

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia de la cáscara de maracuyá y
papa en la reducción de contaminantes
de lixiviados del botadero de la
Municipalidad Provincial de Chupaca en
el año 2021**

Cesia Wendy Espiritu Castillo
Loeda Carol Valladares Huarcaya

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

ELIZABETH GUISELLA MACHUCA MANRIQUE

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento hacia la Municipalidad Provincial de Chupaca, especialmente a la Gerencia de Asuntos Ambientales, por permitirnos realizar con plena disposición el proceso de investigación en sus instalaciones. Del mismo modo, extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad Continental, sobre todo, a la Facultad de Ingeniería Ambiental por permitirnos cumplir una de nuestras metas. Así mismo, deseamos expresar nuestro reconocimiento al laboratorio de análisis ambientales, nos proporcionó todas las herramientas para cumplir con la metodología que la investigación requería.

Finalmente, expresamos el mayor agradecimiento al Ing. Jacinto Venancio Arroyo Aliaga, que en paz descansa, y a la Ma. Elizabeth Guisella Machuca Manrique; quienes han sido los principales colaboradores durante todo el proceso. Gracias a su dirección, conocimientos, instrucción y cooperación esta investigación fue desarrollada y concluida.

DEDICATORIA

A mis padres Rita Castillo y Hualter Espíritu, quienes, con tanto cariño y esfuerzo me guiaron y motivaron para cumplir una meta más en mi vida.

A mis hermanos Danisa, Jemima, Alex y Piter que me ayudaron a lograr este objetivo, apoyándome incondicionalmente.

A mi esposo Michael Brañez, quien me ha dado su apoyo incondicional y ha sido motivo para lograr cada objetivo planteado.

Cesia Wendy Espiritu Castillo

A mi madre querida Lina Huarcaya, que gracias a ella hoy puedo cumplir un objetivo más.

A mi esposo Max Renso Inga, quien es mi apoyo incondicional en mi desarrollo profesional, que con su respaldo y amor llegue alcanzar mis objetivos.

A mi hija Marian Inga, por ser mi inspiración y motivación en todo momento.

A mis seres queridos por brindarme su apoyo incondicional y estar en los malos y buenos momentos.

Loeda Carol Valladares Huarcaya

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
ASESOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I	20
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	20
1.1 Planteamiento y formulación del problema	20
1.1.1 Planteamiento del problema	20
1.1.2 Formulación del problema	28
1.2 Objetivos.....	28
1.2.1 Objetivo general	28
1.2.2 Objetivos específicos.....	28
1.3. Justificación e importancia	28
1.4. Hipótesis y descripción de variables	30
1.4.1. Hipótesis	30
1.4.2. Descripción de las variables.....	30
CAPÍTULO II	32
MARCO TEÓRICO	32
2.1 Antecedentes de la investigación.....	32
2.2 Bases teóricas	39
2.2.1 Fundamentos teóricos	39

2.1	Definición de términos básicos	58
CAPÍTULO III	61
METODOLOGÍA	61
3.1	Método y alcances de la investigación	61
3.1.1	Método de la investigación	61
3.1.2	Alcances de la investigación	68
3.2	Diseño de la investigación	68
3.2.1	Tipo de diseño de investigación	69
3.3	Población y muestra	69
3.3.1	Población.....	70
3.3.2	Muestra	70
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	71
3.4.1	Técnicas en la recolección de datos	71
3.4.2	Instrumentos en la recolección de datos.....	71
CAPÍTULO IV	72
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
4.1	Resultados del tratamiento y análisis de la información	72
4.1.1	Caracterización fisicoquímicamente de los lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca (MPCH) en el año 2021	72
4.1.2	Influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021	73
4.1.3	Influencia de la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021	80
4.1.4	Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021	88
4.2.	Prueba de hipótesis	89
4.2.1.	Contrastación de las hipótesis específicas.....	89
4.2.2.	Contrastación de la hipótesis general	148
4.3.	Discusión de resultados.....	151

4.3.1. Caracterización fisicoquímica de los lixiviados.....	151
4.3.2. Influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021.....	152
4.3.3. Influencia de la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021.....	153
4.3.4. Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021.....	154
CONCLUSIONES	156
RECOMENDACIONES	158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159
ANEXOS	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción absoluta de desechos sólidos municipales.	24
Figura 2. Apreciación de la gestión de restos sólidos de municipio.	26
Figura 3. Evaluación del manejo de residuos sólidos municipales.	26
Figura 4. Manejo de los RR.SS. y su gestión	27
Figura 5. Contribución de las etapas de desintegración de RSU en la creación de lixiviados.	48
Figura 6. Nutrientes presentes en la papa.....	53
Figura 7. Capas existentes en los coloides. p: partícula.....	55
Figura 8. Crisis de la nube de iones en la coagulación de coloides.	56
Figura 9. Formación química de algunos biopolímeros.	58
Figura 10. Parámetros iniciales de los lixiviados.	73
Figura 11. Diagrama de cajas para la remoción de DQO vs dosis con la cáscara de maracuyá.....	74
Figura 12. Diagrama de cajas para la remoción de DQO vs pH con la cáscara de maracuyá	75
Figura 13. Reducción de DQO con la cáscara de maracuyá.	75
Figura 14. Diagrama de cajas para la remoción de DBO ₅ vs dosis con la cáscara de maracuyá.....	77
Figura 15. Diagrama de cajas para la remoción de DBO ₅ vs pH, con la cáscara de maracuyá.....	77
Figura 16. Reducción de DBO ₅ con la cáscara de maracuyá.	78
Figura 17. Flujo de cajas para remover la turbidez vs dosis con la cáscara de maracuyá.	79
Figura 18. Diagrama de cajas para la eliminación de turbidez vs pH respecto a la cáscara de maracuyá.....	80
Figura 19. Reducción de la turbidez con la cáscara de maracuyá.....	80
Figura 20. Diagrama de cajas para la remoción de DQO vs dosis, con la cáscara de papa.	82
Figura 21. Diagrama de cajas para la remoción de DQO vs pH con la cáscara de papa.	82
Figura 22. Reducción de DQO con la cáscara de papa.....	83
Figura 23. Diagrama de cajas para la remoción de DBO ₅ vs dosis, con la cáscara de papa.	84

Figura 24. Diagrama de cajas para la remoción de DBO_5 vs pH, con la cáscara de papa.	85
Figura 25. Reducción de DBO_5 con la cáscara de papa.	85
Figura 26. Diagrama de cajas para remover turbidez vs dosis, con la cáscara de papa. .	87
Figura 27. Diagrama de cajas para la remoción de turbidez vs pH, con la cáscara de papa.	87
Figura 28. Reducción de la turbidez con la cáscara de papa.	88
Figura 29. Reducción de contaminantes de los lixiviados.....	89
Figura 30. Diagrama de Pareto de DQO - cáscara de maracuyá.	91
Figura 31. Gráfica de probabilidad normal para la DQO - cáscara de maracuyá.....	92
Figura 32. Grafica de residuos para la DQO - cáscara de maracuyá	92
Figura 33. Histograma para la DQO - cáscara de maracuyá	93
Figura 34. Grafica de residuos vs. orden para la DQO - cáscara de maracuyá	94
Figura 35. Grafica de efectos principales DQO - cáscara de maracuyá.	94
Figura 36. Grafica de interacción para la reducción de DQO - cáscara de maracuyá.....	95
Figura 37. Grafica de distribución F de DQO - cáscara de maracuyá.....	96
Figura 38. Grafica de distribución F de dosis respecto al DQO - cáscara de maracuyá ..	97
Figura 39. Grafica de distribución F de pH respecto al DQO - cáscara de maracuyá	98
Figura 40. Grafica de distribución F de DQO - cáscara de maracuyá.....	98
Figura 41. Grafica de distribución F de Dosis*pH respecto al DQO - cáscara de maracuyá	99
Figura 42. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la DBO_5	101
Figura 43. Gráfica de probabilidad normal para la DBO_5 - cáscara de maracuyá	101
Figura 44. Grafica de residuos para la DBO_5 - cáscara de maracuyá.....	102
Figura 45. Histograma para la DBO_5 - cáscara de maracuyá	102
Figura 46. Grafica de residuos vs. orden para la DBO_5 - cáscara de maracuyá	103
Figura 47. Grafica de efectos principales DBO_5 - cáscara de maracuyá.....	104
Figura 48. Grafica de interacción para la reducción de DBO_5 con cáscara de maracuyá	104
Figura 49. Grafica de distribución F de DBO_5 - cáscara de maracuyá.....	105
Figura 50. Grafica de distribución F de dosis respecto al DBO_5 - cáscara de maracuyá	106
Figura 51. Grafica de distribución F de pH respecto al DBO_5 - cáscara de maracuyá ...	107
Figura 52. Grafica de distribución F de DBO_5 - cáscara de maracuyá	108
Figura 53. Grafica de distribución F de pH respecto al DBO_5 - cáscara de maracuyá ...	109
Figura 54. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la turbidez.	110

Figura 55. Gráfica de probabilidad normal para la turbidez - cáscara de maracuyá	111
Figura 56. Grafica de residuos para la turbidez - cáscara de maracuyá	111
Figura 57. Histograma para la turbidez - cáscara de maracuyá.....	112
Figura 58. Grafica de residuos vs. orden para la turbidez - cáscara de maracuyá.....	113
Figura 59. Grafica de efectos principales de la turbidez - cáscara de maracuyá.	113
Figura 60. Grafica de interacción para la reducción de la turbidez - cáscara de maracuyá	114
Figura 61. Grafica de distribución F de la turbidez - cáscara de maracuyá	115
Figura 62. Grafica de distribución F de dosis respecto a la turbidez - cáscara de maracuyá	116
Figura 63. Grafica de distribución F de pH respecto a la turbidez - cáscara de maracuyá	117
Figura 64. Grafica de distribución F de la turbidez - cáscara de maracuyá	117
Figura 65. Grafica de distribución F de Dosis*pH respecto a la turbidez - cáscara de maracuyá.....	118
Figura 66. Diagrama de Pareto de DQO - cáscara de papa.	121
Figura 67. Gráfica de probabilidad normal para la DQO - cáscara de papa.....	121
Figura 68. Grafica de residuos para la DQO - cáscara de papa.	122
Figura 69. Histograma para la DQO - cáscara de papa.....	123
Figura 70. Grafica de residuos vs. orden para la DQO - cáscara de papa.....	123
Figura 71. Grafica de efectos principales DQO - cáscara de papa.	124
Figura 72. Grafica de interacción para la reducción de DQO - cáscara de papa.	125
Figura 73. Grafica de distribución F de DQO - cáscara de papa	125
Figura 74. Grafica de distribución F de dosis respecto al DQO - cáscara de papa.....	126
Figura 75. Grafica de distribución F de pH respecto al DQO - cáscara de papa.....	127
Figura 76. Grafica de distribución F de DQO - cáscara de papa	128
Figura 77. Grafica de distribución F de Dosis*pH respecto al DQO - cáscara de papa .	129
Figura 78. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la DBO ₅	130
Figura 79. Gráfica de probabilidad normal para la DBO ₅ - cáscara de papa.....	131
Figura 80. Grafica de residuos para la DBO ₅ - cáscara de papa.	131
Figura 81. Histograma para la DBO ₅ - cáscara de papa.....	132
Figura 82. Grafica de residuos vs. orden para la DBO ₅ - cáscara de papa.....	132
Figura 83. Grafica de efectos principales DBO ₅ - cáscara de papa.	133
Figura 84. Grafica de interacción para la reducción de DBO ₅ con cáscara de papa.....	134
Figura 85. Grafica de distribución F de DBO ₅ - cáscara de papa.....	134

Figura 86. Grafica de distribución F de dosis respecto al DBO ₅ - cáscara de papa.	135
Figura 87. Grafica de distribución F de pH respecto al DBO ₅ - cáscara de papa.	136
Figura 88. Grafica de distribución F de DBO ₅ - cáscara de papa.	137
Figura 89. Grafica de distribución F de pH respecto al DBO ₅ - cáscara de papa.	138
Figura 90. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la turbidez.	139
Figura 91. Gráfica de probabilidad normal para la turbidez - cáscara de papa.	140
Figura 92. Grafica de residuos para la turbidez - cáscara de papa.	140
Figura 93. Histograma para la turbidez - cáscara de papa.	141
Figura 94. Grafica de residuos vs. orden para la turbidez - cáscara de papa.	142
Figura 95. Grafica de efectos principales de la turbidez - cáscara de papa.	142
Figura 96. Grafica de interacción para la reducción de la turbidez - cáscara de papa. ...	143
Figura 97. Grafica de distribución F de la turbidez - cáscara de papa.	144
Figura 98. Grafica de distribución F de dosis respecto a la turbidez - cáscara de papa.	145
Figura 99. Grafica de distribución F de pH respecto a la turbidez - cáscara de papa. ...	146
Figura 100. Grafica de distribución F de la turbidez - cáscara de papa.	146
Figura 101. Grafica de distribución F de Dosis*pH respecto a la turbidez - cáscara de papa.	147
Figura 102. Comparación de Tukey para la DQO.	149
Figura 103. Comparación de Tukey para la DBO ₅	150
Figura 104. Comparación de Tukey para la turbidez.	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Gestión integral de los residuos sólidos en Junín	24
Tabla 2. Operacionalización de variables	31
Tabla 3. Contribución del material orgánico e inorgánico de los RSU en un relleno sanitario	46
Tabla 4. Tratamientos utilizados en aguas residuales industriales.....	51
Tabla 5. Sistemas de tratamientos en los lixiviados.....	51
Tabla 6. Tipos de coagulantes.....	57
Tabla 7. Diseño factorial.....	68
Tabla 8. Parámetro físico – químico de lixiviado de botadero de la MPCH	72
Tabla 9. Reducción de DQO de los lixiviados con cáscara de maracuyá.....	73
Tabla 10. Reducción de DBO ₅ de los lixiviados con cáscara de maracuyá.....	76
Tabla 11. Reducción de la turbidez de los lixiviados con cáscara de maracuyá	78
Tabla 12. Reducción de DQO de los lixiviados con cáscara de papa	81
Tabla 13. Reducción de DBO ₅ de los lixiviados con cáscara de papa	84
Tabla 14. <i>Reducción de la turbidez de los lixiviados con cáscara de papa</i>	86
Tabla 15. <i>Reducción de los contaminantes de lixiviados</i>	88
Tabla 16. Resumen del diseño para la DQO – cascara de maracuyá.....	90
Tabla 17. Información del factor	90
Tabla 18. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de maracuyá sobre la DQO.....	90
Tabla 19. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de maracuyá sobre la DBO ₅	100
Tabla 20. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de maracuyá sobre la turbidez.	109
Tabla 21. Resumen del diseño para la DQO – cascara de papa	119
Tabla 22. Información del factor	119
Tabla 23. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de papa sobre la DQO.....	120
Tabla 24. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de papa sobre la DBO ₅	129
Tabla 25. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de papa sobre la turbidez.	138
Tabla 26. Comparaciones en pareja de Tukey para DQO	148

Tabla 27. Comparaciones en pares de Tukey para DBO_5	149
Tabla 28. Comparaciones en pareja de Tukey para la turbidez	150

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación es analizar cómo influirá la cáscara de maracuyá y la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero municipal de la Provincia de Chupaca. El método utilizado fue cuantitativo del tipo hipotético–deductivo, el diseño que se trabajó fue experimental del tipo factorial. La población trabajada fueron los lixiviados del botadero. El instrumento de recolección de dato estuvo compuesto por el monitoreo en laboratorio y la elaboración de reportes de los análisis. Luego de haber realizado el análisis, se ha encontrado que la caracterización fisicoquímica de los lixiviados tuvo valores de DQO de 7639 mg/L, DBO₅ de 4984 mg/L y turbidez de 285 NTU. Se trabajó a una dosis de adsorbente de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5.0, 6.0 y 7.0, donde a una dosis de 2 g y pH de 5 se tiene la mayor reducción de los contaminantes de los lixiviados, donde predomina la cáscara de maracuyá para restringir los contaminantes de DQO con 81.59%, DBO₅ de 83.83% y la turbidez de 97.87% y la influencia de la cáscara de papa reduce contaminantes de DQO en 79.88 %, DBO₅ de 83.90% y la turbidez de 97.54 %. De esta manera, se puede determinar que la influencia en la reducción de contaminantes de lixiviados en la cáscara de maracuyá es mayor que la influencia de la cáscara de papa. Además de ello, se entiende que, al ser un producto natural, el impacto ambiental del coagulante de mayor efectividad es nulo.

Palabras clave: lixiviados, reducción de contaminantes, cáscara de papa, cáscara de maracuyá.

ABSTRACT

The objective of the research work is to analyze how passion fruit peel and potato peel will influence the reduction of leachate contaminants from the municipal dump of the Province of Chupaca. The method used was quantitative of the hypothetical-deductive type, the design that was worked on was experimental of the factorial type. The population worked were the leachate from the dump. The data collection instrument consisted of laboratory monitoring and preparation of analysis reports. After having carried out the analysis, it has been found that the physicochemical characterization of the leachates had COD values of 7639 mg/L, BOD₅ of 4984 mg/L and turbidity of 285 NTU. We worked at a dose of adsorbent of 1 g, 1.5 g and 2 g and a pH of 5.0, 6.0 and 7.0, where at a dose of 2 g and pH of 5 there is the greatest reduction of contaminants in the leachate, where the husk predominates. of passion fruit to restrict COD contaminants with 81.59%, BOD₅ of 83.83% and turbidity of 97.87% and the influence of potato peel reduces COD contaminants by 79.88%, BOD₅ of 83.90% and turbidity of 97.54%. In this way, it can be determined that the influence on the reduction of leachate contaminants in the passion fruit peel is greater than the influence of the potato peel. In addition to this, it is understood that, being a natural product, the environmental impact of the most effective coagulant is nil.

Keywords: leachate, contaminants reduction, potato peel, passion fruit peel.

INTRODUCCIÓN

El acelerado incremento de población en estos tiempos, la escasa cultura ambiental y el consumismo, fueron causas que generaron una rápida degradación acelerada del medio ambiente, producto de la contaminación que ocasionan estas actividades. Además de los problemas de polución en el aire, la acumulación de residuos en los mares y la predación de recursos, la gestión urbana de los residuos per cápita se ha convertido en un problema que afronta la gestión pública en diferentes centros poblados. En el país, la gestión de estos residuos se ha dispuesto, generalmente, en sitios de confinamiento sin que ello implique medidas necesarias que eviten el aumento de contaminación (1). Así, lo que debería ser una solución, solo se convierte en un problema diferente: en lugar de la dispersión de residuos se ha logrado concentrarlos con efectos que pueden ser aún mayores. La generación de los RR.SS. en el Perú es un aproximado de 7 497 482 ton/año, de este total 4 036 669 ton/año son destinados a los botaderos o lugares desconocidos y el resto de 3 444 943 ton/año son destinados a infraestructuras de ingeniería (2). Tanto en los botaderos o rellenos sanitarios, se producen dos fases: la primera es la etapa acuosa, comprendida por aguas negras generadas por los residuos; y la segunda, el estado gaseoso, comprendida por el biogás.

La generación de lixiviados es un problema importante para los vertederos de residuos sólidos municipales (RSU), pues resulta ser una amenaza significativa para las aguas superficiales y subterráneas. El lixiviado se define como un producto percolado que se filtra por un vertedero y del que arrastra materia disuelta y suspendida. El lixiviado resulta de la precipitación que ingresa al relleno sanitario a partir de la humedad que existe en los desechos cuando se componen (3). Dichos lixiviados son líquidos de color oscuro, generados por la desintegración del agua de lluvia y materia orgánica, por tal motivo contienen cargas altas de materia orgánica, sales, metales pesados y nitrógeno amoniacal. Las cualidades de los lixiviados están determinadas por diversas variables: el clima, el periodo de relleno, características de los residuos y la geografía (3).

Debido a este panorama, resulta necesario encontrar formas de gestión efectivas de los RSU sin que ello suponga aumentar la carga química en el proceso de descomposición y tratamiento que los vertederos utilizan para su gestión. En respuesta a ello, este estudio busca establecer la influencia que tienen la cáscara de maracuyá y la cáscara

de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero municipal de la Provincia de Chupaca. Para ello, se han planteado cuatro secciones.

En el primer capítulo, se aborda el problema de los lixiviados a medida que la población mundial aumenta diariamente: se estima que para el 2030 se llegue a los 8 500 millones, el impulso hacia la urbanización se convierte en una necesidad generada por los residuos sólidos que son acumulados en el botadero Municipal de la provincia de Chupaca. También, se explican algunos efectos que existen en la utilización de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021. Asimismo, la descripción de la justificación e importancia que tiene la generación de los lixiviados producidos por la gestión de los RSU. De esta manera, se entiende que el presente trabajo generara grandes alcances en estudios posteriores, considerando los criterios del uso de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) y papa (*Solanum tuberosum*), como coagulantes naturales para el tratamiento de lixiviados provenientes de rellenos sanitarios o botaderos municipales.

El segundo capítulo abordará principales referencias de la relación de los factores de estudio. Para ello, se han sintetizado los hallazgos de investigaciones que relacionan el uso positivo de las cáscaras de maracuyá y papa en la gestión de RSU, además de otros materiales naturales que sirven como coagulantes para tratar lixiviados, remoción de materia orgánica y líquido para abastecer las necesidades básicas. Asimismo, se procedió a la descripción de las teorías, sobre la producción de los RR.SS., sus características y el proceso de adsorción para tratar los lixiviados.

Capítulo 3 describe la metodología cuantitativa utilizada. A partir de ello, se relacionan las variables (pH y dosis). Con un modelo hipotético – deductivo. Para el procesamiento de la información, se analizan y comparan los resultados de la utilización de las cáscaras de maracuyá y de la papa, y su eficacia en el procedimiento de los efluentes residuales. Para el método específico del estudio en proceso, se detalló la forma de acopio de la muestra de lixiviado, la recolección de la cáscara de maracuyá y papa con la parte del desarrollo experimental y el trabajo en gabinete. Asimismo, se usó un diseño factorial de 2 factores y 3 niveles con tres replicas.

Para el siguiente capítulo, se presenta la sección del balance general del trabajo. La principal conclusión a la que se arriba indica cómo el uso del coagulante de maracuyá

resultó ser más eficiente que el coagulante de la cáscara de papa. Asimismo, se encontró que los niveles de lixiviados analizados resultaron excesivos, según los ECA, para agua de riego. También, se presenta un análisis FTIR de los coagulantes naturales (cáscara de maracuyá y papa). Además, se presenta la prueba de hipótesis desarrollado con el MINITAB V.18, donde se trabajará con un análisis factorial el cual nos dará una varianza ANOVA, gráfica de normalidad y Pareto. Por último, se aborda los efectos generados en este estudio, el cual será contrastado con investigaciones presentes en los antecedentes del presente trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

La población mundial ha crecido tan aceleradamente en los últimos dos siglos que se estima que esta sea de 8 500 millones para el año 2030 (4). Frente a este incremento, la tasa de producción de desechos municipales ha ido incrementándose más rápido que la tasa de urbanización, lo que es una señal de la creciente riqueza de la humanidad. Este modelo social ha producido un modelo productivo basado en la producción y consumo con ciclos cada vez más cortos. El desarrollo económico, la tasa de industrialización, las diversas prácticas públicas de las diferentes regiones, la urbanización y los patrones de consumo cambiantes son uno de los problemas para la generación de RSU. Debido a esto, la producción de residuos sólidos está alcanzando dimensiones alarmantes. Aproximadamente, 1.3 mil millones de toneladas métricas de RSU se generaron en 2016 a nivel mundial y se espera que aumente a alrededor de 2.2 mil millones para 2025 (5).

La rápida expansión de los sectores industrial y comercial, y el enorme consumo de productos envasados debido al incremento del nivel de vida han impulsado que se generen residuos sólidos hasta niveles insostenibles actualmente. Frente a ello, diferentes Gobiernos e investigadores están tratando de resolver este problema pues los desechos sólidos y peligrosos están generando problemas asociados (6). El sistema de remoción de desechos más habitual en los países desarrollados y en desarrollo es el uso

de vertederos. Sin embargo, este método de gestión produce lixiviados, otro agente que si no es bien tratado se convierte en una forma contaminante derivada. De hecho, si no se utiliza un tratamiento adecuado, el lixiviado de vertedero puede contaminar drásticamente el agua e incluso penetrar el suelo y el subsuelo, lo que termina ocasionando la destrucción de actividades agrícolas y el perjuicio del ser humano. Para ello, la cantidad de componentes peligrosos en el lixiviado debe ser compatible con las descargas estándar

antes de ir a los vertederos para que el agua no se contamine y otros tóxicos no entren en el agua ni en el suelo (5).

El primer paso en la gestión de residuos es cuantificar y calificar los residuos. Contar con métodos de recolección y análisis de información básica sobre residuos es vital para la sustentabilidad ambiental. Las fuentes, cantidades, composiciones, características, variaciones estacionales y la generación futura de los residuos son factores importantes que deben analizarse antes de elegir la estrategia de gestión de residuos más eficiente (7). De hecho, para establecer objetivos claros y tomar las mejores decisiones efectivas, la recopilación y la gestión de datos son factores clave. En general, hay cuatro fuentes principales de residuos sólidos municipales (RSU): servicios residenciales, comerciales, institucionales y municipales—esto no incluye desechos de fuentes como lodos municipales, cenizas de combustión y desechos de procesos industriales no peligrosos que probablemente se eliminan en vertederos o incineradores de desechos municipales—(8).

La gestión de RSU se encuentra entre los casos de mayor relevancia. La gestión de residuos sólidos municipales (GRSU) están literalmente descuidados en diversos países en pleno desarrollo. Por este motivo, se han generado graves causas que perjudican los ecosistemas y problemas de bioseguridad. En los países en vías de desarrollo, la GRSU implica la recolección primaria y secundaria, y los vertederos abiertos. Los vertederos a cielo abierto provocan grandes efectos adversos sobre el medioambiente y la salud pública. Por lo tanto, el desarrollo de sistemas GRSU sostenibles se ha convertido en una necesidad en todo el mundo (5). De esta manera, se puede mitigar el impacto de los contaminantes derivados de una mala gestión de RSU.

Los lixiviados de rellenos sanitarios (LL) son subproductos líquidos generados durante la deposición de desechos sólidos debido a procesos físicos, químicos y biológicos combinados, así como de la precipitación. Los LL se caracterizan por casi 400 parámetros, así como por los cambios de composición que ocurren en condiciones de mayor hidrofobicidad. Las propiedades antes mencionadas de los LL los predestinan a causar grandes problemáticas medioambientales en relación al aumento de contaminantes en el agua y el suelo, incluida la heterogeneidad espacial en la fuerza del lixiviado y su impacto en la vida biológica (9).

En los vertederos, el lixiviado es un líquido que ingresa del exterior al vertedero como puede ser la lluvia, drenaje superficial, manantiales subterráneos y aguas subterráneas, y del líquido producido por la putrefacción de los desechos (10). La generación de lixiviados de los vertederos depende de diversos aspectos, incluidas las condiciones de la superficie del vertedero, la disponibilidad de agua, las condiciones de los desechos, el clima predominante, las condiciones subyacentes del suelo y la estructura física de los desechos. Entre las causas más relevantes en la producción de lixiviados se encuentra la lluvia anual, la escorrentía, la permeación del agua, la evaporación, la transpiración, la composición de los desechos, la temperatura ambiente media, la densidad de los desechos, el contenido de humedad inicial y la profundidad del vertedero (11).

Las precipitaciones contribuyen de manera importante a la generación de lixiviados. Las fuentes de filtración de agua son principalmente la escorrentía de agua de lluvia—que ingresa por la cubierta del relleno sanitario—, la filtración de agua subterránea y, en menor grado, el contenido inicial de humedad de los desechos. Los principales factores que afectan la escorrentía superficial son la topografía de la superficie (tamaño, forma, pendiente y elevación), material de cobertura, permeabilidad del suelo, humedad del suelo y vegetación. La topografía de superficie controla el flujo de agua en la superficie. Mientras tanto, en un relleno sanitario sin vegetación, la cantidad de infiltración de agua a través de la basura aumenta debido a la menor absorción por parte de la vegetación. Esta situación también puede contribuir la descomposición de desechos debido a la actividad microbiana (12).

El lixiviado es un líquido oscuro y pegajoso lleno de materia orgánica. El lixiviado típico tiene de 4000 mg/L a 20 000 mg/L de demanda química de oxígeno (DQO). Este número cambia según la madurez del lixiviado (13). El tratamiento de estos es difícil debido a varias limitaciones. La limitación más preocupante es el alto nivel de DQO creado por diferentes productos químicos, y, aunque la mayoría son orgánicos, también existen materias inorgánicas como plásticos y metales. Por lo tanto, se puede concluir que el lixiviado es una combinación de diferentes productos químicos, orgánicos e inorgánicos—incluso llega a componerse por metales pesados tóxicos— (5).

Diversas variables alteran la calidad del lixiviado como son: el tiempo de permanencia, las precipitaciones, la variación climática estacional y el tipo y

composición de los desechos. Estos varían en intensidad según el nivel de vida de la población que los producen y la estructura del vertedero. La composición del lixiviado tiene una gran variación según la edad del vertedero. Uno joven tiene más materia orgánica biodegradable y la fermentación anaeróbica es rápida, por lo que se producirán más ácidos volátiles (VA). Por tanto, la fermentación ácida es mayor con un mayor nivel de humedad en los residuos sólidos (9). En un vertedero sanitario en fase prematura de vida útil, el ciclo de agua conforma la fase acidógena y conduce a la liberación de grandes cantidades de VA libre (hasta el 95 % de la sustancia orgánica) (9). Con el tiempo, este ciclo ayuda a que el vertedero paso a una etapa metanogénica. Los microorganismos de esta fase que crecen en los desechos o en los VA se transforman en biogás, metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Con esto, la porción orgánica del lixiviado se convierte en compuestos refractarios o no biodegradables como elementos húmicos. Parámetros como pH, DQO, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la relación de DBO_5/DQO , metales pesados, nitrógeno amónico ($\text{NH}_3 - \text{N}$), nitrógeno Kjeldahl total (TKN) y sólidos en suspensión (SS) definen las características del lixiviado. Con pocas excepciones, el pH del lixiviado está ubicado en la categoría de 5.8 a 8.5 debido a la actividad biológica en los vertederos. La relación DBO_5/DQO es de 0.50 ± 0.10 , la cual disminuye a medida que envejece el relleno sanitario. Esto sucede debido a la gran cantidad de moléculas orgánicas en los desechos sólidos (5).

En el Perú se llegó a generar 7 359 240 toneladas de residuos sólidos el 2019, donde se determinó que el 70% son procedentes de los domicilios y un 30% serían no domiciliarios, acorde a las cifras se observó que la Costa es la región de mayor producción de desechos destacando Lima Metropolitana y Callao como las provincias que generan 8 828.02 toneladas por día (2). El promedio de residuos sólidos generados fue de 13 588 91 t/día a nivel nacional el año 2019 teniendo conocimiento que Lima y el Callao en conjunto produjeron 6 179 61 tn/día, los lugares sobrantes como la Costa produjeron 3 379.39 t/día, la Sierra produjo 2 731 92 tn/día y la Selva produjo 1 297 98 tn/día (2).

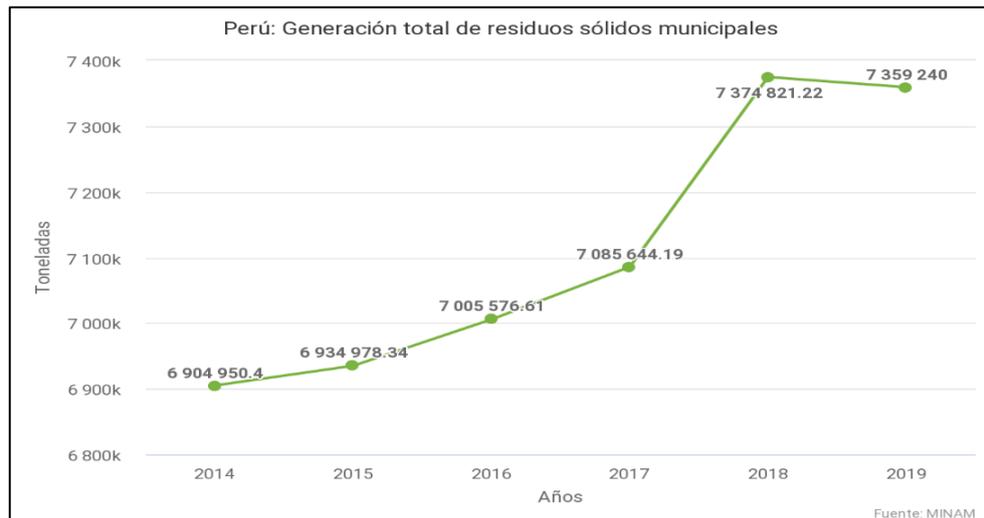


Figura 1. Producción absoluta de desechos sólidos municipales. Tomado de “Diagnósticos de la situación de las brechas de infraestructura o de acceso a bienes/servicios”, por MINAM, 2019 (14).

En la región Junín, el empleo y dirección de restos sólidos son unos de los problemas ambientales ya que no cuentan con mejoras hasta el momento. Esto se debe, en parte, a la poca data disponible y la irregularidad en el registro de información con fines estadísticos. Estas carencias llevan a obtener datos no muy confiables para tomar decisiones para la región. Tomando como referencia la información precedente (14), al 2019, la región Junín produce 272 mil tn/año de RSM. De ello, se concluye en una reproducción diaria de 745 toneladas y una producción municipal promedio de 0.73 kg/hab./día (14).

La provincia de Chupaca se cuenta con un botadero controlado. De acuerdo con el informe de supervisión del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), Chupaca logró una puntuación de 20/30 en relación a la administración de desperdicios sólidos, pero un puntaje de 5/70 respecto al manejo de residuos sólidos. Esto significa la no realización de tratamiento en desechos, ni se da la adecuada gestión de residuos sólidos. Según la gestión y manejo de residuos sólidos municipales, la Municipalidad Provincial de Chupaca logro puntuar 25/100, siendo uno los puntajes más bajos son referencia a las provincias de Junín (15).

Tabla 1. Gestión integral de los residuos sólidos en Junín

Nro	Provincia	Generación Municipal Anual (t/año)	Generación Municipal Anual (t/día)	Generación Municipal per cápita (kg/hab/día)
1	Chanchamayo	35 709.83	97.84	0.87
2	Chupaca	7 523.96	20.61	0.53
3	Concepción	7 485.34	20.51	0.55
4	Huancayo	153 564.14	420.72	0.77
5	Jauja	16 779.58	45.97	0.66
6	Junín	2 739.05	7.50	0.41
7	Satipo	20 998.53	57.53	0.68
8	Tarma	17 379.92	47.62	0.69
9	Yauli	9 886.44	27.09	0.73
Total		272 066.78	745.39	0.73

Nota: Tomado de “Plan de acción ambiental regional al 2021” por Gerencia Regional de Junín (14).

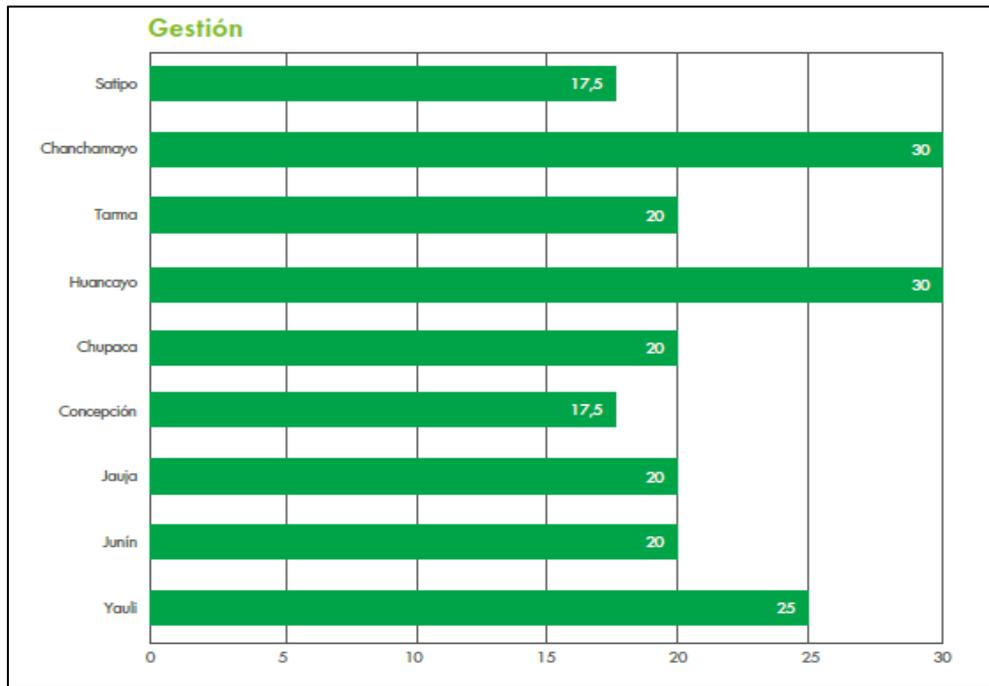


Figura 2. Apreciación de la gestión de restos sólidos de municipio. Tomado de “Fiscalización Ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial”, por Oefa, 2014 (16).

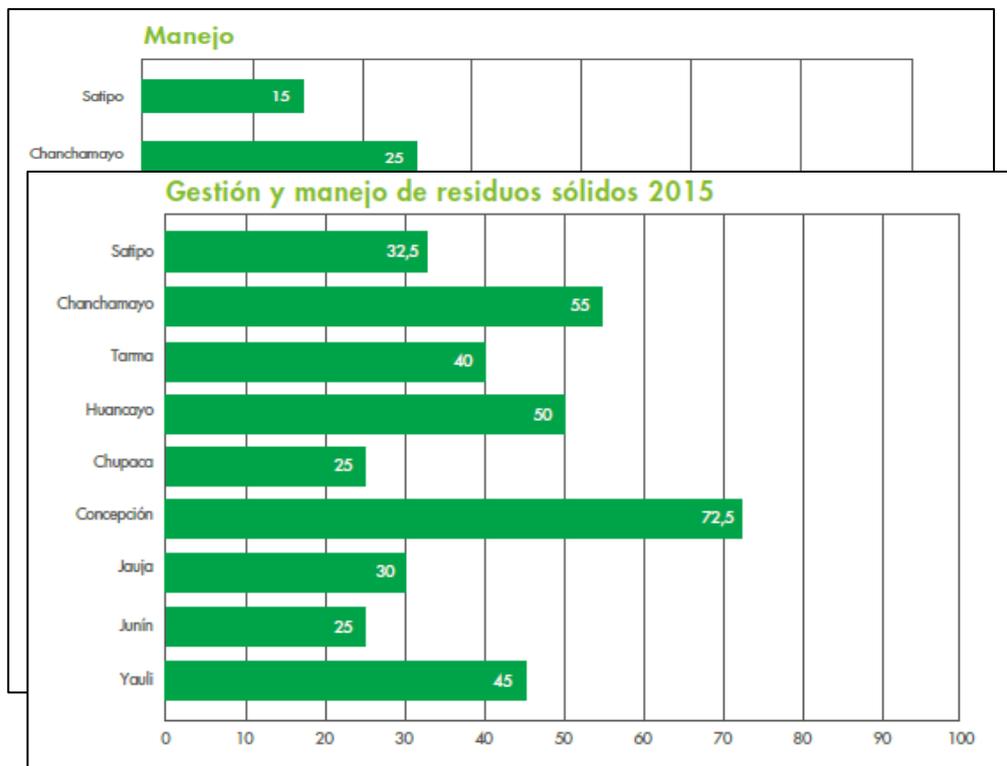


Figura 3. Evaluación del manejo de residuos sólidos municipales. Tomado de “Fiscalización Ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial”, por Oefa, 2014 (16).

Figura 4. Manejo de los RR.SS. y su gestión Tomado de “Fiscalización Ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial”, por Oefa, 2014 (16).

La generación de contaminantes dada por los lixiviados es de gran cantidad, estas son encontradas como líquidos lo cual nos conduce a afirmar que los efectos que producen son hacia el suelo y aguas ya sean superficiales o subterráneas. (16).

En respuesta al alcance de sus efectos negativos, nace la preocupación de realizar un tratamiento a los lixiviados que servirá para reducción el riesgo de la contaminación al ecosistema y el efecto que pueda causar en la salud pública (16). Por ello, es importante que se evalúen no solo procesos con químicos artificiales, sino que en estos se incluyan agentes naturales, como la papa o el maracuyá.

Actualmente, las mayores producciones de maracuyá en el Perú se dan en Barranca, Chimbote y Olmos. El 70 % de la cosecha de estas localidades son destinadas a la industria, de los cuales el 90 % de cosecha distribuida son bebidas de pulpa y néctar de maracuyá, lo que demuestra que importantes cantidades de residuos veces no tienen un destino adecuado(17). Esto resulta importante, pues los residuos de maracuyá pueden utilizarse en el tratamiento de aguas residuales. De hecho, se comprobó que el uso de semillas de quimbombó o maracuyá pueden actuar como coagulante natural al ser aplicado en otras actividades, lo que se traduce en la eliminación de estos residuos y agregando valor a los subproductos agroindustriales, sino también en la total explotación de este recurso.

De forma similar, las zonas de mayor producción de papa son Puno, Huánuco, Cusco, La Libertad y Junín, juntos aportan el 55 % de la producción nacional (18). El uso de coagulantes orgánicos podía disminuir la importación de los coagulantes químicos, disminuyendo así los costos en tratamientos. Los cationes en el lixiviado pueden mejorar el proceso de coagulación al neutralizar y desestabilizar las cargas negativas del residuo de los grupos funcionales coagulantes al unirse con partículas de la cáscara de maracuyá y la variación del pH, como también la dosis del coagulante y la temperatura, mejorando así la eficiencia del proceso de coagulación (19).

1.1.2 Formulación del problema

Por motivo de la gran contaminación de las aguas subterráneas y suelos, producida por los lixiviados, por tal motivo se plantean las siguientes interrogantes a solucionar:

A) Problema general

- ¿Cómo la cáscara de maracuyá y papa influye en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021?

B) Problemas específicos

- ¿Qué características fisicoquímicas presentan los lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021?
- ¿Cómo la cáscara de maracuyá influye en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021?
- ¿Cómo la cáscara de papa influye en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Determinar la influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente los lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021
- Determinar la influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Distrital de Chupaca en el año 2021
- Determinar la influencia de la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Distrital de Chupaca en el año 2021

1.3. Justificación e importancia

- Justificación ambiental

El aumento poblacional, los métodos de producción y el aumento de la necesidad de servicios de las personas han rebasado el límite del medio ambiente para

asimilar el número de residuos orgánicos e inorgánicos generados, este problema nos conlleva a buscar nuevos y eficientes sistemas de manejo integral de residuos sólidos (20). Estos residuos son almacenados en rellenos sanitarios lo cual ha sido un gran paso en lo que respecta el cuidado del medio ambiente, sin embargo, un problema que se encuentra en ellos es que cuando los residuos se descomponen presentan lixiviados y biogás. Los lixiviados cuentan con concentraciones elevadas de contaminantes, lo cual resulta un problema en su tratamiento (20).

La compleja composición de los lixiviados y su característica de ser una gran fuente de contaminación para suelo y agua, nos presenta la necesidad de formular y elaborar un tratamiento sostenible y sustentable que busque brindar el tratamiento respectivo a los lixiviados, que pueda dar uso a los residuos orgánicos generados de manera diaria y no son aprovechados. (20).

- Justificación económica

Los residuos de maracuyá y las cáscaras de papa remanentes de la industria actualmente no son utilizados en otras actividades de manera masiva, por lo que pueden utilizarse para intervenir las aguas residuales. El uso de la cáscara de maracuyá y de la papa como coagulante natural aporta ventajas económicas evitando operaciones asociadas a la eliminación de estos residuos y agregando valor a los subproductos agroindustriales (17).

- Justificación social

Los lixiviados del botadero controlado de la provincia de Chupaca es un contaminante latente para la población, puesto que actualmente no tiene una gestión de residuos eficiente. Como se ha visto en las Figuras 3,4 y 5, solo llega mínimos de los estándares para una gestión adecuada. Por esta razón, es importante evaluar opciones que ayuden a mejorar sus actividades.

- Justificación Legal

Mediante la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, Ley N° 29325 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental , Ley N° 29338 - Ley de los Recursos Hídricos, el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, D.S. N° 002-2008-MINAM: Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, D.S. N° 023-2009-MINAM: Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 020-2021-MINAN: El Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el periodo 2021-2023. Mediante los documentos mencionados se establecieron los

parámetros como para determinar el manejo y gestión del botadero municipal de la provincia de Chupaca sea efectiva.

- **Importancia**

La relevancia de la investigación se encuentra en el impacto positivo de los resultados en el mundo académico, pues proporcionaría alcances significativos a investigaciones futuras con respecto a los criterios en el uso de la cáscara de maracuyá (*passiflora edulis*) y la de papa (*Solanum tuberosum*) como coagulantes naturales para tratar lixiviados provenientes de rellenos sanitarios o botaderos municipales.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis

Hipótesis de investigación

Hipótesis nula

La cáscara de maracuyá y papa no influye directamente en la restricción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Hipótesis alterna

La cáscara de maracuyá y papa influye directamente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Hipótesis secundarias

- La composición fisicoquímica de los lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021 sobrepasa el margen máximo permitido.
- La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.
- La dosis y pH del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

1.4.2. Descripción de las variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de Variable	Conceptualización	Categoría o dimensión	Indicador	Unidad de medida
Maracuyá	Cuantitativa Compleja Independiente	La cáscara es la capa protectora de una fruta o vegetal, del cual puede desprenderse (21).	Cáscara de maracuyá	Cantidades de masa de coagulante de maracuyá	g
			Cáscara de papa	pH	Cantidades de masa de coagulante de papa
Papa				pH	
Reducción de contaminantes físicos y químicos de lixiviados	Cuantitativa Compleja Dependiente	Es la descontaminación de los lixiviados de los residuos sólidos acumulados en un botadero o planta de tratamiento (22).	Nivel de reducción de parámetros físicos	Niveles de concentración de turbidez	NTU
			Nivel de reducción de parámetros químicos	Niveles de concentración de DBO ₅	ppm
				Niveles de concentración de DQO	ppm

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

En el artículo “*Uso de las Cáscaras de Papa como Coagulante Natural en el Tratamiento de Aguas Potables de la Planta La Diana*”, se planteó como objetivo comparar las mezclas de cáscaras de papa y sulfato de aluminio para determinar los parámetros óptimos del coagulante para tratar aguas potables, sin alterar su pH, color y turbiedad. Con un proceso de test de jarras, la dosis correcta fue de 8 mg/L. Para ello, se trabajó con muestra de agua de la quebrada Colorada y el río Cane, los cuales presentaban una turbidez de 2 NTU, pH de 7.8 y color de 41 UPC. Al compararlas con otros trabajos de cáscaras de papa y sulfato de aluminio, se pudo apreciar que los valores obtenidos demuestran que el procedimiento 3 (2.5 g de cáscaras de papa) tuvo mejores resultados en la disminución de color y pH (7.46) logrando estar dentro de la normativa. La reducción de turbidez tuvo iguales resultados en cada tratamiento (18).

En el artículo “*Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Solanum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas*”, se estudió la eficiencia de remoción de tonalidad y opacidad con la ayuda de coagulantes obtenidos a partir de restos de plátano (*Musa paradisiaca*) y papa (*Solanum tuberosum*), para tratar aguas con variaciones de turbidez de 10 UNT, 15 UNT, 25 UNT, 75 UNT, 100 UNT y 200 UNT. El procedimiento aplicado implicó el test de jarras con la finalidad de hallar la dosis correcta de coagulante el cual se varió de 10 mg/L a 500 mg/L. Con ello, se obtuvo que la remoción más elevada fue de 99.6% y 99.5 % con una turbidez inicial de 200 NTU a dosis de 50 mg/L y 25 mg/L. En el Test de jarras se obtuvo un pH dentro del parámetro definido en la normativa. Se llegó a la conclusión que los coagulantes primarios elaborados a base de residuos orgánicos son una gran alternativa a usar en el proceso de tratamiento de aguas y pueden sustituir efectivamente a los coagulantes tradicionales (23).

En el artículo “*Uso de las cáscaras de papa (*Solanum tuberosum* L) en la clarificación del agua de la Ciénaga de Malambo*” se realizó una comparación del desarrollo de clarificación con dos coagulantes: uno natural (restos de papa) y otro químico ($Al_2(SO_4)_3$). El procedimiento empezó con la recolección de residuos agroindustriales en negocios de comida rápida en Barranquilla, los cuales no eran

utilizados para ningún fin. Para la evaluación, la cáscara de papa fue lavada, secada y molida la cual tuvo que ser tamizada y envasada en un envase de vidrio con el fin de ser usada posteriormente como coagulante. La recolección de las aguas se llevó a cabo en la Ciénega de Malambo. Luego, se procedió al test de jarras, donde se tuvo una concentración inicial de turbidez de 59 NTU, teniendo así la máxima remoción de 92.51% a 40 mg/L de coagulante químico y el natural removió un 81.32% a una cierta cantidad de 10 mg/L. concluyendo que ambos coagulantes utilizados presentan influencia significativa para la clarificación del agua (24).

El artículo *Aplicación de cáscara de psyllium como coagulante en el tratamiento de lixiviados de vertederos semi-aeróbicos* el objetivo fue investigar el potencial de la utilización de la cáscara de psyllium como coagulante y ayuda coagulante con el fin de tratar del lixiviado de los vertederos. La cáscara de psyllium se ha probado como coagulante primario y como coagulante auxiliar con cloruro de poli-aluminio (PACI) y sulfato de aluminio (alumbre). Como coagulante primario, la dosis óptima y el pH para PACI fueron 7.2 g/L y 7.5, respectivamente, con eficiencias de eliminación de 55%, 80% y 95% para DQO, color y TSS, respectivamente. Para el alumbre, las condiciones óptimas fueron dosis de alumbre de 11 g/L y pH 6,5 con eficiencias de eliminación de 58%, 79% y 78% para DQO, color y TSS, respectivamente. La efectividad máxima de descarte de DQO, color y TSS fueron 64%, 90% y 96%, respectivamente, cuando la cáscara de psyllium se usó como ayuda coagulante con PACI. En base a los resultados, se descubrió que la cáscara de psyllium es más efectiva como ayuda coagulante con PACI en la eliminación de DQO, color y TSS en comparación con el alumbre. La prueba de potencial Zeta se llevó a cabo para lixiviado, PACI, alumbre y cáscara de psyllium antes y después de ejecutar la prueba de jarra para mejorar los resultados de los experimentos de prueba de jarra (25).

El artículo *“Efecto del pretratamiento por coagulación sobre el lixiviado de vertedero estabilizado durante el tratamiento anaeróbico”* tuvo como objetivo investigar el efecto de la coagulación como pretratamiento durante el proceso de tratamiento anaeróbico en el lixiviado de vertederos estabilizados. Para ello, se realizó estudios anaeróbicos en el lixiviado estabilizado crudo y en el lixiviado pre tratado, donde la coagulación se usó como un proceso de pretratamiento para el lixiviado. Se recogieron muestras de lixiviados de vertederos del vertedero más grande y antiguo de la India, es decir, el vertedero Deonar, Mumbai. El lixiviado se caracterizó por un alto TS (10 910 mg/L), DQO (2 300 mg/L), DBO₅ (238 mg/L), TOC (716 mg/L) y una

baja relación DBO₅/DQO (0,10). FeCl₃ y PACl se usaron como coagulantes para el proceso de coagulación. La mayor eficiencia de eliminación obtenida por FeCl₃ y PACl para DQO fue del 53% y 59%, respectivamente. Las mayores remociones de TOC fueron 52% y 57% por FeCl₃ y PACl, respectivamente. Se encontró que el pH y la dosis óptimos para FeCl₃ eran 8 g/L y 7 g/L, respectivamente. Se encontró que el mejor pH y dosis para PACl era 6 g/L y 10 g/L, respectivamente. El tratamiento anaeróbico del reactor discontinuo se aplicó como tratamiento secundario en lixiviados pretratados y también en lixiviados en bruto. Se realizó un experimento anaeróbico por lotes durante 72 hrs. con un tiempo de retención de sólidos de 10 días. Cuando se realizó un tratamiento discontinuo anaeróbico en lixiviado crudo, mostró una eliminación constante de 35% de TOC y 38% de DQO después de 40 hrs. En el caso del experimento anaeróbico por lotes después de la coagulación, se encontró que la eliminación general de TOC y COD era del 70% y 72%, respectivamente (26).

El artículo *“Diseño factorial y optimización del tratamiento de lixiviados de vertederos con coagulante natural a base de taninos”* tuvo como objetivo investigar el uso del coagulante natural elaborado con tanino con el fin de tratar el lixiviado de los vertederos estabilizados. El tanino modificado con el grupo amino se dio uso durante el tratamiento. El diseño central compuesto (CCD) se utilizó para investigar y optimizar el efecto de la dosis de tanino y el pH en cuatro respuestas. La eficacia del tratamiento se evaluó en función de la eliminación de cuatro parámetros seleccionados (respuestas); a saber, demanda química de oxígeno (DQO), color, NH₃ – N y sólidos suspendidos totales (TSS). La eficiencia de eliminación óptima para DQO, TSS, NH₃ – N y color se obtuvo usando una dosis de tanino de 0.73g a un pH de 6. Además, la eficiencia de eliminación para metales pesados seleccionados de lixiviados; a saber, también se investigó hierro (Fe²⁺), zinc (Zn²⁺), cobre (Cu²⁺), cromo (Cr²⁺), cadmio (Cd²⁺), plomo (Pb²⁺), arsénico (As³⁺) y cobalto (Co²⁺). Los resultados para la eficiencia de eliminación de DQO, SST, NH₃ – N y color fueron 53.50%, 60.26% y 91.39%, respectivamente. La eliminación de metales pesados seleccionados de lixiviados para Fe²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, Cr²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, As³⁺ y cobalto Co²⁺ fueron 89.76 %, 94.61%, 94.15%, 89.94%, 17.26%, 93.78%, 86.43% y 84.19%, respectivamente (27).

El artículo *“Tratamiento de lixiviados de vertederos estabilizados a través del proceso de unión de coagulación o floculación y adsorción de carbón activado en polvo”* se planteó como objetivo investigar si el tratamiento combinado de coagulación/floculación y adsorción de carbón activado en polvo (PAC) era proceso

para tratar de manera eficiente el lixiviado de vertedero estabilizado. En los experimentos de coagulación/floculación, se empleó coagulantes que incluyen $(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$, (FeCl_3) , cloruro de polialuminio (PACI) y sulfato poliférrico (PFS) con el fin de analizar cuáles son los indicadores más eficaces para quitar DQO, Sólidos suspendidos y turbidez por jarrests. El pH óptimo para los coagulantes probados fue 5.5–6.0, lo que confirmó la neutralización de la carga como el mecanismo principal del proceso de coagulación / floculación. Las dosis óptimas fueron 0.6g Al^{3+}/L para $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y PACI, 0.6 g Fe^{3+}/L para FeCl_3 y 0,3 g Fe^{3+}/L para PFS, respectivamente. El PFS tuvo mayor remoción de DQO a 70%, 93% de SS y turbidez de 97% a un volumen de lodo de 32 mL. En el proceso de adsorción afirma que el PAC a 10 g/L y tiempo de 90 min son los niveles correctos. Con los niveles correctos se tuvo una remoción de DQO de 86%, Pb de 97.6%, Fe de 99.7% y un 78% de toxicidad del lixiviado por el tratamiento combinado (28).

