

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
Programa de Maestría en Gestión Ambiental



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

“Efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales en los parámetros fisicoquímicos del agua de sanguaza para harina residual en la industria pesquera”

Tesis para optar el grado académico de
Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental

Autor:

Bach. Palacios Ambrocio, Andriánov Lenin

Asesor:

Dr. Sánchez Vaca, Daniel Ángel

DNI: 18146173

Código ORCID: 0000-0003-4326-1852

Co-asesor

Dr. Castillo Martinez, Williams Esteward

DNI N° 40169364

Código ORCID 0000-0001-6917-1009

Nuevo Chimbote - PERÚ
2023



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CERTIFICACIÓN DE ASESORAMIENTO DE TESIS

Yo, **Dr. Sánchez Vaca, Daniel Ángel**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de Maestría titulada: **“Efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales en los parámetros fisicoquímicos del agua de sanguaza para harina residual en la industria pesquera”**, elaborada por el bachiller **Palacios Ambrocio, Andriánov Lenin**, para obtener el Grado Académico de maestro en Ciencias en Gestión Ambiental, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, agosto del 2023

.....
Dr. Sánchez Vaca, Daniel Ángel

Asesor

CODIGO ORCID: 0000-0003-4326-1852

DNI N° 18146173



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

“Efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales en los parámetros físicoquímicos del agua de sanguaza para harina residual en la industria pesquera”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTION
AMBIENTAL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Mg. Castillo Ventura, José Luis
PRESIDENTE

CODIGO ORCID: 0000-0002-0905-3024
DNI N° 32781530

Dr. Mariños Castillo, Gualberto Antenor
ACCESITARIO

CODIGO ORCID: 0000-0001-7514-9908
DNI N° 17890841

Dr. Sánchez Vaca, Daniel Ángel
VOCAL

CODIGO ORCID: 0000-0003-4326-1852
DNI N° 18146173



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los tres día del mes de agosto del año 2023, siendo las 9 horas, en el aula multimedia N° PS de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 135-2023-EPG-UNS de fecha 09 de junio de 2023, conformado por los docentes: Mg. José Luis Castillo Ventura (Presidente), Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca (Vocal), Dr. Gualberto Antenor Mariños Castillo (Accesitario), con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **EFFECTO DE LOS AGENTES COAGULANTES Y FLOCULANTES NATURALES EN LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DE SANGUAZA PARA HARINA RESIDUAL EN LA INDUSTRIA PESQUERA**; presentado por el tesista **Br. Andriánov Lenin Palacios Ambrocio**, egresado del programa de Maestría en Gestión Ambiental.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 181-2023-EPG-UNS de fecha 01 de agosto de 2023.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones a la tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADO, asignándole la calificación de 19 (DIECINUEVE).

Siendo las 10 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.


Mg. José Luis Castillo Ventura
Presidente


Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca
Vocal


Dr. Gualberto Antenor Mariños Castillo
Accesitario

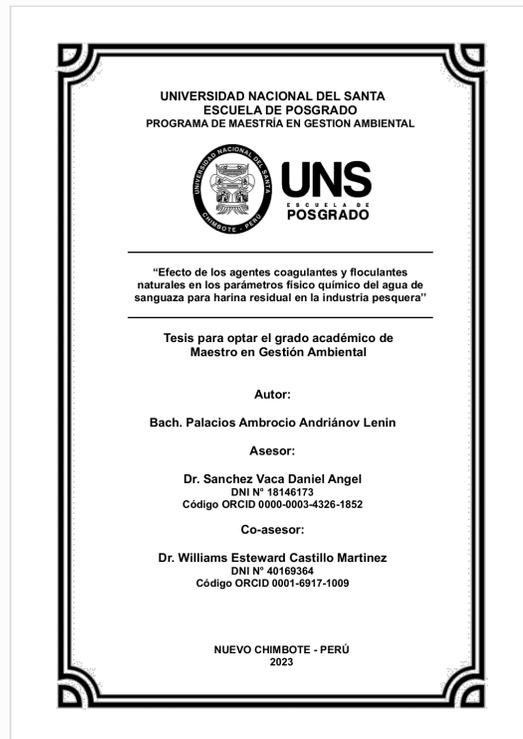


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Lenin Palacios**
Título del ejercicio: **Lenin**
Título de la entrega: **"Efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales e...**
Nombre del archivo: **Tesis_de_maestria_en_Gestion_Ambiental_Lenin_Palacios_20...**
Tamaño del archivo: **20.71M**
Total páginas: **344**
Total de palabras: **83,056**
Total de caracteres: **430,440**
Fecha de entrega: **09-dic.-2023 08:05p. m. (UTC-0500)**
Identificador de la entrega... **2253904449**



“Efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales en los parámetros físico químico del agua de sanguaza para harina residual en la industria pesquera”

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%

Dedicatoria

A la gloria de Dios, quien es la fuente de toda sabiduría y entendimiento. En obediencia a su palabra que nos recuerda: *«Así que, ya comáis, o bebáis, o hagáis cualquier otra cosa, hacedlo todo para la gloria de Dios»* (1 Corintios 10:31).

A la familia Ambrocio, *«Ustedes son mi ancla y mi sol, en esta tesis, les dedico mi honor. Con amor eterno y un lazo inmortal, son mi inspiración y mi faro real»*.

A los valientes que han enfrentado y están enfrentando obstáculos aparentemente insuperables, pero han perseverado y siguen perseverando con determinación y coraje. A las almas que, a pesar de las tormentas, siguen persiguiendo sus sueños. *¡Ánimo!; No se rindan!*

Agradecimiento

Que esta tesis sea un testimonio de mi gratitud y dedicación a **Jehová**. A Dios sea la gloria y el honor por siempre. «**Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca vienen el conocimiento y el entendimiento**» (Prov. 2:6).

A la **familia Ambrocio**, por su apoyo constante y dedicación durante mi travesía académica. Agradezco profundamente su amor, orientación y paciencia en mi formación. Reconozco que su influencia me ha sido fundamental en la culminación de esta tesis. Su presencia y respaldo son invaluable y cada página de esta tesis es un testimonio de la importancia que tienen en mi vida.

A mi asesor, Dr. **Daniel Sánchez Vaca**, quien ha sido mi guía principal, brindándome sabios consejos, retroalimentación constructiva y dirección precisa en cada etapa de este proyecto; siendo su vocación, experiencia y dedicación, fundamentales para el logro de esta tesis. A mi coasesor, Dr. **Williams Castillo Martínez**, quien ha complementado con su experiencia la supervisión de esta investigación. La contribución de ambos ha sido esencial para la culminación de esta tesis, la cual servirá de aporte en el avance del conocimiento y en el campo de gestión ambiental para la industria pesquera.

Al Ing. **Fredy Sarmiento Betancourt** y a **Daniel García Cautivo**, quienes forman parte de la planta de procesamiento de conservas y harina de pescado residual: DON FERNANDO S.A.C., por su apoyo, colaboración generosa, información relevante y la oportunidad de llevar a cabo muestreos directos, proporcionándome acceso a sus instalaciones; lo cual ha permitido la realización y enriquecimiento de esta tesis, contribuyendo significativamente al avance del conocimiento, en el ámbito de la investigación en alternativas de gestión ambiental de la industria pesquera.

A mis amigos: *John Gonzales, Wilson Símpalo, Jorge Domínguez, Wilmer Guzmán, Santos López, Jens Cerna y Silvia Huacacolqui* por su apoyo inquebrantable, durante la realización de esta tesis. Su amistad, ánimo y presencia han sido fundamentales en los momentos de duda y fatiga, sus palabras de aliento, de confianza y su disposición para ofrecer su ayuda práctica, me han dado fuerzas para seguir adelante.

A mis amigos, colegas y compañeros de la maestría: *Juana Villalobos Cipriano, Edgar Bardales Gamboa, Jorge Henríquez Blas, Carlos Vásquez Campoverde y Edwin Díaz Apolinario*; autodenominados el «GRUPO ARAÑITA»; nuestra travesía conjunta ha sido un viaje de aprendizaje mutuo, de superación y camaradería. Así también, este agradecimiento se extiende a todos los que formaron parte de la promoción académica 2017, quienes aportaron su experiencia, apoyo y amistad. Aunque nuestros caminos académicos puedan separarse, la influencia y amistad que encontré en cada uno de ustedes perdurará en mi memoria y en mi corazón.

A mi colegas y amigos: *Frank Corales Chauca y José Belisario Mendo*, por su ayuda, dedicación y compromiso, siendo estos de vital importancia en la realización de los ensayos experimentales que respaldan esta tesis. Su apoyo emocional y técnico que me brindaron durante los momentos desafiantes en esta investigación fue inestimable, demostrando la verdadera amistad que compartimos. Este agradecimiento no solo es un reconocimiento de su contribución a esta tesis, sino también un testimonio de la importancia de la colaboración y la amistad en el proceso de esta investigación. Su ayuda fue fundamental para el avance del conocimiento en este campo.

A las personas que, en el comienzo, manifestaron dudas y cuestionamientos; sus críticas iniciales me impulsaron a profundizar en el análisis y a medida que avanzaba en esta investigación, sus dudas se convirtieron en un motor para la mejora constante. Reconozco que, sin sus cuestionamientos, este trabajo no habría alcanzado su nivel actual de rigor y profundidad. Expreso mi gratitud por la oportunidad de demostrar que las dudas iniciales pueden convertirse en una fuerza impulsora para la excelencia.

Índice General

RESUMEN	xxvi
ABSTRAC.....	xxvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. PLANTEAMIENTO Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	9
1.4. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO	9
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO	15
2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1.1. TRATAMIENTO DEL AGUA DE BOMBEO, AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL DE LIMPIEZA Y LAVADO PARA LA RECUPERACIÓN DE ACEITE Y SÓLIDOS EN LA INDUSTRIA PESQUERA.....	15
2.1.2. AGUA DE SANGUAZA	18
2.1.3. COAGULACIÓN.....	19
2.1.4. FLOCULACIÓN.....	20
2.1.5. APLICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO DE EFLUENTES	21
2.1.6. PRINCIPIOS DE LAS ETAPAS DE COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN Y SEDIMENTACIÓN.....	22
2.1.7. PLANTAS SILVESTRES COMO ALTERNATIVAS PARA FLOCULANTES Y COAGULANTES NATURALES ORGÁNICOS.....	23
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
CAPÍTULO III	34
MARCO METODOLÓGICO	34
3.1. HIPÓTESIS CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	34

3.2.	VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.2.1.	VARIABLES – DEFINICIÓN CONCEPTUAL.....	34
3.2.2.	Variables – Definición operacional.....	36
3.3.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.4.	DISEÑO O ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	45
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.7.	PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	53
3.8.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	57
	CAPÍTULO IV	60
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1.	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LAS SEMILLAS	60
4.2.	ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS INICIALES DE LAS MUESTRAS DE AGUA SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO.....	65
4.3.	ANÁLISIS DEL EFECTO EN LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 01, 02, 03, 04 Y 05 EN EL CONTENIDO DE PH DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO.....	67
4.3.1.	Análisis de pH en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 01 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 02 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).	67
4.3.2.	Análisis de pH en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 03 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.) y en la matriz experimental 04 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L. y adición de CaO).	78

4.3.3. Análisis de pH en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.).....	87
4.4. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 01, 02, 03, 04 Y 05 EN EL CONTENIDO DE TURBIDEZ (NTU) DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO.....	97
4.4.1. Análisis de turbidez (NTU) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 01 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 02 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).	97
4.4.2. Análisis de turbidez (NTU) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 03 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 04 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).	106
4.4.3. Análisis de turbidez (NTU) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.).....	115
4.5. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 01, 02, 03, 04 Y 05 EN EL CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES (ST) DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO	

4.5.1. Análisis de sólidos totales (ppm) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 01 (Tratamiento	
--	--

enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 02 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).	125
4.5.2. Análisis de sólidos totales (ppm) en las muestras de sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 03 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 04 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).	134
4.5.3. Análisis de sólidos totales (ppm) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.)	143
4.6. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 01, 02, 03, 04 Y 05 EN EL CONTENIDO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO	154
4.6.1. Análisis de sólidos suspendidos totales - SST (ppm) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 01 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 02 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO)...	154
4.6.2. Análisis de sólidos suspendidos totales - SST (ppm) en muestras de agua sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 03 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 04 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO)...	164
4.6.3. Análisis de sólidos suspendidos totales - SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 05	

(Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.).....	173
4.7. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 05, 06 Y 07, EN EL CONTENIDO DE GRASA DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO.....	183
4.7.1. Análisis de grasa (%) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 06 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.)	183
4.7.2. Análisis de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 07 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.)	191
4.7.3. Análisis de grasa (%) en las muestras de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.)	198
CAPÍTULO V.....	209
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	209
5.1. CONCLUSIONES	209
5.2. RECOMENDACIONES.....	212
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	213
ANEXOS.....	224

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis proximal del agua residual de sanguaza (peso / peso).	19
Tabla 2 Descripción de los rasgos morfológicos de la especie <i>Crotalaria Pallida</i> , Sp. 24	
Tabla 3 Descripción de los rasgos morfológicos de la especie <i>Leucaena Leucocephala</i>	26
Tabla 4 Matriz de experimentos 01, diseño superficie de respuesta, tipo factorial de 3 niveles: 3^2 , para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	41
Tabla 5 Matriz de experimentos 02, diseño superficie de respuesta, tipo factorial de 3 niveles: 3^2 , para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» (MC1) proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante), combinaciones de polvos de semillas <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> y 0.8 % de CaO (valor constante)	41
Tabla 6 Matriz de experimentos 03, diseño superficie de respuesta, tipo factorial de 3 niveles: 3^2 , para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» (MC2) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	42
Tabla 7 Matriz de experimentos 04, diseño superficie de respuesta, tipo factorial de 3 niveles: 3^2 , para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» (MC2) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante), combinaciones de polvos de semillas <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> y 0.8 % de CaO (valor constante)	42
Tabla 8 Matriz de experimentos 05, diseño factorial multinivel, para el tratamiento de muestras de agua de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 3» (MC3) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	44
Tabla 9 Matriz de experimentos 06, diseño factorial multinivel, para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	44

Tabla 10 Matriz de experimentos 07, diseño factorial multinivel, para el tratamiento de muestras de agua residual de «concentración 2» (MC2) proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L	45
Tabla 11 Características físico químicas de las semillas de Crotalaria Pallida y Leucaena Leucocephala, comparadas con leguminosas comunes (Soja, lenteja, garbanzo y frijoles).	61
Tabla 12 Características físico químicas de las muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentraciones MC1, MC2 y MC3 provenientes del lavado y limpieza del procesamiento de conserva de pescado.	66
Tabla 13 Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L. y 0.8 % de CaO). ...	68
Tabla 14 Análisis de varianza para pH de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L.y 0.8 % de CaO)	69
Tabla 15 Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L. y 0.8 % de CaO). ...	79
Tabla 16 Análisis de varianza para pH de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L.y 0.8 % de CaO)	80
Tabla 17 Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.....	87

Tabla 18 Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.)	89
Tabla 19 Análisis de varianza para pH de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	90
Tabla 20 Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).	98
Tabla 21 Análisis de varianza para turbidez (NTU) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO) ...	99
Tabla 22 Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).	107
Tabla 23 Análisis de varianza para turbidez (NTU) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).....	108
Tabla 24 Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.....	115

Tabla 25 Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	117
Tabla 26 Análisis de varianza para turbidez (NTU) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	118
Tabla 27 Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).	126
Tabla 28 Análisis de varianza para sólidos totales – ST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO)	127
Tabla 29 Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).	135
Tabla 30 Análisis de varianza para sólidos totales – ST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO)	136
Tabla 31 Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de	

«concentración 3» (MC3), tratada con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	143
Tabla 32 Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.).....	145
Tabla 33 Análisis de varianza para sólidos totales – ST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.)	146
Tabla 34 Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).....	155
Tabla 35 Análisis de varianza para sólidos suspendidos totales – SST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).....	156
Tabla 36 Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).....	165
Tabla 37 Análisis de varianza para sólidos suspendidos totales – SST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).....	166

Tabla 38 Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	174
Tabla 39 Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.).....	175
Tabla 40 Análisis de varianza para sólidos suspendidos totales – SST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.).....	176
Tabla 41 Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual proveniente de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 06 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	184
Tabla 42 Análisis de varianza para el contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 06 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	185
Tabla 43 Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual proveniente de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 07 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	191
Tabla 44 Análisis de varianza para el contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua residual proveniente de conserva de pescado – MC2, tratadas con la matriz experimental 07 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.).....	193
Tabla 45 Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratada con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.....	198
Tabla 46 Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual proveniente de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3),	

tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.)	200
Tabla 47 Análisis de Varianza para contenido de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	201

Índice de figuras

Figura 1 Floculador tubular del sistema de tratamiento de agua residual.	17
Figura 2 Separadora Ambiental HILLER.	18
Figura 3 Desestabilización de las partículas y formación de los aglomerados mediante la adición de coagulante.	20
Figura 4 Proceso de floculación con ayuda de polímeros.	21
Figura 5 <i>Crotalaria pallida</i> . (a) Rama reproductiva, (b) Sépalos, (c) Estandarte, (d) Ala, (e) Quilla, (f) Ovario y estilo, (g) Androceo, (h) Fruto e (i) Semilla.	25
Figura 6 <i>Leucaena Leucocephala</i> subsp. <i>Glabrata</i> . (A) Raquis – Hoja, (B) Semilla, (C) Foliolo, (D) Glándula peciolar próxima al par de pinnas basales, (E) Pinnas, (F) Glándula terminal del raquis foliar, (G) Inflorescencia, (H) Antera pilosa, (I) Flósculo – Brácteas, (J) Flósculo extendido – flor y (K) Fruto.	28
Figura 7 Muestras de aguas de sanguaza y aguas residuales provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado. (a) Agua de sanguaza y residual de baja «concentración 1» – MC1; (b) Agua de sanguaza y residual de media «concentración 2» – MC2 y (c) Agua de sanguaza y residual de alta «concentración 3» – MC3.	66
Figura 8 Gráficas de los efectos principales para pH evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 01; (c) Tratamientos con la matriz experimental 02. Gráficas de interacción de los efectos principales para pH evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 01; (d) Tratamientos con la matriz experimental 02.	73
Figura 9 Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para pH en agua de sanguaza y agua residual MC1, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> ; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> - <i>Leucaena L.</i> y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> - <i>Leucaena L.</i> ; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> y Óxido de Calcio (CaO).	74
Figura 10 Gráficas de los efectos principales para pH evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 03; (c) Tratamientos con la matriz experimental 04. Gráficas de interacción de los efectos principales para pH evaluados en	

agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 03; (d) Tratamientos con la matriz experimental 04.	83
Figura 11 Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para pH en agua de sanguaza y agua residual MC2, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).....	84
Figura 12 Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima y concentraciones individuales de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	88
Figura 13 Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.).....	89
Figura 14 (a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para pH, de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (pH inicial 6.6) con la matriz experimental 05.	92
Figura 15 (a) Gráfica de superficie de respuesta y (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimadas para pH, de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (pH inicial 6.6) con la matriz experimental 05.	92
Figura 16 Gráficas de los efectos principales para turbidez (NTU) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 01; (c) Tratamientos con la matriz experimental 02. Gráficas de interacción de los efectos principales para turbidez (NTU) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 01; (d) Tratamientos con la matriz experimental 02.....	102

