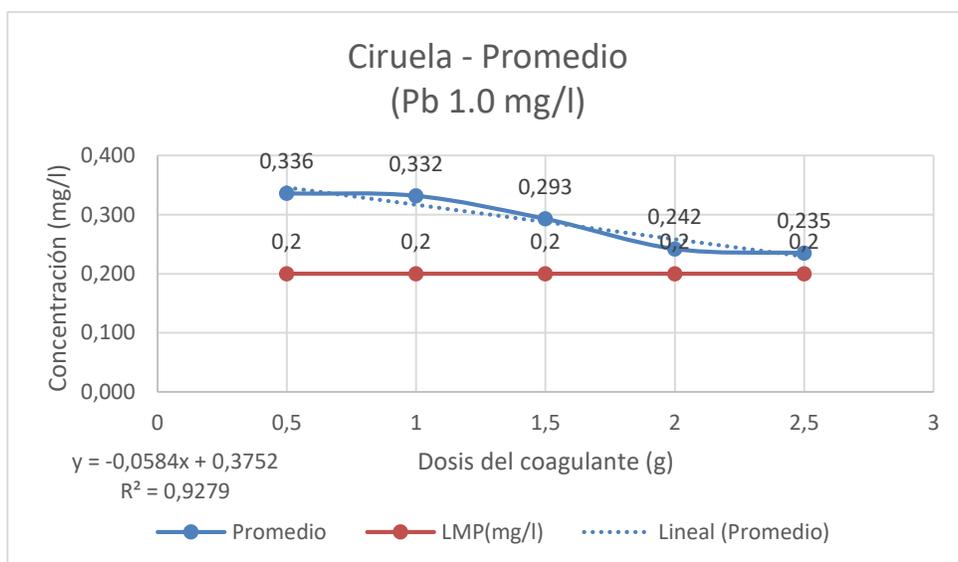
Interpretación: Para el Kiwi, observamos que el coeficiente de correlación es regular en el segundo y tercero tratamiento ( $0.5 \leq R < 0.8$ ), en el primero es malo ( $R < 0.5$ ); y que el más eficiente es el tercer tratamiento (73.62 %).



**Figura 37:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Ciruela para plomo

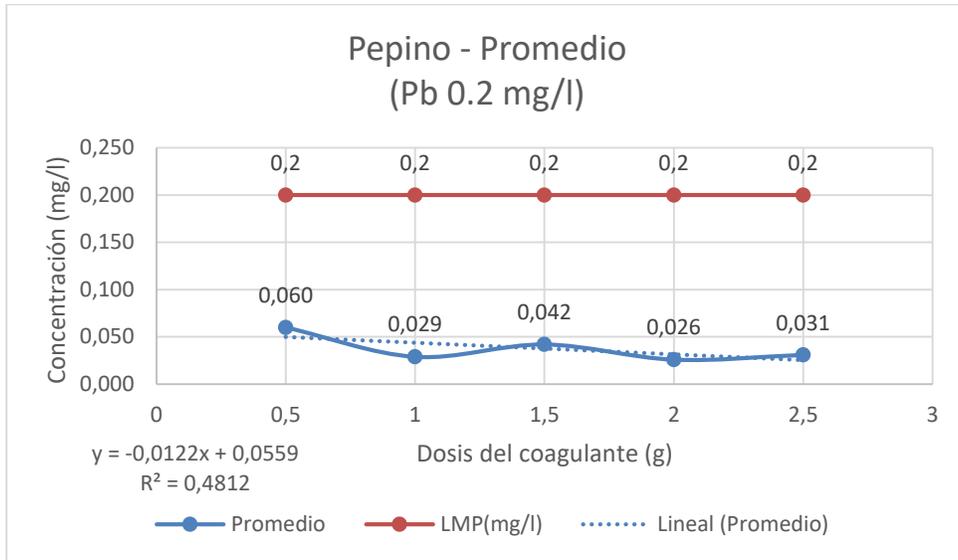


**Figura 38:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la Ciruela para plomo

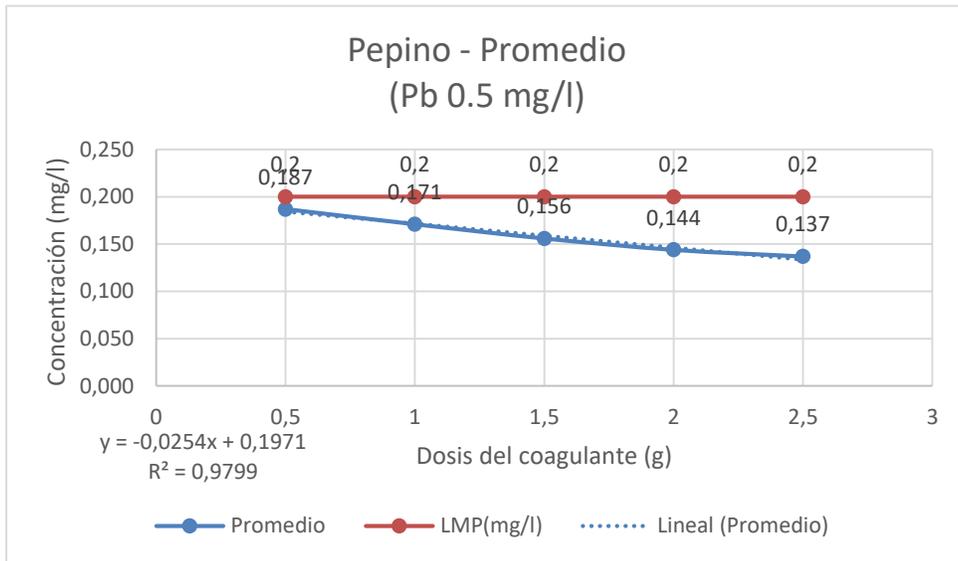


**Figura 39:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Ciruela para plomo

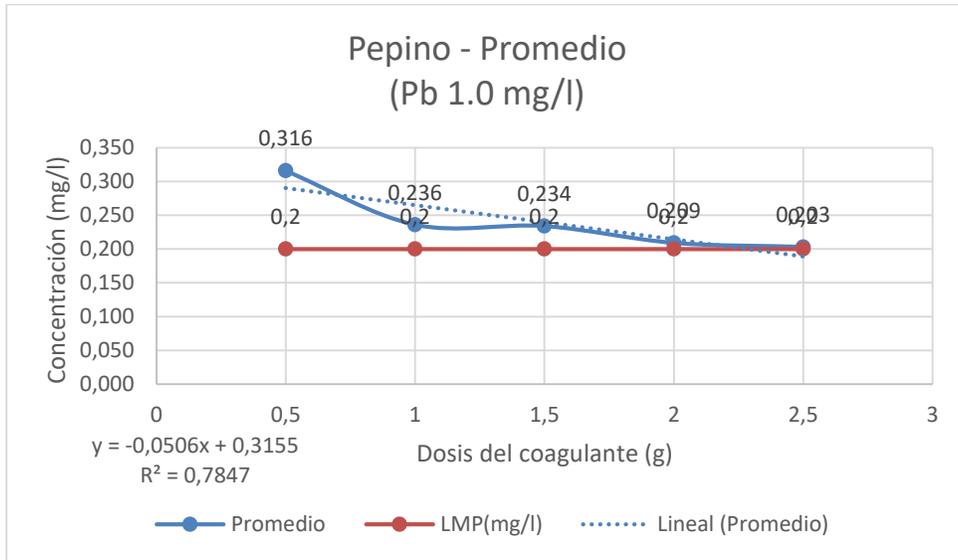
Interpretación: Para la Ciruela, observamos que el coeficiente de correlación es malo en el primer tratamiento ( $R < 0,5$ ), en el segundo es bueno ( $0,8 \leq R < 0,9$ ) en el tercer es excelente ( $0,9 \leq R < 1$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (76.53 %).



**Figura 40:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el pepino para plomo

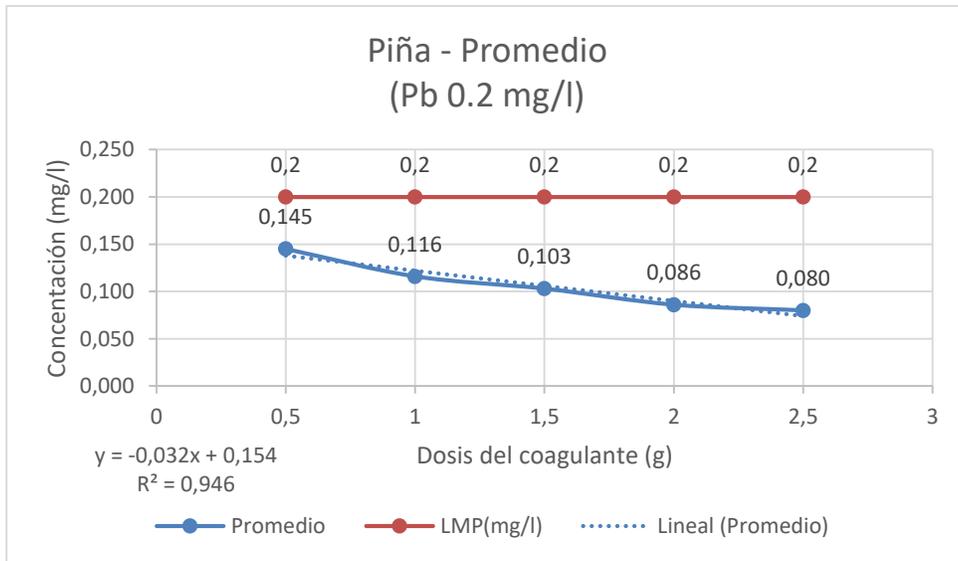


**Figura 41:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con el pepino para plomo

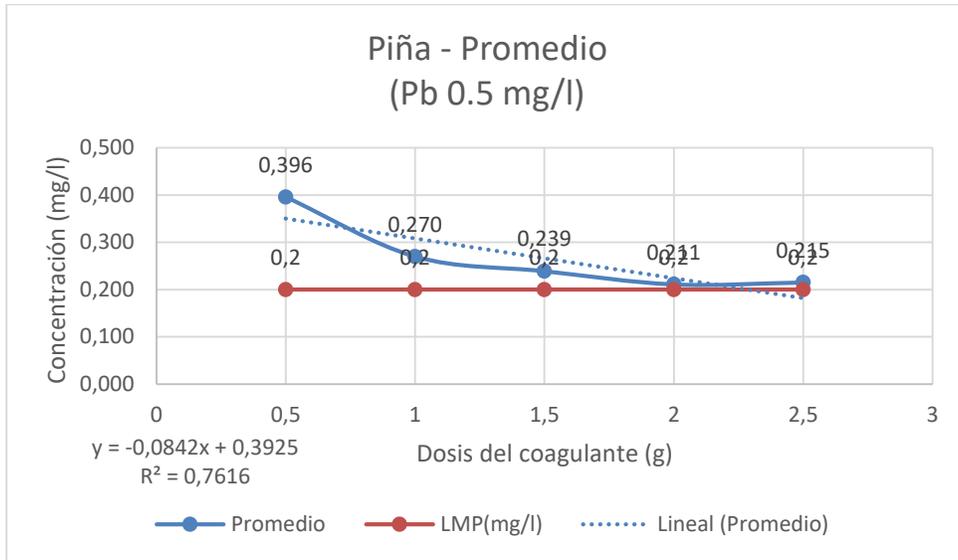


**Figura 42:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el pepino para plomo

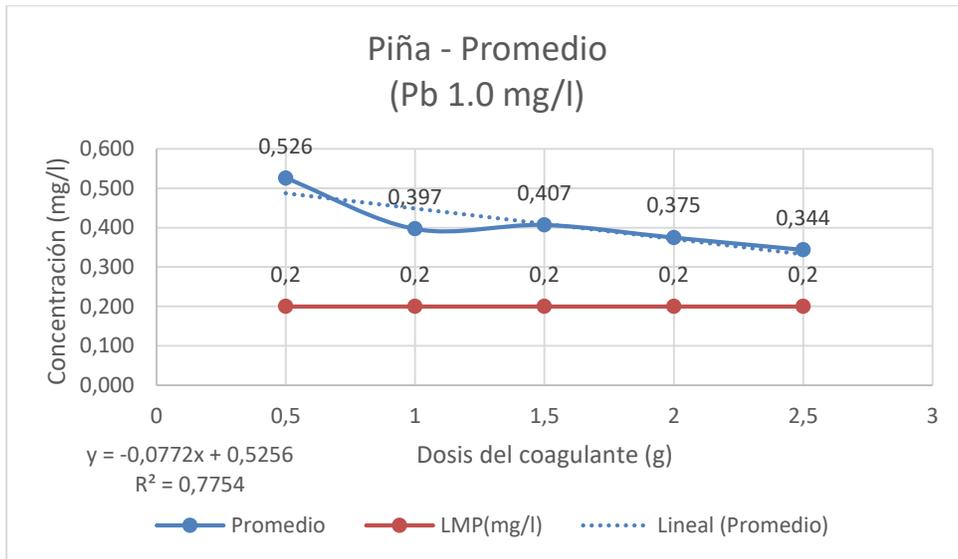
Interpretación: Para el Pepino, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el segundo tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el primero y tercero es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ), y que el más eficiente es el segundo tratamiento (72.60%).



**Figura 43:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Piña para plomo

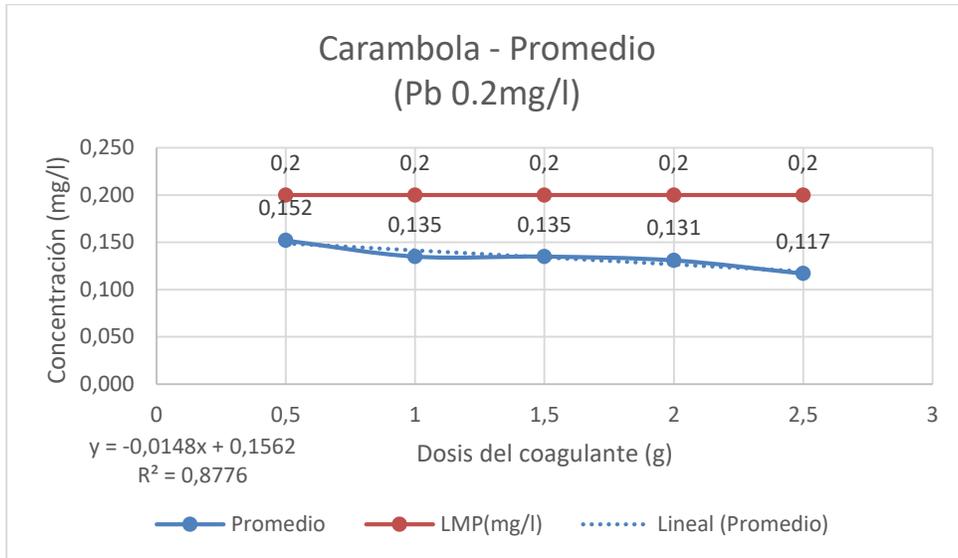


**Figura 44:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Piña para plomo

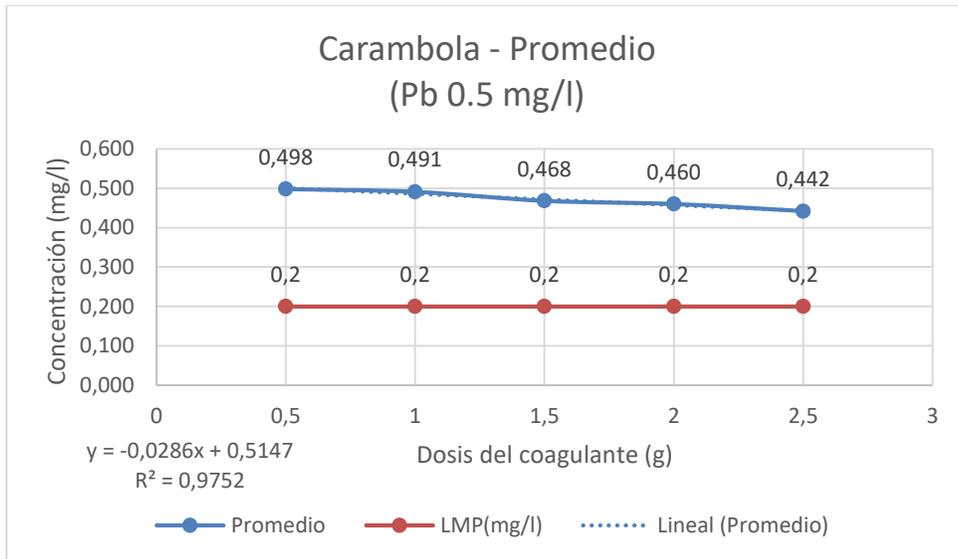


**Figura 45:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Piña para plomo

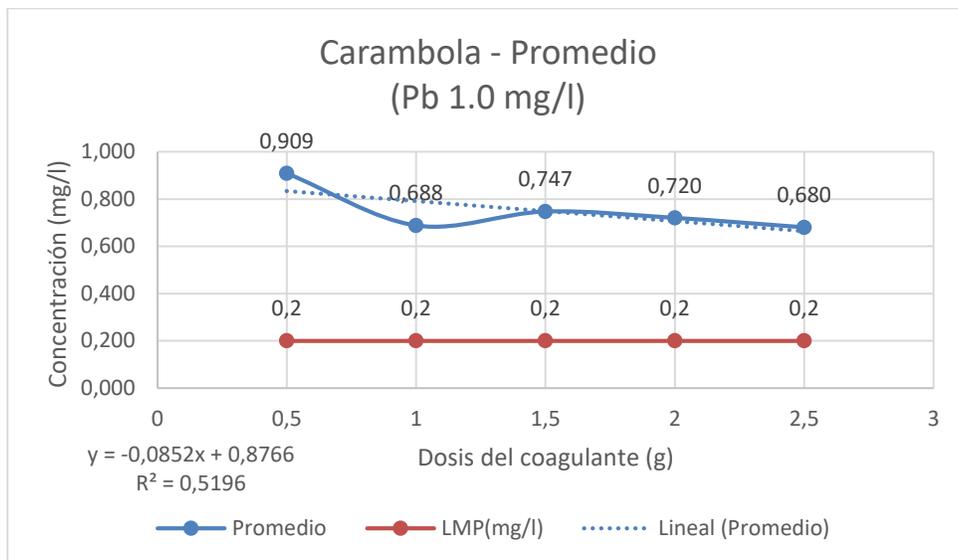
Interpretación: Para la Piña, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en primer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el segundo y tercero es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ), y que el más eficiente es el tercer tratamiento (65.60%).



**Figura 46:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Carambola para plomo



**Figura 47:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la Carambola para plomo



**Figura 48:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Carambola para plomo

Interpretación: Para la Carambola, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en segundo y tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el primero es bueno ( $0.8 \leq R < 0.9$ ), y que el más eficiente es el tercer tratamiento (32.03%).

**Tabla 21:** Mejores niveles de dosis y coagulante según fruta analizada para contrarrestar el plomo

	Dosis	Coagulante
<b>Uva</b>	1, 1.5, 2 y 2.5	0.2 y 0.5
<b>Cocona</b>	2.0 y 2.5	0.2
<b>Tamarindo</b>	1.5, 2 y 2.5	0.2
<b>Maracuyá</b>	0.5, 2 y 2.5	0.2
<b>Mandarina</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Toronja</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Lima</b>	0.5, 1, 2 y 2.5	0.2
<b>Naranja</b>	2.5	0.2
<b>Manzana</b>	2.5	0.2
<b>Membrillo</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Kiwi</b>	1.5 y 2.5	0.2
<b>Ciruela</b>	2 y 2.5	0.2

<b>Pepino</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Piña</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Carambola</b>	1.5, 2 y 2.5	0.2

Fuente: Elaboración propia

En resumen, con los resultados anteriores y al 95% de confianza los mejores resultados para el tratamiento contra el plomo destaca la manzana, trabajando con un coagulante al 0.2 mg/l y una dosis al 2.5.

**Tabla 22.** Determinación de la dosis óptima y eficiencia con los 15 floculantes orgánicos en la absorción de cadmio

	Coagulantes	Dosis (g)	Cd (mg/l) (Lect. Espectro)	Cd (mg/l) (Lect. Espectro)	Cd (mg/l) (Lect. Espectro)	Promedio	LMP(mg/l)	Eficiencia (%)
UVA	UVA 1 (Pb 0.2 mg/l)	0.5	0.052	0.052	0.053	0.052	0.05	83
		1	0.047	0.048	0.05	0.048	0.05	
		1.5	0.046	0.046	0.047	0.046	0.05	
		2	0.039	0.04	0.04	0.040	0.05	
		2.5	0.034	0.034	0.034	0.034	0.05	
	UVA 2 (Pb 0.5 mg/l)	0.5	0.22	0.22	0.221	0.220	0.05	79
		1	0.193	0.195	0.194	0.194	0.05	
		1.5	0.15	0.151	0.153	0.151	0.05	
		2	0.121	0.121	0.124	0.122	0.05	
		2.5	0.105	0.105	0.105	0.105	0.05	
	UVA 3 (Pb 1.0 mg/l)	0.5	0.486	0.518	0.487	0.497	0.05	67.7
		1	0.455	0.456	0.452	0.454	0.05	
		1.5	0.402	0.404	0.396	0.401	0.05	
		2	0.373	0.374	0.369	0.372	0.05	
		2.5	0.323	0.323	0.322	0.323	0.05	
COCONA	COCONA 1	0.5	0.051	0.051	0.047	0.050	0.05	88.5
		1	0.046	0.046	0.045	0.046	0.05	
		1.5	0.037	0.037	0.038	0.037	0.05	
		2	0.021	0.022	0.022	0.022	0.05	
		2.5	0.023	0.022	0.023	0.023	0.05	
	COCONA 2	0.5	0.164	0.165	0.165	0.165	0.05	89.6
		1	0.153	0.154	0.153	0.153	0.05	
		1.5	0.107	0.107	0.107	0.107	0.05	
		2	0.116	0.123	0.116	0.118	0.05	
		2.5	0.052	0.053	0.052	0.052	0.05	

	COCONA 3	0.5	0.301	0.301	0.304	0.302	0.05	92.8
		1	0.219	0.22	0.226	0.222	0.05	
		1.5	0.087	0.087	0.088	0.087	0.05	
		2	0.084	0.084	0.085	0.084	0.05	
		2.5	0.072	0.072	0.073	0.072	0.05	
TAMARIN DO	TAMARIN DO 1	0.5	0.039	0.039	0.039	0.039	0.05	94.5
		1	0.034	0.034	0.033	0.034	0.05	
		1.5	0.02	0.02	0.02	0.020	0.05	
		2	0.018	0.018	0.018	0.018	0.05	
		2.5	0.011	0.011	0.011	0.011	0.05	
	TAMARIN DO 2	0.5	0.23	0.23	0.233	0.231	0.05	92.4
		1	0.184	0.185	0.186	0.185	0.05	
		1.5	0.171	0.171	0.172	0.171	0.05	
		2	0.137	0.137	0.137	0.137	0.05	
		2.5	0.037	0.038	0.038	0.038	0.05	
	TAMARIN DO 3	0.5	0.489	0.49	0.489	0.489	0.05	70.4
		1	0.454	0.456	0.455	0.455	0.05	
		1.5	0.407	0.423	0.406	0.412	0.05	
		2	0.373	0.373	0.372	0.373	0.05	
		2.5	0.295	0.297	0.295	0.296	0.05	
MARACUY A	MARACUY A 1	0.5	0.049	0.049	0.048	0.049	0.05	82
		1	0.042	0.044	0.042	0.043	0.05	
		1.5	0.043	0.046	0.042	0.044	0.05	
		2	0.03	0.03	0.029	0.030	0.05	
		2.5	0.037	0.037	0.035	0.036	0.05	
	MARACUY A 2	0.5	0.228	0.228	0.227	0.228	0.05	76
		1	0.186	0.187	0.186	0.186	0.05	
		1.5	0.161	0.161	0.161	0.161	0.05	
		2	0.137	0.138	0.136	0.137	0.05	
		2.5	0.12	0.121	0.119	0.120	0.05	
	MARACUY A 3	0.5	0.444	0.447	0.445	0.445	0.05	79.4
		1	0.396	0.397	0.393	0.395	0.05	
		1.5	0.283	0.286	0.286	0.285	0.05	
		2	0.241	0.241	0.224	0.235	0.05	
		2.5	0.206	0.206	0.206	0.206	0.05	
MANDARI NA	MANDARI NA 1	0.5	0.029	0.029	0.029	0.029	0.05	94.5
		1	0.023	0.024	0.023	0.023	0.05	
		1.5	0.014	0.014	0.013	0.014	0.05	
		2	0.011	0.011	0.012	0.011	0.05	
		2.5	0.011	0.011	0.011	0.011	0.05	