El artículo *“Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”* tuvo como objetivo caracterizar el lixiviado generado dentro del área clausurada del lugar final donde se dispone los desechos, en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Este lixiviado fue maduro, por lo cual se le hizo tratamientos mediante la técnica de coagulación-floculación con el fin de tratarlo. Los coagulantes a usar fueron: FeCl_3 y FeSO_4 con diferentes concentraciones (1.4 g/L, 1.6 g/L y 1.8 g/L), nivel de pH (4, 5 y 6), usando un diseño tipo factorial 32. Con el fin de ver cuán eficaz resulta este proceso se procedió a cuantificar la cantidad de (DQO). Se obtuvo que el FeCl_3 tuvo mayor efectividad a comparación del FeSO_4 para remover materia orgánica. De igual manera, los resultados obtenidos concluyen que el mayor % de eficiencia en remoción de DQO fue de 67% con un pH de 6 y con una cierta cantidad de FeCl_3 de 1.4 g/L (29).

El artículo *“Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario”* estudió las mezclas de harina de banana, arcillas y sulfato de aluminio para ver el efecto del proceso de coagulación y floculación. Para observar el potencial se utilizó el coagulante de cloruro férrico y sulfato de aluminio. Antes del test de jarras, el lixiviado fue pre tratado y se midió los parámetros físico químicos. El nivel de turbidez presento un descenso de 5 NTU con un 75 mg/L para los 2 tratamientos de LASA 55 y sulfato de aluminio. La combinación elaborada a base de almidón más sulfato de aluminio lograron obtener una baja efectividad al remover DQO. En cambio de LASAR, los coagulantes tradicionales brindaron mayor remoción (30).

El trabajo “*Rendimiento de coagulantes naturales obtenidos a partir de residuos agroindustriales en el tratamiento de aguas residuales lácteas mediante flotación por aire disuelto*” tiene objetivo preparar semillas maduras de quingombó (*Abelmoschus esculentus*) y maracuyá (*Passiflora edulis*), caracterizadas y utilizadas como coagulantes naturales en experimentos de coagulación / flotación por aire disuelto (C/DAF) para tratar aguas residuales lácteas sintéticas (SDW). El C/DAF se llevó a cabo utilizando un diseño compuesto central (CCD) con el fin optimizar las variables. En CCD, se estudió los efectos de la dosis de coagulante y el pH (variables independientes). Se procedió a estudiar la remoción de la turbidez y la DQO (variables dependientes), y se ajustaron y validaron modelos de regresión para predecir la eliminación de estas variables. Los valores de los indicadores necesarios encontrados para eliminar la turbidez y la DQO fueron: dosis de okra de 2.0 g L^{-1} a pH 9.00; y dosificación de semillas de maracuyá de 1.3 g L^{-1} a pH 5. La okra al trabajar como coagulante disminuyó el 91.1% de la turbidez y el 48.3% de la DQO, mientras que las semillas de maracuyá redujeron el 91.5% de la turbidez y el 50.3% de la DQO del SDW. Las semillas de quingombó y maracuyá resultaron ser fuentes prometedoras para la obtención de coagulantes, reemplazando coagulantes metálicos y minimizando la producción de desechos agroindustriales (17).

El artículo “*Utilización de la cáscara de patata y la bentonita como aditivos de floculación en el tratamiento de aguas residuales del PASO de Saïda*” tuvo como objetivo eliminar la carga contaminante de las aguas residuales del PASO de Saida mediante las pruebas de coagulación-floculación utilizando un banco de pruebas de jarra. El análisis reveló un alto contenido de DQO y DBO_5 que puede llegar a 529.08 $\text{mg O}_2/\text{l}$ y 317.03 $\text{mg O}_2/\text{l}$ respectivamente. El tratamiento convencional basado en la floculación de la coagulación permitió reducir considerablemente esta carga en presencia del sulfato de aluminio coagulante mediante auxiliares naturales de floculación, cáscaras de patata y bentonita. La eficiencia del tratamiento tiene que ver con la optimización y control de todos los parámetros. La turbidez es el mejor indicador de la efectividad de este tratamiento. La dosis necesaria de sulfato de aluminio es igual a 0.6 g, se estima en 10 mn, con una disminución de la turbidez del orden del 99.7%. Los ensayos de floculación muestran que, con una masa de 0.5 g de bentonita y para una dosis óptima de sulfato de aluminio, el porcentaje de reducción de la turbidez es del 99.66%. El tratamiento realizado en combinación de sulfato de aluminio y cáscaras de patata conduce a una buena floculación y clarificación con una reducción de la turbidez del 98.01%. El examen de los

resultados sugiere el uso de bentonita y cáscaras de patata como adyuvantes de floculación (31).

En la investigación “*Eliminación de la turbidez del agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y aguacate (*Persea americana*)*” estudiaron la remoción de la turbidez por coagulantes naturales (semilla de durazno y palta) de las aguas de Santa-Chimbote. El agua recogida pasó por un análisis de caracterización inicial para luego aplicar el proceso de coagulación en base a los dos coagulantes naturales a concentración en rangos de 5 g/L a 15 g/L. El coagulante de semilla de durazno tuvo un 92.95 % a 15 g/L y el de palta a 5 g/L un 48.92%. Por lo tanto, las semillas de durazno es la mejor opción para la remoción de la turbidez (32).

En la tesis “*Determinación de la eficiencia del almidón de papa (*Solanum Tuberosum*) como auxiliar de coagulación del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez del agua del río Caplina*”, se estudió el efecto de los residuos de papa como complemento del $Al_2(SO_4)_3$ para la eliminación de la turbidez. La turbidez del agua estuvo en rangos de 70 NTU a 900 NTU, para la remoción se utilizó el proceso de jarras, donde las condiciones óptimas fueron a 40 mg/L y 12 mg/L para sulfato y almidón para 70 NTU, 120 mg/L y 8 mg/L para sulfato y almidón para 500 NTU (33).

La investigación denominada “*Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum tuberosum*) en la purificación del agua del río Patari para uso de consumo humano*” tuvo como finalidad fue describir las características de clarificación del *Solanum tuberosum* (papa) como coagulante natural que favorecen a la reducción de SST del agua para de tal manera obtener una opción de tratamiento más accesible económicamente de mínimo impacto negativo. Cuyo propósito que los parámetros propios de la calidad de agua tales como pH, turbiedad y color se encuentren dentro de los parámetros permisibles. Se hizo uso del método propuesto por Aparicio para la obtención de almidón de la papa alcanzando un 9.9 % de almidón posteriormente para conseguir una mezcla homogénea se llevó a un agitador magnético. El procedimiento experimental se realizó añadiendo cantidades de 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, 80 mg/L, 100 mg/L de coagulante respectivamente obteniendo un incremento en el pH de 7.5 a 7.73; con respecto a la turbiedad se logró una disminución de 30 NTU a 4,1 NTU; la dosis de 80 mg/L el color se disminuyó de 10 Pt/Co a 5 Pt/Co, y finalmente la temperatura que no se vio alterada y se quedó en 25°C. Se concluyó que la dosis exacta de

coagulante natural obtenido a partir de la papa (*Solanum tuberosum*) es de 80 mg/L la cual logro la purificación del agua para consumo humano de un 86.3% lo cual la convirtió apta para consumo humano (34).

En el estudio “*Eficiencia de la cáscara de papa como coagulante para remover materia orgánica, en efluentes de la industria textil, Huachipa-2018*”, se estudió la eficiencia del coagulante de papa en la reducción de materia orgánica para aguas textiles. Dicha investigación fue cuantitativa con un nivel explicativo y diseño experimental. Se determinó una alta eficiencia en el tratamiento de efluentes textiles con el uso de cáscara de papa como coagulante para la remoción de materia orgánica; se obtuvo a partir de los resultados que la concentración con mayor eficacia es de 50 ml/l de coagulante, logrando disminuir DQO en un 23.7%, DBO₅ en un 36.4%, la conductividad eléctrica en un 10.9%, pH en un 22.5%, sólidos suspendidos en un 42.7% y la turbidez en un 34.7% del efluente textil. Se concluye que la eficiencia del coagulante de cascara de papa es alta, removiendo así materia orgánica. Asimismo para profundizar el estudio, se recomienda que al flocular el coagulante en la prueba de test de jarras usar otro tipo de velocidades de agitación (rpm) para de tal manera corroborar si se puede lograr la obtención de resultados más óptimos (24).

En la investigación “*Evaluación del coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá (passiflora edulis) en la remoción de la turbidez de una solución modelo*”, se evaluó el uso de la semilla de maracuyá (*Passiflora edulis*) como coagulante natural en la disminución de turbidez en la cual se trabajó a parámetros diferentes como la granulometría de la semilla (fina y gruesa), dosis (5 mL – 15 mL), y niveles de turbidez (85 NTU – 230NTU) como componentes que intervienen durante el proceso de coagulación. Para el desarrollo del experimento, se hizo uso del test de prueba de jarras teniendo en cuenta los parámetros de tiempo, velocidad y agitación. A 85 NTU y 230 NTU, la remoción de la turbidez fue la correcta a dosis de 5 mL para partículas finas y el óptimo fue a una remoción del 60% y 80% a dosis de 15 mL para las partículas gruesas (35).

En la investigación científica, “*Evaluación de la eficacia del almidón de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) como auxiliar del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano en condiciones alto andinas, 2018*”, se estudió la eficiencia de tres tipos de residuos para tratar las aguas de consumo humano, con el fin de obtener la dosis óptima de mezcla y coagulante químico

($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y almidones de papa). Los tipos de almidón usados fueron *Imilla negra*, *Ccompis* y *Sani imilla*, mediante el proceso de demolición y centrifugación. La concentración inicial fue de 40 UNT para la turbidez. Los resultados concluyeron que el tipo Imilla Negra en el tratamiento 3, logro la más óptima reducción de turbiedad con una composición de 27.5 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y 15 mg/L de almidón solubilizado, logrando una turbiedad de 1.71 UNT y un pH de 7.08, los cuales son considerados dentro de los parámetros permitidos. Se concluye que el almidón de papa de tipo Imilla Negra obtuvo mejores resultados en el tratamiento de agua para consumo humano como reemplazo del sulfato de aluminio (36).

En el trabajo de investigación denominado “*Eficiencia del (Tropaeolum tuberosum) y la cáscara de (Solanum tuberosum) como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos en el río Llullán, provincia de Caraz, Ancash-2016*”, estudiaron la eficiencia de la mashua y restos de papa para reducir los contaminantes fisicoquímicos del río Llullán. Se evaluó la efectividad del polvo de mashua y la cáscara de papa y (*Tropaeolum tuberosum* y *Solanum tuberosum*) con la finalidad de reducir la turbiedad, STD y color encontrados en el río Llullán. Para obtener un polvo coagulante a partir de las variedades de materia prima mencionadas, se trabajó a ciertas modificaciones físicas como proceso de secado, triturado, tamizado, remoción de cutícula y extracción. La harina de mashua y cáscara de papa actúa de manera eficiente en la remoción de turbiedad, mientras tanto que el parámetro de color no presento variación alguna. Asimismo los sólidos disueltos totales se incrementó a partir del proceso debido a que el coagulante incrementa el tamaño del floc (37).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Fundamentos teóricos

2.2.1.1. Generación de residuos sólidos municipales (RSM)

Los residuos comerciales y residenciales en forma sólida o semisólida son considerados como residuos sólidos municipales. En estos no se cuentan los residuos industriales, los cuales son considerados como peligrosos, aunque sí son considerados los residuos biomédicos tratados (38).

El incremento de la población en áreas urbanizadas es mayor en países emergentes. El aumento de generación de RSM se da como consecuencia por el desarrollo económico propios de un país, debido al grado de industrialización, costumbres y clima local. El acrecentamiento de los RS

generados es mayor gracias a la expansión económica y grado de urbanización. Se encuentran altamente asociados los niveles de ingresos altos, los cuales se encuentran relacionados con la calidad de vida de las personas y el grado de urbanización, lo que termina produciendo un incremento en la generación de desechos (39).

2.2.1.2. Organización y gestión de RSM

Los RSM son residuos de hogares, residuos sólidos no peligrosos de establecimientos industriales, comerciales e institucionales (incluidos hospitales), residuos de patio de mercados y basura en las calles. Los residuos semisólidos como los lodos y la suciedad nocturna se consideran responsabilidad de los sistemas de gestión de residuos líquidos. Si bien los desechos industriales y médicos peligrosos, por definición, no son componentes de los desechos sólidos municipales. Normalmente, son bastante difíciles de separar de los desechos sólidos municipales, particularmente cuando sus fuentes son pequeñas y dispersas. Por lo tanto, los sistemas de gestión de residuos sólidos municipales (MSWM) deben incluir medidas especiales para evitar que los materiales peligrosos entren en el flujo de residuos y, en la medida en que esto no pueda garantizarse, aliviar las graves consecuencias que surgen cuando lo hacen (38). Finalmente, los escombros de la construcción y demolición constituyen categorías de desechos “difíciles”, que también requieren procedimientos de manejo separados (38).

La gestión es un proceso cíclico de establecimiento de objetivos, establecimiento de planes a largo plazo, programación, presupuestación, implementación, operación y mantenimiento, seguimiento y evaluación, control de costos, revisión de objetivos y planes, etc. La gestión de los servicios de infraestructura urbana es una responsabilidad básica del gobierno municipal. Suele ser ventajoso ejecutar las tareas de prestación de servicios en asociación con empresas privadas (privatización) y / o con los usuarios de los servicios (participación), pero la responsabilidad final sigue siendo del gobierno. MSWM se refiere a la recolección, transferencia, tratamiento, reciclaje, recuperación de recursos y eliminación de desechos sólidos. Los objetivos de MSWM son los siguientes:

- para cuidar la salud ambiental
- promover la salubridad del medio ambiente

- para apoyar la eficiencia y productividad de la economía
- para generar empleo e ingresos (38)

Para lograr los objetivos anteriores, es necesario establecer sistemas sostenibles de gestión de residuos sólidos que satisfagan las necesidades de toda la población urbana, incluidos los pobres. La condición esencial de la sostenibilidad implica que los sistemas de gestión de residuos deben ser absorbidos y llevados por la sociedad y sus comunidades locales. Estos sistemas deben, en otras palabras, adecuarse a las circunstancias y problemas particulares de la ciudad y la localidad, empleando y desarrollando las capacidades de todos los interesados. Dentro de estos, se cuentan tanto los hogares y comunidades que requieren servicio, las empresas del sector privado y los trabajadores (tanto formales como informales) como las agencias gubernamentales a nivel local, regional y nacional. La gestión de residuos debe abordarse desde la perspectiva de todo el ciclo de uso de materiales, que incluye la producción, distribución y consumo, así como la recolección y eliminación de residuos. Si bien se debe dar prioridad inmediata a la recolección y eliminación efectivas, la reducción y el reciclaje de desechos deben perseguirse como objetivos igualmente importantes a más largo plazo. Por tanto, los principios de planificación de gestión sostenible de residuos son los que siguen:

- minimizar la generación de residuos
- maximizar el reciclaje y la reutilización de residuos
- Garantizar la eliminación segura y ecológica de los residuos (38)

Pensar en un fin de la gestión de residuos sólidos no se pueden lograr mediante enfoques aislados o sectoriales. La dirección sustentable de los desechos depende de la eficacia y eficiencia generales de la gestión y de la capacidad de las autoridades municipales responsables. Dentro del marco general de la gestión urbana, el alcance de MSWM abarca una planificación y gestión detalladas en las que la planificación estratégica, los marcos legales y regulatorios, la participación pública, la gestión financiera (recuperación de costos, presupuestación, contabilidad, etc.), los arreglos institucionales (incluida la participación del sector privado) y los sitios de las instalaciones de eliminación son funciones y preocupaciones diversas. La generación de desechos y las características de los desechos deben ser consideradas con respecto a su fuente de generación y composición, etc.

En efecto, el manejo de desechos es una función de recolección, transferencia, tratamiento y disposición, cuidando también los desechos especiales como los médicos y pequeños industriales. desperdicio, etc. (38).

2.2.1.3. Particularidades de los residuos sólidos municipales

Las particularidades de los desechos sólidos municipales son dependientes de la fuente y el tipo de producción de restos desechables. Todo ello salen de los hogares; empresas comerciales como restaurantes, hoteles, tiendas y mercados; instituciones de distintos rubros; mataderos de animales; centros de salud; hogares de ancianos; clínicas; sitios de construcción y demolición; sitios de remodelación y reparación; centros industriales como fábricas; plantas de energía y plantas de tratamiento, entre otros (38). Los diferentes tipos de desechos que se originan son los desechos de alimentos (desechos de la gestación, cocción y servicio de alimentos, desecho de los mercados, desechos de la manipulación, depósito y venta de hortalizas); basura (papel, cartón, cartones, cajas de madera, plásticos, vidrio, trapos, ropa, ropa de cama, cuero, caucho, césped, hojas, recortes de jardín, metales, latas, láminas metálicas, suciedad, piedras, ladrillos, cerámica, vajilla, botellas y otros desechos minerales); desechos de la calle (basura de la calle, tierra, hojas y animales muertos); desechos voluminosos (autopartes grandes, llantas, estufas, refrigeradores, otros electrodomésticos grandes, muebles y cajas grandes); desechos de horticultura (recortes de árboles, ramas, hojas, árboles en los bordes, desechos de parques y jardines); desechos biomédicos (restos anatómicos humanos, restos animales, sobras de microbiología y biotecnología, residuos cortantes, medicamentos y fármacos citotóxicos, desechos sólidos, cenizas de incineración de desechos sólidos); desechos de construcción y demolición, y desechos industriales (desechos sólidos resultante de un proceso de la industria d operaciones de fabricación, residuos electrónicos, depuradora de efluentes y depuradora de lodos etc., cenizas y residuos, clínker, residuos peligrosos, explosivos, residuos radiactivos y tóxicos) (38).

A. Características físicas de los desechos sólidos municipales

Las composiciones tanto como las características de los desechos sólidos varían en todo el mundo. Incluso, en el mismo país cambia de un lugar a otro, ya que depende de varios factores como las costumbres sociales, el

nivel de vida, la ubicación geográfica, el clima, etc. Los residuos sólidos municipales son de naturaleza heterogénea y están compuestos por una serie de diferentes materiales derivados de varios tipos de actividades. La composición de los desechos varía con el nivel socioeconómico dentro de una comunidad en particular, ya que los ingresos determinan los patrones de consumo de estilo de vida y el comportamiento cultural. Los componentes principales de los residuos son papel y materia orgánica putrescible, metal, vidrio, cerámica, plásticos y textiles; la suciedad y la madera generalmente están presentes, aunque no siempre así. Las proporciones relativas que dependen de factores locales y la proporción promedio de constituyentes que llegan a un sitio de disposición o sitios para un área urbana en particular cambia a largo plazo, aunque puede haber variaciones estacionales significativas dentro de un año.

B. Características químicas de los desechos sólidos municipales

En el conocimiento de las características químicas de los desechos es esencial para determinar la eficacia de cualquier proceso de tratamiento. Las características químicas incluyen (1) químicas, (2) bioquímicas y (3) tóxicas.

- Química: las características químicas incluyen pH, nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), carbono total, relación C/N, valor calorífico.
- Bioquímica: las características bioquímicas incluyen carbohidratos, proteínas, fibra natural y factor biodegradable. Los desechos también pueden incluir lípidos.
- Tóxico: las particularidades de toxicidad abarcan también los que son metales pesados, pesticidas, ensayo de toxicidad de insecticidas para lixiviados (TCLP), etc.

2.2.1.4. Evolución de la gestión de desechos sólidos municipales

El proceso de operación de los residuos sólidos puede definirse por el orden asociado a la inspección de producción, depósito, recolección, asignación y traslado, procesamiento y la ubicación final de los residuos sólidos conforme con la salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y otros cuidados al medio ambiente. La elaboración de la operación de residuos sólidos se remonta a 1880, cuando se ensayó por primera vez en el Reino Unido (38). Posteriormente, se extendió a otras partes del mundo. Las primeras prácticas de eliminación / métodos más comunes de eliminación de desechos sólidos fueron el vertido en la tierra, el vertido en el agua, el

arado en el suelo, la alimentación de los cerdos y la incineración. En este sentido se entiende que los métodos no aplican a todos los tipos de desechos; por ejemplo, el arado en los suelos lo utilizaron para los restos de comida y la basura de las avenidas, etc.

Antes de que se establezca métodos modernos, el vertido en tierra era una práctica común que implicaba transportar los desechos sólidos hasta el borde de la ciudad y tirarlos allí. Los vertederos abiertos se convirtieron en un método común de eliminación y la quema en estos vertederos era una práctica común. Sin embargo, modelos de gestión como este, también atrajo ratas que propagan enfermedades, por lo que los vertederos abiertos abren el camino para la práctica de vertederos sanitarios libres de enfermedades (38).

En segundo lugar, el método de vertido en el agua fue practicado por algunas ciudades costeras hasta la década de 1930, cuando finalmente se reconocieron las consecuencias de contaminación de tales prácticas (38).

Un tercer modelo fue arar el suelo, utilizado para eliminar los restos de comidas y la basura de las avenidas. Pero se debe a la gran necesidad de tierras y la separación de los desechos alimentarios, este método no se utilizó ampliamente. La alimentación de los cerdos se practicó hasta que se reconoció que los cerdos estaban infectados por una enfermedad conocida como triquinosis, que a su vez infecta a los seres humanos que consumen cerdos. Por ello, desde 1950 se ha evitado este método (38).

Aunque la incineración se consideraba un método de disposición final, ahora se considera una disminución de volumen o un proceso de conservación de energía (38).

2.2.1.5. Desechos sólidos municipales en el Perú

El aumento de la urbanización en el país se refleja fácilmente en el incremento de la población de las metrópolis. Así, en el 2014, la sociedad civil contabilizó 74% y Lima se ubicó como la población más vibrante, generando aproximadamente 7400 toneladas de RSU (residuos sólidos externos) diariamente, lo que equivale a 0,65 kg. por inquilino. Según evaluación general del OEFA, pasadas dos décadas, la ciudad de Lima producirá dos veces más de desechos sólidos en comparación a la actualidad (40). Vistos todos estos datos, el aumento está asociado a un aumento de demanda de equipamiento y estructura. Todo ello se debe a la producción de grandes volúmenes de desechos sólidos por la sociedad en

general. De acuerdo con el informe regional sobre la conducción de residuos en América Latina y el Caribe 2010, producto de RR.SS. Es un factor verdaderamente importante por lo que hay que verlo de acuerdo a la escala que tienen los servicios de control de RR.SS. (40).

En cuanto a la manipulación de los Residuos de Gestión Municipal y los Residuos de Gestión No Municipal, es posible identificar al responsable de su manejo (40).

En este sentido, como dato, al 2015, el 63.9 % de RSU terminarán en los vertederos, así como otros resultados que se irán dando. Con todo lo anterior se muestra un contenido considerable, al final de la etapa de control de RSU se ve cómo finaliza deteriorando enormemente la salud de la población en general e interfiriendo negativamente en el terreno. Con lo anterior, el Proyecto de Planificación de Cambio Climático (PlanCC, 2017) considera que la inversión en la construcción de 31 pozos asépticos (USD 68 millones), induciría menores costos a invertir por los resultados que se pueden dar con respecto a la salud de las personas. la población y descuidar el empleo y la apertura de empresas (40).

Desde otro punto de vista, el Ministerio del Ambiente (Minam) apunta que aproximadamente el promedio de los RR.SS. llegarán a los 1 200 vertederos que no son legales y donde los residuos no son contabilizados, como el las torrentes de agua o corrientes de agua y que al final llegan al mar (41). Sin embargo, se aprecia una caída con respecto a la construcción de los rellenos sanitarios equivalente a 5 000 millones de soles, ya que solo hay 24 rellenos sanitarios en todo el país (42).

2.2.1.6. Formación y composición de lixiviados

Según estudios, la característica del subproducto líquido generado durante la putrefacción de los residuos sólidos en un vertedero puede variar según el lugar o la época en que se encuentre la planta. En este proceso, los iones de amonio, la composición orgánica e inorgánica y una mayor cantidad de contaminantes pueden formar en distintas situaciones de atención, de manera diluida y suspendida. De esta forma, afecta significativamente al terreno por su tediosa conformación y variedad. Las puntas asépticas pueden ser consideradas como un importante activador de relaciones fisicoquímicas y bioquímicas, las cuales interactúan con los factores de desecho, el estado físico y climático del lugar donde se encuentre. A esto, se añaden recientes integrantes a los contaminantes que ya existían (22).

Todo esto debido a que la gran parte de municipalidades considera al vertedero como una de las opciones de moda para disponer de un lugar final adecuado de los RSU. Cabe mencionar que el buen funcionamiento de sus dos importantes subproductos el biogás y efluente generado por los restos sólidos. De esta manera, los lixiviados tienen respuestas fisicoquímicas que presentan rupturas de las motas más complejas de bajo peso molecular. De todo ello es muy frecuente poder hallar combinaciones de metales pesados, compuestos orgánicos y sustancias nitrogenadas, las cuales son influenciadas por el clima y cantidad de RSU (43).

Por otro lado, los lixiviados mal manejados son considerados contaminantes, lo que implica problemas en la salud de la población y el ambiente (44). Por esta razón, el manejo de efluentes contaminados es primordial en la reducción del potencial que presenta un relleno sanitario de intoxicar aguas subterráneas (20).

Mediante los procesos biológicos, tanto anaeróbico y aeróbico, se descompone la materia orgánica dentro de un relleno sanitario. Donde el tiempo de degradación depende principalmente de la cantidad de humedad de los RR.SS., el medio de nutrientes, la densidad y el filtrado de lluvia (43). Cuando los RR.SS. son enterrados y depositados con arena o arcilla se lleva a cabo el proceso aeróbico. Dicho proceso perpetua hasta eliminarse la cantidad de oxígeno (44). La producción de los lixiviados y el biogás es producto de la fracción orgánica e inorgánica (45). Todo lo mencionado se puede ver en la tabla 3.

Tabla 3. *Contribución del material orgánico e inorgánico de los RSU en un relleno sanitario*

Residuos sólidos					
Compuestos orgánicos (descomposición y biodegradación)					
Compuestos Inorgánicos		Con oxígeno (fase aerobia)		Sin oxígeno (fase anaerobia)	
Reacciones de disolución (hidrolisis)	de	Reacciones de oxidación (nitrificación)	de	Reacciones de reducción (desnitrificación)	de
(Fe, Cu, Ni, Ca, Cr, etc) + NH ₃ (iones, cationes y materiales disueltos)		CO ₂ + NO ₂ + H ₂ O + calor (50 °C a 70 °C) +		CH ₄ + CO ₂ + NH ₃ + H ₂ S + compuestos orgánicos volátiles y solubles.	

compuestos orgánicos volátiles y solubles.		
Fase líquida (sales disueltas + compuestos orgánicos solubles)	Fase gaseosa (gases + compuestos evaporados)	Fase líquida (compuestos orgánicos solubles)
Lixiviados	Biogás	Lixiviados

Nota: Tomado de Okaiyeto, Nwood y Okoh, 2013 (20).

Para entender cómo se produce los lixiviados dentro de un relleno sanitario, se tendrá en cuenta los periodos de degradación de los RR.SS. en relación al tiempo, se toma 5 fases como se aprecia en la figura 5 (44).

- **Fase I.** Inicia cuando los RSU son depositados recientemente y presentan circunstancias de putrefacción aeróbica (20).
- **Fase II.** Fase de hidrólisis comienza con la caída de oxígeno y aparecen situaciones anaerobias de declinación y se observa una caída de pH debido a los ácidos orgánicos y al CO₂ (20).
- **Fase III.** Fase ácida se caracteriza por el aumento del esfuerzo bacteriano iniciado en la fase II a la que se añade también la conformación fresca de ácidos orgánicos y trazas de hidrógeno. Los compuestos de mayor peso molecular como los polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos generados por la hidrolisis tienden a realizar la conversión microbiana en compuestos de bajo peso molecular como los ácidos complejos. Se considera que el dióxido de carbono es importante en esta fase, puesto que el ph que produce el lixiviado es menor o igual a 5. Los valores de DBO₅, DQO y conductividad aumentan enormemente debido a que se disuelven los ácidos orgánicos. Además de ello, los metales se disuelven con facilidad.(20).
- **Fase IV.** En esta fase se conforma el metano, lo que genera la reducción de la acidez, por lo que los lixiviados tienen un pH de 6.8 a 8.0 minimizando las cantidades de DQO, DBO₅ y conductividad presente (20).
- **Fase V.** Fase de oxidación, esta fase ocurre después de que la materia orgánica biodegradable se convierte en metano y dióxido de carbono, que se produjeron en la fase anterior, mientras que la humedad sigue pasando por la punta y los sustratos que quedan son de biodegradación lenta (20).

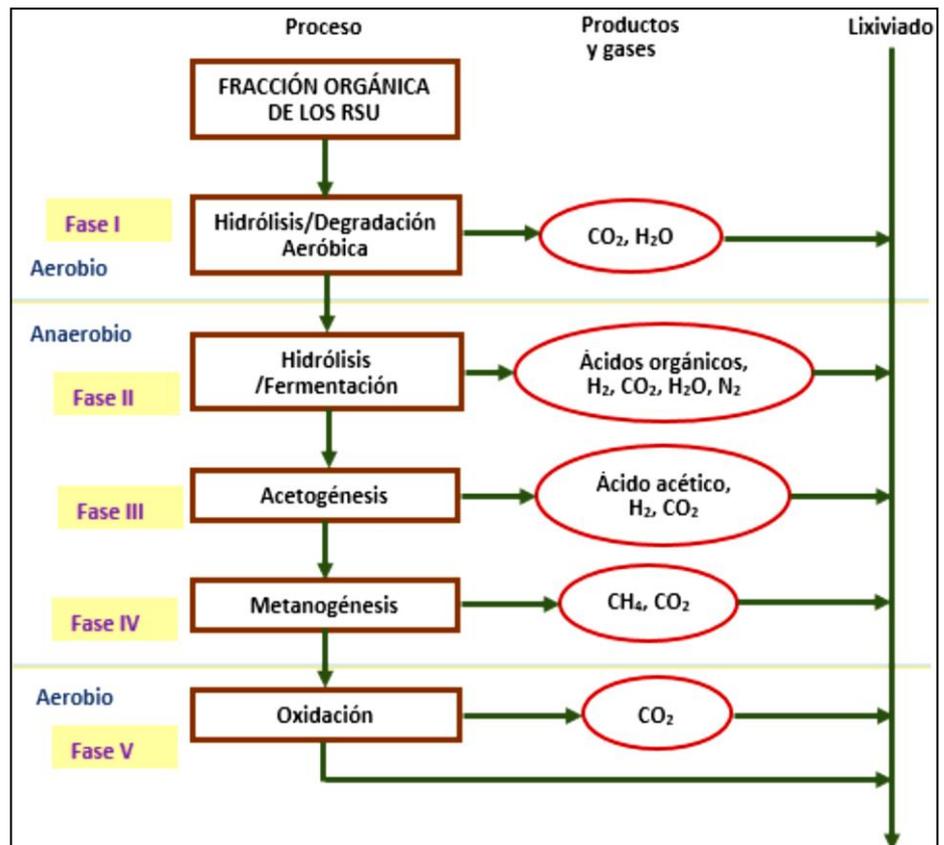


Figura 5. Contribución de las etapas de desintegración de RSU en la creación de lixiviados. Tomado de “Procedimiento opcional para el tratamiento de lixiviados por coagulación y floculación con mucílago de *Opuntia ficus-indica*” por Okaiyeto, Nwood y Okoh, 2013 (20).

De acuerdo con Robles (43) las sustancias que se encuentran en los lixiviados se clasifican en:

- **La fracción mineral o inorgánica:** es conformada sustancialmente por Cl⁻, NO₃⁻, Na, K y metales pesados (43). Estos metales inorgánicos son productos de sustancias minerales biológicas y los iones NH₄⁺, S⁻² y Fe²⁺ son oxidables por bacterias quimiolitotróficas (43).
- **La fracción orgánica fácilmente biodegradable:** está constituido por ácidos grasos ligeros como el butírico y acético, dichos ácidos son la gran parte de la carga orgánica pertenecientes a los lixiviados depositados recientemente (43).
- **La fracción orgánica estabilizada:** formada por compuestos húmicos y fúlvicos, que lo constituye las moléculas orgánicas difícilmente biodegradables y de origen natural (43).
- **La fracción orgánica xenobiótico:** creada por composición artificial que son empleados en la industria y de uso doméstico, también se

encuentran en los productos más comunes como el farmacéutico, desinfectantes, cosméticos, etc. (43).

2.2.1.7. Tratamiento de lixiviados

Debido a la peligrosidad implícita de los efluentes de vertedero, se realizaron ensayos de toxina utilizando varias clases de organismos (*Vibrio fisheri*, *Daphniasp.*, *Artemia salina*, entre otros). En estos, se ha demostrado que, producto de estos efluentes, se generan amenazas que parten desde el impedimento del desarrollo normal hasta los cambios físicos y aumento de la mortalidad, por lo que se establece que admiten tratamientos (46). La mitigación de la cantidad de contaminantes es el principal objetivo de procesamiento para llevar a niveles adecuados y ser aptos para su reutilización.

Las características de los lixiviados pueden variar ampliamente en cuanto a su calidad y su cantidad. Cabe resaltar que es muy importante que se deben conocer los valores de unos parámetros con el fin de saber elegir el tratamiento aplicable para abarcar la condición ambiental que se desea obtener. Con respecto a la dificultad de la matriz de los lixiviados, es realmente delicado que se cuente con un único proceso de solución para conseguir que el agua generada en el vertedero sea apta y dispuesta en el terreno, solo un tratamiento pueda conseguir un efluente apto para su vertido a suelo, y en numerosas ocasiones tratamientos completos corresponden a la suma de diferentes eventos. (46). Así, en circunstancias habituales de funcionamiento de un vertedero convencional, se pueden generar dosis moderadas de lixiviados en atención a contaminantes por encima del margen máximo admisible, para lo cual se requiere un tratamiento (20).

En este sentido, generalmente, en un depósito aséptico, debe existir un desagüe en el fondo de la vasija de decantación para vaciar los lixiviados producidos y el agua de lluvia. Donde el lixiviado es conducido a una bolsa colectora que se destina a almacenar y se produce una caída del producto de lixiviado por evaporación. La intervención de los líquidos generados en un relleno generalmente se fundamenta en la recolección y traslado a una estructura lista para su tratamiento. En efecto, dependiendo del grado de humedad del desecho, se puede considerar su aprovechamiento, recircularlo, empapando la cara del desecho sólido. Todo esto pasa cuando la humedad de los residuos ingresados sea baja (20).

Una de las primeras formas de tratar el líquido contaminado en la operación es su caracterización. Cuando existen dos parámetros introductorios a la

para la toma de decisiones, se debe determinar el método a utilizar para tratar la carga orgánica medida como DBO₅ y DQO y cómo se relacionan (DBO₅/ DQO). Esto es conocido como Índice de Biodegradabilidad (BI), donde se define con gran envergadura a la biodegradabilidad del lixiviado. Para el líquido contaminado recién generado se establece la operación de procesos naturales para su tratamiento y en el caso de los efluentes maduros se recomienda que los procesos fisicoquímicos vengán a voluntad del estilo (20).

La oxidación química y la coagulación son procesos que se destacan en el tratamiento de lixiviados, así como los procesos de adsorción y membrana. Efectivamente se ha utilizado la coagulación como un proceso natural anticipado o como un periodo de pulido para eliminar factores que no son fáciles de biodegradar o utilizando métodos de oxidación modernos. (20).

Gracias a la utilización del desarrollo de coagulación—floculación se han realizado ensayos con distintos coagulantes—sulfato de aluminio y cloruro férrico—indagando el mejor estado del pH, dosis y velocidad de agitación, consiguiendo una remoción de 8 % a 90 % en DQO (20).

En este sentido, la utilización conjunta de métodos naturales y fisicoquímicos se está planteando recientemente elegir una solución más acertada para tratar los efluentes generados en los vertederos. Integrar procedimientos naturales y fisicoquímicos forma una buena opción para dar mayores soluciones. Para verificar la variación de las características esenciales de los lixiviados, se deben considerar las condiciones de temperatura, el clima original y el periodo de uso del relleno sanitario. Estos factores intervienen en la elección de una metodología que se adapte con facilidad y pueda ser manejable (20). El tratamiento natural (aerobio o anaerobio) son verdaderamente positivos para los lixiviados producidos en la primera fase de vida del vertedero con un IB elevado (>0.30) lixiviado joven (20).

El postratamiento es verdaderamente significativo, porque los compuestos contaminados ya eliminados por el tratamiento anticipado son no resistentes y se eliminan con fluidez. En este marco, la adsorción es un sistema amplio para la remoción de compuestos orgánicos reincidentes del lixiviado de vertedero (47). Por lo tanto, tomando en cuenta los paralelismos entre algunos remansos artificiales y lixiviados, es muy esencial considerar muchas etapas de tratamiento y los adulterantes que ellos eliminan. En la Tabla 4, se observa en la siguiente lista.

Tabla 4. *Tratamientos utilizados en aguas residuales industriales*

Contaminante	Proceso de remoción
Sólidos suspendidos	Desbaste Sedimentación Separación agua – aceite. Filtración Flotación con aire Adición de polímeros Coagulación/Sedimentación
Sustancias orgánicas	Lodos activados Filtro percoladores Biodiscos Lagunas de estabilización Filtraciones con arena Aeración Sistemas fisicoquímicos
Sustancias orgánicas volátiles	Adsorción en carbón activado Remoción de gases
Remoción de gases	Tratamiento de bromo y cloro Ozonificación Radiación ultravioleta
Nitrógeno	Nitrificación y desnitrificación en crecimiento suspendido. Nitrificación y desnitrificación en capa fija.

Nota. Tomado de Okaiyeto, Nwood y Okoh, 2013 (20).

Adicionalmente, se expone métodos de tratamiento en la Tabla 5 (6).

Tabla 5. *Sistemas de tratamientos en los lixiviados*

Opciones de tratamientos en lixiviados
1.- Transferencia de lixiviados generados
a) Depositarlos en lagunas de estabilización
2.- Tratamientos fisicoquímicos
a) Flotación
b) Coagulación – floculación
c) Precipitación química
d) Adsorción

-
- e) Oxidación química
 - f) Inyección de aire
-

3.- Tratamientos biológicos

Aerobios	Anaerobios
Biomasa suspendida	a) Manto de lodos en flujo
e) En lote	b) Filtros de lecho híbrido
f) Biomembrana	c) Filtros anaerobios
	d) Reactor de lecho fluidizado
Biomasa en crecimiento	
a) Filtro percolador	
b) Filtro de lecho móvil	

4.- Tratamientos de membrana

Microfiltración, Ultrafiltración, nanofiltración y osmosis inversa

Nota. Tomado de Renou, Givaudan, Poulain y Moulin, 2008 (6).

2.2.1.8. Maracuyá (*Passiflora edulis*)

El maracuyá (*Passiflora edulis* Sim)— conocida también como fruta de la pasión agraria—es una enredadera perenne de la familia *Passifloraceae*. La familia *Passifloraceae* consta de 18 géneros, uno de los cuales es el género *Passiflora* con 530 especies de las cuales 50 a 60 son comestibles (48). La mayor diversidad genética en especies de *Passifloraceae* se encuentra en Colombia, donde se han encontrado 167 especies, de las cuales 165 eran nativas, seguida de Brasil (127 especies) y Ecuador (90). Esto confirma que la zona andina es la cuna del género. Sin embargo, la especie *Passiflora edulis* (maracuyá ácido) en particular es originaria de Brasil y es la especie que domina en los huertos comerciales. Dentro de esta especie, se pueden distinguir dos formas distintas: la púrpura (a menudo denominada *Passiflora edulis f. edulis*) y la amarilla (mayoritariamente conocida como *Passiflora edulis f. Fl avicarpa* Deg). Sin embargo, oficialmente solo se acepta *Passiflora edulis* y *Passiflora edulis* "Flavicarpa" se consideran cultivar de forma industrial. Ambos tienen una forma redonda similar con una piel coriácea que contiene pulpa jugosa aromática con pequeñas semillas. Sin embargo, además de la diferencia de color, también difieren en algunas otras propiedades, como se discutirá más adelante (48).

2.2.1.9. Papa (*Solanum tuberosum*)

La papa (*Solanum tuberosum*) se encuentra entre los cultivos alimentarios más consumidos en todo el mundo. La papa ocupa el cuarto lugar entre los cultivos más importantes posteriormente del trigo, el arroz y el maíz. Según

estimaciones de la FAO, la productividad total de papas supera los 388 millones de toneladas métricas en todo el mundo. Las patatas son potencialmente ricos en carbohidratos que se sirve de diversas formas en todo el mundo. Una papa recién cosechada tiene solo un 20% de masa seca y el resto (alrededor del 80%) es el contenido de agua(21). El contenido proteico de la papa, según su peso seco, es similar al de los cereales. Además, la papa tiene un bajo contenido en grasas. Las papas también son ricas en una serie de micronutrientes como vitamina C, vitamina B1, vitamina B3, hierro y minerales como potasio, fósforo y magnesio. Asimismo, contienen ácido fólico, niacina y riboflavina. Las papas también son ricas en antioxidantes dietéticos, son de vital importancia en la prevención de enfermedades. La figura 6 muestra la composición nutricional de las papas (21).

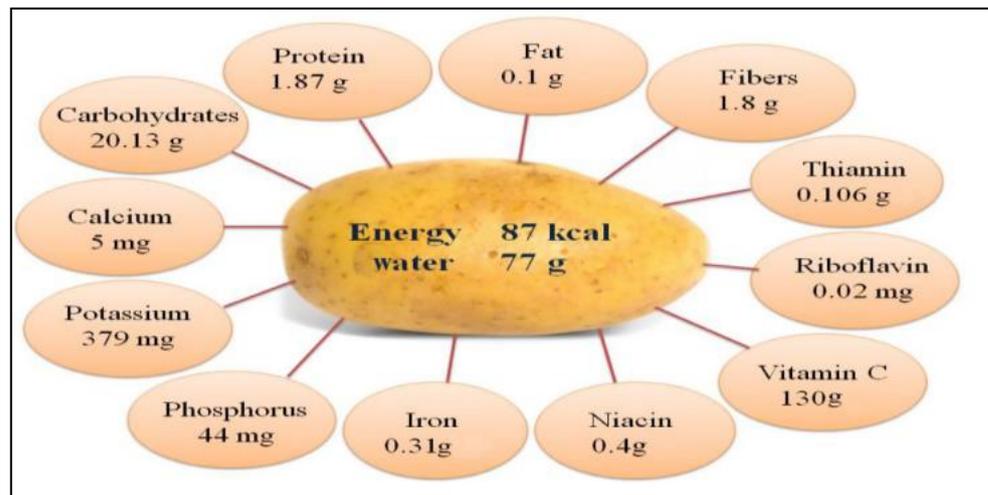


Figura 6. Nutrientes presentes en la papa. Tomado de “Método alternativo para tratar lixiviados maduros mediante el proceso de coagulación-floculación con mucílago de *Opuntia ficus-indica*”, por Martínez, 2017 (21).

2.2.1.10 Coagulación

El propósito de la coagulación es organizar los fragmentos esparcidos (anulando las cargas en la superficie). Con ello, se logra determinar a través de la floculación otras sustancias más grandes y con mayor peso que puedan ser liberadas del agua con mayor fluidez (49). Las dispersiones coloidales tienen características comunes, la asociación área-volumen en los fragmentos separados y su energía (usualmente negativa). Todo esto genera una aversión con ellos, lo que limita su unión y separación del líquido.

Para facilitar los choques de una partícula a otra, en primer lugar, es importante tomar inclinaciones hidráulicas, optando por la combinación y movimiento. Donde sí las fuerzas de la energía de aversión entre los parches se minimizan quedando aptas como para darles acceso a establecer contacto entre sí (favorecido por la agitación browniana), las fuerzas de London-Van der Waals (que es la fuerza cohesiva atómica que vive en medio de todos los títulos, cada uno atrae al resto). Esto permite que los fragmentos se peguen uno al otro, haciendo así una acumulación progresiva de esta floculación. La estabilidad de la carga eléctrica del coloide se ejecuta en los tratamientos de efluentes, vertiendo ciertos insumos de Al o Fe (coagulantes). Estos desactivan las cargas eléctricas negativas que envuelven sustancialmente las manchas coloidales dispersas en el agua, lo que termina interponiendo el espesor de la doble capa eléctrica y negando la carga anterior, así como el estado de hidratación del coloide (50).

La coagulación se logra mediante el fraccionamiento rápido de las sustancias gelatinizantes utilizando medios de movimiento (más de 200 revoluciones por minuto). Es aquí que las cargas eléctricas frontales de las partículas disminuyen, ya que se forman hidróxidos complejos. Las respuestas duran pocos segundos desde el momento en que los parches se mezclan con el coagulante. La eficacia de la coagulación está determinada por factores variables, como el pH y las características fisicoquímicas del lixiviado (50). Cuando las partículas coloidales entran en contacto con los coagulantes químicos, los iones de signo contrario al de la partícula coloidal, permaneciendo en el resultado, circundan a la partícula, lo que termina generando dos capas electricas (Ver figura 7).

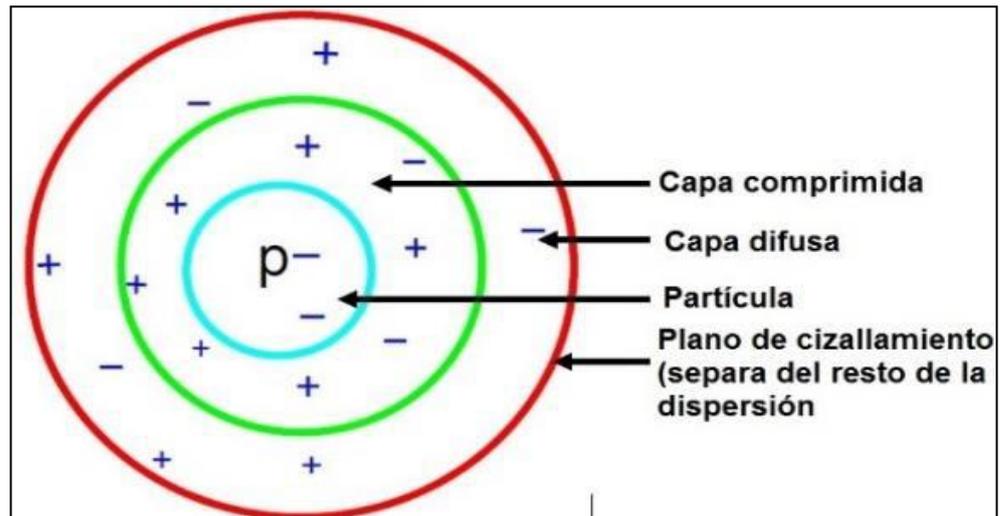


Figura 7. Capas existentes en los coloides. p: partícula. Tomado de Okaiyeto, Nwood y Okoh, 2013 (20).

Algunos de estos iones quedan adheridos al sólido por fuerzas de adsorción electrostática y el resto forma un área de prolijidad que llega a alcanzar un reparto iónico invariable en el agua. En esta reacción, la variedad implícita de esta capa difusa es conocida como eventualidad electrocinética o eventualidad Z. Así, las sustancias extremas que entran en contacto con una situación polar, análogo al agua, adoptan carga eléctrica por ionización o adsorción de iones, o ambos a su vez. Agregar un coagulante contrarresta las cargas, lo que lleva a un sobre paso de la capa de iones que rodea a los coloides para que puedan acumularse (Figura 8). La fijación correcta de la clase y el volumen del coagulante además de mejorar las propiedades del líquido en ejecución, reducirá el monto económico del proceso (20).

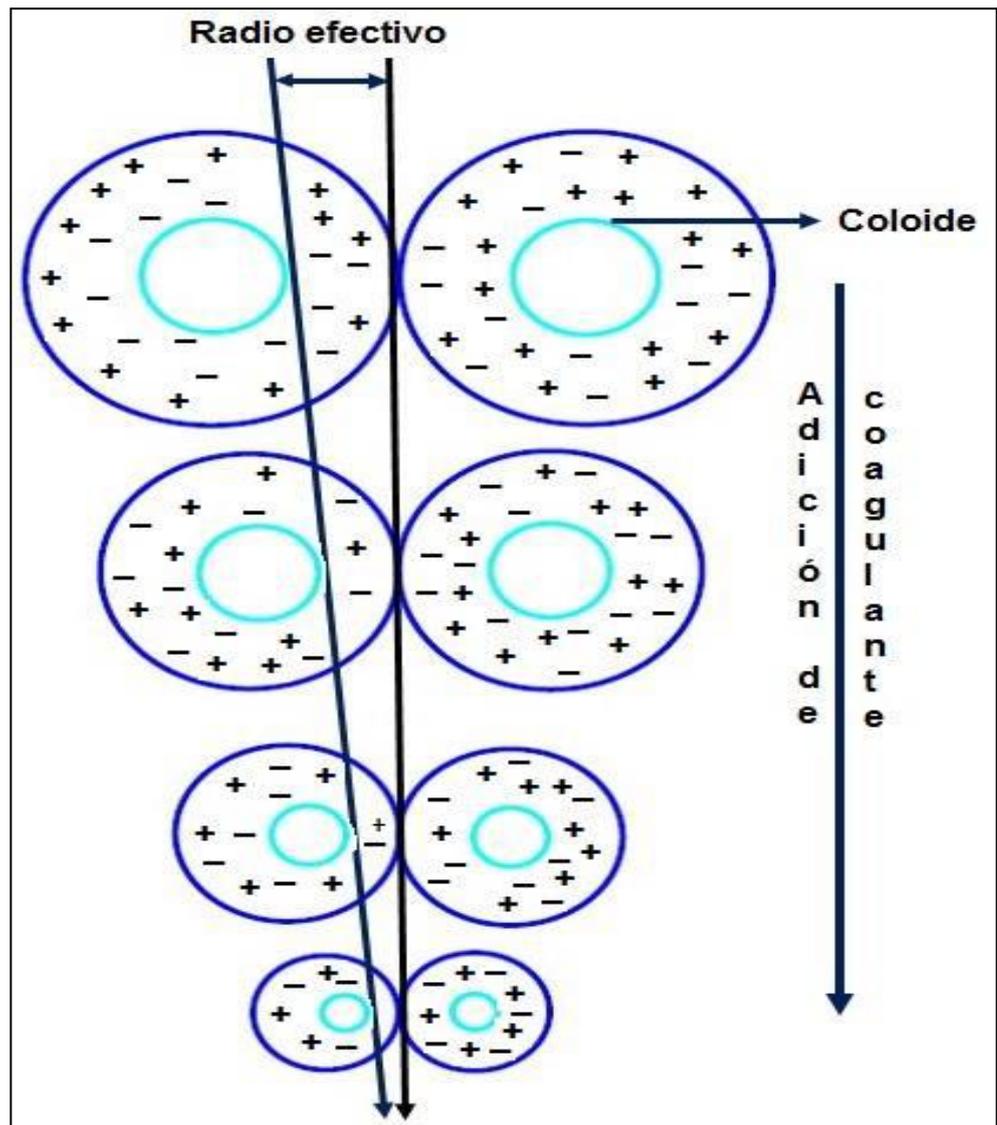


Figura 8. Crisis de la nube de iones en la coagulación de coloides. Tomado de Método alternativo para tratar lixiviados maduros mediante el proceso de coagulación-floculación con mucílago de *Opuntia ficus-indica*, por Martínez, 2017 por (20).

Por todas estas razones, en las últimas 20 ocasiones se ha intentado mejorar la disposición de materia orgánica y sólidos totales en suspensión para tratar efluentes externos y remansos artificiales a través de nuevos coagulantes orgánicos e inorgánicos (51). Por ello, últimamente se ha investigado de materiales naturales similares a los coagulantes y floculantes, triturados en tiendas o residuos orgánicos, como los polímeros orgánicos. Los compuestos orgánicos son un bien intermedio renovable, biodegradable asequible y bastante no tóxico (52). La tabla 6 muestra ejemplos de coagulantes.

Tabla 6. *Tipos de coagulantes*

Coagulantes inorgánicos
Sulfato de aluminio, hidróxido de calcio, cloruro férrico, sulfato férrico y clorhidroxido de aluminio.
Coagulantes orgánicos sintéticos
Poliacrilamidas, poliacrilaminas, poliaminas y polidimetil dialil amonios.
Coagulantes orgánicos naturales
Celulosa, almidón, alginatos, chitosán, mucilago de nopal, gomas de semillas, pulpa de algarrobo, carboximetil celulosa, goma de guar, goma de red sorrela, sílica activada, lentejas y tamarindo.

Nota. Tomado de Martínez, 2017 (20).

2.2.1.11. Fases de la coagulación

Esta fase se genera en tiempos instantáneos ocurriendo varias fases (20):

1. Hidrolisis del coagulante inestabilidad de fragmentos en movimiento.
2. Formación de compuestos químicos poliméricos
3. Adsorción de cadenas poliméricas por los coloides
4. Asociación mutua de coloides
5. Acción de barrido

2.2.1.12. Coagulante orgánico natural

Se han utilizado sales de Fe o Al y moléculas sintéticos en el proceso de coagulación-floculación, donde se genera poco lodo biodegradable. En los cuales los polímeros orgánicos naturales se han utilizado desde tiempos antiguos en los países de India, África y China como coagulantes efectivos y ayuda a mejorar las propiedades del efluente para ser utilizado en lugares pastoriles. (53).

Así, en diferentes estudios se ha visto que los complementos biopoliméricos han tenido una buena opción como coagulantes y floculantes. Donde las macromoléculas naturales son producidos por seres vivos y tienen grandes beneficios sobre los accesorios comunes (coagulantes orgánicos inorgánicos y sintéticos), menor efecto en el medio ambiente, bajo desperdicio de energía en su producto o problema, degradación biológica, estado de recurso renovable, en el producto de más lodos biodegradables y en esto se evita adecuar el pH de las maderas tratadas (51). Por lo tanto, tenemos algunos ejemplos donde esta producción son epoxis de origen vegetal, similares a las pectinas, granos de galactomanano (polisacáridos

neutros sensibles al agua extraídos de semillas de leguminosas), como se ve en la Figura 9 (20).

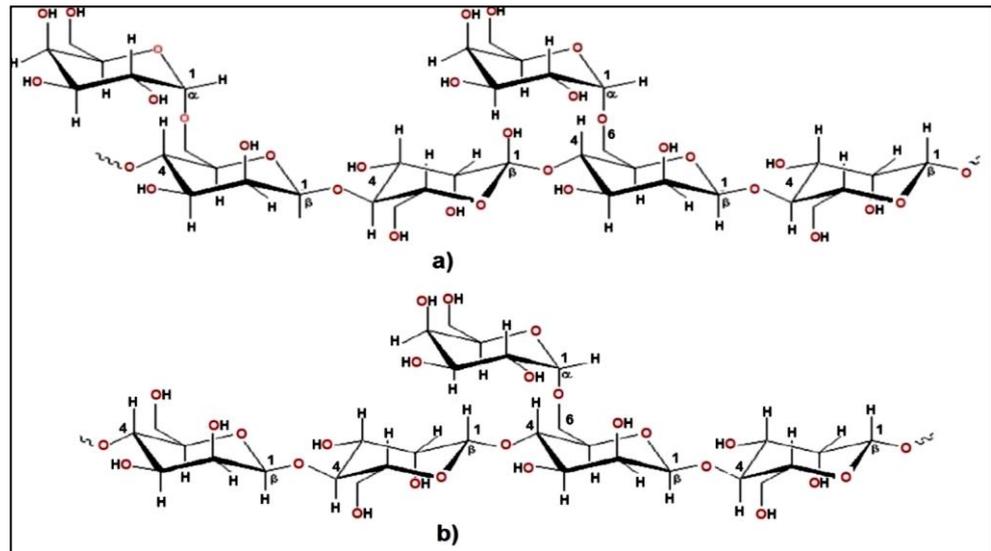


Figura 9. Formación química de algunos biopolímeros. **Nota.** Las estructuras presentes se refieren a a) goma de guar y b) goma de algarrobo. Tomado de “Método alternativo para tratar lixiviados maduros mediante el proceso de coagulación-floculación con mucílago de *Opuntia ficus-indica*”, por Martínez, 2017 (20).