Figura 17 Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para turbidez (NTU) en agua de sanguaza y agua residual MC1, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P. - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P. - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P. - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).	103
Figura 18 Gráficas de los efectos principales para turbidez (NTU) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 03; (c) Tratamientos con la matriz experimental 04. Gráficas de interacción de los efectos principales para turbidez (NTU) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 03; (d) Tratamientos con la matriz experimental 04.....	111
Figura 19 Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para turbidez (NTU) en agua de sanguaza y agua residual MC2, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).	112
Figura 20 Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima y concentraciones individuales de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	116
Figura 21 Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.).....	117
Figura 22 (a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para turbidez (NTU), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso conserva de pescado, de «concentración 3» (997.88 kg/m ³) con la matriz experimental 05.....	120

Figura 23 (a) Gráfica de superficie de respuesta y (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimadas para turbidez (NTU), de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (997.88 kg/m^3) en la matriz experimental 05.	120
Figura 24 Gráficas de los efectos principales para ST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual de MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 01; (c) Tratamientos con la matriz experimental 02. Gráficas de interacción de los efectos principales para ST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 01; (d) Tratamientos con la matriz experimental 02.....	130
Figura 25 Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para ST (ppm) en agua de sanguaza y agua residual MC1, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P - Leucaena L.</i> ; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P - Leucaena L.</i> y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P - Leucaena L.</i> ; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de <i>Crotalaria P</i> y <i>Leucaena L.</i> y Óxido de Calcio (CaO).	131
Figura 26 Gráficas de los efectos principales para ST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 03; (c) Tratamientos con la matriz experimental 04. Gráficas de interacción de los efectos principales para ST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 03; (d) Tratamientos con la matriz experimental 04.....	139
Figura 27 Graficas de las superficies de respuesta estimadas para ST (ppm) en agua de sanguaza y agua residual MC2, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P - Leucaena L.</i> ; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P - Leucaena L.</i> y Óxido de Calcio (CaO). Graficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P - Leucaena L.</i> ; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de <i>Crotalaria P</i> y <i>Leucaena L.</i> y Óxido de Calcio (CaO).	140
Figura 28 Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado,	

de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima y concentraciones individuales de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	144
Figura 29 Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>).....	145
Figura 30 (a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para sólidos totales (ppm), de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (92926 ppm de sólidos totales iniciales) con la matriz experimental 05.	148
Figura 31 (a) Gráfica de superficie de respuesta y (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimadas para sólidos totales (ppm), de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> , aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (92926 ppm de sólidos totales iniciales) con la matriz experimental 05.	148
Figura 32 Gráficas de los efectos principales para SST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 01; (c) Tratamientos con la matriz experimental 02. Gráficas de interacción de los efectos principales para SST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 01; (d) Tratamientos con la matriz experimental 02.....	160
Figura 33 Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para SST (ppm) en agua de sanguaza y agua residual MC1, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> - <i>Leucaena L.</i> ; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> - <i>Leucaena L.</i> y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> - <i>Leucaena L.</i> ; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> y Óxido de Calcio (CaO).	161
Figura 34 Gráficas de los efectos principales para SST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 03.; (c) Tratamiento con la matriz experimental 04. Gráficas de interacción de los efectos principales para SST	

(ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 03; (d) Tratamientos con la matriz experimental 04.....	169
Figura 35 Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para SST (ppm) en agua de sanguaza y agua residual MC2, (a) Tratamiento con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamiento con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).	170
Figura 36 Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratada con enzima y concentraciones individuales de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	174
Figura 37 Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.).....	176
Figura 38 (a) Gráfico de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para sólidos suspendidos totales (ppm), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso conserva de pescado, de «concentración 3» (90739.33 ppm de sólidos suspendidos totales iniciales) con la matriz experimental 05.....	179
Figura 39 (a) Gráfica de superficie de respuesta y (b) Gráfica de la superficie de respuesta estimada para sólidos suspendidos totales (ppm), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (90739.33 ppm de sólidos suspendidos totales iniciales) con la matriz experimental 05.	179
Figura 40 Valores de contenido de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 06 (enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	184
Figura 41 (a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfico de interacciones para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza	

y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (0.3429 % grasa inicial) con la matriz experimental 06.....	188
Figura 42 (a) Gráfica de superficie de respuesta estimada, (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimada para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 1» (0.3429 % grasa inicial) con la matriz experimental 06.	188
Figura 43 Valores de contenido de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 07 (enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)	192
Figura 44 (a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (0.6496 % grasa inicial) con la matriz experimental 07.....	195
Figura 45 (a) Gráfica de superficie de respuesta estimada, (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimada para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 1» (0.6496 % grasa inicial) con la matriz experimental 07.	195
Figura 46 Valores de contenido de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratada con enzima y concentraciones individuales de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.....	199
Figura 47 Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.).....	200
Figura 48 (a) Gráfico de efectos principales y (b) Gráfico de interacciones para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (13.6231 % grasa inicial) con la matriz experimental 05.....	204
Figura 49 (a) Gráfica de superficie de respuesta estimada, (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimada para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena	

L aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (13.6231 % grasa inicial) con la matriz experimental 05..... 204

Índice de anexos

Anexo 1. Caracterización fisicoquímica de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> .	224
Anexo 2. Caracterización fisicoquímica (pH, turbidez, ST, SST y grasa) de las tres concentraciones de muestras residuales (agua de lavado) provenientes de la conserva de pescado	230
Anexo 3. Resultados de los tratamientos en las variables dependientes (pH, Turbidez, ST, SST y grasa), análisis de varianza y coeficientes de regresión de los parámetros de evaluación: Concentración de muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado (MC1, MC2 y MC3), combinación de las concentraciones de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i> como agentes clarificantes y adición de CaO.....	243
Anexo 4. Resultados gráficos de la caracterización morfológica de las plantas y semillas de <i>Leucaena L.</i> y Planta de <i>Crotalaria P.</i>	287
Anexo 5. Resultados gráficos del proceso para la obtención del polvo de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	289
Anexo 6. Resultados gráficos de la caracterización físico química de las semillas <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	294
Anexo 7. Resultados gráficos de la recolección de las aguas de sanguaza y aguas residuales provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado y sus caracterizaciones fisicoquímicas	296
Anexo 8. Resultados gráficos de la aplicación de los tratamientos según las matrices experimentales de estudio; Matriz experimental 01, Matriz experimental 02, Matriz experimental 03, Matriz experimental 04, Matriz experimental 05, Matriz experimental 06 y Matriz experimental 07.....	300
Anexo 9. Resultados gráficos de las variables dependientes medidas (pH, Turbidez, ST, SST y Grasa) en las matrices experimentales.....	302
Anexo 10. Reactivos empleados en los análisis experimentales.....	315
Anexo 11. Equipos empleados en los análisis experimentales.....	315

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del agregado de polvo de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* como agentes coagulantes y floculantes en agua de sanguaza y agua residual de limpieza y lavado proveniente del proceso de conserva de pescado, la cual tuvo un pretratamiento enzimático al 0.1 %; se evaluaron 3 tipos de concentraciones de agua de sanguaza y residual (MC1, MC2 y MC3) procedentes de la planta de procesamiento de conservas DON FERNANDO S.A.C ubicada en la ciudad de Chimbote, se realizó la caracterización físico química de las 3 concentraciones iniciales en base a los parámetros de la normativa vigente dados en la R.M. N°178–2014–MINAM y D.S. N°010–2018–MINAM), las cuales fueron; pH, turbidez (NTU), sólidos totales (ppm), sólidos suspendidos totales (ppm) y grasa (% y ppm); donde la característica físico química principal fue el contenido de grasa inicial en MC1 con 0.34 %, MC2 con 0.65 % y MC3 con 13.62 %. Se buscó reducir el contenido de los parámetros físico químicos establecidos por la normativa, mediante la aplicación de dos diseños estadísticos como el diseño de superficie de respuesta tipo factorial de 3 niveles: 3^{2^2} (2 factores y 3 niveles) y el diseño factorial multinivel (2 factores y 2 niveles), así también, los tratamientos con 0.1 % de enzima lipolítica y polvo de semillas se compararon con tratamientos que incluían 0.1 % de enzima lipolítica, polvo de semillas y 0.8 % óxido de calcio; estos tratamientos se organizaron en 7 matrices experimentales; matriz exp. 1 para MC1 (0.1 % Enz. + combinaciones de *Crot.* y *Leu.*), matriz exp. 2 para MC1 (0.1 % Enz. + combinaciones de *Crot.* y *Leu.* + 0.8 % CaO), matriz exp. 3 para MC2 (0.1 % Enz. + combinaciones de *Crot.* y *Leu.*), matriz exp. 4 para MC2 (0.1 % Enz. + combinaciones de *Crot.* y *Leu.* + 0.8 % CaO), matriz exp. 5 para MC3 (0.1 % Enz. + combinaciones de *Crot.* y *Leu.*); matriz exp. 6 para MC1 (0.1 % Enz. + combinaciones de *Crot.* y *Leu.*) y matriz exp. 7 para MC2 (0.1 % Enz. + combinaciones de *Crot.* y *Leu.*), estas dos últimas matrices fueron para evaluar % de grasa con el diseño factorial multinivel. Los dos diseños estadísticos permitieron optimizar las variables dependientes, pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasas, empleando los criterios de mantener y minimizar las variables dependientes en función a la normativa vigente. Los parámetros óptimos de concentración de polvo de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* se determinó a través de los modelos matemáticos ajustados, de primer y segundo orden, determinando los siguientes parámetros óptimos: pH óptimo para MC1 es 7.19 en la matriz exp. 1 (0.413 g de *Crot.* y 0.5 g de *Leu.*), para MC2 es 6.85 en la matriz exp. 3 (0.387 g de *Crot.* y 0.125 g de *Leu.*) y para MC3 es 6.90 en la matriz exp. 5 (0.125 g de *Crot.* y 0.125 g de *Leu.*); SST óptimos para MC1 es 500.85 ppm en la matriz exp. 1 (0.5 g de *Crot.* y 0.125 g de *Leu.*), para MC2 es 1478.83 ppm en la matriz exp. 3 (0.387 g de *Crot.* y 0.125 g de *Leu.*) y para MC3 es 63 ppm en la matriz exp. 5 (0.125 g de *Crot.* y 0.125 g de *Leu.*) y % grasa óptima para MC1 es 0.33 % en la matriz exp. 6 (0.5 g de *Crot.* y 0.5 g de *Leu.*), para MC2 es 0.55 % en la matriz exp. 7 (0.125 g de *Crot.* y 0.5 g de *Leu.*) y para MC3 es 0.68 % en la matriz exp. 5 (0.125 g de *Crot.* y 0.125 g de *Leu.*); comprobando la influencia significativa del uso de los polvos de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* para la reducción del 12.94 % en muestras con alto contenido de grasa como MC3. Así también no hay diferencia significativa de pH, turbidez, ST y SST en los tratamientos con CaO dentro de cada matriz experimental 2 y 4, pero si hay variación con respecto a pH, turbidez, ST y SST en comparación con las matrices experimentales 1 y 3.

Palabras claves: *Crotalaria Pallida*, *Leucaena Leucocephala*, agua de sanguaza y agua residual del proceso de conserva de pescado, enzima lipolítica, coagulante, floculante y harina residual de pescado.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of the addition of *Crotalaria P.* and *Leucaena L.* seed powder as coagulating and flocculant agents in sanguaza water and cleaning and washing wastewater from the fish canning process, which had an enzymatic pretreatment at 0.1%; 3 types of concentrations of sanguaza and wastewater (MC1, MC2 and MC3) from the DON FERNANDO S.A. canning processing plant were evaluated. C located in the city of Chimbote, the physical-chemical characterization of the 3 initial concentrations was performed based on the parameters of the current regulations given in R.M. N°178-2014-MINAM and D.S. N°010-2018-MINAM), which were; pH, turbidity (NTU), total solids (ppm), total suspended solids (ppm) and fat (% and ppm); where the main physical chemical characteristic was the initial fat content in MC1 with 0.34 %, MC2 with 0.65 % and MC3 with 13.62 %. The aim was to reduce the content of the physical-chemical parameters established by the regulations, through the application of two statistical designs such as the 3-level factorial response surface design: 3^2 (2 factors and 3 levels) and the multilevel factorial design (2 factors and 2 levels), as well as the treatments with 0.1 % lipolytic enzyme and seed powder were compared with treatments including 0.1 % lipolytic enzyme, seed powder and 0.8 % calcium oxide; these treatments were organized in 7 experimental matrices; matrix exp. 1 for MC1 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.*), exp. matrix 2 for MC1 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.* + 0.8 % CaO), exp. matrix 3 for MC2 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.*), exp. matrix 4 for MC2 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.* + 0.8 % CaO), exp. matrix 5 for MC3 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.* + 0.8 % CaO), exp. matrix 5 for MC3 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.* + 0.8 % CaO), exp. matrix 5 for MC3 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.*); matrix exp. 6 for MC1 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.*) and matrix exp. 7 for MC2 (0.1 % Enz. + combinations of *Crot.* and *Leu.*), these last two matrices were to evaluate % fat with the multilevel factorial design. The two statistical designs allowed optimizing the dependent variables, pH, turbidity, total solids, total suspended solids and fats, using the criteria of maintaining and minimizing the dependent variables according to current regulations. The optimum parameters of *Crotalaria P.* and *Leucaena L.* powder concentration were determined through the adjusted mathematical models of first and second order, determining the following optimum parameters: optimum pH for MC1 is 7.19 in the matrix exp. 1 (0.413 g of *Crot.* and 0.5 g of *Leu.*), for MC2 is 6.85 in matrix exp. 3 (0.350 g of *Crot.* and 0.125 g of *Leu.*) and for MC3 is 6.90 in matrix exp. 5 (0.125 g of *Crot.* and 0.125 g of *Leu.*); optimum TSS for MC1 is 500.85 ppm in matrix exp. 1 (0.5 g of *Crot.* and 0.125 g of *Leu.*), for MC2 is 1478.83 ppm in matrix exp. 3 (0.387 g of *Crot.* and 0.125 g of *Leu.*) and for MC3 it is 63 ppm in matrix exp. 5 (0.125 g of *Crot.* and 0.125 g of *Leu.*) and optimum fat % for MC1 is 0.33 % in matrix exp. 6 (0.5 g of *Crot.* and 0.5 g of *Leu.*), for MC2 it is 0.55 % in matrix exp. 7 (0.125 g of *Crot.* and 0.5 g of *Leu.*) and for MC3 it is 0.68 % in the exp. 5 matrix (0.125 g of *Crot.* and 0.125 g of *Leu.*); proving the significant influence of the use of *Crotalaria P.* and *Leucaena L.* powders for the reduction of 12.94 % in samples with high fat content as MC3. There is also no significant difference in pH, turbidity, ST and TSS in the CaO treatments within each experimental matrix 2 and 4, but there is variation with respect to pH, turbidity, ST and TSS compared to experimental matrices 1 and 3.

Keywords: *Crotalaria Pallida*, *Leucaena Leucocephala*, sanguaza water and residual water from the fish canning process, lipolytic enzyme, coagulant, flocculant and residual fish meal.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Perú, es considerado como mayor potencia del mundo en producción de harina de pescado y derivados, incluyendo la labor extractiva y transformación, a nivel del litoral el puerto de Chimbote es el que cuenta con la mayor cantidad de empresas pesqueras, a pesar de esto la economía está en una etapa de crisis debido a factores como; la pesca predatoria, la contaminación de la bahía, la no tan eficiente gestión de la administración pública y la crisis de gobernabilidad local y regional en los últimos años. (Cadenillas, 2015, p. 4)

A lo largo de los años Chimbote viene afrontando un latente peligro de contaminación, debido a que la empresa SIDERPERÚ dejó un enorme pasivo ambiental en el fondo marino en lo que concierne metales pesados, sumándose a esto las empresas pesqueras ubicadas en las zonas aledañas a la bahía, las cuales vierten sus aguas de bombeo, de cola, y sanguaza, en grandes cantidades industriales anuales, convirtiendo la Bahía el Ferrol en un gran pozo séptico sin sostenimiento, las cuales tienen gran repercusión sobre la inmunidad de los habitantes de Chimbote, además de afectar la biodiversidad marina (Cadenillas, 2015, p. 4); así también, un dato muy importante a tener en cuenta sobre esto es lo reportado por el Instituto del Mar Peruano (IMARPE) que en el año 2002, determinó la presencia de 54 millones de metros cúbicos de sedimento.