	MANDARINA 2	0.5	0.172	0.172	0.171	0.172	0.05	97
		1	0.153	0.153	0.152	0.153	0.05	
		1.5	0.102	0.102	0.099	0.101	0.05	
		2	0.041	0.041	0.041	0.041	0.05	
		2.5	0.015	0.015	0.015	0.015	0.05	
	MANDARINA 3	0.5	0.458	0.459	0.459	0.459	0.05	80.2
		1	0.394	0.394	0.394	0.394	0.05	
		1.5	0.361	0.361	0.361	0.361	0.05	
		2	0.27	0.27	0.269	0.270	0.05	
		2.5	0.197	0.198	0.198	0.198	0.05	
TORONJA	TORONJA 1	0.5	0.046	0.05	0.049	0.048	0.05	89.5
		1	0.033	0.034	0.034	0.034	0.05	
		1.5	0.039	0.04	0.038	0.039	0.05	
		2	0.024	0.024	0.024	0.024	0.05	
		2.5	0.021	0.021	0.021	0.021	0.05	
	TORONJA 2	0.5	0.053	0.056	0.053	0.054	0.05	93.2
		1	0.051	0.051	0.051	0.051	0.05	
		1.5	0.045	0.045	0.045	0.045	0.05	
		2	0.031	0.031	0.031	0.031	0.05	
		2.5	0.034	0.034	0.033	0.034	0.05	
	TORONJA 3	0.5	0.162	0.163	0.163	0.163	0.05	92.1
		1	0.118	0.118	0.121	0.119	0.05	
		1.5	0.114	0.114	0.115	0.114	0.05	
		2	0.113	0.113	0.113	0.113	0.05	
		2.5	0.077	0.08	0.08	0.079	0.05	
LIMA	LIMA 1	0.5	0.037	0.037	0.037	0.037	0.05	93
		1	0.030	0.03	0.03	0.030	0.05	
		1.5	0.031	0.032	0.031	0.031	0.05	
		2	0.011	0.011	0.012	0.011	0.05	
		2.5	0.014	0.014	0.013	0.014	0.05	
	LIMA 2	0.5	0.104	0.105	0.104	0.104	0.05	84.8
		1	0.067	0.067	0.067	0.067	0.05	
		1.5	0.084	0.087	0.085	0.085	0.05	
		2	0.087	0.089	0.087	0.088	0.05	
		2.5	0.076	0.076	0.076	0.076	0.05	
	LIMA 3	0.5	0.35	0.35	0.35	0.350	0.05	73.6
		1	0.409	0.41	0.41	0.410	0.05	
		1.5	0.321	0.322	0.322	0.322	0.05	
		2	0.244	0.244	0.244	0.244	0.05	
		2.5	0.263	0.264	0.264	0.264	0.05	

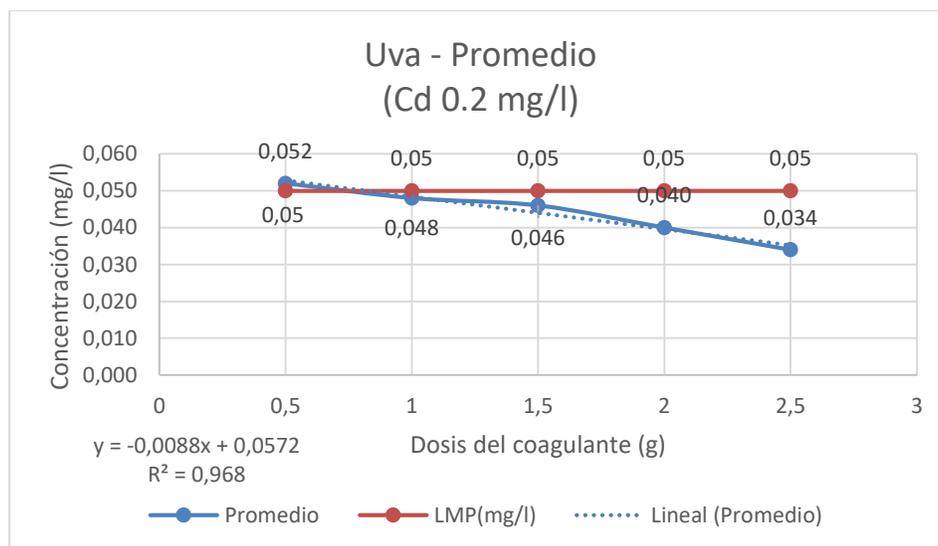
NARANJA	NARANJA 1	0.5	0.263	0.063	0.066	0.131	0.05	92.5	
		1	0.018	0.018	0.018	0.018	0.05		
		1.5	0.014	0.014	0.014	0.014	0.05		
		2	0.017	0.018	0.017	0.017	0.05		
		2.5	0.015	0.016	0.015	0.015	0.05		
	NARANJA 2	0.5	0.332	0.333	0.332	0.332	0.332	0.05	60.4
		1	0.238	0.238	0.239	0.238	0.238	0.05	
		1.5	0.234	0.235	0.235	0.235	0.235	0.05	
		2	0.196	0.199	0.199	0.199	0.198	0.05	
		2.5	0.198	0.197	0.199	0.199	0.198	0.05	
	NARANJA 3	0.5	0.612	0.615	0.615	0.615	0.614	0.05	82.5
		1	0.5	0.485	0.485	0.485	0.484	0.05	
1.5		0.421	0.422	0.423	0.423	0.422	0.05		
2		0.213	0.216	0.215	0.215	0.215	0.05		
2.5		0.174	0.175	0.177	0.177	0.175	0.05		
MANZAN A	MANZAN A 1	0.5	0.048	0.049	0.051	0.049	0.05	94.5	
		1	0.025	0.025	0.026	0.025	0.05		
		1.5	0.026	0.026	0.027	0.026	0.05		
		2	0.03	0.03	0.03	0.03	0.030		0.05
		2.5	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011		0.05
	MANZAN A 2	0.5	0.218	0.219	0.228	0.222	0.222	0.05	92.6
		1	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163	0.05	
		1.5	0.062	0.062	0.063	0.062	0.062	0.05	
		2	0.047	0.05	0.05	0.049	0.049	0.05	
		2.5	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.05	
	MANZAN A 3	0.5	0.308	0.31	0.309	0.309	0.309	0.05	94.3
		1	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.05	
1.5		0.1	0.101	0.101	0.101	0.101	0.05		
2		0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.05		
2.5		0.056	0.057	0.057	0.057	0.057	0.05		
MEMBRIL LO	MEMBRIL LO 1	0.5	0.079	0.08	0.079	0.079	0.079	0.05	87
		1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.060	0.05	
		1.5	0.041	0.044	0.042	0.042	0.042	0.05	
		2	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.05	
		2.5	0.025	0.026	0.026	0.026	0.026	0.05	
	MEMBRIL LO 2	0.5	0.075	0.078	0.076	0.076	0.076	0.05	89.2
		1	0.06	0.061	0.063	0.061	0.061	0.05	
		1.5	0.055	0.058	0.056	0.056	0.056	0.05	
		2	0.052	0.052	0.056	0.053	0.053	0.05	
		2.5	0.053	0.052	0.056	0.054	0.054	0.05	

	MEMBRIL LO 3	0.5	0.15	0.151	0.15	0.150	0.05	92.5
		1	0.115	0.118	0.115	0.116	0.05	
		1.5	0.107	0.107	0.108	0.107	0.05	
		2	0.096	0.099	0.097	0.097	0.05	
		2.5	0.075	0.076	0.075	0.075	0.05	
KIWI	KIWI 1	0.5	0.052	0.053	0.053	0.053	0.05	77.5
		1	0.04	0.04	0.04	0.040	0.05	
		1.5	0.045	0.045	0.046	0.045	0.05	
		2	0.037	0.037	0.037	0.037	0.05	
		2.5	0.044	0.045	0.045	0.045	0.05	
	KIWI 2	0.5	0.12	0.12	0.121	0.120	0.05	83
		1	0.073	0.073	0.073	0.073	0.05	
		1.5	0.076	0.077	0.078	0.077	0.05	
		2	0.1	0.059	0.059	0.059	0.05	
		2.5	0.085	0.085	0.086	0.085	0.05	
	KIWI 3	0.5	0.16	0.161	0.161	0.161	0.05	83.5
		1	0.144	0.144	0.144	0.144	0.05	
		1.5	0.165	0.165	0.165	0.165	0.05	
		2	0.142	0.142	0.143	0.142	0.05	
		2.5	0.164	0.165	0.165	0.165	0.05	
CIRUELA	CIRUELA 1	0.5	0.03	0.03	0.028	0.029	0.05	87.5
		1	0.028	0.028	0.029	0.028	0.05	
		1.5	0.039	0.04	0.039	0.039	0.05	
		2	0.035	0.035	0.034	0.035	0.05	
		2.5	0.025	0.025	0.025	0.025	0.05	
	CIRUELA 2	0.5	0.058	0.058	0.059	0.058	0.05	92.2
		1	0.047	0.047	0.047	0.047	0.05	
		1.5	0.050	0.05	0.05	0.050	0.05	
		2	0.053	0.054	0.057	0.055	0.05	
		2.5	0.039	0.039	0.039	0.039	0.05	
	CIRUELA 3	0.5	0.165	0.166	0.166	0.166	0.05	88.8
		1	0.16	0.161	0.16	0.160	0.05	
		1.5	0.146	0.147	0.143	0.145	0.05	
		2	0.121	0.124	0.119	0.121	0.05	
		2.5	0.112	0.113	0.11	0.112	0.05	
PEPINO	PEPINO 1	0.5	0.049	0.05	0.05	0.050	0.05	92.5
		1	0.032	0.032	0.033	0.032	0.05	
		1.5	0.026	0.026	0.027	0.026	0.05	
		2	0.023	0.023	0.024	0.023	0.05	
		2.5	0.015	0.015	0.016	0.015	0.05	

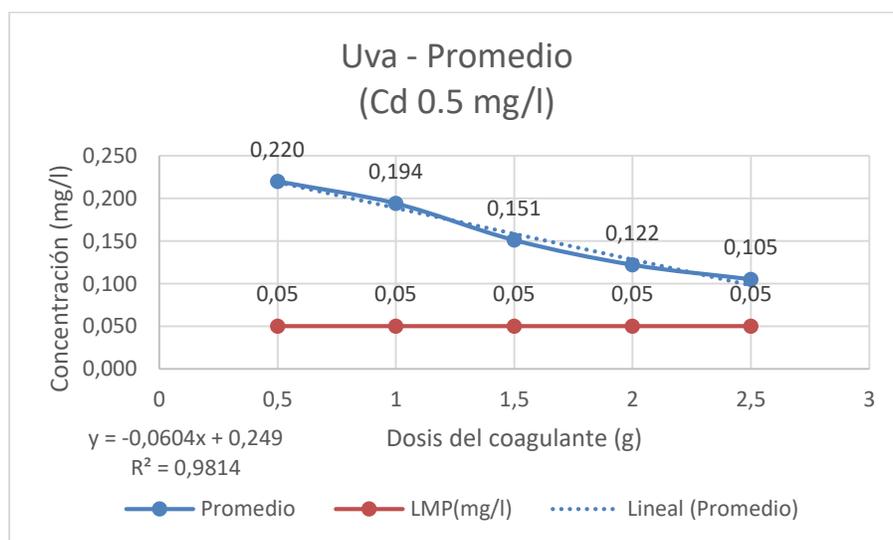
	PEPINO 2	0.5	0.091	0.091	0.092	0.091	0.05	92.6
		1	0.073	0.073	0.072	0.073	0.05	
		1.5	0.058	0.059	0.058	0.058	0.05	
		2	0.039	0.04	0.039	0.039	0.05	
		2.5	0.037	0.037	0.037	0.037	0.05	
	PEPINO 3	0.5	0.158	0.161	0.158	0.159	0.05	89.8
		1	0.118	0.118	0.117	0.118	0.05	
		1.5	0.117	0.118	0.116	0.117	0.05	
		2	0.104	0.104	0.104	0.104	0.05	
		2.5	0.101	0.102	0.102	0.102	0.05	
PIÑA	PIÑA 1	0.5	0.05	0.05	0.05	0.050	0.05	85
		1	0.046	0.046	0.046	0.046	0.05	
		1.5	0.038	0.038	0.037	0.038	0.05	
		2	0.027	0.027	0.025	0.026	0.05	
		2.5	0.030	0.03	0.03	0.030	0.05	
	PIÑA 2	0.5	0.092	0.092	0.092	0.092	0.05	91.4
		1	0.069	0.072	0.068	0.070	0.05	
		1.5	0.054	0.056	0.054	0.055	0.05	
		2	0.054	0.055	0.054	0.054	0.05	
		2.5	0.043	0.043	0.043	0.043	0.05	
	PIÑA 3	0.5	0.227	0.228	0.217	0.224	0.05	83.7
		1	0.199	0.199	0.198	0.199	0.05	
		1.5	0.203	0.204	0.203	0.203	0.05	
		2	0.187	0.187	0.187	0.187	0.05	
		2.5	0.163	0.163	0.163	0.163	0.05	
CARAMBOLA	CARAMBOLA 1	0.5	0.048	0.05	0.048	0.049	0.05	79.5
		1	0.046	0.048	0.045	0.046	0.05	
		1.5	0.046	0.047	0.046	0.046	0.05	
		2	0.046	0.046	0.045	0.046	0.05	
		2.5	0.041	0.042	0.041	0.041	0.05	
	CARAMBOLA 2	0.5	0.176	0.177	0.176	0.176	0.05	92.2
		1	0.12	0.121	0.12	0.120	0.05	
		1.5	0.081	0.082	0.081	0.081	0.05	
		2	0.046	0.047	0.045	0.046	0.05	
		2.5	0.039	0.04	0.039	0.039	0.05	
	CARAMBOLA 3	0.5	0.456	0.456	0.455	0.456	0.05	79.6
		1	0.375	0.375	0.377	0.376	0.05	
		1.5	0.342	0.343	0.342	0.342	0.05	
		2	0.296	0.297	0.293	0.295	0.05	
		2.5	0.204	0.204	0.204	0.204	0.05	

En la tabla 19 determinación de la dosis óptima con los 5 mejores floculantes orgánicos en la absorción de cadmio, se observa tratamientos con diferentes dosis (0.5g, 1g, 1.5g, 2g y 2.5g) determinando que las mejores dosis que presentaron mayor efectividad de absorción ajustándose al LMP se presentó con 1.5, 2 y 2.5 g en todos los floculantes orgánicos, como por ejemplo la manzana el su primer tratamiento con la concentración de 0.2mg/l alcanzo una absorción de 0.011, en su segundo tratamiento con 0.5mg/l alcanzo 0.037 y con una concentración de 1.0mg/l alcanzo 0.057 con una dosis de 2.5g.

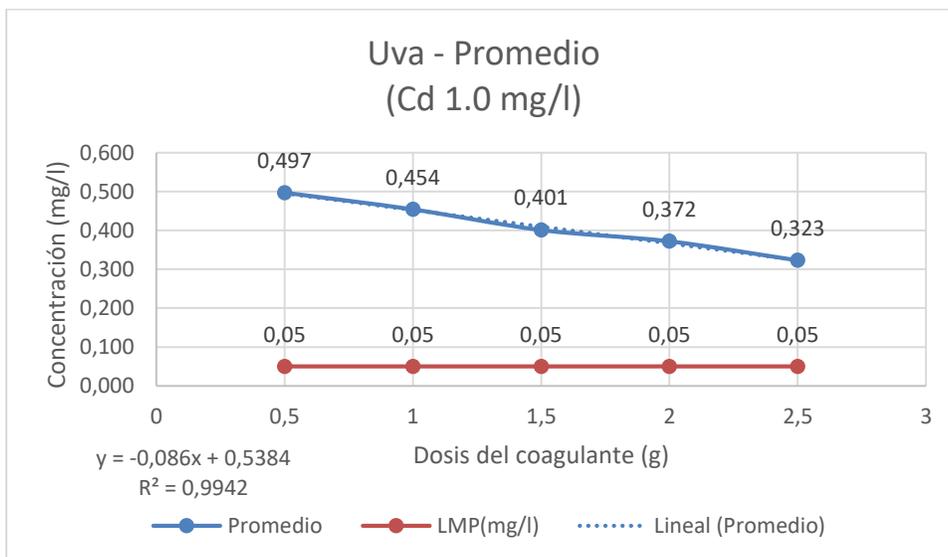
A continuación se muestra de forma gráfica la dosis óptima y eficiencia de los 15 floculantes orgánicos.



**Figura 49:** Dosis óptima y eficiencia del primer tratamiento con la Uva para cadmio

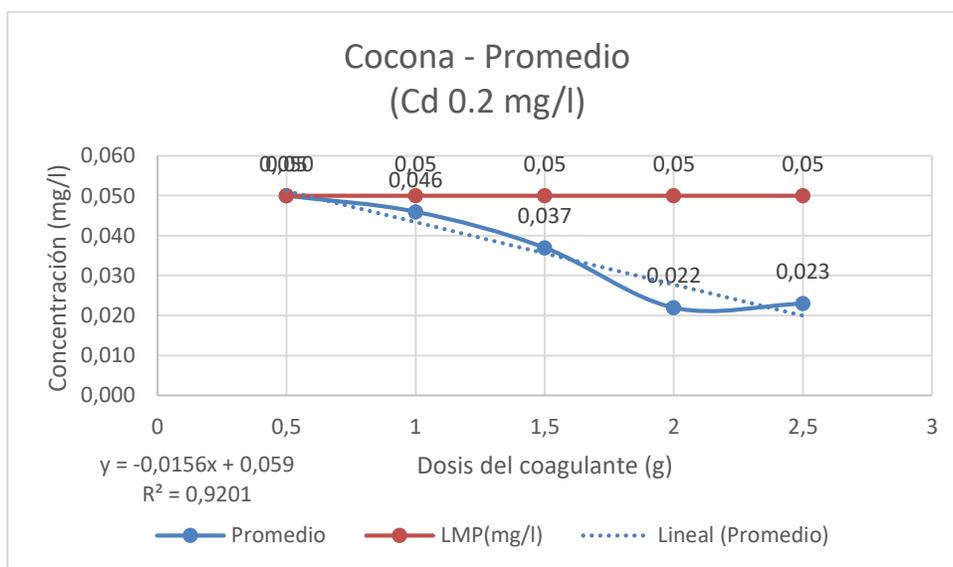


**Figura 50:** Dosis óptima y eficiencia del Segundo tratamiento con la uva para cadmio

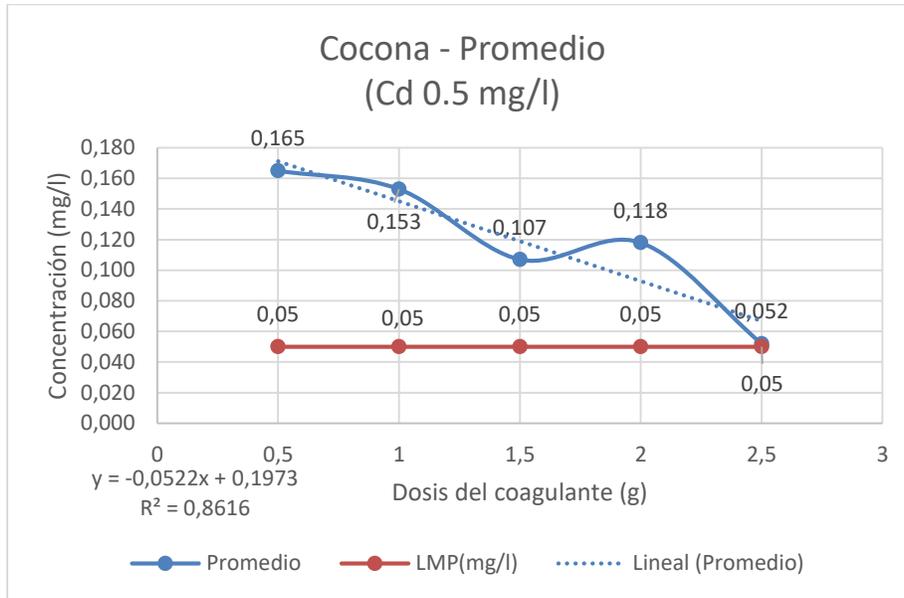


**Figura 51:** Dosis óptima y eficiencia del tercer tratamiento con la uva para cadmio

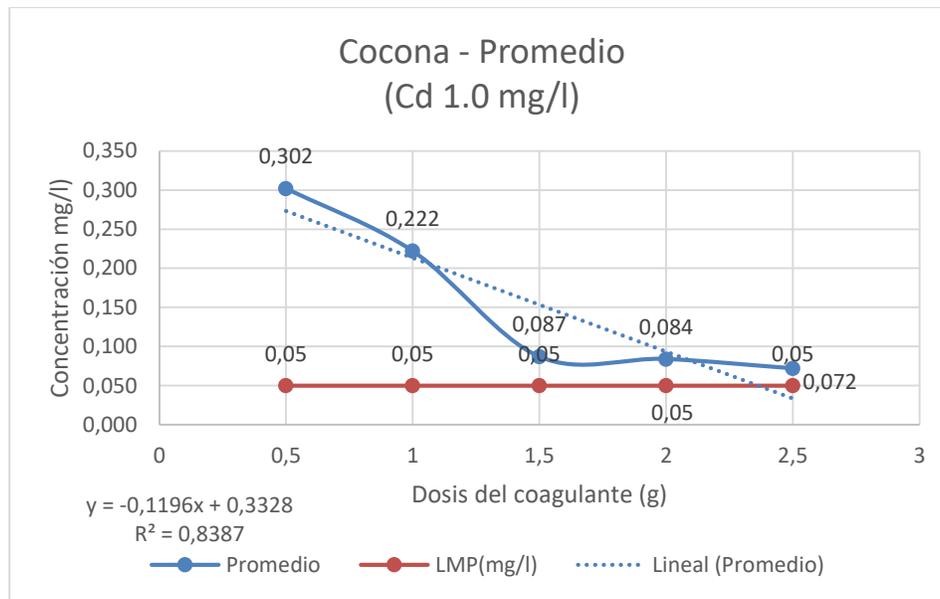
Interpretación: Para la uva en la adsorción de cadmio; observamos que el coeficiente de correlación es excelente en los tres tratamientos ( $0.9 \leq R < 1$ ) y que de los tres tratamientos el más eficiente es el segundo (57.92%).