Los polímeros sintéticos tienen mayor influencia molecular que los polímeros orgánicos naturales. Con ello, se considera que, por ser de mayor influencia, presentan una mejor efectividad reductora respecto a la carga orgánica análoga en comparación a los productos sintéticos. Así, al ser usado como una opción indispensable, se observa algunas mejoras en comparación a los coagulantes sintéticos (20). Las condiciones para ello se describen a continuación:

- Bajas dosis
- Menos producción de lodos
- La carga orgánica no genera incremento
- 30 % de ahorro en costos

Por ello, se han desarrollado estudios que buscan señalar la validez de la utilización de los coagulantes y floculantes naturales(20).

2.2.2. Definición de términos básicos

- Monómeros

Son moléculas que, al ser menos pesadas, se adhieren con facilidad a otras moléculas formando moléculas de cadenas largas llamadas polímeros (54).

- Hidrocoloide

Composición química formada por cadenas de moléculas que se repiten y al ser más pesadas se forman los polímeros. La esencia de los hidrocoloides abarca un alto número de grupos carboxilo, por lo que hidratan y conservan gran cantidad de líquido, formando puentes de hidrogeno. Son generados a partir de compuestos orgánicos naturales o sintéticos. (55).

- Sustancias poliméricas

Están formadas por cadenas que comparten electrones y como resultado se obtienen monómeros. La colisión de partículas forman dichas cadenas estableciendo grandes masas moleculares generadas por puentes de hidrogeno o por fuerzas Van Der Waals(56).

- Aditivos de floculación

En este caso los aditivos de floculación son sustancias químicas añadidas al proceso de floculación, las cuales aglutinan SS en el agua, lo que termina incitando su precipitación, de esta manera se elimina la turbidez (56).

- Desechos sólidos municipales

Los residuos sólidos municipales comprenden los residuos comerciales y domésticos generados en un terreno externo o notificada, de forma sólida o semisólida, quedando prohibidos los residuos artificiales peligrosos, pero incluyendo los residuos biomédicos tratados (38).

- Gestión de los residuos solidos

La gestión se presenta como una fase cíclico de establecimiento de objetivos, establecimiento de planes a largo plazo, programación, presupuestación, implementación, operación y mantenimiento, seguimiento y evaluación, control de costos, revisión de objetivos y planes, etc. (38).

- Caracterización de residuos solidos

Las características de los desechos sólidos municipales dependen netamente de la fuente y el tipo de generación de residuos (38). Las condiciones que se toman en esta gestión generan la caracterización.

- Formación de lixiviados

La conformación de los lixiviados en un vertedero aséptico puede cambiar según el lugar y el momento del tiempo, siendo por tanto aptos para contener iones amonio, un gran número de contaminantes y compuestos orgánicos e inorgánicos en varias situaciones de atención, en forma disuelta y suspendida (22).

- Relleno sanitario

Es una infraestructura de ingeniería donde se depositan los residuos sólidos. Es aquí donde ocurren los procesos anaeróbicos y aeróbicos. El tiempo en que dura cada etapa depende de la cantidad de líquido en los desechos, la viscosidad del encogimiento del volumen original, la filtración del agua de lluvia y la contribución de los nutrientes (43).

- Tratamiento de lixiviados

En este caso se realiza la disminución de la cantidad de contaminantes a niveles permitidos para para así ser reusados apropiadamente (46).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya que se basa en proposiciones que han sido probadas científicamente con anterioridad. Para ello, harán interacción las variables (pH y dosis) en el sistema específico de la investigación, el procedimiento a seguir es hipotético-deductivo porque, a través de la expresión de los supuestos que se deducen de la proposición, seguirá la recopilación de datos para su debida interpretación (57).

A) Método general o teórico de la investigación

Se usó el modelo hipotético-deductivo para obtener la información que necesaria para la recolección de esta. Para ello, se examinó y comparo la eficiencia de cáscaras de maracuyá y papa (57).

B) Método específico de la investigación

Método de análisis

Recolección de muestra de lixiviado

- Equipos

Equipo	Marca	Características
pHmetro	HANNA	Rango 0 pH – 17 pH
Brazo Muestreador	Omega	140 cm contraído y 240 cm estirado
Cámara fotográfica	Nikkon	Resolución de 24.2 mp
GPS	Garmin	pantalla TFT de 2,6 pulgadas

- Materiales

Materiales	Capacidad	Tipo
Recipientes	250 mL	Polietileno
Recipiente	20 L	Polietileno

Cooler	8.5 L	Poliétileno con tapa
Rótulas		Hoja bond
Registro de campo		Hoja bond
Cadena de custodia		Hoja bond

- Insumos

Insumos	Marca	Cantidad
Gel hielo	Gelpack	250 g
H ₂ SO ₄	Biopack	0.1 M

- Equipos de protección

Equipos de protección	Marca	Tipo
Guantes	Flumisa	Nitrilo desechable
Botas	Vereda	PVC de alta resistencia
Mascarilla	Mayfield	KN95
Gorra de laboratorio	IDK imports	Gorra descartable
Guardapolvo		Tela

- Procedimiento

Basado en el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales de la Dirección de Ecología y Protección del Ambiente área de Protección de los Recursos Hídricos. La toma de muestra se realizó en un solo día.

- 1 Se Identificó el lugar exacto de muestra, utilizando el GPS.
- 2 El muestreo se realizó antes que la descarga acceda a una corriente de agua receptor. Teniendo claro los criterios de accesibilidad y representatividad.
- 3 La muestra se sacó de la poza de lixiviado, tomado del punto medio de dicha poza.
- 4 Para la recolección de la muestra inicial, se realizó un muestreo aleatorio simple, con ayuda del brazo Muestreador, se llenó la muestra en recipientes de plástico de 250 mL limpios, previamente purgados con el lixiviado, llenando el recipiente y dejando un espacio para aireación. Dicho volumen es el mínimo requerido para poder realizar los análisis de DQO,

DBO₅ y Turbidez estipulados por el laboratorio de análisis ambientales.

- 5 Para las corridas experimentales se recogió la muestra de lixiviado en un recipiente de plástico de amplitud de 20 L a un volumen de 13 500 mL, dejando un espacio para aireación, según el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. La toma de muestra de lixiviado fue a un volumen de 13 500 mL. Dicho volumen servirá para realizar las corridas experimentales.
- 6 Para medir el pH, temperatura y conductividad, se utilizó el pH metro ya calibrado.
- 7 Una vez llenado las botellas con los lixiviados se realizó el rotulado, registro de datos de campo y cadena de custodia.
- 8 Una vez rotulado, realizado el llenado del registro de campo y la cadena de custodia las muestras se almacenaron en un cooler donde se refrigeró a 4 °C con gel hielo de la marca GELPACK de 250 g, para la turbidez y DBO₅, para el caso del DQO se agregó H₂SO₄. Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Análisis Ambientales.

Recolección de cáscara de maracuyá y papa

- Equipos

Equipo	Marca	Características
Cámara fotográfica	Nikkon	Resolución de 24.2 mp
Balanza	Henkel	Rango de 5 kg a 175 onzas

- Materiales

Materiales	Medida	Tipo
Bolsa	25 x 30	Polietileno

- Equipos de protección

Equipos de protección	Marca	Tipo
Guantes	Flumisa	Nitrilo desechable

Mascarilla	Mayfield	KN95
Gorra de laboratorio	IDK imports	Gorra descartable

- Procedimiento

La cáscara de maracuyá y papa fueron comprados del mercado modelo del distrito de Huancayo, provincia de Huancayo.

Preparación de los coagulantes de cascara de maracuyá y papa.

- Equipos

Equipos	Marca	Característica
Horno	Dry oven DHG-9030A	Temperatura mínima de 30 °C y máxima de 300 °C
Balanza	Henkel	Rango de 5 kg a 175 onzas
Tamiz	Ludmi	Tamiz N° 100 de acero inoxidable 8" x 2".
Malla	Endecotts	Acero inoxidable 150 um
Agitador magnético	Thermo SCIENTIFIC	De 150 rpm a 2500 rpm
Molino	Corona	Acero inoxidable

- Materiales

Materiales	Capacidad o Dimensiones	Tipo
Vaso de precipitación	250 mL	Vidrio
Luna de reloj	D= 6 m	Vidrio
Varilla	15 cm	Vidrio
Probeta	500 mL	Vidrio
Recipientes	500 mL	Vidrio
Embudos	D=3.2 cm y A= 6.2 cm	Vidrio
Cooler	8.5 L	Polietileno con tapa
Bandejas	40 cm x 20 cm	Aluminio
Probeta	250 mL	Vidrio

Gotero	5 cm	Vidrio
Vaso de precipitación	50 mL	Vidrio
Rotuladores	1 cm x 1cm	Adhesivo
Cinta adhesiva		Cinta
Bolsa	25 x 30	Polietileno
Caja	29.5 cm x 18 cm x 18.5 cm	Tecnopor

- Insumos

Insumos	Cantidad o concentración	Tipo
Maracuyá	2 kg	Cáscara
Papa	2 kg	Cáscara
NaOH	0.1 M	Base
HCl	0.1 M	Acido

- Equipos de protección:

Equipos de protección	Marca	Tipo
Guantes	Flumisa	Nitrilo desechable
Botas	Vereda	PVC de alta resistencia
Mascarilla	Mayfield	KN95
Gorra de laboratorio	IDK imports	Gorra descartable
Guardapolvo		Tela

Coagulante de cáscara de maracuyá

De acuerdo con (24), (17) y (18)

Se hizo uso del laboratorio de análisis ambientales ubicado en el Jr. Santa Rosa N° 1361—El Tambo, con RUC N° 20568279191, inscrito con partida registral N° 111632336 del registro de personas jurídicas en Huancayo. Este cuenta con todos los materiales necesarios para desarrollar la parte experimental.

- 1 Para quitar las impurezas o tierra adherida, las cáscaras de maracuyá se lavaron durante 30 minutos con abundante agua en las instalaciones del laboratorio de análisis ambientales.

- 2 Para eliminar el agua que se produjo del lavado de las cáscaras de maracuyá dichas cáscaras fueron expuestas a secado a una temperatura ambiente durante 2 días en bandejas de aluminio.
- 3 Se pesó las cáscaras de maracuyá en una balanza electrónica. Se estima una reducción aproximada de su peso de 200 g debido a que tuvo una deshidratación por dos días expuesto al sol con temperatura ambiente.
- 4 Para conseguir la harina del coagulante, se procedió a deshidratar en un horno a un grado de 100 °C durante 24 horas.
- 5 Para observar la reducción que tuvo luego de las 24 horas de secado, se retiró del horno la cáscara de maracuyá para ser pesada en una balanza electrónica. Con este proceso se tuvo un peso de 350 g.
- 6 Para ver la diferencia del peso entre la inicial (1 700 g) y luego del secado (350 g), la cáscara de maracuyá fue pesado en una balanza electrónica. Dicho producto fue triturado por 30 minutos con un molino mecánico teniendo un peso final de 217.54 g.
- 7 Las limaduras obtenidas se pasaron por un filtrador N° 100 acero inoxidable 8" x 2", malla acero inoxidable 150 µm marca ENDECOTTS.
- 8 Se hizo el pesado del material sobrante del tamiz en una balanza electrónica con un peso de 128.59 g.
- 9 El material tamizado fue el coagulante generado de 2 kg. de la cáscara de maracuyá. Se obtuvo de esto 79.42 g, los cuales fueron envasados impermeablemente en un recipiente de vidrio.

Coagulante de cáscara de papa

De acuerdo con las fuentes (24), (17) y (18),

Para la preparación del coagulante de cascara de papa, se realizó el mismo procedimiento que el coagulante de cáscara de maracuyá.

- 1 El peso inicial de la cascara de papa fue de 2 Kg, se estima una reducción aproximada de su peso de 250 g debido a que tuvo una deshidratación por dos días expuesto al sol con temperatura ambiente.
- 2 Para conseguir la harina del coagulante, se puso a secar en un horno a una temperatura de 100 °C durante 24 horas.

- 3 Para observar la reducción que tuvo luego de las 24 horas de secado, se retiró del horno la cáscara de papa para ser pesada en una balanza electrónica. Con este proceso se tuvo un peso de 450 g.
- 4 Para ver la diferencia del peso entre la inicial (1 750 g) y luego del secado (450 g), la cáscara de maracuyá fue pesado en una balanza electrónica. Dicho producto fue triturado por 30 minutos con un molino mecánico teniendo un peso final de 217.54 g.
- 5 El polvo obtenido se llevó por un tamiz N° 100 acero inoxidable 8" x 2", malla acero inoxidable 150 μm marca ENDECOTTS, el cual tuvo un peso de 154.33 g.
- 6 Luego, se hizo el pesado del material sobrante del tamiz en una balanza electrónica. El peso obtenido fue de 215.4 g.
- 7 El material tamizado fue el coagulante generado de 2 kg de la cascará de papa, el cual fue de 154.33 g envasado herméticamente en un frasco de vidrio.

Instalación del experimento

De acuerdo al diseño de la tabla 7, se preparó la instalación del experimento.

- 1 Se hizo la medición de los volúmenes de lixiviado, 250 mL, en 9 vasos de precipitación para la primera réplica, donde se adicionaron diferentes masas de coagulante 1 g, 1.5 g y 2 g que fueron pesados en una balanza electrónica.
- 2 Se modificó el pH de los lixiviados a un valor de 5, 6 y 7 con NaOH al 0.1 M o HCl al 0.1 M. Para ello, se sometió en agitación rápida utilizando un agitador magnético a una velocidad de agitación de 120 rpm por 1 min. Pasado el tiempo, se bajó la velocidad de agitación hasta 30 rpm en el transcurso de 20 min. Pasado el tiempo de incorporación, se dejó reposar los flóculos creados durante 15 min.
- 3 Se tomó 250 mL de agua tratada para analizar DQO, DBO_5 y turbidez. Luego, fueron almacenados en una caja de Tecnopor debidamente sellados con una cinta *masking* y rotulado para ser

trasladado mediante encomienda a la ciudad de Lima, donde se hizo análisis correspondientes en el laboratorio de análisis ambientales.

- Gabinete

Cáscara de maracuyá y cáscara de papa

- 1 Para el tratamiento de información obtenida, se hizo uso del programa Excel y MINITAB V18.
- 2 La información se desarrolló mediante los informes obtenidos, los valores de turbidez, DQO y DBO₅.
- 3 Luego, dichos datos obtenidos de los reportes de los laboratorios se tabularon en el programa de Excel.
- 4 Después dichos datos tabulados fueron llevados al programa estadístico MINITAB V 18. Realizando el análisis de varianza y la evaluación de método Tukey.

3.1.2 Alcances de la investigación

A) Tipo de investigación

El estudio es de diseño aplicado, pues se plasma las experiencias adquiridas en las referencias en la parte del desarrollo experimental y práctico (57).

B) Nivel de investigación

El nivel fue explicativo, debido que está centrado en la generación del conocimiento. Es usado con la finalidad de explicar los antecedentes y resultados de un estudio a investigar (58).

3.2 Diseño de la investigación

El diseño experimental se llevará a cabo en este estudio debido a la cantidad de variables presentes. Este diseño se utiliza cuando se estudian diferentes variables al mismo tiempo. Uno o algunos de ellos deben ser aplicados en unidades experimentales bastante grandes, siendo apto aplicar el otro o los otros en unidades experimentales inferiores, dentro de las unidades mayores (57).

Se utilizó un diseño factorial de 3^2 , donde se contará con tres niveles y se harán 3 réplicas, teniendo un total de 27 datos por cada tratamiento de coagulante.

Tabla 7. *Diseño factorial*

Notación de Yates	Replicas
-------------------	----------

Tratamiento	Dosis (g)	pH	R1	R2	R3
1	-1	-1			
2	-1	0			
3	-1	1			
4	0	-1			
5	0	0			
6	0	1			
7	1	-1			
8	1	0			
9	1	1			

Fuente: Elaboración propia

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Para el desarrollo de coagulación, se seleccionó dos parámetros operativos importantes como la dosis y pH como variables independientes y se denominaron como α y β respectivamente. La dosis (α) se cambió entre 1 g, 1.5 g y 2 g, el pH (β) varió de 5, 6 y 7.

3.2.1 Tipo de diseño de investigación

Se tomó un diseño experimental puro, ya que es un procedimiento estadístico que faculta la relación y cuantificación de las causas de un efecto dentro de un estudio experimental (57).

3.3 Población y muestra

El trabajo se realizó en el laboratorio de análisis ambientales ubicado en el Jr. Santa Rosa N° 1361–El Tambo, con RUC N° 20568279191, inscrito con partida registral N° 111632336 del registro de personas jurídicas en Huancayo, el cual cuenta con todos los equipos (horno de la línea EUROTTECH de marca DRY OVEN DHG-9030A, balanza electrónica de la marca HENKEL, tamiz N° 100 acero inoxidable 8" x 2", malla acero inoxidable 150 μ m marca ENDECOTTS, agitador magnético de la marca Thermo SCIENTIFIC y pHmetro marca HANNA) y materiales (vaso de precipitación de 1 L, lunas de reloj, varilla, probeta de 500 mL y botellas de 500 mL). Estos son necesarios para desarrollar la parte experimental. Para extraer la muestra, se utilizará el método de muestreo probabilístico.

3.3.1 Población

La población está conformada por 13 500 mL de lixiviado del vertedero controlado de la provincia de Chupaca. El cálculo de esta población se ha logrado a partir del volumen mínimo requerido para el desarrollo de la investigación.

3.3.2 Muestra

Tamaño de muestra:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times P \times Q}{\varepsilon^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times P \times Q}$$

n: Tamaño de muestra aproximado

N: Tamaño de la población bajo estudio

Z_{σ} : Valores correspondientes al valor de significancia

ε : Error de la tolerancia de investigación

Donde:

N: Es el tamaño de la población que para nuestro trabajo será de 13 500 mL.

Z_{σ} : Se trabajará a un nivel de confianza del 95 %, el nivel de significancia será:

$$\alpha = 1 - 0,95$$

$$\alpha = 0,05$$

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0,975$$

Se buscó el valor de 0,975 en la tabla de distribución normal del apéndice de la página 350 del libro de metodología de la investigación, teniendo como valor $Z_{\sigma} = 1,96$

ε : el error estimado (0,079)

P: La probabilidad a favor (0,5)

Q: La probabilidad en contra (0,5)

Reemplazando los valores en la ecuación 1 tenemos:

$$n = \frac{13500 \times 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,0614^2 \times (13500 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}$$

$$n = 250,0506$$

redondeando:

$$n = 250 \text{ ml.}$$

El volumen requerido fue de 250 mL de lixiviado del botadero controlado de la provincia de Chupaca.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas en la recolección de datos

- La técnica utilizada fue la observación experimental, el cual nos permitirá tener datos sobre el muestreo in situ y el desarrollo de las corridas experimentales.

3.4.2 Instrumentos en la recolección de datos

- La herramienta utilizada para la investigación fue la tarjeta de recojo de información con la que se tuvo los datos del muestreo y los reportes de los laboratorios.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

Esta sección presenta los efectos que se obtuvieron de la interacción de las variables dosis y pH con dos tipos de coagulantes (cáscara de maracuyá y cáscara de papa). Además de ello, se describe la caracterización inicial de los lixiviados del botadero controlado de la provincia de Chupaca, además la influencia del tipo de coagulante. Para organizar los hallazgos, se presentan tablas y figuras de las pruebas estudiadas.

4.1.1 Caracterización fisicoquímicamente de los lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca (MPCH) en el año 2021

En la tabla 8, se muestra los parámetros físicos—químicos de las aguas de lixiviado del vertedero de Chupaca. Se explica los valores de DQO de 7641 mg/L con su estándar de calidad ambiental (ECA) de 40 mg/L, se observa que se excedió 190 veces el estándar de calidad, se representa la estimación DBO de 4981 mg/L con un ECA 15 mg/L se observa que se excede 300 veces el ECA y se muestra los valores de turbidez de 287.19 NTU con el ECA de 100 NTU, excediendo dos veces más el valor del ECA. Dichos valores fueron comparados con los ECA según el D.S. N° 004-2017-MINAN, establecido para agua de riego vegetal.

Tabla 8. *Parámetro físico – químico de lixiviado de botadero de la MPCH*

PARÁMETROS	ECA	VALOR INICIAL
DQO (mg/L)	40	7641
DBO5 (mg/L)	15	4981
TURBIDEZ (NTU)	100	287.19

En la figura 10 se muestra que los valores iniciales del lixiviado del botadero de la municipalidad Provincial de Chupaca exceden el Estándar de Calidad Ambiental.

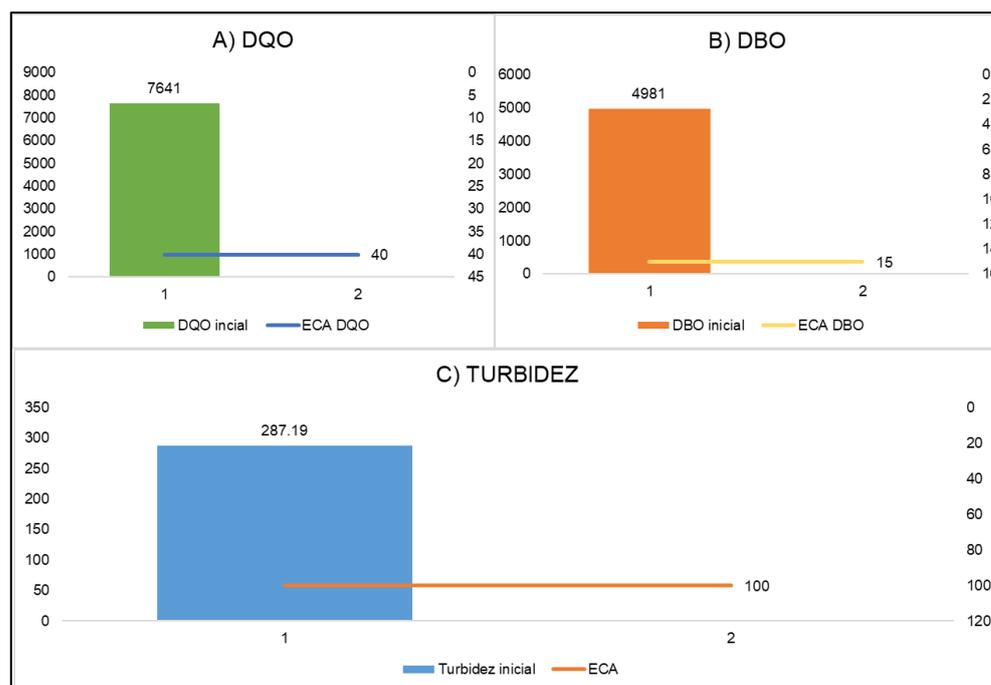


Figura 10. Parámetros iniciales de los lixiviados.

4.1.2 Influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021

La Tabla 9 muestra la influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de DQO de lixiviados del botadero MPCH. En esta institución, se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5.0, 6.0 y 7.0, en la tabla 14 se observa que a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de DQO de un 81.60 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de DQO de 53.27 %. La reducción promedio total al trabajar con la interacción de la dosis y pH fue de 68.26 % de DQO.

Tabla 9. Reducción de DQO de los lixiviados con cáscara de maracuyá

Dosis (g)	pH	DQO (mg/L)			
		RI	RII	RIII	PROMEDIO
1	5.0	78.65%	78.56%	78.54%	78.58%
1	6.0	60.71%	60.59%	60.67%	60.66%
1	7.0	53.27%	53.30%	53.23%	53.27%
1.5	5.0	78.30%	78.41%	78.45%	78.38%
1.5	6.0	70.59%	70.55%	70.58%	70.58%
1.5	7.0	68.37%	68.38%	68.32%	68.35%
2	5.0	81.60%	81.53%	81.66%	81.60%

2	6.0	62.40%	62.47%	62.36%	62.41%
2	7.0	60.46%	60.42%	60.52%	60.47%
PROMEDIO					68.26%

La figura 11 muestra el flujo de cajas para la remoción de la DQO con la variación de la dosis de coagulante de la cáscara de maracuyá, donde a 1 g se da una variación de la remoción de un 53% a un 78%. A una dosis de 1.5 g existe una variación de la remoción de un 68% a un 78% y a una dosis de 2 g se da una variación de la remoción de un 60% a un 81%.

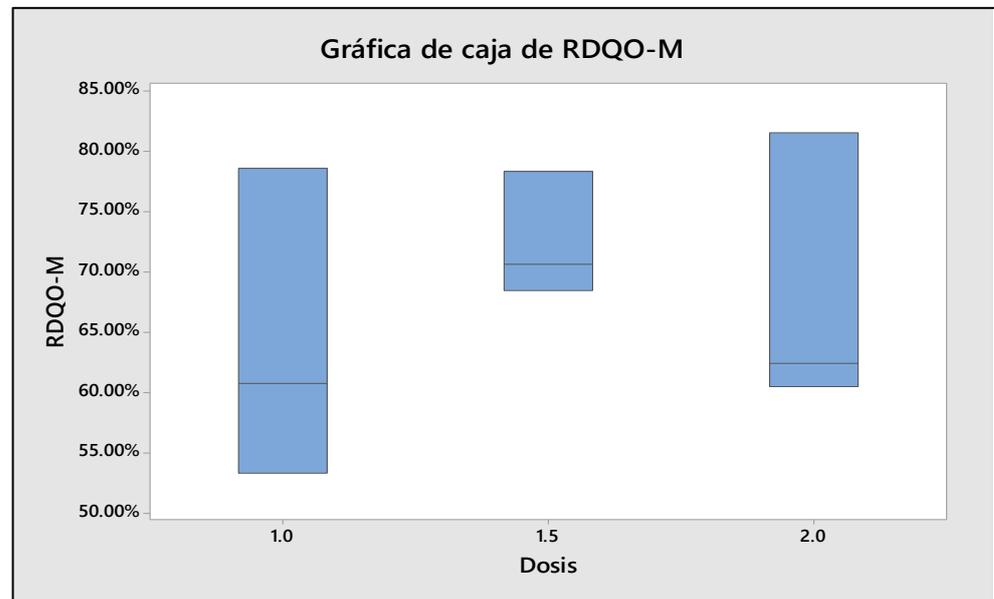


Figura 11. Diagrama de cajas para la remoción de DQO vs dosis con la cáscara de maracuyá.

En la Figura 12 se especifica el flujo de cajas para la disminución de la DQO con diferentes pH. En este diagrama, se puede visualizar cómo a un pH 5 se calcula un cambio de la remoción de un 76 % a un 82 %, a un pH de 6 se da una variación de la remoción de un 59 % a un 69 % y a un pH 7 se da una variación de la remoción de un 53 % a un 66 %.

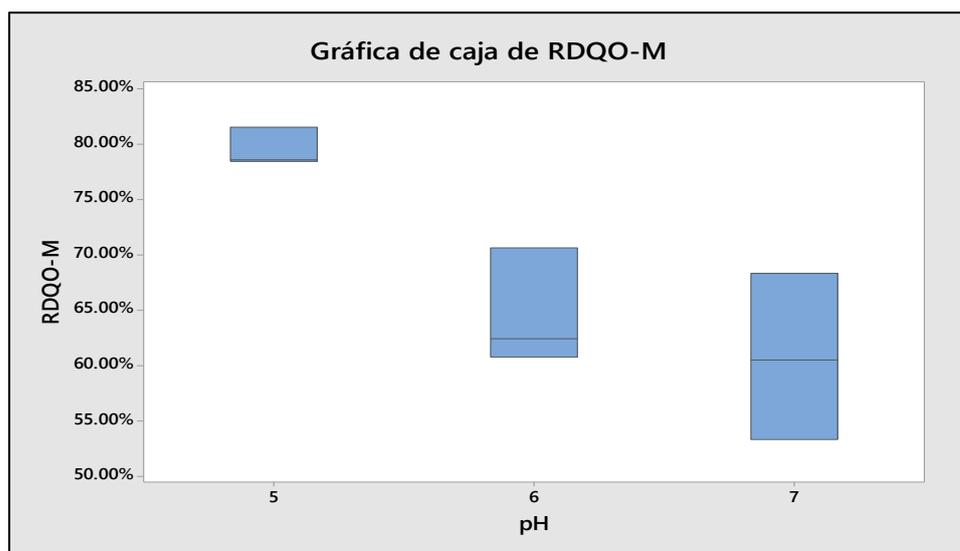


Figura 12. Diagrama de cajas para la remoción de DQO vs pH con la cáscara de maracuyá

La figura 13 muestra la reducción para DQO de los lixiviados del botadero MPCH, donde a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de DQO de un 81.60 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de DQO de 53.27 %.

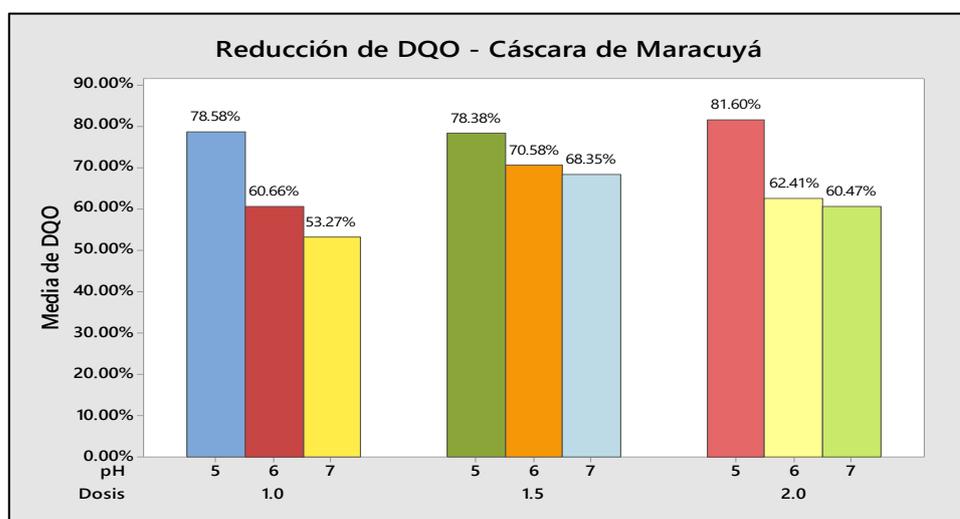


Figura 13. Reducción de DQO con la cáscara de maracuyá.

La Tabla 15 muestra la influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero MPCH, donde se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. En la tabla 15 se observa que a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de DBO₅ de un 83.82 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una

reducción mínima de DBO₅ de 63.73%. La reducción promedio total al trabajar con la interacción de la dosis y pH fue de 74.69% de DBO₅.

Tabla 10. Reducción de DBO₅ de los lixiviados con cáscara de maracuyá

		DBO₅			
Dosis (g)	pH	RI	RII	RIII	PROMEDIO
1	5.0	83.86%	83.80%	83.74%	83.80%
1	6.0	65.81%	65.89%	65.65%	65.78%
1	7.0	63.78%	63.66%	63.74%	63.73%
1.5	5.0	82.96%	83.06%	83.14%	83.05%
1.5	6.0	77.80%	77.72%	77.90%	77.80%
1.5	7.0	75.63%	75.57%	75.75%	75.65%
2	5.0	83.90%	83.78%	83.78%	83.82%
2	6.0	70.09%	69.97%	70.25%	70.10%
2	7.0	68.42%	68.46%	68.54%	68.47%
PROMEDIO					74.69%

En la figura 14 se observa el diagrama de cajas para la remoción de la DBO₅ con la variación de la dosis de coagulante de la cáscara de maracuyá. En este cálculo, a 1 g existe una variación de la remoción de un 63% a un 82%, a una dosis de 1.5 g se da una variación de la remoción de un 76% a un 82% y a una dosis de 2 g se da una variación de la remoción de un 68 % a un 82%.

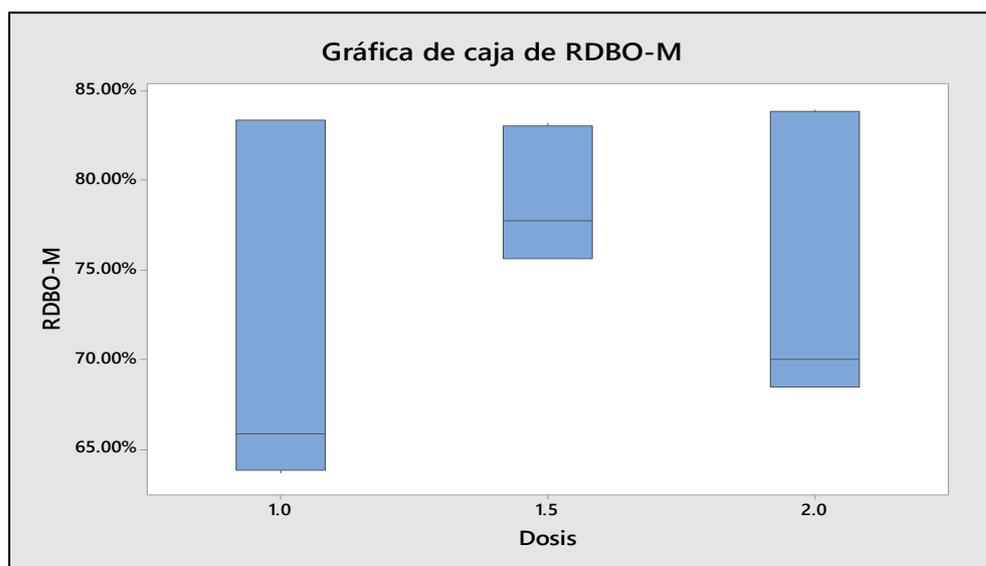


Figura 14. Diagrama de cajas para la remoción de DBO_5 vs dosis con la cáscara de maracuyá

La figura 15, indica el flujo de cajas para la remoción de la DBO_5 con la alteración del pH. A un pH 5 la remoción varía de un 83 % a un 84 %, a un pH de 6 se da una variación de la remoción de un 67 % a un 77 % y a un pH 7 se da una variación de la remoción de un 62 % a un 73 %.

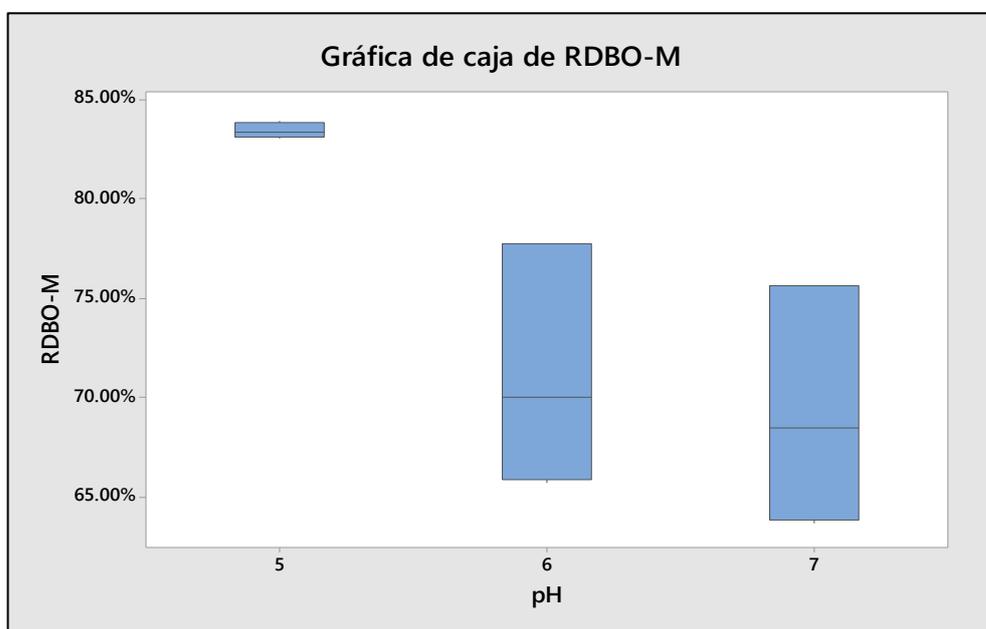


Figura 15. Diagrama de cajas para la remoción de DBO_5 vs pH, con la cáscara de maracuyá.

La figura 16 muestra la reducción para DBO_5 de los lixiviados del botadero MPCH, donde a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de DBO_5 de un 83.82 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se

tiene una reducción mínima de DBO₅ de 63.73 %.

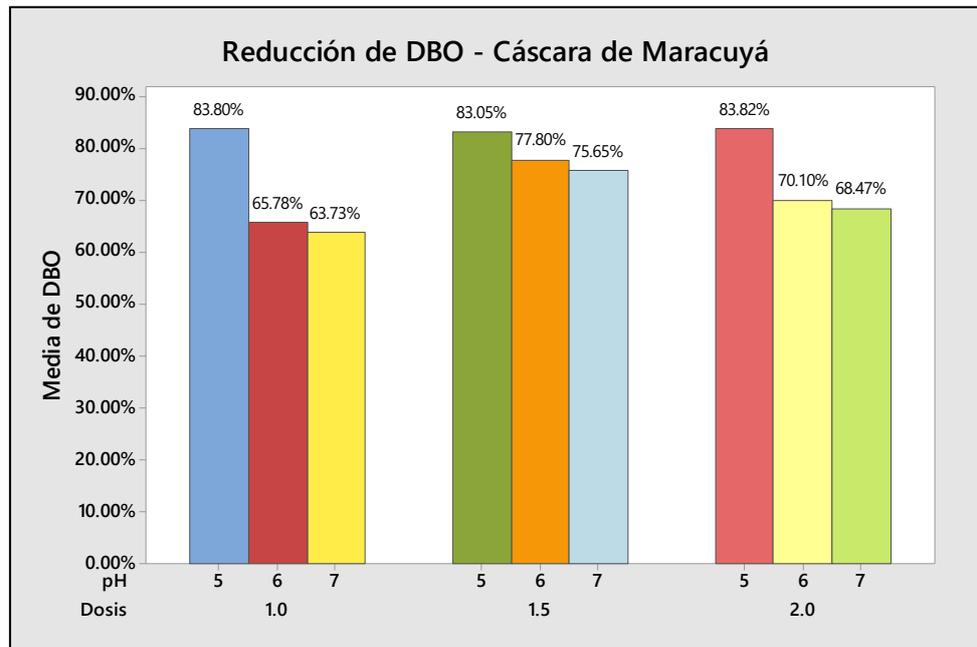


Figura 16. Reducción de DBO₅ con la cáscara de maracuyá.

La Tabla 11 muestra la influencia de la cáscara de maracuyá para disminuir la turbidez del lixiviado del botadero municipal de la provincia de Chupaca, donde se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. En la Tabla 16 se observa que a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de la turbidez de un 97.88%, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de la turbidez de 85.37%. La reducción promedio total al trabajar con la interacción de la dosis y pH fue de 93.23% de la turbidez.

Tabla 11. Reducción de la turbidez de los lixiviados con cáscara de maracuyá

Dosis (g)	pH	Turbidez			
		RI	RII	RIII	PROMEDIO
1	5.0	96.82%	96.81%	96.83%	96.82%
1	6.0	89.53%	89.52%	89.19%	89.41%
1	7.0	85.34%	85.36%	85.41%	85.37%
1.5	5.0	96.86%	96.82%	96.52%	96.74%
1.5	6.0	95.95%	95.93%	96.32%	96.07%
1.5	7.0	87.74%	87.82%	87.79%	87.78%

2	5.0	97.89%	97.88%	97.87%	97.88%
2	6.0	97.14%	97.17%	97.12%	97.14%
2	7.0	91.85%	91.92%	91.75%	91.84%
PROMEDIO					93.23%

La figura 17, indica la gráfica de cajas para remover la turbidez con el cambio de la dosis de coagulante con la cáscara de maracuyá. En este análisis, 1 g da una variación de la remoción de un 86% a un 96%, a una dosis de 1.5 g se da una variación de la remoción de un 88% a un 96% y a una dosis de 2 g se da una variación de la remoción de un 91% a un 97%.

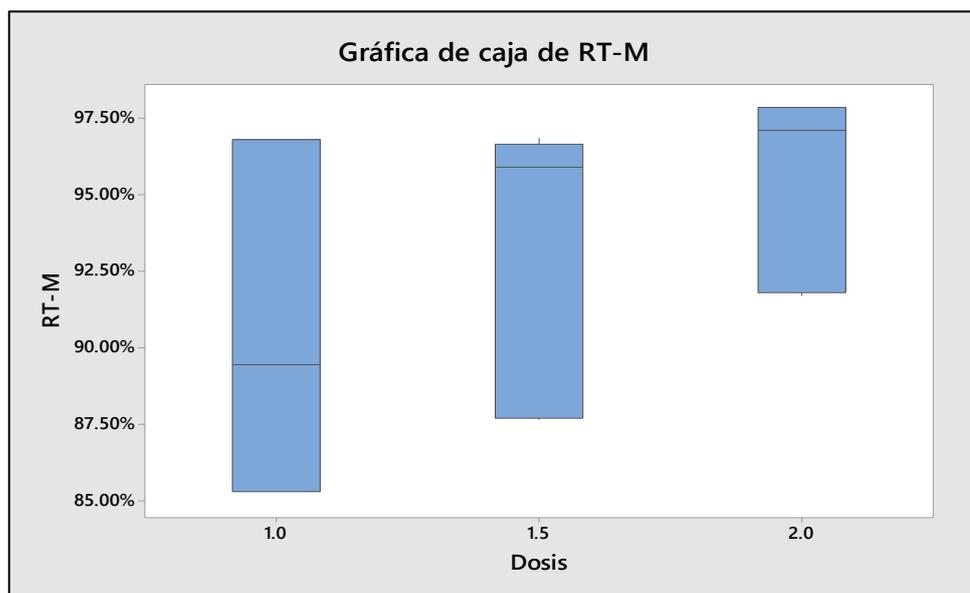


Figura 17. Flujo de cajas para remover la turbidez vs dosis con la cáscara de maracuyá.

La figura 18 muestra el diagrama de cajas para la remoción de la turbidez en rangos de pH. A pH 5 se da una reducción de un 96% a un 97.5%, a un pH de 6 se da una variación de la remoción de un 88% a un 96% y a un pH 7 se da una variación de la remoción de un 86% a un 91%.

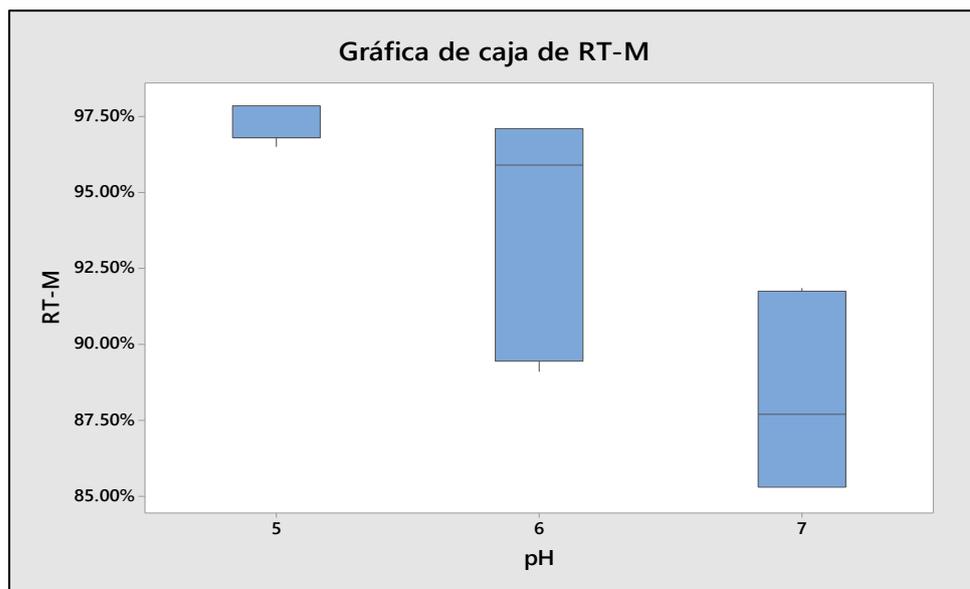


Figura 18. Diagrama de cajas para la eliminación de turbidez vs pH respecto a la cáscara de maracuyá.

La figura 19 expone la reducción de la opacidad de los lixiviados del botadero municipal de la provincia de Chupaca. A una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de la turbidez de un 97.88 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de la turbidez de 85.37 %.

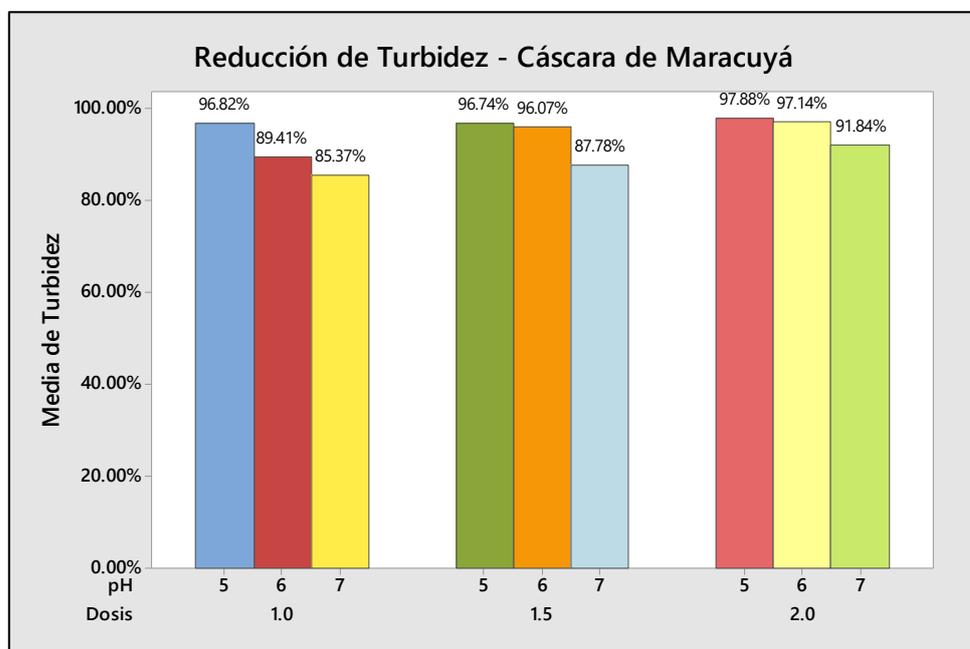


Figura 19. Reducción de la turbidez con la cáscara de *maracuyá*.

4.1.3 Influencia de la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021

La Tabla 17 muestra cuánto influye la cáscara de papa en la disminución de DQO de lixiviados del botadero municipal de la provincia de Chupaca. En este análisis se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. En la Tabla 17 se observa que a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de DQO de un 79.88%, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de DQO de 51.22%. La reducción promedio total al trabajar con la interacción de la dosis y pH fue de 66.42% de DQO.

Tabla 12. Reducción de DQO de los lixiviados con cáscara de papa

Dosis (g)	pH	DQO			
		RI	RII	RII	PROMEDIO
1	5.0	77.67%	77.58%	77.90%	77.72%
1	6.0	58.75%	58.81%	58.87%	58.81%
1	7.0	51.21%	51.12%	51.33%	51.22%
1.5	5.0	77.95%	77.91%	77.95%	77.93%
1.5	6.0	67.53%	67.46%	67.54%	67.51%
1.5	7.0	66.13%	66.23%	65.96%	66.11%
2	5.0	79.86%	79.98%	79.82%	79.88%
2	6.0	60.55%	60.50%	60.48%	60.51%
2	7.0	58.06%	58.11%	58.06%	58.07%
PROMEDIO					66.42%

En la figura 20, se nota el flujo de cajas para la remoción de la DQO con la variación de la dosis de coagulante de la cáscara de papa. A 1 g se da una variación de la remoción de un 51 % a un 77 %, a una dosis de 1.5 g se da una variación de la remoción de un 66 % a un 79 % y a una dosis de 2 g se da una variación de la remoción de un 58 % a un 79 %.

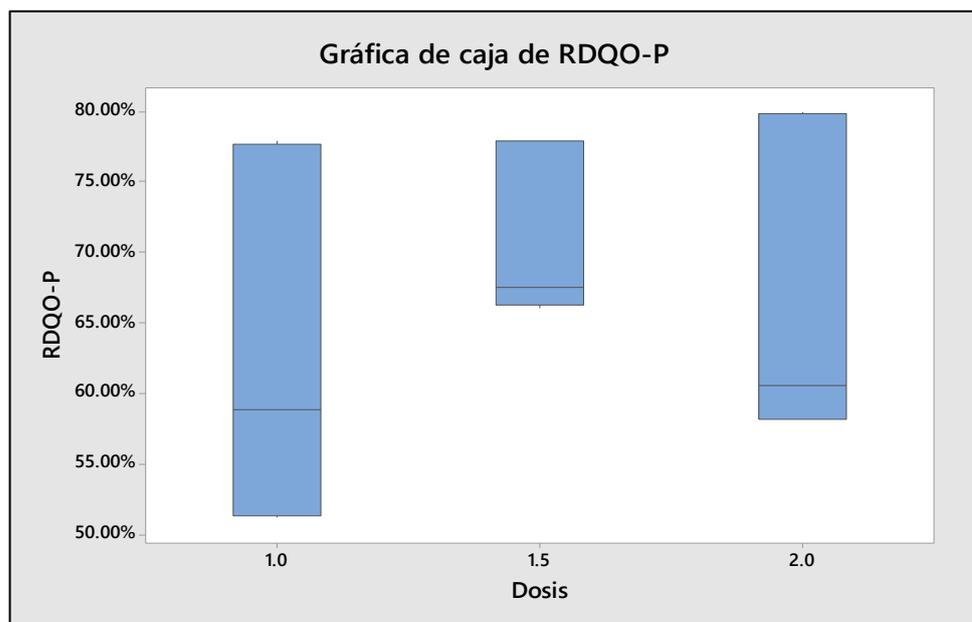


Figura 20. Diagrama de cajas para la remoción de DQO vs dosis, con la cáscara de papa.

En la Figura 21, se exhibe la gráfica de cajas de la DQO en rangos de pH. A pH 5 se da una reducción de un 76% a un 77%, a un pH de 6 se da una variación de la remoción de un 56% a un 66% y a un pH 7 se da una variación de la remoción de un 52% a un 64%.

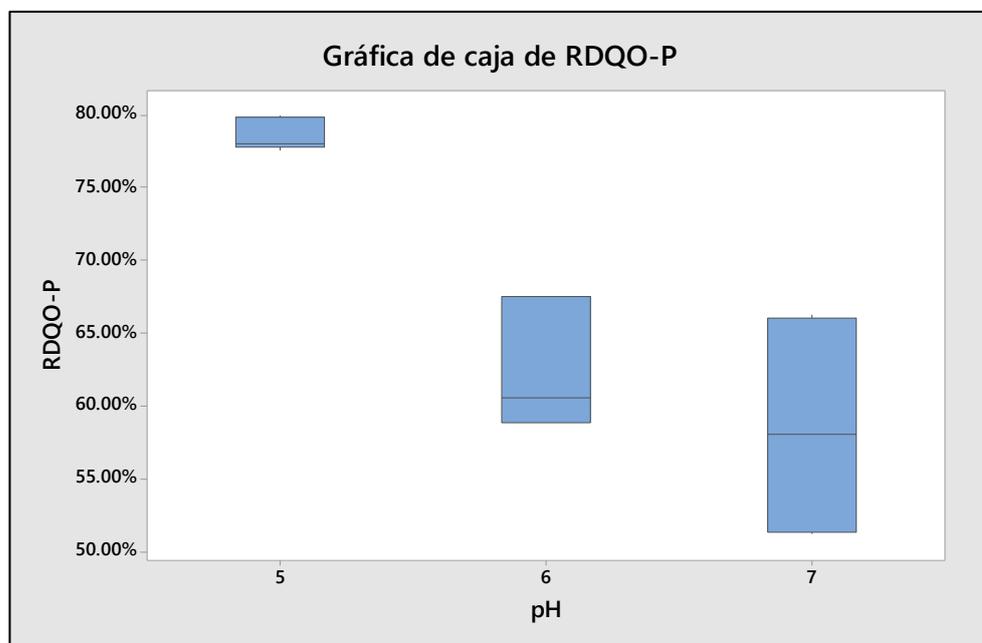


Figura 21. Diagrama de cajas para la remoción de DQO vs pH con la cáscara de papa.

En la Figura 22, se muestra la reducción de DQO de los lixiviados del botadero de la MPCH. A una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de DQO de un 79.88 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de DQO de 51.22 %.

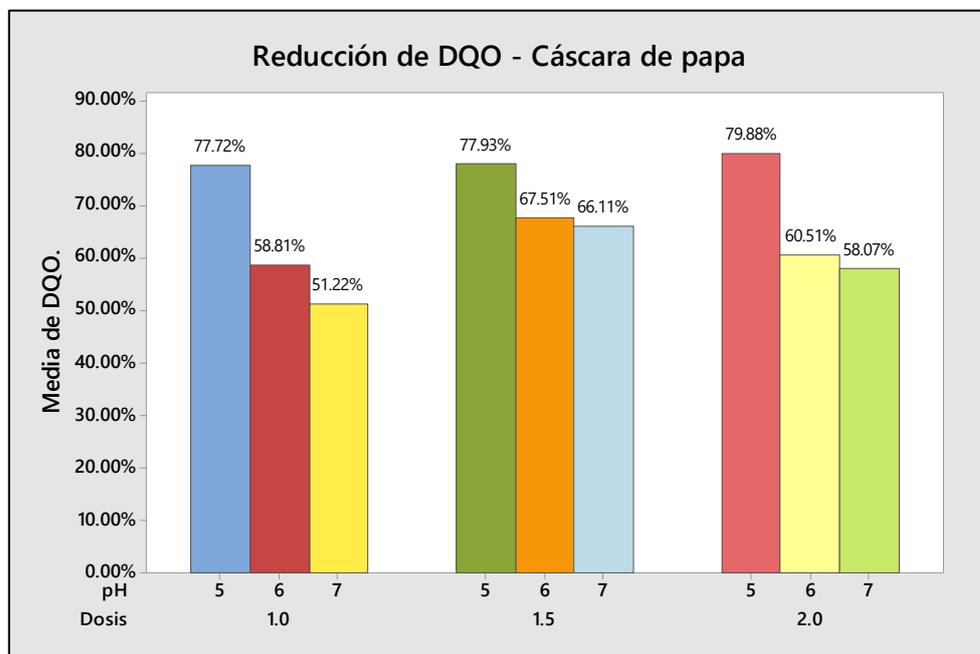


Figura 22. Reducción de DQO con la cáscara de papa.

La tabla 13 muestra la influencia de la cáscara de papa en la remoción de DBO_5 de lixiviados del botadero municipal de la provincia de Chupaca, donde se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. En la tabla 18 se observa que a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de DBO_5 de un 83.89%, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de DBO_5 de 60.74%. La reducción promedio total al trabajar con la interacción de la dosis y pH fue de 72.67% de DBO_5 .

Tabla 13. Reducción de DBO₅ de los lixiviados con cáscara de papa

Dosis (g)	pH	DBO ₅			PROMEDIO
		RI	RII	RII	
1	5.0	80.81%	80.91%	80.59%	80.77%
1	6.0	67.66%	67.78%	67.54%	67.66%
1	7.0	60.73%	60.85%	60.65%	60.74%
1.5	5.0	82.29%	82.17%	82.25%	82.24%
1.5	6.0	74.34%	74.50%	74.54%	74.46%
1.5	7.0	73.78%	73.72%	73.64%	73.71%
2	5.0	83.90%	83.82%	83.96%	83.89%
2	6.0	66.91%	67.07%	67.05%	67.01%
2	7.0	63.58%	63.54%	63.48%	63.53%
PROMEDIO					72.67%

La Figura 23 se observa la gráfica de cajas para la remoción de la DBO₅ con la variación de la dosis de coagulante de la cáscara de papa. A 1 g se da una variación de la remoción de un 61% a un 80%, a una dosis de 1.5 g se da una variación de la remoción de un 74% a un 82% y a una dosis de 2 g se da una variación de la remoción de un 62% a un 83%.