Teniendo en cuenta lo mencionado, las empresas pesqueras en su intento de mitigar en un reducido porcentaje la contaminación de la bahía, debido a la descarga de sus desechos de corte principalmente, agua de cola, sanguaza, agua de limpieza y lavado, combustible y grasas, gran parte de ellas realizan tratamientos primarios y secundarios a sus efluentes; en relación a esta problemática, Flaten, Choy et al., y Subramonian et al., (2001, 2014, 2014, c.p. Delgado, 2016, p. 17) en su estudio: «Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos de floculantes naturales y químicos en 3 tipos de agua residual pre y post tratamiento», emplearon agentes coagulantes y floculantes de origen químico, determinando que estos probablemente están coligados a enfermedades neurodegenerativas; debido a esto se estudiará como alternativa la aplicación de agentes coagulantes y floculantes provenientes

de semillas naturales, así como también su asociación con el empleo de enzimas lipolíticas las cuales son empleadas como alternativa de tecnología verde en tratamiento de aguas residuales con alto contenido en grasa; estas alternativas son consideradas seguras por ser libres de tóxicos y amigables ambientalmente; por otra parte en los tratamientos físico y químicos para aguas residuales empleados actualmente en la industria pesquera, se emplean agentes coagulantes y floculantes inorgánicos, para los cuales sus medidas de dosificación son estandarizadas antes de ser aplicadas mediante test de jarras, bajo este principio se estandarizará las dosificaciones de los agentes provenientes de semillas naturales para tratamientos específicos determinados mediante diseños estadísticos; lo que permitirá estudiar y determinar la dosis óptima de los agentes coagulantes y floculantes naturales; encontrando la dosificación óptima a través la minimización de las variables de respuesta, que son los parámetros físico y químicos: pH, turbidez (NTU), sólidos totales – ST (ppm), sólidos suspendidos totales – SST (ppm) y contenido de grasa (% y ppm).

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El puerto de Chimbote cuenta con 46 plantas de harina de pescado destinado al consumo humano indirecto (CHI), de las cuales 15 de ellas tienen una subactividad residual (sistemas de recuperación y tratamiento de residuos y desechos); esta sub actividad implica recuperar el agua de sanguaza, mediante un tratamiento en tres etapas: pre tratamiento (remueven los sólidos sedimentables y suspendidos, auxiliada con coagulación y floculación), tratamiento secundario (procesos del tipo biológico) y tratamiento terciario (procesos químicos, electroquímicos, físicos o biológicos), de las etapas mencionadas la industria pesquera Chimboteana solo emplea un pretratamiento mediante el uso de insumos químicos en el proceso de coagulación y floculación el cual reside en la desestabilización de las partículas suspendidas, induciendo colisión entre ellas, adhesión, incremento de tamaño, aglutinación, aumento de densidad y como consecuencia, sedimentación.

Para este proceso hay una extendida variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas que pueden aprovecharse a modo coagulantes y floculantes, siendo el alumbre (sulfato de aluminio) y las sales de hierro (cloruro férrico) las más utilizados. En materia de las sustancias inorgánicas, los polímeros sintéticos (usualmente poliacrilamidas) son los más usados, debido a su fácil obtención en el mercado y bajo costo; sin embargo, cuando se usan estas sustancias, el sedimento obtenido se convierte en tóxico, como sucede con el empleo de las sales de aluminio (sulfato de aluminio) y sales de hierro (cloruro férrico), lo cual impide el utilización de la materia orgánica sedimentada, ya que al recuperarla y retornarla al proceso de elaboración de harina, y luego con su añadidura directa o indirecta en los alimentos, puede ocasionar cáncer en los animales alimentados con harinas que contengan tales sustancias, acumular el metal en la cadena trófica y favorecer el desarrollo de Alzheimer en las personas. Además, si la materia orgánica no se aprovecha y es dispuesta en los cuerpos receptores, se vuelve una complicación de contaminación ambiental y una desventaja económica para la industria al desperdiciarla.

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A través de la historia y alrededor el mundo el desarrollo de la industria pesquera ha ido incrementándose y en consecuencia sus efluentes, por lo que son una de las principales fuentes de contaminación del agua, sobre todo el agua de las bahías, en la actualidad, la contaminación del agua es uno de los principales factores implicados en el desarrollo humano, teniendo en cuenta su predominio en la vida humana.

El problema de los residuos por parte de la industria pesquera en especial el agua de sanguaza viene desde los años sesenta, cuando el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), presenta su investigación tecnológica a fin de evaluar las pérdidas de sólidos de la sanguaza (proveniente del pescado pero que incluye agua de mar, producto de la conducción, manipulación y transporte del recurso hacia las fábricas) y elabora métodos de recuperación de estos sólidos, que constituyen materia prima que se pierde durante los procesos a los que se le somete al recurso, realizado en las instalaciones industriales de las fábricas harineras ubicadas en el Callao, deduciendo que el promedio de las pérdidas totales encontradas es de 105.1 kg de anchoveta / toneladas métricas brutas (kg/TMB), de pescado descargado en las pozas de almacenamiento de las fábricas (Sánchez y Icochea, 1968, pp. 36 y 37).

Debido al auge de la industria pesquera y sus consecuencias debido a sus efluentes vertidos al mar en todo el litoral de Perú, se tendría que tener en cuenta que en 20 años el Perú se dotó de un marco jurídico ambiental moderno y viable, iniciándose con el «Código del Ambiente y los Recursos Naturales» (Decreto Legislativo 613 del año 1990) y la promulgada «Ley General del Ambiente» (Ley 28611, del 16/10/2005).

Con la promulgación del código del medio ambiente (CMA), en el año de 1990, se dio inicio en nuestro país un proceso destinado a instaurar políticas e instrumentos de gestión ambiental que hicieran posible la aplicación de una nueva legislación ambiental. Así, el CMA fue una norma innovadora, ya que fue la primera en desarrollar la gestión ambiental peruana al reconocer substanciales principios, lineamientos y mandatos, así como dar una perspectiva transectorial a la misma; no obstante, aunque el CMA fue la

norma marco que alineó el desarrollo de la normatividad ambiental, en los últimos años se han ido desarrollando diferentes aspectos que ya no guardaban correspondencia con la misma, por lo que fue necesario elaborar una nueva ley. Asimismo, con el establecimiento de la comisión revisora del CMA, mediante ley 27980, se dio iniciación a la elaboración de la nueva ley general del ambiente (LGA), la cual fue divulgada en el diario oficial «El Peruano» el 15 de octubre del 2005 mediante la ley 28611 (Legislaciónambiental.pe, Ley General del ambiente, revisado 22 de abril, 2018).

A través decreto supremo N.º 010 – 2008 – PRODUCE se aprobaron los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de la industria de harina y aceite de pescado. En tal sentido, ningún establecimiento industrial pesquero o planta de procesamiento puede operar si no cumple con los límites máximos permisibles (LMP), acorde al proceso de aplicación inmediata dispuesto para aquellos nuevos o que se reubiquen, o conforme al proceso de implementación gradual para aquellos con actividades en curso a través de la actualización de su plan de manejo ambiental (Legislaciónambiental.pe, El Sector pesquero: Normas de Protección Ambiental – Límites Máximos Permisibles, 2018 revisado 22 de abril, 2018).

En definitiva, cabe destacar que mediante resolución ministerial N.º 102 – 2011 – MINAM, se ha divulgado el proyecto que modifica el decreto supremo N.º 010 – 2008 – PRODUCE, sometiéndola a consulta pública previa a su conformidad. Además, se dispuso la publicación de proyecto de la «Guía Técnica para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental (PMA)», para lograr los límites máximos permisibles (LMP), para las emisiones de la industria de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrológicos», mediante resolución ministerial N.º 192 – 2011 – PRODUCE (Legislaciónambiental.pe, El Sector pesquero: Normas de Protección Ambiental – Límites Máximos Permisibles, 2018 revisado 22 de abril, 2018).

El 23 de junio de 2014, el Ministerio del Ambiente, dispone la publicación del proyecto de decreto supremo que aprueba los límites máximos permisibles para efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD), mediante resolución ministerial

N.º 178 – 2014 – MINAM (MINAM, 2014, p.17), progresivamente el 30 de setiembre de 2018, se aprueban los límites máximos permisibles para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo (CHD) e indirecto (CHI), mediante decreto supremo N.º 010 – 2018 – MINAM (MINAM, 2018, p.3).

No solo el Perú, afronta los efectos de la contaminación como consecuencia de producción industrial de harina y aceite de pescado, países como México, Chile, Dinamarca, Japón, EEUU, Noruega, Vietnam, Islandia, Marruecos y China; los cuales están en busca de soluciones para mitigar el impacto ambiental proveniente de sus aguas residuales y aguas de sanguaza estas en su reutilización para producción de harina de pescado.

En 1993, Sandbol en su trabajo: «Nuevas tecnologías en la producción de harina de pescado para piensos: alcances sobre la evaluación de la calidad»; revisa todas las particularidades que debe cumplir una harina de pescado para que adquiera la consideración de producto de calidad. Los criterios de calidad van desde los más tradicionales (frescura de la materia prima, método de conservación) hasta los criterios analíticos más sofisticados (Total de nitrógeno volátil, valor de titulación y contenido en aminos biógenos) (p. 1). García y Ayala (2013), proponen un esquema de un sistema automatizado para la mejora en la etapa de filtrado de sólidos de agua sanguaza en la corporación pesquera Copeinca SAC – planta Chimbote, con el objetivo de optimizar la purificación de agua utilizada para el bombeo de pescado desde las embarcaciones hasta planta (p. 97).

No solo se proponen nuevas tecnologías, estudios referentes a la reutilización de agua de sanguaza, demuestran que es posible separar los sólidos mediante procesos físicos y químicos, adicionando insumos sintéticos como floculantes y coagulantes.

Con respecto al uso de coagulantes y floculantes para el pretratamiento de agua con residuos orgánicos e inorgánicos, Flaten (2001), en su trabajo «El aluminio como factor de riesgo en la enfermedad de Alzheimer, con énfasis en el agua potable», determina que

para neutralizar los problemas de contaminación en el agua, en la actualidad se han usado procesos fisicoquímicos de coagulación y floculación a partir de sales químicas que incluyen alumbre, cloruro férrico y cloruro de polialuminio, así también polímeros orgánicos sintéticos. Sin embargo, estos coagulantes químicos han manifestado ser eficientes en procesos de coagulación floculación, no obstante, presentan desventajas, tales como los costos de adquisición, afectan significativamente el pH del agua tratada, causan altas cantidades de lodos, lo que genera impactos en el medio ambiente y en la salud humana, como el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer. Además, los polímeros orgánicos sintéticos, como acrilamida, pueden tener efectos neurotóxicos y cancerígenos (pp. 187 – 196).

Con referente a este tipo de repercusiones, Sciban et al., (2009) investigaron que una solución viable puede ser el suplantar los coagulantes químicos por coagulantes naturales, que son métodos usados para la eliminación de la turbidez del agua potable. Los componentes coagulantes activos extraídos de plantas pueden ser alternativas, ya que son admisibles con el medio ambiente y no generan problemas de salud, ya que son biodegradables y no generan lodos voluminosos en comparación con los coagulantes inorgánicos (pp. 6639 – 6643) y Sanghi et al., (2006) afianza que los coagulantes naturales de origen vegetal son económicamente factibles, debido a que las plantas pueden ser cultivadas localmente (pp. 36 – 41).

Las investigaciones con respecto al uso de floculantes y coagulantes naturales es de interés mundial, así tenemos una compilación de información con referente a ellos tal como, Bravo (2017) destaca en su trabajo: «Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales», la capacidad de coagulación y floculación de metales pesados, turbidez, sólidos en suspensión, demanda química de oxígeno y colorantes presentes en aguas residuales mediante la aplicación de extractos derivados de fuentes naturales. Para esto, se recolectó y caracterizó información bibliográfica de 15 especies de plantas y dos extractos de origen animal, los que se encuentran reportados en la literatura científica con actividad coagulante y floculante y los transforman en sustituyentes de productos

químicos como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y el cloruro férrico ($FeCl_3$) distinguidos por ser los coagulantes químicos más utilizados en el proceso de potabilización del agua (p. 7).

Con referente al uso de floculantes naturales tenemos investigaciones aplicadas como:

Solís et. al, (2012) en su trabajo: «Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales», comprueba que las mezclas de sulfato de aluminio con almidón de yuca poseen un alto potencial de coagulación y floculación y podrían ayudar al tratamiento de las aguas superficiales (pp. 229 – 236); Martínez & González (2012) en su trabajo: «Evaluación del poder coagulante de la tuna (*Opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas» permiten establecer, que en las condiciones manejadas durante las pruebas de jarra, el coagulante natural alcanzó una eficiencia satisfactoria de 84.52 %, consiguiendo remover un alto porcentaje de turbidez de 85.76 % y de color en 57.14 %, presente en el agua cruda, usando dosis equivalentes a la de los coagulantes metálicos con mayor uso en la actualidad para el tratamiento de agua potable (pp. 17 – 91); así también Arcila & Peralta (2016) en su compilación de información: «Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua», hacen de conocimiento que cualesquiera de los extractos, de origen natural, experimentados y reportados por en esta revisión son altamente eficientes en la remoción de turbidez del agua, cotejados en algunos casos con el sulfato de férrico o aluminio, reportando que la adición de coagulantes naturales, como mejoras de coagulación, reduciendo significativamente la dosis de productos químicos y minimizando el impacto de los coagulantes químicos, por tanto reduciendo de manera significativa los costos de tratamiento si se dispone de ellos a nivel local (pp. 136 – 153).

Por ende, se requiere de investigaciones, cómo mejorar la calidad del agua desde procesos aceptables para el medio ambiente. Entre las técnicas promisorias para el tratamiento de aguas residuales está el uso de coagulantes y floculantes naturales, con el objetivo de obtener una mejor calidad del agua y generar la reducción del uso de productos sintéticos nocivos a nivel ambiental y para la salud humana (Flaten, 2001, pp. 187 – 196).

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales a base de las especies *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala* en los parámetros físicoquímicos del agua de sanguaza para harina residual en la industria pesquera?

1.4. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

Esta investigación empleó el polvo de semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, las cuales fueron recolectadas, caracterizadas y procesadas en la Universidad Nacional del Santa; como agente coagulante y floculante en el tratamiento de agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado; estas muestras a tratar fueron recolectadas de la Planta procesamiento de conservas de pescado «Don Fernando S.A.C.» ubicada en Chimbote, provincia del Santa de la región Ancash.

La caracterización y procesamiento de las semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, la aplicación del polvo de estas semillas en los tratamientos del agua de sanguaza y agua residual proveniente del lavado y limpieza del proceso de conserva de pescado, la medidas y análisis de los parámetros físico químicos del resultado de los tratamientos fueron realizados en los laboratorios de Química Analítica, Laboratorio de Operaciones Unitarias y el Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales, pertenecientes al Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Agrónoma (DAAA), los laboratorios mencionados están dentro del campus I de la Universidad Nacional del Santa (UNS) en el distrito de Nuevo Chimbote. El período de realización de la investigación inició a principios del año 2021 y concluyó en marzo del 2023, donde el muestreo de las aguas a tratar estaba sujetas a las temporadas de pesca y vedas.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad el creciente deterioro ambiental, es producido por las actividades industriales, agroindustriales y el latente incremento demográfico, que ponen a la sociedad actual en un escenario en la que es necesario replantear tanto los procesos de producción (si es necesario aplicación de tecnologías limpias), como los materiales y sustancias utilizadas para la solución de diversas problemáticas ambientales.

De las innumerables preocupaciones ambientales, una de las más estudiadas es la contaminación de los recursos hídricos (ríos, lagunas y bahías), generados por la industria pesquera generalmente en el litoral peruano, la minería y agronomía en los andes. Al día de hoy la industria de harina y aceite de pescado, producen harina residual, incluyendo en sus operaciones, el reprocesamiento del agua de sanguaza producto del almacenamiento de la anchoveta en sus tolvas en el proceso de harina de pescado, así como también la industria de conserva de pescado incluye en sus operaciones, el reprocesamiento del agua de sanguaza, residuos orgánicos, agua residual de limpieza y lavado antes y después del procesamiento de conserva de pescado; en ambos casos, las etapas de este reprocesamiento son la coagulación y floculación, en lo que estos procesos se realizan mediante el uso de coagulantes químicos (sintéticos), los que son añadidos a las aguas de sanguaza, agua residual de limpieza y lavado, con el objetivo de desestabilizar partículas coloidales para el desarrollo de la agregación de partículas formando grandes flóculos.

Mediante el enfoque de la etapa de coagulación y floculación del agua de sanguaza en la producción de harina de pescado residual, debemos de iniciar considerando que en la actualidad el proceso básico de tratamiento del agua de bombeo que usan las plantas pesqueras consta en un inicio de un tratamiento primario donde se realiza la separación de los sólidos del agua de bombeo, a través del uso de un tamiz rotativo filtrante denominado «tromel», la masa sólida se retorna a la línea de procesamiento, en tanto que el agua se envía a una etapa de tratamiento secundario que consta de una trampa de grasa, que a través de espumaderas recupera el aceite flotante, que posteriormente se conduce al proceso de elaboración de aceite (aceite PAMA); el agua con sólidos en suspensión es encaminada a una segunda celda de flotación que a través de la generación

de microburbujas de aire se adhiere a las partículas en suspensión, se produce una espuma que se recupera con una espumadera rotativa que luego se lleva al proceso de aceite PAMA; el tercer tratamiento consiste en recuperar los sólidos del agua residual aplicando tratamientos de coagulación y floculación, flotación por aire disuelto o DAF químico y deshidratado, en donde se genera lodo húmedo que compactado finalmente con una separación en frío se reduce la humedad.

La etapa de coagulación y floculación usualmente en el pretratamiento consiste en la desestabilización de las partículas suspendidas, provocando colisión entre ellas, adhesión, incremento de tamaño, aglutinación, aumento de densidad y por consecuencia sedimentación. Sedimentadas las partículas, son removidas con facilidad. En el mercado hay una amplia variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas que son usadas como coagulantes y floculantes en el pretratamiento de las aguas residuales, siendo el alumbre (sulfato de aluminio) y las sales de hierro (cloruro férrico) las más usadas.