**Figura 52:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la cocona para cadmio

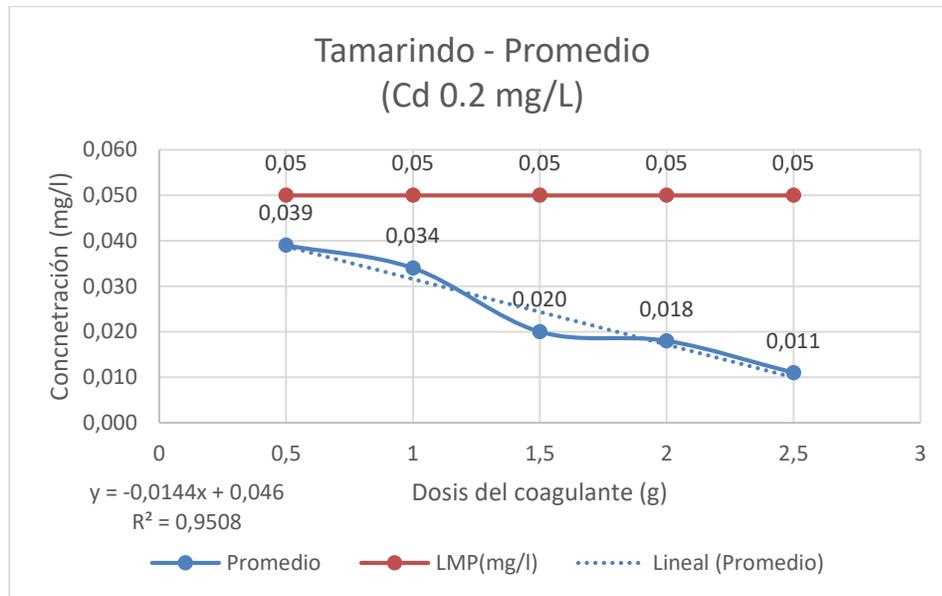


**Figura 53:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la cocona para cadmio

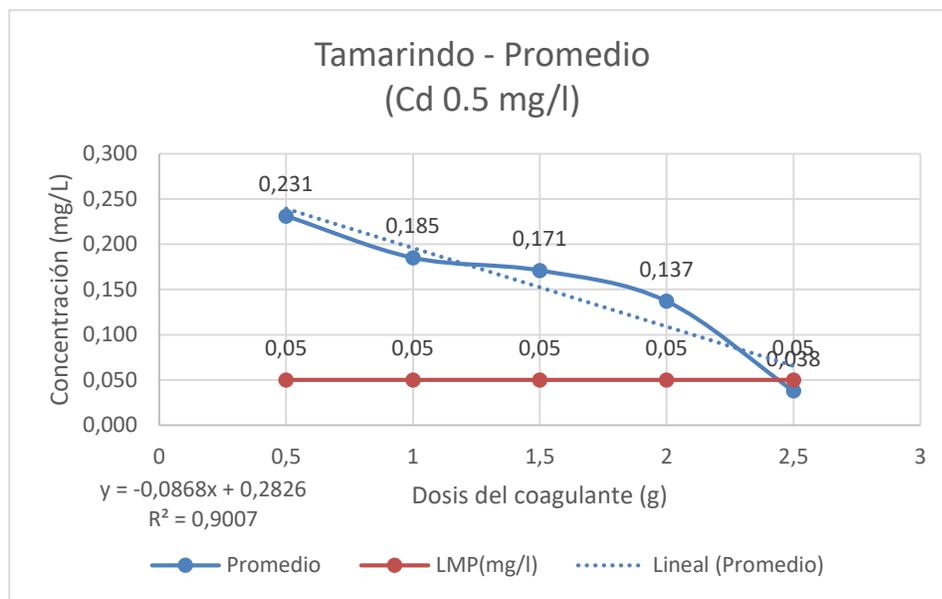


**Figura 54.** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la cocona para cadmio

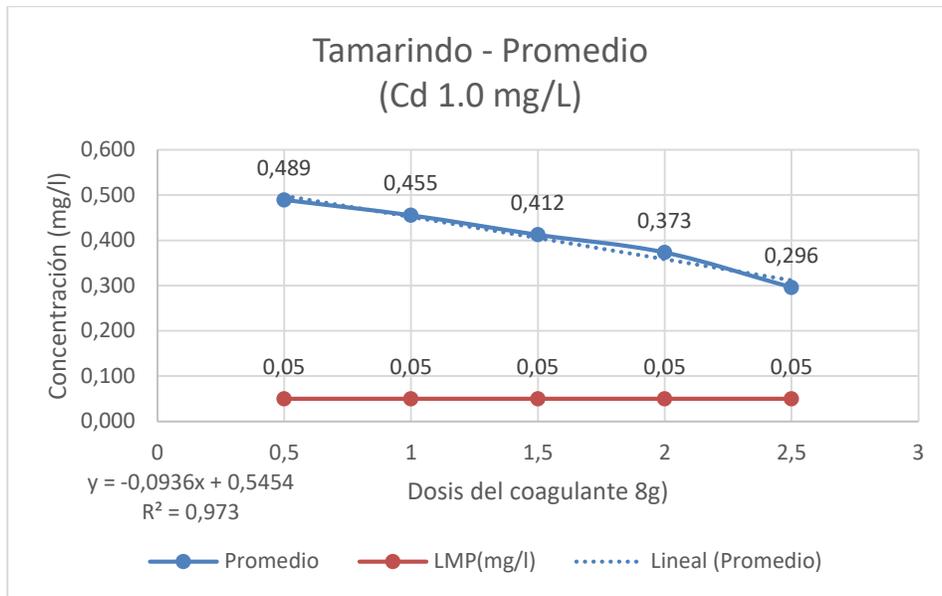
Interpretación: Para la Cocona en la adsorción de cadmio, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el primer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el segundo y tercer es buena ( $0.8 \leq R < 0.9$ ) y que el más eficiente es el segundo tratamiento (86.64%).



**Figura 55:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Tamarindo para cadmio

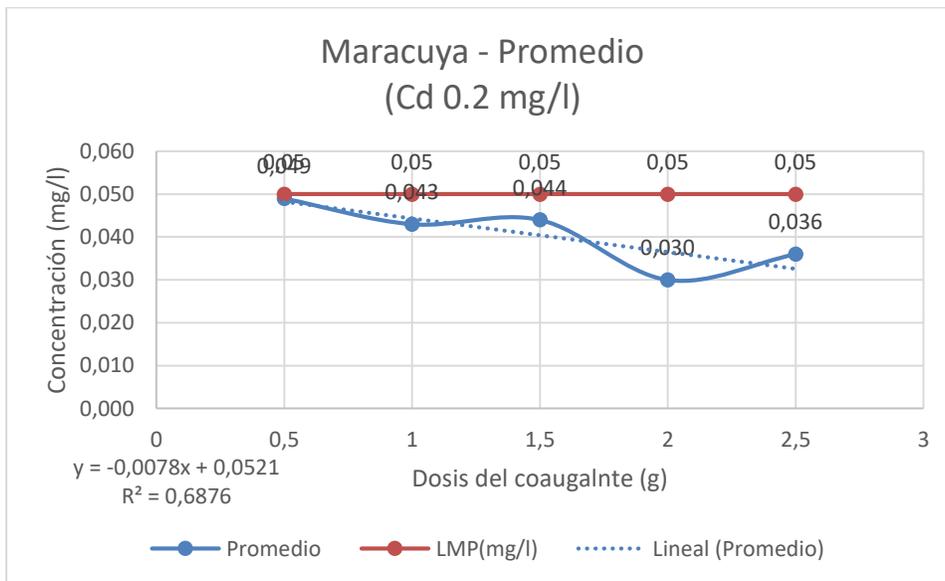


**Figura 56:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Tamarindo para cadmio

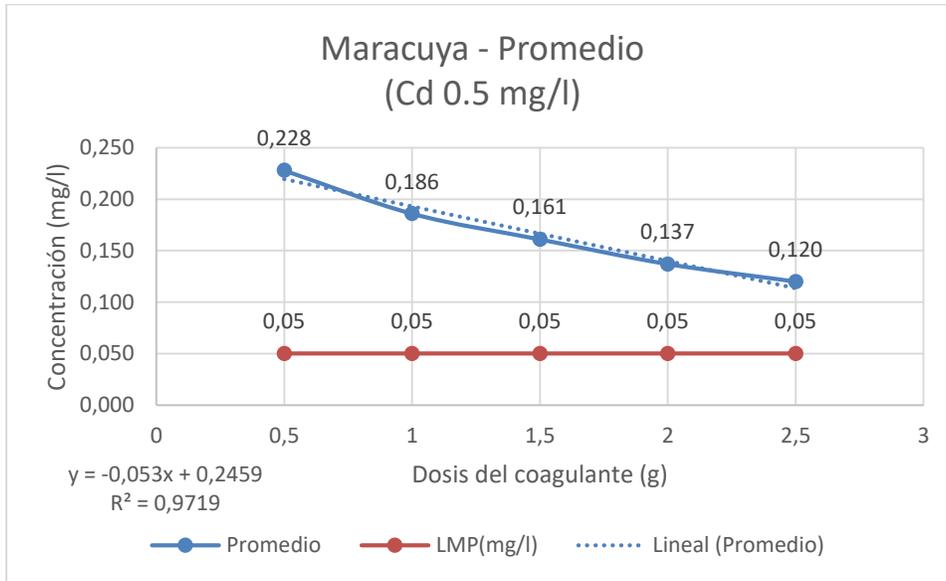


**Figura 57:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Tamarindo para cadmio

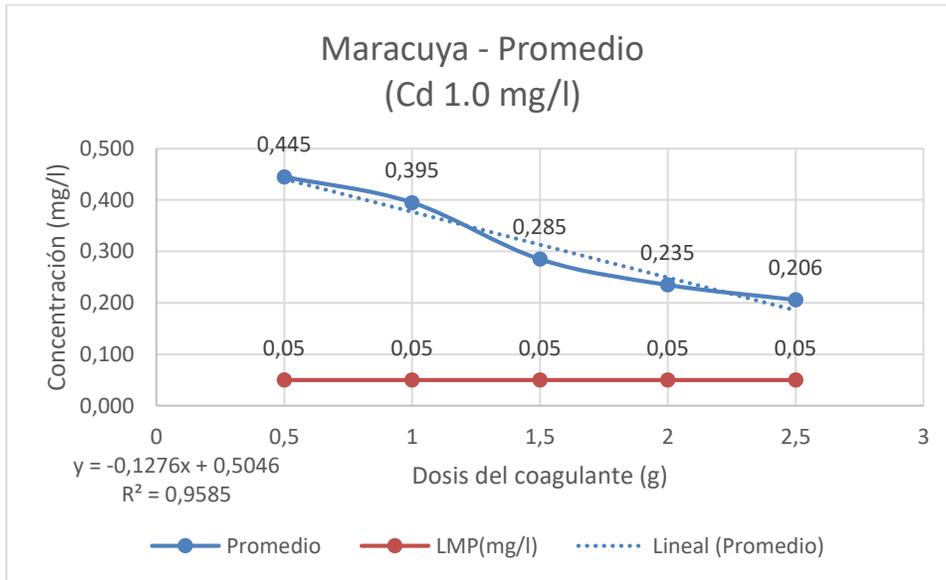
Interpretación: Para el tamarindo, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el primer y tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el segundo es buena ( $0.8 \leq R < 0.9$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (72.30%).



**Figura 58:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Maracuyá para cadmio

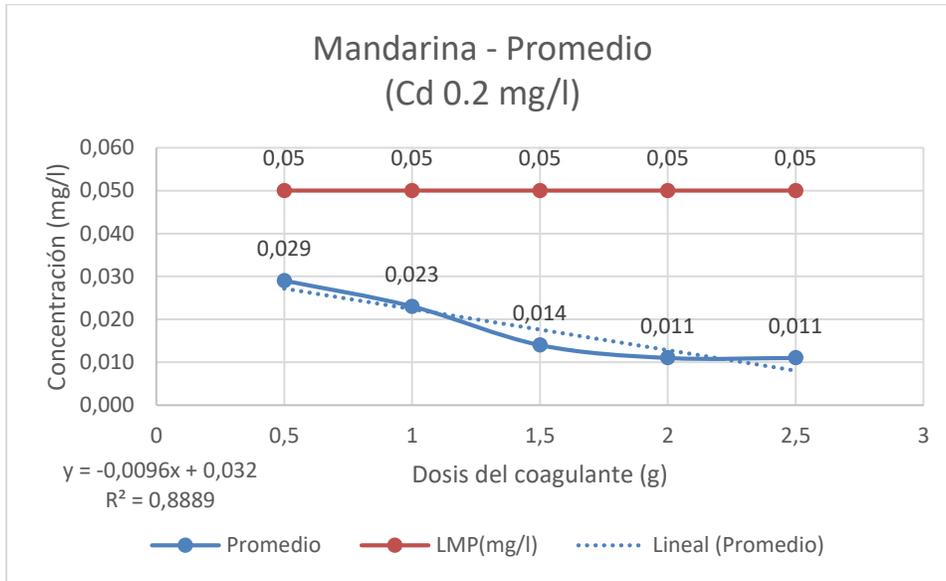


**Figura 59:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Maracuyá para cadmio

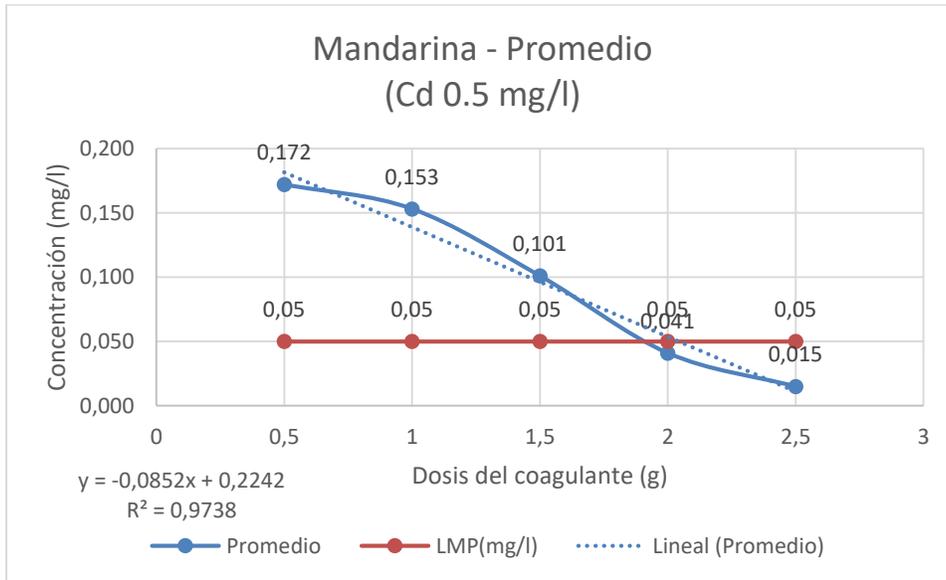


**Figura 60:** Dosis óptimo y promedio del tercer tratamiento con la Maracuyá para cadmio

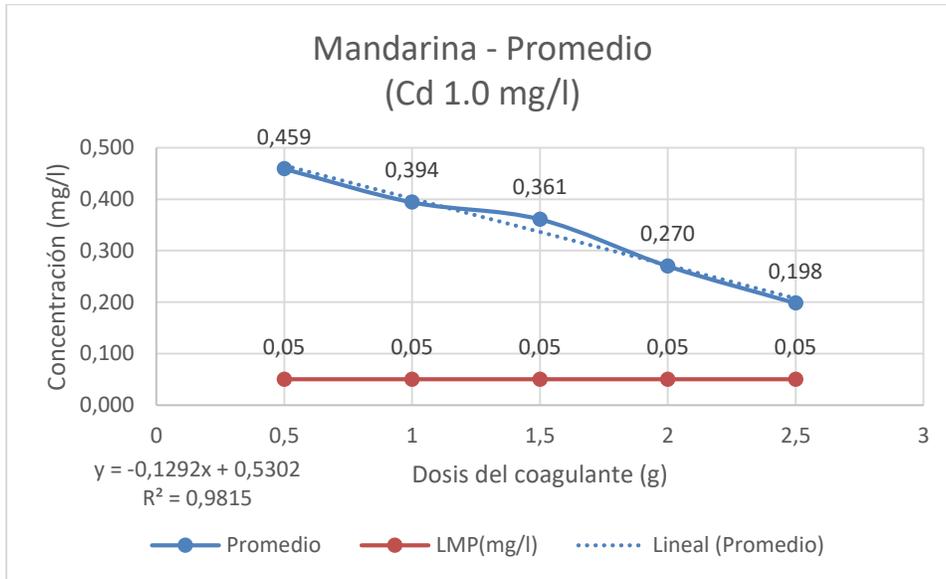
Interpretación: Para la maracuyá, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el segundo y tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el primero es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (81.07%).



**Figura 61:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Mandarina para cadmio

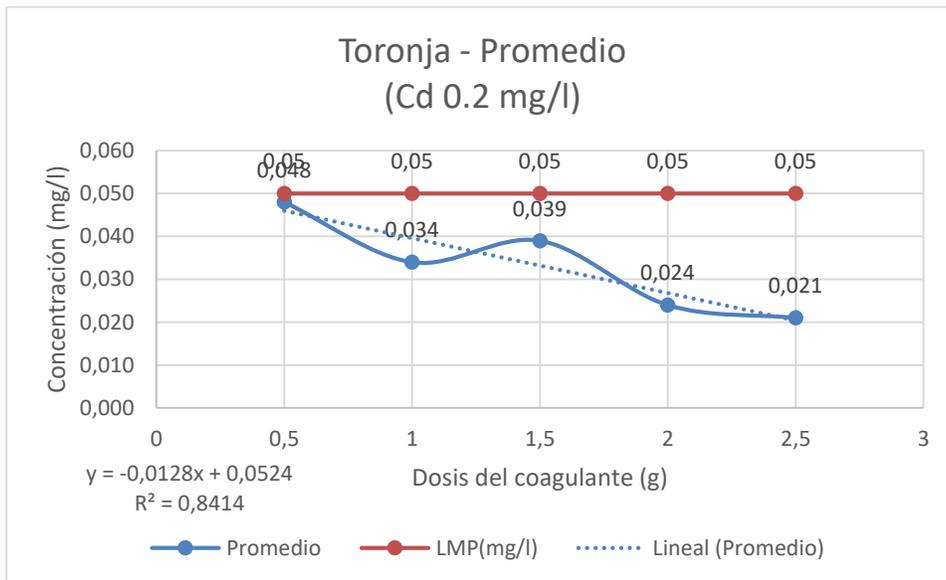


**Figura 62:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Mandarina para cadmio

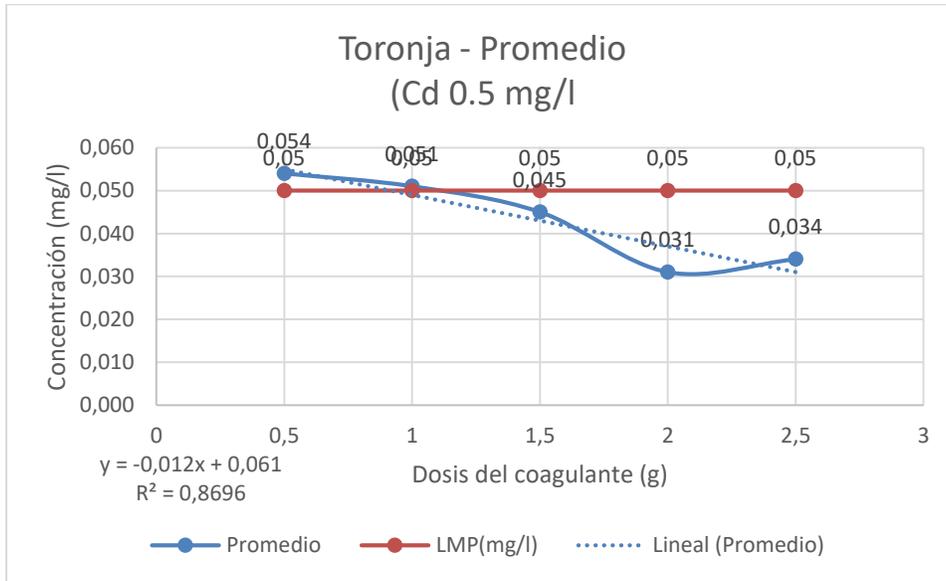


**Figura 63:** Dosis óptima y promedio de tercer tratamiento con la Mandarina para cadmio

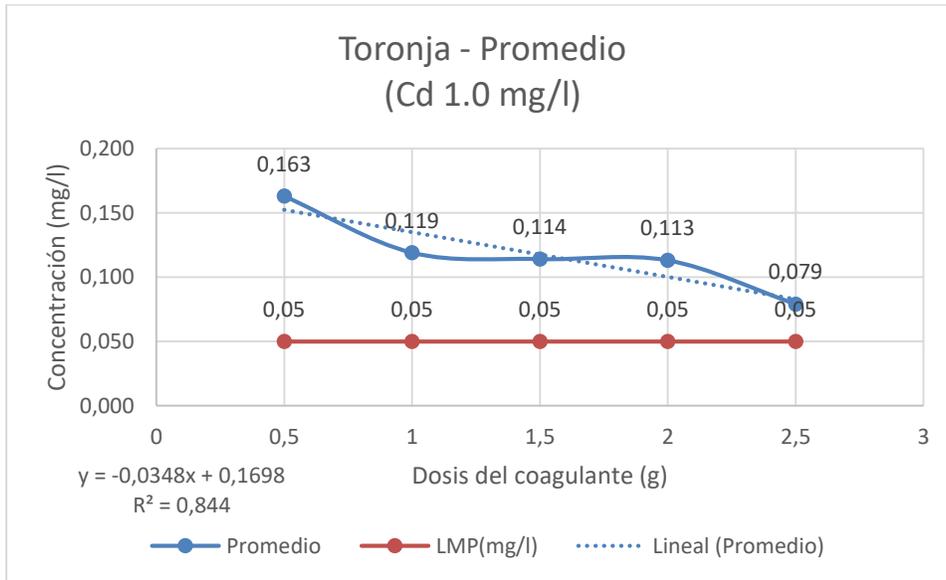
Interpretación: Para la mandarina, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el segundo y tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el primero es bueno ( $0.8 \leq R < 0.9$ ) y que el más eficiente es el segundo tratamiento (71.51%).