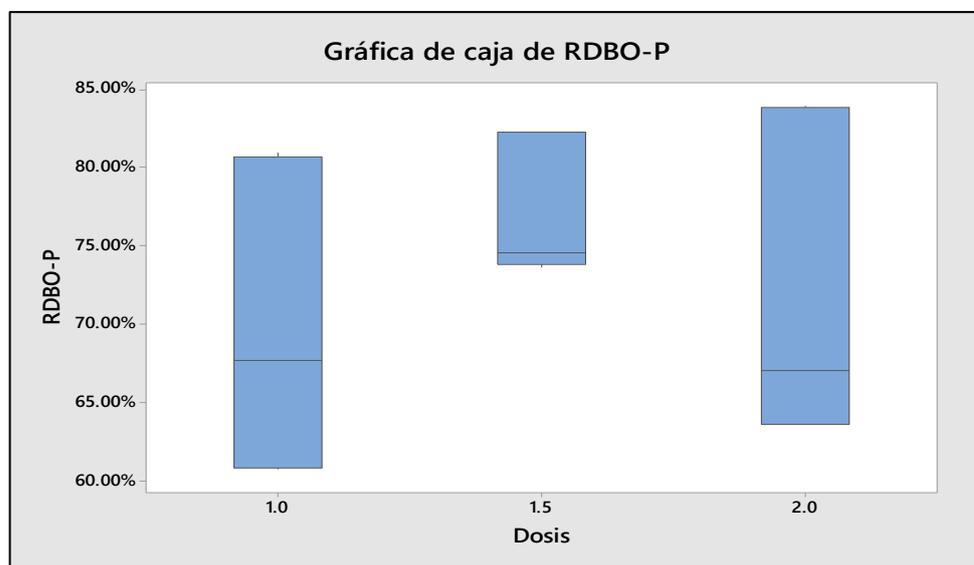


Figura 23. Diagrama de cajas para la remoción de DBO₅ vs dosis, con la cáscara de papa.

La figura 24 muestra el diagrama de cajas para la remoción de la DBO₅ con la variación del pH. A pH 5 se da una variación de la remoción de un 82% a un 84%, a un pH de 6 se da una variación de la remoción de un 66% a un 74% y a un pH 7 se da una variación de la remoción de un 61% a un 72%.

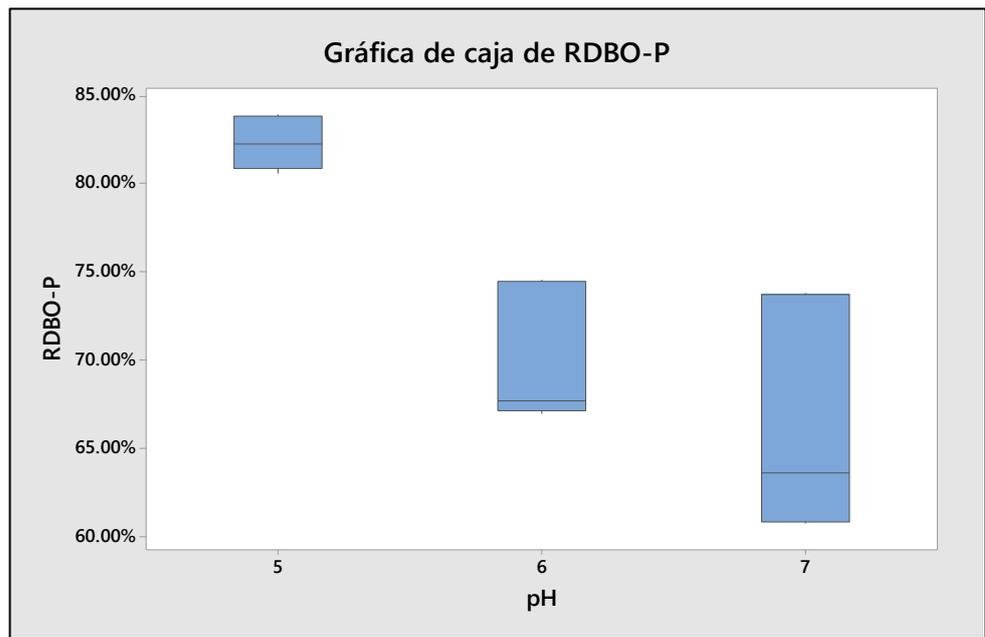


Figura 24. Diagrama de cajas para la remoción de DBO_5 vs pH, con la cáscara de papa.

En la figura 25 se muestra la reducción de DBO_5 de los lixiviados del botadero de la MPCH. A una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de DBO_5 de un 83.89 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de DBO_5 de 60.74 %.

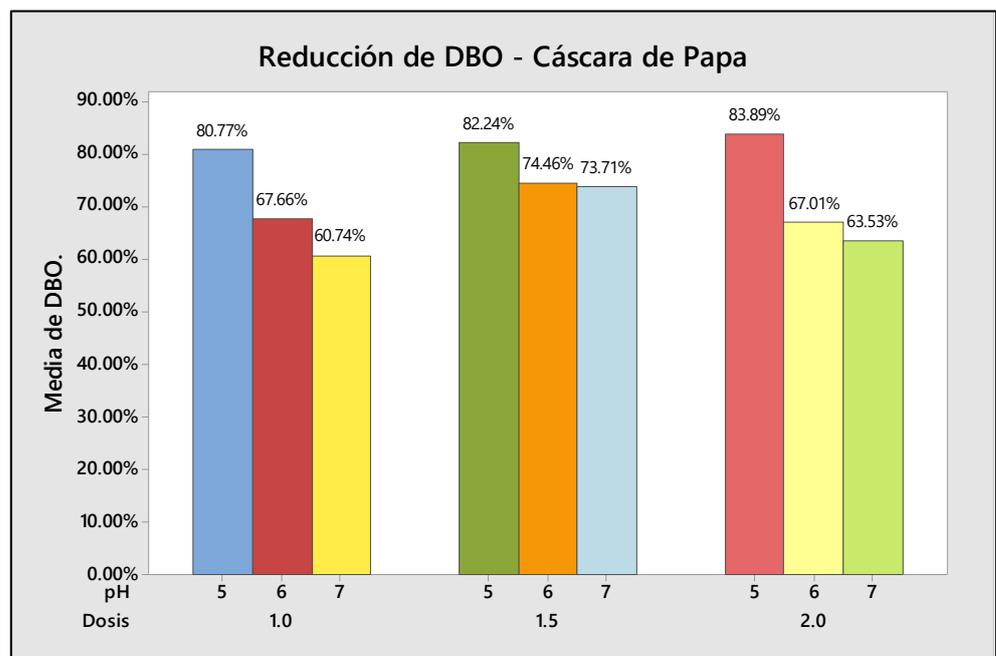


Figura 25. Reducción de DBO_5 con la cáscara de papa.

La tabla 14 muestra la influencia de la cáscara de papa en la remoción de la turbidez, donde se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. Se verifica que, a una cantidad de 2 g y un pH de 5, se logra mayor reducción de la turbidez de un 97.56 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de la turbidez de 83.96 %. La reducción promedio total al trabajar fue de 92.33 % de la turbidez.

Tabla 14. Reducción de la turbidez de los lixiviados con cáscara de papa

Dosis (g)	H	Turbidez			PROMEDIO
		RI	RII	RII	
1	.0	96.52%	96.54%	96.53%	96.53%
1	.0	88.61%	88.44%	88.65%	88.57%
1	.0	83.95%	83.88%	84.05%	83.96%
1.5	.0	96.78%	96.79%	96.80%	96.79%
1.5	.0	95.27%	95.26%	95.26%	95.26%
1.5	.0	85.97%	86.03%	86.13%	86.04%
2	.0	97.55%	97.55%	97.57%	97.56%
2	.0	96.34%	96.43%	96.30%	96.36%
2	.0	89.87%	89.79%	89.93%	89.87%
PROMEDIO					92.33%

La figura 26 muestra la gráfica de cajas para la remoción de la turbidez con la variación de la dosis de coagulante de la cáscara de papa. A 1 g se da una variación de la remoción de un 83% a un 96%, a una dosis de 1.5 g se da una variación de la remoción de un 86% a un 96% y a una dosis de 2 g se da una variación de la remoción de un 89% a un 97%.

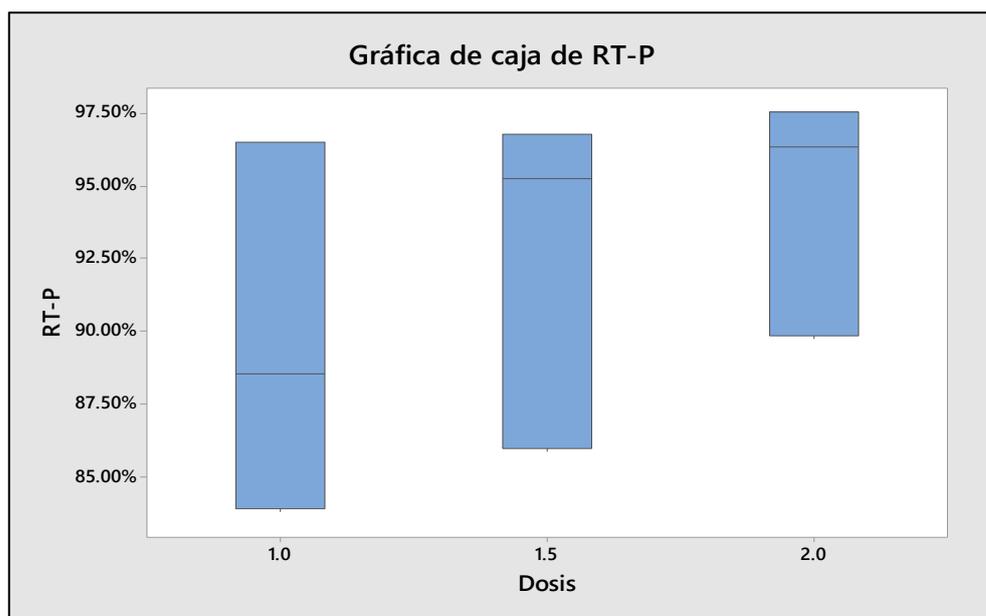


Figura 26. Diagrama de cajas para remover turbidez vs dosis, con la cáscara de papa.

La figura 27 muestra el diagrama de cajas para la remoción de turbidez con la variación del pH. A pH 5 se da una variación de la remoción de un 96% a un 97.5%, a un pH de 6 se da una variación de la remoción de un 88% a un 96% y a un pH 7 se da una variación de la remoción de un 83% a un 89%.

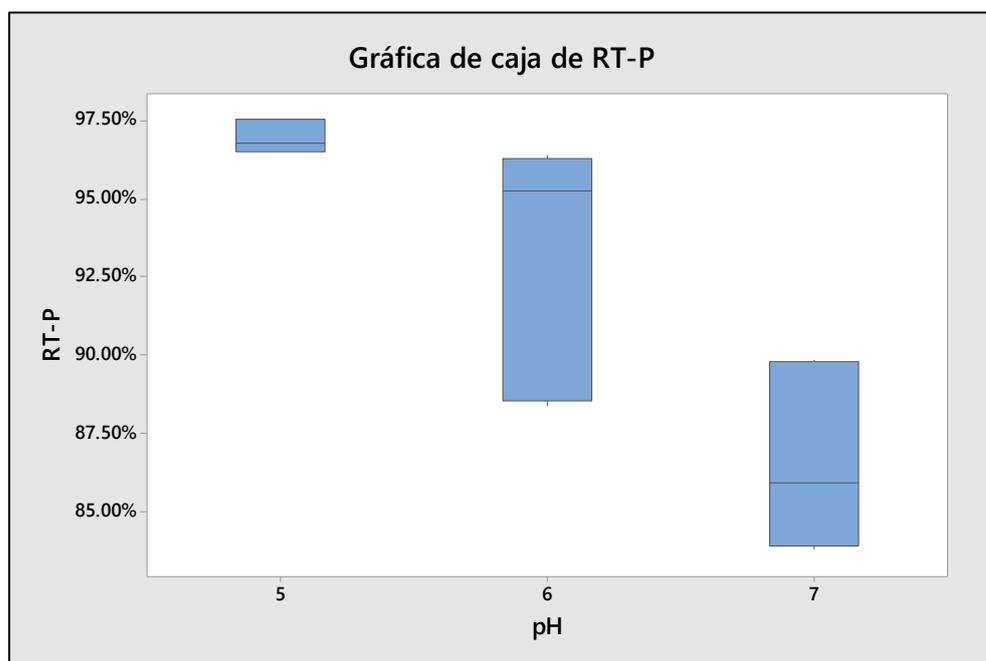


Figura 27. Diagrama de cajas para la remoción de turbidez vs pH, con la cáscara de papa.

La figura 28 muestra la reducción de la turbidez de los lixiviados del botadero de la MPCH. A una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción

de la turbidez de un 97.56 %, mientras que a una dosis de 1 g y un pH de 7 se tiene una reducción mínima de la turbidez de 83.96 %.

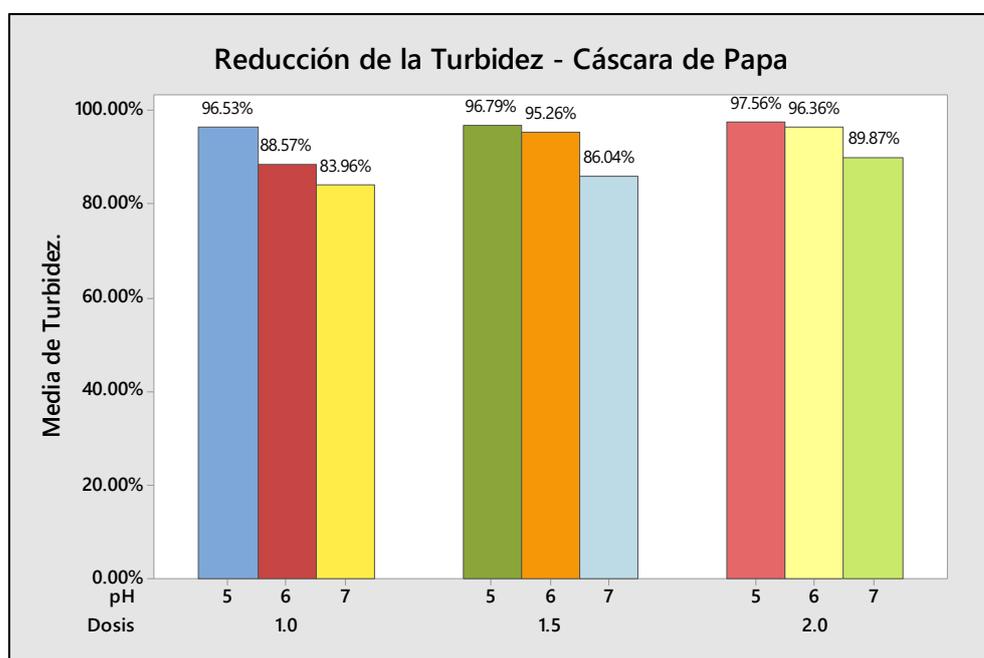


Figura 28. Reducción de la turbidez con la cáscara de papa.

4.1.4 Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021

La Tabla 15 muestra la influencia de la cáscara de maracuyá y la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH. Se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. Se observa que la cáscara de maracuyá tiene una reducción de DQO del 81.60 %, DBO₅ de 83.82% y la turbidez de 97.88%, mientras que la cáscara de papa tiene una reducción de DQO del 79.88%, DBO₅ de 83.89% y la turbidez de 97.56%, teniendo así que la influencia de la cáscara de maracuyá es mayor que la influencia de la cáscara de papa.

Tabla 15. Reducción de los contaminantes de lixiviados

Parámetros	Cáscara de maracuyá			Cáscara de papa		
	Inicial	Final	Porcentaje de reducción	Inicial	Final	Porcentaje de reducción
DQO (mg/L)	7641	1406.0	81.60%	7641	1537.0	79.88%
DBO ₅ (mg/L)	4981	806.0	83.82%	4981	802.3	83.89%

Turbidez	287.1			287.1		
(NTU)	9	6.1	97.88%	9	7.02	97.56%

La figura 29 muestra la influencia de la cáscara de maracuyá y la cáscara de papa en la reducción de los contaminantes de los lixiviados. Se encuentra una reducción de 81.60 %, DBO₅ de 83.82% y la turbidez de 97.88% para la cáscara de maracuyá y una reducción de DQO del 79.88%, DBO₅ de 83.89% y la turbidez de 97.56 % para la cáscara de papa.

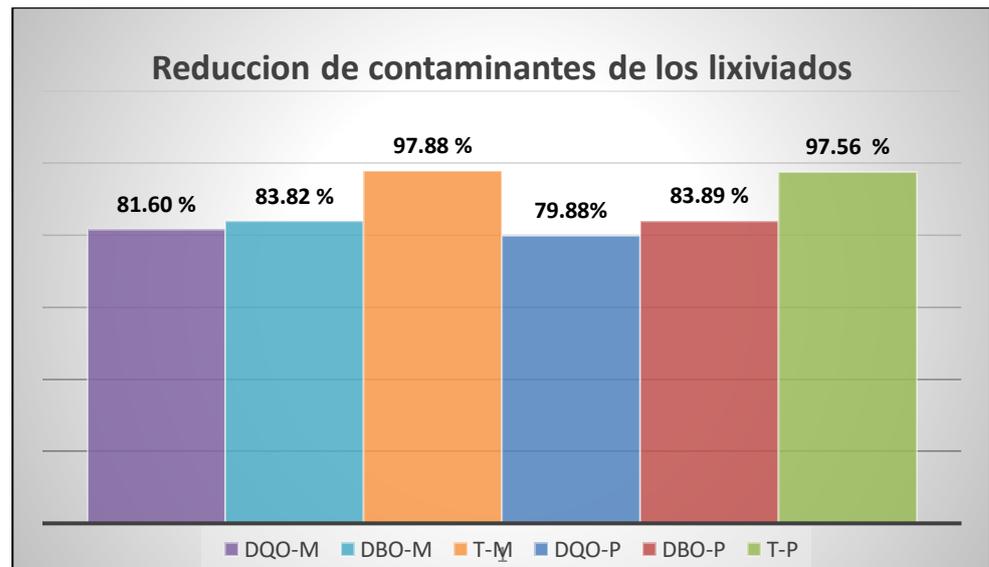


Figura 29. Reducción de contaminantes de los lixiviados.

4.2. Prueba de hipótesis

Se empleó el software MINITAB V18 con el cual se desarrolló el análisis de varianza, conjuntamente con el método de Pareto y prueba de normalidad relacionando así las variables dosis y PH.

4.2.1. Contrastación de las hipótesis específicas

Contrastación de la primera hipótesis específica

Para verificar la hipótesis específica, se da que la composición fisicoquímica de los lixiviados supera los LMP del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021, se obtuvo un resultado por cada parámetro de DBO₅, DQO y turbidez de la caracterización inicial del lixiviados del botadero de la MPCH los cuales fueron analizados en el laboratorio de Análisis Ambientales.

Contrastación de la segunda hipótesis específica

En la segunda hipótesis se verifica que el coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021, se utilizó el análisis ANOVA y el diagrama de Pareto Para el cálculo, se trabajó con la interacción de las variables de dosis y pH para reducir los contaminantes de los lixiviados (DQO, DBO₅ y turbidez).

Reducción de la DQO

Diseño factorial de múltiples niveles

Tabla 16. Resumen del diseño para la DQO – cascara de maracuyá

Factores:	2	Réplicas:	3
Corridas base:	9	Total de corridas:	27
Bloques base:	1	Total de bloques:	1
Número de niveles: 3; 3			

Tabla 17. Información del factor

Factor	Niveles	Valores
DOSIS	3	1.0; 1.5; 2.0
pH	3	5; 6; 7

La Tabla 18 de ANOVA muestra los efectos de las variables que interaccionaron en el proceso. En este caso, dichas variables que interaccionaron con el proceso tienen un valor-P menor que 0.05, afirmando que existe una influencia significativa.

Tabla 18. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de maracuyá sobre la DQO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	13486381	1685798	102746.13	0.000
Lineal	4	12192841	3048210	185782.57	0.000
DOSIS	2	1796885	898442	54758.35	0.000
pH	2	10395956	5197978	316806.79	0.000
Interacciones de 2 términos	4	1293540	323385	19709.70	0.000
DOSIS*pH	4	1293540	323385	19709.70	0.000
Error	18	295	16		

La figura 30 representa los efectos estandarizados en relación a la reducción de la DQO, donde se tiene como línea de referencia 2.10 observando así que el factor A (Dosis), el factor B (pH) y la interacción de ambos factores cruzan la línea de referencia lo que significa que estos factores son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

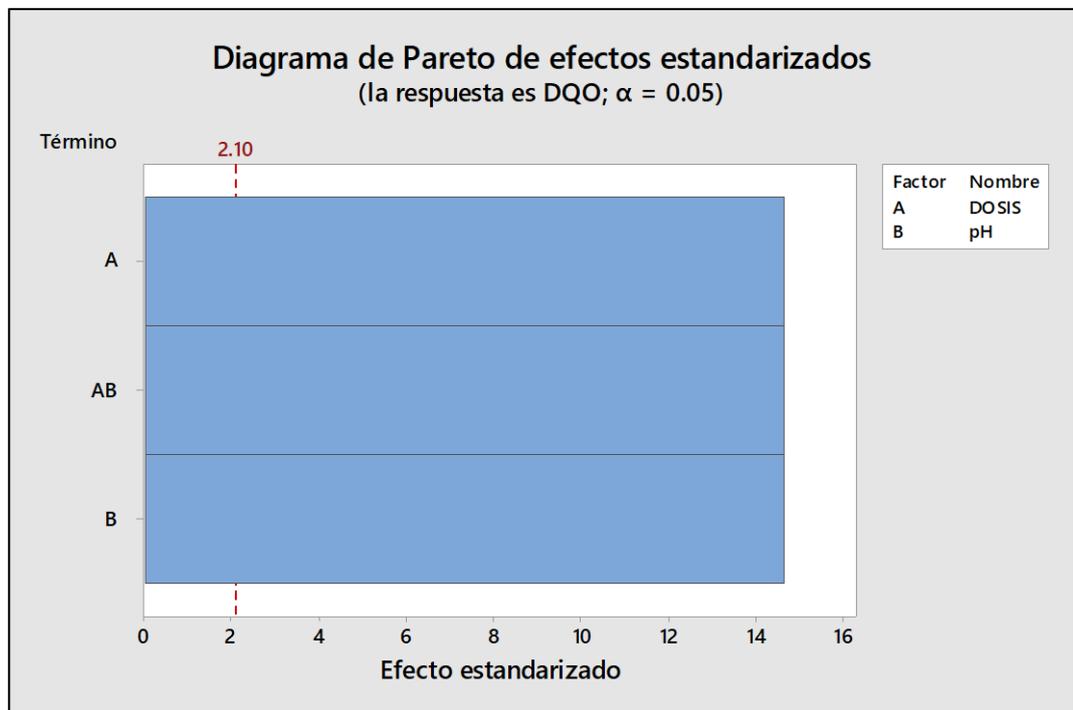


Figura 30. Diagrama de Pareto de DQO - cáscara de maracuyá.

La figura 31 muestra la probabilidad normal de la DQO, el patrón de los residuos que sigue esta grafica es de una línea recta. No hay evidencia de no normalidad, valores atípicos o variables no identificadas por lo tanto se observa que los residuos están distribuidos normalmente.

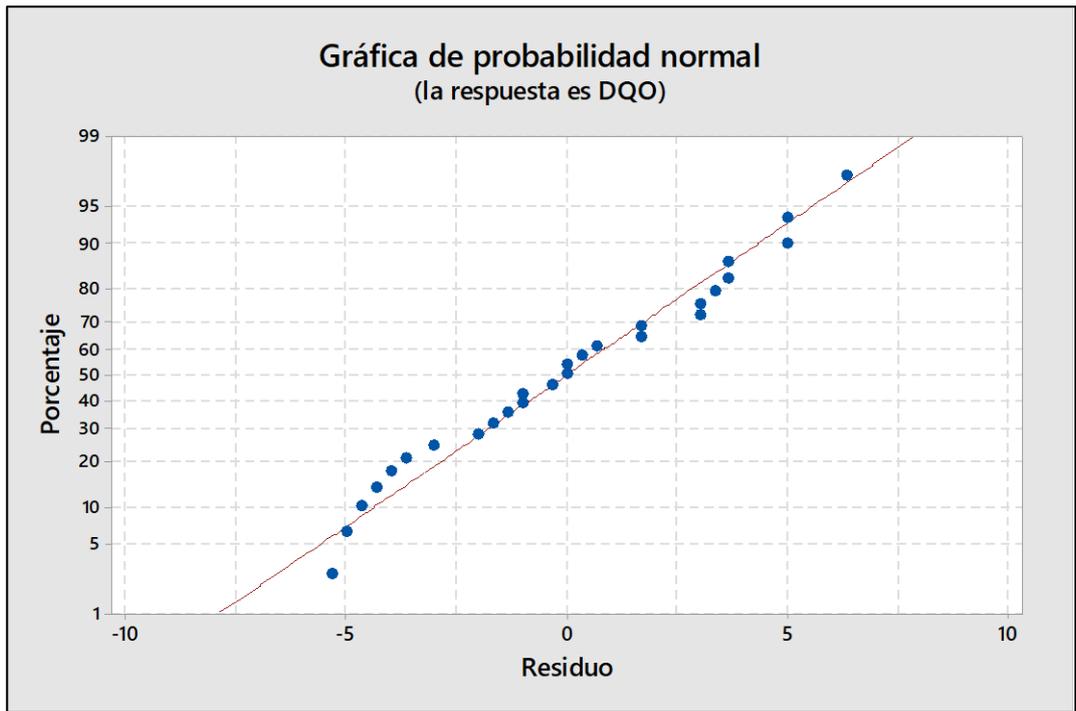


Figura 31. Gráfica de probabilidad normal para la DQO - cáscara de maracuyá

La figura 32 nos muestra la gráfica de residuos vs. Ajustes donde se observa que los datos parecen estar distribuidos aleatoriamente alrededor de cero, por lo tanto, no existe evidencia de que el valor del residuo dependa del valor ajustado sabiendo así que no se presenta una varianza constante.

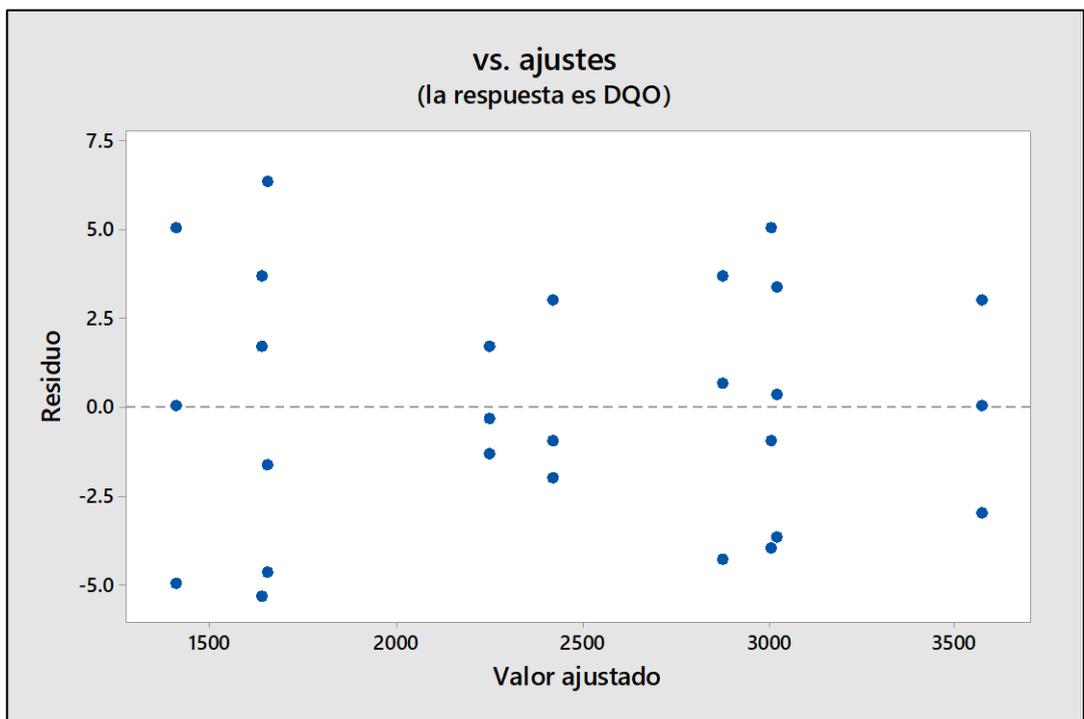


Figura 32. Grafica de residuos para la DQO - cáscara de maracuyá

La figura 33 nos muestra el histograma donde se observa que las barras siguen de cerca una línea de distribución ajustada además de no presentar valores atípicos ni datos asimétricos, por lo tanto, se observa que los datos se ajustan adecuadamente a la distribución.

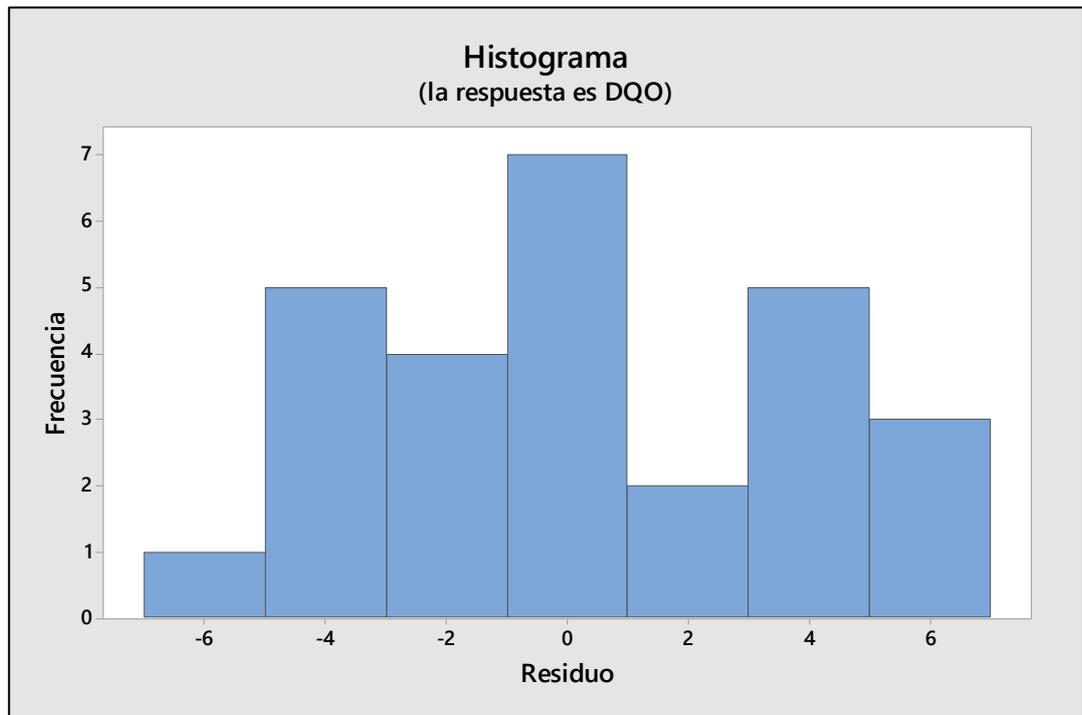


Figura 33. Histograma para la DQO - cáscara de maracuyá

En la figura 34 se observa la gráfica de residuos vs. Orden donde se verifica que los residuos son independientes entre sí ya que no cuentan con tendencias ni patrones cuando se muestran en orden cronológico. Nuestros residuos están ubicados de manera aleatoria alrededor de la línea central.

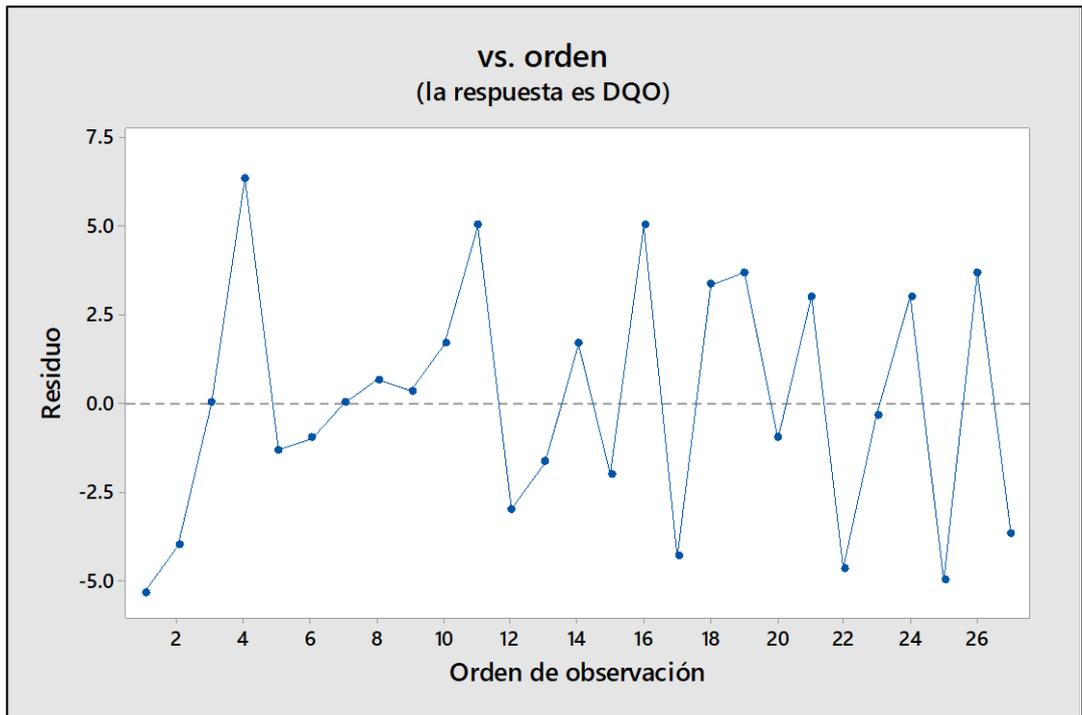


Figura 34. Grafica de residuos vs. orden para la DQO - cáscara de maracuyá

La figura 35 nos muestra la gráfica de los efectos principales en la reducción de la DQO, donde a una dosis de 1.5 g se tuvo una mayor remoción del 72.43 % de DQO y a un pH de 5 se tuvo una remoción de DQO del 79.52 %. De igual manera, se observa que a una dosis de 1 g y a un pH de 7 se tuvo una menor remoción de DQO.

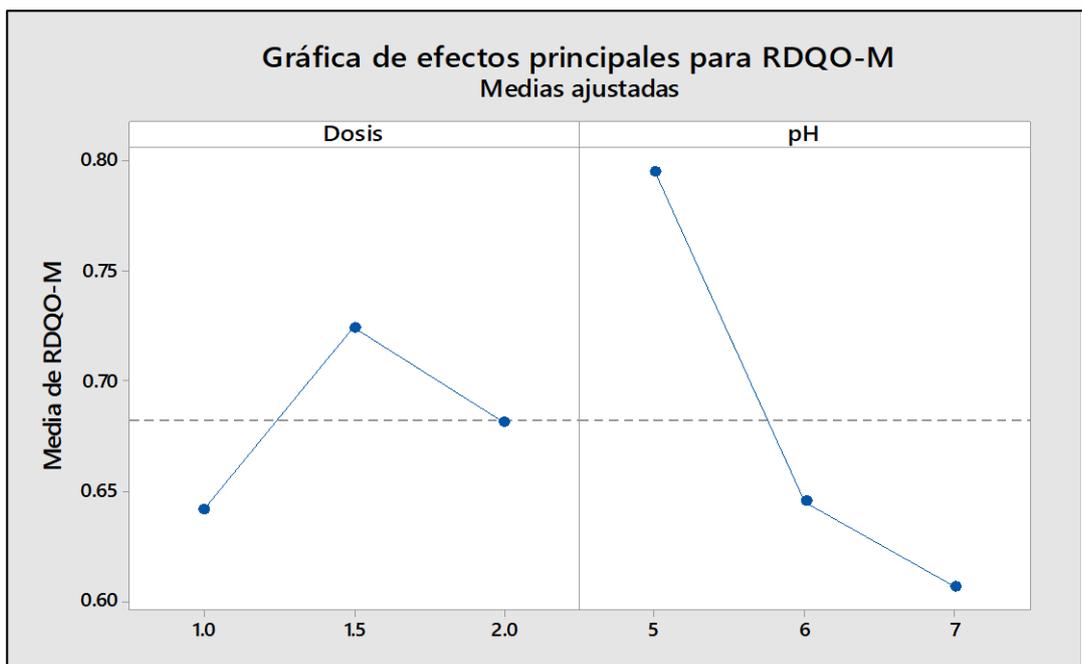


Figura 35. Grafica de efectos principales DQO - cáscara de maracuyá.

En la figura 36 se muestra la gráfica de interacción para la reducción de DQO con la cáscara de maracuyá, donde se observa que a una interacción de la dosis de 2 g y pH de 5 se tuvo la mayor reducción de DQO del 81.59% mientras que a una interacción de la dosis de 1 g y pH 7 se observa una menor reducción de DQO.

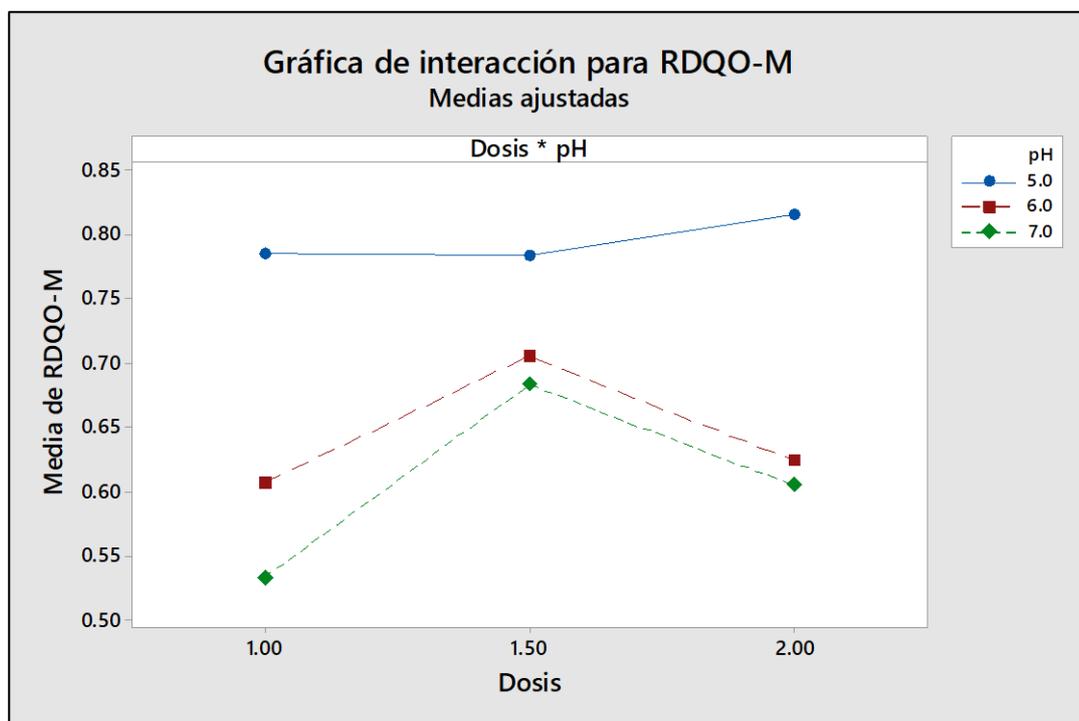


Figura 36. Grafica de interacción para la reducción de DQO - cáscara de maracuyá

En la figura 37 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 2 para el numerador (factor de manera individual: Dosis y pH) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 3.555.

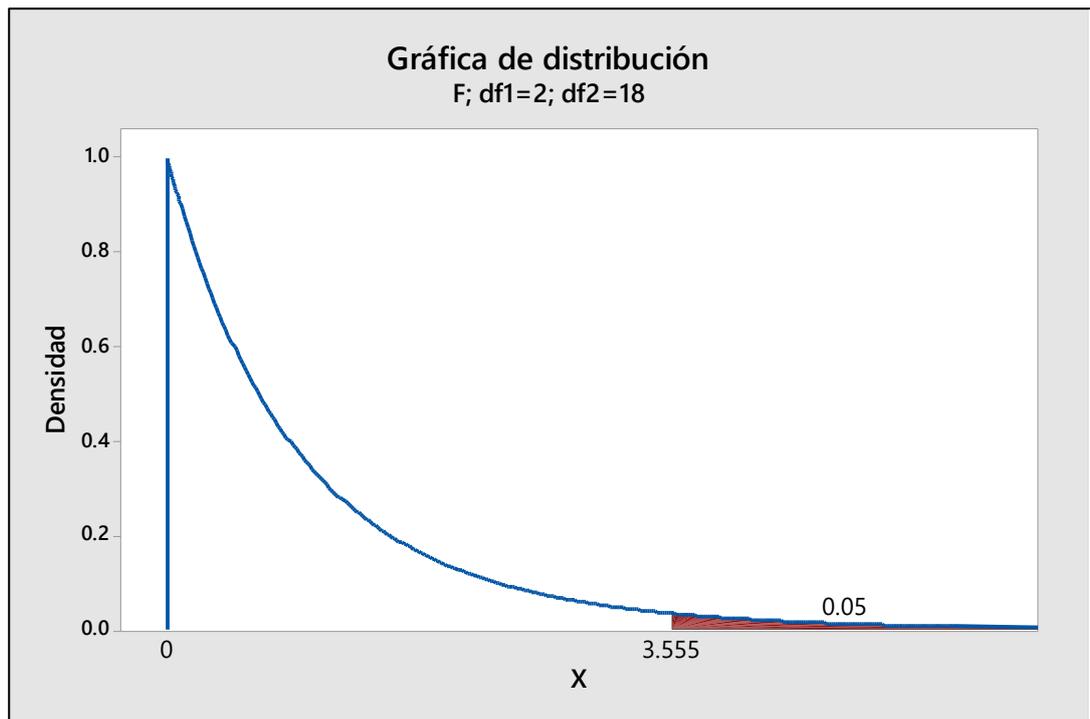


Figura 37. Grafica de distribución F de DQO - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F de la dosis de la figura 38 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis del coagulante de la cáscara de maracuyá no influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de DQO del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 38 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 54758.3 para Dosis, por lo tanto:

$$54758.3 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

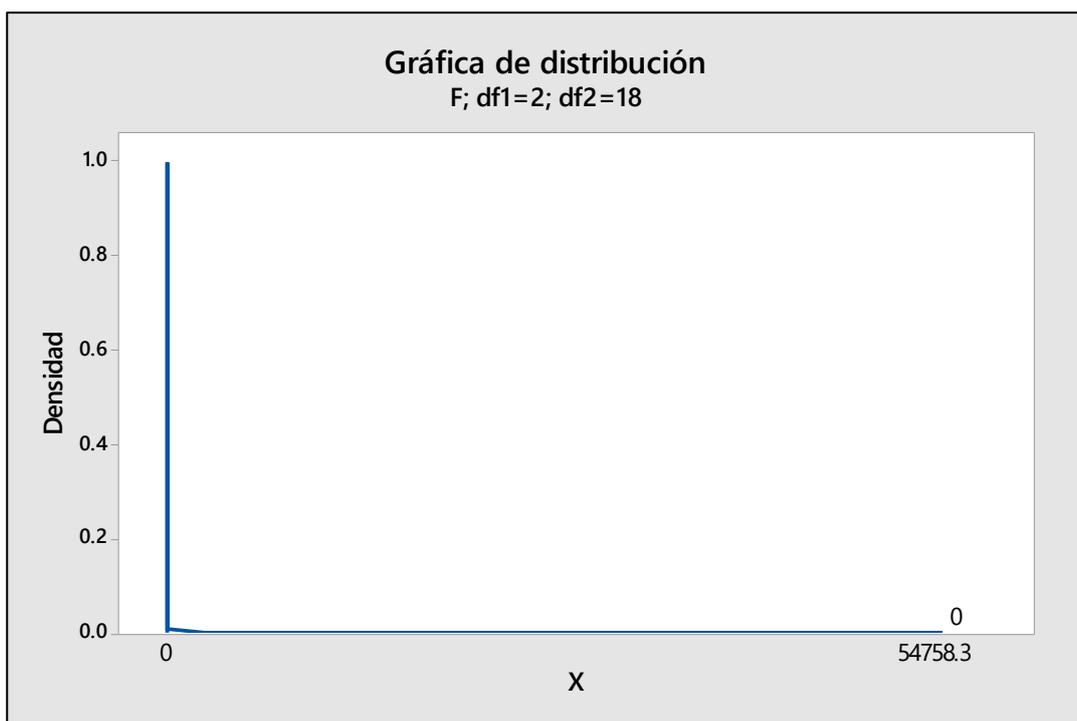


Figura 38. Grafica de distribución F de dosis respecto al DQO - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F del pH de la figura 39 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: El pH del coagulante de la cáscara de maracuyá no influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: El pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 39 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 316807 para Dosis, por lo tanto:

$$316807 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que el pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021



Figura 39. Grafica de distribución F de pH respecto al DQO - cáscara de maracuyá

En la figura 40 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 4 para el numerador (factor Dosis y pH conjuntamente) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 2.928.

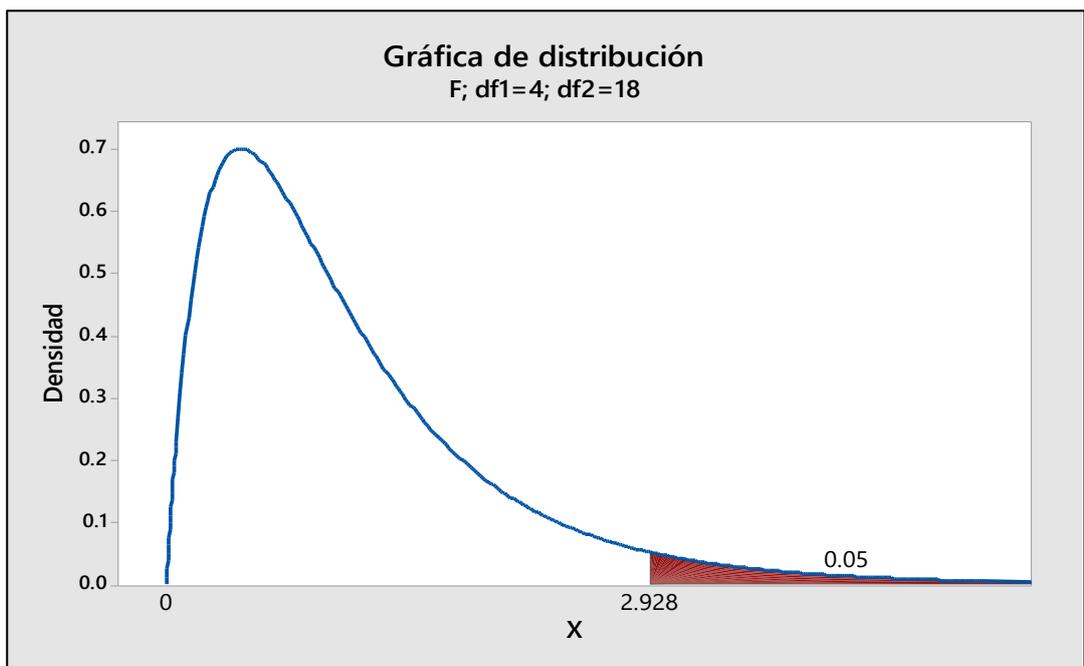


Figura 40. Grafica de distribución F de DQO - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F de Dosis*pH de la figura 41 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá no influyen notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influyen notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 41 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 19709.70, por lo tanto:

$$19709.70 > 2.928$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influyen notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

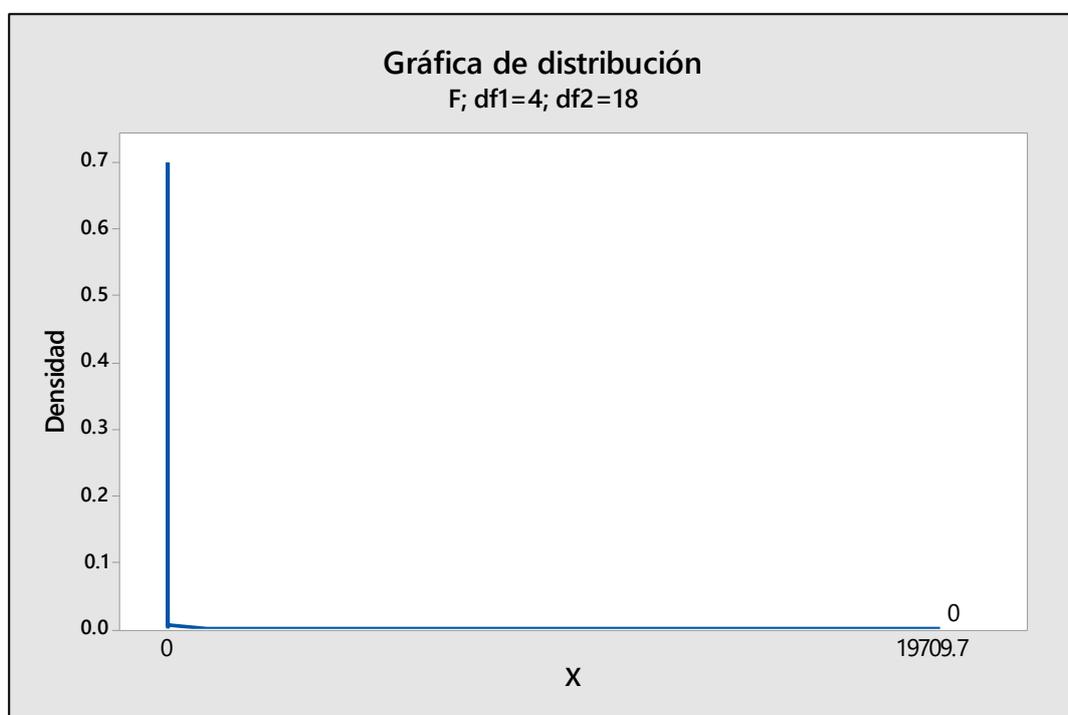


Figura 41. Grafica de distribución F de Dosis*pH respecto al DQO - cáscara de maracuyá

Reducción de la DBO₅

La Tabla 19 de ANOVA muestra la influencia significativa que presenta las variables manipuladas, debido a que se tiene un valor p (0.000) menor al de significancia (0.05).

Tabla 19. *Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de maracuyá sobre la DBO₅*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	3765911	470739	22535.37	0.000
Lineal	4	3352696	838174	40125.36	0.000
DOSIS	2	677457	338728	16215.73	0.000
pH	2	2675239	1337620	64034.99	0.000
Interacciones de 2 términos	4	413215	103304	4945.39	0.000
DOSIS*pH	4	413215	103304	4945.39	0.000
Error	18	376	21		
Total	26	3766287			

La figura 42 representa los efectos estandarizados en relación a la reducción de la DQO, donde se tiene como línea de referencia 2.10 observando así que el factor A (Dosis), el factor B (pH) y la interacción de ambos factores cruzan la línea de referencia lo que significa que estos factores son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

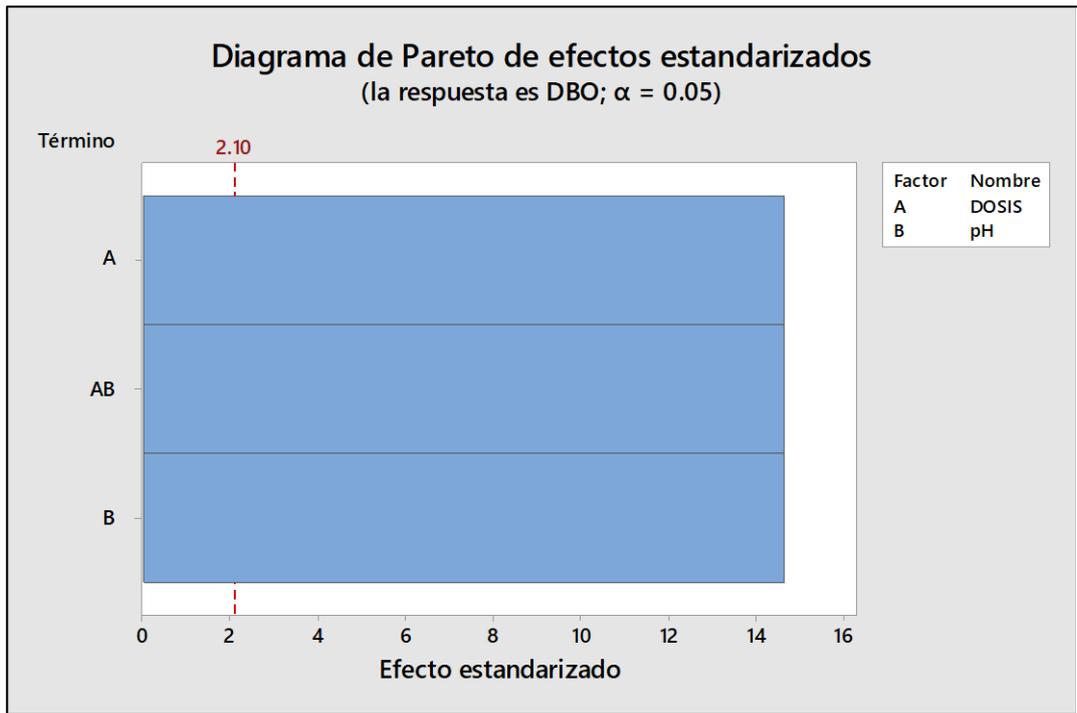


Figura 42. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la DBO₅

La figura 43 muestra la probabilidad normal de la DQO, el patrón de los residuos que sigue esta grafica es de una línea recta. No hay evidencia de no normalidad, valores atípicos o variables no identificadas por lo tanto se observa que los residuos están distribuidos normalmente.

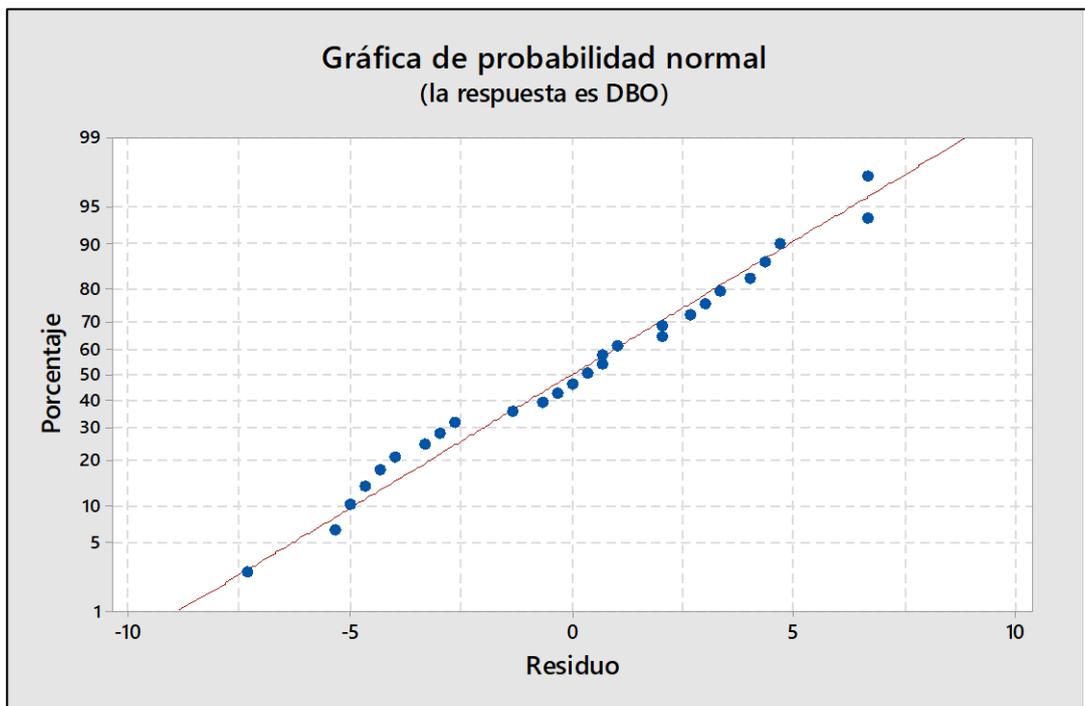


Figura 43. Gráfica de probabilidad normal para la DBO₅ - cáscara de maracuyá

La figura 34 nos muestra la gráfica de residuos vs. Ajustes donde se observa que los datos parecen estar distribuidos aleatoriamente alrededor de cero, por lo tanto, no existe evidencia de que el valor del residuo dependa del valor ajustado sabiendo así que no se presenta una varianza constante.