En el caso de las sustancias inorgánicas y polímeros sintéticos (poliacrilamidas), son los más empleados, debido a su fácil obtención en el mercado y bajo costo; sin embargo, haciendo énfasis en el empleo de estas, se sabe de acuerdo investigaciones reportadas que cuando se emplean estas sustancias, el sedimento obtenido se convierte en tóxico, como ocurre con el uso de las sales de aluminio (sulfato de aluminio) y sales de hierro (cloruro férrico), lo que no permite el aprovechamiento de la materia orgánica sedimentada, ya que está reportado que al recuperarla y retornarla al proceso de elaboración de harina, y posteriormente con su adición directa o indirecta en los alimentos, puede provocar cáncer en los animales alimentados con harinas que contengan tales sustancias, que se acumulan en la cadena trófica y favorecen el desarrollo de Alzheimer. Además, si se considera que la materia orgánica no se aprovecha y se dispone en los cuerpos receptores, se vuelve un problema de contaminación ambiental y una gran pérdida económica para la industria al desperdiciarlos.

Por tanto, este proyecto es considerado de importancia debido a que en países con altos índices de contaminación y en vía de desarrollo como Perú, se requieren adoptar como alternativa de tecnología verde y limpia, el uso de agentes coagulantes y floculantes de fuentes naturales para el tratamiento de agua de sanguaza, agua de cola y aguas residuales provenientes de la limpieza y lavado en las distintas operaciones de la industria conservera, harina y aceite de pescado. Teniendo en consideración que las materias primas como son las semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, las cuales serán usadas como agentes coagulantes, floculantes o como agentes potenciadores o asociativos con tratamientos enzimáticos u otros tratamientos de tecnología verde, son fácilmente ubicadas en la región costera de nuestro país, por lo tanto, los costos se reducirían, además el grado de toxicidad es bajo y tienen buena biodegradabilidad.

El mercado actual de exportaciones, las políticas ambientales, la globalización y los costos están en permanente aumento por lo que, presionan a las empresas pesqueras de conserva, congelado y harina de pescado a trabajar y enfocarse en la mejora de los procesos, la rentabilidad, la eficacia y eficiencia; por ende algunas compañías europeas están considerando limitar sus compras de productos derivados de pescado solo aquellos países que practiquen y promuevan una gestión sostenible de sus recursos pesqueros; estas presiones y las regulaciones vigentes están induciendo a las empresas pesqueras a esforzarse cada vez más para optimizar la eficiencia de sus procesos.

Este proyecto de investigación se justifica así, específicamente en el interés de las empresas pesqueras de conserva y harina residual, por eliminar la menor cantidad posible de sólidos en sus efluentes, recuperarlos tratándoles con floculantes y coagulantes naturales y adicionarlos al proceso de harina residual, lo que permitirá aumentar el rendimiento de la producción de harina de pescado, así como también disminuyendo la carga química de los coagulantes y floculantes sintéticos que ocasionan enfermedades como el cáncer, en la alimentación de los animales y evitando su posible contaminación directa en la ingesta humana; así también generar rentabilidad de la empresa permitiéndole posicionarse en un mercado competitivo. Si mejoran sus procesos con el

uso de tecnologías verdes y limpias, generará valor agregado por ende se hará más atractiva al cliente extranjero que valora de manera positiva aquellos procesos ecoeficientes. Así mismo al eliminar aguas residuales con bajos niveles de residuos orgánicos, las empresas cumplirán con el cuidado, preservación del medio ambiente y con las legislaciones ambientales, como la resolución ministerial N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17 y lo establecido en el decreto supremo N.º 010 – 2018 – MINAM, en los límites máximos permisibles (LMP) establecida por el ministerio del ambiente (MINAM), beneficiando directamente al mar peruano.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales a base de las dos especies de semillas *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala* en los parámetros fisicoquímicos del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, para harina residual en una empresa pesquera en Chimbote.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar y definir los parámetros de control, en las operaciones de selección, secado, molienda y tamizado, del proceso de obtención de polvo de las semillas de las plantas *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, como agentes coagulantes y floculantes en el tratamiento de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.

Recolectar y comparar muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y el lavado del proceso de conserva de pescado, de una empresa pesquera de conserva y harina de pescado con subactividad de harina residual y de una empresa artesanal de consumo humano directo (CHD) y caracterizar sus parámetros fisicoquímicos: pH, turbidez (NTU), sólidos totales (ppm), sólidos suspendidos totales SST (ppm) y grasa (ppm y %).

Definir y comparar las matrices experimentales de estudio estadístico experimental, en base a dos diseños estadísticos: superficie de respuesta tipo factorial de 3 niveles: 3^2 (dos factores y tres niveles) y factorial multinivel (dos factores y dos niveles), a través de medir y evaluar las dosis de las combinaciones, de los polvos de semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala* en el contenido de pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasa.

Evaluar y analizar el efecto de las dosificaciones en las combinaciones de los polvos de semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala* en comparación con el uso de óxido de calcio junto al polvo de las semillas definidos en las matrices experimentales, como tratamientos del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en los parámetros fisicoquímicos establecidos por la normativa vigente según R.M. N.º 178–2014–MINAM y el D.S. N.º 010–2018–MINAM en pH, sólidos suspendidos totales (ppm) y grasa (ppm o %), mediante análisis estadístico.

Optimizar las concentraciones en las combinaciones planteadas de los polvos de semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, mediante los criterios de optimización de mantener y minimizar los parámetros físico químicos óptimos de pH, sólidos suspendidos totales y grasa, que cumplan lo establecido por la normativa vigente según R.M. N.º 178–2014–MINAM y el D.S. N.º 010–2018–MINAM, en el tratamiento del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. TRATAMIENTO DEL AGUA DE BOMBEO, AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL DE LIMPIEZA Y LAVADO PARA LA RECUPERACIÓN DE ACEITE Y SÓLIDOS EN LA INDUSTRIA PESQUERA.

La anchoveta (materia prima) pasa por desagüadores rotativos, y posteriormente es transportada mediante transportadores de malla a las tolvas de pesaje, luego son almacenadas en las pozas de recepción, el agua de bombeo resultante (volumen máximo de 600 m³/h) es conducida al sistema de tratamiento de agua de bombeo para recuperar sólidos y grasas y luego el agua tratada libre de sólidos y con un mínimo de porcentaje de grasa es devuelta al mar a través del emisor submarino, en cuyo extremo final cuenta con un difusor que disuelve los contenidos remanentes de sólidos y grasas, este sistema permite que la composición de los efluentes estén por debajo de los límites máximos permisibles (Burgos, 2014).

La mayoría de empresas de conserva y harina tienen implementado un sistema de recuperación terciaria que se le denomina como:

- **Etapa de recuperación de sólidos y consta de lo siguiente**

En esta etapa se separa la mayor cantidad de sólidos insolubles denominados «lodos», obtenidos en la celda de flotación del agua de bombeo y agua de cola, para obtener la fase sólida denominada «cake» o «torta medioambiental» con menor contenido de humedad y una fase líquida «licor medioambiental» con el menor contenido de sólidos insolubles a fin de no disminuir la eficiencia en el proceso de secado (Burgos, 2014).

- **Celda de flotación química**

El objetivo del proceso de clarificación es eliminar las sustancias en suspensión, sustancias disueltas y la supresión de la flora microbiana y la posible corrección de algunas características fisicoquímicas (Burgos, 2014).

El proceso de clarificación incluye las etapas de coagulación, floculación y separación de partículas. El agua de bombeo proveniente del DAF (Sistemas de Flotación de Aire Disuelto) es almacenada en un taque ecualizador de 1500 m³, el cual cuenta con un agitador en su interior que permite homogenizar el agua de bombeo y así evitar la sedimentación de sólidos, balanceando las variaciones de flujo y de carga mediante un mezclador aireador, que permite un menor consumo de aditivos químicos; a través de la agitación constante se maximiza el rendimiento del sistema, ecualizando y homogenizando la composición (Espinoza, 2016).

El agua de bombeo homogenizada, que proviene del tanque ecualizador pasa a través de un floculador tubular donde se dosifica el floculante «Plychem 8320» (polímero al 0.25% de concentración) y los coagulantes «Polychem 5218» (orgánico) y «Cloruro férrico líquido» (40% en peso) sin mucha variación (Espinoza, 2016).

Con la interacción de estos productos y el ingreso de aire presurizado del tubo de dilución a la celda clarificadora, se genera la formación de dos fases definidas: lodo de agua de bombeo recuperado (torta) por barrido mediante paletas provistas que luego es tratado por la separadora de sólidos ambiental y agua clarificada (clarificado) que es enviada al emisor submarino (8 km de distancia) previo tratamiento de desinfección con solución de hipoclorito de calcio y gas cloro (Espinoza, 2016).



Figura 1

Floculador tubular del sistema de tratamiento de agua residual.

Nota. FUENTE: Espinoza, 2016.

– **Separadora ambiental (Recuperación de sólidos)**

Equipo deshidratador tipo horizontal denominado «Hiller», es usado para la separación continua de sólidos suspendidos en líquidos, clarificación de líquidos, espesando los lodos procedentes de la coagulación (aplicación de Cloruro férrico líquido al 40% en peso) y floculación (aplicación de Polychem 8650) del agua de bombeo para incluirlos al proceso. Tiene como subproductos a la torta o cake de separadora ambiental, generado por la separadora medioambiental a partir de su alimentación con lodos de sólidos y debe presentar una humedad adecuada (cercana al 72% de humedad) para su posterior adición a la línea de producción de harina, formando parte de la torta integral y el licor de separadora medioambiental o agua clarificada el cual debe presentar una turbiedad adecuada, la cual cumple con los límites máximos permisibles (LMP), según lo establece el decreto supremo N.º 010 – 2008 – PRODUCE, que indica que el LMP para aceites y grasas es de 300 mg/l y sólidos suspendidos totales (SST) es de 700 mg/l enviado como efluente mediante el emisor submarino (Burgos, 2014).



Figura 2

Separadora Ambiental HILLER.

Nota. FUENTE: Empresa pesquera CANTABRIA S.A. Coishco (Baca & More, 2016).

2.1.2. AGUA DE SANGUAZA

Es la parte líquida orgánica del pescado, especialmente de la sangre y vísceras ocurrido por la presión del pescado en las pozas de recepción y bodegas de las embarcaciones definido por Pesca Perú (1995, c.p. Nuñez, 2014, p.9).

Así también, Landeo & Ruiz (1996, c.p. Nuñez, 2014, p. 9), define a la sanguaza como una mezcla de agua, sólidos solubles, sólidos insolubles y aceite, que se produce por la pérdida de frescura del pescado en la embarcación y en las pozas. Su generación es potenciada por el trabajo inadecuado del equipo de descarga del pescado, la altura de las pozas, el tamaño de la anchoveta, y el tiempo y temperatura de almacenamiento. Su producción se debe evitar en lo posible, y si ocurre debe ser procesada rápidamente para evitar su descomposición y permitir el aprovechamiento de los sólidos y el aceite que contiene.

Del Valle et al., (1990, c.p. Nuñez, 2014, p.10) muestra las características físico químicas de la sanguaza en la siguiente tabla:

Tabla 1

Análisis proximal del agua residual de sanguaza (peso / peso).

Componente	Porcentaje (%)
Proteína	6.0
Grasa	4.0
Humedad	90.03
Ceniza	3.2
Solidos totales	13.2

Nota. FUENTE: Del Valle et al. (1990, c.p. Nuñez, 2014, p.10)

2.1.3. COAGULACIÓN

La coagulación describe el efecto producido por la adición de un producto químico sobre una dispersión coloidal, resultando en la desestabilización de las partículas a través de la reducción de las fuerzas que tienden a mantener las mismas alejadas (Baumann, 1971). Este proceso se inicia cuando el coagulante se añade en el efluente, siendo dependiente del pH, temperatura, cantidad de impurezas y dosificación del producto, ocurriendo bajo condiciones de fuerte agitación. La desestabilización provoca la aglomeración de las partículas para posterior remoción por medio de sedimentación, flotación o filtración (Cardoso, 2003).

La figura 3, muestra el proceso de desestabilización de las partículas y la formación de los aglomerados mediante la adición de coagulante.

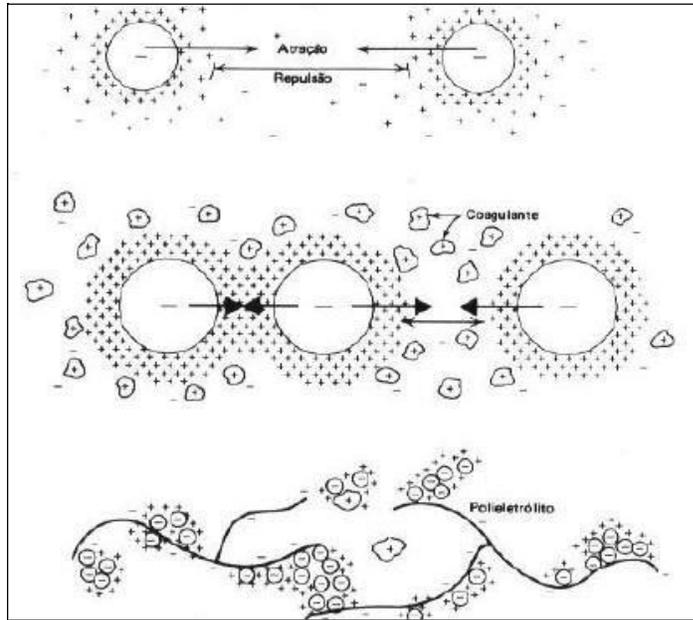


Figura 3

Desestabilización de las partículas y formación de los aglomerados mediante la adición de coagulante.

Nota. FUENTE: Cardoso, 2003.

2.1.4. FLOCULACIÓN

La floculación es un método físico que generalmente se utiliza de palas rotativas para provocar el aglutinamiento de las partículas, o sea, se busca aumentar aún más el tamaño de los copos ya formados en el proceso de coagulación. Este aumento de tamaño de los copos es deseable, pues mejora la eficiencia del proceso de tratamiento, ya que los copos se sedimentan más rápido debido a su mayor masa (Lora, 2000).

Según Furlan (2008), la representación matemática de la floculación ha sido basada considerando el proceso en dos etapas: transporte y atracción. El transporte que conduce a la colisión de las partículas se realiza debido a la variación de la velocidad del fluido / partícula, resultante de:

- Movimiento Browniano de las partículas (floculación pericinética);
- Gradientes de velocidad debido a la agitación (floculación ortográfica);
- Diferencias en la velocidad de sedimentación / flotación de las partículas individualmente.

La atracción es entonces parte de un número de pequeñas fuerzas variables generalmente pertenecientes a la naturaleza de la superficie de la propia partícula.

La floculación también puede ocurrir con la ayuda de polímeros, que agregan de forma más rápida las partículas ya coaguladas. Según Schoenhals (2006), hay tres tipos de polímeros que pueden ser usados: catiónico, aniónico y naniónico. El catiónico es aquel que cuando disuelto en agua se ioniza, adquiere carga positiva y actúa como un auténtico catión. El aniónico, de manera semejante, adquiere carga negativa y actúa como anión y el naniónico es aquel que no se ioniza en agua. Los polímeros naniónicos no son polieletrólitos, pero se incluyen en esta categoría debido a la similitud de sus aplicaciones.

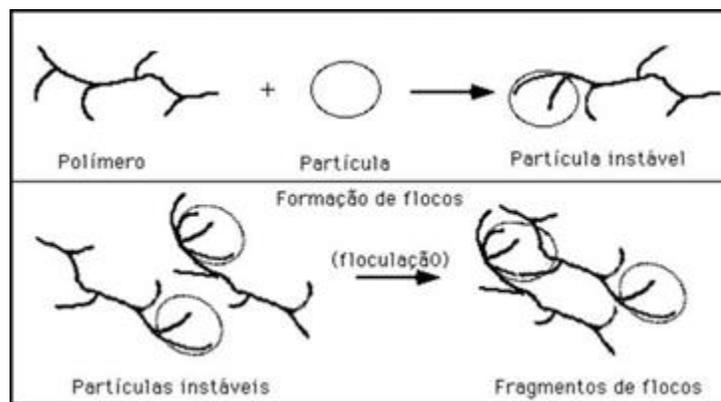


Figura 4

Proceso de floculación con ayuda de polímeros.

Nota. FUENTE: Adaptado de, Hemkemeier y Koetz (2009).

2.1.5. APLICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO DE EFLUENTES

La aplicación de productos químicos para la remoción de material orgánico e inorgánico del efluente depende de la composición de los productos y del propio efluente, donde por medio de reacciones físicas y químicas los compuestos de ambos se combinan para alcanzar el resultado deseado. Los coagulantes más empleados son los inorgánicos (sales de aluminio y hierro), como por ejemplo el sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), el cloruro férrico (FeCl_3) y el sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). También se utilizan coagulantes / floculantes auxiliares como los polímeros sintéticos (catiónicos y aniónicos) o naturales,

como la mandioca, la patata, el araruta y el maíz (Schoenhals, 2006; Di Bernardo et al., 2002).

Según Giordano (2013), los coagulantes a base de hierro o aluminio poseen la ventaja de la practicidad de utilización y buena calidad obtenida en el tratamiento del efluente, sin embargo, tiene como desventaja su costo y el volumen de lodo generado.

2.1.6. PRINCIPIOS DE LAS ETAPAS DE COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN Y SEDIMENTACIÓN

El proceso de coagulación y floculación ha sido muy utilizado para el tratamiento de agua potable y de efluentes industriales. Se trata de procesos físico – químicos usados para agregar coloides y partículas disueltas en copos mayores, que pueden ser fácilmente sedimentados por gravedad y luego removidos (Licskó, 1997; Kawamura, 1996).

De acuerdo con Lenzi et al., (2009), la coagulación – floculación puede estar compuesta por cinco fases:

– Primera

Consiste en la hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión, donde los coagulantes reaccionan con la alcalinidad (formación de diferentes cargas). Los iones positivos reaccionan con la superficie de la partícula, neutralizando las cargas negativas para reducir la doble capa difusa, donde estas capas se desestabilizan.

– Segunda

Ocurre a la precipitación y formación de compuestos «polimerizados», formando así, cadenas largas, pudiendo ser o no ramificadas, con extremidades activas.