**Figura 64:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Toronja para cadmio

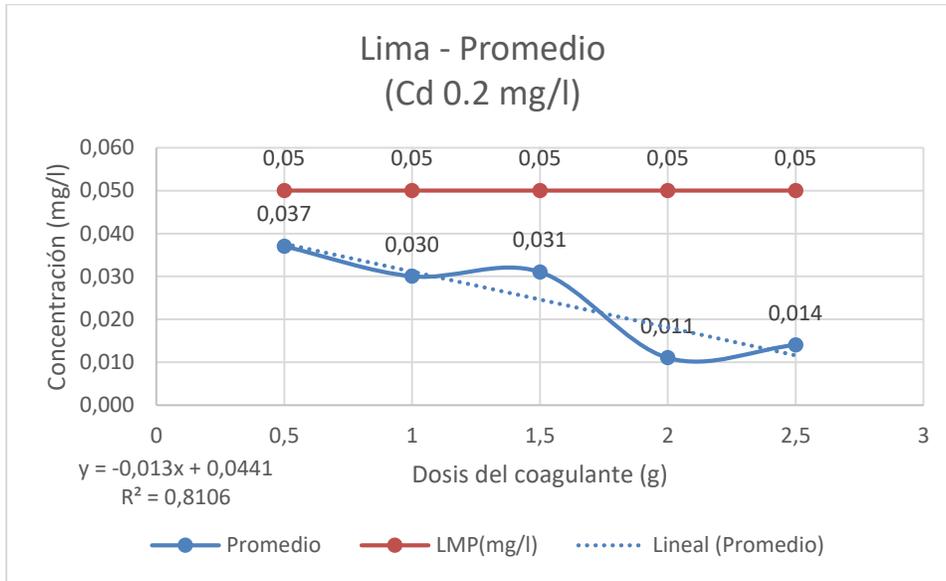


**Figura 65:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Toronja para cadmio

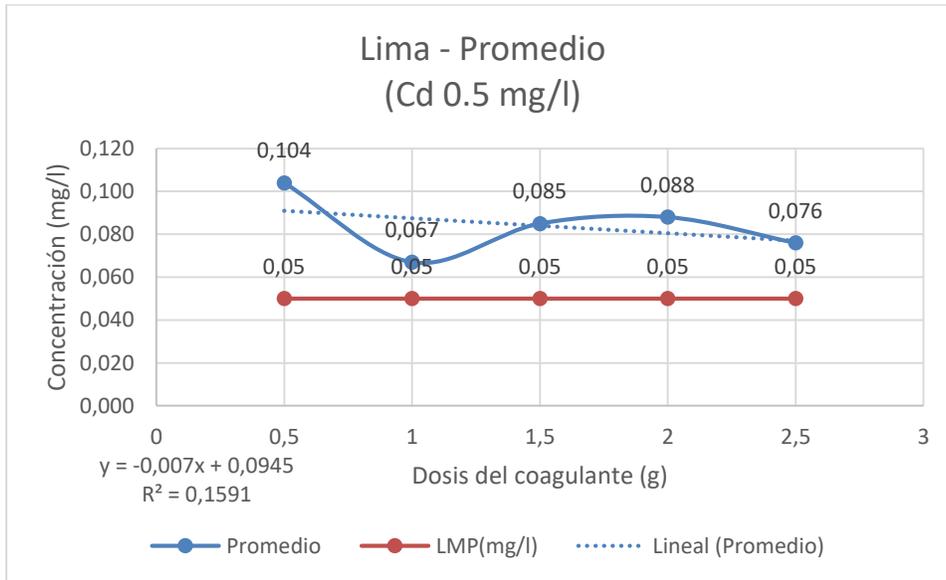


**Figura 66:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Toronja para cadmio

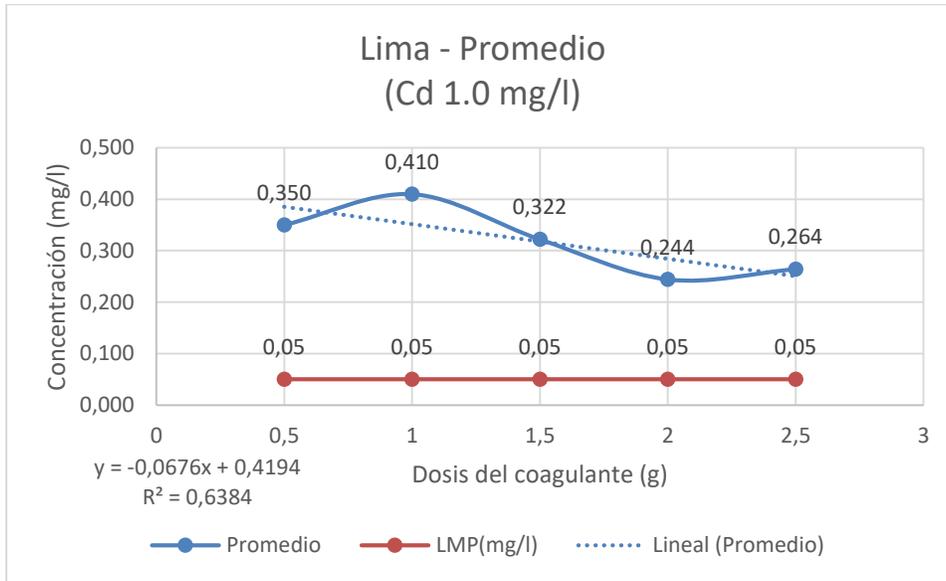
Interpretación: Para la toronja, observamos que el coeficiente de correlación es bueno en los tres tratamientos ( $0.8 \leq R < 0.9$ ) y que de los tres tratamientos el más eficiente es el tercero (78.18%).



**Figura 67:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Lima para cadmio

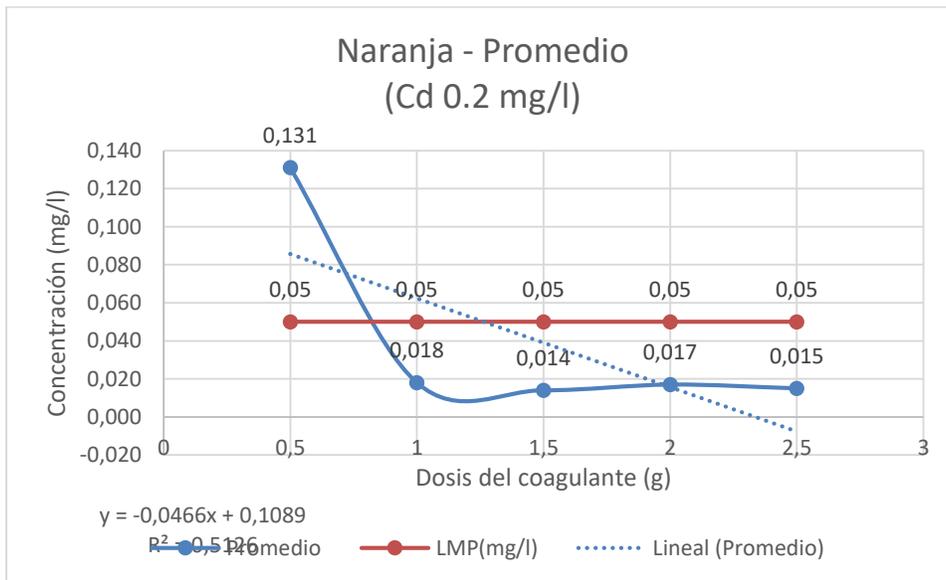


**Figura 68:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Lima para cadmio

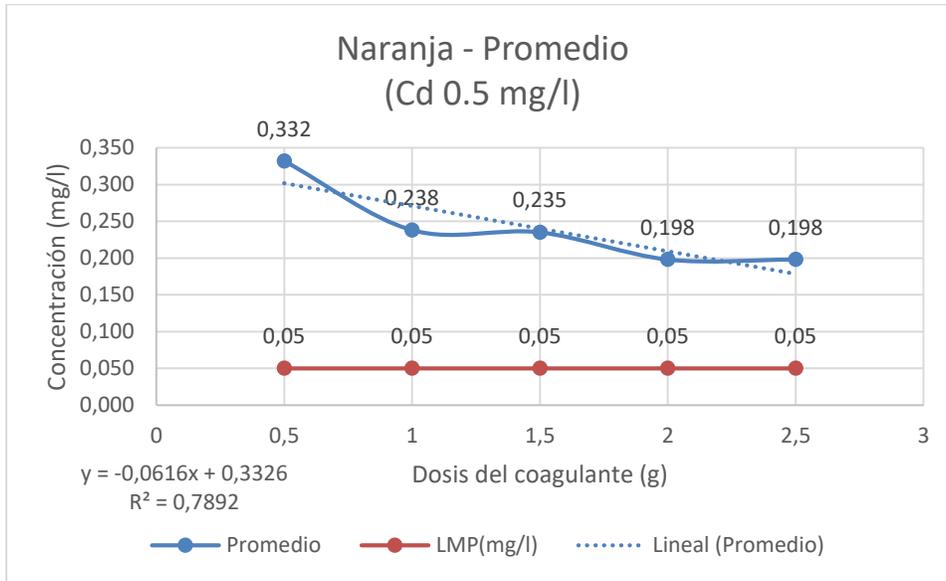


**Figura 69:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Lima para cadmio

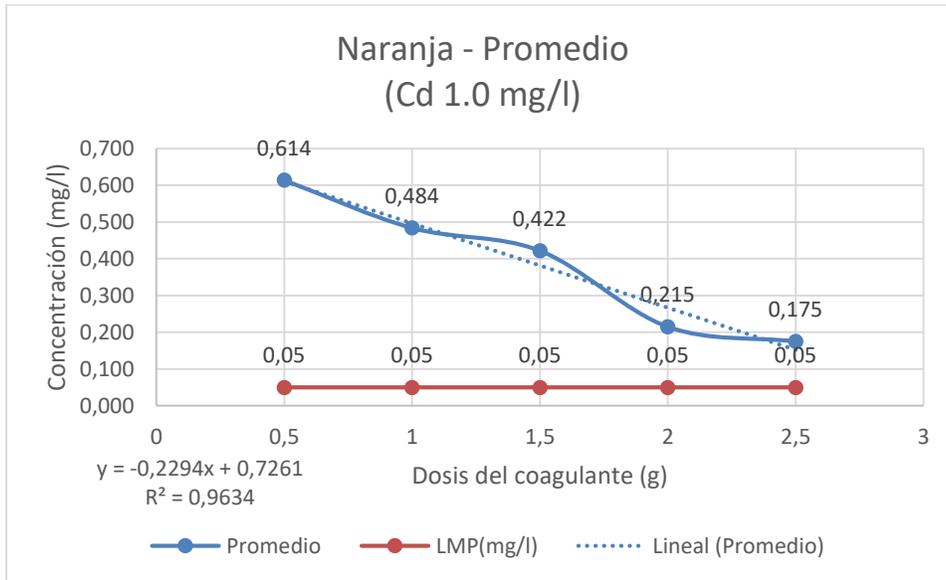
Interpretación: Para la Lima, observamos que el coeficiente de correlación es bueno en el primer tratamiento ( $0.8 \leq R < 0.9$ ), en el segundo es malo ( $R < 0.5$ ), en el tercer es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (76.69%).



**Figura 70:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Naranja para cadmio

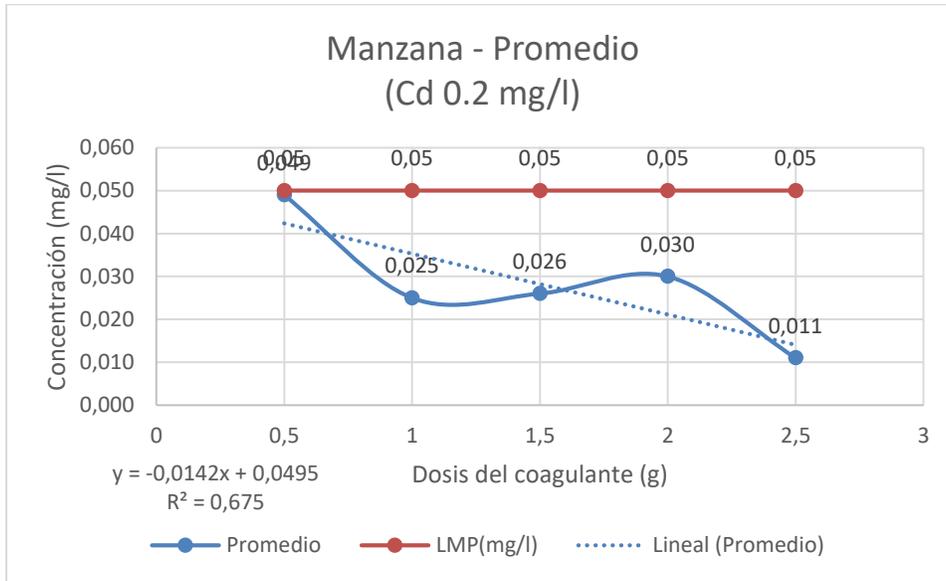


**Figura 71:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Naranja para cadmio

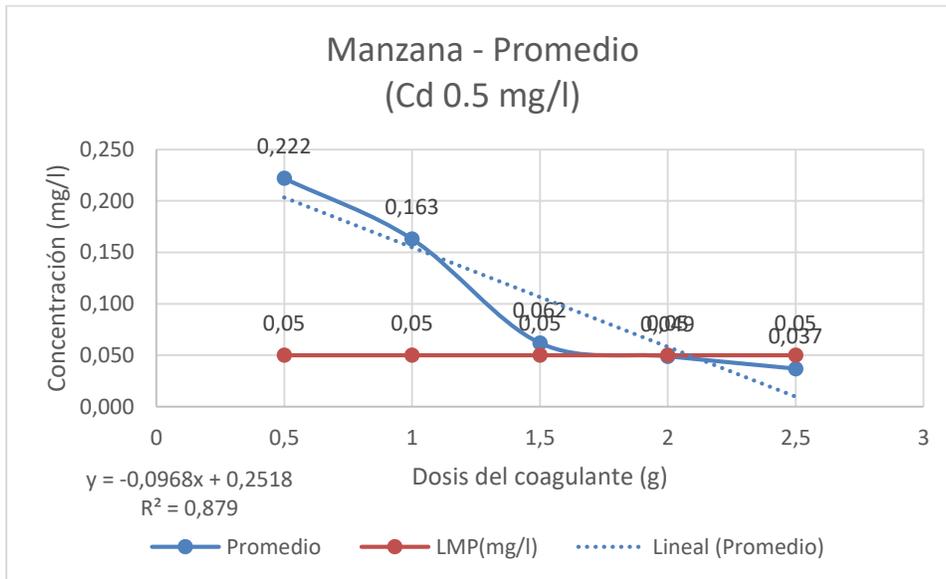


**Figura 72:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la naranja para cadmio

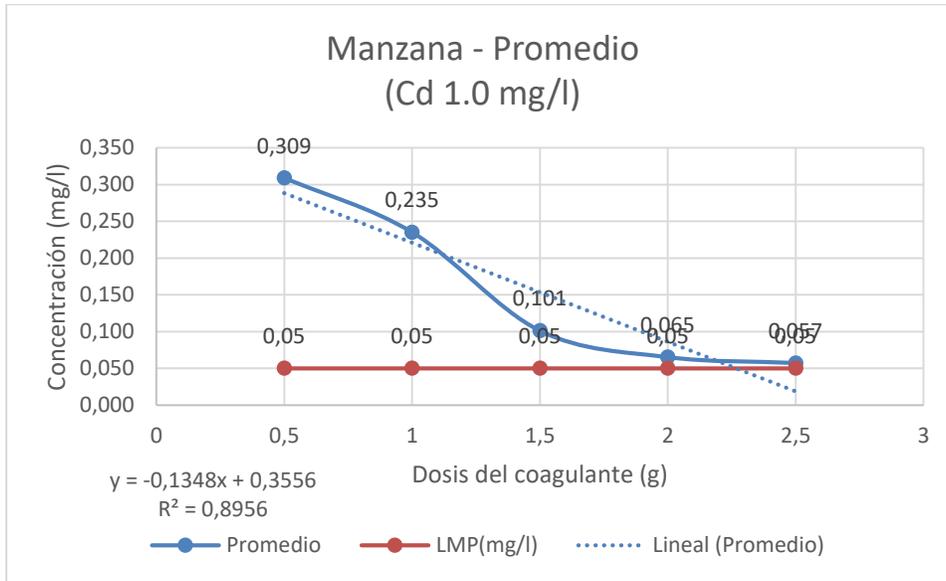
Interpretación: Para la naranja, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el primer y segundo es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ), y que el más eficiente es el tercer tratamiento (80.16%).



**Figura 73:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la Manzana para cadmio

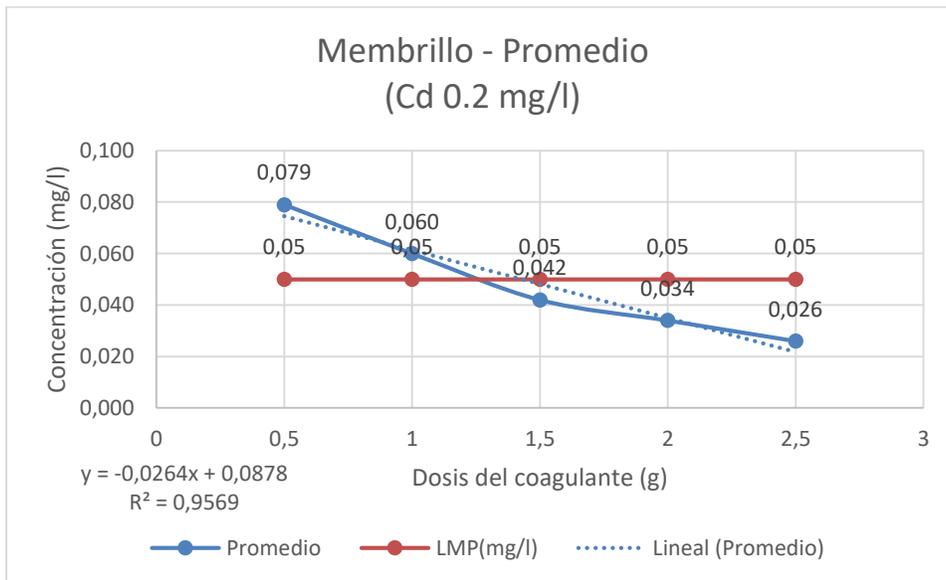


**Figura 74:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la Manzana para cadmio

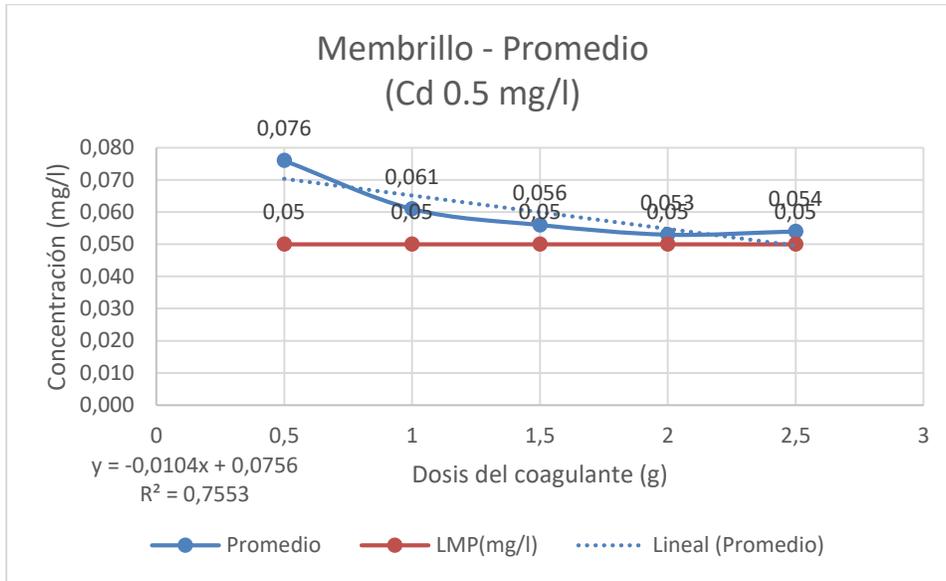


**Figura 75:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la Manzana para cadmio

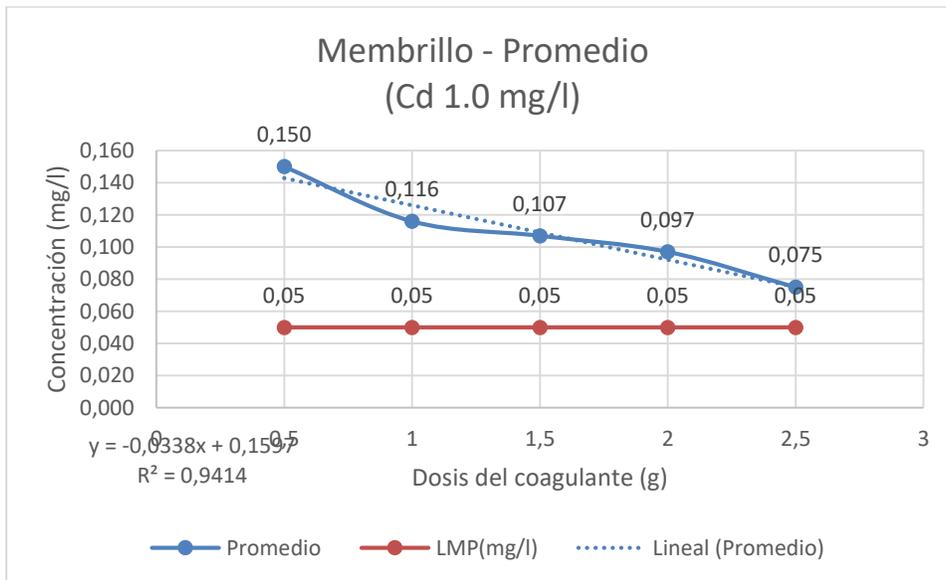
Interpretación: Para la manzana, observamos que el coeficiente de correlación es bueno en el segundo y tercer tratamiento ( $0.8 \leq R < 0.9$ ), en el primero es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ) y que el más eficiente es el segundo tratamiento (89.18%).