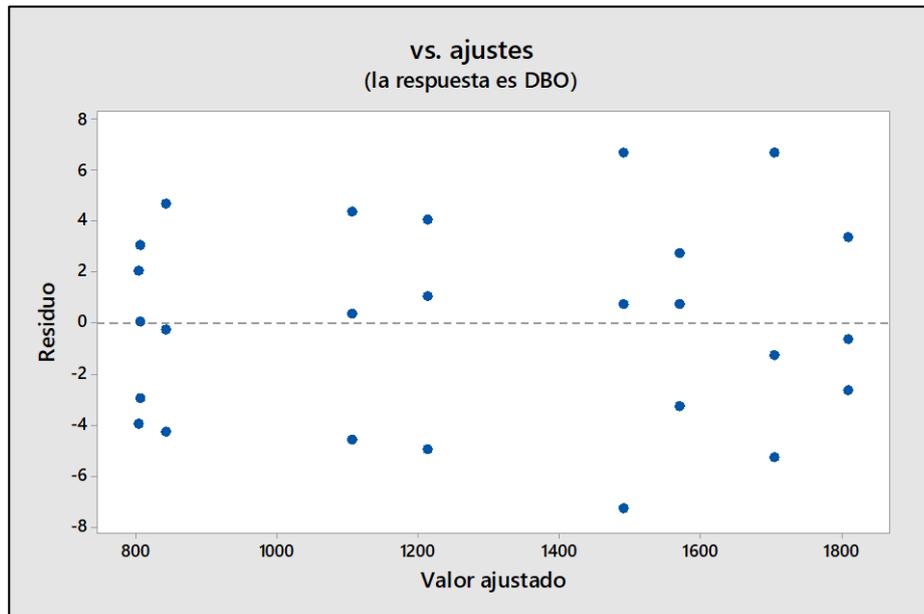


Figura 44. Grafica de residuos para la DBO₅ - cáscara de maracuyá

La figura 45 nos muestra el histograma donde se observa que las barras siguen de cerca una línea de distribución asimétrica hacia la izquierda además de no presentar valores atípicos,

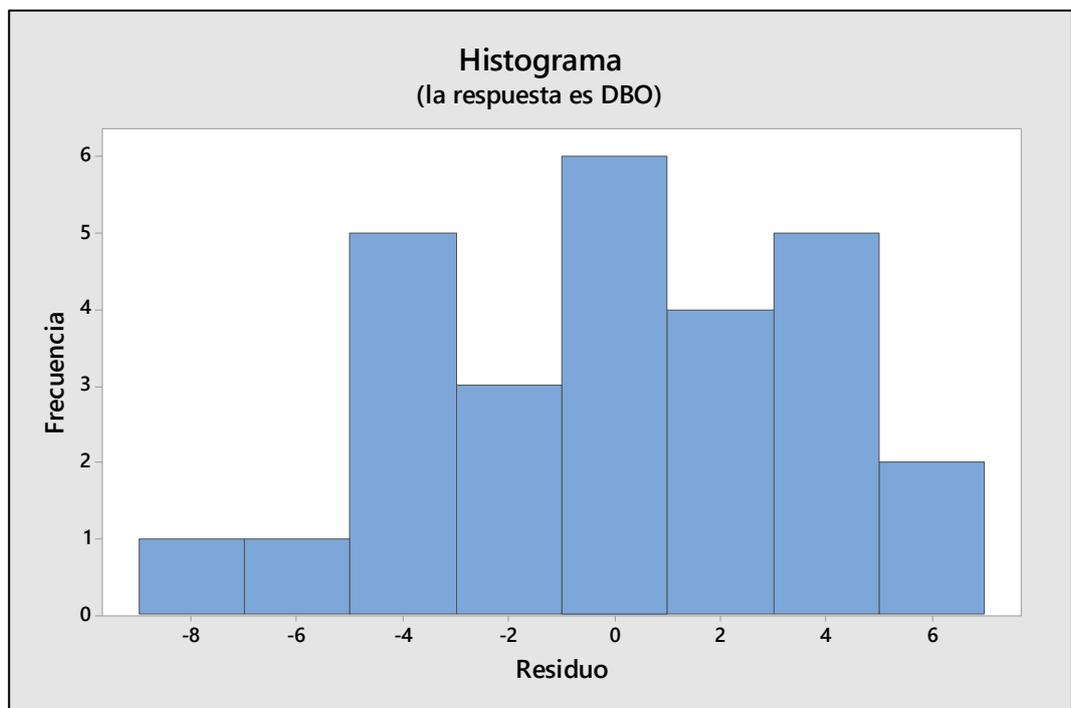


Figura 45. Histograma para la DBO₅ - cáscara de maracuyá

En la figura 46 se observa la gráfica de residuos vs. Orden donde se verifica que los valores obtenidos no muestran un patrón, además de permanecer alrededor de la línea central, por lo tanto, se determina que son residuos independientes.

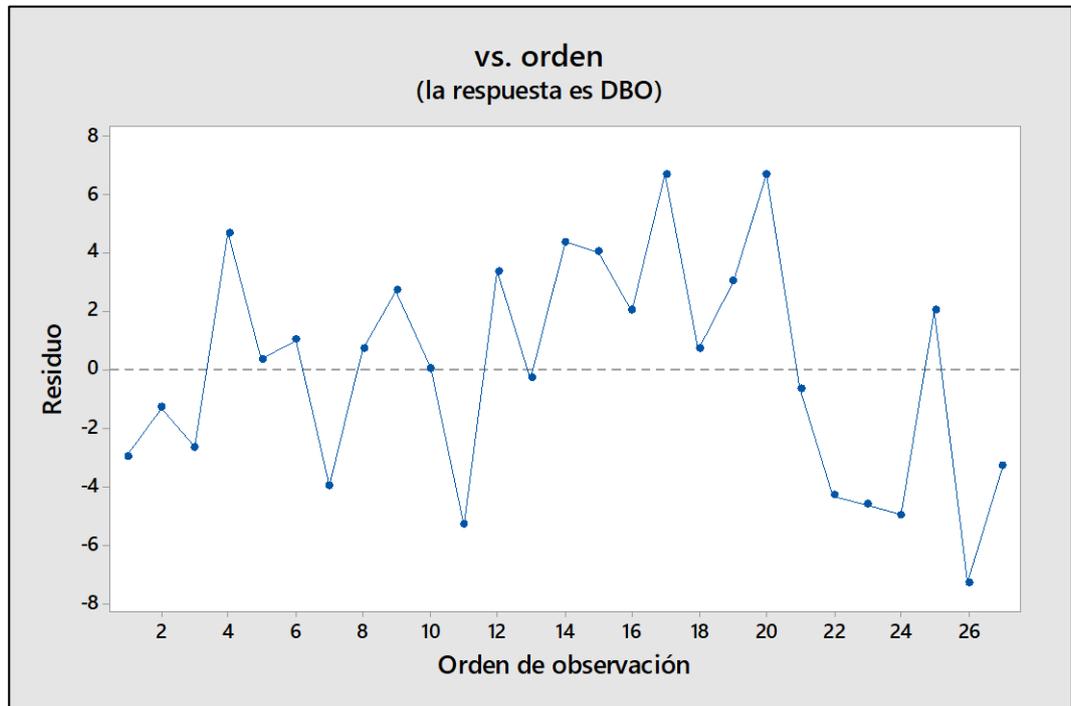


Figura 46. Gráfica de residuos vs. orden para la DBO₅ - cáscara de maracuyá

La figura 47 nos muestra la gráfica de los efectos principales en la reducción de la DBO₅, donde a una dosis de 1.5 g se tuvo una mayor remoción del 78.80 % de DBO₅ y a un pH de 5 se tuvo una remoción de DBO₅ del 83.40 %. De igual manera, se observa que a una dosis de 1 g y a un pH de 7 se tuvo una menor remoción.

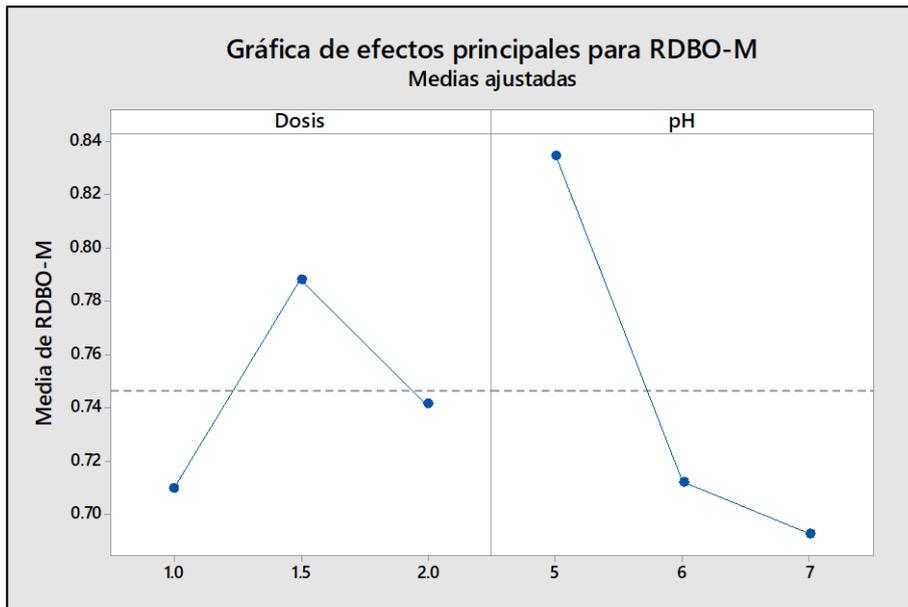


Figura 47. Grafica de efectos principales DBO₅ - cáscara de maracuyá.

En la figura 48 se muestra la gráfica de interacción para la reducción de DBO₅ con la cáscara de maracuyá, donde se observa que a una interacción de la dosis de 2 g y pH de 5 se tuvo la mayor reducción de DBO₅ del 83.83 % mientras que a una interacción de la dosis de 1 g y pH 7 se observa una menor reducción de DBO₅.

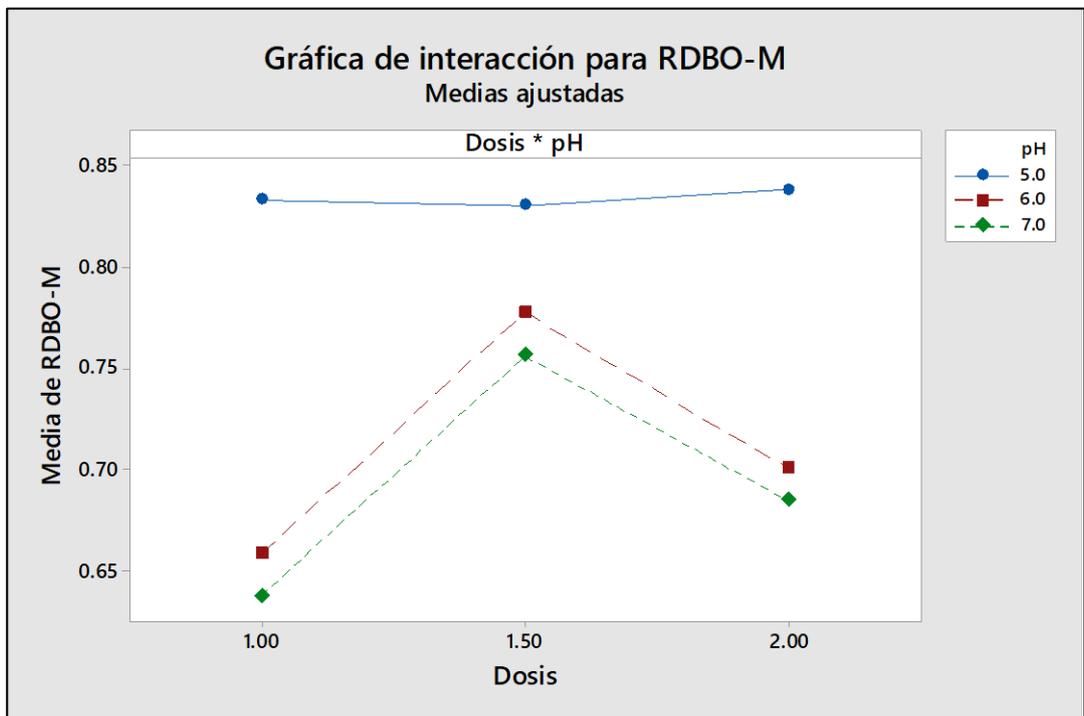


Figura 48. Grafica de interacción para la reducción de DBO₅ con cáscara de maracuyá

En la figura 49 se puede observar la gráfica de distribución F respecto a DBO_5 donde se especificó el grado de libertad 2 para el numerador (factor de manera individual: Dosis y pH) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 3.555.

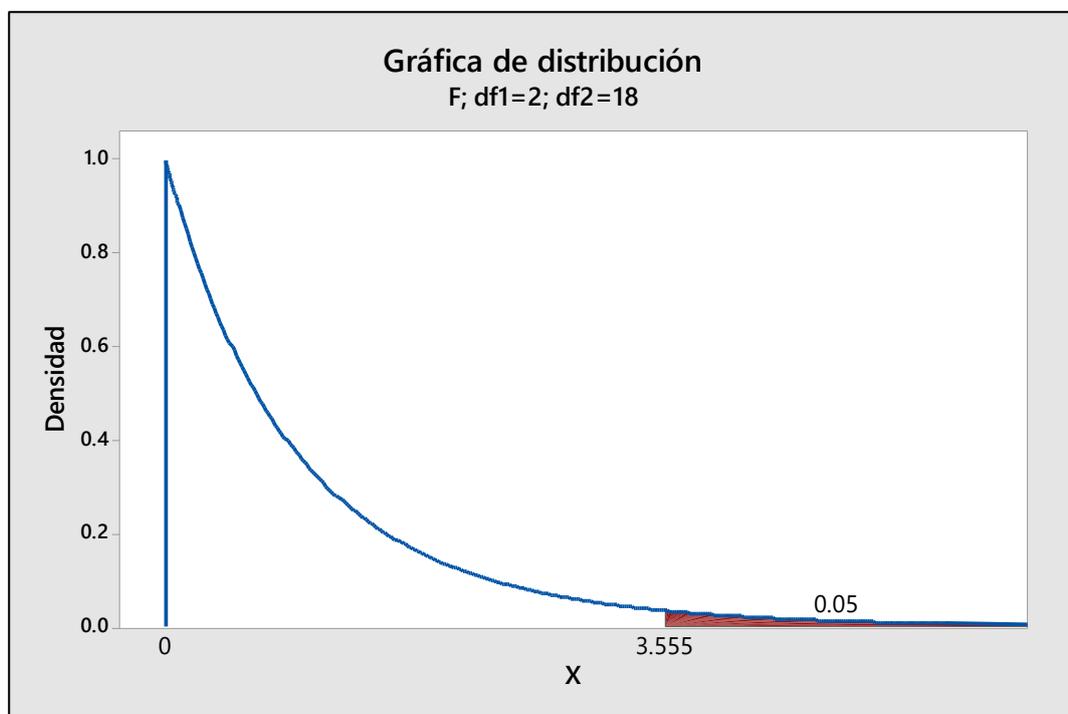


Figura 49. Grafica de distribución F de DBO_5 - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F de la dosis de la figura 50 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis del coagulante de la cáscara de maracuyá no influye notablemente en la reducción de DBO_5 de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de DBO_5 del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 50 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 16215.7 para Dosis, por lo tanto:

$$16215.7 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la H_0 . Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis del coagulante de la

cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de DBO_5 del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

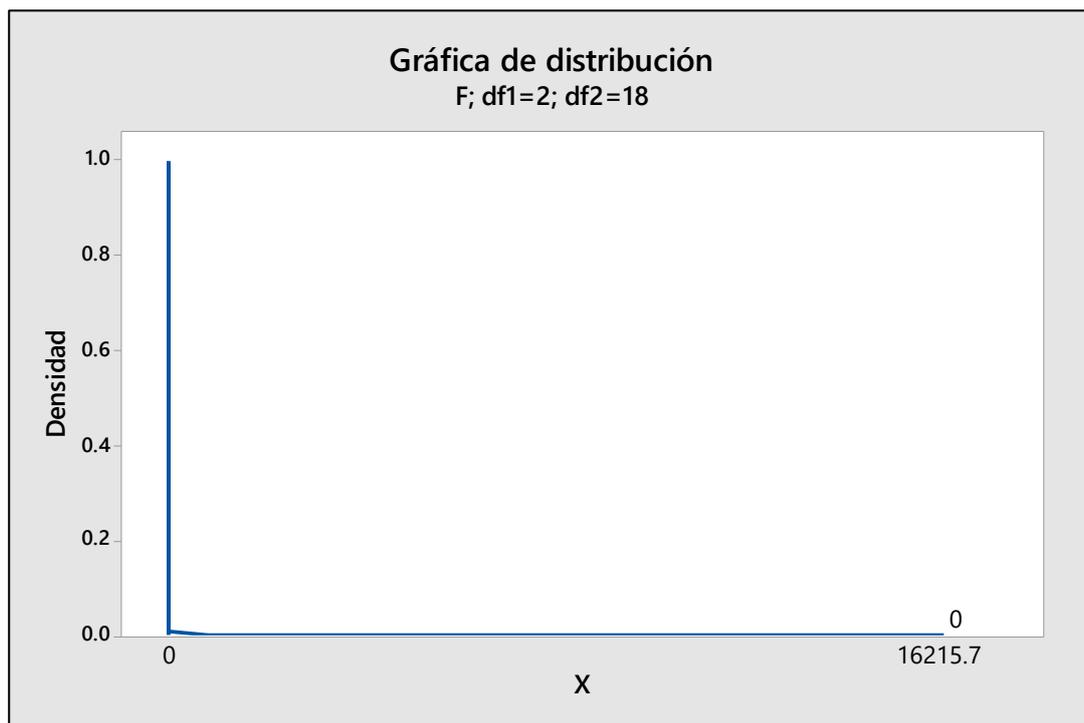


Figura 50. Grafica de distribución F de dosis respecto al DBO_5 - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F del pH de la figura 51 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: El pH del coagulante de la cáscara de maracuyá no influye notablemente en la reducción de DBO_5 de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: El pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de DBO_5 de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 51 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 64034.99 para Dosis, por lo tanto:

$$64034.99 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la H_0 . Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que el pH del coagulante de la cáscara

de maracuyá influye notablemente en la reducción de DBO_5 de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

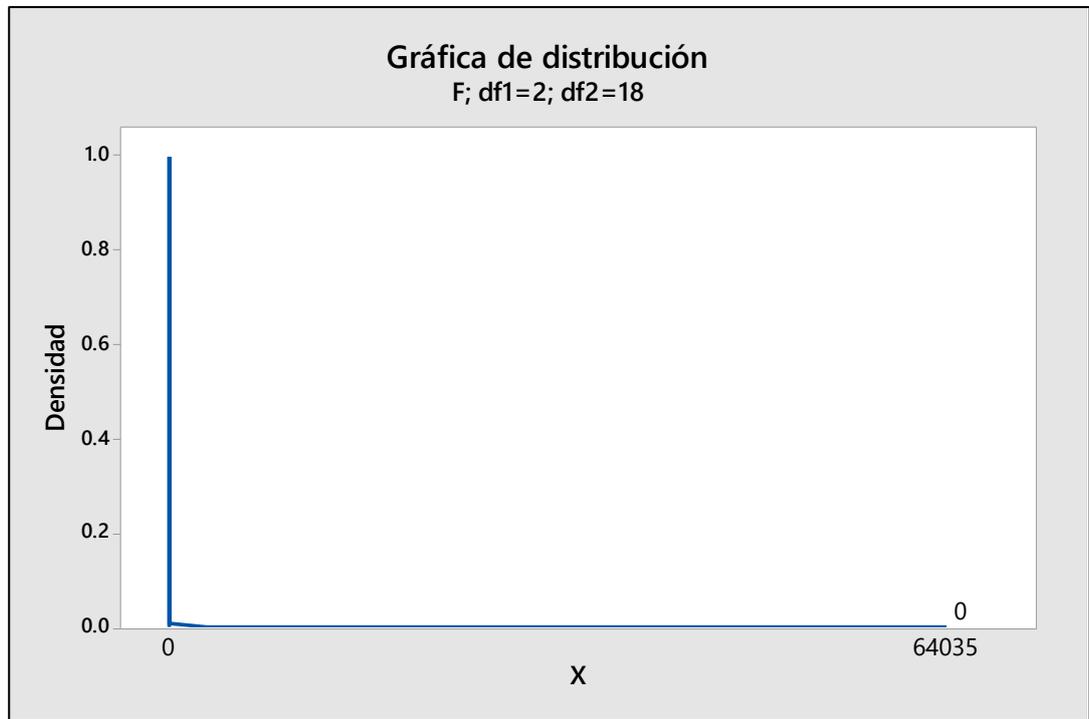


Figura 51. Gráfica de distribución F de pH respecto al DBO_5 - cáscara de maracuyá

En la figura 52 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 4 para el numerador (factor Dosis y pH conjuntamente) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 2.928.

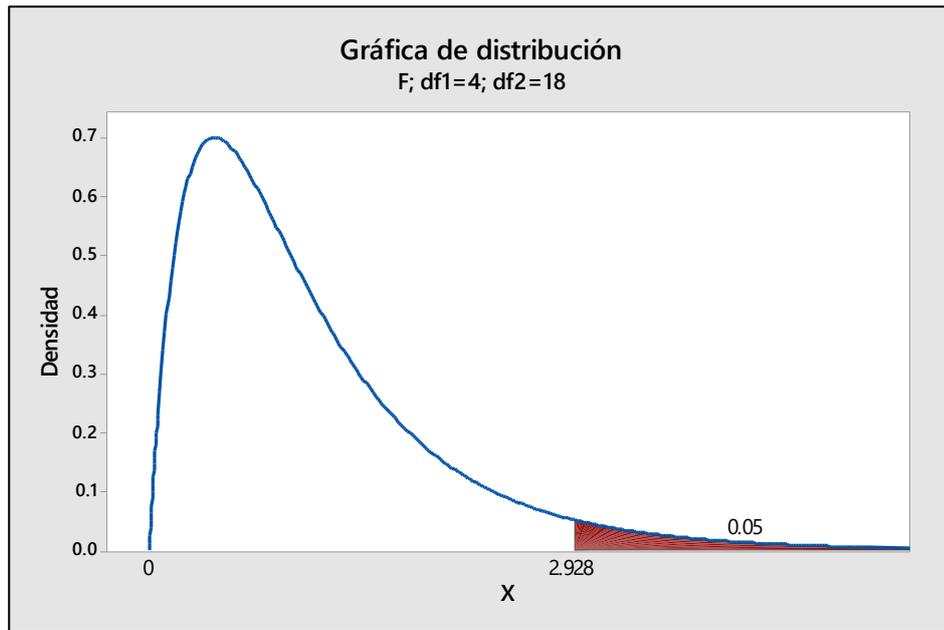


Figura 52. Grafica de distribución F de DBO₅ - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F del Dosis*pH de la figura 53 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá no influyen notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influyen notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 53 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 4945.39, por lo tanto:

$$4945.39 > 2.928$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influyen notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

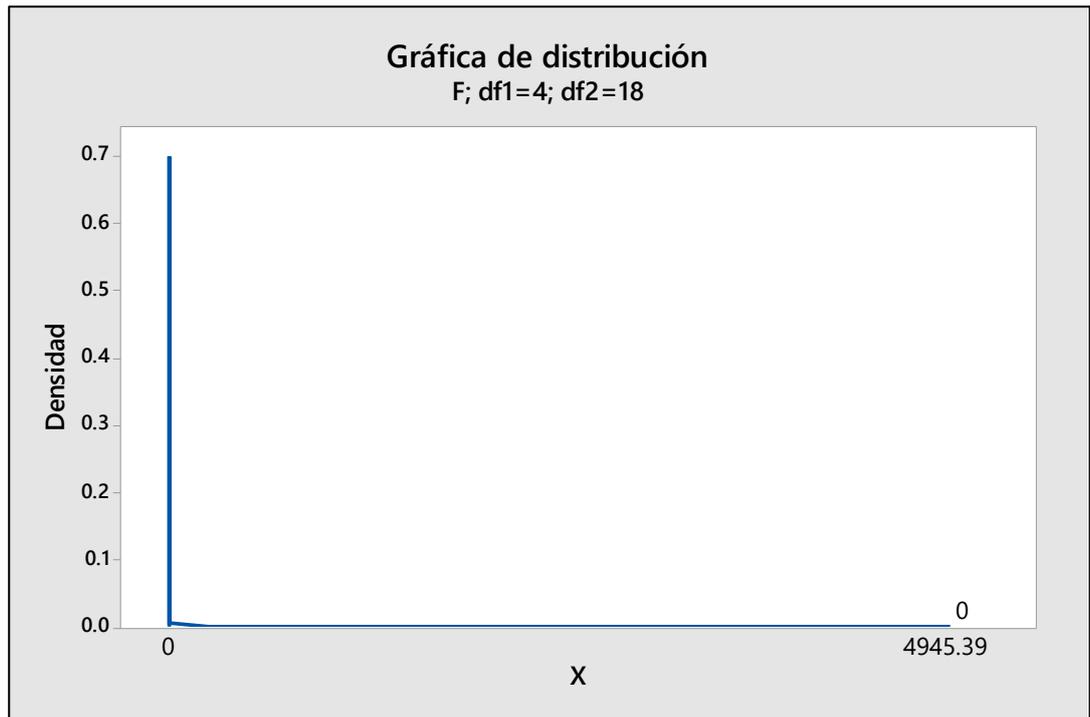


Figura 53. Grafica de distribución F de pH respecto al DBO₅ - cáscara de maracuyá

Reducción de la Turbidez

La Tabla 20 de ANOVA se observa la influencia significativa que presenta las variables manipuladas, debido a que se tiene un valor p (0.000) menor al de significancia (0.05).

Tabla 20. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de maracuyá sobre la turbidez.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	4406.49	550.81	4600.03	0.000
Lineal	4	3960.21	990.05	8268.30	0.000
DOSIS	2	970.03	485.01	4050.54	0.000
pH	2	2990.18	1495.09	12486.06	0.000
Interacciones de 2 términos	4	446.28	111.57	931.76	0.000
DOSIS*pH	4	446.28	111.57	931.76	0.000
Error	18	2.16	0.12		
Total	26	4408.64			

La figura 54 representa los efectos estandarizados en relación a la reducción de la turbidez, donde se tiene como línea de referencia 2.10 observando así que el factor A (Dosis), el factor B (pH) y la interacción de ambos factores cruzan la línea de referencia lo que significa que estos factores son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

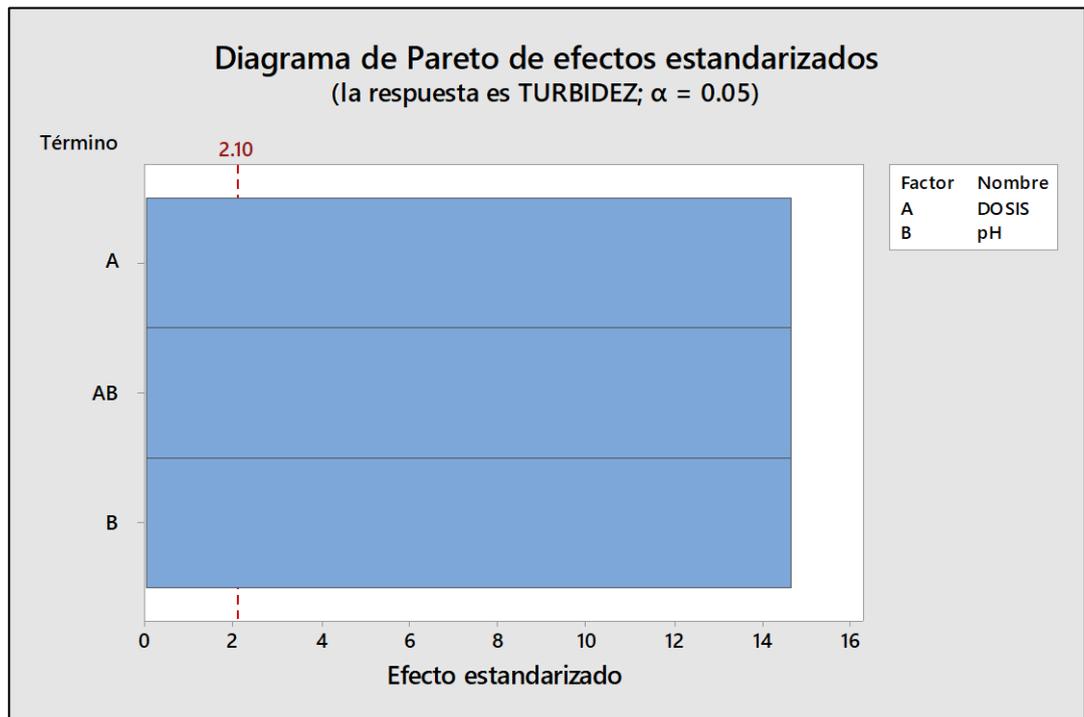


Figura 54. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la turbidez.

La figura 55 muestra la probabilidad normal de la turbidez, el patrón de los residuos que sigue esta grafica es de una línea recta. No hay evidencia de no normalidad, valores atípicos o variables no identificadas por lo tanto se observa que los residuos están distribuidos normalmente.

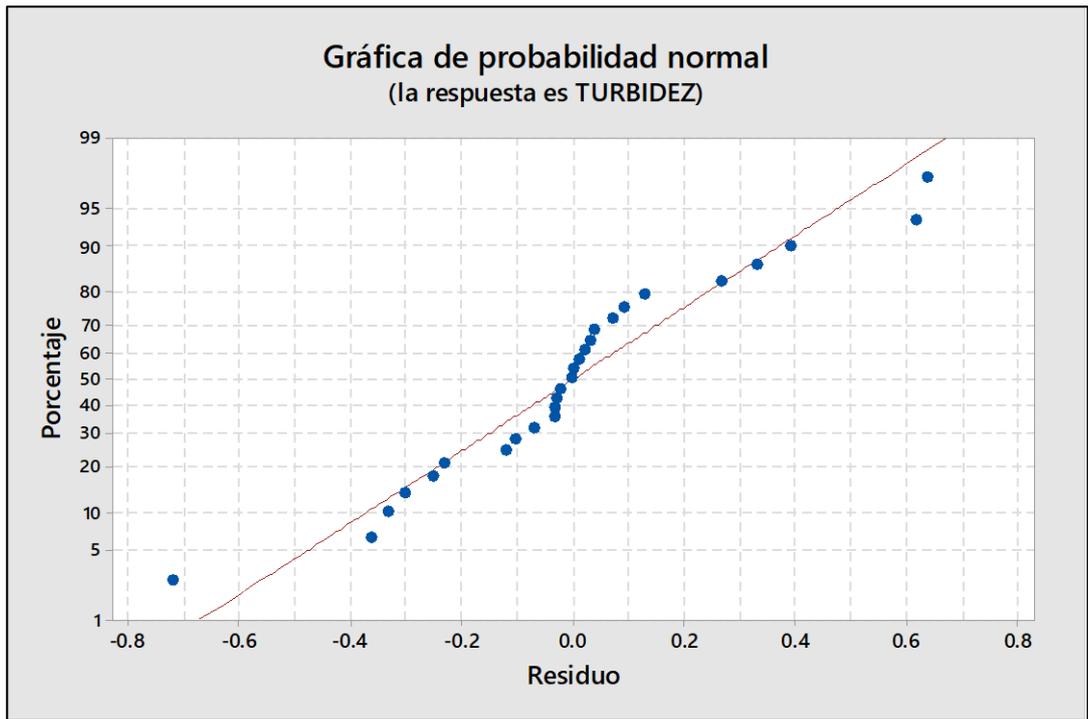


Figura 55. Gráfica de probabilidad normal para la turbidez - cáscara de maracuyá

La figura 56 nos muestra la gráfica de residuos vs. Ajustes donde se observa que los datos parecen estar distribuidos aleatoriamente alrededor de cero, por lo tanto, no existe evidencia de que el valor del residuo dependa del valor ajustado sabiendo así que no se presenta una varianza constante.

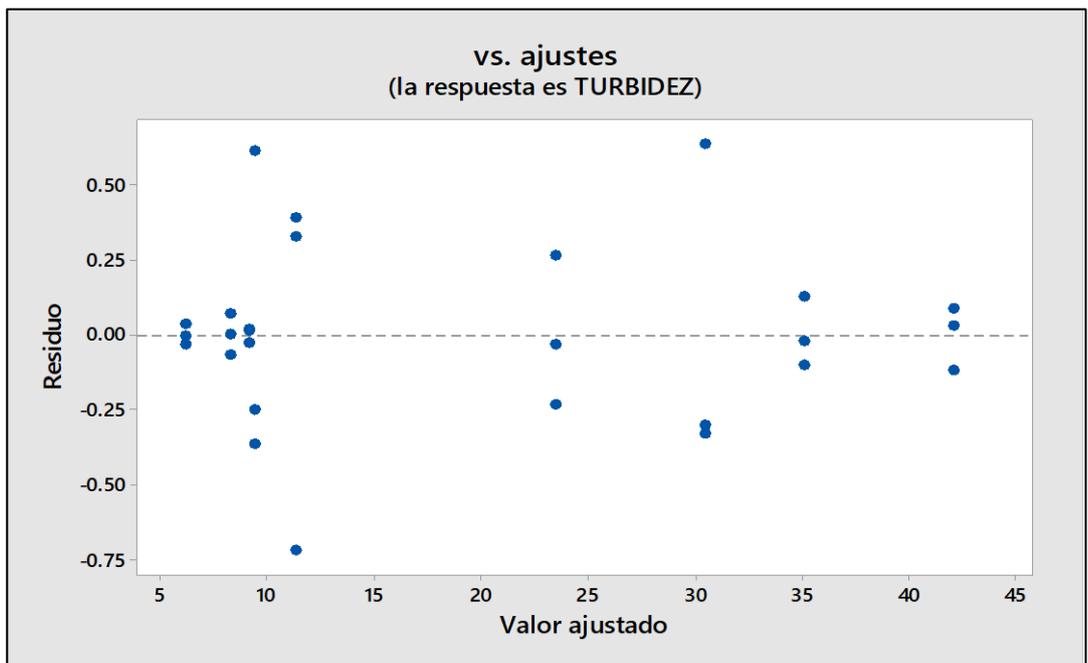


Figura 56. Gráfica de residuos para la turbidez - cáscara de maracuyá

La figura 57 nos muestra el histograma donde se observa que las barras siguen de cerca una línea de distribución ajustada además de no presentar datos asimétricos, sin embargo, si se observa un valor atípico sin embargo este no está alejado significativamente de las demás barras por lo cual los datos se ajustan adecuadamente a la distribución.

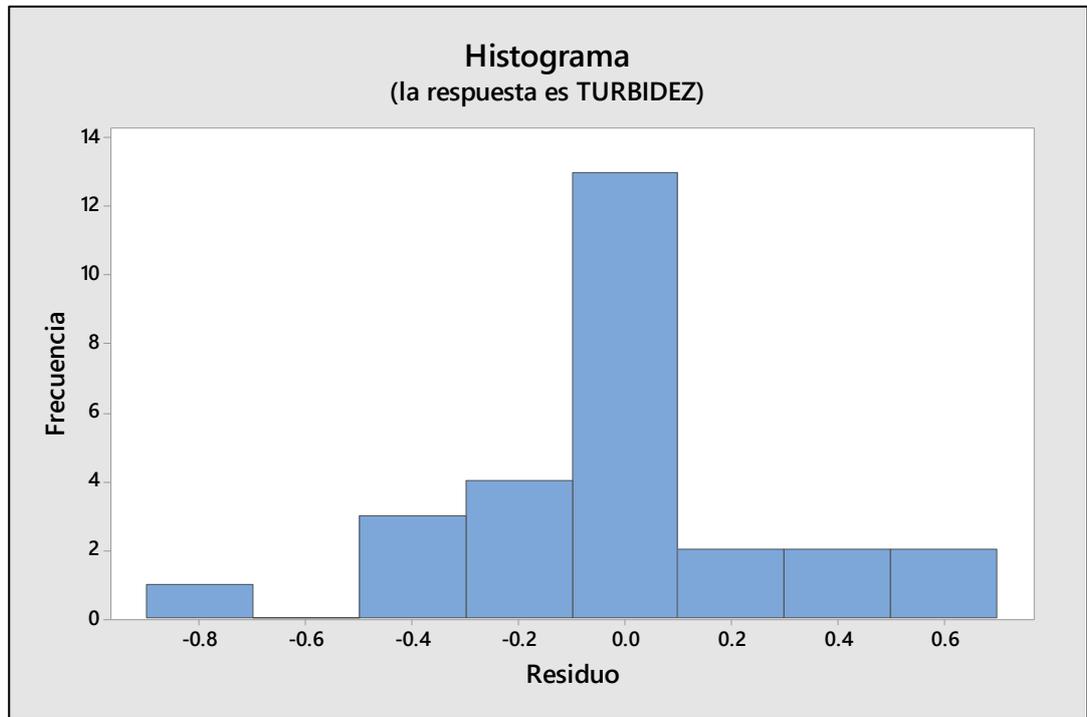


Figura 57. Histograma para la turbidez - cáscara de maracuyá

En la figura 58 se observa la gráfica de residuos vs. Orden donde se verifica que los valores obtenidos no muestran un patrón, además de permanecer alrededor de la línea central, por lo tanto, se determina que son residuos independientes.

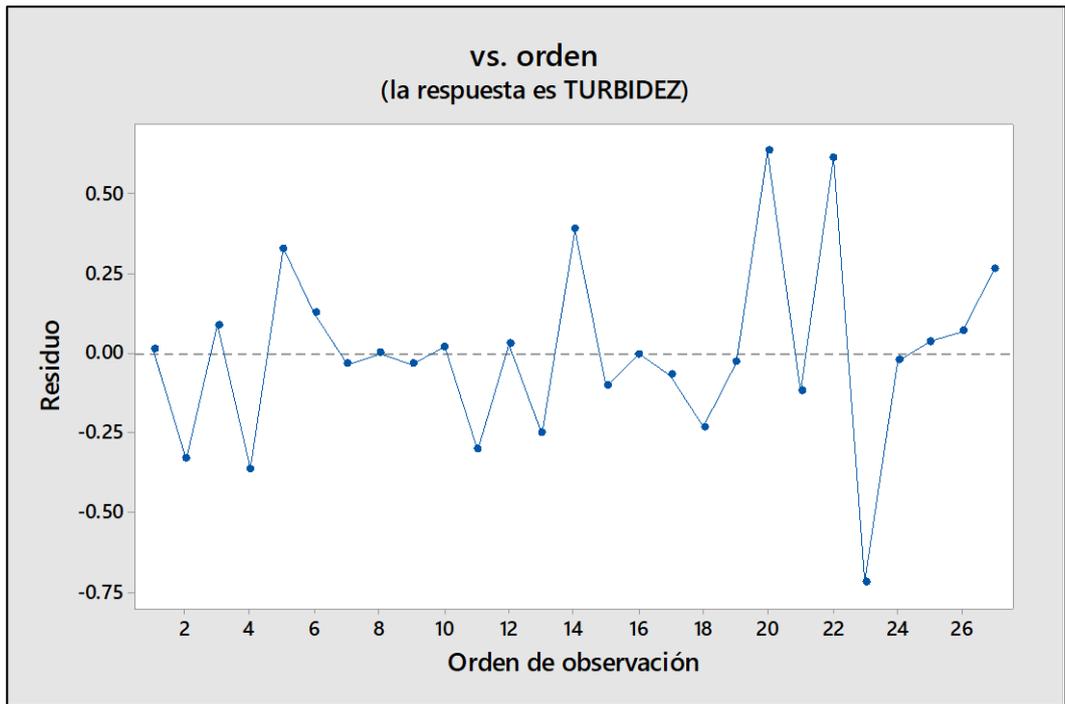


Figura 58. Grafica de residuos vs. orden para la turbidez - cáscara de maracuyá

La figura 59 nos muestra la gráfica de los efectos principales en la reducción de la turbidez, donde a una dosis de 2.0 g se tuvo una mayor remoción del 95.58 % de turbidez y a un pH de 5 se tuvo una remoción de turbidez del 97.12 %. De igual manera, se observa que a una dosis de 1 g y a un pH de 7 se tuvo una menor remoción de turbidez.

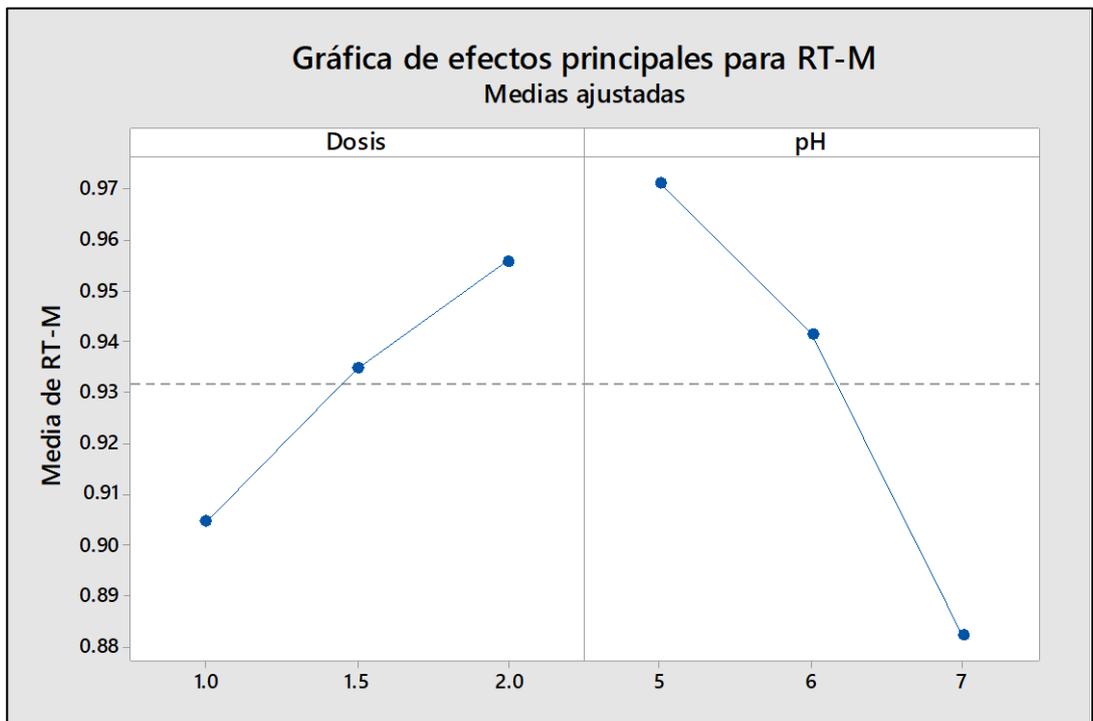


Figura 59. Grafica de efectos principales de la turbidez - cáscara de maracuyá.

En la figura 60 se muestra la gráfica de interacción para la reducción de turbidez con la cáscara de maracuyá, donde se observa que a una interacción de la dosis de 2 g y pH de 5 se tuvo la mayor reducción de turbidez del 97.86 % mientras que a una interacción de la dosis de 1 g y pH 7 se observa una menor reducción.

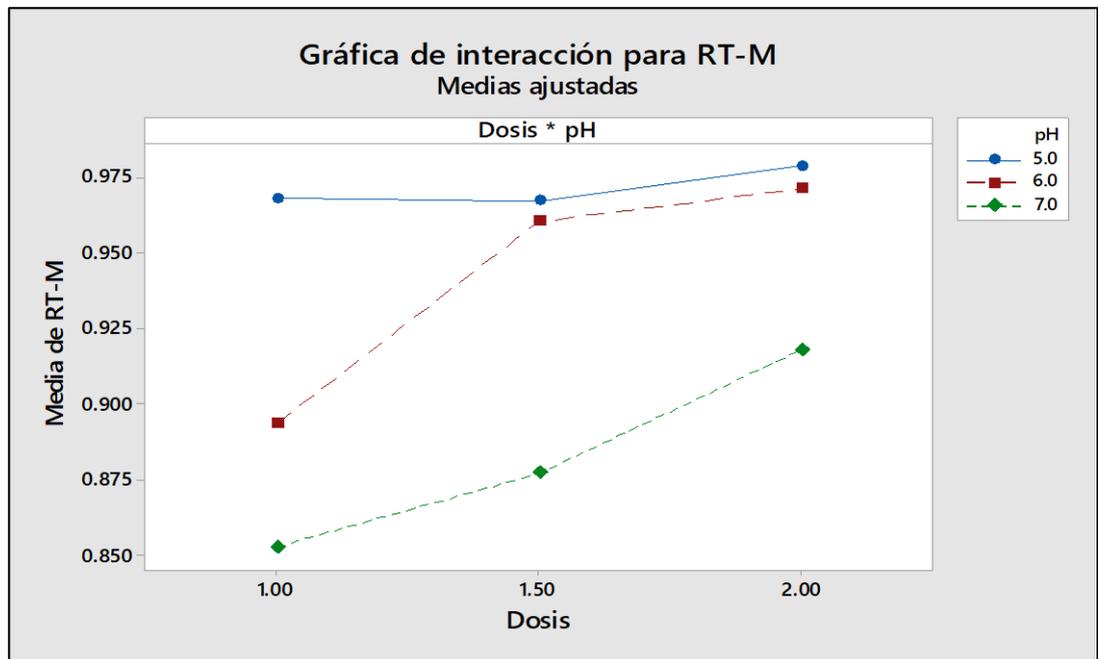


Figura 60. Grafica de interacción para la reducción de la turbidez - cáscara de maracuyá

En la figura 61 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 2 para el numerador (factor de manera individual: Dosis y pH) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 3.555.

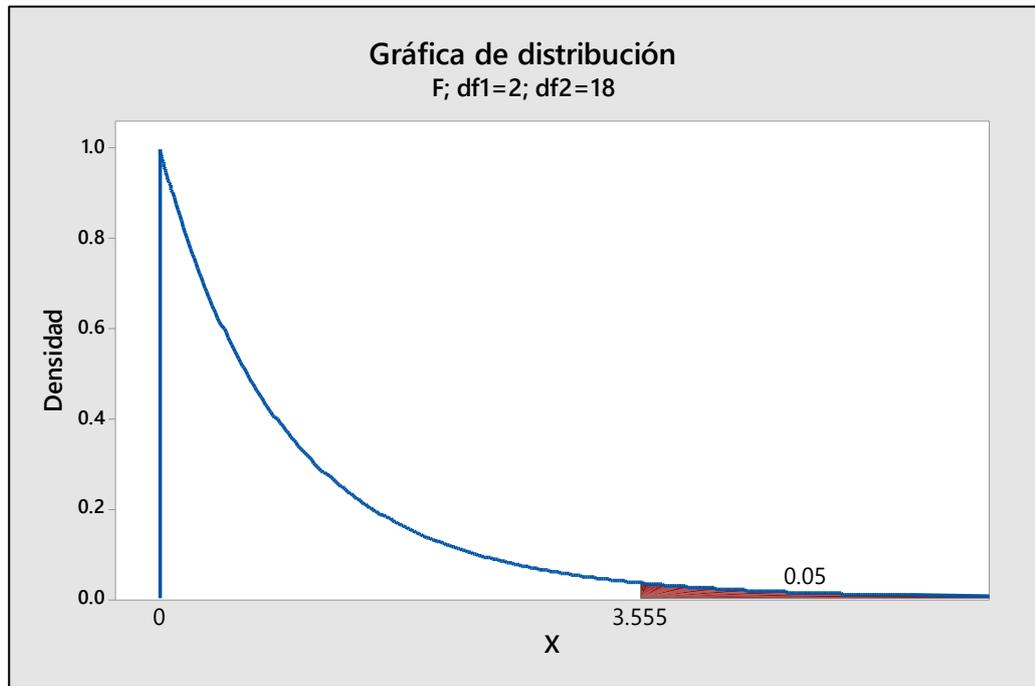


Figura 61. Grafica de distribución F de la turbidez - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F de la dosis de la figura 62 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis del coagulante de la cáscara de maracuyá no influye notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de turbidez del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 62 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 4050.54 para Dosis, por lo tanto:

$$4050.54 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

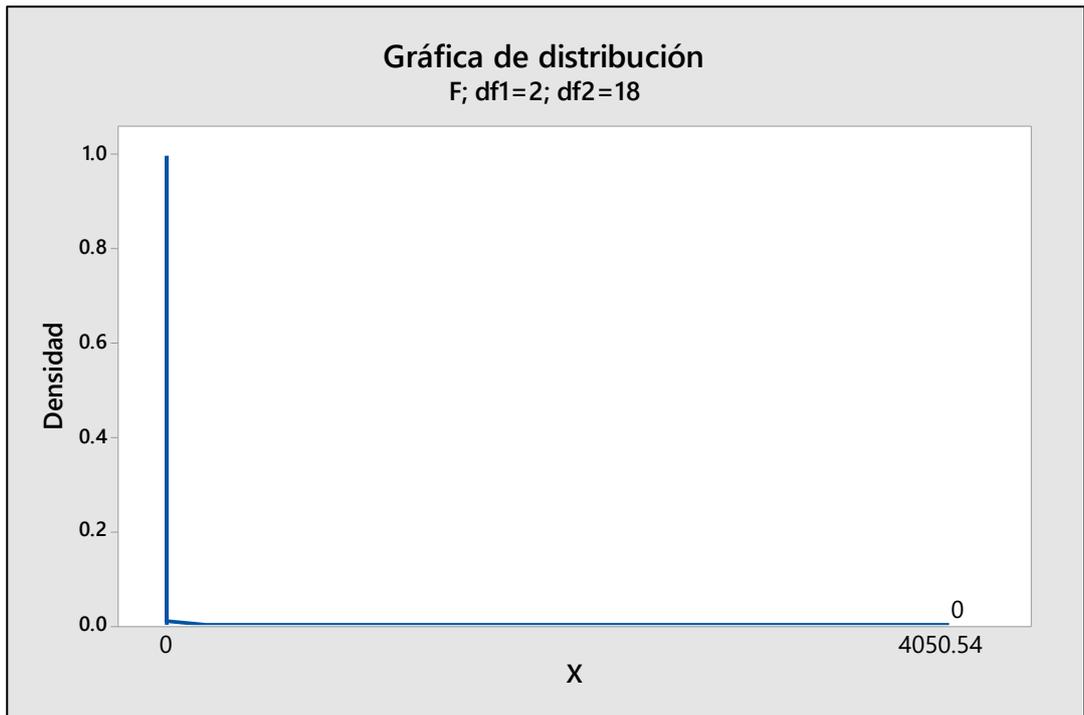


Figura 62. Grafica de distribución F de dosis respecto a la turbidez - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F del pH de la figura 63 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: El pH del coagulante de la cáscara de maracuyá no influye notablemente en la reducción de la turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: El pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de la turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 63 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 12486.1 para Dosis, por lo tanto:

$$12486.1 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que el pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de la turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

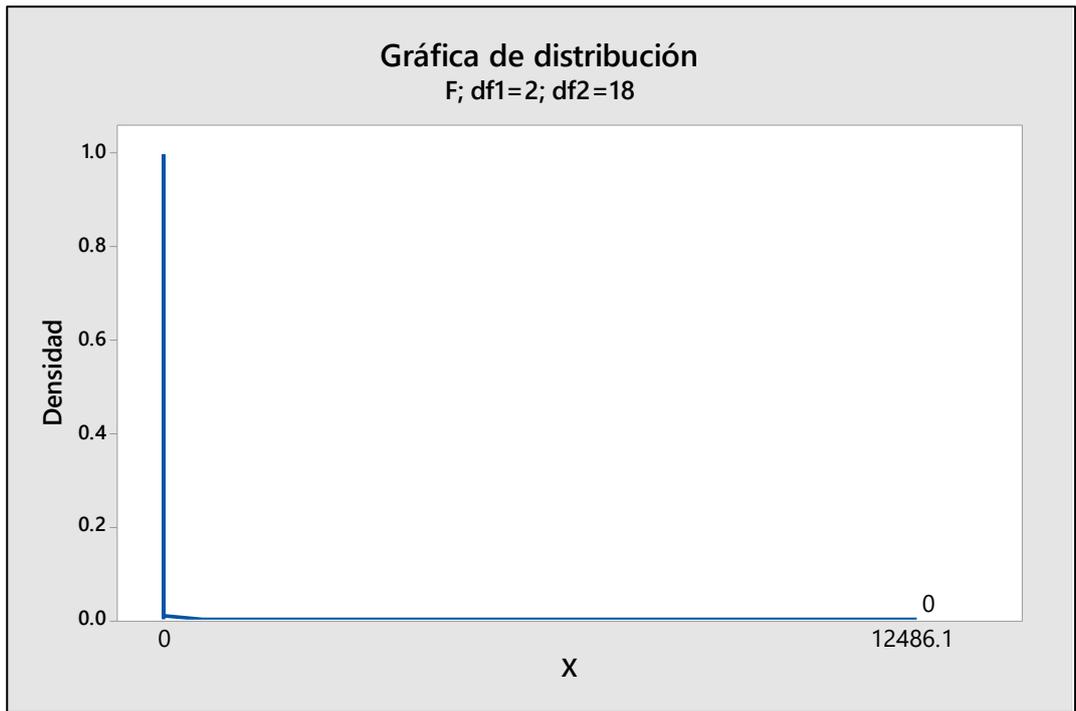


Figura 63. Grafica de distribución F de pH respecto a la turbidez - cáscara de maracuyá

En la figura 64 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 4 para el numerador (factor Dosis y pH conjuntamente) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 2.928.