– Tercera

Comprende la adsorción de las cadenas poliméricas en la superficie de los coloides debido al extremo activo, pudiendo el otro extremo estar también, aún activo en el agua.

- Cuarta

Ocurre la adsorción mutua entre coloides debido al extremo activo en ambos «polímeros» ligados a ellos, dando origen entonces a los copos.

- Quinta

En el caso de las partículas coloidales ya desestabilizadas, así como los hidróxidos metálicos (formados por la adición de los coagulantes) se agregan, originando copos aún mayores y más densos que tienden a sedimentar por acción de la gravedad. Resaltando que las fases no siguen esta secuencia, pero todas son dependientes de la temperatura, pH y de la alcalinidad del agua.

2.1.7. PLANTAS SILVESTRES COMO ALTERNATIVAS PARA FLOCULANTES Y COAGULANTES NATURALES ORGÁNICOS

Se presentan 2 tipos de plantas silvestres como alternativas para obtener floculantes y coagulantes a partir de sus semillas:

- **Crotalaria Pallida Aiton**

La *Crotalaria Pallida* es una especie de planta perteneciente a la familia Fabaceae, que también se conoce como «*Crotalaria Pálida*» o «*Rattlebox*». Es originaria de África tropical y se ha introducido en diversas partes del mundo debido a sus usos agrícolas y ornamentales. Es una planta anual o perenne que puede crecer hasta alcanzar alturas de 1 a 3 metros (Avendaño, 2011, p. 43).

La *Crotalaria Pallida* es conocida por su capacidad de fijar nitrógeno en el suelo a través de la simbiosis con bacterias que se encuentran en sus raíces. Debido a esto, se utiliza comúnmente como planta de cobertura en cultivos agrícolas, especialmente en áreas tropicales y subtropicales (Avendaño, 2011, p. 43).

Tabla 2Descripción de los rasgos morfológicos de la especie *Crotalaria Pallida*, Sp.

Partes de la planta	Características
Sufrútice	De 0.8 a 1.3 m de alto.
Tallo	Surcados y adpresos.
Hojas	Trifolioladas, alternas de 2.5 a 15.5 cm de largo, 1.5 a 10 cm de ancho; estípulas de 0.1 a 0.5 cm de largo, libres, setáceas, caducas, pubescentes; pecíolos de 1 a 5.5 cm de largo, adpresos; folíolos de 1 a 8 cm de largo, 0.4 a 4.5 cm de ancho, cartáceos, obovados, penninervios, margen entero; ápice retuso – mucronulado; base aguda; cara adaxial glabra con puntos glandulares; cara abaxial adpresa; peciólulos de 0.2 a 0.4 cm de largo y adpresos.
Inflorescencia	Racemosa, terminal, de 26 a 38 flores péndulas; brácteas ausentes; bractéolas setáceas, caducas y pubescentes.
Flores	De 0.6 a 1.3 cm de largo; cáliz de 0.3 a 0.9 cm de largo, 5 – lobulado, lóbulos triangulares hasta acuminados, de 0.2 a 0.5 cm de largo, 0.2 cm de ancho, adpresos; corola de pétalos amarillos con guías moradas, rojas, estandarte de 0.6 a 1.1 cm de largo, 0.5 a 0.7 cm de ancho, apéndices subtriangulares, uña lanosa, alas de 0.5 a 1.1 cm de largo, 0.3 cm de ancho, quilla de 0.5 a 1 cm de largo, 0.2 a 0.5 cm de ancho, extremo no retorcido, borde superior e inferior pubescentes. Estambres con filamentos de anteras alargadas de 0.2 a 0.3 cm de largo y filamento de anteras redondeadas 0.3 a 0.45 cm de largo. Ovario 1 – locular, muchos óvulos por lóculo, adpreso, marrón – rojizo, de 0.7 cm de largo y 0.2 cm de ancho; estilo de 0.7 a 0.9 cm de largo, curvado, pubescente hacia el ápice y estigma pubescente.
Fruto	Forma de legumbre de 3 a 4 cm de largo, 0.3 a 1.1 cm de ancho, linear – oblongo y adpreso.

Partes de la planta	Características
Semillas	De 0.2 a 0.3 cm de largo, 0.2 cm de ancho, arriñonadas, corrugadas y gelatinosas.

Nota. FUENTE: Avendaño, 2011, p. 41 – 43.

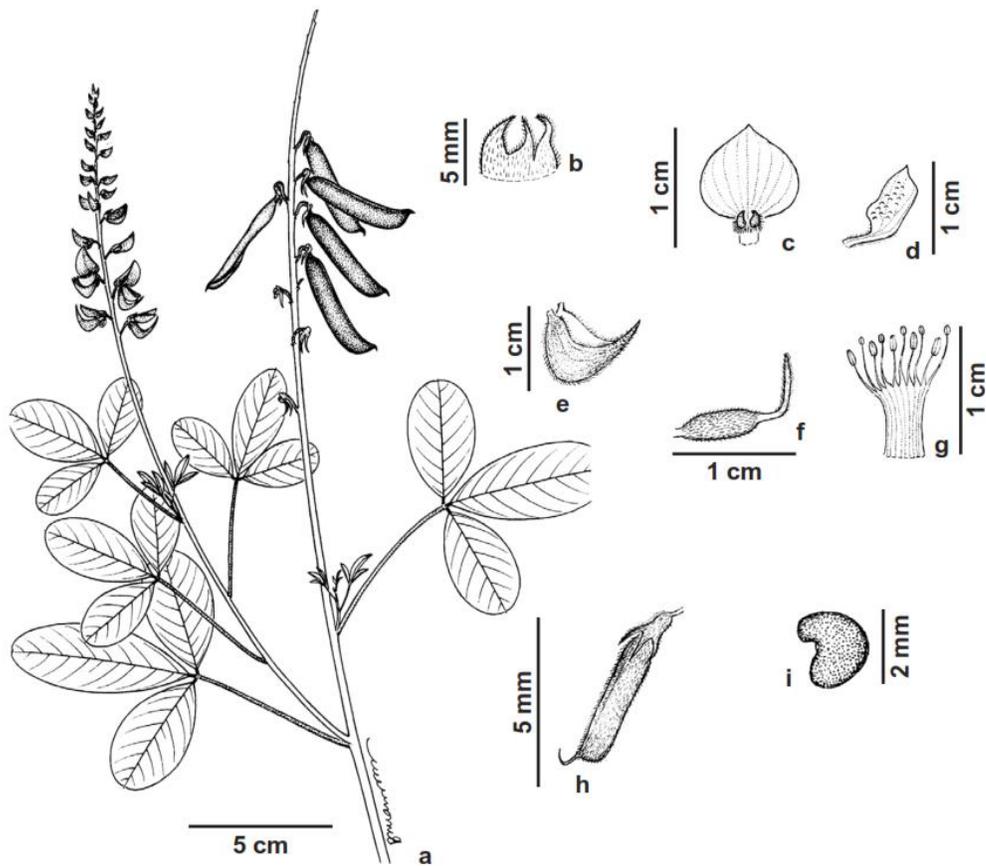


Figura 5

Crotalaria pallida. (a) Rama reproductiva, (b) Sépalos, (c) Estandarte, (d) Ala, (e) Quilla, (f) Ovario y estilo, (g) Androceo, (h) Fruto e (i) Semilla.

Nota. FUENTE: Avendaño, 2011, p. 42.

– **Leucaena Leucocephala**

La *Leucaena leucocephala* es una especie de árbol perteneciente a la familia de las leguminosas (Fabaceae), también conocido como «*Leucaena*», «*Guaje*» o «*Árbol de pluma*». Es originaria de América Central y del norte de Sudamérica, pero se ha introducido en muchas otras regiones tropicales y subtropicales del mundo debido a su valor como planta forrajera, leñosa y agroforestal (Clavero, c.p. García et al., 2008).

La *Leucaena Leucocephala* es apreciada por su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo a través de la simbiosis con bacterias que se encuentran en sus raíces, al igual que otras leguminosas, siendo valiosa para mejorar la fertilidad del suelo y como fuente de proteína para la alimentación animal (Clavero, c.p. García et al., 2008).

Además, la *Leucaena* es conocida por su rápido crecimiento y adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y edafológicas. Se utiliza como forraje para el ganado debido a su alto contenido de proteínas y su capacidad de crecimiento rápido. También se utiliza en la reforestación, como cortina rompevientos, como sombra para el ganado y en sistemas agroforestales, donde se combina con cultivos agrícolas para mejorar la productividad del suelo y proporcionar beneficios adicionales (Simón, c.p. García et al., 2008).

Tabla 3

Descripción de los rasgos morfológicos de la especie *Leucaena Leucocephala*.

Partes de la planta	Características
Sufrútice	De 3 a 20 m de alto.
Tallo	Ramas jóvenes cilíndricas y lisas, ramas maduras glabras y ásperas y de color pardo – rojizas.
Hojas	Hojas con estípulas persistentes desde 1.5 a 4.1 mm de largo, ovadas a lanceoladas, apiculadas, cuando están secas son inconspicuas y contraídas; pecíolos desde 1.0 a 3.7 cm de largo, glabros o densamente blanco-pubescentes con una glándula desde 1 a 4 mm de largo, entre el primero y el último par de pinnas, sésil, discoide –

Partes de la planta	Características
	obovada o elíptica, crateri forme; pinnas de 3 a 8 pares; folíolos de 11 a 24 pares por pinna, de 0.8 a 1.5 cm de largo, de 2.0 a 4.5 mm de ancho, elípticos, ligeramente oblicuos, base cuneada, asimétrica, ápice agudo, membranáceos, glabros, haz verde claro a oscuro con poco brillo, envés más claro y margen ciliado especialmente cerca de la base.
Inflorescencia	En fascículos de 2 a 6, con 100 a 180 flores, de 1.2 a 2.3 cm diámetro en antesis; pedúnculos de 2.5 a 4 cm largo, brácteas de 2.3 a 3 mm de largo, peltadas y margen ciliado.
Flores	Cáliz desde 2.2 a 3.1 mm largo, lóbulos escasamente barbados; corolla desde 4 a 5.3 mm de largo, pétalos fusionados marginalmente en la parte media, libres en la base, lóbulos escasamente pilosos; estambres con filamentos blancos, anteras esparcidamente pilosas en la porción distal, apículo ausente; ovario largamente pubescente en la porción distal, estigma cortamente tubular, incluso o exerto más allá de los estambres.
Fruto	Forma de legumbre de 3 a 45 cm por capítulo; estípites de 0.7 a 2 cm largo; valvas de 11 a 20 cm de largo, ancho de 1.2 a 2.3 cm, linear – oblongas u oblongas, ápice redondeado o agudo, comprimidas, cartáceas, color pardo – rojizo claro a oscuro, glabras y lustrosas, con dehiscencia a lo largo de ambas suturas.
Semillas	Semillas desde 8 a 18, de 0.6 a 1 cm largo, de 3 a 6 mm de ancho, 2 mm grosor, ovoides, comprimidas, pardo claro, brillante y pleurograma 90 – 95 % de extensión. Número cromosómico $2n = 104$.

Nota. FUENTE: Grether (2006). pp. 34 – 37.

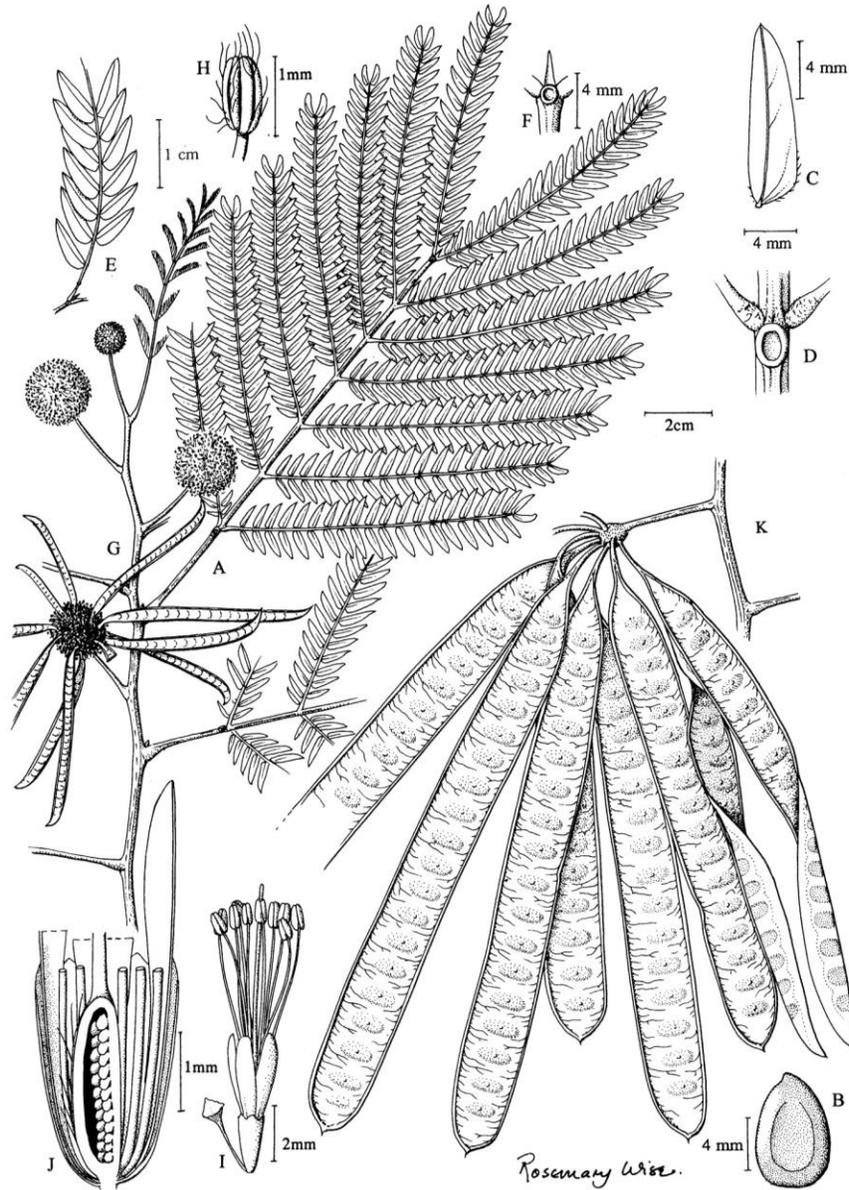


Figura 6

Leucaena leucocephala subsp. *glabrata*. (A) Raquis – Hoja, (B) Semilla, (C) Foliolo, (D) Glándula peciolar próxima al par de pinnas basales, (E) Pinnas, (F) Glándula terminal del raquis foliar, (G) Inflorescencia, (H) Antera pilosa, (I) Flósculo – Brácteas, (J) Flósculo extendido – flor y (K) Fruto.

Nota. FUENTE: Hughes, 1998.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- Agua de bombeo

Es el agua que se bombea del mar para transportar el pescado desde la embarcación hasta las pozas de las fábricas. La producción de 1 tonelada de harina de pescado produce entre 2 y 3 toneladas de agua de bombeo, con las bombas convencionales (Cabrera, 2002, p. 159).

- Agua de cola

Es el agua que resulta de la cocción del pescado, luego de la separación de sólidos y aceite. Es el efluente con mayor contenido de materia orgánica, 0.6 toneladas por una tonelada de pescado (Cabrera, 2002, p. 159).

- Sanguaza

Es el líquido que contiene agua, sangre y sólidos de pescado presentes en el agua de bombeo, en las pozas de las plantas pesqueras. Una tonelada de pescado crudo genera alrededor de 0.05 toneladas de sanguaza (Cabrera, 2002, p. 162).

- Oxígeno disuelto

Elemento básico necesario en cantidades adecuadas para la vida de los peces y de otros organismos acuáticos. Es un indicador de calidad del agua. Para su determinación se usa el método de Winkler basado en la reacción del óxido de manganeso (II) en una solución con hidróxido de potasio y sulfato de manganeso como catalizadores y una titulación yodométrica (Cabrera, 2002, p. 162).

- Sedimento

Material granuloso fino o grueso que se acumula en el fondo de los ambientes acuáticos, formando una superficie que sirve de hábitat al bento (organismos que viven en o cerca del fondo de los cuerpos de agua) (Cabrera, 2002, p. 163).

– Harina de pescado

Concentrado de proteínas preparado en base de pescado entero o de residuos de la industria pesquera, provenientes de conservas, congelado, salazón, etc. (Cabrera, 2002, p. 161)

– Coagulante

Sales metálicas que reaccionan con la alcalinidad del agua, para producir un flóculo de hidróxido del metal, insoluble en agua, que incorpore a las partículas coloidales, los coagulantes se clasifican en:

– Coagulantes metálicos

Se clasifican en: Compuestos de aluminio como el *Sulfato de Aluminio* ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$), *Aluminato de Sodio* ($NaAlO_2$), *Alumbre de Potasio* ($Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O$), *Alumbre de Amonio* ($Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$), *Policloruro de Aluminio* ($Al_2(OH)_nCl_{6-n}$), *Cloruro Férrico* ($FeCl_3$), *Sulfato Férrico* ($Fe(SO_4)_3$), *Sulfato Ferroso* ($Fe(SO_4)_7H_2O$) y *Carbonato de Magnesio* ($MgCO_3$); Compuestos de hierro: *Cloruro Férrico* ($FeCl_3$), *Sulfato Férrico* ($Fe(SO_4)_3$) y *Sulfato Ferroso* ($Fe(SO_4)_7H_2O$) y Otros como el *Carbonato de Magnesio* ($MgCO_3$) (García & Johana, 2017).

– Coagulantes polielectrolitos

Polímeros orgánicos sintéticos de gran tamaño molecular, los cuales poseen carga eléctrica neta, permitiéndoles ser eficaces en un amplio rango de pH se usan junto con coagulantes metálicos. Se clasifican según su carga en: Catiónicos (carga positiva); Aniónicos (carga negativa) y No iónicos (neutros) (García & Johana, 2017).