**Figura 76:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Membrillo para cadmio

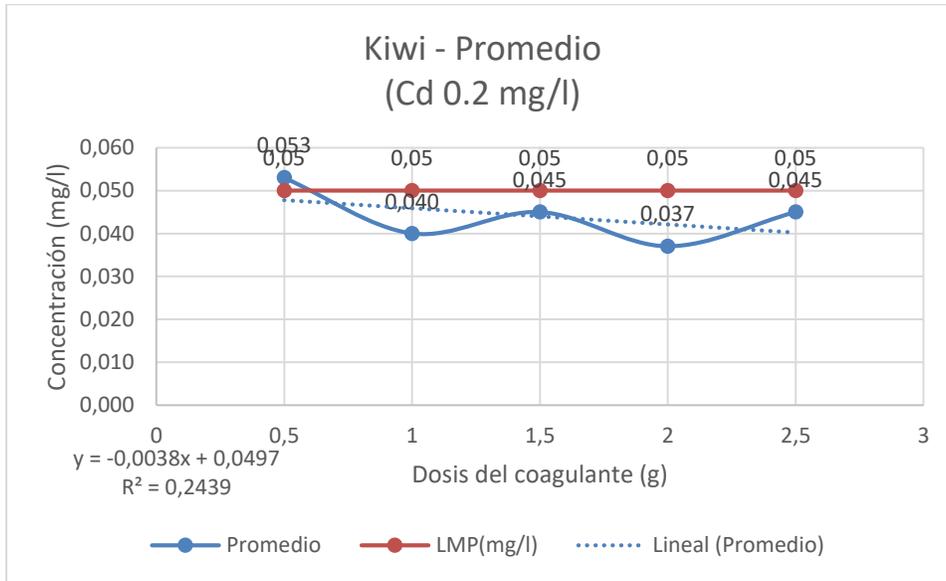


**Figura 77:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Membrillo para cadmio

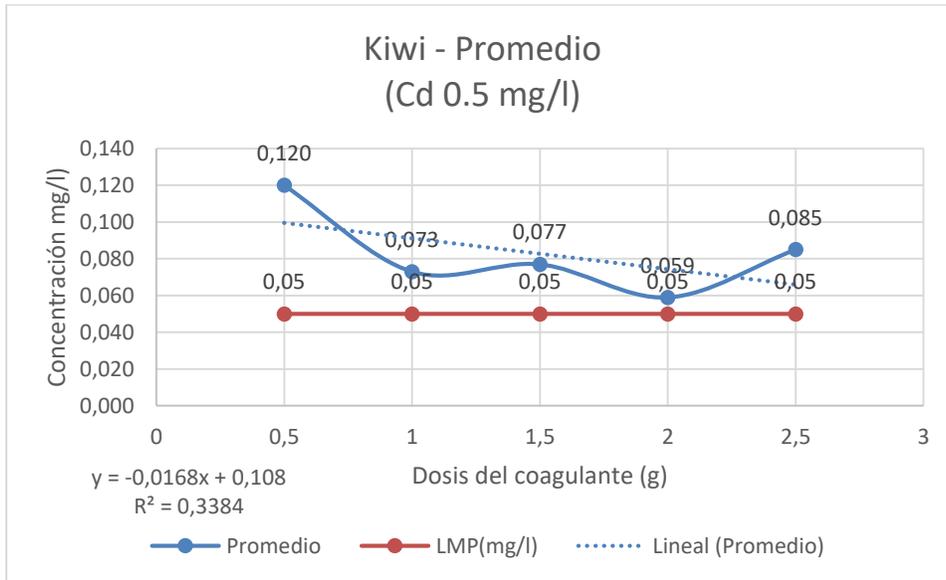


**Figura 78:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Membrillo para cadmio

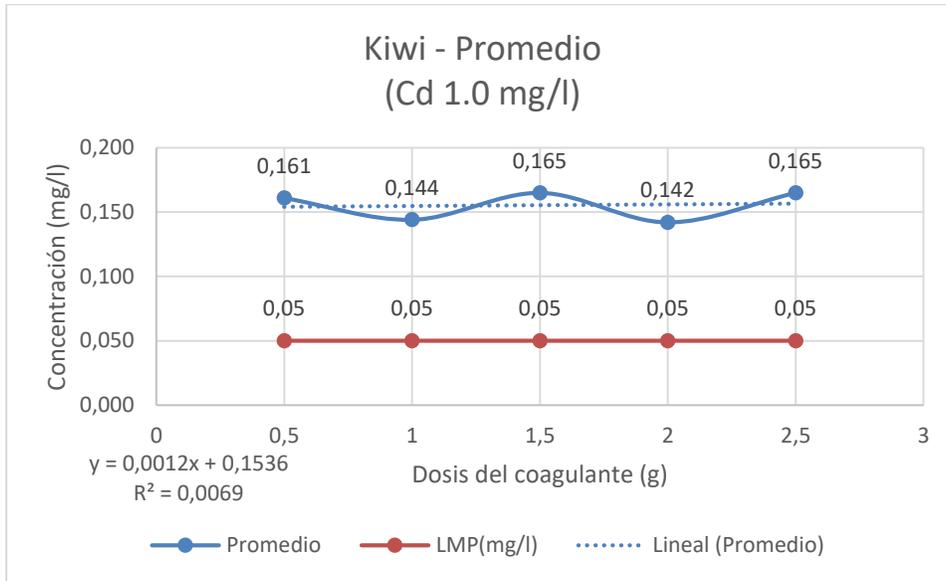
Interpretación: Para el membrillo, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el primer y tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el segundo es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (80.55%).



**Figura 79:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el Kiwi para cadmio

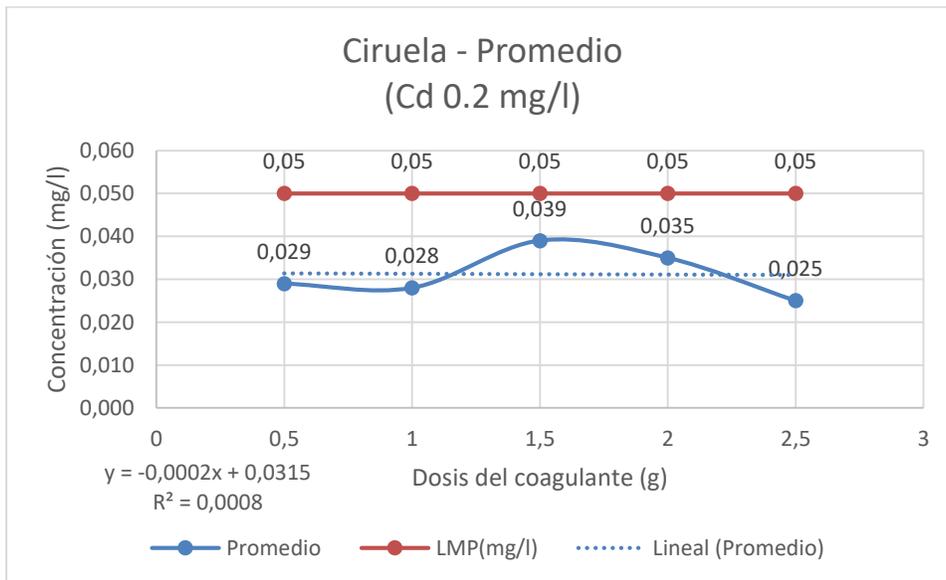


**Figura 80:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el Kiwi para cadmio

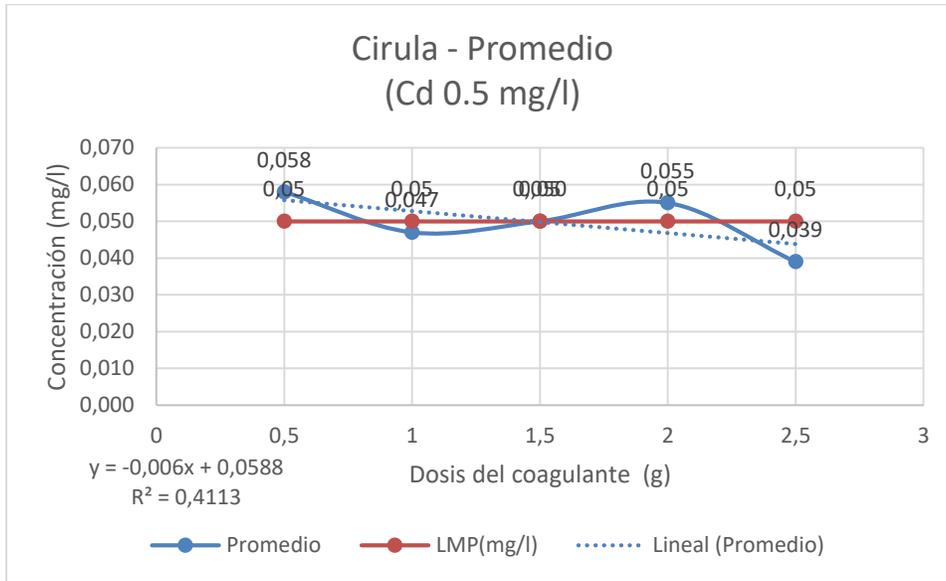


**Figura 81:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el Kiwi para cadmio

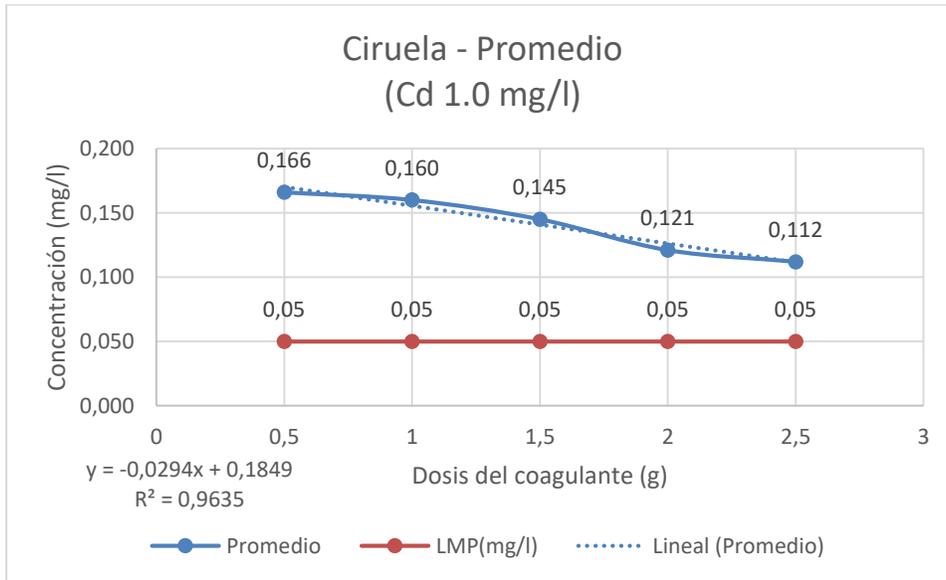
Interpretación: Para el kiwi, observamos que el coeficiente de correlación es malo en los tres tratamientos ( $R < 5$ ) y que debido a esto no se puede determinar una eficiencia confiable



**Figura 82:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la ciruela para cadmio

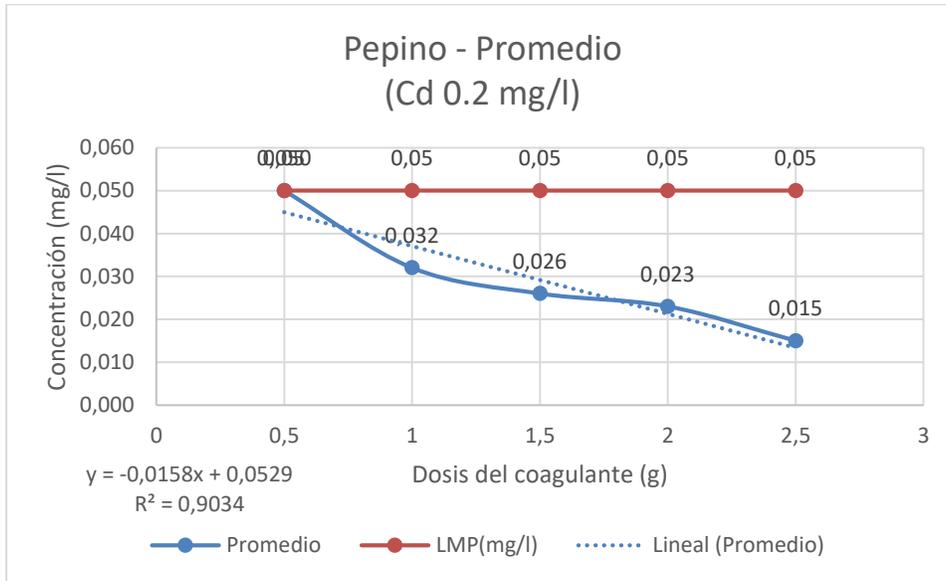


**Figura 83:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la ciruela para cadmio

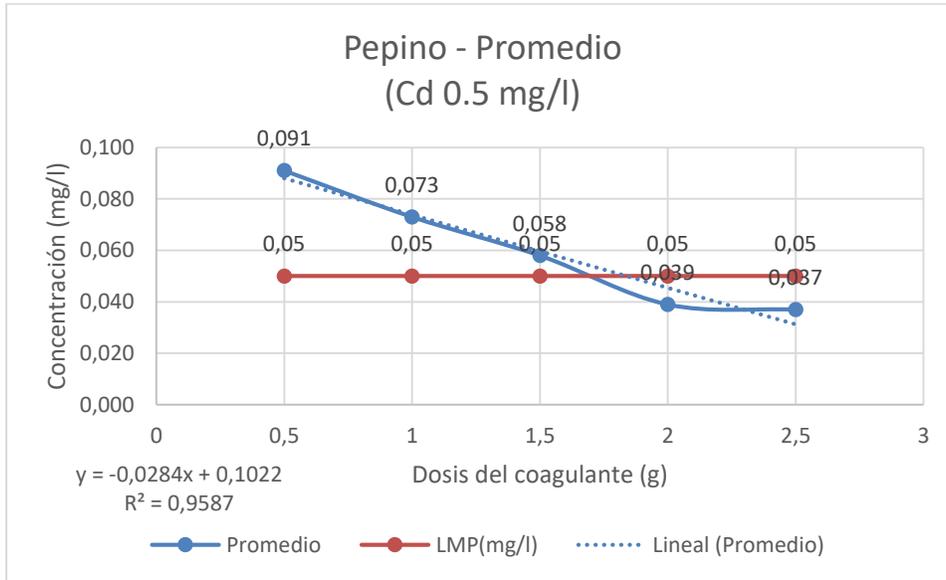


**Figura 84:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la ciruela para cadmio

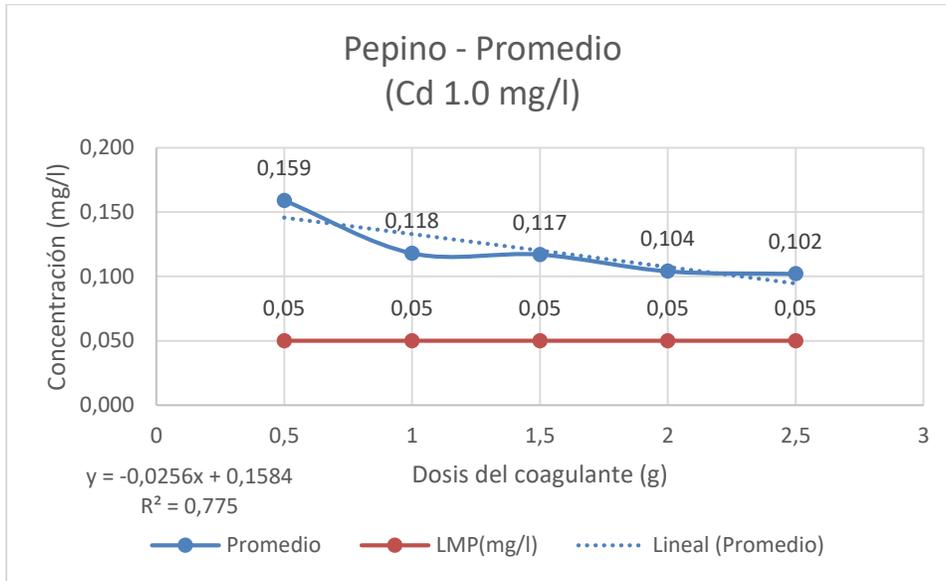
Interpretación: Para la ciruela, observamos que el coeficiente de correlación es malo en el primer y segundo tratamiento ( $R < 5$ ), en el tercer es excelente ( $0.9 \leq R < 1$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (76.53 %).



**Figura 85:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con el pepino para cadmio

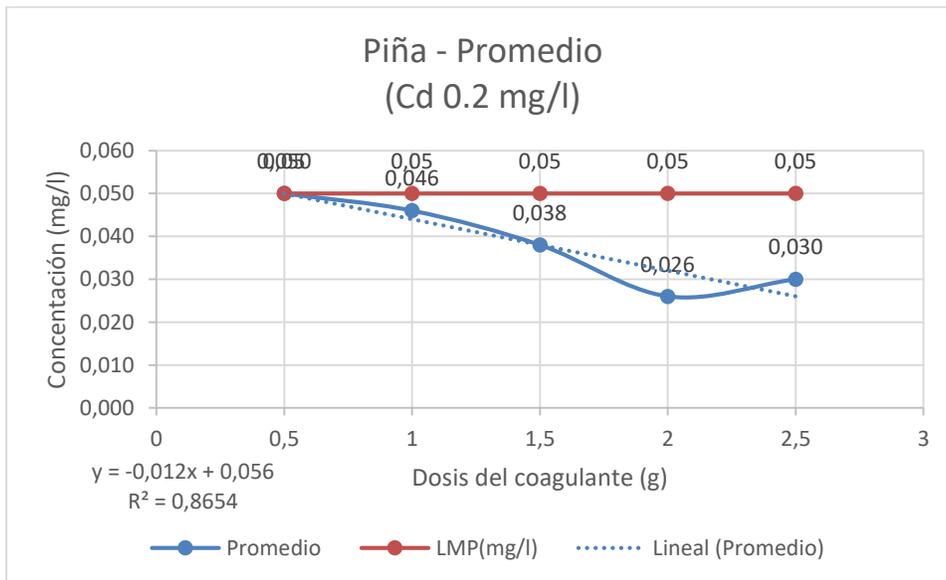


**Figura 86:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con el pepino para cadmio

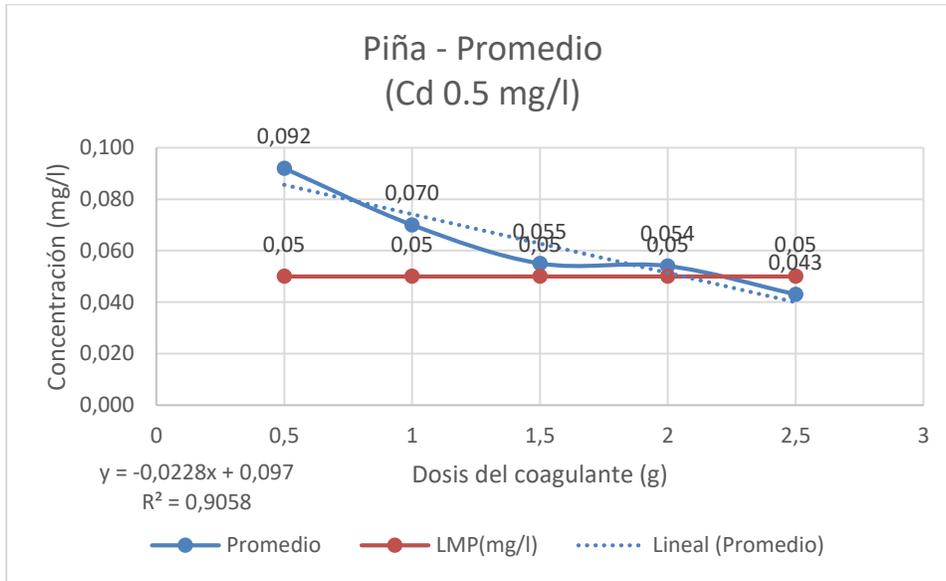


**Figura 87:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con el pepino para cadmio

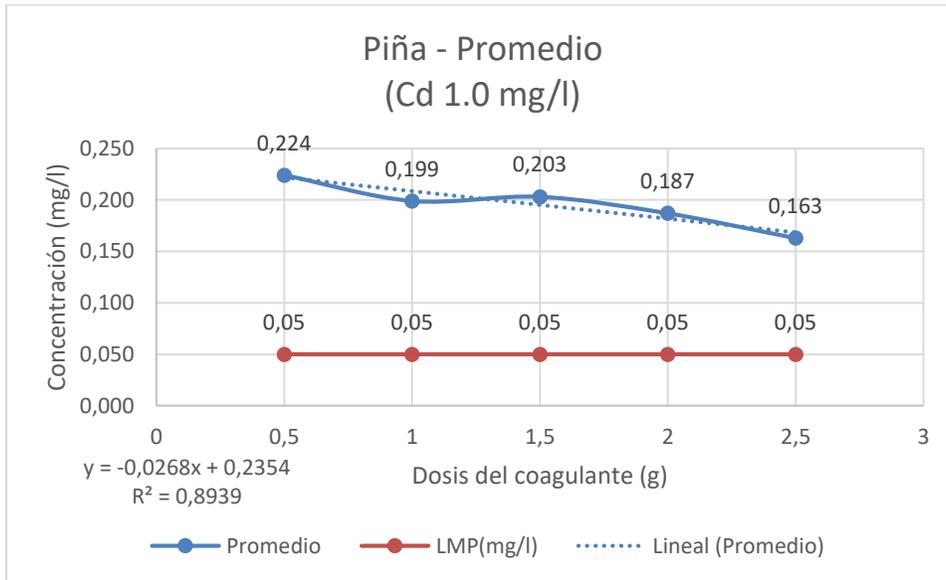
Interpretación: Para el pepino, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en el primer y segundo tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el tercer es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ), y que el más eficiente es en el primer tratamiento (84.62%).



**Figura 88:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la piña para cadmio

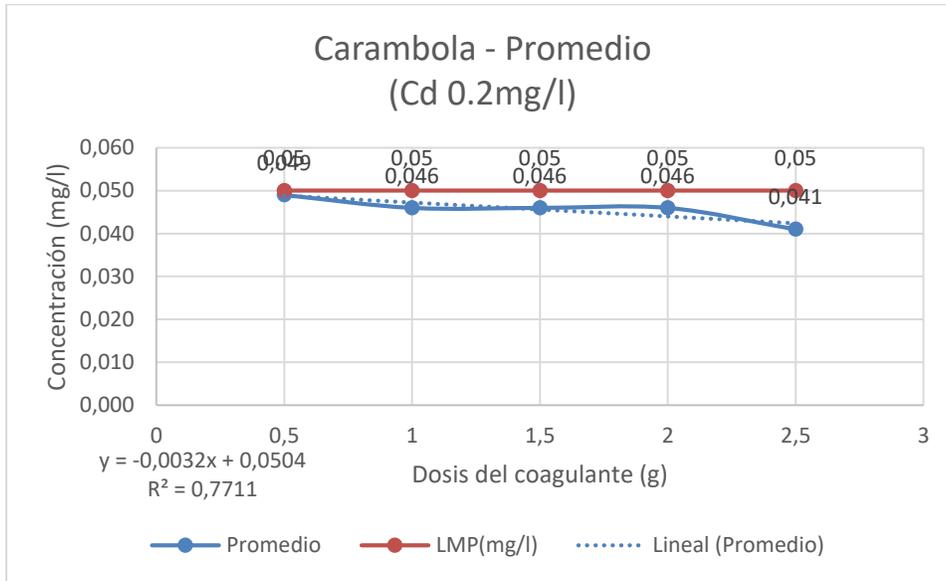


**Figura 89:** Dosis óptima y promedio del Segundo tratamiento con la piña para cadmio

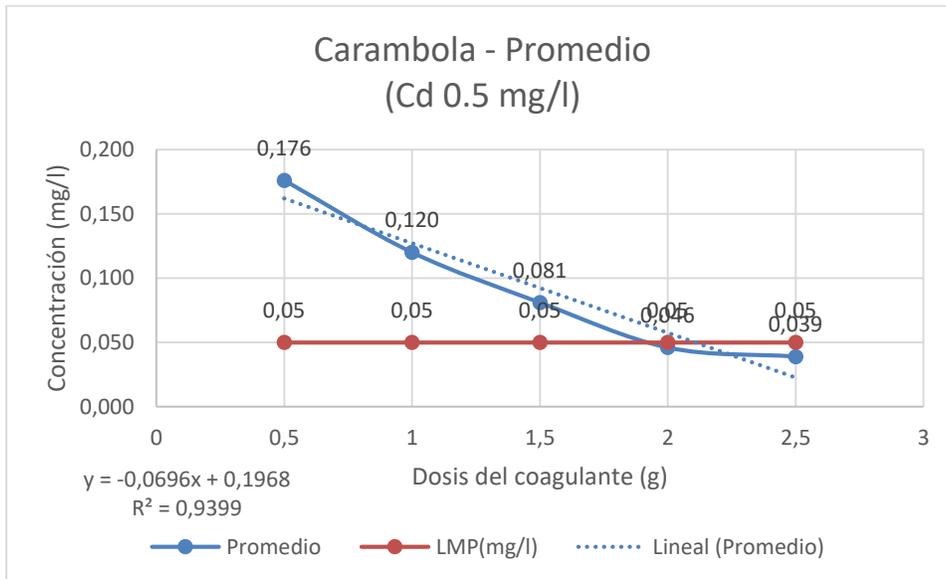


**Figura 90:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la piña para cadmio

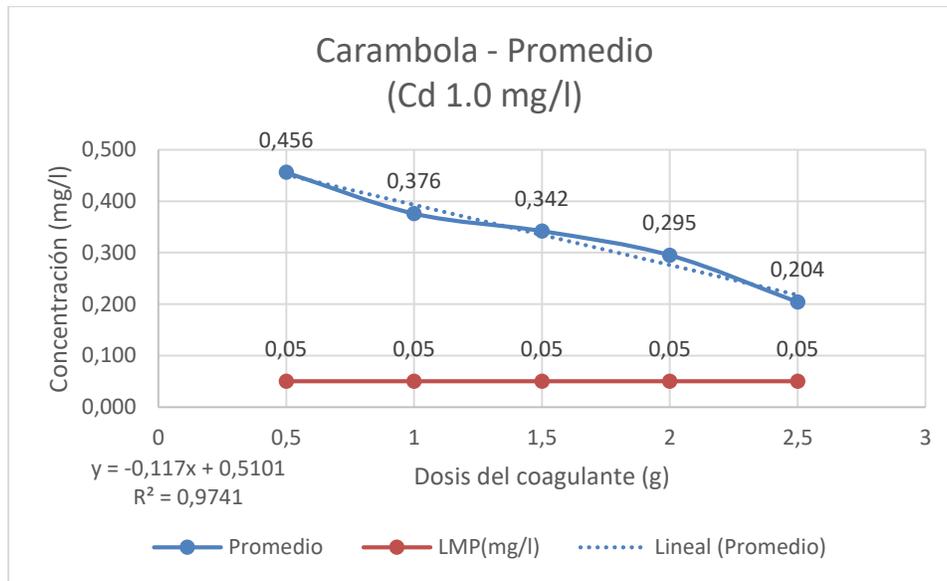
Interpretación: Para la piña, observamos que el coeficiente de correlación es bueno en los tres tratamientos ( $0.8 \leq R < 0.9$ ) y que el más eficiente es el tercer tratamiento (65.60%).