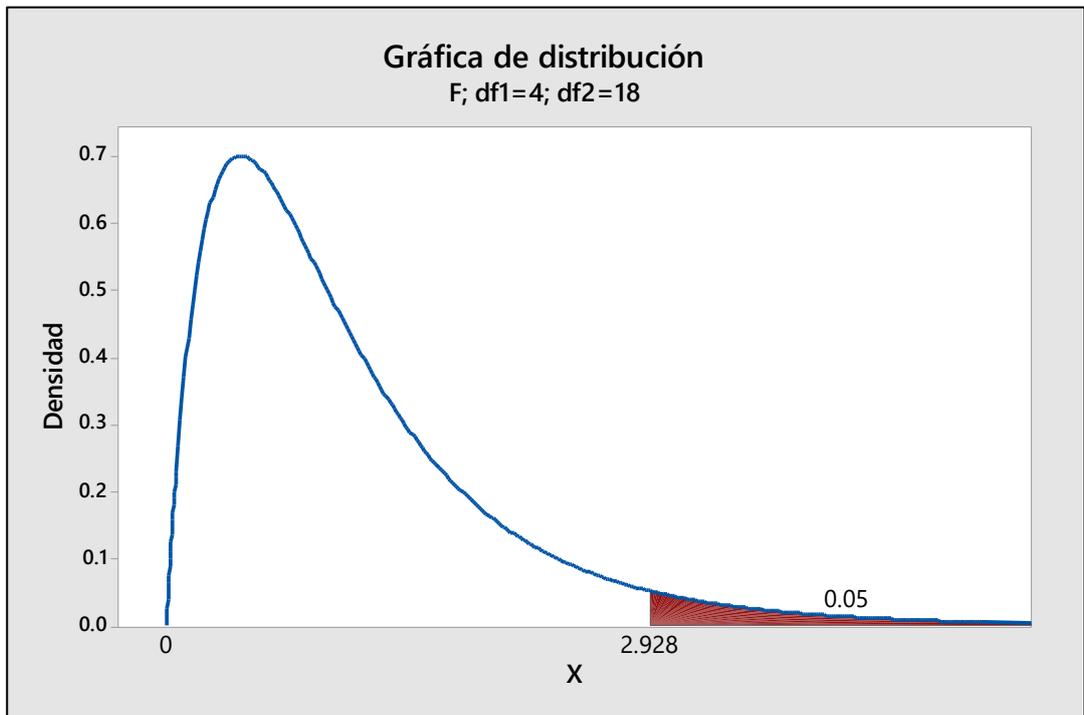


Figura 64. Grafica de distribución F de la turbidez - cáscara de maracuyá

Para la gráfica de distribución F de Dosis*pH de la figura 65 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá no influyen notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influyen notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 65 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 931.76, por lo tanto:

$$931.76 > 2.928$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influyen notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

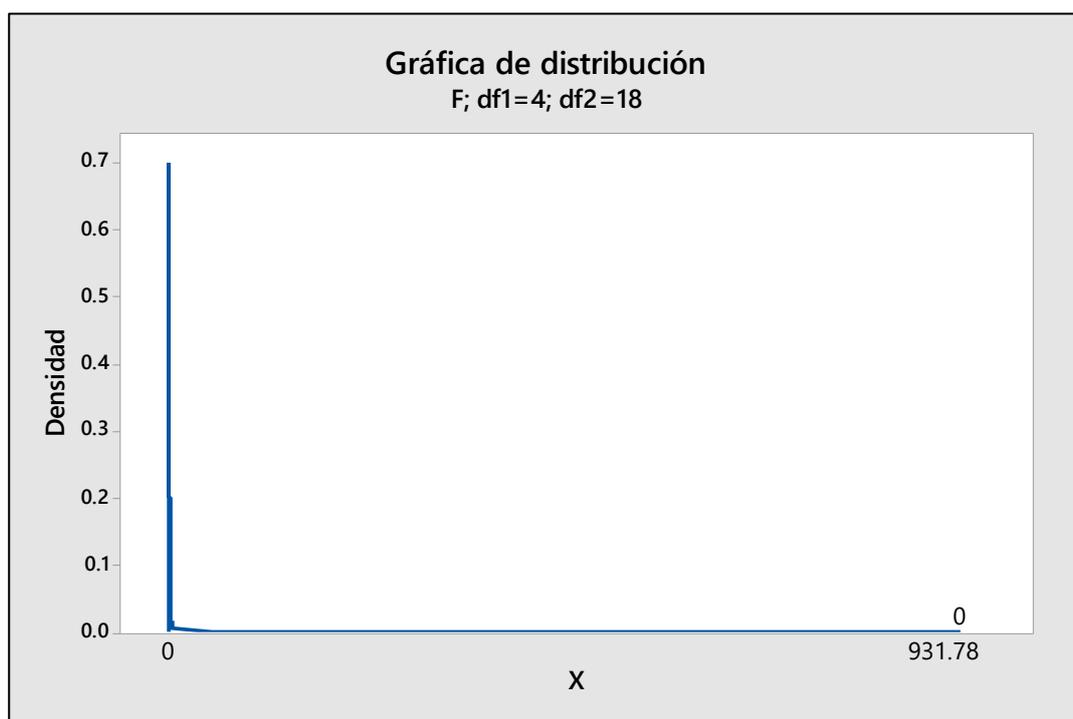


Figura 65. Grafica de distribución F de Dosis*pH respecto a la turbidez - cáscara de maracuyá

A partir de las Tablas 18, 19 y 20 del análisis de varianza, se pueden calcular los efectos de las variables que interaccionaron con el proceso. En este

caso, dichas variables que interaccionaron con el proceso tienen un valor-P de 0.000 resultando inferior que 0.05. Además, a partir de las figuras 41, 53 y 65 de las gráficas de probabilidad, se puede observar que se rechazan las hipótesis nulas y se aceptan las hipótesis alternas en cada parámetro. De esta manera, se desecha la hipótesis nula y se confirma la hipótesis alterna, asegurando que el coagulante de la cáscara de maracuyá influye notablemente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Contrastación de la tercera hipótesis específica

Para la verificación de la tercera hipótesis específica se muestra que el coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021, se utilizó el análisis de ANOVA, el diagrama de Pareto. En este análisis, se desarrolló con la relación de las variables de dosis y pH para reducir los contaminantes de los lixiviados (DQO, DBO₅ y turbidez).

Reducción de la DQO

Diseño factorial de múltiples niveles

Tabla 21. *Resumen del diseño para la DQO – cascara de papa*

Factores:	2	Réplicas:	3
Corridas base:	9	Total de corridas:	27
Bloques base:	1	Total de bloques:	1

Número de niveles: 3; 3

Tabla 22. *Información del factor*

Factor	Niveles	Valores
DOSIS	3	1.0; 1.5; 2.0
pH	3	5; 6; 7

La Tabla 23 de ANOVA señala la influencia significativa que presenta las variables manipuladas, debido a que se tiene un valor p (0.000) menor al de significancia (0.05).

Tabla 23. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de papa sobre la DQO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	14649329	1831166	39584.86	0.000
Lineal	4	13568974	3392243	73331.12	0.000
DOSIS	2	1660427	830213	17946.97	0.000
pH	2	11908547	5954273	128715.28	0.000
Interacciones de 2 términos	4	1080355	270089	5838.59	0.000
DOSIS*pH	4	1080355	270089	5838.59	0.000
Error	18	833	46		
Total	26	14650162			

La figura 66 representa los efectos estandarizados en relación a la reducción de la DQO, donde se tiene como línea de referencia 2.10 observando así que el factor A (Dosis), el factor B (pH) y la interacción de ambos factores cruzan la línea de referencia lo que significa que estos factores son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

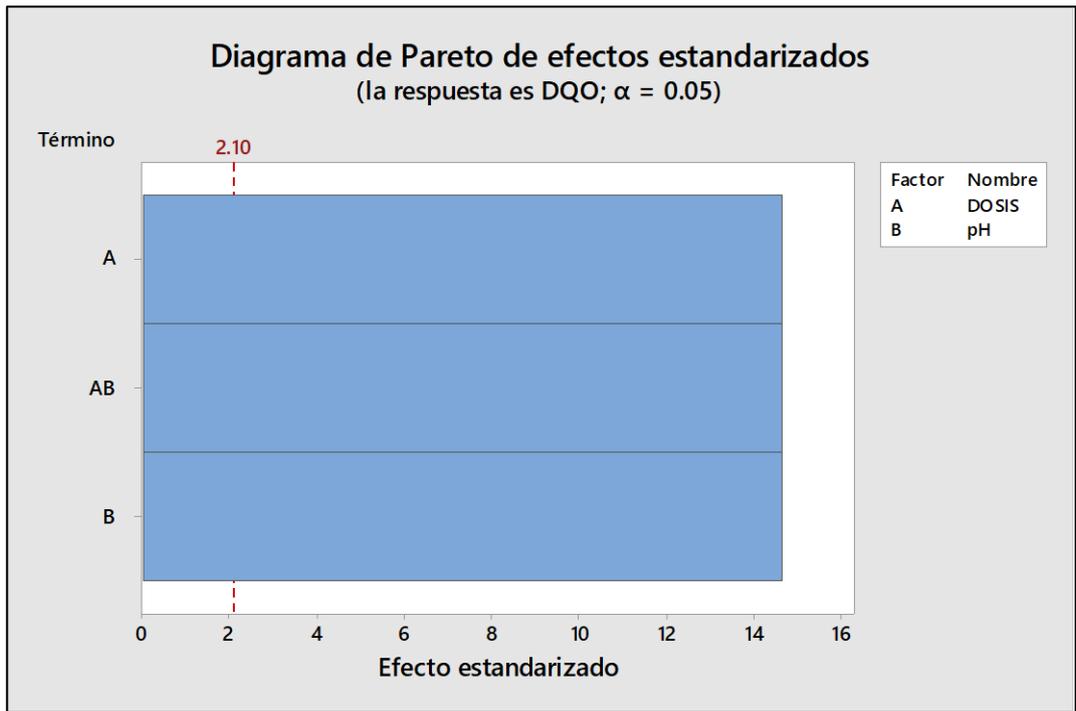


Figura 66. Diagrama de Pareto de DQO - cáscara de papa.

La figura 67 muestra la probabilidad normal de la DQO, el patrón de los residuos que sigue esta grafica es de una línea recta. No hay evidencia de no normalidad, valores atípicos o variables no identificadas por lo tanto se observa que los residuos están distribuidos normalmente.

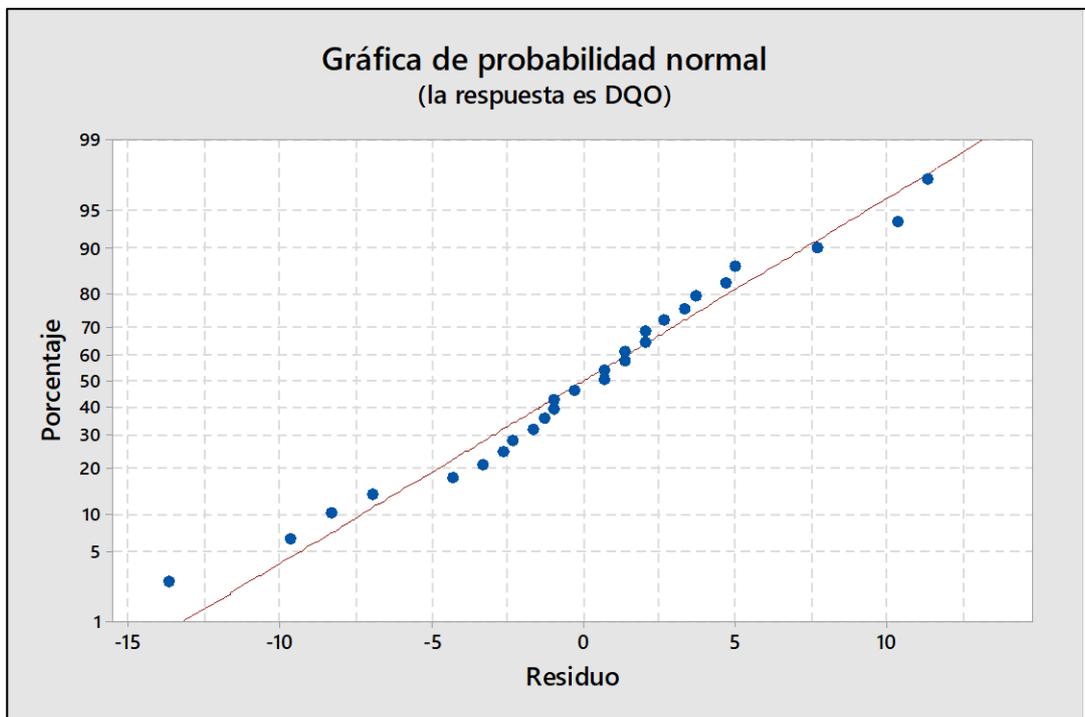


Figura 67. Gráfica de probabilidad normal para la DQO - cáscara de papa.

La figura 68 nos muestra la gráfica de residuos vs. Ajustes donde se observa que los datos parecen estar distribuidos aleatoriamente alrededor de cero, por lo tanto, no existe evidencia de que el valor del residuo dependa del valor ajustado sabiendo así que no se presenta una varianza constante.

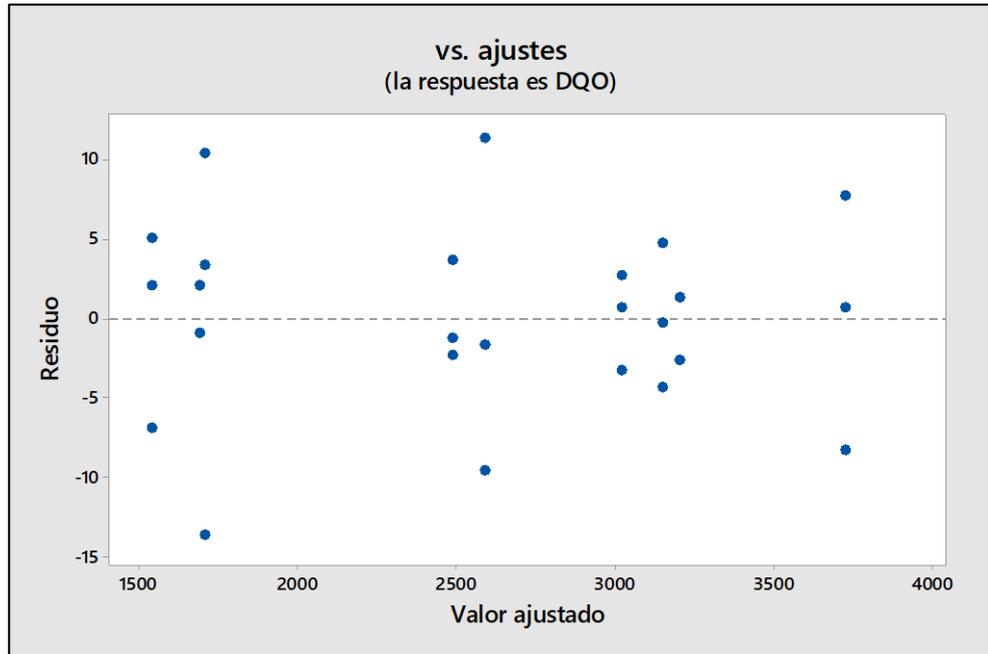


Figura 68. Grafica de residuos para la DQO - cáscara de papa.

La figura 69 nos muestra el histograma donde se observa que las barras siguen de cerca una línea de distribución ajustada además de no presentar valores atípicos ni datos asimétricos, por lo tanto, se observa que los datos se ajustan adecuadamente a la distribución.

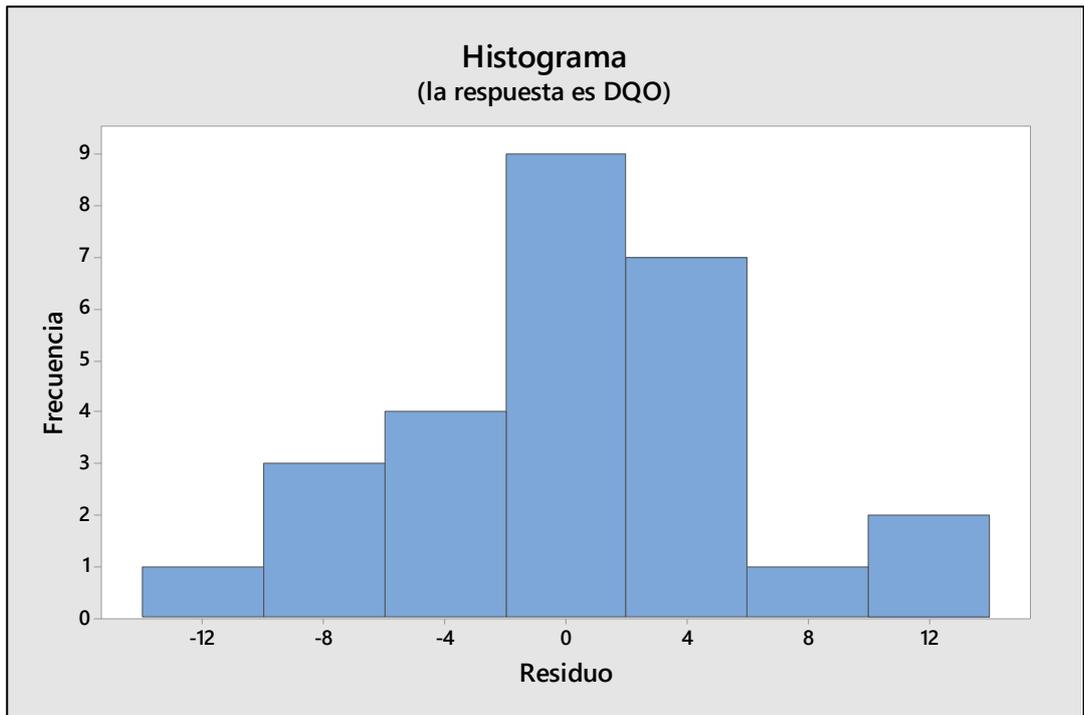


Figura 69. Histograma para la DQO - cáscara de papa.

En la figura 70 se observa la gráfica de residuos vs. Orden donde se verifica que los valores obtenidos no muestran un patrón, además de permanecer alrededor de la línea central, por lo tanto, se determina que son residuos independientes.

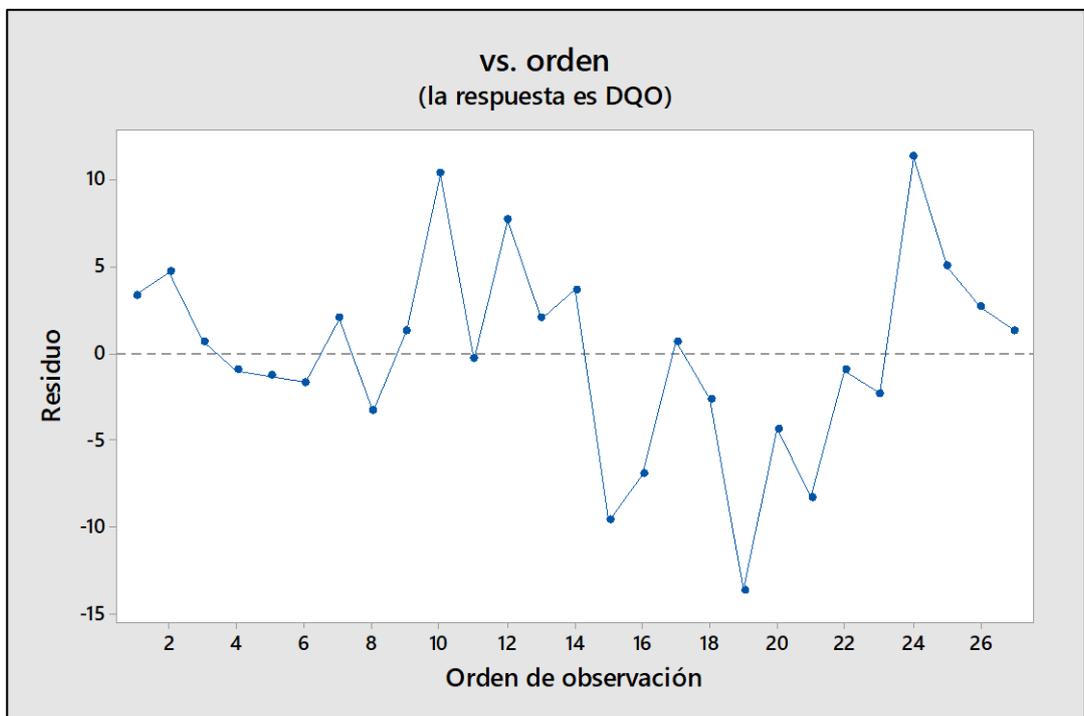


Figura 70. Grafica de residuos vs. orden para la DQO - cáscara de papa

La figura 71 nos muestra la gráfica de los efectos principales en la reducción de la DQO, donde a una dosis de 1.5 g se tuvo una mayor remoción del 70.51 % de DQO y a un pH de 5 se tuvo una remoción de DQO del 78.50 %. De igual manera, se observa que a una dosis de 1 g y a un pH de 7 se tuvo una menor remoción de DQO.

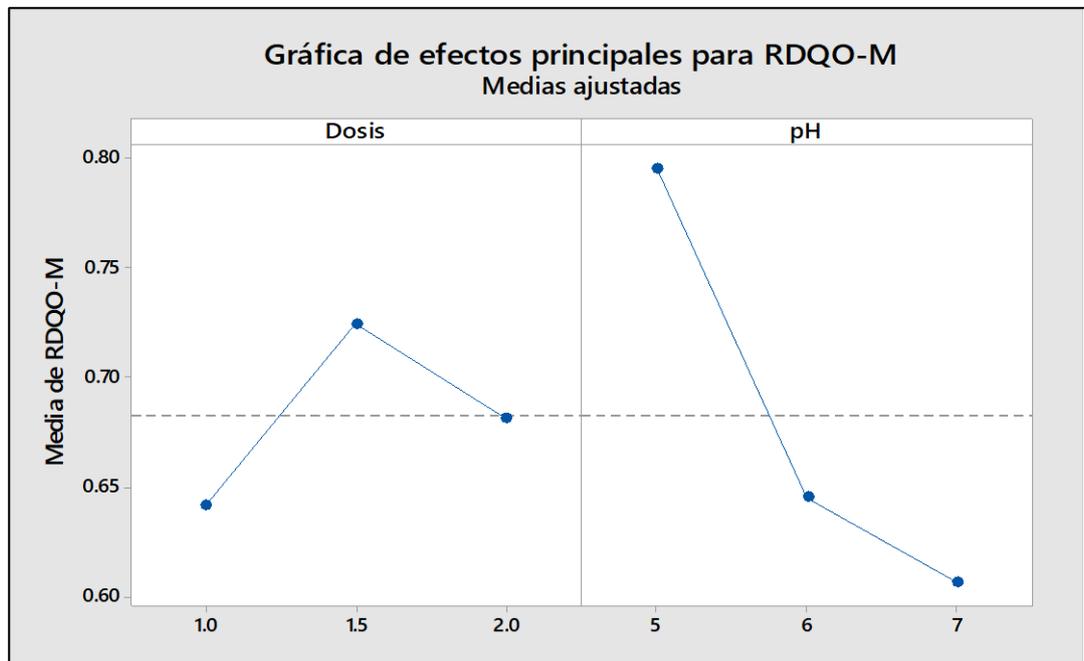


Figura 71. Grafica de efectos principales DQO - cáscara de papa.

En la figura 72 se muestra la gráfica de interacción para la reducción de DQO con la cáscara de maracuyá, donde se observa que a una interacción de la dosis de 2 g y pH de 5 se tuvo la mayor reducción de DQO del 79.88 % mientras que a una interacción de la dosis de 1 g y pH 7 se observa una menor reducción de DQO.

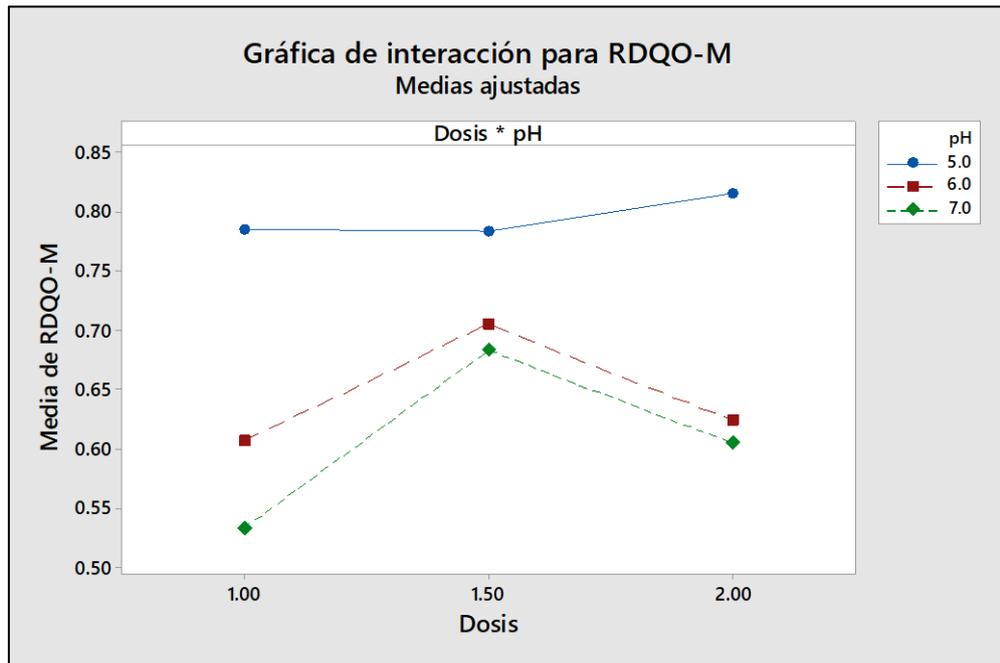


Figura 72. Grafica de interacción para la reducción de DQO - cáscara de papa.

En la figura 73 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 2 para el numerador (factor de manera individual: Dosis y pH) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 3.555.

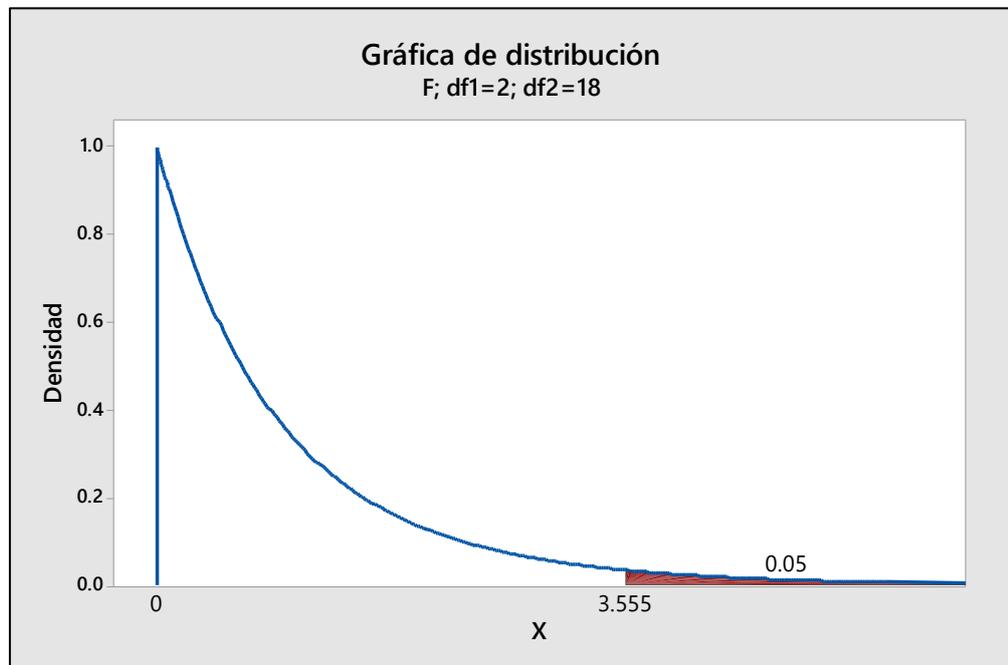


Figura 73. Grafica de distribución F de DQO - cáscara de papa

Para la gráfica de distribución F de la dosis de la figura 74 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis del coagulante de la cáscara de papa no influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de DQO del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 74 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 17947 para Dosis, por lo tanto:

$$17947 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

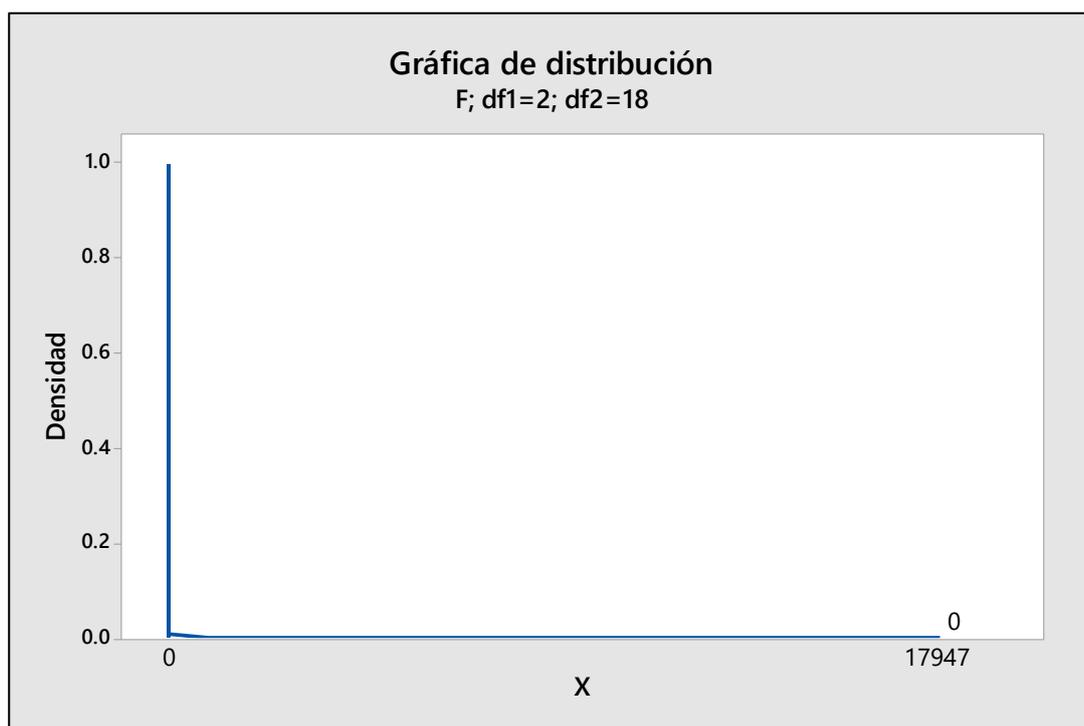


Figura 74. Grafica de distribución F de dosis respecto al DQO - cáscara de papa

Para la gráfica de distribución F del pH de la figura 75 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: El pH del coagulante de la cáscara de papa no influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: El pH del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 75 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 128715 para Dosis, por lo tanto:

$$128715 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que el pH del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021

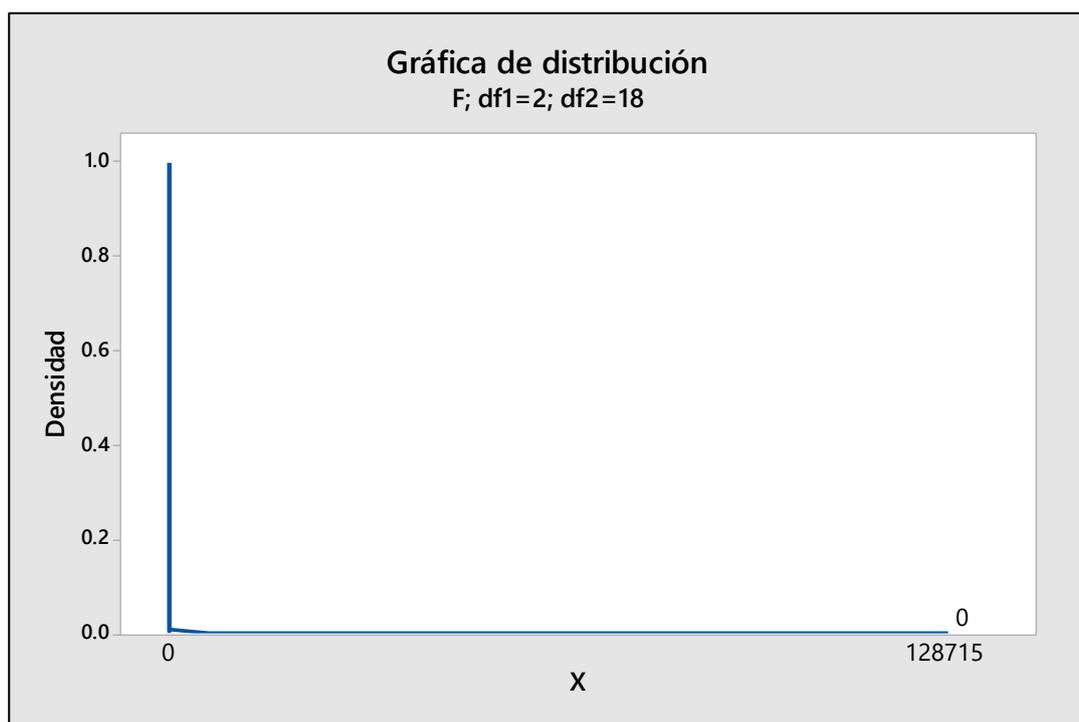


Figura 75. Grafica de distribución F de pH respecto al DQO - cáscara de papa

En la figura 76 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 4 para el numerador (factor Dosis y pH conjuntamente) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 2.928.

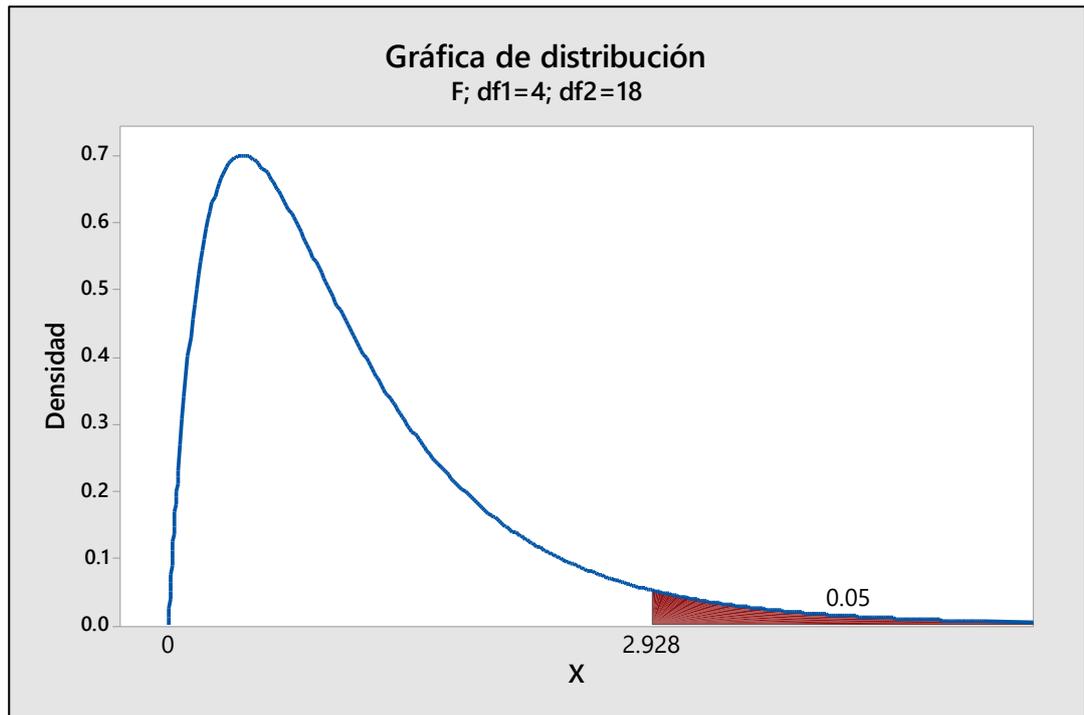


Figura 76. Grafica de distribución F de DQO - cáscara de papa

Para la gráfica de distribución F de Dosis*pH de la figura 77 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de papa no influyen notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de papa influyen notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 77 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 5838.39, por lo tanto:

$$5838.39 > 2.928$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influyen notablemente en la reducción de DQO de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

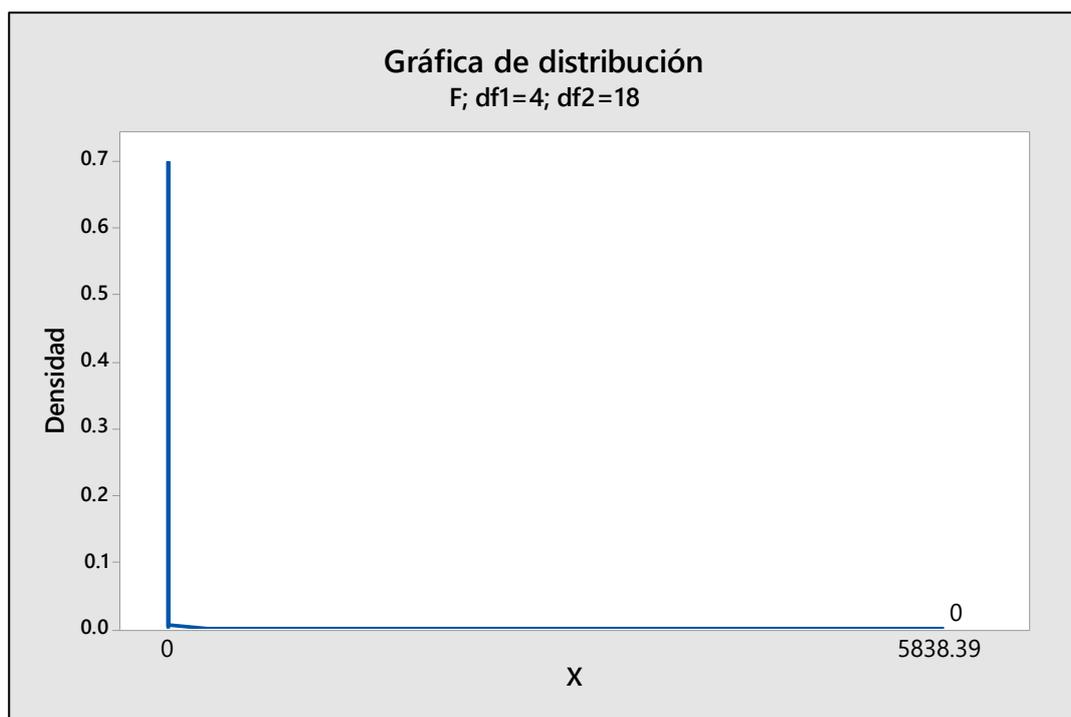


Figura 77. Grafica de distribución F de Dosis*pH respecto al DQO - cáscara de papa

Reducción de la DBO₅

La Tabla 24 de ANOVA muestra la influencia significativa que presenta las variables manipuladas, debido a que se tiene un valor p (0.000) menor al de significancia (0.05).

Tabla 24. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de papa sobre la DBO₅

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	4243755	530469	22137.05	0.000
Lineal	4	3867477	966869	40348.48	0.000
DOSIS	2	607383	303691	12673.37	0.000
pH	2	3260094	1630047	68023.60	0.000
Interacciones de 2 términos	4	376278	94069	3925.62	0.000
DOSIS*pH	4	376278	94069	3925.62	0.000
Error	18	431	24		
Total	26	4244186			

La figura 78 representa los efectos estandarizados en relación a la reducción de la DBO₅, donde se tiene como línea de referencia 2.10 observando así que el factor A (Dosis), el factor B (pH) y la interacción de ambos factores cruzan la línea de referencia lo que significa que estos son estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

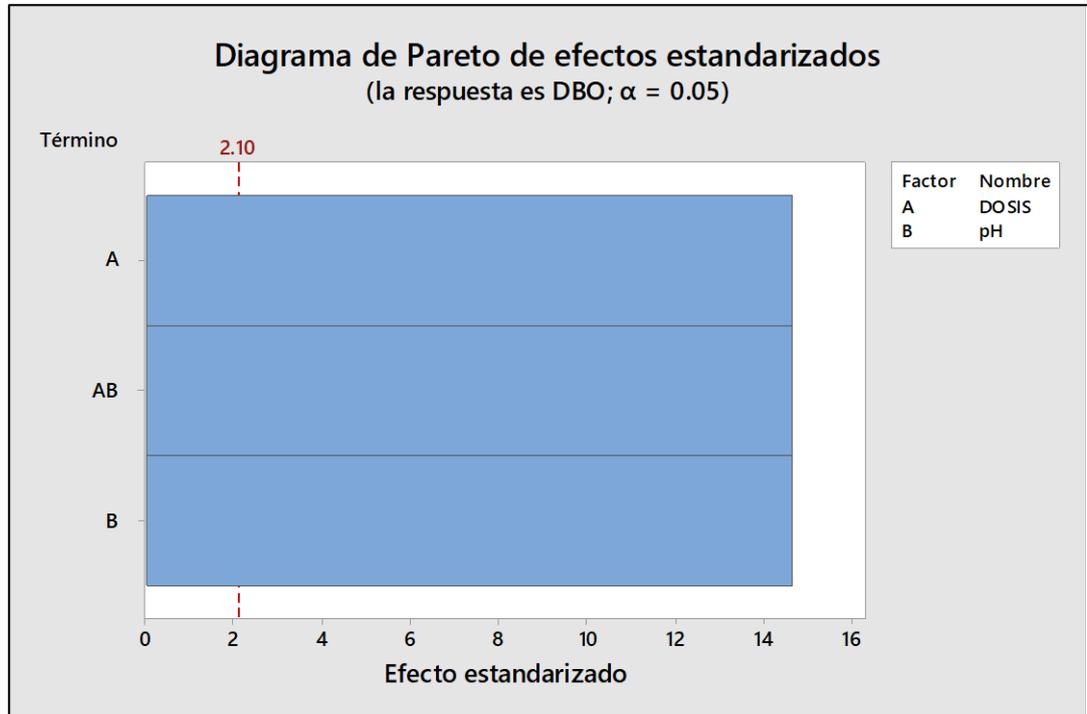


Figura 78. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la DBO₅

La figura 79 muestra la probabilidad normal de la DBO₅, el patrón de los residuos que sigue esta grafica es de una línea recta. No hay evidencia de no normalidad, valores atípicos o variables no identificadas por lo tanto se observa que los residuos están distribuidos normalmente.

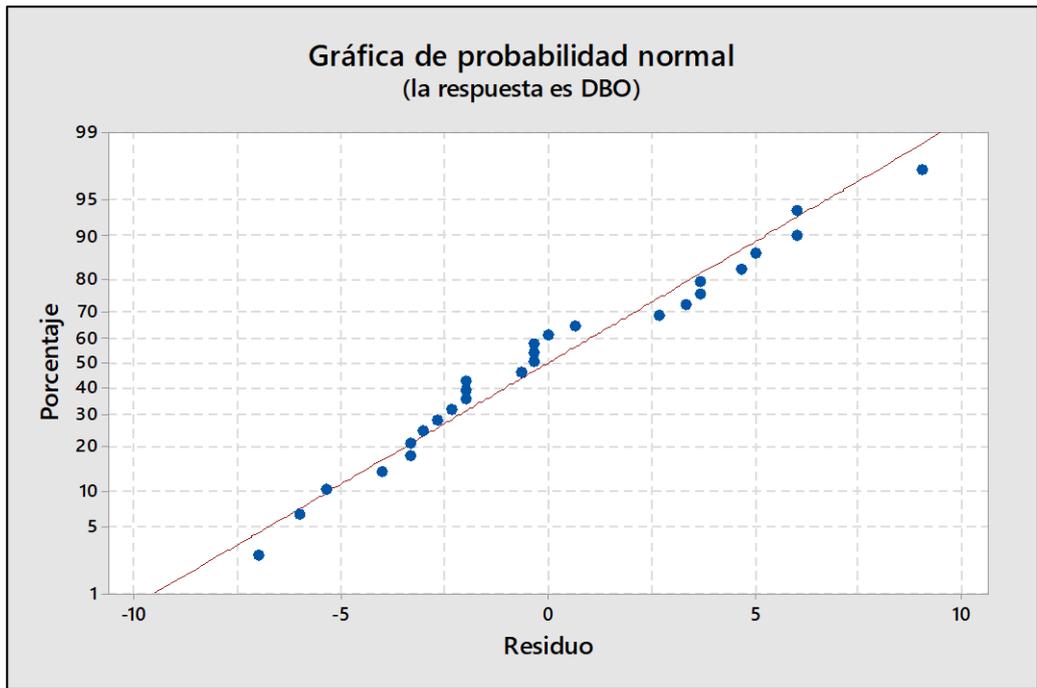


Figura 79. Gráfica de probabilidad normal para la DBO₅ - cáscara de papa.

La figura 80 nos muestra la gráfica de residuos vs. Ajustes donde se observa que los datos parecen estar distribuidos aleatoriamente alrededor de cero, por lo tanto, no existe evidencia de que el valor del residuo dependa del valor ajustado sabiendo así que no se presenta una varianza constante.

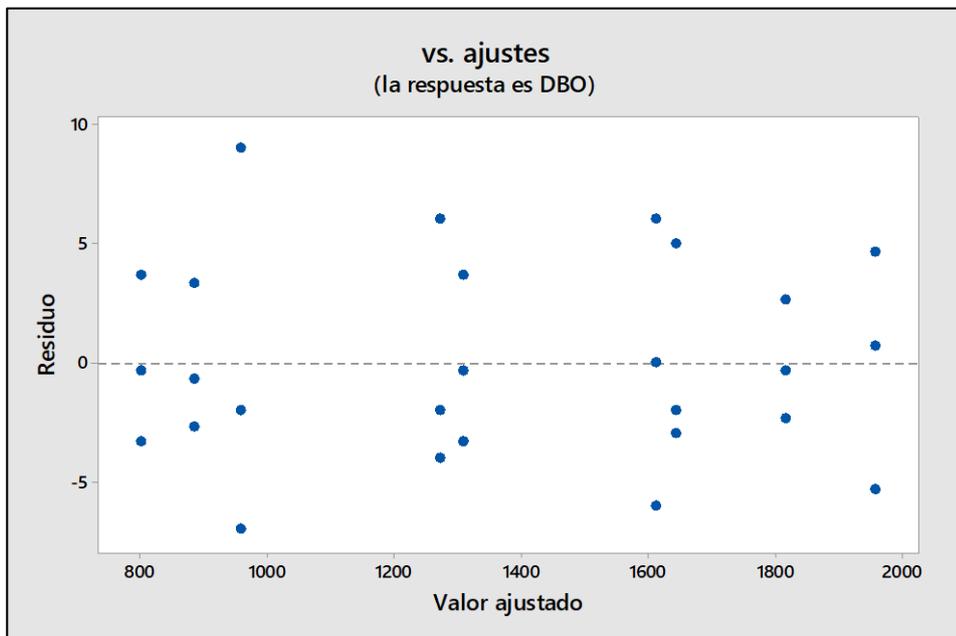


Figura 80. Gráfica de residuos para la DBO₅ - cáscara de papa.

La figura 81 nos muestra el histograma donde se observa que las barras siguen de cerca una línea de distribución asimétrica hacia la derecha

además de presentar 1 valor atípico el cual no tiene una separación significativa,

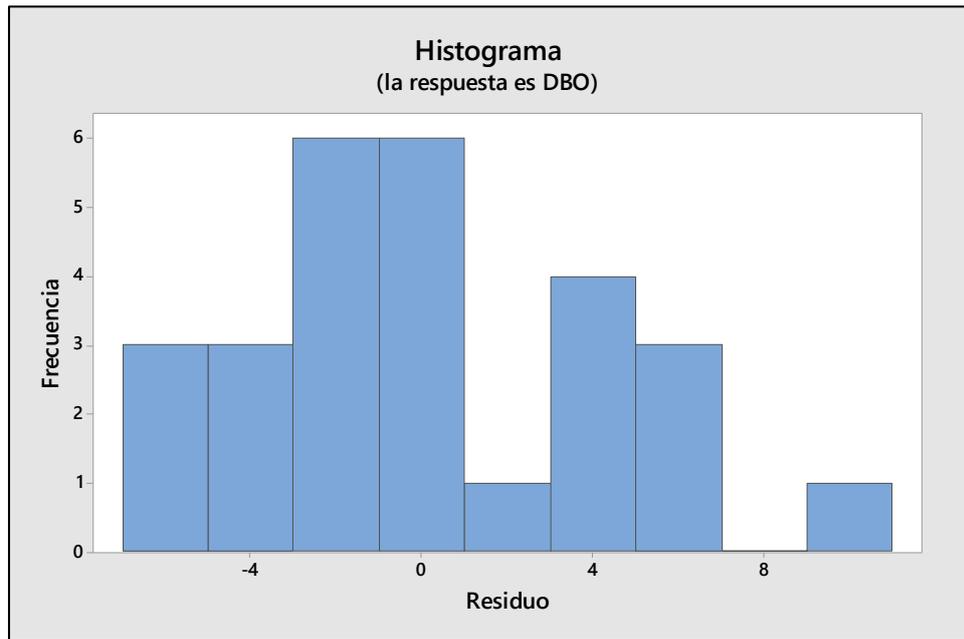


Figura 81. Histograma para la DBO₅ - cáscara de papa.

En la figura 82 se observa la gráfica de residuos vs. Orden donde se verifica que los valores obtenidos no muestran un patrón, además de permanecer alrededor de la línea central, por lo tanto, se determina que son residuos independientes.

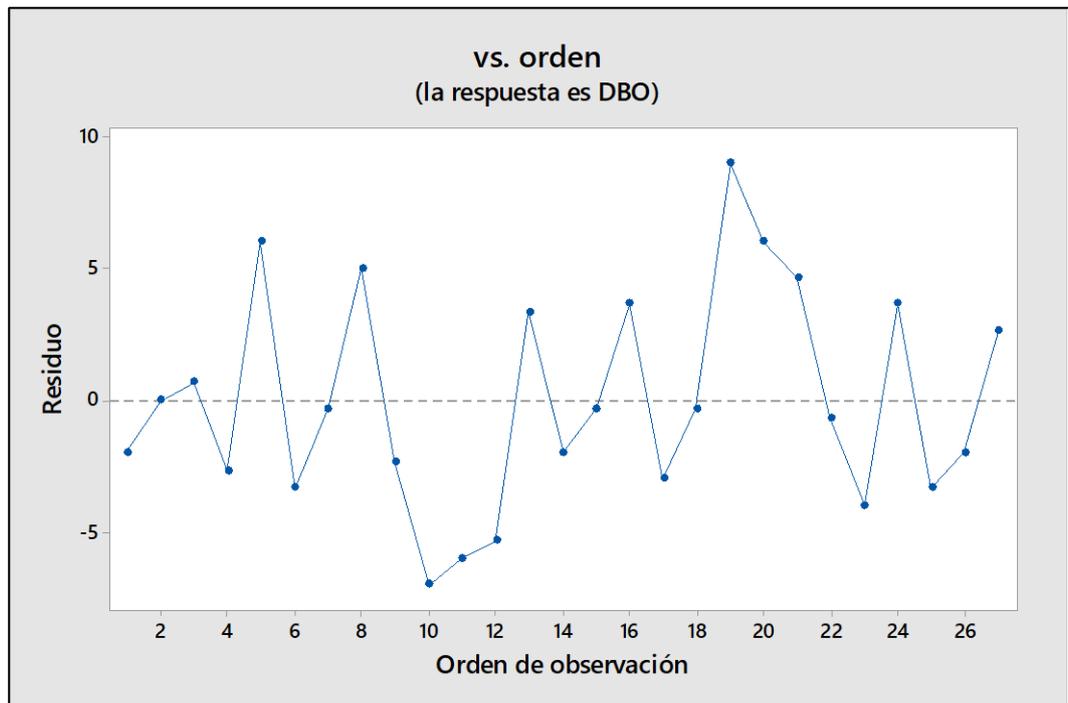


Figura 82. Gráfica de residuos vs. orden para la DBO₅ - cáscara de papa.

La figura 83 nos muestra la gráfica de los efectos principales en la reducción de la DBO_5 , donde a una dosis de 1.5 g se tuvo una mayor remoción del 76.82 % de DBO_5 y a un pH de 5 se tuvo una remoción de DBO_5 del 83.81 %. De igual manera, se observa que a una dosis de 1 g y a un pH de 7 se tuvo una menor reducción.

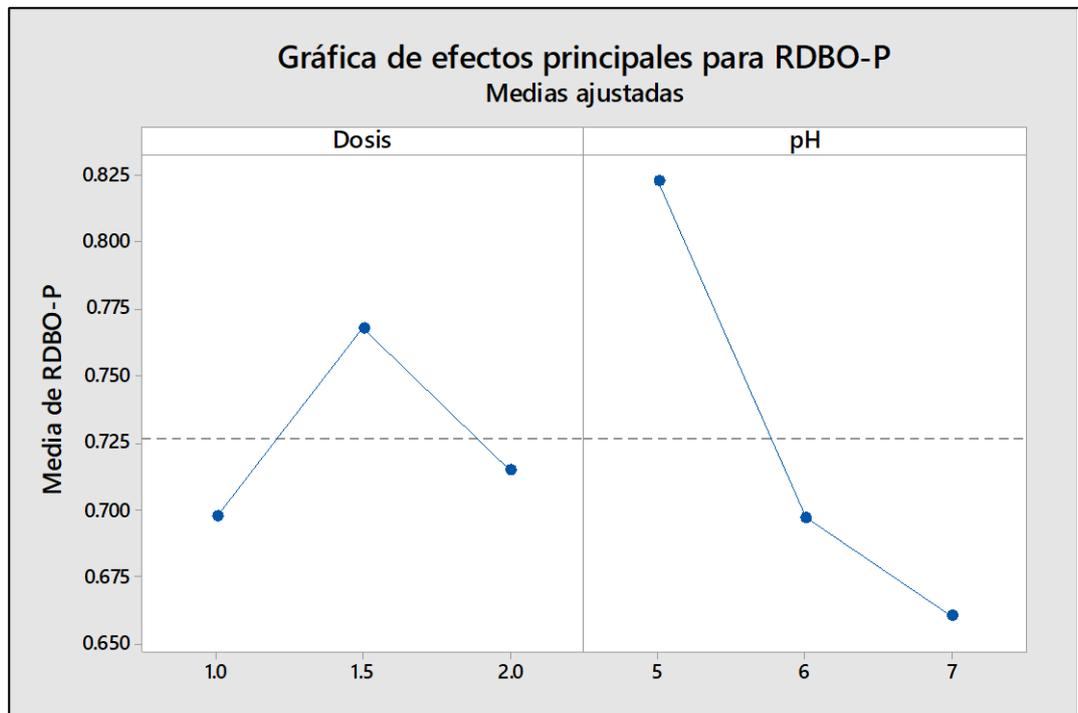


Figura 83. Grafica de efectos principales DBO_5 - cáscara de papa.

En la figura 84 se muestra la gráfica de interacción para la reducción de DBO_5 con la cáscara de papa, donde se observa que a una interacción de la dosis de 2 g y pH de 5 se tuvo la mayor reducción de DBO_5 del 83.90 % mientras que a una interacción de la dosis de 1 g y pH 7 se observa una menor reducción de DBO_5 .

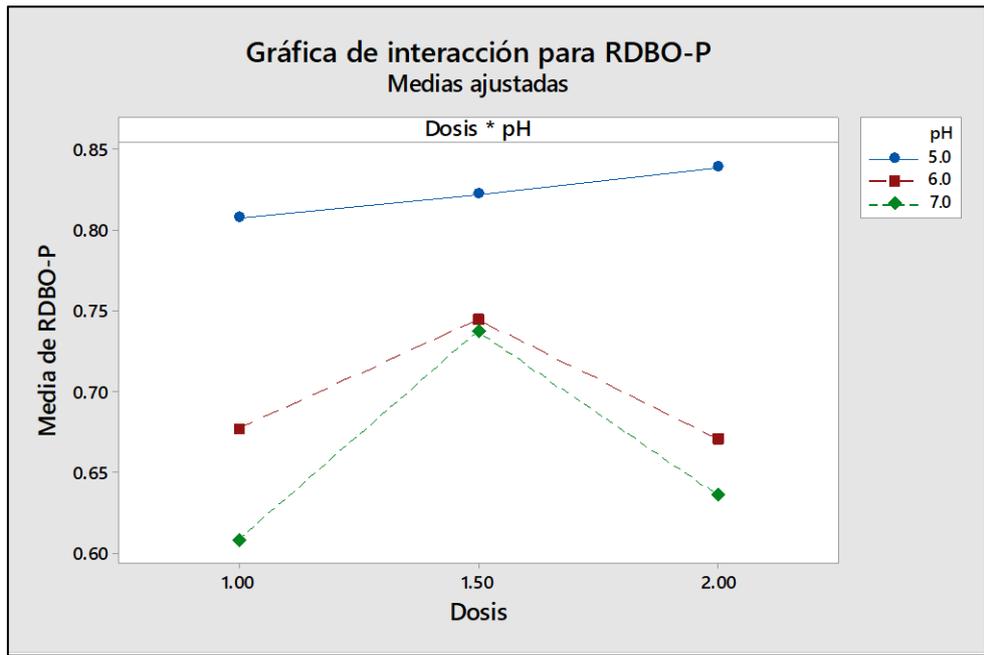


Figura 84. Gráfica de interacción para la reducción de DBO_5 con cáscara de papa.