– Coagulantes naturales

Se generan a través de reacciones bioquímicas que ocurren en plantas y animales, generalmente son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua, por su naturaleza se caracterizan por tener una mínima o nula toxicidad; estos carbohidratos y proteínas tienen propiedades coagulantes o floculantes

los cuales aglomeran las partículas en suspensión que contiene el agua cruda, facilitando su sedimentación y reduciendo la turbidez inicial (García & Johana, 2017).

– Floculante

Son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares muy elevados; generalmente son moléculas orgánicas solubles en agua, se forman por bloques denominados monómeros, repetidos en cadenas larga. Estas sustancias químicas aglutinan sólidos en suspensión una vez efectuada su coagulación, provocando su precipitación. Son de naturaleza: mineral (sílice activada), orgánico natural (polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales) y orgánico de síntesis (macromoléculas de gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos, clasificados en aniónicos, neutros o no iónicos y catiónicos) (Maldonado, 2017).

– Leguminosas

Las leguminosas son una familia de plantas que pertenecen a la familia Fabaceae, incluyen, árboles, arbustos o hierbas trepadoras leñosas o herbáceas; se encuentran presentes en diferentes regiones geográficas del planeta (excepto en la Antártida y el Ártico) y se distribuyen de acuerdo con patrones climáticos y geográficos. La principal característica de esta familia, es su tipo de fruto seco y generalmente dehiscente, pluriseminado conocido como «legumbre»; siendo comestible y cuyos macronutrientes principales son proteínas y almidón. Esta familia de plantas es conocida por su capacidad única para fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo, a través de una asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* (Foresto, 2021).

– Almidón

Es una macromolécula compuesta por la mezcla de dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina; donde la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana y la amilopectina emplea enlaces α -D-(1,6). Los almidones contienen entre 15 a 30 % de amilosa y el restante es conformado por amilopectina entre 70 a 85 %. La amilosa y la amilopectina influyen en las propiedades de hidratación y gelatinización de los alimentos. Este glúcido se encuentra en cereales, tubérculos y en algunas frutas y verduras, como polisacárido de

reserva energética. Su concentración varía según el estado de madurez del vegetal (Badui, 2016).

– Polisacárido

Hidrato de carbono formado por una larga cadena de monosacáridos; están compuestos de unidades «glicosílicas» en disposición lineal o ramificada; en la naturaleza se encuentran como «homoglicanos» (unidades glicosílicas constituidas por el mismo azúcar), siendo estos la celulosa, amilosa (lineal) y amilopectina (ramificada) del almidón; así también, se encuentran como «heteroglicano» (polisacárido compuesto de dos o más unidades diferentes de monosacáridos), siendo estos los alginatos y guarano y la goma de algarrobo. El grado de polimerización es el número de monosacáridos en un polisacárido, siendo esto muy variable (Fennema, 1996).

– Lípidos

Son una clase de moléculas orgánicas cuyas características principales es insolubles en agua debido a su naturaleza no polar (hidrofóbicas). Los lípidos incluyen varias subclases de moléculas, pero en términos generales, los lípidos contienen carbono, hidrógeno y oxígeno en proporciones variables. Se dividen en grasas y aceites, en saponificables (grasas, aceites, ceras, fosfolípidos y ácidos grasos libres) e insaponificables (esteroles, vitaminas, hidrocarburos y pigmentos); las grasas y aceites están constituidos por triacilglicéridos (triglicéridos), que son ésteres de ácidos grasos con glicerol (Badui, 2016).

– Enzimas

Son proteínas especializadas que actúan como catalizadores biológicos, acelerando las reacciones químicas en los organismos vivos; tienen estructura tridimensional globular y presentan actividad cuando tienen una conformación espacial que permite establecer una disposición óptima de los aminoácidos de su centro activo o sitio catalítico. Las velocidades de las reacciones enzimáticas dependen principalmente del pH, temperatura, concentración de sustrato / enzima y del agua disponible en el medio de reacción (Badui, 2016).

– Lipasa

Es una clase de esterasas, que actúa específicamente en esteres insolubles en agua; esta enzima actúa en interfases aceite – agua (emulsión) para que sea hidrolizada. Las lipasas tienen como sustrato a los triacilglicéridos, de los que se liberan ácidos grasos; dependiendo del grado de hidrolisis dan lugar a diglicéridos, monoglicéridos o incluso glicerol. Se encuentran fuentes animales (pancreática, intestinal y la leche), vegetales (semillas de oleaginosas como la soya y cacahuete) y fuentes microbianas (hongos del género *Bacillus* y hongos) (Badui, 2016).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1.HIPÓTESIS CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN

La aplicación de la combinación de los agentes coagulantes y floculantes naturales a partir del polvo de las semillas de las plantas silvestres *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, gracias a sus propiedades como leguminosas que actúan como agentes de retención de grasas, permitirán maximizar la efectividad de las propiedades coagulantes y floculantes naturales de los pretratamientos (enzimáticos) establecidos en la industria pesquera, removiendo un alto porcentajes de grasa (%), sólidos totales (ppm), sólidos suspendidos totales (ppm), turbidez (NTU) y fijando un pH estándar, establecidos en los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes; según resolución ministerial N.º 178 – 2014 – MINAM, y según el decreto supremo N.º 010 – 2018 – MINAM.

3.2.VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. VARIABLES – DEFINICIÓN CONCEPTUAL

A. Variables independientes

Considerando que el concepto de «harina» se refiere comúnmente al producto pulverizado y fino obtenido de granos o semillas y el término «polvo» es un término más amplio que puede aplicarse a diferentes materiales pulverizados, incluyendo semillas, por lo tanto, ambos términos se utilizan para describir sustancias en forma de partículas finas; en base a esto se define:

- Polvo de *Crotalaria Pallida*

Sustancia en forma de partículas finas, obtenida a través de las operaciones de secado, molienda y tamizado de los granos de semillas de la planta *Crotalaria Pallida*.

- Polvo de *Leucaena Leucocephala*

Sustancia en forma de partículas finas, obtenida a través de las operaciones de secado, molienda y tamizado de los granos de semillas de la planta *Leucaena Leucocephala*.

B. Variables dependientes

Considerando que las variables dependientes, son las características físico químicas que serán medidas en las aguas residuales tratadas, las cuales deben de estar dentro del rango de los límites máximos permisibles, establecidos por la normativa vigente, se define:

- Parámetros físico químicos

Son medidas o características que se utilizan para describir o evaluar las propiedades físicas y químicas de una sustancia, sistema o proceso; proporcionando información sobre aspectos como la composición, el comportamiento y las propiedades de una sustancia o sistema desde el punto de vista físico y químico. En el presente estudio tenemos: pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasa.

- Límites máximos permisibles (LMP)

Son valores establecidos legalmente por normas y regulaciones específicas, que definen los límites máximos aceptables de ciertos parámetros o sustancias en un determinado campo o aplicación. Estos límites se establecen con el fin de proteger la salud humana, el medio ambiente o garantizar la calidad de un producto o proceso; además las normas y regulaciones que establecen los LMP, son desarrolladas por entidades gubernamentales (MINAM, OEFA, Tribunal de Fiscalización Ambiental y las autoridades ambientales sectoriales), organizaciones internacionales o autoridades reguladoras (Organización Marítima Internacional – OMI, Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques – MARPOL y Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques – BWM).

3.2.2. Variables – Definición operacional

A. Variables independientes

Son las que controlan el experimento y son establecidas por el investigador, para determinar su efecto en las variables dependientes, operacionalmente se definen como:

- Concentración de polvo de *Crotalaria Pallida*:
 - _ Gramos de polvo, de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g aplicados en 500 ml de 2 concentraciones («concentración 1» y «concentración 2») de muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.
 - _ Gramos de polvo, de 0.125 g y 0.5 g aplicados en 500 ml de una concentración («concentración 3») de muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.

- Concentración de polvo de *Leucaena Leucocephala*:
 - _ Gramos de polvo, de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g aplicados en 500 ml de 2 concentraciones («concentración 1» y «concentración 2») de muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.
 - _ Gramos de polvo, de 0.125 g y 0.5 g aplicados en 500 ml de una concentración («concentración 3») de muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.

Estas concentraciones se combinarán aplicando la metodología de superficie de respuesta y la metodología factorial multinivel, para optimizar las formulaciones que permitan mantener y minimizar las variables dependientes, en valores estándares establecidos por la normativa ambiental.

B. Variables dependientes

Son las variables que se miden, observan o registran en un estudio y se consideran como el resultado o la respuesta que se está investigando, operacionalmente se define como:

- pH

Se expresa en una escala numérica que va desde 0 hasta 14, donde 7 representa la neutralidad, valores por debajo de 7 indican acidez y valores por encima de 7 indican alcalinidad.

- Turbidez

Unidad de medida expresada en Nefelómetro Turbidity Unit (NTU), proporciona una medida de la opacidad o claridad de una muestra en función de la cantidad de partículas suspendidas presentes.

- Sólidos totales (ST)

Unidades de medida expresadas en, miligramos por litro (mg/L), partes por millón (ppm) y gramos por litro (g/L), se refieren a la cantidad total de sólidos presentes, incluyendo tanto los sólidos disueltos como los sólidos en suspensión.

- Sólidos suspendidos totales (SST)

Unidades de medida expresadas en, miligramos por litro (mg/L), partes por millón (ppm) y gramos por litro (g/L), representan la cantidad total de sólidos que se encuentran en suspensión en el líquido y no están disueltos.

- Grasa

Es una medida de la concentración de lípidos en una muestra, sus unidades de medida están expresadas en: porcentaje (%), gramos por 100 gramos (g/100g), miligramos por litro (mg/L) y miliequivalentes por 100 gramos (meq/100g)

3.3.MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

EL método de investigación empleado, es aplicativo según su finalidad, desarrollado en laboratorio, con el manejo de las variables experimentales independientes y dependientes.

3.4.DISEÑO O ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Se emplea un diseño experimental de investigación, que implica la planificación y estructura de un estudio científico; el cual permite investigar las relaciones causales del polvo de semilla de *Crotalaria Pallida* «A» y polvo de semilla de *Leucaena Leucocephala* «B», así como también explorar los efectos de estas variables, sobre 5 variables de interés, pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasa (manipulación de variables independientes y medición de variables dependientes), para obtener resultados confiables y válidos a través de un análisis estadístico de análisis de varianza (ANOVA), coeficientes de regresión (ecuación del modelo de predicción ajustado y el estadístico «R – cuadrada» (r^2) que indica el % de variabilidad en el modelo para cada variable de respuesta), optimización (a través, de selección de metas, tales como, minimizar y mantener en estándares de cumplimiento, debajo de los límites máximo permisibles), diagramas de Pareto (análisis de los efectos que tienen un «valor – P» menor que 0.05) gráficos de efectos principales, grafico de interacciones, gráficos de superficies de respuesta (combinación de los niveles de los factores, la cual minimiza o mantiene sobre una región indicada) y grafico de contornos de la superficie de respuesta estimada.

En base a lo mencionado, se emplea dos tipos de diseños estadísticos, los cuales se seleccionaron por la complejidad y la estructura de las variables independientes y dependientes (variables numéricas que requieren de métodos estandarizados de cuantificación y medida), ya que según la naturaleza de la investigación es «experimental y aplicada» y los objetivos del estudio, como es la de validar los tratamientos, optimizar el proceso mediante la manipulación de variables, desarrollar tecnologías verdes y limpias, validar la hipótesis, mejora de métodos de medición (técnicas experimentales o de instrumentación), transferencia de conocimientos (aplicación de conocimientos científicos en la industria pesquera y desarrollo de conexiones entre la investigación

académica y la aplicación práctica) y la validación de teorías a través, de la experimentación aplicativa.

Esta investigación, está en función a experimentos, los cuales son el conjunto de pruebas o ensayos cuyo objetivo es obtener información que permita mejorar el proceso de tratamiento de aguas residuales. Considerando que el diseño experimental es el esquema que indica la forma en el que los factores en estudio, como el, polvo de semilla de *Crotalaria Pallida* «A» y polvo de semilla de *Leucaena Leucocephala* «B», son asignados a la unidades experimentales; donde una «unidad experimental» es la entidad física o el material experimental unitario (muestra de agua residual con pre tratamiento enzimático) que recibe y está expuesto a la aplicación del tratamiento, el cual es el conjunto particular de condiciones experimentales definidas por el investigador.

Identificados los factores importantes que afectan el proceso de tratamiento de aguas residuales, son necesarias corridas adicionales para desarrollar la localización de las condiciones óptimas de los factores, como la, *Crotalaria Pallida* «A» y *Leucaena Leucocephala* «B»; puesto que «óptimo» implica un mínimo o máximo, entonces los diseños para optimización implican por lo menos tres niveles por cada factor para poder estimar la curvatura. En STATGRAPHICS, existen diferentes tipos de diseños para la optimización de las variables de interés o de respuesta (pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasa). Los diseños empleados, en esta investigación son:

A. Superficie de Respuesta «Tipo factorial de 3 niveles»

Estos diseños intentan seleccionar las condiciones óptimas de un conjunto de factores experimentales, como la *Crotalaria Pallida* «A» y *Leucaena Leucocephala* «B». Los diseños implican al menos tres niveles (3) de los factores experimentales (2) siendo un nivel bajo («-» equivalente a 0.125 g), nivel central («0» equivalente a 0.3125 g), y un nivel alto («+» equivalente a 0.5 g), los cuales deben ser cuantitativos. Los diseños factoriales a tres niveles (-), (0) y (+), generan corridas en cada combinación de estos tres niveles. Con 2 factores experimentales, como la *Crotalaria Pallida* «A» y *Leucaena Leucocephala* «B», obtenemos 9 corridas, a las cuales se adicionan 2 réplicas de las

combinaciones entre puntos centrales (0.3125 g de Crotalaria P. y 0.3125 g de Leucaena L.), dando un total de 11 tratamientos en un solo bloque, como se presentan en las tablas 4, 5, 6, y 7.

La combinación de los puntos al centro «0» equivalente a 0.3125 g de Crotalaria P. y 0.3125 g de Leucaena L., se replica adicionando en el diseño base, 2 corridas experimentales, localizadas en un punto medio entre el nivel bajo («-» equivalente a 0.125 g) y alto («+» equivalente a 0.5 g) de los dos factores, con los objetivos de estimación de las variables intrínsecas (consistencia del sistema en condiciones centrales), la detección de anomalías en el punto central (presencia de anomalías en el punto central indica problemas con la reproducibilidad o estabilidad del sistema en condiciones centrales), validación del modelo a nivel central (si el modelo matemático no puede explicar la variabilidad observada en el punto central indicaría limitaciones en el modelo y las relaciones entre el los factores y las variables de respuesta) y mejora la precisión estadística en el punto central.

Así también, las matrices experimentales del diseño base (tablas 4, 5, 6, y 7) se aleatorizan el orden de las corridas en el experimento, puesto que reduce el efecto de las variables ocultas como tendencias sobre el tiempo.

Tabla 4

Matriz de experimentos 01, diseño superficie de respuesta, tipo factorial de 3 niveles: 3^2 , para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.

BLOQUE	Crotalaria P. (g)	Leucaena L. (g)	Enzima (%)	pH	Turbidez (NTU)	ST (ppm)	SST (ppm)
1	0.5	0.5	0.1				
1	0.3125	0.3125	0.1				
1	0.125	0.3125	0.1				
1	0.5	0.125	0.1				
1	0.3125	0.3125	0.1				
1	0.125	0.5	0.1				
1	0.125	0.125	0.1				
1	0.5	0.3125	0.1				
1	0.3125	0.5	0.1				
1	0.3125	0.3125	0.1				
1	0.3125	0.125	0.1				

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

Tabla 5

Matriz de experimentos 02, diseño superficie de respuesta, tipo factorial de 3 niveles: 3^2 , para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» (MC1) proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante), combinaciones de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO (valor constante)

BLOQUE	Crotalaria P. (g)	Leucaena L. (g)	Enzima (%)	CaO (%)	pH	Turbidez (NTU)	ST (ppm)	SST (ppm)
1	0.5	0.5	0.1	0.8				
1	0.3125	0.3125	0.1	0.8				
1	0.125	0.3125	0.1	0.8				
1	0.5	0.125	0.1	0.8				
1	0.3125	0.3125	0.1	0.8				
1	0.125	0.5	0.1	0.8				
1	0.125	0.125	0.1	0.8				
1	0.5	0.3125	0.1	0.8				
1	0.3125	0.5	0.1	0.8				
1	0.3125	0.3125	0.1	0.8				
1	0.3125	0.125	0.1	0.8				

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

Tabla 6

Matriz de experimentos 03, diseño superficie de respuesta, tipo factorial de 3 niveles: 3^2 , para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» (MC2) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.

BLOQUE	Crotalaria P. (g)	Leucaena L. (g)	Enzima (%)	pH	Turbidez (NTU)	ST (ppm)	SST (ppm)
1	0.5	0.5	0.1				
1	0.3125	0.3125	0.1				
1	0.125	0.3125	0.1				
1	0.5	0.125	0.1				
1	0.3125	0.3125	0.1				
1	0.125	0.5	0.1				
1	0.125	0.125	0.1				
1	0.5	0.3125	0.1				
1	0.3125	0.5	0.1				
1	0.3125	0.3125	0.1				
1	0.3125	0.125	0.1				

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

Tabla 7

Matriz de experimentos 04, diseño superficie de respuesta, tipo factorial de 3 niveles: 3^2 , para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» (MC2) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante), combinaciones de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO (valor constante)

BLOQUE	Crotalaria P. (g)	Leucaena L. (g)	Enzima (%)	CaO (%)	pH	Turbidez (NTU)	ST (ppm)	SST (ppm)
1	0.5	0.5	0.1	0.8				
1	0.3125	0.3125	0.1	0.8				
1	0.125	0.3125	0.1	0.8				
1	0.5	0.125	0.1	0.8				
1	0.3125	0.3125	0.1	0.8				
1	0.125	0.5	0.1	0.8				
1	0.125	0.125	0.1	0.8				
1	0.5	0.3125	0.1	0.8				
1	0.3125	0.5	0.1	0.8				
1	0.3125	0.3125	0.1	0.8				
1	0.3125	0.125	0.1	0.8				

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

B. Factorial Multinivel

Diseños que implican diferentes números de niveles para cada factor experimental, estos factores son de obligatoriedad cuantitativos. En esta investigación se cuenta con 2 factores experimentales, como la *Crotalaria Pallida* «A» y *Leucaena Leucocephala* «B», cada factor con 2 niveles, siendo un nivel bajo «-» equivalente a 0.125 g y un nivel alto «+» equivalente a 0.5 g, los cuales deben ser cuantitativos. Obtenemos 4 corridas (4 combinaciones de los dos niveles), a las cuales se adicionan una réplica a cada corrida (cada combinación de los dos niveles); dando un total de 8 tratamientos en dos bloques, como se presentan en las tablas 8, 9 y 10.