**Figura 91:** Dosis óptima y promedio del primer tratamiento con la carambola para cadmio



**Figura 92:** Dosis óptima y promedio del segundo tratamiento con la carambola para cadmio



**Figura 93:** Dosis óptima y promedio del tercer tratamiento con la carambola para cadmio

Interpretación: Para la carambola, observamos que el coeficiente de correlación es excelente en segundo y tercer tratamiento ( $0.9 \leq R < 1$ ), en el primero es regular ( $0.5 \leq R < 0.8$ ), y que el más eficiente es el primer tratamiento (41.40%).

**Tabla 23:** Mejores niveles de dosis y coagulante según fruta analizada para contrarrestar el cadmio

	Dosis	Coagulante
<b>Uva</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Cocona</b>	1.5, 2.0 y 2.5	0.2
<b>Tamarindo</b>	2.5	0.2
<b>Maracuyá</b>	1.5, 2 y 2.5	0.2
<b>Mandarina</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Toronja</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Lima</b>	1.5, 2 y 2.5	0.2
<b>Naranja</b>	2.5	0.2
<b>Manzana</b>	1.5, 2 y 2.5	0.2
<b>Membrillo</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Kiwi</b>	1 y 2	0.2
<b>Ciruela</b>	2 y 2.5	0.2

<b>Pepino</b>	2 y 2.5	0.2
<b>Piña</b>	2.5	0.2
<b>Carambola</b>	2 y 2.5	0.2

Fuente: Elaboración propia

En resumen, al 95% de confianza los mejores resultados para el tratamiento contra el cadmio destacan la manzana, así también, trabajando con un coagulante al 0.2 mg/l y una dosis al 1.5, 2 y 2.5.

**Tabla 24:** Eficiencia promedio según fruta y concentración para plomo según tres lecturas diferentes

	<b>Pb 0.2 mg/l</b>	<b>Pb 0.5 mg/l</b>	<b>Pb 1.0 mg/l</b>
<b>Uva</b>	69.39	<b>87.13</b>	<b>85.80</b>
<b>Cocona</b>	<b>81.54</b>	<b>86.64</b>	<b>82.24</b>
<b>Tamarindo</b>	61.23	69.89	72.30
<b>Maracuyá</b>	67.20	69.16	81.07
<b>Mandarina</b>	61.93	71.51	67.58
<b>Toronja</b>	70.29	69.22	78.18
<b>Lima</b>	6.77	57.21	76.69
<b>Naranja</b>	65.90	76.45	80.16
<b>Manzana</b>	<b>86.93</b>	<b>89.18</b>	<b>88.88</b>
<b>Membrillo</b>	58.08	67.66	80.55
<b>Kiwi</b>	65.03	60.25	73.62
<b>Ciruela</b>	38.26	65.14	76.53
<b>Pepino</b>	<b>84.62</b>	<b>72.60</b>	<b>79.71</b>
<b>Piña</b>	60.06	57.08	65.60

<b>Carambola</b>	41.40	11.67	32.03
------------------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Como principal resultado para el tratamiento del plomo se tiene que la manzana es la que presenta mayor eficiencia en los tres niveles de concentración observados en la presente investigación, así se tiene que para una concentración de 0.2 mg/l la eficiencia más alta se observa en la manzana con un 86.93%, seguido por el pepino con una eficiencia del 84.62% y en tercer lugar la cocona con un 81.54%; para una concentración de 0.5 mg/l la eficiencia más alta nuevamente se encuentra en la manzana con un 89.18%, seguido por la uva con un 87.13% y en tercer lugar nuevamente la cocona con un 86.64%; para una concentración de 1.0 mg/l se encontró que la mayor eficiencia se encuentra nuevamente en la manzana con un 88.88%, seguida por la uva con un 85.80% y en tercer lugar la cocona con un 82.24%, estos resultados también se pueden observar en la Figura 94

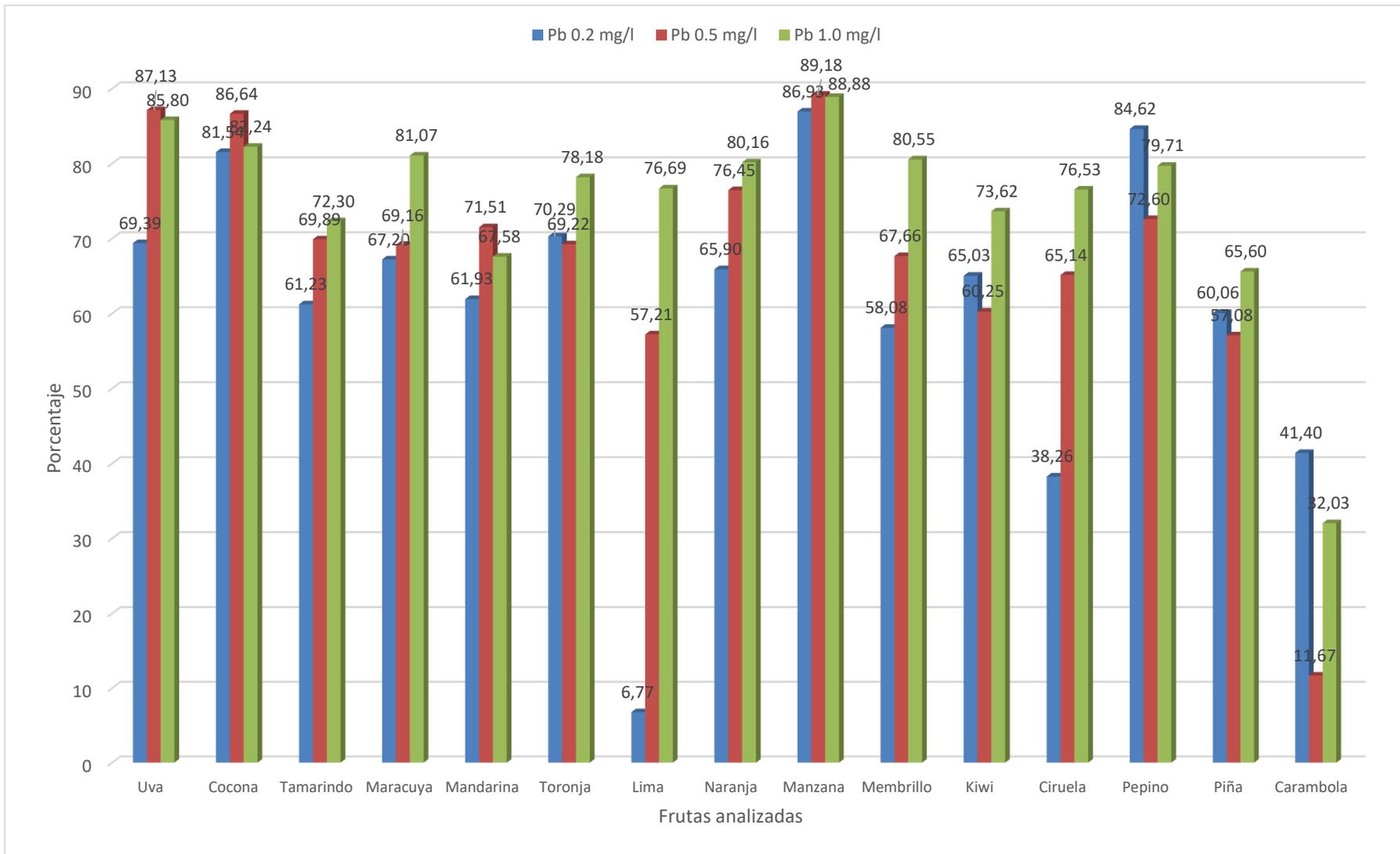
**Tabla 25:** Eficiencia promedio según fruta y concentración para cadmio

	<b>Cd 0.2 mg/l</b>	<b>Cd 0.5 mg/l</b>	<b>Cd 1.0 mg/l</b>
<b>Uva</b>	31.93	57.92	35.49
<b>Cocona</b>	54.39	79.07	85.57
<b>Tamarindo</b>	78.51	84.92	40.86
<b>Maracuyá</b>	27.61	52.01	58.85
<b>Mandarina</b>	77.40	94.08	60.47
<b>Toronja</b>	57.65	86.50	84.20
<b>Lima</b>	73.22	69.53	47.30
<b>Naranja</b>	68.92	20.73	64.92
<b>Manzana</b>	77.65	85.14	88.69
<b>Membrillo</b>	48.55	78.52	84.98
<b>Kiwi</b>	10.80	65.83	67.10
<b>Ciruela</b>	50.35	84.42	77.70

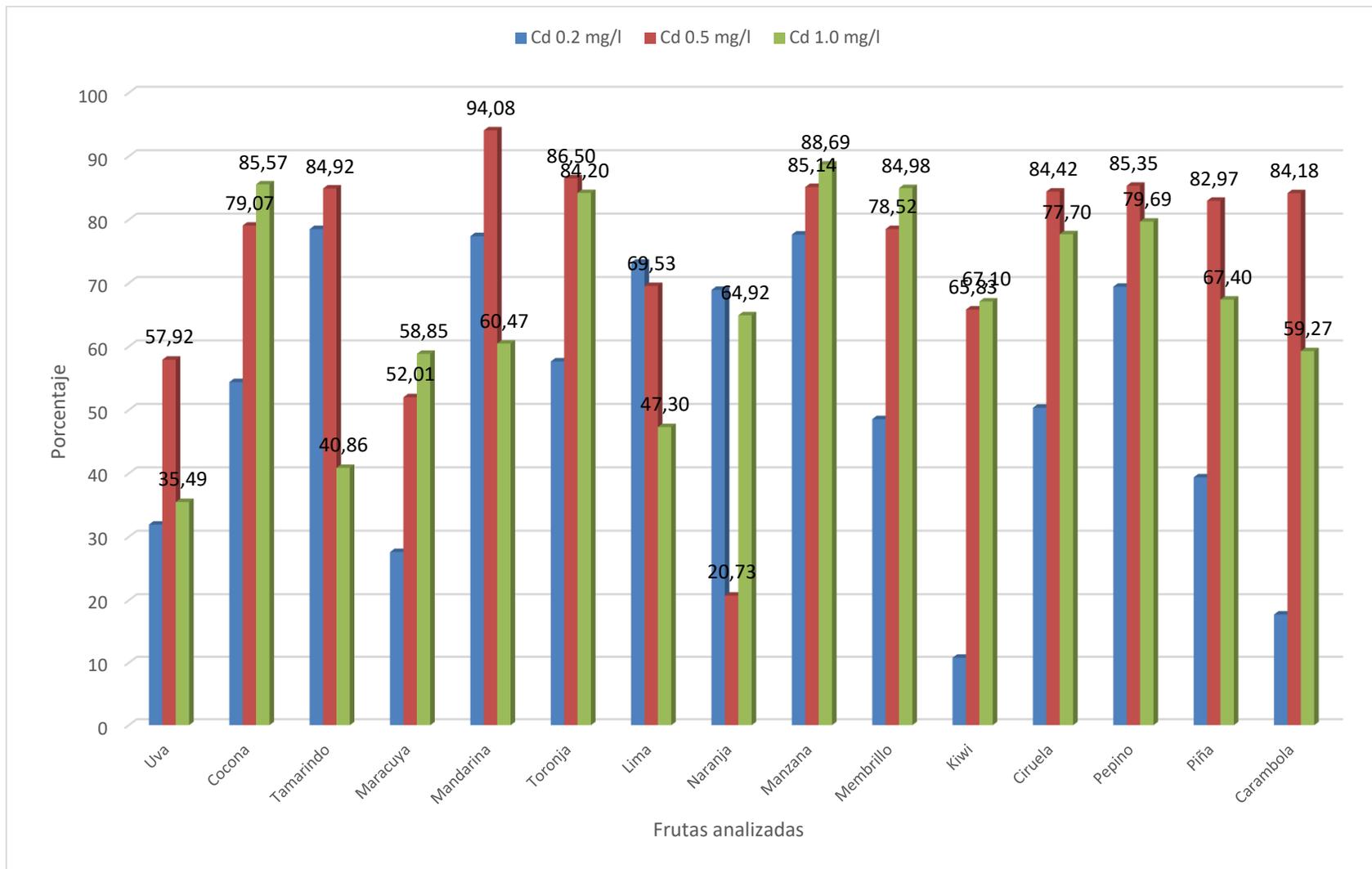
<b>Pepino</b>	69.42	<b>85.35</b>	79.69
<b>Piña</b>	39.37	82.97	67.40
<b>Carambola</b>	17.73	84.18	59.27

Fuente: Elaboración propia

Como principal resultado para el tratamiento del cadmio se tiene que para una concentración de 0.2 mg/l la eficiencia más alta se observa con el tamarindo con un 78.51%, seguido por la manzana con una eficiencia del 77.65% y en tercer lugar la mandarina con un 77.40%; para una concentración de 0.5 mg/l la eficiencia más alta se encuentra con la mandarina con un 94.08%, seguido por la toronja con un 86.50% y en tercer lugar el pepino con un 85.35%; para una concentración de 1.0 mg/l se encontró que la mayor eficiencia se encuentra con la manzana con un 88.69%, seguida por la cocona con un 85.57% y en tercer lugar el membrillo con un 84.98%, estos resultados también se pueden observar en la Figura 95



**Figura 94:** Eficiencia promedio según fruta y concentración



**Figura 95:** Eficiencia promedio según fruta y concentración para el tratamiento de cadmio



Sig.		1,000	,120	,109	,093	,081	,112
------	--	-------	------	------	------	------	------

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

**Tabla 28:** Prueba de Tukey para identificar la concentración con mejor eficiencia para el tratamiento del plomo

Concentración	n	N	Subconjunto		
			1	2	3
Pb 0.2 mg/l	45	45	61,2428		
Pb 0.5 mg/l	45	45		67,3861	
Pb 1.0 mg/l	45	45			74,7292
Sig.			1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 45,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, y al comparar dos a dos las medias de eficiencia por fruta, se ha encontrado que los valores más altos de eficiencia se han observado con la Naranja, Pepino, Uva, Cocona y Manzana, así también, en términos de concentración destaca 1.0mg/g como el nivel de concentración donde se observa mejor nivel de eficiencia. En resumen, al 95% de confianza los mejores resultados para el tratamiento contra el plomo destaca la manzana.

**Tabla 29:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar la eficiencia en el tratamiento del cadmio por parte de la fruta y la concentración

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	33083,102 <sup>a</sup>	16	2067,694	9,344	,000
Intersección	559566,367	1	559566,367	2528,600	,000
<b>Frutas</b>	<b>21941,631</b>	<b>14</b>	<b>1567,259</b>	<b>7,082</b>	<b>,000</b>
<b>Concentración cd</b>	<b>11141,471</b>	<b>2</b>	<b>5570,736</b>	<b>25,173</b>	<b>,000</b>
Error	26112,804	118	221,295		
Total	618762,273	135			
Total corregida	59195,906	134			

a. R cuadrado = ,559 (R cuadrado corregida = ,499)

Al 95% de confianza se puede concluir que las frutas analizadas presentan un efecto diferente en eficiencia para disminuir el nivel de Cadmio, de igual manera la concentración también tiene un efecto significativo sobre la eficiencia.

**Tabla 30:** Prueba de Tukey para identificar la fruta con mejor eficiencia para el tratamiento del cadmio

Frutas	N	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	6
Uva	9	41,7793					
Maracuyá	9	46,1533	46,1533				
Kiwi	9	47,9088	47,9088	47,9088			
Naranja	9	51,5241	51,5241	51,5241	51,5241		
Carambola	9	53,7262	53,7262	53,7262	53,7262	53,7262	
Piña	9	63,2480	63,2480	63,2480	63,2480	63,2480	63,2480
Lima	9	63,3518	63,3518	63,3518	63,3518	63,3518	63,3518
Tamarindo	9		68,0972	68,0972	68,0972	68,0972	68,0972
Membrillo	9			70,6810	70,6810	70,6810	70,6810
Ciruela	9			70,8244	70,8244	70,8244	70,8244
Cocona	9				73,0087	73,0087	73,0087
Toronja	9					76,1162	76,1162
Mandarina	9					77,3168	77,3168
Pepino	9						78,1542
Manzana	9						83,8276
Sig.		,141	,124	,087	,146	,067	,196

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

**Tabla 31:** Prueba de Tukey para identificar la concentración con mejor eficiencia para el tratamiento del cadmio

Concentración	N	Subconjunto	
		1	2
Cd 0.2 mg/l	45	52,2335	
Cd 1.0 mg/l	45		66,8330
Cd 0.5 mg/l	45		74,0771
Sig.		1,000	,058

Se muestran las medias de los grupos de  
 Basadas en las medias observadas.  
 b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, para comparar dos a dos las medias de eficiencia por fruta, se ha encontrado que los valores más altos de eficiencia se han observado con la Piña, Lima. Tamarindo, Membrillo, Ciruela, Cocona, Toronja, Mandarina, Pepino, Manzana y Naranja, así también, en términos de concentración destaca 1.0mg/l y 0.5 mg/l como los niveles de concentración con valores más altos de confiabilidad, se puede concluir al 95% de confianza que los mejores resultados para el tratamiento contra el cadmio destaca la manzana y mandarina.

- **Análisis de dosis según cada fruta para plomo**

**Tabla 32:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **uva** sobre la concentración de plomo.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,737 <sup>a</sup>	6	,123	10,990	,000
Intersección	,923	1	,923	82,548	,000
<b>Dosis</b>	<b>,279</b>	<b>4</b>	<b>,070</b>	<b>6,242</b>	<b>,001</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,458</b>	<b>2</b>	<b>,229</b>	<b>20,488</b>	<b>,000</b>
Error	,425	38	,011		
Total	2,084	45			
Total corregido	1,162	44			

a. R al cuadrado = ,634 (R al cuadrado ajustada = ,577)

Al 95% de confianza, en el caso de la uva la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.001 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

datos			
Coagulantes	N	Subconjunto	
		1	2
Uva (Pb 0.2 mg/l)	15	,067640	
Uva (Pb 0.5 mg/l)	15	,076147	

Uva (Pb 1.0 mg/l)	15		,285767
Sig.		,974	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,011.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

#### datos

Dosis (g)	N	Subconjunto	
		1	2
2.0	9	,082933	
2.5	9	,089189	
1.5	9	,096622	
1.0	9	,155178	,155178
0.5	9		,292000
Sig.		,600	,066

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,011.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la uva se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 y 0.5 mg/l y en el caso de la dosis al 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5.

**Tabla 33:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **cocona** sobre la concentración de plomo.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,850 <sup>a</sup>	6	,142	60,361	,000

Intersección	1,454	1	1,454	619,489	,000
<b>Dosis</b>	<b>,196</b>	<b>4</b>	<b>,049</b>	<b>20,863</b>	<b>,000</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,654</b>	<b>2</b>	<b>,327</b>	<b>139,358</b>	<b>,000</b>
Error	,089	38	,002		
Total	2,393	45			
Total corregido	,939	44			

a. R al cuadrado = ,905 (R al cuadrado ajustada = ,890)

Al 95% de confianza, en el caso de la cocona la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

Cocona				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Cocona (Pb 0.2 mg/l)	15	,050313		
Cocona (Pb 0.5 mg/l)	15		,148347	
Cocona (Pb 1.0 mg/l)	15			,340593
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,002.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

Cocona					
Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,093756			
2.0	9	,121600	,121600		
1.5	9		,178700	,178700	
1.0	9			,237456	,237456
0.5	9				,267244

Sig.		,740	,112	,096	,690
------	--	------	------	------	------

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,002.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la cocona se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 34:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del **tamarindo** sobre la concentración de plomo.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,226 <sup>a</sup>	6	,038	164,075	,000
Intersección	1,579	1	1,579	6891,715	,000
<b>Dosis</b>	<b>,009</b>	<b>4</b>	<b>,002</b>	<b>9,327</b>	<b>,000</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,217</b>	<b>2</b>	<b>,108</b>	<b>473,572</b>	<b>,000</b>
Error	,009	38	,000		
Total	1,813	45			
Total corregido	,234	44			

a. R al cuadrado = ,963 (R al cuadrado ajustada = ,957)

Al 95% de confianza, en el caso del tamarindo la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

Tamarindo				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tamarindo (Pb 0.2 mg/l)	15	,101913		

Tamarindo (Pb 0.5 mg/l)	15		,188033	
Tamarindo (Pb 1.0 mg/l)	15			,272007
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

Tamarindo				
Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,168378		
1.5	9	,183011	,183011	
2.0	9	,185089	,185089	
1.0	9		,189033	
0.5	9			,211078
Sig.		,154	,915	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por el tamarindo se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 1.5, 2.0 y 2.5.

**Tabla 35:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **maracuyá** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
--------	-------------------------------	----	------------------	---	------

Modelo corregido	,135 <sup>a</sup>	6	,022	57,582	,000
Intersección	1,062	1	1,062	2722,197	,000
<b>Dosis</b>	<b>,010</b>	<b>4</b>	<b>,002</b>	<b>6,313</b>	<b>,001</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,125</b>	<b>2</b>	<b>,062</b>	<b>160,121</b>	<b>,000</b>
Error	,015	38	,000		
Total	1,212	45			
Total corregido	,150	44			

a. R al cuadrado = ,901 (R al cuadrado ajustada = ,885)

Al 95% de confianza, en el caso del maracuyá la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.001 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

#### Maracuyá

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Maracuyá (Pb 0.2 mg/l)	15	,090087		
Maracuyá (Pb 0.5 mg/l)	15		,151733	
Maracuyá (Pb 1.0 mg/l)	15			,219133
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

#### Maracuyá

Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
2.5	9	,136378	
2.0	9	,140911	
0.5	9	,149011	,149011

1.0	9		,168489
1.5	9		,173467
Sig.		,658	,086

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por el maracuyá se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 0.5, 2.0 y 2.5.