En la figura 85 se puede observar la gráfica de distribución F respecto a DBO_5 donde se especificó el grado de libertad 2 para el numerador (factor de manera individual: Dosis y pH) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 3.555.

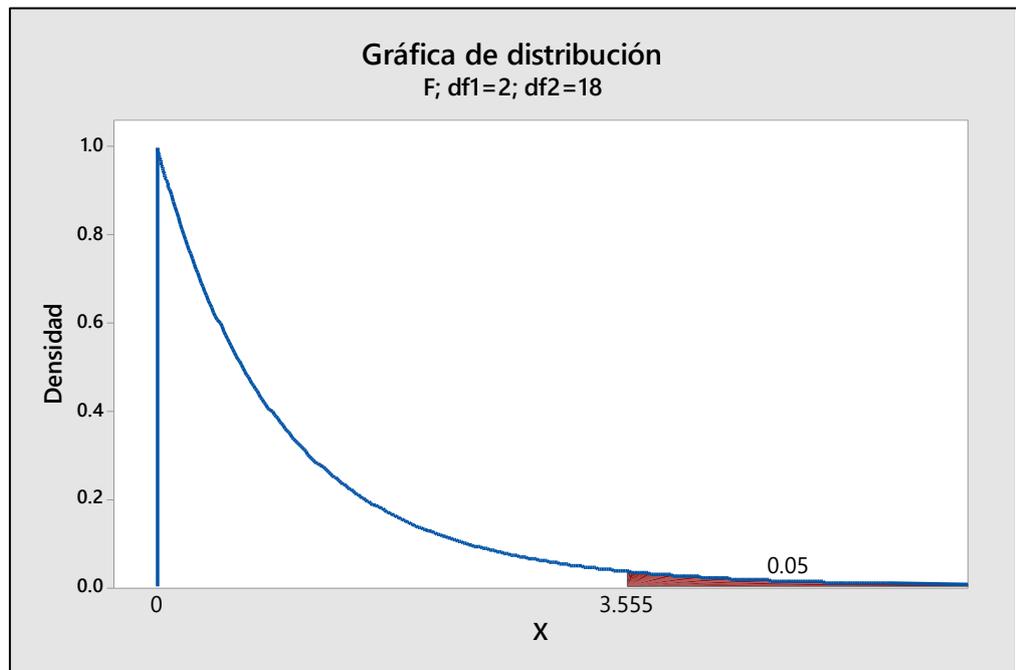


Figura 85. Gráfica de distribución F de DBO_5 - cáscara de papa.

Para la gráfica de distribución F de la dosis de la figura 86 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis del coagulante de la cáscara de papa no influye notablemente en la reducción de DBO_5 de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de DBO_5 del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 86 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 12673.4 para Dosis, por lo tanto:

$$12673.4 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la H_0 . Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de DBO_5 del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

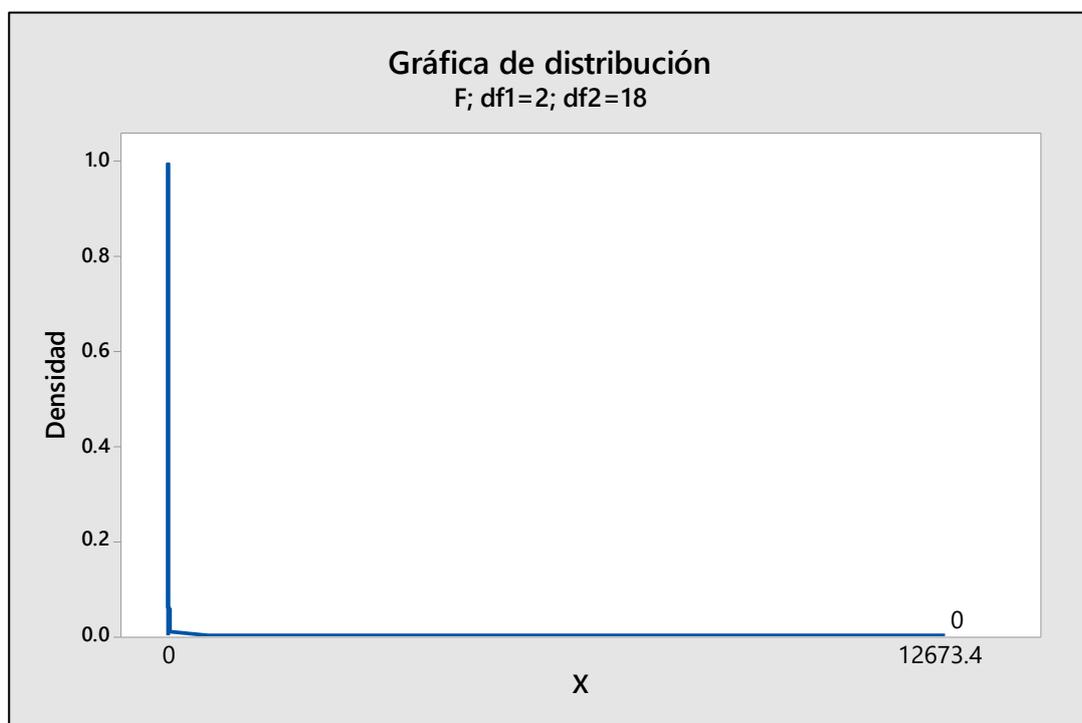


Figura 86. Gráfica de distribución F de dosis respecto al DBO_5 - cáscara de papa.

Para la gráfica de distribución F del pH de la figura 87 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: El pH del coagulante de la cáscara de papa no influye notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: El pH del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 87 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 68023.6 para Dosis, por lo tanto:

$$68023.6 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que el pH del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

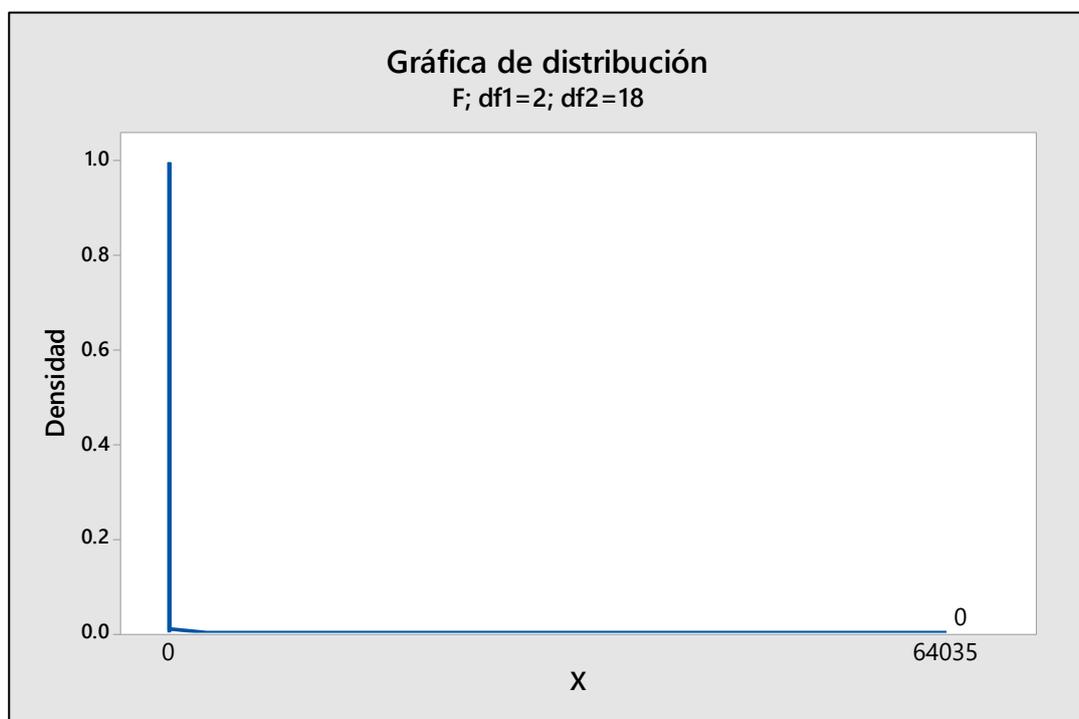


Figura 87. Grafica de distribución F de pH respecto al DBO₅ - cáscara de papa.

En la figura 88 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 4 para el numerador (factor Dosis y pH

conjuntamente) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 2.928.

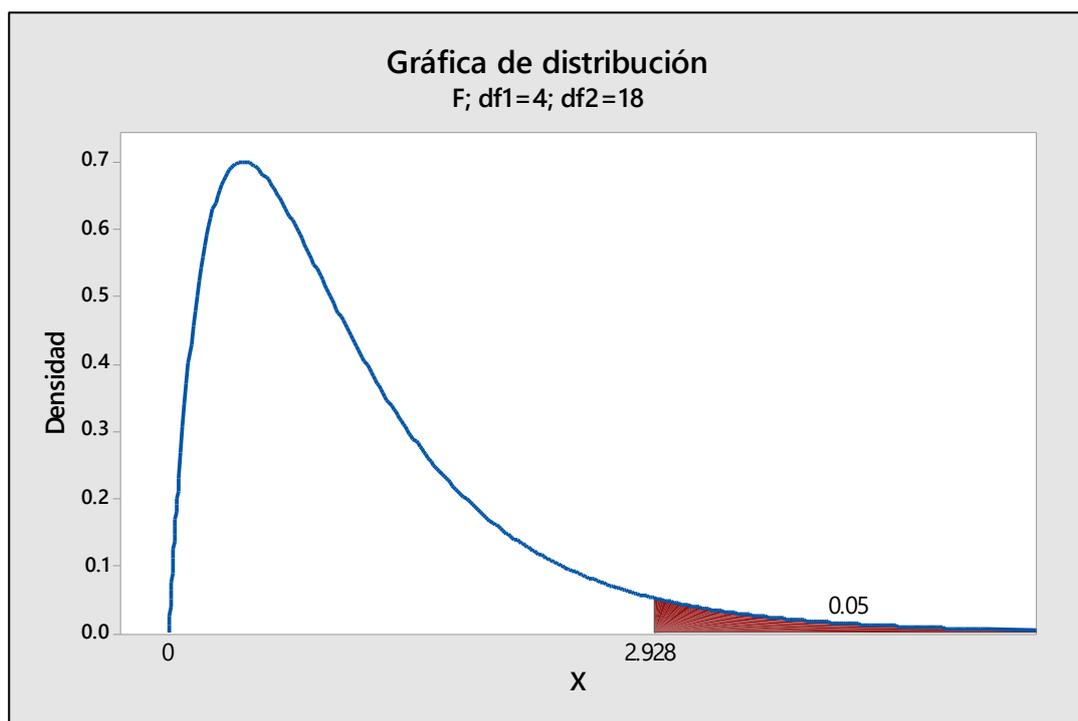


Figura 88. Grafica de distribución F de DBO₅ - cáscara de papa

Para la gráfica de distribución F del Dosis*pH de la figura 89 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de papa no influyen notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de papa influyen notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 89 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 3925.62, por lo tanto:

$$3925.62 > 2.928$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis y pH del coagulante de la cáscara de papa influyen notablemente en la reducción de DBO₅ de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

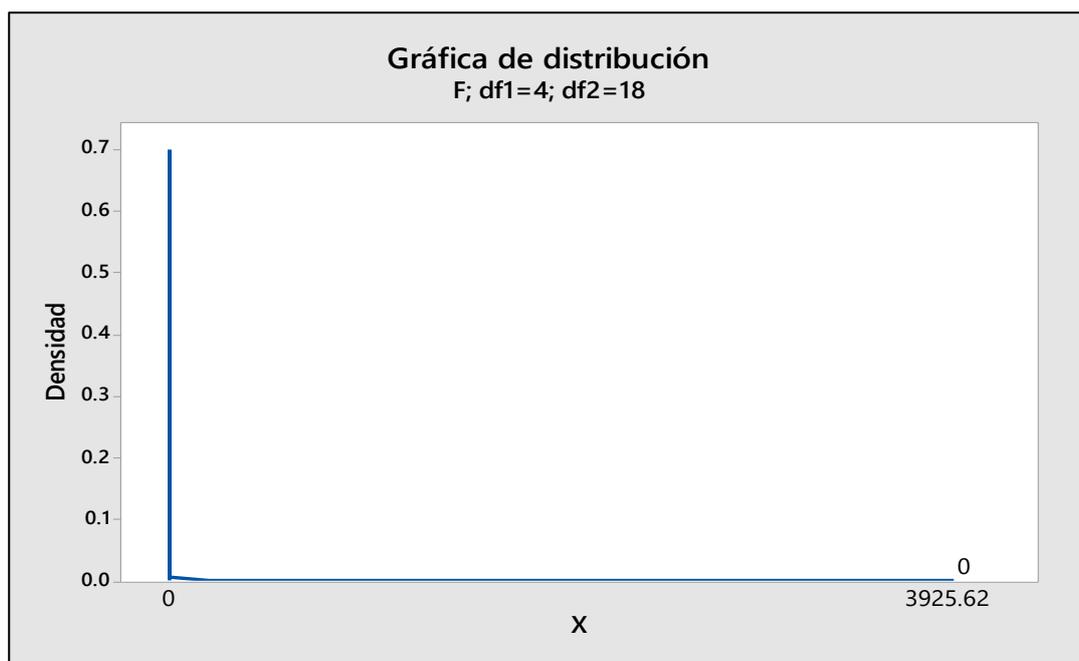


Figura 89. Grafica de distribución F de pH respecto al DBO₅ - cáscara de papa.

Reducción de la Turbidez

La Tabla 25 de ANOVA se observa la influencia significativa que presenta las variables manipuladas, debido a que se tiene un valor p (0.000) menor al de significancia (0.05).

Tabla 25. Análisis de varianza para el efecto del coagulante de la cáscara de papa sobre la turbidez.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	5431.33	678.92	20000.82	0.000
Lineal	4	5002.29	1250.57	36841.75	0.000
DOSIS	2	909.61	454.81	13398.54	0.000
pH	2	4092.68	2046.34	60284.96	0.000
Interacciones de 2 términos	4	429.04	107.26	3159.88	0.000
DOSIS*pH	4	429.04	107.26	3159.88	0.000
Error	18	0.61	0.03		
Total	26	5431.94			

La figura 90 representa los efectos estandarizados en relación a la reducción de la turbidez, donde se tiene como línea de referencia 2.10 observando así que el factor A (Dosis), el factor B (pH) y la interacción de ambos factores cruzan la línea de referencia lo que significa que estos factores son

estadísticamente significativos en el nivel de 0,05 con los términos actuales del modelo.

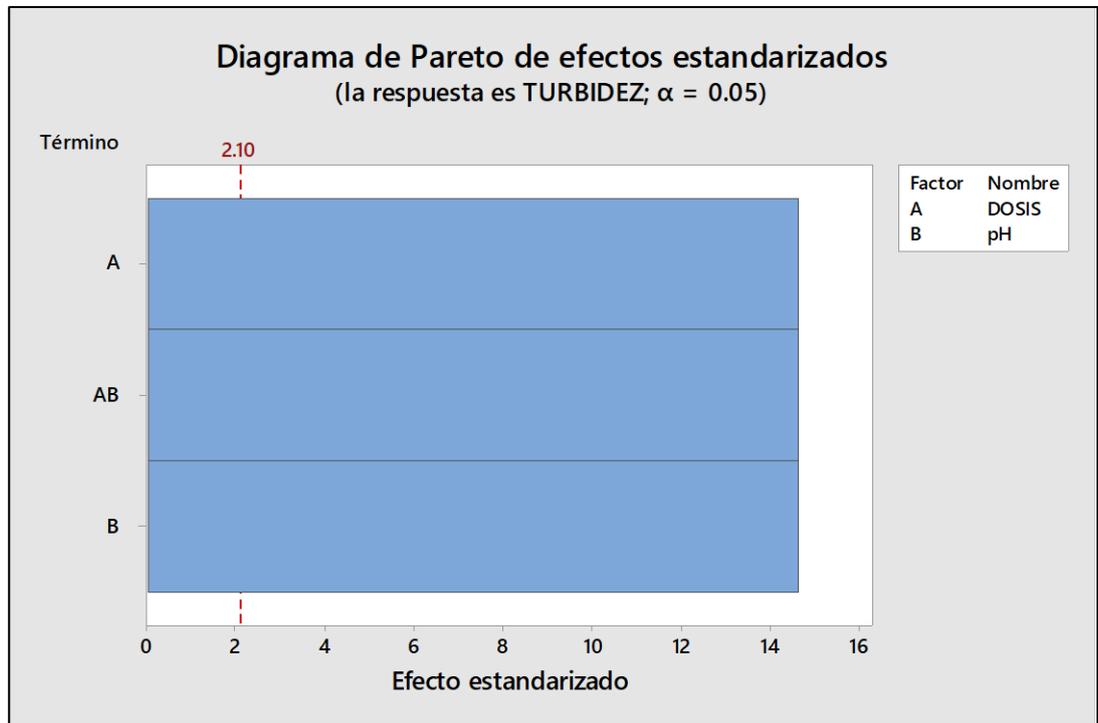


Figura 90. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la turbidez.

La figura 91 muestra la probabilidad normal de la turbidez, el patrón de los residuos que sigue esta grafica es de una línea recta. No hay evidencia de no normalidad, valores atípicos o variables no identificadas por lo tanto se observa que los residuos están distribuidos normalmente.

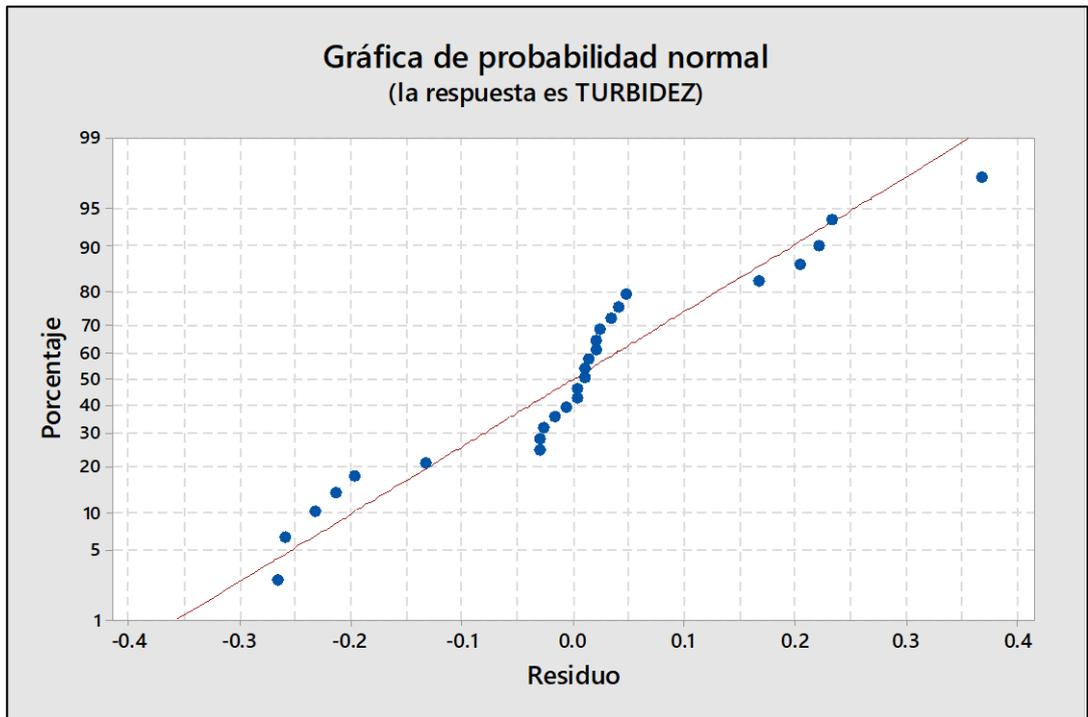


Figura 91. Gráfica de probabilidad normal para la turbidez - cáscara de papa.

La figura 92 nos muestra la gráfica de residuos vs. Ajustes donde se observa que los datos parecen estar distribuidos aleatoriamente alrededor de cero, por lo tanto, no existe evidencia de que el valor del residuo dependa del valor ajustado sabiendo así que no se presenta una varianza constante.

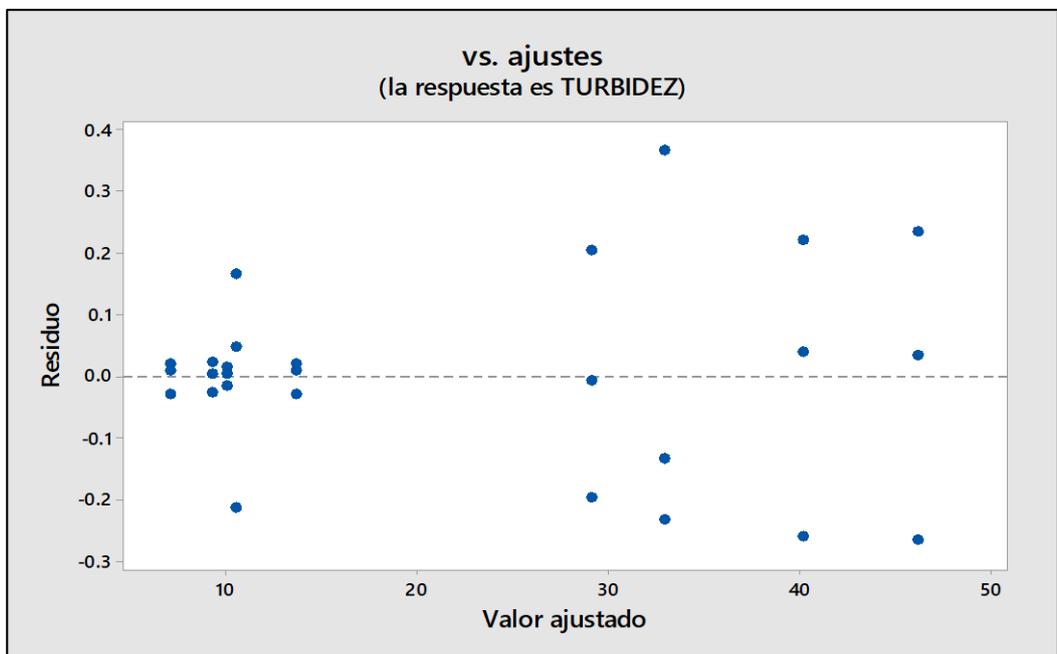


Figura 92. Grafica de residuos para la turbidez - cáscara de papa.

La figura 93 nos muestra el histograma donde se observa que las barras siguen de cerca una línea de distribución ajustada además de no presentar

datos asimétricos, sin embargo, si se observa valores atípicos, aun así, estos no se encuentran alejados significativamente de las demás barras por lo cual los datos se ajustan adecuadamente a la distribución.

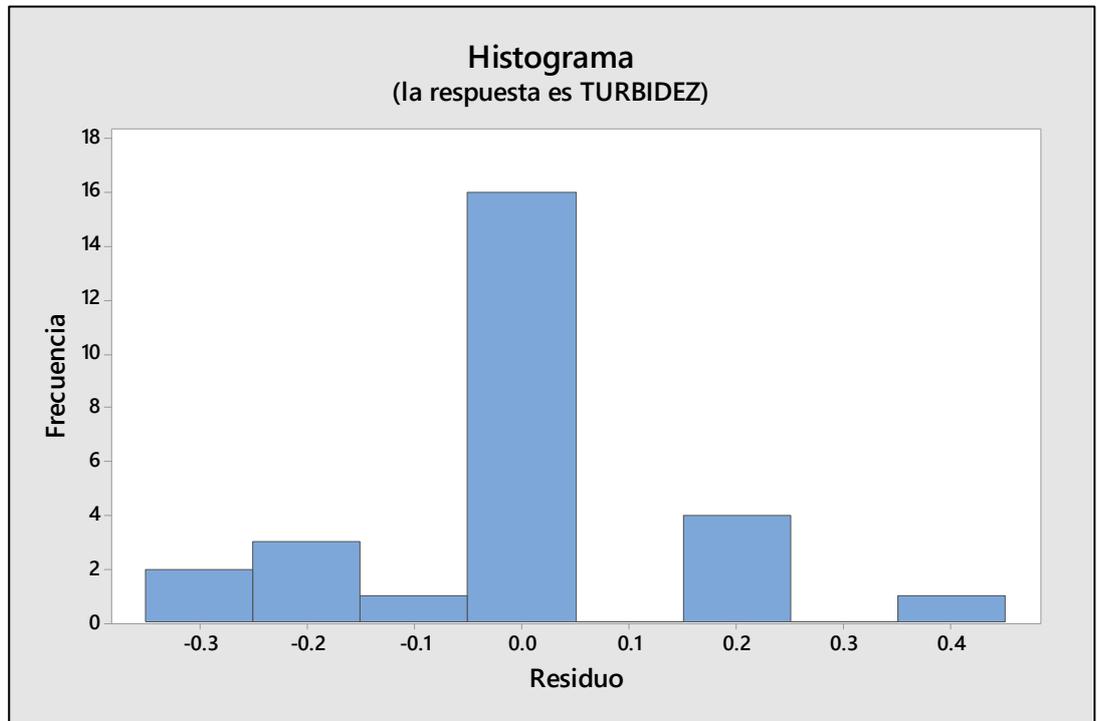


Figura 93. Histograma para la turbidez - cáscara de papa.

En la figura 94 se observa la gráfica de residuos vs. Orden donde se verifica que los valores obtenidos no muestran un patrón, además de permanecer alrededor de la línea central, por lo tanto, se determina que son residuos independientes.

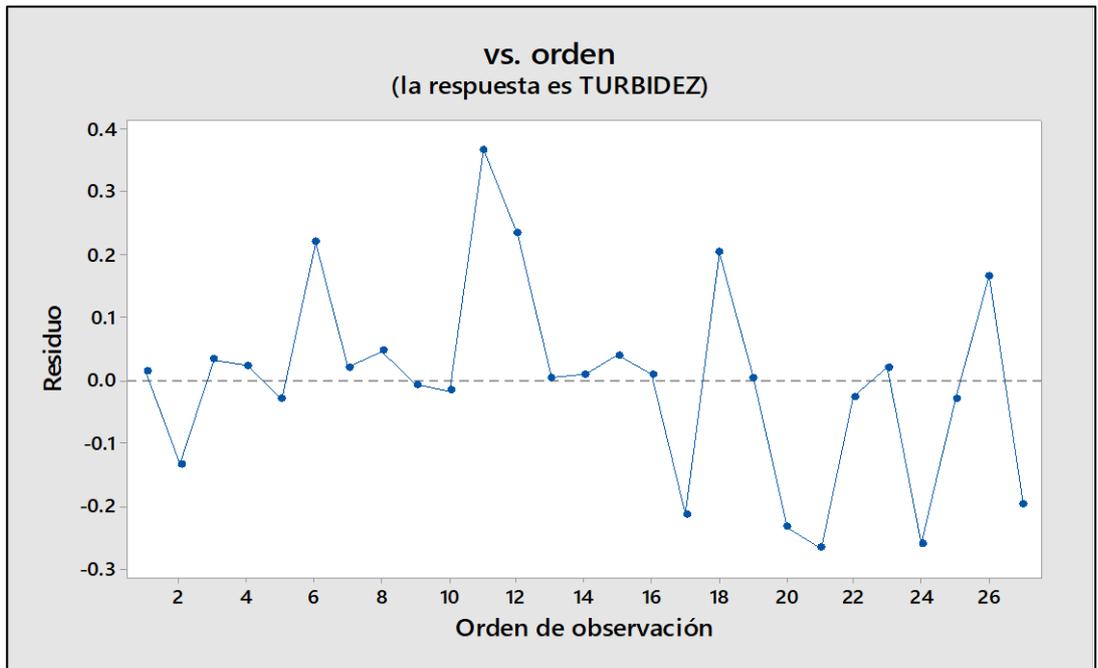


Figura 94. Grafica de residuos vs. orden para la turbidez - cáscara de papa.

La figura 95 nos muestra la gráfica de los efectos principales en la reducción de la turbidez, donde a una dosis de 2.0 g se tuvo una mayor remoción del 94.55 % de turbidez y a un pH de 5 se tuvo una remoción de turbidez del 96.94 %. De igual manera, se observa que a una dosis de 1 g y a un pH de 7 se tuvo una menor remoción de turbidez.

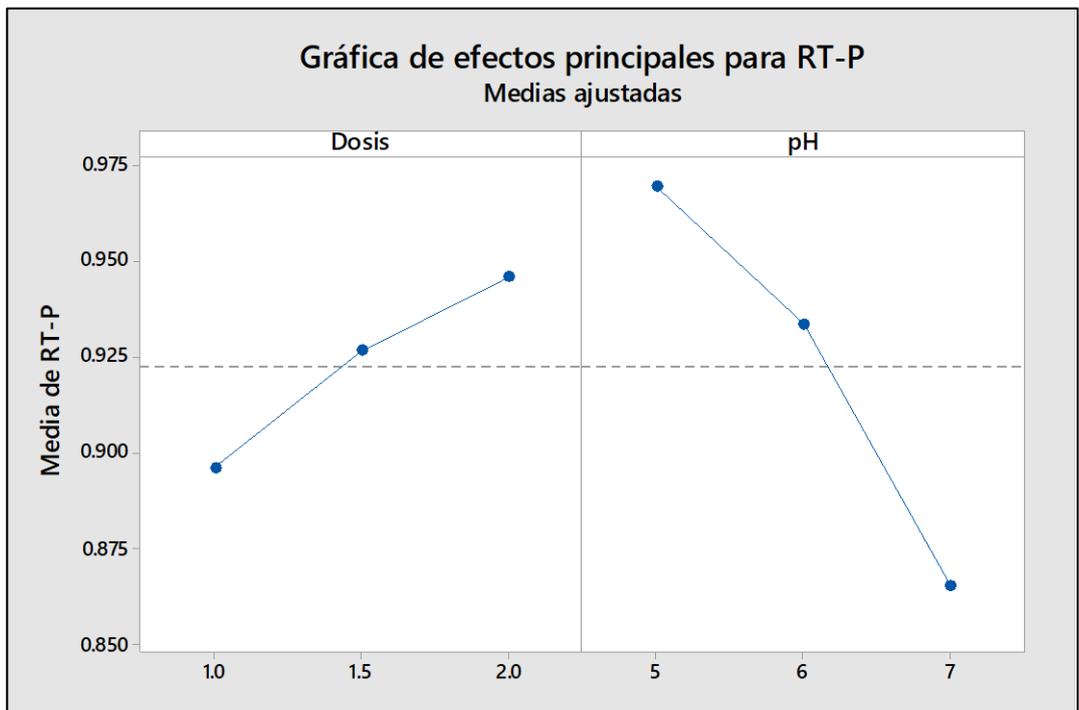


Figura 95. Grafica de efectos principales de la turbidez - cáscara de papa.

En la figura 96 se muestra la gráfica de interacción para la reducción de turbidez con la cáscara de papa, donde se observa que a una interacción de la dosis de 2 g y pH de 5 se tuvo la mayor reducción de turbidez del 97.54 % mientras que a una interacción de la dosis de 1 g y pH 7 se observa una menor reducción.

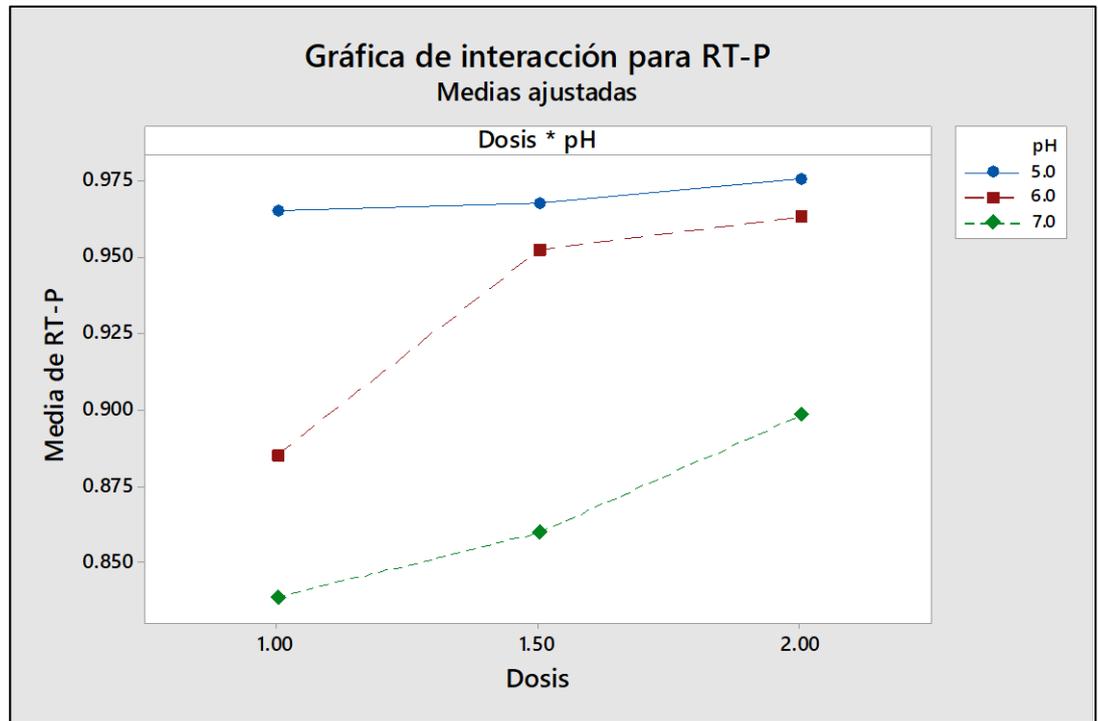


Figura 96. Grafica de interacción para la reducción de la turbidez - cáscara de papa.

En la figura 97 se puede observar la gráfica de distribución F de la turbidez para la cascara de papa donde se especificó el grado de libertad 2 para el numerador (factor de manera individual: Dosis y pH) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor critico de F es 3.555.

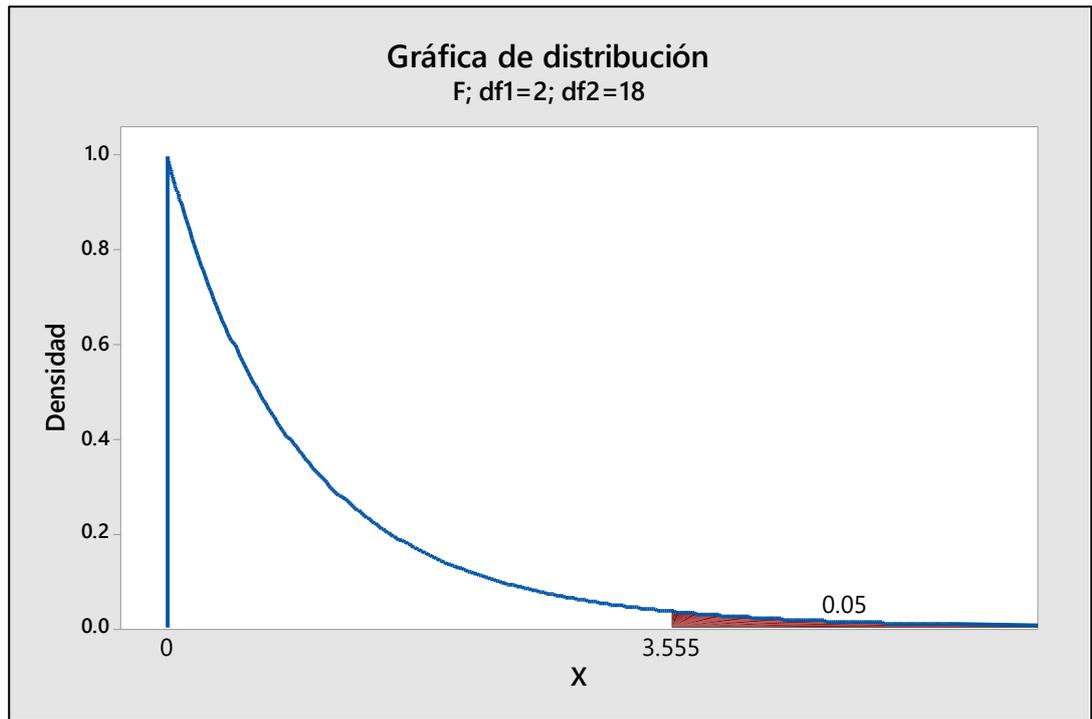


Figura 97. Grafica de distribución F de la turbidez - cáscara de papa.

Para la gráfica de distribución F de la dosis de la figura 98 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis del coagulante de la cáscara de papa no influye notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de turbidez del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 98 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 133985 para Dosis, por lo tanto:

$$133985 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

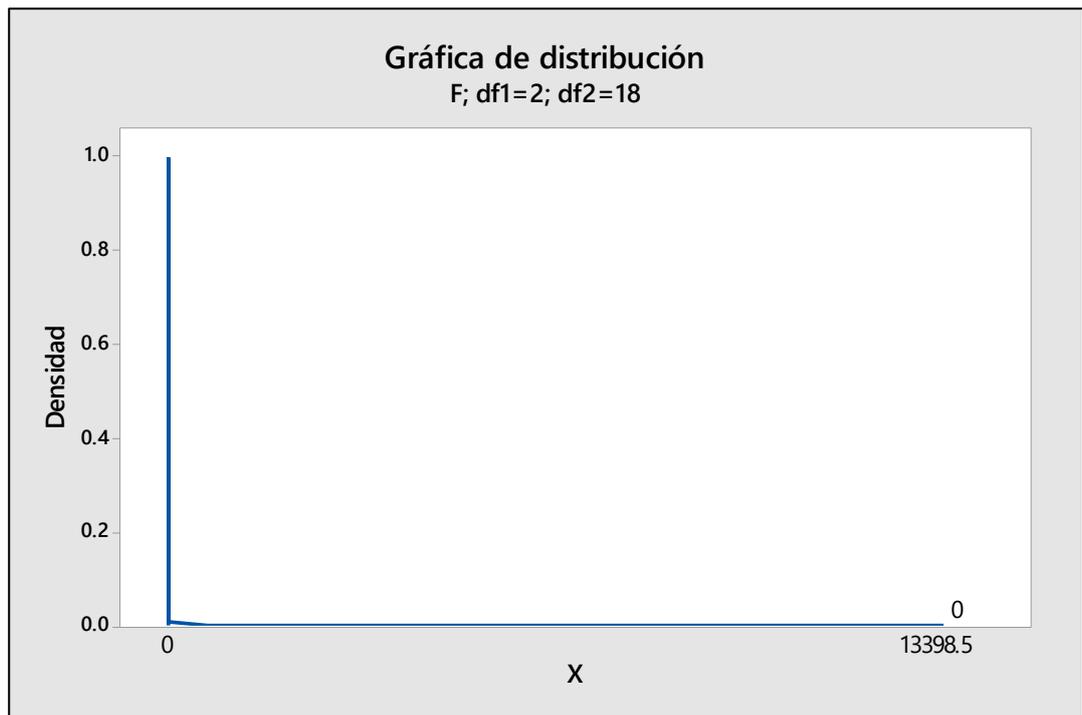


Figura 98. Grafica de distribución F de dosis respecto a la turbidez - cáscara de papa.

Para la gráfica de distribución F del pH de la figura 99 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: El pH del coagulante de la cáscara de papa no influye notablemente en la reducción de la turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: El pH del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de la turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 99 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 60285 para Dosis, por lo tanto:

$$60285 > 3.555$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que el pH del coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de la turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

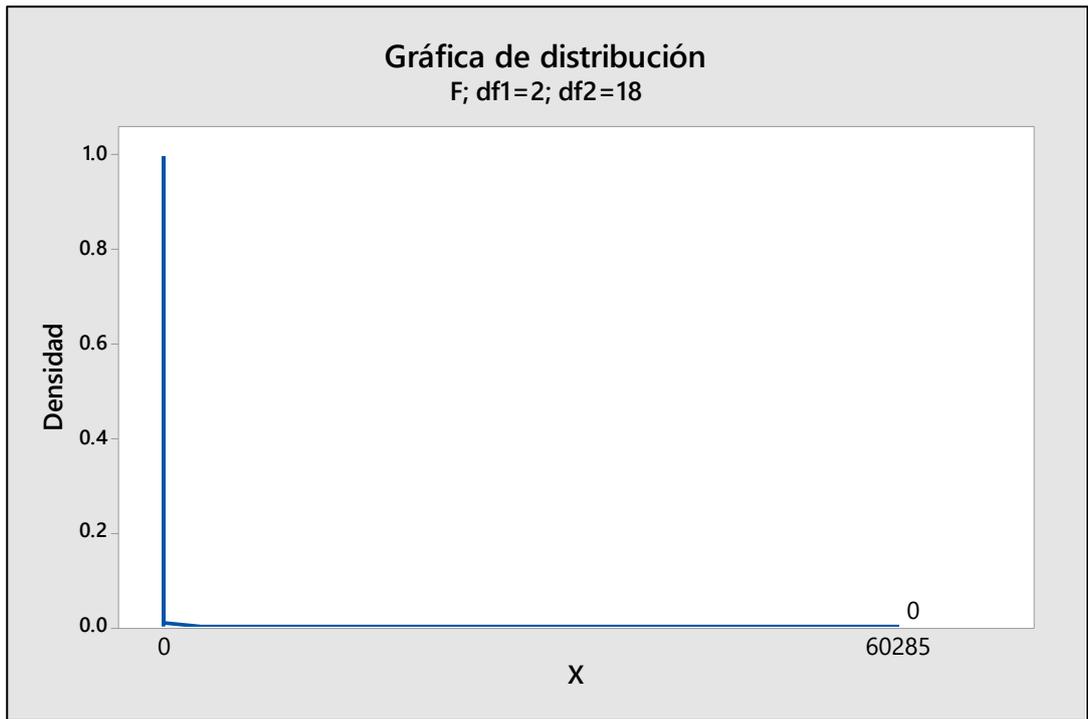


Figura 99. Grafica de distribución F de pH respecto a la turbidez - cáscara de papa.

En la figura 100 se puede observar la gráfica de distribución F donde se especificó el grado de libertad 4 para el numerador (factor Dosis y pH conjuntamente) y un grado de libertad 18 para el denominador (error). También se determinó que el valor crítico de F es 2.928.

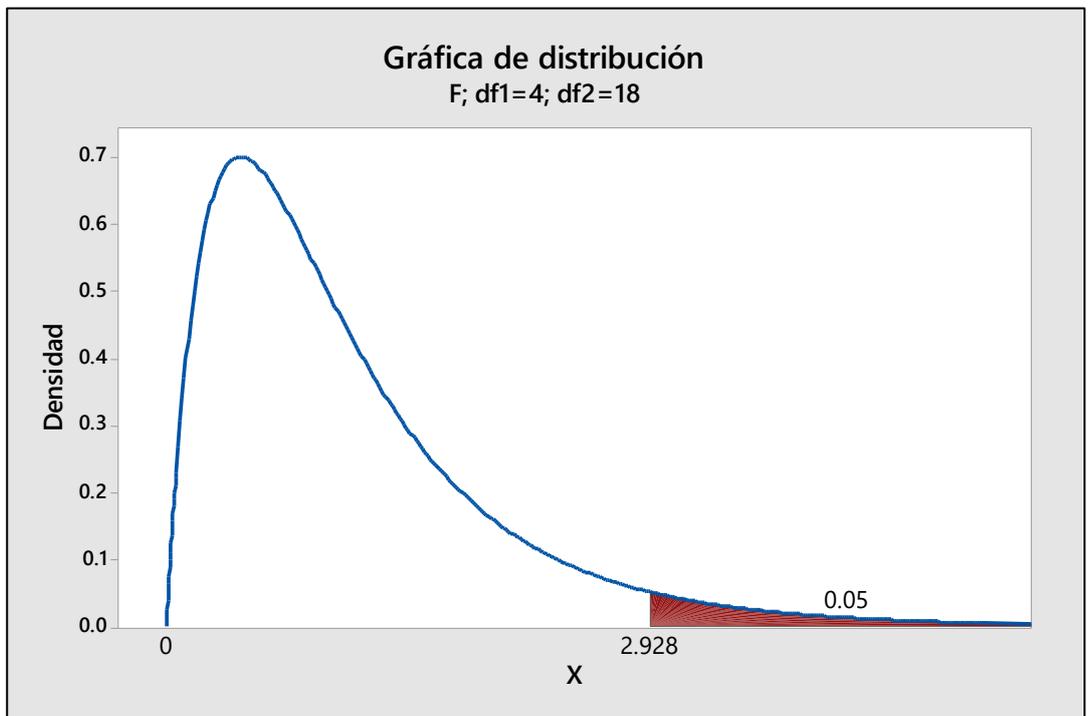


Figura 100. Grafica de distribución F de la turbidez - cáscara de papa.

Para la gráfica de distribución F de Dosis*pH de la figura 101 se planteó la siguiente hipótesis:

Ho: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá no influyen notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Ha: La dosis y pH del coagulante de la cáscara de maracuyá influyen notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

En la figura 65 podemos ver que el resultado de la F calculada es de 3159.88, por lo tanto:

$$3159.88 > 2.928$$

Al observar que la F calculada es mayor a la F crítica, nos encontramos en la región de rechazar la Ho. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la cual es que la dosis y pH del coagulante de la cáscara de papa influyen notablemente en la reducción de turbidez de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

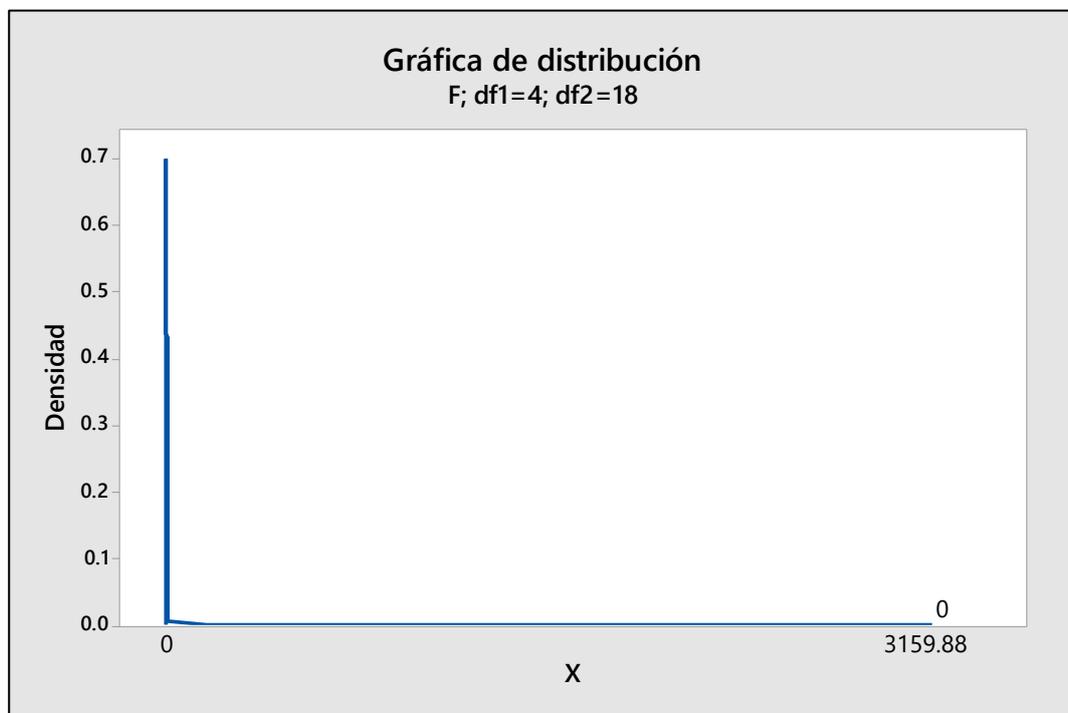


Figura 101. Grafica de distribución F de Dosis*pH respecto a la turbidez - cáscara de papa.

A partir de las Tablas 23, 24 y 26 del análisis de varianza, se pueden calcular los efectos de las variables que interaccionaron con el proceso. En este caso, dichas variables que interaccionaron con el proceso tienen un valor-P de 0.000 resultando inferior que 0.05. Además, a partir de las figuras 77, 89 y 101 de las gráficas de probabilidad, se puede observar que se rechazan las hipótesis nulas y se aceptan las hipótesis alternas en cada parámetro. De esta manera, se desecha la hipótesis nula y se confirma la hipótesis alterna, asegurando que el coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

Contrastación de la tercera hipótesis específica

Para la verificación de la tercera hipótesis específica se muestra que el coagulante de la cáscara de papa influye notablemente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021, se utilizó el análisis de ANOVA, el diagrama de Pareto. En este análisis, se desarrolló con la relación de las variables de dosis y pH para reducir los contaminantes de los lixiviados (DQO, DBO₅ y turbidez).

4.2.2. Contrastación de la hipótesis general

Comparaciones en parejas de Tukey para DQO

Tabla 26. Comparaciones en pareja de Tukey para DQO

Factor	N	Media	Agrupación
RDQO-M	27	0.6826	A
RDQO-P	27	0.6642	A

La Tabla 30 muestra las comparaciones en parejas de Tukey para la remoción de la DQO tanto para la cáscara de maracuyá (RDQO-M) y la cáscara de papa (RDQO-P). En esta se observa que la mayor remoción comparado entre los materiales coagulantes se da con la cáscara de maracuyá con un valor medio del 68.26 %.

En la Figura 102 indica la similitud de Tukey para la DQO, donde se tiene una mayor remoción para el caso de la cáscara de maracuyá.

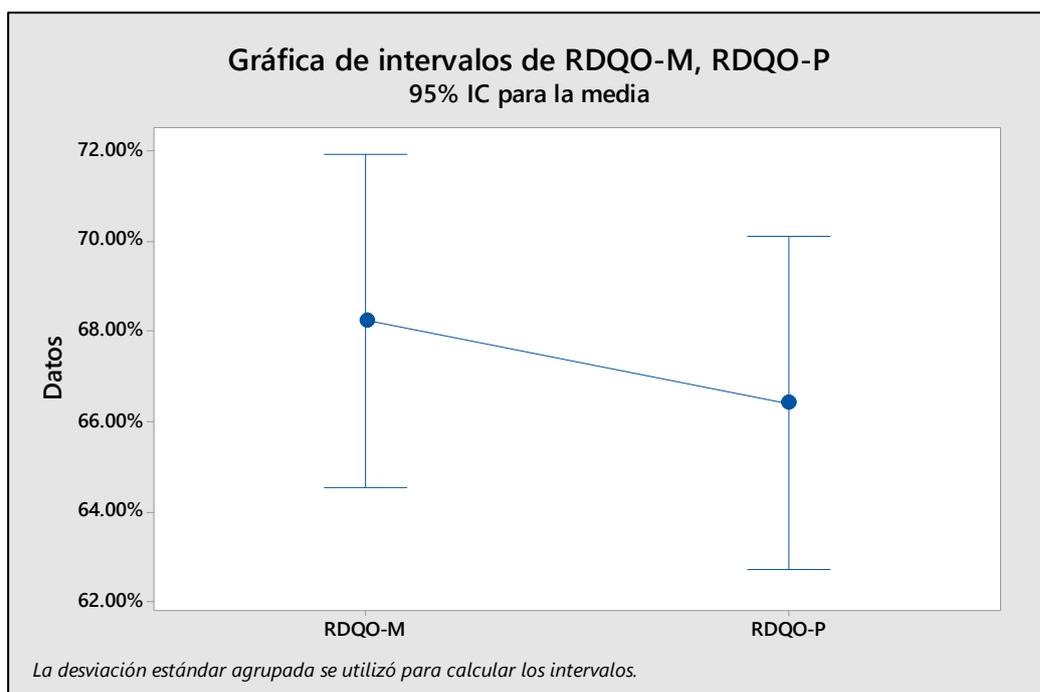


Figura 102. Comparación de Tukey para la DQO

Comparaciones en parejas de Tukey para DBO₅

Tabla 27. Comparaciones en pares de Tukey para DBO₅

Factor	N	Media	Agrupación
RDBO-M	27	0.7469	A
RDBO-P	27	0.7267	A

La Tabla 31 muestra las comparaciones en parejas de Tukey para la remoción de la DBO tanto para la cáscara de maracuyá (RDBO-M) y la cáscara de papa (RDBO-P). En esta tabla, se observa que la mayor remoción comparado entre los materiales coagulantes se da con la cáscara de maracuyá con un valor medio del 74.69 %

En la Figura 103, se especifica la paridad de Tukey para la DBO, donde se tiene una mayor remoción para el caso de la cáscara de maracuyá.

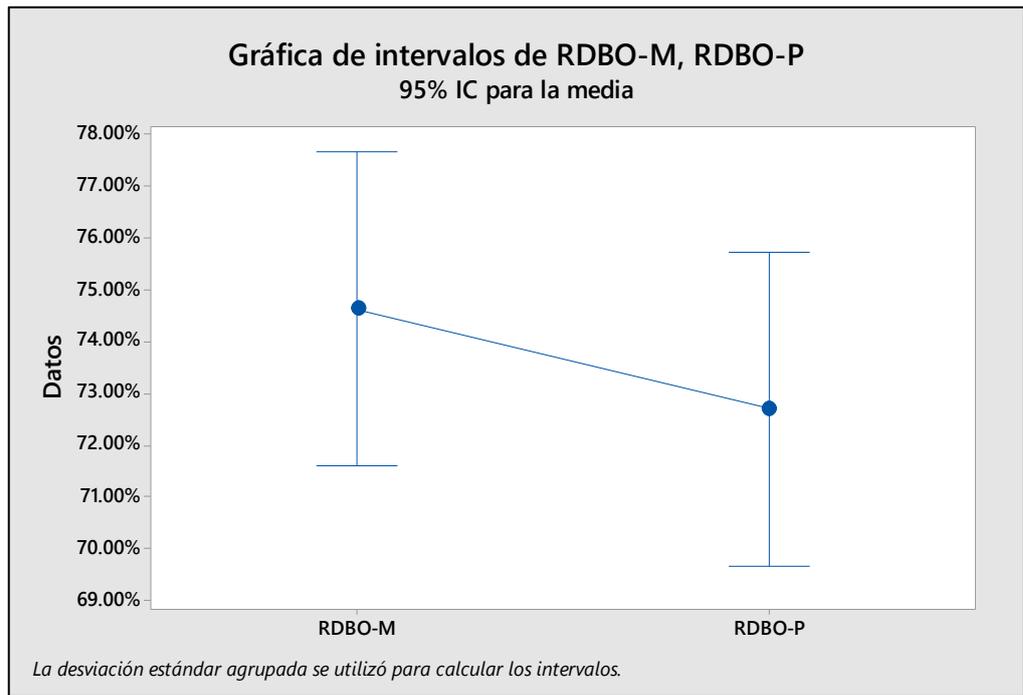


Figura 103. Comparación de Tukey para la DBO_5

Comparaciones en parejas de Tukey para la turbidez

Tabla 28. Comparaciones en pareja de Tukey para la turbidez

Factor	N	Media	Agrupación
RT-M	27	0.9323	A
RT-P	27	0.9233	A

La Tabla 32 muestra las comparaciones en parejas de Tukey para la remoción de la turbidez tanto para la cáscara de maracuyá (RT-M) y la cáscara de papa (RT-P). Se observa que la mayor remoción comparado entre los materiales coagulantes se da con la cáscara de maracuyá con un valor medio del 93.23%.