La inclusión de replicas en este diseño permite la estimación precisa de los efectos principales de cada nivel («-» equivalente a 0.125 g y «+» equivalente a 0.5 g) al observar cómo varían las respuestas (pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasa) para cada nivel mientras se mantiene constante el otro nivel, facilita el análisis de interacciones entre los dos niveles; determina la variabilidad de la respuesta en los extremos del diseño (niveles bajo y alto), siendo esto crucial para comprender cómo las respuestas varía en las condiciones más bajas y más altas de los factores (*Crotalaria Pallida* «A» y *Leucaena Leucocephala* «B»); valida el modelo matemático a nivel de combinaciones específicas como son los niveles bajos y altos, garantizando que el modelo sea aplicable en los niveles extremos y así también, permite explorar la variabilidad en los extremos, lo que facilita comprender la sensibilidad del sistema a cambios en los dos niveles, «-» equivalente a 0.125 g y «+» equivalente a 0.5 g, de los dos factores, *Crotalaria Pallida* «A» y *Leucaena Leucocephala* «B».

En las matrices experimentales del diseño base (tablas 8, 9 y 10), se aleatorizan el orden de las corridas en el experimento, puesto que reduce el efecto de las variables ocultas como tendencias sobre el tiempo.

Tabla 8

Matriz de experimentos 05, diseño factorial multinivel, para el tratamiento de muestras de agua de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 3» (MC3) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.

BLOQUE	Crotalaria P. (g)	Leucaena L. (g)	Enzima (%)	pH	Turbidez (NTU)	ST (ppm)	SST (ppm)	Grasa (%)
1	0.125	0.125	0.1					
1	0.5	0.125	0.1					
1	0.125	0.5	0.1					
1	0.5	0.5	0.1					
2	0.125	0.125	0.1					
2	0.5	0.125	0.1					
2	0.125	0.5	0.1					
2	0.5	0.5	0.1					

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

Tabla 9

Matriz de experimentos 06, diseño factorial multinivel, para el tratamiento de muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.

BLOQUE	Crotalaria P. (g)	Leucaena L. (g)	Enzima (%)	Grasa (%)
1	0.125	0.125	0.1	
1	0.5	0.125	0.1	
1	0.125	0.5	0.1	
1	0.5	0.5	0.1	
2	0.125	0.125	0.1	
2	0.5	0.125	0.1	
2	0.125	0.5	0.1	
2	0.5	0.5	0.1	

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

Tabla 10

Matriz de experimentos 07, diseño factorial multinivel, para el tratamiento de muestras de agua residual de «concentración 2» (MC2) proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, con enzima 0.1 % (valor constante) y combinaciones de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

BLOQUE	<i>Crotalaria P.</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	Enzima (%)	Grasa (%)
1	0.125	0.125	0.1	
1	0.5	0.125	0.1	
1	0.125	0.5	0.1	
1	0.5	0.5	0.1	
2	0.125	0.125	0.1	
2	0.5	0.125	0.1	
2	0.125	0.5	0.1	
2	0.5	0.5	0.1	

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

La presente investigación tuvo como población a las semillas de las plantas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, que crecieron de manera silvestre en las áreas de desérticas y jardines del campus I de la Universidad Nacional del Santa, ubicada en el distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, región Ancash.

Las muestras fueron tomadas de granos seleccionados en estado maduro y seco de cada planta, tanto de *Crotalaria P.* ubicadas en el jardín colindante de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y *Leucaena L.* ubicadas en el jardín colindante a la Planta Piloto Agroindustrial; en los meses de febrero y marzo.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las técnicas e instrumentos de la investigación se establecieron en función al desarrollo de las etapas del proyecto.

a. Obtención de polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

Las semillas maduras y secas en el propio arbusto, fueron pañadas, desvainadas, venteadas, seleccionadas, pesadas y secadas a 45 °C por 96 horas, en una estufa –

esterilizador (marca: POL–EKO APARATURA y serie: SW1SE 12026), hasta una humedad de 8% determinada con el método AOAC – 925.10 (con estufa – esterilizador de marca: POL–EKO APARATURA y serie: SW1SE 12026), luego fueron molidas en un molino (marca: RETSCH y tipo: ZM200) a una velocidad de 8000 rpm y tamizadas, mediante un juego de tamices verticales de prueba estándar (marca: VWR Scientific, con cumplimiento de especificaciones A.S.T.M. E – F11 y país de fabricación: EE. UU), con los tamices números, N.º 30 (luz de malla: 600 μ – 0.0234 in), N.º 45 (luz de malla: 355 μ – 0.0139 in), N.º 60 (luz de malla: 250 μ – 0.0098 in), N.º 80 (luz de malla: 180 μ – 0.0070 in) y N.º 120 (luz de malla: 125 μ – 0.0049 in), aplicando una amplitud de vibración digital de 7 mm por 15 minutos, obteniendo un tamaño de partícula de 125 μ equivalente a 0.0049 in, para luego ser envasadas en bolsas de polietileno de alta densidad.

b. Caracterización físico química de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

Las características físico químicas del polvo de las semillas, se realizó mediante el análisis proximal estándar de las harinas, según los métodos de la «AOAC international» (Association of Official Analytical Chemists), los cuales son estándares reconocidos internacionalmente, que proporcionan procedimientos y pautas detalladas para llevar a cabo análisis químicos y físicos en una variedad de muestras utilizadas en la industria alimentaria y en laboratorios de investigación. Por lo tanto, el % de humedad se determinó mediante el método AOAC – 925.10 (con estufa – esterilizador de marca: POL–EKO APARATURA y serie: SW1SE 12026), el % de cenizas se determinó a 650 °C, mediante el método AOAC – 923.03 (con estufa – esterilizador de marca: POL–EKO APARATURA, serie: SW1SE 12026 y mufla de marca: BL Barnstead International, modelo: N.º FB1410M y serial: N.º 1257060346476), el pH se determinó mediante la determinación de acidez en alimentos por titulación potenciométrica con el método AOAC – 981.12 (con el PH/ISE metro de marca: THERMO SCIENTIFIC y tipo/modelo: ORION STAR A214) y el % de acidez se realizó mediante la determinación de acidez titulable en alimentos por el método AOAC – 942.15 (con fenolftaleína al 0.1% p/v y NaOH de 0.1 N). Los análisis se realizaron en los laboratorios de Química Analítica y

Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales de la Universidad Nacional del Santa.

c. Recolección de las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado

Las muestras de agua de sanguaza y agua residual del lavado y limpieza proveniente del proceso de elaboración de conserva de pescado, fueron recolectadas del tanque equalizador, el cual está en la etapa de recuperación de sólidos, es en esta etapa donde la planta aplica un tratamiento enzimático, mediante el uso de una enzima lipolítica previamente acondicionada, cuya concentración de aplicación como tratamiento es de 0.1 %, esta concentración esta estandarizada como parámetro óptimo del sistema de tratamiento, que se utiliza para reducir la carga de contaminantes presentes en las aguas residuales antes de su descarga al medio ambiente como efluentes.

Las muestras recolectadas provenientes del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado de las mesas, tolvas, marmitas, ollas y demás equipos e instrumentos usados en el proceso de elaboración de conserva de pescado, fueron de tres concentraciones representadas por los siguientes códigos muestrales:

- MC1: Se refiere a una concentración baja de materia orgánica e inorgánica, estas muestras son provenientes de la limpieza y lavado de mesas, equipos, utensilios, pisos y demás áreas con menor carga de grasa, antes de una nueva producción;
- MC2: Se refiere a una concentración media de materia inorgánica y orgánica, estas muestras son provenientes de un enjuague que se da después de la limpieza y lavado de mesas, equipos, utensilios, pisos y demás áreas con menor carga de grasa después de la producción;
- MC3: Se refiere a una concentración alta de materia inorgánica y orgánica, proveniente de la limpieza y lavado de mesas, equipos, utensilios, pisos y demás

áreas con mayor carga de grasa durante y después de la producción de conserva de pescado.

Las muestras recolectadas se envasaron en galoneras de 5 galones de capacidad, las cuales posteriormente se llevó para su respectivo tratamiento en el laboratorio de química analítica de la UNS.

d. Caracterización físico química de las muestras iniciales de agua de sanguaza y agua residual MC1, MC2 y MC3 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado

Las características físico químicas determinadas en las tres concentraciones (MC1, MC2 y MC3) de muestras iniciales de agua de sanguaza y agua residual del lavado y limpieza provenientes del proceso de elaboración de conserva de pescado, se realizaron mediante el empleo de una variedad de instrumentos y técnicas analíticas, donde los instrumentos utilizados para medir estos parámetros, dependen de la precisión requerida y de la naturaleza específica de los siguientes análisis:

- pH determinado por el método AOAC – 935.14 (anexo A.2.1), método que utiliza un electrodo de vidrio y un potenciómetro para medir el pH, se empleó el PH/ISE metro de marca: THERMO SCIENTIFIC y tipo/modelo: ORION STAR A214.
- Turbidez, determinada por el método de turbidimetría (anexo A.2.2), similar al método de nefelometría que utiliza un turbidímetro para medir la intensidad de la luz dispersada por las partículas suspendidas en una muestra de agua; se empleó el turbidímetro de marca: Thermo scientific y modelo: Orion AQ3700 y S/N: 14/6260, cuyas unidades de medida es en NTU.
- Sólidos totales (ST), determinado por el método gravimétrico (anexo A.2.3), este método implica evaporar a 120 °C por 24 horas, una muestra conocida de agua residual y pesar los residuos sólidos que quedan después de la

evaporación, los sólidos totales se calculan como la diferencia de peso antes y después de la evaporación; se emplearon vasos precipitados de 50 ml y una estufa eléctrica de marca: Blue M, serie: SW-1990 y S/N: 7000014 y tipo/modelo: SW-17TC-1; cuyas unidades de medida están expresadas en ppm.

- Sólidos suspendidos totales (SST), determinado por el método gravimétrico (anexo A.2.4), este método implica filtrar una muestra conocida de agua residual (50 ml) a través de una lámina de papel filtro (filtro para análisis cualitativo Whatman de grado 0905, tamaño de poro de 12 a 25 μm), secar el medio filtrante con la muestra sólida retenida, a 110 °C por 2 horas en una estufa eléctrica de marca: Blue M, serie: SW- 1990, S/N: 7000014 y tipo/modelo: SW-17TC-1, luego pesar los sólidos secos retenidos en el filtro; donde estos sólidos retenidos representan los sólidos suspendidos totales presentes en la muestra, cuyas unidades de medida están expresadas en ppm.

- Contenido de grasa, determinado mediante el método gravimétrico (anexo A.2.4), este método involucra las etapas de, preparación de la muestra, aplicación como solvente lipofílico al Cloroformo (CHCl_3) químicamente puro, agitación, decantación (usando peras de decantación invertida de 500 ml), eliminación de solvente mediante evaporación mediante secado (con estufa eléctrica, marca: Blue M, serie: SW-1990, S/N: 7000014 y tipo/modelo: SW-17TC-1) y pesaje (con balanza analítica de marca: Precisa Gravimetrics AG, serie: 321 LX y S/N: 7000014), cuyas unidades de medida están expresadas en ppm y %.

- Densidad, determinado por el método gravimétrico peso – volumen, técnica que involucra la preparación y acondicionamiento de la muestra, pesado de la probeta graduada de 100 ml que contendrá la muestra, llenado de la probeta graduada con la muestra, pesado de la muestra más el probeta graduada y cálculo de la densidad a través de la relación peso/volumen, cuyas unidades

de medida están expresadas en kg/m^3 . Para este método se emplea una balanza de precisión de marca: OHAUS; modelo: Scout™ Pro.

e. Determinación de los parámetros físico químicos de las muestras tratadas según los tratamientos establecidos en cada matriz experimental de análisis (matrices experimentales 01, 02, 03, 04, 05, 06 y 07)

Los parámetros físico químicos que se determinaron fueron: pH, turbidez expresada en NTU, sólidos totales (ST) expresadas en ppm, sólidos suspendidos totales (SST) expresadas en ppm y grasa expresadas en ppm y %; los métodos para su determinación son los ya indicados en la sección 3.6.d; estos parámetros físico químicos fueron determinados para las matrices:

- Matriz de experimentos 01, con 11 tratamientos para la muestras MC1, donde para cada tratamiento se le aplica una concentración constante al 0.1 % de enzima lipolítica previamente acondicionada, más las combinaciones de polvo de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, cada una con sus tres niveles de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g; la aplicación de los tratamientos se realizó en vasos precipitados de 500 ml, montados en dos agitadores magnéticos: Magnetic stirrer de marca: Nahita, código: 50680080 y tipo/modelo: 680 – 8 y Magnetic stirrer with heating de marca: Nahita, serie: C54017, código: 50690050 y tipo/modelo: PW 690/5, cada muestra fue agitada con 5 pastillas magnéticas que se configuraron para una agitación aproximada de 1500 rpm.
- Matriz de experimentos 02, con 11 tratamientos para la muestras MC1, donde para cada tratamiento se le aplica una concentración constante al 0.1 % de enzima lipolítica previamente acondicionada, así también se agrega 0.8 % de CaO valor constante para cada tratamiento (aplicado directamente en solido sin dilución), más las combinaciones de polvo de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, cada una con sus tres niveles de 0.125 g, 0.312 5 g y 0.5 g; la aplicación de los tratamientos se realizó en vasos precipitados de 500 ml, montados en dos agitadores magnéticos: Magnetic stirrer de marca: Nahita,

código: 50680080 y tipo/modelo: 680 – 8 y Magnetic stirrer with heating de marca: Nahita, serie: C54017, código: 50690050 y tipo/modelo: PW 690/5, cada muestra fue agitada con 5 pastillas magnéticas que se configuraron para una agitación aproximada de 1500 rpm.

- Matriz de experimentos 03, con 11 tratamientos para la muestras MC2, donde para cada tratamiento se le aplica una concentración constante al 0.1 % de enzima lipolítica previamente acondicionada, más las combinaciones de polvo de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, cada una con sus tres niveles de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g; la aplicación de los tratamientos se realizó en vasos precipitados de 500 ml, montados en dos agitadores magnéticos: Magnetic stirrer de marca: Nahita, código: 50680080 y tipo/modelo: 680 – 8 y Magnetic stirrer with heating de marca: Nahita, serie: C54017, código: 50690050 y tipo/modelo: PW 690/5, cada muestra fue agitada con 5 pastillas magnéticas que se configuraron para una agitación aproximada de 1500 rpm.

- Matriz de experimentos 04, con 11 tratamientos para la muestras MC2, donde para cada tratamiento se le aplica una concentración constante al 0.1 % de enzima lipolítica previamente acondicionada, así también se agrega 0.8 % de CaO valor constante para cada tratamiento (aplicado directamente en solido sin dilución), más las combinaciones de polvo de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, cada una con sus tres niveles de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g; la aplicación de los tratamientos se realizó en vasos precipitados de 500 ml, montados en dos agitadores magnéticos: Magnetic stirrer de marca: Nahita, código: 50680080 y tipo/modelo: 680 – 8 y Magnetic stirrer with heating de marca: Nahita, serie: C54017, código: 50690050 y tipo/modelo: PW 690/5, cada muestra fue agitada con 5 pastillas magnéticas que se configuraron para una agitación aproximada de 1500 rpm.

- Matriz de experimentos 05, con 08 tratamientos para la muestras MC3, donde para cada tratamiento se le aplica una concentración constante al 0.1 % de

enzima lipolítica previamente acondicionada, más las combinaciones de polvo de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, cada una con sus dos niveles de 0.125 g y 0.5 g; la aplicación de los tratamientos se realizó en vasos precipitados de 500 ml, montados en dos agitadores magnéticos: Magnetic stirrer de marca: Nahita, código: 50680080 y tipo/modelo: 680 – 8 y Magnetic stirrer with heating de marca: Nahita, serie: C54017, código: 50690050 y tipo/modelo: PW 690/5, cada muestra fue agitada con 5 pastillas magnéticas que se configuraron para una agitación aproximada de 1500 rpm.

- Matriz de experimentos 06, con 08 tratamientos para la muestras MC1, donde para cada tratamiento se le aplica una concentración constante al 0.1 % de enzima lipolítica previamente acondicionada, más las combinaciones de polvo de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, cada una con sus dos niveles de 0.125 g y 0.5 g; la aplicación de los tratamientos se realizó en vasos precipitados de 500 ml, montados en dos agitadores magnéticos: Magnetic stirrer de marca: Nahita, código: 50680080 y tipo/modelo: 680 – 8 y Magnetic stirrer with heating de marca: Nahita, serie: C54017, código: 50690050 y tipo/modelo: PW 690/5, cada muestra fue agitada con 5 pastillas magnéticas que se configuraron para una agitación aproximada de 1500 rpm.

- Matriz de experimentos 07, con 08 tratamientos para la muestras MC2, donde para cada tratamiento se le aplica una concentración constante al 0.1 % de enzima lipolítica previamente acondicionada, más las combinaciones de polvo de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, cada una con sus dos niveles de 0.125 g y 0.5 g; la aplicación de los tratamientos se realizó en vasos precipitados de 500 ml, montados en dos agitadores magnéticos: Magnetic stirrer de marca: Nahita, código: 50680080 y tipo/modelo: 680 – 8 y Magnetic stirrer with heating de marca: Nahita, serie: C54017, código: 50690050 y tipo/modelo: PW 690/5, cada muestra fue agitada con 5 pastillas magnéticas que se configuraron para una agitación aproximada de 1500 rpm.