**Tabla 36:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **mandarina** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,594 <sup>a</sup>	6	,099	784,696	,000
Intersección	2,170	1	2,170	17212,314	,000
<b>Dosis</b>	<b>,057</b>	<b>4</b>	<b>,014</b>	<b>113,215</b>	<b>,000</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,536</b>	<b>2</b>	<b>,268</b>	<b>2127,659</b>	<b>,000</b>
Error	,005	38	,000		
Total	2,768	45			
Total corregido	,598	44			

a. R al cuadrado = ,992 (R al cuadrado ajustada = ,991)

Al 95% de confianza, en el caso de la mandarina la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

Mandarina				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Mandarina (Pb 0.2 mg/l)	15	,118127		

Mandarina (Pb 0.5 mg/l)	15		,169527	
Mandarina (Pb 1.0 mg/l)	15			,371127
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

#### Mandarina

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,180933			
2.0	9	,186589			
1.5	9		,210767		
1.0	9			,244967	
0.5	9				,274711
Sig.		,821	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la mandarina se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 37:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **toronja** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
--------	-------------------------------------	----	---------------------	---	------

Modelo corregido	,207 <sup>a</sup>	6	,035	133,969	,000
Intersección	1,436	1	1,436	5563,131	,000
Dosis	,039	4	,010	37,313	,000
Coagulantes	,169	2	,084	327,281	,000
Error	,010	38	,000		
Total	1,653	45			
Total corregido	,217	44			

a. R al cuadrado = ,955 (R al cuadrado ajustada = ,948)

Al 95% de confianza, en el caso de la toronja la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

**Toronja**

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Toronja (Pb 0.2 mg/l)	15	,101407		
Toronja (Pb 0.5 mg/l)	15		,183220	
Toronja Pb 1.0 mg/l)	15			,251293
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

**Toronja**

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,143844			
2.0	9	,160944	,160944		
1.5	9		,170000	,170000	
1.0	9			,189033	

0.5	9				,229378
Sig.		,181	,754	,109	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la toronja se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 38:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la lima sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,071 <sup>a</sup>	6	,012	49,147	,000
Intersección	2,173	1	2,173	9070,325	,000
<b>Dosis</b>	<b>,004</b>	<b>4</b>	<b>,001</b>	<b>3,984</b>	<b>,009</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,067</b>	<b>2</b>	<b>,033</b>	<b>139,472</b>	<b>,000</b>
Error	,009	38	,000		
Total	2,253	45			
Total corregido	,080	44			

a. R al cuadrado = ,886 (R al cuadrado ajustada = ,868)

Al 95% de confianza, en el caso de la lima la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.009 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

Lima				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Lima (Pb 0.2 mg/l)	15	,167527		

Lima (Pb 0.5 mg/l)	15		,232433	
Lima (Pb 1.0 mg/l)	15			,259347
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

Lima			
Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
0.5	9	,206656	
2.5	9	,211156	,211156
1.0	9	,225122	,225122
2.0	9	,225178	,225178
1.5	9		,230733
Sig.		,103	,075

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la lima se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 0.5, 1.0, 2.0 y 2.5.

**Tabla 39:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **naranja** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,307 <sup>a</sup>	6	,051	140,018	,000
Intersección	1,223	1	1,223	3348,778	,000
<b>Dosis</b>	<b>,024</b>	<b>4</b>	<b>,006</b>	<b>16,270</b>	<b>,000</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,283</b>	<b>2</b>	<b>,142</b>	<b>387,515</b>	<b>,000</b>
Error	,014	38	,000		
Total	1,544	45			
Total corregido	,321	44			

a. R al cuadrado = ,957 (R al cuadrado ajustada = ,950)

Al 95% de confianza, en el caso de la **naranja** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

#### Naranja

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Naranja (Pb 0.2 mg/l)	15	,081367		
Naranja (Pb 0.5 mg/l)	15		,141760	
Naranja (Pb 1.0 mg/l)	15			,271480
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

#### Naranja

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,128100		

2.0	9		,158067	
1.5	9		,166156	
1.0	9		,172833	
0.5	9			,199189
<b>Sig.</b>		1,000	,483	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la naranja se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.5.

**Tabla 40:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **manzana** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,082 <sup>a</sup>	6	,014	768,298	,000
Intersección	,318	1	,318	17965,616	,000
<b>Dosis</b>	<b>,009</b>	<b>4</b>	<b>,002</b>	<b>132,998</b>	<b>,000</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,072</b>	<b>2</b>	<b>,036</b>	<b>2038,898</b>	<b>,000</b>
Error	,001	38	1,770E-5		
Total	,400	45			
Total corregido	,082	44			

a. R al cuadrado = ,992 (R al cuadrado ajustada = ,991)

Al 95% de confianza, en el caso de la **manzana** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

<b>Manzana</b>	
Coagulantes	N
	Subconjunto

		1	2	3
Manzana (Pb 0.2 mg/l)	15	,038453		
Manzana (Pb 0.5 mg/l)	15		,077773	
Manzana (Pb 1.0 mg/l)	15			,135940
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1,770E-5.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

#### Manzana

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,063844			
2.0	9		,076944		
1.5	9		,080600		
1.0	9			,092322	
0.5	9				,106567
Sig.		1,000	,365	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1,770E-5.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la manzana se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.5.

**Tabla 41:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del **membrillo** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,107 <sup>a</sup>	6	,018	92,821	,000
Intersección	1,308	1	1,308	6808,024	,000
Dosis	,028	4	,007	36,728	,000
Coagulantes	,079	2	,039	205,006	,000
Error	,007	38	,000		
Total	1,423	45			
Total corregido	,114	44			

a. R al cuadrado = ,936 (R al cuadrado ajustada = ,926)

Al 95% de confianza, en el caso del **membrillo** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

#### Membrillo

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Membrillo (Pb 0.2 mg/l)	15	,115640		
Membrillo (Pb 0.5 mg/l)	15		,178773	
Membrillo (Pb 1.0 mg/l)	15			,217140
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

#### Membrillo

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.0	9	,143278		

2.5	9	,146667	,146667	
1.5	9		,163411	
1.0	9			,193200
0.5	9			,206033
Sig.		,985	,098	,303

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por el membrillo se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 42:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del **Kiwi** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,284 <sup>a</sup>	6	,047	111,427	,000
Intersección	1,992	1	1,992	4680,837	,000
Dosis	,031	4	,008	18,489	,000
Coagulantes	,253	2	,127	297,305	,000
Error	,016	38	,000		
Total	2,292	45			
Total corregido	,301	44			

a. R al cuadrado = ,946 (R al cuadrado ajustada = ,938)

Al 95% de confianza, en el caso de la **kiwi** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

**Kiwi**

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Kiwi (Pb 0.2 mg/l)	15	,110673		
Kiwi (Pb 0.5 mg/l)	15		,228987	
Kiwi (Pb 1.0 mg/l)	15			,291500
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

#### Kiwi

Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
2.5	9	,177489	
1.5	9	,182122	
2.0	9		,215100
0.5	9		,238556
1.0	9		,238667
Sig.		,989	,131

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,0.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por el kiwi se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 1.5 y 2.5.

**Tabla 43:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **Ciruela** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,272 <sup>a</sup>	6	,045	88,177	,000
Intersección	1,916	1	1,916	3731,303	,000
<b>Dosis</b>	<b>,026</b>	<b>4</b>	<b>,007</b>	<b>12,672</b>	<b>,000</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,246</b>	<b>2</b>	<b>,123</b>	<b>239,187</b>	<b>,000</b>
Error	,020	38	,001		
Total	2,207	45			
Total corregido	,291	44			

a. R al cuadrado = ,933 (R al cuadrado ajustada = ,922)

Al 95% de confianza, en el caso de la **ciruela** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

Ciruela				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Ciruela (Pb 0.2 mg/l)	15	,108833		
Ciruela (Pb 0.5 mg/l)	15		,222547	
Ciruela (Pb 1.0 mg/l)	15			,287600
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

Ciruela				
Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,177511		

2.0	9	,180433	,180433	
1.5	9		,209300	,209300
0.5	9			,227522
1.0	9			,236867
Sig.		,999	,072	,094

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la ciruela se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 44:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del pepino sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,333 <sup>a</sup>	6	,056	260,700	,000
Intersección	,950	1	,950	4457,509	,000
<b>Dosis</b>	<b>,024</b>	<b>4</b>	<b>,006</b>	<b>27,713</b>	<b>,000</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,310</b>	<b>2</b>	<b>,155</b>	<b>726,673</b>	<b>,000</b>
Error	,008	38	,000		
Total	1,292	45			
Total corregido	,342	44			

a. R al cuadrado = ,976 (R al cuadrado ajustada = ,973)

Al 95% de confianza, en el caso del **pepino** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

Pepino	
Coagulantes	N
	Subconjunto

		1	2	3
Pepino (Pb 0.2 mg/l)	15	,037567		
Pepino (Pb 0.5 mg/l)	15		,158940	
Pepino (Pb 1.0 mg/l)	15			,239440
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

Pepino				
Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,123556		
2.0	9	,126133	,126133	
1.5	9		,143933	
1.0	9		,145422	
0.5	9			,187533
Sig.		,996	,058	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,0.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por el pepino se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 45:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **piña** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
--------	-------------------------------	----	------------------	---	------

Modelo corregido	,807 <sup>a</sup>	6	,135	245,489	,000
Intersección	3,055	1	3,055	5573,754	,000
Dosis	,114	4	,029	52,170	,000
Coagulantes	,693	2	,346	632,128	,000
Error	,021	38	,001		
Total	3,883	45			
Total corregido	,828	44			

a. R al cuadrado = ,975 (R al cuadrado ajustada = ,971)

Al 95% de confianza, en el caso de la **piña** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

Piña				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Piña (Pb 0.2 mg/l)	15	,105933		
Piña (Pb 0.5 mg/l)	15		,266000	
Piña (Pb 1.0 mg/l)	15			,409760
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,00.

b. Alfa = 0.05.

Piña					
Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,212822			
2.0	9	,224056	,224056		
1.5	9		,249789	,249789	
1.0	9			,260822	
0.5	9				,355333

Sig.		,846	,157	,854	1,000
------	--	------	------	------	-------

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la piña se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 46:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **carambola** sobre la concentración de plomo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3,103 <sup>a</sup>	6	,517	463,021	,000
Intersección	9,474	1	9,474	8482,311	,000
<b>Dosis</b>	<b>,059</b>	<b>4</b>	<b>,015</b>	<b>13,276</b>	<b>,000</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>3,044</b>	<b>2</b>	<b>1,522</b>	<b>1362,512</b>	<b>,000</b>
Error	,042	38	,001		
Total	12,619	45			
Total corregido	3,145	44			

a. R al cuadrado = ,987 (R al cuadrado ajustada = ,984)

Al 95% de confianza, en el caso de la **carambola** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del plomo ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

<b>Carambola</b>				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Carambola (Pb 0.2 mg/l)	15	,134147		
Carambola (Pb 0.5 mg/l)	15		,471560	
Carambola (Pb 1.0 mg/l)	15			,770793

Sig.		1,000	1,000	1,000
------	--	-------	-------	-------

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = 0.05.

### Carambola

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,412833		
2.0	9	,437444	,437444	
1.5	9	,449878	,449878	
1.0	9		,474400	
0.5	9			,519611
Sig.		,151	,153	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del plomo por la carambola se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 1.5, 2.0 y 2.5.

- **Análisis de dosis según cada fruta para cadmio**

**Tabla 47:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **uva** sobre la concentración de cadmio.

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Uva

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
--------	----------------------------	----	------------------	---	------

Modelo					
corregido	1,107 <sup>a</sup>	6	,185	284,150	,000
Intersección	1,872	1	1,872	2882,967	,000
<b>Coagulantes</b>	<b>1,046</b>	<b>2</b>	<b>,523</b>	<b>805,533</b>	<b>,000</b>
<b>Dosis</b>	<b>,061</b>	<b>4</b>	<b>,015</b>	<b>23,459</b>	<b>,000</b>
Error	,025	38	,001		
Total	3,004	45			
Total corregida	1,132	44			

a. R cuadrado = ,978 (R cuadrado corregida = ,975)

Al 95% de confianza, en el caso de la uva, la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento de cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.000 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

**Uva**

DHS de Tukey				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Uva (Cd 0.2 mg/l)	15	,044087		
Uva (Cd 0.5 mg/l)	15		,158607	
Uva (Cd 1.0 mg/l)	15			,409220
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

**Uva**

DHS de Tukey					
Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4

2.5	9	,153922			
2.0	9	,177811	,177811		
1.5	9		,199367	,199367	
1.0	9			,232233	,232233
0.5	9				,256522
Sig.		,291	,392	,067	,275

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la uva se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 48:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **cocona** sobre la concentración de cadmio.

#### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Cocona

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,205 <sup>a</sup>	6	,034	22,205	,000
Intersección	,474	1	,474	307,578	,000
Coagulantes	,111	2	,055	35,855	,000
Dosis	,095	4	,024	15,380	,000
Error	,059	38	,002		
Total	,738	45			
Total corregida	,264	44			

a. R cuadrado = ,778 (R cuadrado corregida = ,743)

Al 95% de confianza, en el caso de la cocona la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

### Cocona

#### DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
2.5	9	,049100	
2.0	9	,074711	
1.5	9	,077133	
1.0	9		,140189
0.5	9		,172156
Sig.		,560	,430

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

### Cocona

#### DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto	
		1	2
Cocona (Cd 0.2 mg/l)	15	,035400	
Cocona (Cd 0.5 mg/l)	15		,119173
Cocona (Cd 1.0 mg/l)	15		,153400
Sig.		1,000	,056

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la cocona se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 49:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del **tamarindo** sobre la concentración de cadmio.

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Tamarindo

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,225 <sup>a</sup>	6	,204	235,099	,000
Intersección	1,692	1	1,692	1948,607	,000
Coagulantes	1,125	2	,562	647,891	,000
Dosis	,100	4	,025	28,703	,000
Error	,033	38	,001		
Total	2,949	45			
Total corregida	1,258	44			

a. R cuadrado = ,974 (R cuadrado corregida = ,970)

Al 95% de confianza, en el caso del tamarindo la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

**Tamarindo**

DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tamarindo (Cd 0.2 mg/l)	15	,024233		
Tamarindo (Cd 0.5 mg/l)	15	,152580		

Tamarindo (Cd 1.0 mg/l)	15			,404853
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

### Tamarindo

#### DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,114711			
2.0	9		,176011		
1.5	9		,201222	,201222	
1.0	9			,224478	,224478
0.5	9				,253022
Sig.		1,000	,380	,461	,260

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por el tamarindo se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.5.

**Tabla 50:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **maracuyá** sobre la concentración de Cadmio

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Maracuyá

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
--------	----------------------------------	----	---------------------	---	------

Modelo	,656 <sup>a</sup>	6	,109	72,645	,000
corregido					
Intersección	1,360	1	1,360	902,864	,000
<b>Coagulantes</b>	<b>,566</b>	<b>2</b>	<b>,283</b>	<b>188,042</b>	<b>,000</b>
<b>Dosis</b>	<b>,090</b>	<b>4</b>	<b>,023</b>	<b>14,947</b>	<b>,000</b>
Error	,057	38	,002		
Total	2,073	45			
Total corregida	,714	44			

a. R cuadrado = ,920 (R cuadrado corregida = ,907)

Al 95% de confianza, en el caso del maracuyá la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.001 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

### Maracuyá

DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Maracuyá (Cd 0.2 mg/l)	15	,040233		
Maracuyá (Cd 0.5 mg/l)	15		,166487	
Maracuyá (Cd 1.0 mg/l)	15			,314727
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica =

15,000

b. Alfa = 0.05.

### Maracuyá

DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,120633		
2.0	9	,136256		

1.5	9	,163344	,163344
1.0	9	,208111	,208111
0.5	9		,240733
Sig.		,156	,125

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por el maracuyá se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 1.5, 2.0 y 2.5.

**Tabla 51:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **mandarina** sobre la concentración de cadmio

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Mandarina

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,952 <sup>a</sup>	6	,159	104,445	,000
Intersección	1,014	1	1,014	667,492	,000
<b>Coagulantes</b>	<b>,826</b>	<b>2</b>	<b>,413</b>	<b>271,803</b>	<b>,000</b>
<b>Dosis</b>	<b>,126</b>	<b>4</b>	<b>,032</b>	<b>20,767</b>	<b>,000</b>
Error	,058	38	,002		
Total	2,024	45			
Total corregida	1,010	44			

a. R cuadrado = ,943 (R cuadrado corregida = ,934)

Al 95% de confianza, en el caso de la mandarina la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

### Mandarina

DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Mandarina (Cd 0.2 mg/l)	15	,017767		
Mandarina (Cd 0.5 mg/l)	15		,096327	
Mandarina (Cd 1.0 mg/l)	15			,336253
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

**Mandarina**

DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,074578			
2.0	9	,107622	,107622		
1.5	9		,158622	,158622	
1.0	9			,190044	,190044
0.5	9				,219711
Sig.		,389	,061	,440	,498

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la mandarina se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 52:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **toronja** sobre la concentración de cadmio

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Toronja

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,073 <sup>a</sup>	6	,012	116,989	,000
Intersección	,188	1	,188	1794,514	,000
Coagulantes	,064	2	,032	305,761	,000
Dosis	,009	4	,002	22,603	,000
Error	,004	38	,000		
Total	,265	45			
Total corregida	,077	44			

a. R cuadrado = ,949 (R cuadrado corregida = ,941)

Al 95% de confianza, en el caso de la toronja, la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

**Toronja**

DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Toronja (Cd 0.2 mg/l)	15	,033193		
Toronja (Cd 0.5 mg/l)	15		,042953	
Toronja (Cd 1.0 mg/l)	15			,117600
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

### Toronja

DHS de Tukey				
Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,044633		
2.0	9	,055944	,055944	
1.5	9		,066167	
1.0	9		,067811	
0.5	9			,088356
<b>Sig.</b>		<b>,153</b>	<b>,121</b>	<b>1,000</b>

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,000.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la toronja se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 53:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la lima sobre la concentración de cadmio.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,071 <sup>a</sup>	6	,012	49,147	,000
Intersección	2,173	1	2,173	9070,325	,000
<b>Dosis</b>	<b>,004</b>	<b>4</b>	<b>,001</b>	<b>3,984</b>	<b>,009</b>
<b>Coagulantes</b>	<b>,067</b>	<b>2</b>	<b>,033</b>	<b>139,472</b>	<b>,000</b>
Error	,009	38	,000		
Total	2,253	45			
Total corregido	,080	44			

a. R al cuadrado = ,886 (R al cuadrado ajustada = ,868)

Al 95% de confianza, en el caso de la lima la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.009 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

### Lima

DHS de Tukey			
Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
2.0	9	,114389	
2.5	9	,117689	
1.5	9	,146178	,146178
0.5	9		,163744
1.0	9		,168656
Sig.		,186	,515

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.  
 Basadas en las medias observadas.  
 El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.  
 a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000  
 b. Alfa = 0.05.

### Lima

DHS de Tukey				
Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Lima (Cd 0.2 mg/l)	15	,024633		
Lima (Cd 0.5 mg/l)	15		,084027	
Lima (Cd 1.0 mg/l)	15			,317733
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.  
 Basadas en las medias observadas.  
 El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000
- b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la lima se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 1.5, 2.0 y 2.5.

**Tabla 54:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **naranja** sobre la concentración del cadmio

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Naranja

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,221 <sup>a</sup>	6	,204	39,235	,000
Intersección	2,100	1	2,100	404,775	,000
<b>Coagulantes</b>	<b>,966</b>	<b>2</b>	<b>,483</b>	<b>93,145</b>	<b>,000</b>
<b>Dosis</b>	<b>,255</b>	<b>4</b>	<b>,064</b>	<b>12,280</b>	<b>,000</b>
Error	,197	38	,005		
Total	3,518	45			
Total corregida	1,418	44			

a. R cuadrado = ,861 (R cuadrado corregida = ,839)

Al 95% de confianza, en el caso de la **naranja** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

**Naranja**

DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Naranja (Cd 0.2 mg/l)	15	,025660		
Naranja (Cd 0..5 mg/l)	15		,240207	

Naranja (Cd 1.0 mg/l)	15			,382147
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

### Naranja

#### DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,129689		
2.0	9	,143367		
1.5	9	,223500	,223500	
1.0	9		,246689	,246689
0.5	9			,336778
Sig.		,063	,959	,081

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la naranja se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 1.5, 2 y 2.5.

**Tabla 55:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **manzana** sobre la concentración de cadmio

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,287 <sup>a</sup>	6	,048	27,146	,000
Intersección	,416	1	,416	236,105	,000
<b>Coagulantes</b>	<b>,119</b>	<b>2</b>	<b>,060</b>	<b>33,834</b>	<b>,000</b>
<b>Dosis</b>	<b>,168</b>	<b>4</b>	<b>,042</b>	<b>23,803</b>	<b>,000</b>
Error	,067	38	,002		
Total	,769	45			
Total corregida	,354	44			

a. R cuadrado = ,811 (R cuadrado corregida = ,781)

Al 95% de confianza, en el caso de la **manzana** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

### Manzana

#### DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Manzana (Cd 0.2 mg/l)	15	,028487		
Manzana (Cd 0.5 mg/l)	15		,106673	
Manzana (Cd 1.0 mg/l)	15			,153200
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

### Manzana

#### DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
2.5	9	,034967	
2.0	9	,048011	
1.5	9	,063144	
1.0	9		,141056
0.5	9		,193422
Sig.		,616	,082

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,002.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la manzana se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 1.5, 2 y 2.5.

**Tabla 56:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del **membrillo** sobre la concentración de cadmio

#### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: :Membrillo

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,045 <sup>a</sup>	6	,008	116,218	,000
Intersección	,237	1	,237	3660,276	,000
Coagulantes	,032	2	,016	244,053	,000
Dosis	,014	4	,003	52,301	,000
Error	,002	38	6,472E-005		
Total	,285	45			
Total corregida	,048	44			

a. R cuadrado = ,948 (R cuadrado corregida = ,940)

Al 95% de confianza, en el caso del **membrillo** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

**Membrillo**

DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Membrillo (Cd 0.2 mg/l)	15	,048160		
Membrillo (Cd 0.5 mg/l)	15		,060127	
Membrillo (Cd 1.0 mg/l)	15			,109387
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 6,472E-005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

**Membrillo**

DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,051500			
2.0	9	,061322	,061322		
1.5	9		,068678	,068678	
1.0	9			,079122	
0.5	9				,102167
Sig.		,093	,315	,064	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 6,472E-005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por el membrillo se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 57:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del **Kiwi** sobre la concentración de cadmio.