En la Figura 104, se muestra la comparación de Tukey para la turbidez, donde se tiene una mayor remoción para el caso de la cáscara de maracuyá.

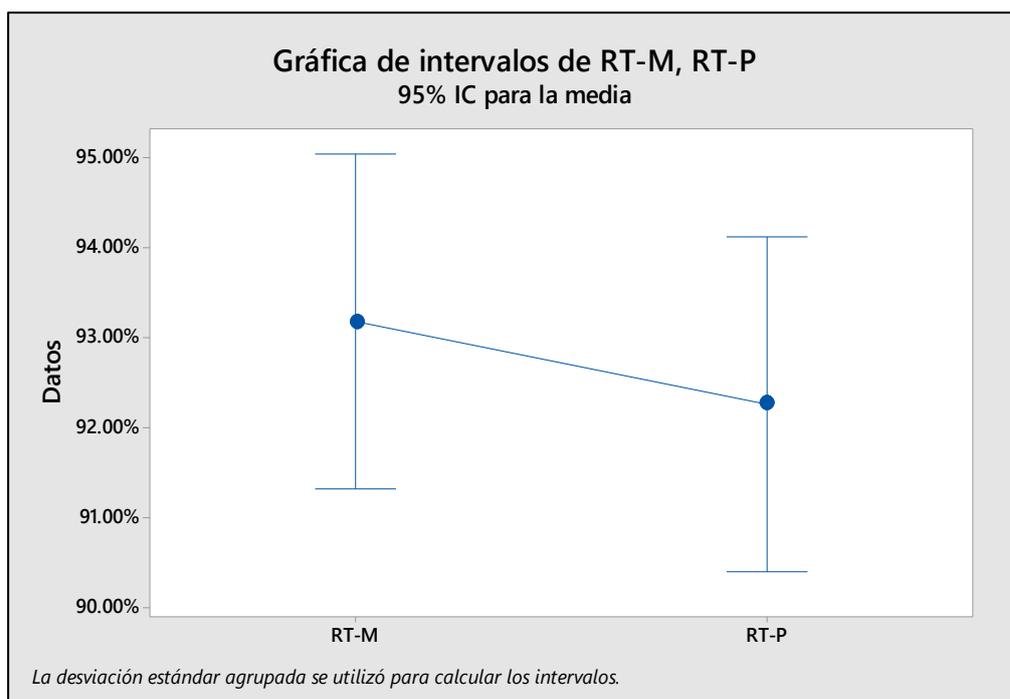


Figura 104. Comparación de Tukey para la turbidez

Basándonos en las comparaciones por Tukey y el análisis de varianza nos muestra los efectos de las variables que interaccionaron con el proceso, en este caso, dichas variables que interaccionaron con el proceso tienen un valor-P de 0.000, dicho valor es inferior que 0.05. De esta manera, se desestima la hipótesis nula y se asume la hipótesis alterna, afirmando que la cáscara de maracuyá y papa influye directamente en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Caracterización fisicoquímica de los lixiviados

Se recolectaron muestras de lixiviados del botadero de Chupaca, donde se tuvo valores de DQO de 7641 mg/L, DBO₅ de 4981mg/L y turbidez de 287.19 NTU. De manera similar, Al-Hamadani (25) tuvo valores de DQO de 2580 mg/L, DBO₅ de 219 mg/L. Por su parte, Muniz (17) tuvo valores de DQO de 3037.5 mg/L, DBO₅ de 1283.3 mg/L y una turbidez de 698 NTU. Según Heyer (22), la conformación de los lixiviados en un vertedero se ve afectado de acuerdo a la estación de tiempo y la zona donde se ubica el relleno sanitario o botadero, los cuales llegan a tener iones NH₄⁺, compuestos tanto inorgánicos e orgánicos y gran cantidad de contaminantes con distintas cantidades de concentraciones, ya sea suspendida o disuelta. Dichos lixiviados afectan de una manera significativa a los terrenos debido a su

complicada composición y diversidad. De hecho, las vertederas asépticas son como reactores donde ocurren reacciones químicas, físicas y biológicas, relacionadas con los RR.SS. y el tiempo del lugar. Con ello, se añaden ingredientes nuevos a los que ya existían. De acuerdo con (59), se muestra una relación entre la edad del botadero, y la peculiaridad de los lixiviados, donde a una edad del botadero menor a 5 años (joven), se tiene DQO de $> 10\ 000$ mg/L, DBO_5/DQO de > 0.5 , entre 5 – 10 años (medio), se tiene DQO de $< 10\ 000$ mg/L, DBO_5/DQO de $0.1 - 0.5$ y mayor a 10 años (antiguo) se tiene DQO de $< 5\ 000$ mg/L, DBO_5/DQO de < 0.1 . A partir de lo planteado por Yadav, el vertedero de lixiviados objeto de estudio tiene una edad media que va entre los 5 y 10 años (59).

4.3.2. Influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021

Para ver la influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de los contaminantes de lixiviado del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. En las Tablas 14, 15 y 16 se observa que a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de los contaminantes de lixiviado, donde se reduce la DQO en un 81.60 %, DBO_5 de 83.82 % y la turbidez en un 97.88%. Con ello se hace evidente que la reducción de los contaminantes de los lixiviados está sujeto a una mayor cantidad de dosis del coagulante y un pH menor, siendo inversamente proporcional entre ambas variables de estudio. En esta investigación, se observó una mayor efectividad en la remoción de los contaminantes de los lixiviados utilizando cáscaras de maracuyá a pH ácido y mayor cantidad de dosis. A partir de lo aplicado, los resultados son similares Muniz *et al.* (17) utilizaron como coagulantes naturales semillas maduras de quingombó (*Abelmoschus esculentus*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). Con ello, se logra reducir el 91.5% de la turbidez y el 50.3% de la DQO con las semillas de maracuyá a $1.3\ \text{g L}^{-1}$ y pH de 5. Sifuentes (35) analizó el uso del extracto de la semilla *Passiflora edulis*, removiendo la turbidez en un 82%, con una dosis de 15 mL. Otros estudios con coagulantes naturales se realizaron por Al-Hamadani (25) quien hizo la aplicación de cáscara de psyllium como coagulante en el tratamiento de lixiviados de vertederos, donde la dosis óptima y el pH fueron 7.2 g/L y 7.5, respectivamente, con eficiencias de eliminación de 55%, 80%

y 95% para DQO, color y TSS, respectivamente. Al-Hamadani (25) trabajó a mayores dosis de coagulante y pH mínimos, siguiendo nuestra tendencia de remoción con las cáscaras de maracuyá. Esto se atribuye a la reestabilización de las partículas coloidales cuando se utilizaron coagulantes en dosis superiores. La remoción de los contaminantes de los lixiviados se debió a la remoción de las partículas que sucedió debido a su atracción a los coagulantes de la cáscara de maracuyá producto del potencial zeta positivo de estos coagulantes.

Esta reducción de los contaminantes de los lixiviados se debe también a que las moléculas de proteínas presentes en las semillas de maracuyá tienen un carácter anfotérico y la carga de proteínas depende en gran medida del pH. A pH más bajos, predominan las cargas positivas en los aminoácidos de las moléculas de proteína y el agente coagulante actúa bien en medio ácido. A pH más altos, la aparición de cargas negativas en los aminoácidos proteicos reduce la capacidad del coagulante en proceso (17).

4.3.3. Influencia de la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021

Para ver la influencia de la cáscara de papa en la reducción de los contaminantes de lixiviado del botadero de la MPCH se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. En las Tablas 17, 18 y 19, se observa que a una dosis de 2 g y un pH de 5 se tiene la mayor reducción de los contaminantes de lixiviado, donde se reduce la DQO en un 79.88%, DBO₅ de 83.89 % y la turbidez en un 97.56%. Con ello se hace evidente la reducción de los contaminantes de los lixiviados está sujeto a una mayor cantidad de dosis del coagulante y un pH menor, siendo inversamente proporcional entre ambas variables de estudio. En la presente investigación se observó una mejor eficacia en la extracción de los contaminantes de los lixiviados utilizando la cascara de maracuyá a pH ácido y mayor cantidad de dosis. Se han encontrado resultados similares obtenidos por Alvarado y otros (18), quien tuvo una mayor remoción de la turbidez trabajando a 2.5 g de cáscara de papa como coagulante. Sedolfo y otros (23) trabajaron en rangos de dosis de 10 mg/L–500 mg/L de cáscara de papa como coagulante, logrando una remoción de la turbidez del 99.6%. Camacho (24) evaluó la reducción de turbidez mediante la cáscara de papa donde tuvo el mayor resultado de reducción de la turbidez de un 81.32% con

una dosis de 10 mg/L. Se infiere que el amontonamiento de contaminantes en el agua de lixiviado se desarrolló por el proceso de coagulación— conformación de interpartículas molidas y prisioneras por barrido— porque la cáscara de las papas se compone sustancialmente de almidón. Esto proporciona partículas poliméricas de alto peso molecular formadas por grandes enlaces iónicos, que permiten la adsorción química mediante partes coloidales en 1 a más puntos fijos de coagulación. Como resultado, esto deja libre el resto de la cadena, por lo que puede ondularse en el líquido y, a su vez, agregarse a otro coloide. Esto acaba formando una base molecular que une una partícula con otra. La repetición de esta característica entre otras motas hace posible que se unan en masa. De acuerdo con Choumane (31), afirma que el mecanismo de coagulación está asociado con los coagulantes naturales floculantes son principalmente la adsorción y neutralización de carga, así como la adsorción y la unión entre partículas. La adsorción y la neutralización de carga se relacionan con la sorción de partículas con iones de carga inversa, mientras que el puente entre partículas ocurre cuando el coagulante-floculante proporciona una cadena polimérica de parches aspirados. Los coagulantes/floculantes poliméricos se asocian frecuentemente con estructuras de cadena larga, en particular polímeros con una atención de alto peso molecular. Esto aumenta considerablemente el número de sitios de adsorción disponibles. Debido a esos sitios de adsorción disponible, es posible la reducción de los contaminantes de los lixiviados.

4.3.4. Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH en el año 2021

La Tabla 20 muestra la influencia de la cáscara de maracuyá y la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero municipal de la provincia de Chupaca, donde se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7. Se observa que la cáscara de maracuyá tiene una reducción de DQO del 81.60%, DBO₅ de 83.82% y la turbidez de 97.88%, mientras que la cáscara de papa tiene una reducción de DQO del 79.88 %, DBO₅ de 83.89% y la turbidez de 97.56%, teniendo así que la influencia de la cáscara de maracuyá es mayor que la influencia de la cáscara de papa. Sedolfo (23) estudió la influencia de la cáscara de papa y plátano, donde tuvo una remoción de la turbidez de un 97% con las

cáscara de papa y un 89% con la cáscara de plátano. Camacho (24) trabajo con dos tipos de coagulante: uno natural (cáscara de papa) y otro químico (sulfato de aluminio). Con una turbidez de 59.60 UNT, donde a una dosis de 40 mg/L de sulfato de aluminio se tuvo una remoción del 92.51 %, mientras que el coagulante natural removió 81.32 % al emplear una dosis de 10 mg/L. Barbarán y otros (32) obtuvieron coagulantes de las semillas de durazno (*Prunus persica*) y aguacate (*Persea americana*). La semilla de durazno tiene un porcentaje de remoción del 92.95 % a 15 g/L, mientras que la semilla de palta a 5 g/L, un 48.92%. Este resultado se debe a que las semillas de durazno fueron desengrasadas. En otras investigaciones, se utilizó la cáscara de la papa como sustituto de coagulación del sulfato de aluminio (33). En esta, se tuvo la cantidad perfecta para 70 NTU es de 40 mg/L de sulfato de aluminio y 12 mg/L de almidón. Camacho y otros (24) buscó la eficiencia de la cáscara de papa como coagulante con una concentración optima de 50 mL/L de coagulante. Esta reduce el grado de opacidad del líquido generado en la industria textil en un 34.7%, sólidos suspendidos en un 42.7%, la conductividad eléctrica en un 10.9%, pH en un 22.5%, DQO en un 23.7%, DBO₅ en un 36.4%.

En la presente investigación la influencia de las cáscaras de maracuyá y papa fueron afectadas por el pH y dosis del coagulante, donde a pH más bajos predominan las cargas positivas en los aminoácidos de las moléculas de proteína y el agente coagulante actúa bien en medio ácido. A pH más altos, la aparición de cargas negativas en los aminoácidos proteicos reduce la capacidad del coagulante en proceso y a dosis más altas los coagulantes tienen en su mayoría grandes cantidades de almidón en su composición. Así, se generan moléculas con alto peso molecular, contenidas por grandes cadenas de iones, que adsorben parches coloidales. Por lo tanto, los dos coagulantes son beneficiosos en el tratamiento de los lixiviados, ya que solo tienen una diferencia de 1.5% por parámetro analizado. Esta variación es producto, sobre todo, de las propiedades que tiene cada coagulante.

La investigación realizada fue adecuada para corroborar la excelencia que presenta el uso de coagulantes naturales en el tratamiento de lixiviados. Por lo tanto, no tienen ningún efecto perjudicial o peligroso para la salud. Esto significa que esta oferta se puede utilizar para mejorar la calidad del agua y la vida de los ocupantes la provincia de Chupaca.

CONCLUSIONES

1. La principal conclusión es que ambos elementos analizados sí tienen una reducción directa en los niveles de agentes contaminantes de los lixiviados del botadero de la MPCH. Sin embargo, la influencia de la cáscara de maracuyá es mayor que la influencia de la cáscara de papa en este objetivo.
2. La caracterización fisicoquímica de los lixiviados del botadero de la MPCH se realizó a partir de la selección de muestras que han sido procesadas con el método de jarras. Se obtuvo valores de DQO de 7641 mg/L, DBO₅ de 4981 mg/L y turbidez de 287.19 NTU. Esto indica que no se cumple con los parámetros establecidos por el ente regulador a través de su ECA
3. Se determinó la influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH, donde se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5.0, 6.0 y 7.0, donde a una dosis de 2 g y pH de 5 se tiene la mayor reducción de los contaminantes de los lixiviados de DQO de 81.60%, DBO₅ de 83.82% y la turbidez de 97.88%. En general, la influencia de la cáscara de maracuyá en la reducción de los contaminantes de los lixiviados tuvo una reducción de DQO de 68.26%, DBO₅ de 74.69% y la turbidez de 93.23%.
4. Se determinó la influencia de la cáscara de papa en la disminución de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH, donde se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5.0, 6.0 y 7.0, donde a una dosis de 2 g y pH de 5 se tiene la mayor reducción de los contaminantes de los lixiviados de DQO de 79.88%, DBO₅ de 83.89% y la turbidez de 97.56%, en general la influencia de la cáscara de papa en la reducción de los contaminantes de los lixiviados tuvo una reducción de DQO de 66.42%, DBO₅ de 72.67% y la turbidez de 92.33%.
5. Se determinó la influencia de la cáscara de maracuyá y la cáscara de papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la MPCH, donde se trabajó a una dosis de coagulante de 1 g, 1.5 g y 2 g y un pH de 5, 6 y 7, se observa que la cáscara de maracuyá tiene una reducción de DQO del 81.60%, DBO₅ de 83.82% y la turbidez de 97.88%, mientras que la cáscara de papa tiene una reducción de DQO del 79.88 %, DBO₅ de 83.89% y la turbidez de 97.56 %. Por ello, se concluye que tienen ambas variables tienen un efecto en la reducción de agentes

contaminantes de los lixiviados del botadero municipal provincial de Chupaca, pero la cáscara de maracuyá actúa de mejor forma en la reducción de contaminantes que la cáscara de papa.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al botadero municipal de Chupaca realizar caracterizaciones periódicas para establecer parámetros de trabajo permanente en un proyecto a largo plazo. Con esta data se podrá tener un control más eficaz acerca de los niveles de contaminación por lixiviados. A partir de ello, se podría realizar un control del análisis fisicoquímico de los efectos de las cáscaras de maracuyá y de papa en la generación de los componentes que permiten la reducción de los contaminantes de los lixiviados. Con las caracterizaciones periódicas puede contrastarse las mejores técnicas de aplicación, la sostenibilidad del uso de estos productos naturales y oportunidades de mejora. Todo esto como parte de prácticas eficientes en la RSU.

Debido a que la obtención de estos coagulantes naturales es de una manera fácil y sencilla, se recomienda realizar estudios a mayor rango para estudiar si es posible o no en modelos de gestión de RSU. De esta forma, se podría mejorar la calidad del agua que luego se utiliza en actividades agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Diario Correo. Contaminación en Huamancaca [en línea], 2020. *Diario Correo*. [Fecha de consulta: 14 de enero 2021]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/peru/mantaro-arrasa-con-200-tn-de-basura-428882/>
- (2) Ministerio del Ambiente [Minam]. *Diagnósticos de la situación de las brechas de infraestructura o de acceso a bienes / servicios* [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 5 de marzo 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/oficina-general-de-planeamiento-y-presupuesto/wp-content/uploads/sites/139/2019/04/Diagnostico-de-la-situacion-de-brechasSector-Ambiente.pdf>
- (3) RAGHAB, Safaa M., Ahmed M. ABD EL MEGUID a Hala A. HEGAZI. Treatment of leachate from municipal solid waste landfill. *HBRC Journal* [en línea]. 2013, 9(2), 187–192. [Fecha de consulta: 17 de enero 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.hbrcj.2013.05.007](https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.05.007)
- (4) PENG, Yao. Perspectives on technology for landfill leachate treatment. *Arabian Journal of Chemistry* [en línea]. 2017, 10, S2567–S2574. [Fecha de consulta: 12 de abril 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.arabjc.2013.09.031](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.09.031)
- (5) CHELLIAPAN, Shreeshivadasan, Nithiya ARUMUGAM, Mohd. Fadhil MD. DIN, Hesam KAMYAB a Shirin Shafiei EBRAHIMI. *Anaerobic treatment of municipal solid waste landfill leachate* [en línea], 175-193, 2020. [Fecha de consulta: 3 de abril 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/b978-0-12-821264-6.00011-5](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821264-6.00011-5)
- (6) RENO, S., J. G. GIVAUDAN, S. POULAIN, F. DIRASSOUYAN a P. MOULIN. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. 2008, 150(3), 468–493. [Fecha de consulta: 4 de abril 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.jhazmat.2007.09.077](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.077)
- (7) FAUZIAH, S. H. a P. AGAMUTHU. Trends in sustainable landfilling in Malaysia, a developing country. *Waste Management and Research* [en línea]. 2012, 30(7), 656–663. [Fecha de consulta: 1 de marzo 2021]. Disponible en: [doi:10.1177/0734242X12437564](https://doi.org/10.1177/0734242X12437564)
- (8) FAZELI, Alireza, Farzaneh BAKHTVAR, Leila JAHANSHALOO, Nor Azwadi CHE SIDIK a Ali Esfandyari BAYAT. Malaysia's stand on municipal solid waste conversion to energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea]. 2016, 58, 1007–1016. ISSN 18790690. [Fecha de consulta: 10 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.rser.2015.12.270](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.270)
- (9) FUDALA-KSIAZEK, S., M. SOBASZEK, A. LUCZKIEWICZ, A. PIECZYNSKA, A.

- OFIARSKA, A. FISZKA-BORZYSZKOWSKA, M. SAWCZAK, M. FICEK, R. BOGDANOWICZ a E. M. SIEDLECKA. Influence of the boron doping level on the electrochemical oxidation of raw landfill leachates: Advanced pre-treatment prior to the biological nitrogen removal. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2018, 334, 1074–1084. [Fecha de consulta: 10 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.cej.2017.09.196](https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.09.196)
- (10) FOO, K. Y., L. K. LEE a B. H. HAMEED. Batch adsorption of semi-aerobic landfill leachate by granular activated carbon prepared by microwave heating. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2013, 222, 259–264. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.cej.2013.02.032](https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.02.032)
- (11) GAO, J. L., V. OLOIBIRI, M. CHYS, Stijn DE WANDEL, B. DECOSTERE, W. AUDENAERT, Y. L. HE a S. W.H. VAN HULLE. Integration of autotrophic nitrogen removal, ozonation and activated carbon filtration for treatment of landfill leachate. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2015, 275, 281–287. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.cej.2015.04.012](https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.04.012)
- (12) KIJJANAPANICH, Pimluck, Anh Tien DO, Ajit P. ANNACHHATRE, Giovanni ESPOSITO, Daniel H. YEH a Piet N.L. LENS. Biological sulfate removal from construction and demolition debris leachate: Effect of bioreactor configuration. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. 2014, 269, 38–44. [Fecha de consulta: 4 de enero 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.jhazmat.2013.10.015](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.10.015)
- (13) KURNIAWAN, Tonni Agustiono, Wai Hung LO a Gilbert Y.S. CHAN. Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. 2006, 129(1–3), 80–100. [Fecha de consulta: 4 de enero 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.jhazmat.2005.08.010](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.08.010)
- (14) Gerencia Regional de Junín [GRJ]. Plan de acción ambiental regional al 2021. *Gerencia regional de recursos naturales y gestión del medio ambiente* [en línea]. 2014, 23. [Fecha de consulta: 6 de enero 2021]. Disponible en: [http://www.regionjunin.gob.pe/pagina/id/oficina regional de recursos naturales y gestion del medio ambiente/](http://www.regionjunin.gob.pe/pagina/id/oficina%20regional%20de%20recursos%20naturales%20y%20gestion%20del%20medio%20ambiente/)
- (15) Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. *Fiscalización Ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial*. 2015. [Fecha de consulta: 10 de mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/57>
- (16) VALLES, Ana María, 2013, Tratamiento fisicoquímico y biológico de lixiviado del Relleno Sanitario de la ciudad de Chihuahua [en línea]. Tesis de

maestría. Centro de Investigación en materiales avanzados. [Fecha de consulta: 5 de febrero 2021]. Disponible en: <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/127>

- (17) MUNIZ, Gustavo, BORGES, Alisson Carraro y Teresa Cristina Fonseca da SILVA. Performance of natural coagulants obtained from agro-industrial wastes in dairy wastewater treatment using dissolved air flotation. *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. 2020, 37(April), 101453. [Fecha de consulta: 5 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.jwpe.2020.101453](https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101453)
- (18) ALVARADO CARMONA, Ludyng Natalia. Uso de las Cáscaras de Papa como Coagulante Natural en el Tratamiento de Aguas Potables de la Planta "La Diana". *Publicaciones e Investigación* [en línea]. 2012, 6, 115. ISSN 1900-6608. [Fecha de consulta: 1 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.22490/25394088.1115](https://doi.org/10.22490/25394088.1115)
- (19) OKAIYETO, Kunle, Uchechukwu NWODO, Leonard MABINYA a Anthony OKOH. Characterization of a bioflocculant produced by a consortium of Halomonas sp. Okoh and Micrococcus sp. Leo. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea]. 2013. [Fecha de consulta: 2 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.3390/ijerph10105097](https://doi.org/10.3390/ijerph10105097)
- (20) MARTINEZ, Alfredo. Método alternativo para tratar lixiviados maduros mediante el proceso de coagulación-floculación con mucílago de Opuntia ficus-indica. Tesis (título de Maestro en Ingeniería Ambiental). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2017. [Fecha de consulta: 5 de marzo 2021]. Disponible en: https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000766872
- (21) SHARMA, Shubham, Amit K JAISWAL a Swarna JAISWAL. Potato [en línea]. 2020, 339–347. [Fecha de consulta: 5 de marzo 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/B978-0-12-812780-3.00021-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00021-0)
- (22) HEYER, K & R STEGMANN. Leachate management: leachate generation, collection, treatment and costs, *Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft* [en línea], 2001, (August), 1–23. [Fecha de consulta: 5 de febrero 2021]. Disponible en: <http://www.ifashamburg.de/pdf/leachate.pdf>, 2001
- (23) JOSÉ, Sedolfo, Carrasquero FERRER, Stefany Montiel FLORES, Daniela Faría PERCHE, Paola MARÍA, Parra FERRER, Julio Cesar MARÍN, Altamira ROSA a Díaz MONTIEL. Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Sonalum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* [en línea], 2017, 13(2), 90–99. [Fecha de consulta: 6 de enero 2021]. Disponible en: <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1941>

- (24) CAMACHO, O. [et al]. Use of potato peels (*Solanum tuberosum* L) in the clarification of the water of the Ciénaga de Malambo. *Revista Investigación e Innovación en Ingenierías*. 2020, 8(1), 100–111. [Fecha de consulta: 10 de mayo 2021]. Disponible en: [DOI:10.17081/invinno.8.1.3572](https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3572)
- (25) AL-HAMADANI, Yasir A.J., Mohd Suffian YUSOFF, Muhammad UMAR, Mohammed J.K. BASHIR a Mohd Nordin ADLAN. Application of psyllium husk as coagulant and coagulant aid in semi-aerobic landfill leachate treatment. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. 2011, 190(1–3), 582–587. [Fecha de consulta: 12 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.jhazmat.2011.03.087](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.03.087)
- (26) SINGH, Joginder a Anil KUMAR. Effect of pretreatment by coagulation on stabilized landfill leachate during anaerobic treatment. *Cogent Environmental Science* [en línea]. 2016, 2(1). ISSN 2331-1843. [Fecha de consulta: 12 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.1080/23311843.2016.1209993](https://doi.org/10.1080/23311843.2016.1209993)
- (27) BANCH, Tawfiq, Marlia HANAFIAH, Abbas ALKARKHI a Salem ABU. Factorial Design and Optimization of Landfill Leachate Treatment Using Tannin-Based Natural Coagulant. *polymers*. 2019, 11 (8), 1349. [Fecha de consulta: 5 de abril 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/514886>
- (28) LI, Wei, Tao HUA, Qixing ZHOU, Shuguang ZHANG a Fengxiang LI. Treatment of stabilized landfill leachate by the combined process of coagulation/flocculation and powder activated carbon adsorption. *Desalination* [en línea]. 2010, 264(1–2), 56–62. [Fecha de consulta: 10 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/j.desal.2010.07.004](https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.07.004)
- (29) NÁJERA, Hugo, CASTAÑÓN, Humberto, FIGUEROA, Alonso y Neftali ROJAS. Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En VERA, PEdro, Estudios Ambientales y Riesgos Naturales, 2016, pp.61-87 [Fecha de consulta: 10 de mayo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Maria-Rojas-Valencia/publication/265050517_Una_alternativa_para_el_tratamiento_de_lixivios_maduros_generados_en_el_relleno_sanitario_de_Tuxtla_Gutierrez_Chiapas_Mexico/links/53fcf0240cf2364ccc064f86/Una-alternativa-p
- (30) CANEPA, Laines, José RAMÓN, Jorge ALBERTO, Goñi ARÉVALO, Randy HOWARD, Adams SCHROEDER a Camacho CHIU. Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario. *Interciencia* [en línea], 2008, 33, (january), 22–28. [Fecha de consulta: 10 de mayo 2021]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442008000100006&script=sci_arttext
- (31) CHOUMANE, Fatima Zohra, Fatma KANDOUCCI a Bouhana MAACHOU.

Use of the Potato Peels and the Bentonite as Additives of Flocculation in the Wastewater Treatment of the STEP of Saïda [en línea]. En *International Symposium on Materials and Sustainable Development*. Springer, Cham, 2017. p. 506-515. [Fecha de consulta: 6 de febrero 2021]. Disponible en: [doi:10.1007/978-3-319-89707-3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-89707-3)

- (32) BARBARÁN, Hellen, Jhanny LÓPEZ a Julio CHICO. Removal of water turbidity with natural coagulants obtained from peach seeds (*prunus persica*) and avocado (*persea americana*), [en línea]. 2017, 5(1), 7–16. [Fecha de consulta: 5 de enero 2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19604691/>
- (33) CHALCO, Manuel. *Determinación de la eficiencia del almidón de papa (Solanum tuberosum) como auxiliar de coagulación del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez del agua del río Caplina* [en línea]. Tesis (título ingeniero químico). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2016. [Fecha de consulta: 16 de enero 2021]. Disponible en: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2463/814_2016_chalco_flores_mh_fain_ingenieria_quimica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- (34) HURTADO, Joan y Efrain YRLEQUE. *Determinación De La Capacidad Clarificadora Del Coagulante Natural Extraído De La Papa (Solanum Tuberosum) En La Purificación Del Agua Del Río Patari Para Uso De Consumo Humano*. [en línea]. Tesis (título ingeniero ambiental y recursos naturales). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2017. [Fecha de consulta: 20 de enero 2021]. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3822/HURTADO%20VANDER%20SCHATTE%20OLIVIER%20Y%20YARLEQUE%20NAVARRO_PREGRADO_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- (35) SIFUENTES, Jazmin. Evaluación del coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá (*passiflora edulis*) en la remoción de la turbidez de una solución modelo. Tesis (título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Privada del Norte, 2019. [Fecha de consulta: 6 de enero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24352/Sifuentes%20Iparraguirre%2c%20Jazmin%20Karina-convertido.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- (36) TTITO, Ruth Mery. Evaluación de la eficacia del almidón de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) como auxiliar del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano en condiciones altoandinas. Tesis (título de Ingeniero Ambiental). Juliaca: Universidad Peruana Unión. 2018. [Fecha de consulta: 17 de junio 2021]. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1714/Ruth_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- (37) BRONCANO, Lizeth y ROSARIO, Nancy. Eficiencia del (*Tropaelum Tuberosum*) y la cáscara de (*Solanum Tuberosum*) como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos en el río Lullán, provincia de Caraz, Ancash-2016 [online]. Tesis (título de Ingeniero Ambiental). Huaraz. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. 2017. [Fecha de consulta: 10 de junio 2021]. Disponible en: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1976/T033_46281051_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- (38) RAO, M, Razia SULTANA a Sri KOTA. *Chapter 2 - Municipal Solid Waste BT - Solid and Hazardous Waste Management* [en línea], 2017. [Fecha de consulta: 30 de mayo 2021]. Disponible en: https://dnr.wi.gov/topic/SmallBusiness/documents/ERP/printing/ERP_chapter2_Waste_2017.pdf
- (39) USMANI, Zeba, Vipin KUMAR, Sunita VARJANI, Pratishta GUPTA, Rupa RANI a Avantika CHANDRA. Municipal solid waste to clean energy system: A contribution toward sustainable development. In: *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Resource Recovery from Wastes* [en línea]. B.m.: Elsevier, 2020, s. 217–231. [Fecha de consulta: 30 de marzo 2021]. Disponible en: [doi:10.1016/B978-0-444-64321-6.00011-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64321-6.00011-2)
- (40) ORIHUELA, Carlos. Un Análisis de la Eficiencia de la Gestión Municipal de Residuos Sólidos en el Perú y sus determinantes. *Instituto Nacional de Estadística e Informática* [INEI]. 2018. [Fecha de consulta: 20 de abril 2021]. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/investigaciones/residuos-solidos.pdf>
- (41) LLANOS, Grecia. Ministerio del Ambiente: hay un déficit de 246 rellenos sanitarios. 2017. En Ministerio del Ambiente [MINAM]. [Fecha de consulta: 18 de marzo 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/medios/prensa-escrita/hay-un-deficit-de-246-rellenos-sanitarios-correo-200817/>
- (42) LLANOS, Grecia. Ministerio del Ambiente: hay un déficit de 246 rellenos sanitarios. 2017. En Ministerio del Ambiente [MINAM]. [Fecha de consulta: 31 de abril 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/medios/prensa-escrita/hay-un-deficit-de-246-rellenos-sanitarios-correo-200817/>
- (43) ROBLES, Fabián. Generación de Biogás y Lixiviados en los Rellenos Sanitarios. 2013. Tesis. (Maestra en Ciencias en Bioprocesos), 2014. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible en:

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/18668/Tesis%20Paulina%20Rebeca%20Cardenas%20Moreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- (44) ALCANTAR, René. *Evolución de las características físico-químicas del lixiviado generado en el Relleno Sanitario Bordo Poniente.* Tesis. (Maestra en Ingeniería Ambiental), 2014. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. [Fecha de consulta: 10 de marzo 2021]. Disponible en: https://repositorio.unam.mx/contenidos/evolucion-de-las-caracteristicas-fisicoquimicas-del-lixiviado-generado-en-el-relleno-sanitario-bordo-poniente-292992?c=56x30j&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_1&as=1
- (45) KÖFALUSI, Gábor Kiss y AGUILAR, Guillermo Encarnación. Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta ecológica* [en línea], 2006, no 79, p. 39-51. [Fecha de consulta: 19 de abril 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907903.pdf>
- (46) ROSALES, Aida. *Procesos de Oxidación Avanzada Tipo Fenton con y sin Luz Solar para el Tratamiento de Lixiviados Pretratados de Rellenos Sanitarios.* Tesis. (Maestra en Ingeniería Ambiental), 2014. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. [Fecha de consulta: 6 de enero 2021]. Disponible en: https://repositorio.unam.mx/contenidos/procesos-de-oxidacion-avanzada-tipo-fenton-con-y-sin-luz-solar-para-el-tratamiento-de-lixiviados-pretratados-de-rellen-81642?c=eaZNGj&d=true&q=*&i=4&v=1&t=search_0&as=0
- (47) PEDRO, L.S. *Tratamiento de Lixiviados Mediante Fenton-adsorción.* Tesis. (Maestra en Ingeniería Ambiental), 2015. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán. [Fecha de consulta: 6 de febrero 2021]. Disponible en:
- (48) SCHOTSMANS, W C. Passion fruit (*Passiflora edulis* Sim.) Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition [en línea]. 2011, 125-142. [Fecha de consulta: 10 de abril 2021]. [Fecha de consulta: 15 de marzo 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978085709090450007X>
- (49) MANAHAN, Stanley E. *Introducción a la química ambiental.* 2013, Ciudad de México: Editorial Reverté.
- (50) CÁNEPA DE VARGAS, Lidia. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. *Manual 1: Teoría.* Capítulo 9. [en línea]. 2005, 83–88. [Fecha de consulta: 10 de marzo 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/38DnSX3>
- (51) ZAMUDIO, Evelyn. Acoplamiento del proceso de coagulación-Floculación por biopolímeros y desinfección por ozono de aguas residuales municipales.

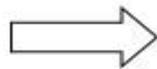
Tesis. (Título de Maestra en Ciencias en ioprocesos) 2013. Ciudad de Mexico: Instituto Politécnico Nacional. [Fecha de consulta: 17 de abril 2021]. Disponible en:

https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19534/Evelyn_Zamudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- (52) LEE, Wilson. *Un vistazo a la tecnología de coagulación-floculación* [en línea]. 2014. [Fecha de consulta: 13 de abril 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/39981010-Un-vistazo-a-la-tecnologia-de-coagulacion-floculacion.html>
- (53) ASRAFUZZAMAN, Md., A. N. M. FAKHRUDDIN a Md. Alamgir HOSSAIN. Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. *ISRN Microbiology* [en línea]. 2011, (December), 1–6. [Fecha de consulta: 7 de marzo 2021]. Disponible en: [doi:10.5402/2011/632189](https://doi.org/10.5402/2011/632189)
- (54) QUIMINET. Monómeros y polímeros. *QuimiNet*. 2013. [Fecha de consulta: 19 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/monomeros-y-polimeros-303.htm>
- (55) GELYMAR. Hidrocoloides. *Gelymar* [en línea]. 2013. [Fecha de consulta: 20 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.gelymar.com/es/productos/ingredientes/carragenina/>
- (56) CARPINTEYRO, Sandra. *Tratamiento de Aguas Residuales empleado polímeros naturales y biodegradabilidad de los lodos generados*. Tesis. (Título de Maestra en Ciencias en ioprocesos) 2011. Ciudad de Mexico: Instituto Politécnico Nacional. [Fecha de consulta: 10 de febrero 2021]. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15752>
- (57) MONJE, Carlos. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. *Universidad Surcolombiana* [en línea]. 2011, 1–216. [Fecha de consulta: 25 de febrero 2021]. Disponible en: <http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf>
- (58) CARRASCO DÍAZ, Sergio. *Metodología de la investigación científica*, 2006. Lima: Editorial San Marcos.
- (59) YADAV, Joginder y Anil DIKSHIT. Effect of pretreatment by coagulation on stabilized landfill leachate during anaerobic treatment. *Cogent Environmental Science* [en línea]. 2016, 2(1). [Fecha de consulta: 20 de enero 2021]. Disponible en: [doi:10.1080/23311843.2016.1209993](https://doi.org/10.1080/23311843.2016.1209993)

ANEXOS

ANEXO N° 1
Toma de muestra



Fotografía 1 Proceso completo de la toma de muestra

ANEXO N° 2

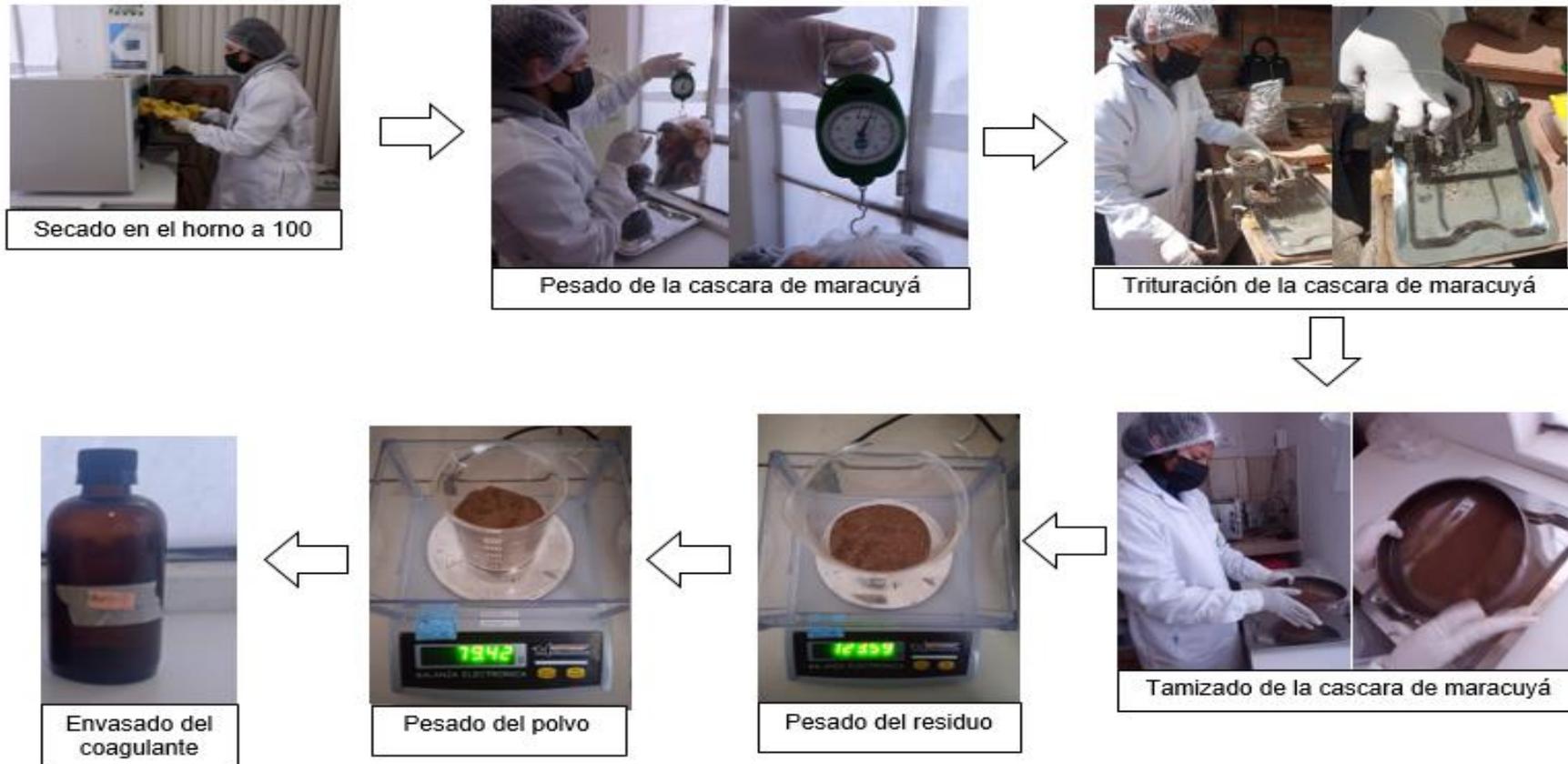
Proceso de laboratorio: Obtención de la cáscara Maracuyá y papa



Fotografía 2 : obtención de la cáscara de maracuyá y papa

ANEXO N° 3

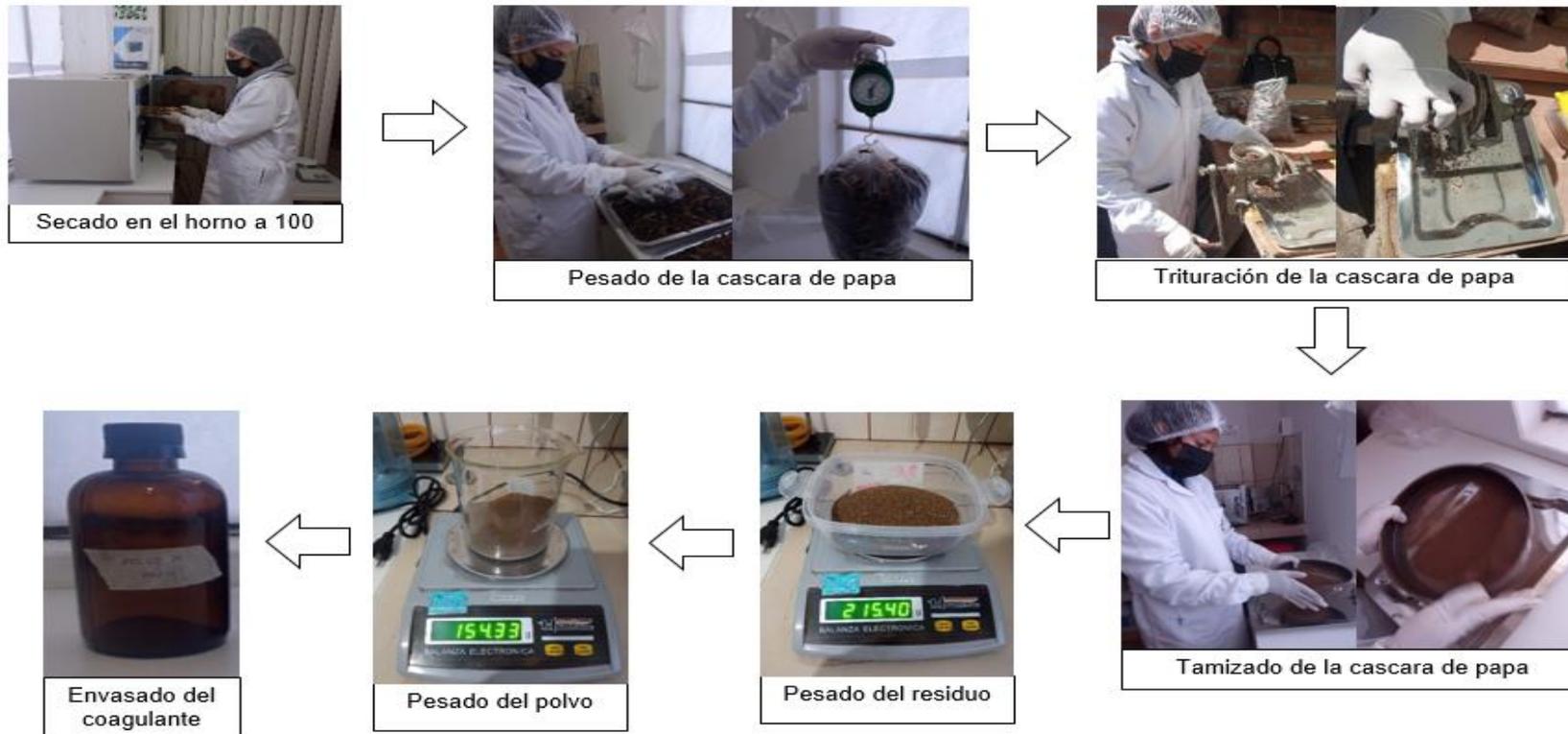
Proceso de laboratorio: Obtención del coagulante de la cáscara de maracuyá



Fotografía 3 : obtención del coagulante de la cáscara de maracuyá

ANEXO N° 4

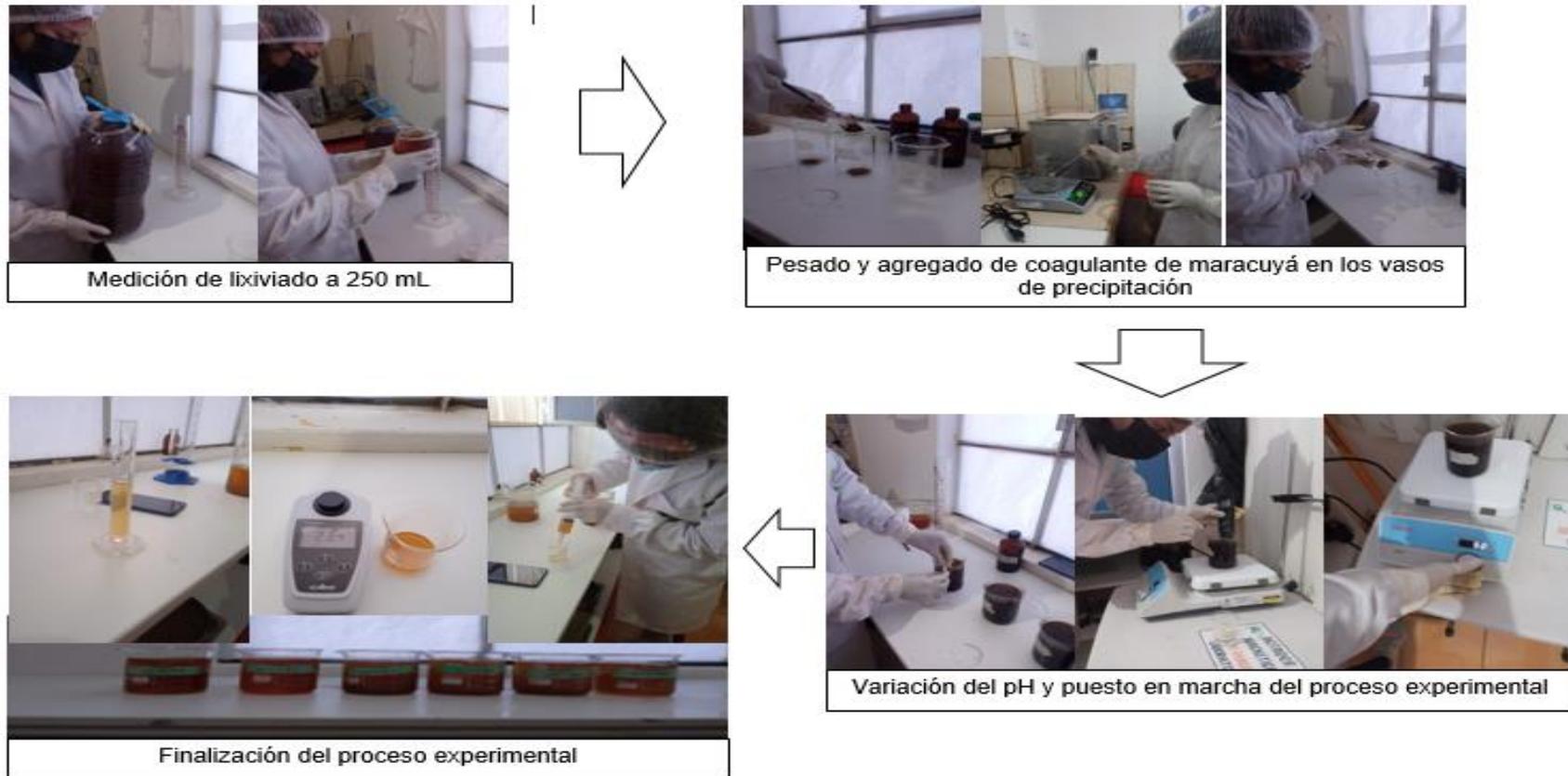
Proceso de laboratorio: Obtención del coagulante de la cáscara de papa



Fotografía 4 : obtención del coagulante de la cáscara de papa

ANEXO N° 5

Proceso de laboratorio: Proceso experimental con el coagulante de la cáscara de maracuyá y papa



Fotografía 5 : Proceso experimental con el coagulante de la cáscara de maracuyá y papa

ANEXO N° 6

Reporte de laboratorio – Caracterización inicial



INFORME DE ENSAYO N° 1-0101/21

Pág. 1/1

Solicitante : Cesia Wendy Espiritu Castillo
Domicilio legal : Call. Amazonita N°148 - El Tambo
Proyecto : Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021
Procedencia de la Muestra : Lixiviado del botadero
Lugar de Muestreo : Botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca
Cantidad de muestras para el Ensayo : 01 muestra x 500 mL
Forma de Presentación : 01 Frasco de plastico
Fecha de Recepción : 15/06/21
Fecha de Inicio del Ensayo : 16/06/21
Fecha de Término del Ensayo : 21/06/21
Fecha de Emisión de Informe : 22/06/21
N° de Cotización de Servicio :

Código	Ensayo	Unidad	Resultados
C00	Turbidez	NTU	287.19
	DQO	mg/L	7641.00
	DBO ₅	mg/L	4981.00

- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

Método de Análisis:

Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130, 23rd Ed.2017, Turbidity, Nephelometric Method
 Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220D, 23rd Ed.2017, Closed Reflux, Colorimetric Method
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017, Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5- Day BOD Test

Huancayo, 22 de Junio de 2021

GRUPO JHACC S.A.C
Ing. Henry R. Ochoa León
 CIP N° 124232
 JEFE DE LABORATORIO

*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe
 *Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC
 *Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ-38

Rev: 01

Jr. Santa Rosa N° 1361 - El Tambo, Huancayo - Perú Celular: 971 718825 - 954 416149 - 956 988682
 Correo: proyectos@grupojhacc.com / administracion@grupojhacc.com
 www.grupojhacc.com

INFORME DE ENSAYO N° 1-0113/21

Pág. 1/1

Solicitante : Cesia Wendy Espiritu Castillo
Domicilio legal : Call. Amazonita N°148 - El Tambo
Proyecto : Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021
Muestra(s) Declarada(s) : Agua Tratada
Lugar de Muestreo :
Cantidad de muestras para el Ensayo : 18 muestras x 250 mL
Forma de Presentación : 18 Frascos de Vidrio
Fecha de Recepción : 13/07/21
Fecha de Inicio del Ensayo : 14/07/21
Fecha de Término del Ensayo : 22/07/21
Fecha de Emisión de Informe : 22/07/21
N° de Cotización de Servicio :

Codigo del cliente	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Turbidez (NTU)
C111R2	1713.00	951.00	9.95
C112R2	3147.00	1605.00	33.20
C113R2	3735.00	1950.00	46.30
C121R2	1688.00	888.00	922.00
C122R2	2486.00	1270.00	13.61
C123R2	2580.00	1309.00	40.12
C131R2	1530.00	806.00	7.03
C132R2	3018.00	1640.00	10.24
C133R2	3201.00	1816.00	29.31
C211R2	1638.00	807.00	9.15
C212R2	3011.00	1699.00	30.10
C213R2	3568.00	1810.00	42.04
C221R2	1650.00	844.00	9.12
C222R2	2250.00	1110.00	11.68
C223R2	2416.00	1217.00	34.98
C231R2	1411.00	812.00	6.08
C232R2	2868.00	1496.00	8.14
C233R2	3024.00	1571.00	23.20



- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

Método de Análisis:

Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 522D, 23rd Ed.2017. Closed Reflux, Colorimetric Method
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5- Day BOD Test
 Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130, 23rd Ed.2017. Turbidity, Nephelometric Method

Huancayo, 22 de Julio de 2021

GRUPO JHACC S.A.C.

Ing. Henry R. Ochoa León
 CIP N° 12422
 JEFE DE LABORATORIO

*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe
 *Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC
 *Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev: 01

INFORME DE ENSAYO N° 1-0121/21

Pág. 1/1

Solicitante : Loeda Carol Valladares Huarcaya
Domicilio legal : Psje. Los Angeles N°185 - Chilca
Proyecto : Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021
Muestra(s) Declarada(s) : Agua Tratada
Lugar de Muestreo : -----
Cantidad de muestras para el Ensayo : 18 muestras x 250 mL
Forma de Presentación : 18 Frascos de Vidrio
Fecha de Recepción : 21/07/21
Fecha de Inicio del Ensayo : 22/07/21
Fecha de Término del Ensayo : 30/07/21
Fecha de Emisión de Informe : 30/07/21
N° de Cotización de Servicio : -----

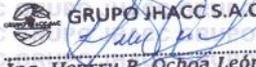
Código del cliente	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Turbidez (NTU)
C111R3	1689.00	967.00	9.97
C112R3	3143.00	1617.00	32.60
C113R3	3719.00	1960.00	45.80
C121R3	1685.00	884.00	9.19
C122R3	2480.00	1268.00	13.62
C123R3	2601.00	1313.00	39.82
C131R3	1542.00	799.00	6.99
C132R3	3020.00	1641.00	10.62
C133R3	3205.00	1819.00	28.91
C211R3	1640.00	810.00	9.10
C212R3	3005.00	1711.00	31.04
C213R3	3574.00	1806.00	41.89
C221R3	1647.00	840.00	9.99
C222R3	2248.00	1101.00	10.57
C223R3	2421.00	1208.00	35.06
C231R3	1401.00	802.00	6.12
C232R3	2876.00	1482.00	8.28
C233R3	3017.00	1567.00	23.70

- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

Método de Análisis:

Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220D, 23rd Ed.2017, Closed Reflux, Colorimetric Method
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017, Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5- Day BOD Test.
 Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130, 23rd Ed.2017, Turbidity: Nephelometric Method

Huancayo, 30 de Julio de 2021


GRUPO JHACC S.A.C
Ing. Henry R. Ochoa León
 CP N° 124232
 JEFE DE LABORATORIO

*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente Informe
 *Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC
 *Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev: 01



EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LET. POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

INFORME DE ENSAYO N° 1-0108/21

Pág. 1/1

Solicitante : Loeda Carol Valladares Huarcaya
Domicilio legal : Psje. Los Angeles N°185 - Chilca
Proyecto : Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021
Muestra(s) Declarada(s) : Agua Tratada
Lugar de Muestreo : -----
Cantidad de muestras para el Ensayo : 18 muestras x 250 mL
Forma de Presentación : 18 Frascos de Vidrio
Fecha de Recepción : 06/07/21
Fecha de Inicio del Ensayo : 06/07/21
Fecha de Término del Ensayo : 14/07/21
Fecha de Emisión de Informe : 09/07/21
N° de Cotización de Servicio : -----

Codigo del cliente	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Turbidez (NTU)
C111R1	1706.00	956.00	9.98
C112R1	3152.00	1611.00	32.70
C113R1	3728.00	1956.00	46.10
C121R1	1685.00	882.00	9.24
C122R1	2481.00	1278.00	13.57
C123R1	2588.00	1306.00	40.30
C131R1	1539.00	802.00	7.04
C132R1	3014.00	1648.00	10.50
C133R1	3205.00	1814.00	29.10
C211R1	1631.00	804.00	9.14
C212R1	3002.00	1703.00	30.07
C213R1	3571.00	1804.00	42.10
C221R1	1658.00	849.00	9.01
C222R1	2247.00	1106.00	11.62
C223R1	2417.00	1214.00	35.21
C231R1	1406.00	807.00	6.05
C232R1	2873.00	1490.00	8.21
C233R1	3021.00	1573.00	23.40



- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

Método de Análisis:

Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220D, 23rd Ed 2017, Closed Reflux, Colorimetric Method
 Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed 2017, Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5- Day BOD Test
 Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130, 23rd Ed 2017, Turbidity, Nephelometric Method

Huancayo, 09 de Julio de 2021


GRUPO JHACC S.A.C
Ing. Henry R. Ochoa León
 CIP N° 124232
 JEFE DE LABORATORIO

*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe

*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC

*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev: 01