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Kiwi

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,101 <sup>a</sup>	6	,017	222,385	,000
Intersección	,398	1	,398	5243,163	,000
Coagulantes	,096	2	,048	631,686	,000
Dosis	,005	4	,001	17,735	,000
Error	,003	38	7,584E-005		
Total	,502	45			
Total corregida	,104	44			

a. R cuadrado = ,972 (R cuadrado corregida = ,968)

Al 95% de confianza, en el caso de la **kiwi** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

### Kiwi

DHS de Tukey		Subconjunto		
Coagulantes	N	1	2	3
Kiwi (Cd 0.2 mg/l)	15			
		,043927		

Kiwi (Cd 0.5 mg/l)	15				,082807
Kiwi (Cd 1.0 mg/l)	15				,155280
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 7,584E-005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

### Kiwi

DHS de Tukey					
Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.0	9	,079444			
1.0	9	,085567	,085567		
1.5	9		,095689	,095689	
2.5	9			,098156	
0.5	9				,111167
Sig.		,574	,120	,974	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 7,584E-005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por el kiwi se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 1 y 2.

**Tabla 58:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **Ciruela** sobre la concentración de cadmio

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Ciruela

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,107 <sup>a</sup>	6	,018	160,562	,000
Intersección	,246	1	,246	2216,757	,000
Coagulantes	,103	2	,052	465,168	,000
Dosis	,004	4	,001	8,259	,000
Error	,004	38	,000		
Total	,358	45			
Total corregida	,111	44			

a. R cuadrado = ,962 (R cuadrado corregida = ,956)

Al 95% de confianza, en el caso de la **ciruela** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

#### Ciruela

##### DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Ciruela (Cd 0.2 mg/l)	15	,031227		
Ciruela (Cd 0.5 mg/l)	15		,049833	
Ciruela (Cd 1.0 mg/l)	15			,140940
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

### Ciruela

#### DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,058433		
2.0	9	,070211	,070211	
1.5	9		,078333	,078333
1.0	9		,078367	,078367
0.5	9			,084656
<b>Sig.</b>		,146	,482	,710

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,000.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la ciruela se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

**Tabla 59:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso del pepino sobre la concentración de cadmio

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Pepino

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,077 <sup>a</sup>	6	,013	367,313	,000
Intersección	,218	1	,218	6239,621	,000
<b>Coagulantes</b>	<b>,064</b>	<b>2</b>	<b>,032</b>	<b>911,808</b>	<b>,000</b>
<b>Dosis</b>	<b>,013</b>	<b>4</b>	<b>,003</b>	<b>95,065</b>	<b>,000</b>
Error	,001	38	3,495E-005		
Total	,296	45			
Total corregida	,078	44			

a. R cuadrado = ,983 (R cuadrado corregida = ,980)

Al 95% de confianza, en el caso del **pepino** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

**Pepino**

DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Pepino (Cd 0.2 mg/l)	15	,029353		
Pepino (Cd 0.5 mg/l)	15		,059593	
Pepino (Cd 1.0 mg/l)	15			,119887
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,495E-005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

**Pepino**

DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
2.5	9	,051144		
2.0	9	,055711		
1.5	9		,067033	
1.0	9		,074333	
0.5	9			,099833
Sig.		,483	,087	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,495E-005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por el pepino se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5

**Tabla 60:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **piña** sobre la concentración de cadmio

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Piña

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,224 <sup>a</sup>	6	,037	700,292	,000
Intersección	,438	1	,438	8222,081	,000
<b>Coagulantes</b>	<b>,214</b>	<b>2</b>	<b>,107</b>	<b>2010,246</b>	<b>,000</b>
<b>Dosis</b>	<b>,010</b>	<b>4</b>	<b>,002</b>	<b>45,315</b>	<b>,000</b>
Error	,002	38	5,329E-005		
Total	,664	45			
Total corregida	,226	44			

a. R cuadrado = ,991 (R cuadrado corregida = ,990)

Al 95% de confianza, en el caso de la **piña** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

### Piña

DHS de Tukey		Subconjunto		
Coagulantes	N	1	2	3

Piña (Cd 0.2 mg/l)	15	,038167		
Piña (Cd 0.5 mg/l)	15		,062627	
Piña (Cd 1.0 mg/l)	15			,195227
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 5,329E-005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

### Piña

#### DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,078622			
2.0	9		,089322		
1.5	9		,098611	,098611	
1.0	9			,104756	
0.5	9				,122056
Sig.		1,000	,073	,397	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 5,329E-005.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la piña se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.5.

**Tabla 61:** Diseño de experimentos por bloques aleatorizados para observar el efecto de la dosis y coagulante en el caso de la **carambola** sobre la concentración de cadmio

### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Carambola

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,811 <sup>a</sup>	6	,135	96,867	,000
Intersección	1,118	1	1,118	800,690	,000
<b>Coagulantes</b>	<b>,720</b>	<b>2</b>	<b>,360</b>	<b>258,018</b>	<b>,000</b>
<b>Dosis</b>	<b>,091</b>	<b>4</b>	<b>,023</b>	<b>16,291</b>	<b>,000</b>
Error	,053	38	,001		
Total	1,982	45			
Total corregida	,865	44			

a. R cuadrado = ,939 (R cuadrado corregida = ,929)

Al 95% de confianza, en el caso de la **carambola** la dosis y el coagulante presentan un efecto diferente en el tratamiento del cadmio ya que ambos valores de Sig son menores que 0.05 (para la dosis Sig=0.00 y para el coagulante el valor de Sig=0.000)

### Carambola

DHS de Tukey

Coagulantes	N	Subconjunto		
		1	2	3
Carambola (Cd 0.2 mg/l)	15	,045707		
Carambola (Cd 0.5 mg/l)	15		,092640	
Carambola (Cd 1.0 mg/l)	15			,334493
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,000

b. Alfa = 0.05.

### Carambola

DHS de Tukey

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
2.5	9	,094778			
2.0	9	,128956	,128956		
1.5	9		,156611	,156611	
1.0	9			,180833	,180833
0.5	9				,226889
Sig.		,314	,525	,647	,088

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,001.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000

b. Alfa = 0.05.

Sobre la base de la prueba de Tukey, los mejores resultados en el tratamiento del cadmio por la carambola se encuentra cuando se trabaja con un coagulante al 0.2 mg/l y en el caso de la dosis al 2.0 y 2.5.

## **CAPITULO V: Discusión de resultados**

### **5.1 Discusión**

A partir de los hallazgos descubiertos, la eficiencia de biosorción de plomo y cadmio se dio a partir de floculantes orgánicos los cuales fueron desarrolladas a partir de la cascara de diversas frutas, lo cual se determinó que la dosis optima se muestra con 2 y 2.5gr/L tanto para la remoción de cadmio y plomo, es decir que para la remoción de cadmio con una concentración de 2.5g en las frutas como toronja, la mandarina, pepino y manzana alcanzaron una remoción de 0.011mg/L a 0.309mg/L, de igual manera para plomo con una concentración de 2.5g en la frutas como naranja, uva, pepino y manzana se alcanzó una remoción de 0.026mg/L a 0.0236mg/L, tal como como lo menciona (Zapién, 2013) quien en su investigación trabajo con 10 dosis diferentes (0.1, 0.5, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10 y 12g/L) siendo cada una de ellas significativa, sin embargo las cuatro primeras dosis trabajadas fueron los que mejor resultados en remoción de metales presentaron, lo cual coincide con esta investigación. Cabe mencionar que en esta investigación se trabajó a 5 dosis diferentes siendo la concentración ya mencionada la más óptima y sin desmerecer las otras concentraciones como por ejemplo 1g/L también presenta gran porcentaje de remoción para ambos metales cadmio y plomo alcanzando para cadmio de 0.032mg/l a 0.118mg/l y para plomo 0.029mg/l a 0.236mg/l con respecto al pepino, esta dosis tiene relación con lo que sostiene (Netzahuatl et al. 2009) quien en su investigación utilizo la cascara de pepino determino que la dosis 1g/L también es eficaz, lo cual concuerda con los valores obtenidos.

Los resultados hallados en cuanto a la remoción de plomo guardan relación con lo que sostienen Ilina et al. 2009, Rumi et al.2009, Marshall et al. 2016 y Muñoz, 2007, quienes estudiaron diferentes frutas como la naranja, maracuyá, toronja y la uva llegando una conclusión que estas cascarras de fruta presentan desde un 40% de eficiencia hasta en 96.08% en la remoción de plomo (Pb). Por

otro lado autores como Verdugo, 2017 en su estudio mediante la cascara de mandarina alcanza remover un 71.9% de plomo, lo cual también coincide con lo que se obtuvo en esta investigación un 67.58% de remoción con la cascara de mandarina presentando un porcentaje por debajo de las demás, así mismo Pandey et al. 2014 y Netzahuatl et al. 2009 quienes estudiaron el pepino, la cocona y la manzana, concluyeron que las cascaras de la siguientes frutas logran alcanzar hasta en un 93.5% de remoción de Pb, estos autores expresan que las frutas mencionadas alcanzan un alto nivel de significancia en la remoción de plomo, destacando la eficiencia de la manzana con un 88.88%.

De la misma manera, en cuanto a los resultados obtenidos en la remoción de cadmio con las diversas cascaras de frutas presentan cierta relación en cuanto a los siguientes autores como Muñoz. 2007, Zapién, 2013, Velasquez, 2014 y Iliina et al. 2009. Quienes estudiaron las diferentes frutas como la uva, maracuyá, naranja, carambola, piña, lima, tamarindo y membrillo, llegaron a la conclusión que estas frutas presentan una remoción de 60% a 80% de cadmio y otros metales, lo cual en esta investigación esta frutas presentan una eficiencia de 30% a un 85% de remoción de cadmio lo cual no es mucha la diferencia a lo que sostienen estos autores. Por otro lado las frutas como la toronja, pepino y manzana quienes presentaron una eficiencia mayor a las demás frutas ya mencionadas con un 77.31% a un 88.69% de remoción de cadmio coinciden con los siguientes autores Marshall et al. 2016 y Pandey et al. 2014 quienes estudiaron estas frutas.

## **CAPITULO VI: Conclusiones**

En esta tesis se evaluó la eficiencia de biosorción de plomo y cadmio mediante floculantes orgánicos. Para ello se determinó la concentración óptima de cada uno de ellas, por lo mismo que depende de una eficiente dosis para los coloides y otros compuestos puedan sedimentar mejorando así la calidad de agua.

La dosis óptima que presento esta investigación para la adsorción de plomo fue de 2g a 2.5g para las diferentes frutas y en las tres concentraciones trabajadas, dando como resultado en caso de la manzana con la dosis de 2.5g logró remover en el primer tratamiento en una concentración de 0.2mg/l alcanzo 0.026, en el segundo tratamiento en una concentración de 0.5mg/l alcanzo 0.054 y en el tercer tratamiento en una concentración de 1.0mg/l alcanzo 0.111, comprobando que esta dosis es la más efectiva para remover plomo y de la misma manera tiende a relacionarse con los otros floculantes naturales.

La dosis óptima para la adsorción de cadmio fue de 2g a 2.5g para las diferentes frutas y en las tres concentraciones trabajadas, dando como resultado en caso de la manzana con la dosis de 2.5g logró remover en el primer tratamiento en una concentración de 0.2mg/l alcanzo 0.011, en el segundo tratamiento en una concentración de 0.5mg/l alcanzo 0.037 y en el tercer tratamiento en una concentración de 1.0mg/l alcanzo 0.057, comprobando que esta dosis es la más efectiva para remover plomo y de la misma manera tiende a relacionarse con los otros floculantes naturales.

Se concluyó que los floculantes orgánicos en la remoción de plomo tienen una eficiencia de 28.37% a 88.33%, siendo la carambola quien presento una menor eficiencia en la remoción de plomo y la naranja, uva, pepino, cocona y manzana, siendo esta ultima la manzana la que presenta mayor eficiencia en los tres niveles de concentración observados en la presente investigación, así se tiene que para una concentración de 0.2 mg/l la eficiencia más alta se observa en la manzana con un 86.93%, seguido por el pepino con una eficiencia del 84.62% y en tercer lugar la cocona con un 81.54%; para una concentración de 0.5 mg/l la eficiencia más alta nuevamente se encuentra en la manzana con un 89.18%,

seguido por la uva con un 87.13% y en tercer lugar nuevamente la cocona con un 86.64%; para una concentración de 1.0 mg/l se encontró que la mayor eficiencia se encuentra nuevamente en la manzana con un 88.88%, seguida por la uva con un 85.80% y en tercer lugar la cocona con un 82.24%

Así mismo se concluye que para el tratamiento de cadmio los flocculantes orgánicos presentan una eficiencia de 41.93% a 83.82%, siendo la uva quien presento una menor eficiencia en la remoción de cadmio, mientras que para una concentración de 0.2 mg/l la eficiencia más alta que se observa con el tamarindo con un 78.51%, seguido por la manzana con una eficiencia del 77.65% y en tercer lugar la mandarina con un 77.40%; para una concentración de 0.5 mg/l la eficiencia más alta se encuentra con la mandarina con un 94.08%, seguido por la toronja con un 86.50% y en tercer lugar el pepino con un 85.35%; para una concentración de 1.0 mg/l se encontró que la mayor eficiencia se encuentra con la manzana con un 88.69%, seguida por la cocona con un 85.57% y en tercer lugar el membrillo con un 84.98%.

## **CAPITULO VII: Recomendaciones**

- Se recomienda realizar más replicas con la intención de afianzar los resultados encontrados.
- Se recomienda utilizar diferentes dosis de floculantes orgánicos, considerando las concentraciones del metal que se va tratar con la intención de buscar nuevas relaciones.
- Se recomienda preparar las especies con granulometría más fina (mallas y tamizados que superen los 180 um o sea entre 90 u 80 um) buscando una posible mejor respuesta ante el contacto con los iones metálicos.
- Se recomienda de igual forma utilizar un mayor tiempo de contacto entre el biosorbente y el metal a tratar mediante el proceso de floculación en jarras de pruebas.
- Con respecto al biosorbente, se recomienda evaluar otras especies en búsqueda de una mejor eficiencia.
- Se recomienda, exponer otros metales con impactos en la salud y en el ambiente ante floculantes orgánicos y realizar las evaluaciones correspondientes.

## CAPITULO VIII: Referencias

- Andrada, C. (2000). *El membrillo y su dulce: con especial referencia a la región del Noroeste Argentino, y aportes de México y Portugal*. Buenos Aires: Editorial La Colmena. ISBN: 987-9028-29-5
- Ardila Ramírez, C., María Palacio, Á y Barrera Zapata, R. (2018). *Cáscara de piña como adsorbente de colorantes típicos de la industria textil*. Ciencia en desarrollo, 9(2). Recuperado en: <https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n2.2018.7689>
- Arboleda V., Castro, M. y Kirchmer, C. (1975). Polimeros Naturales y su aplicación como ayudantes de floculación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Lima, Perú.
- Albert, L. (1997). *Introducción a la toxicología ambiental*. Metepec, Ed. México.
- ANDIA, Y. (2000) *Coagulación y floculación*. Recuperado de [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)
- ASTM. (1995). *Standard Practice for Coagulation–Flocculation Jar Test of Water*. R D, pp. 2035-80.
- Agency for toxic substances and disease control. (2011). *División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU*. Washington (USA): Servicio de Salud Pública. 269 p.
- Alcazar, M, Gamarra, G, Castro, A y Godoy, J. (2010). *Eficacia de Coagulantes en el Tratamiento Primario de Efluentes de Procesadora de Frutas*. Ciencia e investigación UNMSM, 13 (2), 60-66.
- Bautista Hernández, D. (2008), *Bioadsorción de metals pesados mediante el uso de biomasa bacteriana aislada de jales mineros*. Atizapán de Zaragoza, Edo. pp. 34, México.

- Barrie, F. (2007). *Myrtaceae. En: Manual de Plantas de Costa Rica*. Vol. 6. B.E. Hammel, M.H. Grayum, C. Herrera & N. Zamora (eds.). Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 111.
- Barrenechea, A. (2004). *OPS/CEPIS. Tratamiento de Agua para Consumo Humano*. Manual I, Tomo I. Versión en PDF. Lima, Perú.
- Burke, K. (1972). *Determination of microgram amounts of antimony, bismuth, lead and tin in aluminium iron and nickel base alloys by non aqueous atomic absorption spectroscopy*, Analyst, p. 19-28.
- Castillo Ortiz, M. (2007). *Diseño del proceso de obtención de trozos secos de carambola (Averroha carambola L.) Tratados osmóticamente*. Ecuador.
- Cañizares Villanueva, R. (2000). *Bioadsorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana*. Revista latinoamericana de microbiología, 42(3), pp. 131-143.
- Carro de Diego, L. (2012). *Eliminación de mercurio de efluentes acuosos con materiales de bajo coste: proceso combinado de bioadsorción-reducción*. Universidad Da Coruña, España.
- Covarrubias, Y, Rocha, A y Garcia, J. (2011). *Microalgas: ¿por qué toleran tanto cobre?* facultad de ciencias químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Vol. 1, 11
- Cuervo, L, Folch, J y Quiroz, R. (2009). *Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol*. Institución de biotecnología, UNAM, 13(3), pp. 11
- Díaz, J. (2014). *Coagulantes-floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje para el tratamiento de aguas contaminadas*. Disponible en: <http://repositorio.upnfm.edu.hn:8081/xmlui/bitstream/handle/12345678/94/TESIS%20DE%20NAHUM.pdf?sequence=1>
- Díaz , V. (2014). El concepto de ciencia como sistema, el positivismo, neopositivismo y las “investigaciones cuantitativas y cualitativas”. Salud Uninorte. Barranquilla (Col.), p. 227-244.
- Degremont. (1991). *Water treatment handbook*. 6ª ed, vol. 1. Francia.

- Fu, F y Wang, Q. (2011), *Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review*, *Journal of environmental management*, 92(3), pp. 407. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.011>
- Febrianto, J, Kosasih, A, Sunarsi, J, Ju, H, Indraswati, N y Ismadji, s. (2009). *Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies*. *Journal of Hazardous Materials*, 162(2-3), p. 616-645.
- Hernández R; Fernández, C; Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F: McGraw Hill/Interamericana Editores.
- Izquierdo, M. (2010). *Eliminación de metales en aguas mediante biadsorción, evaluación de materiales y modelación del proceso*. Universitat de Valencia, Valencia, España.
- IARC. (2012). *Agents classified by the IARC monographs*, 1(123),
- Illina, A, Martínez Hernández, J, Segura Ceniceros, P, Villarreal Sánchez, J y Gregorio Jáuregui, K. (2009). *Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá*. *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 25(4).
- Iberdrola Ingeniería, (2014). *Aprovechamiento de microalgas para una nueva biocidadad autosuficiente*. Cadiz. España.
- Linares, J. (2003). *Listado comentado de los árboles nativos y cultivados en la república de El Salvador*. *Ceiba* 44(2), pp. 105.
- Lenntech. (2013). *Purificación del aire y tratamiento del agua*. Rotterdamseweg 402 M 2629 HH Delft, Holanda.
- Marshall Sánchez, R, Espinoza Subía, J. (2016). *Evaluación del poder absorbente de las cascarras de cítricos "limón y Toronja" para eliminación de metales pesados; plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en aguas residuales sintéticos*. Ecuador. Recuperado en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18100>.
- Manaban, S (1999). *Evoromental sciencie, technology and chemistry, Environmental chemistry boca raton*. Colombia, Missouri. Lewis publisher.

- Mejía Sandoval, G. (2006). *Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos*. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 1 (1), pp. 77-99
- Ministerio de Agricultura (2012). Conformación de la comisión multisectorial para la recuperación de la cuenca del río Rímac. Autoridad Nacional del Agua, 17-18, 21-22 pp.
- Ministerio de Salud (2010). Evaluación de los resultados de los monitoreos realizados a los Recursos Hídricos en la cuenca del río Rímac, Dirección General de Salud Ambiental. 26, 32 pp.
- Molina, P, Aguilar, N y Cordovez, P (2010). *Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana*. Ciencia & tecnología para la salud visual y ocular, 8(1), pp. 77-88.
- Moreno Marengo, A. (2013). *Estudio de diferentes bioadsorbentes como posibles retenedores de fosfatos en agua*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Mozcoso, L. (2015). Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación en sistemas de tratamiento de agua para potabilización. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Muñoz Carpio, J. (2007). *Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja citrus cinensis pretatada*. Perú.
- Netzahuatl Muñoz, A, Morales Barrera, L, Cristiani Urbina, E. (2009). *Selección de residuos agroindustriales con alta capacidad de remoción de cromo hexavalente de soluciones acuosas*. México.
- Norme AFNORT. (1976). *Dosage de dix elements metalliques (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Pb) par spectrometric dábsortion atomique*. Avril, p. 90 – 112.
- Osorio Saldívar, L.; Tovar Tovar, A.; Fortoul van der Goes, T. (1997) Introducción a la toxicología ambiental. Capítulo 13 p. 211. Metepec; ECO.
- Pandey, R., Ansari, NG, Prasad, RL, y Murthy, RC (2014). *Eliminación de Pb (II) de la solución acuosa mediante la exfoliación con pepino (pepino): estudio cinético, de equilibrio y termodinámico*. American Journal of Environmental Protection, 2 (3).

- Pinta, M, (1971). *Spectrometric dabsortion atomique*. Masson et Cie.
- Pinzón Bedoya, M y Vera Villamizar, E. (2009). *Modelamiento de la cinética de bioadsorción de Cr (III) usando cascara de la naranja*. Dyna, 160(1ii), pp. 95-106.
- PNUD (2016) *Objetivos del desarrollo sostenible*. Recuperado de [file:///C:/Users/Fernando/Desktop/SDG\\_6\\_Spanish.pdf](file:///C:/Users/Fernando/Desktop/SDG_6_Spanish.pdf)
- Robards, K. y Worsfold, P. Cadmium: toxicology and analysis – a review. *Analyst*, 3(1), 2011, p. 549-568
- Ríos Garcia, D. (2013). *Química de alimentos de frutas tropicales*. Iquitos, Perú.
- Rosique, M. (2013). *Bioadsorción de cadmio por biomasa de opuntia*. Cartagena.
- Romero, M. (2008). *Tratamientos utilizados en la potabilización del agua*. Boletín informativo numero8. España. pp.1
- Rumi Chand, K, Hidetaka Kawakita, K, Takanori Watari, K. (2009). *Residuos de uva como un biosorbente para eliminar Cr (VI) de una solución acuosa*. Diario de materiales peligroso. 163 (1), pp. 245 – 250.
- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio. Riesgos para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio*. Facultad de farmacia universidad complutense. Madrid.
- Taylor, J y Wiesner, M. (2002). *Calidad y tratamiento del agua manual de siuministros de agua comunitaria*. Capítulo 11: membranas. Mc Graw Hill (Ed), (5ª ed.), Madrid.
- Verdugo Vergara, J. (2017). *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina*. Cuenca.
- Velásquez yapo, L (2014). *Bioadsorción de cromo hexavalente en aguas contaminadas sintéticamente mediante una biomasa de cáscara de lima (citrus aurantifolia)*. Arequipa – Perú.
- Volesky, B. (2003). *Sorption and biosorption*. Bsborex, Ed. St Lambert, Québec: BV Sorbex.
- Wall, H. y Rhodes, C. (1968). *Measurement of salt effect in the determination of cadmium by atomic absorption*. *Canad. Spectros*, 13.

Wase, J y Forster, C. (1997). *Biosorbents for metal ions*. Taylor & Francis lid (Taylor % F). London: British Library.

Zapién Serrano, L.(2013). *Biosorción de Cr (VI) en olucion acuosa utilizando cáscara de membrillo, en un sistema por lotes*. Morelia.

## IX. Anexos

**Figura 96:** Presentacion de fotos del trabajo en el laboratorio