Las cantidades de los polvos de las semillas de *Crotalaria P.*, *Leucaena L.* y CaO, determinadas en cada matriz de experimentos, fueron pesadas en placas Petri y en la balanza analítica de marca: AE ADAM, serie: AE 438220 y tipo: PW 254.

3.7. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Considerando que el método de la investigación según su finalidad es aplicativo, además según su manejo de variables es experimental y según su contexto es de desarrollo en laboratorio, el procedimiento para la recolección de datos se ejecutó mediante las siguientes etapas:

- 1. Planeamiento y selección del diseño experimental:** Identificada la problemática a través del estado del arte y entrevistas a los representantes de las empresas de la industria pesquera, se procedió a recopilar, seleccionar y analizar la información, definiendo la problemática que es cumplimiento de los LMP del agua residual proveniente del agua de sanguaza, agua de lavado y limpieza del proceso de conserva de pescado; para posteriormente definir la solución a esta problemática a través del planteamiento de las variables independientes (concentración de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y dependientes (pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasa), las cuales permitieron definir los objetivos, generales y específicos de la investigación; así también estas variables permitieron seleccionar los dos diseños experimentales, como el diseño de superficie de respuesta como el factorial de 3 niveles: 3^2 (2 factores: *Crotalaria Pallida* «A» y *Leucaena Leucocephala* «B») y tres niveles: «-» equivalente a 0.125 g, «0» equivalente a 0.3125 g y «+» equivalente a 0.5 g) y el diseño factorial (2 factores: *Crotalaria Pallida* «A» y *Leucaena Leucocephala* «B») multinivel (dos niveles: «-» equivalente a 0.125 g y «+» equivalente a 0.5 g).

Las entrevistas permitieron recopilar la información de, que la procedencia y naturaleza del agua de sanguaza y agua residual proveniente de lavado y limpieza del proceso de conserva de pescado, por su alto contenido de materia orgánica tiene una alta probabilidad de descomposición mediante procesos bioquímicos,

como la fermentación y la putrefacción, generando compuestos indeseables y liberando gases como el azufre de hidrógeno, esta información fue útil para seleccionar los dos diseños antes mencionados lo cuales cuentan con 11 tratamientos incluyendo replicas, que permiten la adecuada aplicación y ejecución de las corridas experimentales, así como también el manejo y medida de las variables independientes y dependientes.

2. Acondicionamiento del laboratorio:

- Se limpió, separó y organizó un área específica de los laboratorios de Química Analítica y del laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales de la Universidad Nacional del Santa.
- Se calibró las estufas, balanzas y pH metros.
- Se estandarizó los parámetros de secado y velocidad de agitación de las baterías de agitación magnética.
- Se separó, acondicionó y preparó los reactivos a emplear según los métodos de análisis.
- Se seleccionó, limpió, acondicionó y separó los materiales de laboratorio a emplear: campanas de desecación, crisoles, moteros de porcelana con pilón, matraces Erlenmeyer de 50 ml, 100 ml y 250 ml, placas Petri, buretas, pipetas de 1 ml, 5 ml y 10 ml, probetas graduadas de 100 ml y 250 ml, vasos precipitados 50 ml, 100 ml y 500 ml, embudos de vidrio y plástico, peras de decantación, espátulas, baguetas, soportes universales, pinzas de laboratorio, entre otros.
- Se compró materiales de limpieza: lava vajillas, desengrasantes, ambientadores, alcohol de 96°, papel toalla, paños y trapos de limpieza, detergentes, papel higiénico, bolsas biodegradables para guardar y desechar la

materia orgánica tratada, galones y botellas para guardar y descartar los efluentes tratados, entre otros materiales.

- Se compró materiales de seguridad: mascarillas sanitarias, tocas, guantes de calor, guantes quirúrgicos, guantes para lavado, lentes de seguridad, máscaras de seguridad para gases y vapores, mandil de laboratorio entre otros, para realizar los ensayos experimentales.

- 3. Selección y preparación de muestras:** se seleccionó, procesó y acondicionó las muestras de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, así también a las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en tres concentraciones MC1, MC2 y MC3, acondicionándolas para que no sean influenciadas por algún factor externo al diseño de experimentos, se preparó las soluciones químicas empleadas en los métodos estándares de medida de los parámetros físico químicas de las variables dependientes y así también en la caracterización físico química de las semillas a evaluar.
- 4. Realización y ejecución de los experimentos:** Se llevó a cabo la realización de los experimentos mediante los objetivos específicos y se ejecutó en base a las combinaciones de los tratamientos, establecidos con los dos diseños experimentales con sus respectivas matrices experimentales 01, 02, 03, 04, 05, 06 y 07, así también se ejecutó en base a los métodos de análisis establecidos para las caracterizaciones físico químicas y las variables dependientes (pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasa). Esto se realizó siguiendo los procedimientos y protocolos experimentales definidos, registrando cuidadosamente todas las etapas y mediciones.
- 5. Recopilación de datos:** Durante la ejecución de los ensayos experimentales establecidos en las matrices experimentales 01, 02, 03, 04, 05, 06 y 07; se recopiló sistemáticamente los datos cualitativos, cuantitativos y fotográficos de las

variables dependientes: pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasa. Los datos cuantitativos se registraron de manera precisa y con 2 repeticiones.

- 6. Control de variables:** Debido a que los laboratorio donde se realizaron los ensayos experimentales, asisten y trabajan más investigadores, además que se realizan prácticas de laboratorio de los cursos de pregrado, se tuvo que controlar y registrar todas las variables relevantes que podrían afectar los resultados del experimento, como organización de espacios, rotulados de materiales, separación de horarios de trabajo, además se mantuvo constantes aquellas variables que no son objeto de estudio y se registró cualquier cambio o desviación que pueda influir en los datos.

- 7. Análisis de datos:** Una vez completada la recolección de datos de la caracterización de las semillas, aguas residuales y parámetros físico químicos de las variables dependientes, se procedió a copiar y transferir los datos registrados en las bitácoras de los experimentos de laboratorio (base de datos escritas) a las hojas de cálculo del software Microsoft Excel, con el objetivo de procesar, manipular y analizar los datos de la manera más conveniente utilizando las funciones y herramientas que ofrece Excel.

Se realizó los cálculos de las caracterizaciones físico químicas de las semillas, aguas residuales y parámetros físico químicos, determinando las desviaciones estándares de cada característica físico química y parámetros físico químico, proporcionando una medida cuantitativa de la dispersión de los datos permitiendo comprender la variabilidad de cada conjunto de datos; así también se identificó patrones, tendencias y relaciones en los datos de las matrices experimentales 01, 02, 03, 04, 05, 06 y 07 y finalmente se generó tablas y gráficos visuales para mejorar la presentación de la información.

Procesados y presentados los datos las variables dependientes en Microsoft Excel, se procedió a exportar los datos a la plataforma del software estadístico STATGRAPHICS Centurión XV.II, donde se calculó y analizó los datos de las matrices de experimentos 01, 02, 03, 04, 05, 06 y 07; realizando el análisis ANOVA, coeficientes de regresión del modelos ajustado de primer y segundo orden para cada variable dependiente, análisis de los gráficos de efectos principales para cada variable dependiente, análisis de los gráficos de interacción para cada variable dependiente, análisis de los gráficos de superficie de respuesta para cada variable dependiente y la optimización de respuestas para cada variable dependiente, mediante el criterio de maximizar, mantener o minimizar dichas variables, teniendo en cuenta ajustarlas a la normativa vigente de los límites máximos permisibles, establecidos según la resolución ministerial N.º178 – 2014 – MINAM, y el decreto supremo N.º 010 – 2018 – MINAM.

En las etapas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 mencionadas (de la sección 3.7), se aplicó el llenado de bitácoras de experimentos en laboratorio, lo que permitió el registro detallado y sistemático de todas las actividades, observaciones y datos generados durante y después del desarrollo de los experimentos realizados en laboratorio.

3.8.TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se realizó el análisis estadístico de regresión múltiple para evaluar el efecto de las variables dependientes, las cuales vienen a ser la concentración de polvo de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, en las variables dependientes; pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasas, mediante el empleo del programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XV.II; mediante este software se realizó el análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) de modelos de regresión lineal y cuadrático, de acuerdo a las matrices de la sección 3.4; para escoger el modelo más significativo ($p < 0.05$) y de mejor ajuste (R^2), por lo tanto el modelo estadístico en el que se basa el análisis del diseño de superficie de respuesta, expresa la variable Y (pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasas), como una función lineal de los factores experimentales (polvo de *Crotalaria P.* « X_1 » y *Leucaena L.* « X_2 »), interacciones entre los factores (X_1X_2), términos

cuadráticos (X_n^2) y término del error (ε). Existen dos tipos de modelos que se estimaran según las matrices de análisis:

- **Modelos de primer orden:** Contiene términos que solamente representan efectos principales.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

- **Modelos de segundo orden:** Contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden y efectos cuadráticos.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \varepsilon$$

El error experimental « ε » se asume que fue aleatorio y que proviene de una distribución normal con media «0» y desviación estándar igual a « σ ».

Con estos modelos se construyeron las superficies de respuesta para determinar los rangos de los polvos de las semillas pertenecientes a las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, que optimizan las variables dependientes: pH, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y grasas. El efecto cuadrático causa la estimación de la superficie de respuesta al exhibir la curvatura, la cual puede tomar forma de una colina, un valle, una cresta, o alguna otra figura.

La optimización se realizó por cada variable dependiente (de manera independiente); es decir que para la variable dependiente pH; se emplea una función deseada que permite mantener, maximizar o minimizar el pH; por lo que como criterio de optimización se buscó mantener el pH, en un valor óptimo que está en función a lo establecido por la normativa vigente; resolución ministerial N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17, que establece los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD); así también según el decreto supremo N.º 010 – 2018 – MINAM, que establece los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales

pesqueros de consumo humano directo e indirecto; así también para las demás variables dependientes como turbidez (NTU), sólidos totales (ppm), sólidos suspendidos totales (ppm) y grasa (ppm y %), se emplearon los criterios de optimización de «minimizar».

Los análisis de optimización para cada variable individual, se realizó aplicando los análisis estadísticos para todas las matrices de experimentos 01, 02, 03, 04, 05, 06 y 07. Por lo tanto, para las variables dependientes turbidez (NTU), sólidos totales (ppm), sólidos suspendidos totales (ppm) y grasa (ppm y %), las soluciones óptimas (concentración óptima de los polvos de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*), están en función del criterio de optimización que las busca minimizar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LAS SEMILLAS

El análisis de las características físico químicas de las semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, se evaluaron con respecto a contenido de humedad (%), cenizas (%), pH y acidez (%), para estos análisis se empleó semillas maduras y secas en la misma planta; las cuales crecieron de manera silvestre en zonas de la Universidad Nacional del Santa.

Los valores de las características físico químicas de las semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, fueron medidos por triplicado (3 repeticiones) cada muestra, así también se determinó la desviación estándar, lo que permitió determinar la variación del conjunto de datos obtenidos en cada medida, la cual está influenciada por la precisión de los instrumentos de laboratorio, la calibración y las técnicas de medición empleadas, los datos reportados en la tabla 11, se reportan redondeados a dos y tres decimales.

El análisis de las características físico químicas de las semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala* se compararon con semillas de leguminosas comunes como: soja, lenteja, garbanzo, frijol colorado, frijol small red y frijol de campo cultivadas en Argentina, Rumanía y Mysore – India, según Maldonado & Sammán (2000), Bhattacharya, S. & Malleshi, N.G (2012) y Atudorei, D., Stroe, S.G. y Codină, G.G (2021).

Tabla 11

Características fisicoquímicas de las semillas de *Crotalaria Pallida* y *Leucaena Leucocephala*, comparadas con leguminosas comunes (Soja, lenteja, garbanzo y frijoles).

Leguminosas		Características físico químicas			
		Humedad (%)	Cenizas (%)	Acidez	pH
Semillas en estudio (Datos experimentales)	<i>Crotalaria P.</i>	6.07±0.55	2.35±0.50	0.007±0.001%	6.49±0.11
	<i>Leucaena L.</i>	4.76±0.22	3.13±0.03	0.078±0.006%	6.24±0.18
	*Soja	10.22±0.35	6.29±0.01	---	---
	***Soja	9.8±0.28	4.5±0.07	5.68° ± 0. 007°	6.62 ± 0.028
	*Lenteja	12.83±0.02	2.95±0.03	---	---
	***Lenteja	7.6±0.07	2.6±0.07	5.16 ± 0.035°	6.63 ± 0.014
	**Garbanzo (seco y maduro)	9.9±0.7	3.3±0.4	---	---
	***Garbanzo	10.3 ± 0.28	3.1 ± 0.07	4.2 ± 0.141°	6.42 ± 0.007
	*Frijol colorado	13.17±0.37	5.00±0.06	---	---
	*Frijol Small Red	13.72±0.40	3.45±0.35	---	---
Semillas en referencia	**Frijol de campo (seco y maduro)	11.6±0.8	3.6±0.2	---	---
	***Frijol	10.9 ± 0.07	3.6 ± 0.07	7.15 ± 0.007°	6.55 ± 0.007

Nota. FUENTE: Valor promedio de tres repeticiones, con su desviación estándar, redondeados a dos y tres decimales.

* Adaptado de, Maldonado & Sammán (2000).

** Adaptado de, Bhattacharya, S. & Malleshi, NG (2012).

*** Adaptado de, Atudorei, D., Stroe, S.-G. y Codină, GG (2021).

Pereira, J. (2023), indica que la *Crotalaria Pallida* es un arbusto de aproximadamente 1.80 m, con hojas trifolioladas, flores amarillas con estrías rojizas distribuidas a lo largo del raquis, bayas colgantes de 3.5 a 4 cm de longitud y semillas de color castaño a marrón: así mismo esto se contrasta con lo indicado por Lohse Muñoz, J. (2016), quien menciona que existen más de 700 especies para el género *Crotalaria* spp., siendo una de ellas la *Crotalaria Pallida*; la cual es empleada en el presente estudio, presentando características semejantes, como base leñosa, altura entre 1 a 2 m, flores de color amarillo entre 40 a 70 por rama, hojas trifoliadas, vainas colgantes y cilindradas que contienen un promedio de 36 semillas. Así también, en 1999, Navas, G., & Bernal, J., reportaron la caracterización morfoquímica de siete especies de *Crotalaria* P., las cuales presentaron: tallos ramificados y erectos, hojas trifoliadas, inflorescencia en forma de espiga de 15 a 20 cm, flores amarillas con rasgos entre castaño y púrpura, semillas reniformes pequeñas de color amarillo oscuro, características presentadas en el anexo 04 de la especie de *Crotalaria* P. evaluada; con respecto a la composición química, la *Crotalaria* P. cultivada en suelo arenoso presenta un contenido de proteína cruda de 22 %.

De Angelis et al., (2021) menciona que en América del Sur, existen más de 800 cultivares de *Leucaena Leucocephala*, los cuales se clasifican en tres grupos; el grupo común, que contiene variedades arbustivas y pequeñas (5 m de altura), el grupo gigante, que contiene variedades con 20 m de altura y el grupo Perú, que contiene variedades medianas (10 m de altura), con ramas desde la parte inferior del tronco y produciendo abundante forraje con podas frecuentes; así también, indica que el contenido de proteína cruda en la semilla es de 31.1 %. Kato – Noguchi & Kurniadie (2022), describen a las tres subespecies mencionadas por, De Angelis et al., (2021) con hojas alternas y bipinnadas las cuales tienen de 4 a 9 pares de pinnas por hoja y de 13 a 21 pares de folíolos por pinna, siendo esta característica principal de la especie, es de crecimiento rápido ya que alcanza la madurez reproductiva a los 12 meses, relacionándose esto con las cabezas de flores, las cuales se desarrollan en brotes dando de 100 a 180 flores por cabeza, las que a su vez una cabeza de flor genera de 5 a 20 vainas, las cuales miden de 11 a 19 cm de largo y cada vaina posee de 8 a 18 semillas.

Souza A., & Souza D. (2021), describe las características de la *Leucaena Leucocephala*, con hojas bipinnadas de 15 a 20 cm de largo, las cuales tienen entre 4 a 10 pares de pinnas y cada una de ellas posee entre 5 a 20 pares de folíolos; el color de sus flores son blancas las cuales se agrupan en una cabeza globular, posee frutos en forma de vainas planas que miden entre 12 a 18 cm de largo y de 1.5 a 2 cm de ancho, cada vaina contiene entre 15 a 30 semillas elípticas de color marrón, las cuales miden de 6 a 8 mm de largo y de 3 a 4 mm de ancho; las características mencionadas anteriormente contrastan con lo reportado en el anexo 04.

La *Crotalaria Pallida* es una especie de planta que pertenece al género *Crotalaria*, dentro de la familia Fabaceae, la misma familia a la que pertenecen otras leguminosas como los frijoles y los guisantes; así también *Leucaena Leucocephala*, a pesar de pertenecer a la familia Fabaceae, que es la misma familia de las leguminosas, la *Leucaena L.* se clasifica en un subgrupo diferente de esta familia, conocido como la subfamilia Mimosoidea, esta subfamilia incluye plantas que, aunque son parientes cercanas de las leguminosas, tienen algunas diferencias en su morfología y biología.

En base a lo mencionado, se comparó el análisis de las características físico químicas de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, con leguminosas comunes como la soja, lenteja, garbanzo, frijol colorado, frijol small red, frijol de campo y frijol; según la tabla 11, hay una diferencia de humedad entre las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* de 1.31 %, presentando la *Crotalaria P.*, mayor contenido de humedad; la comparación de contenido de humedad con las demás leguminosas que presentan 10.22 % soja, 12.83 % lenteja, 13.17 % frijol colorado y 13.72 % frijol small red, según Maldonado & Sammán (2000); 9.9 % garbanzo y 11.60 % de frijol de campo, según Bhattacharya & Malleshi (2012) y 9.80 % soja, 7.60 % lenteja, 10.30 % garbanzo y 10.90% frijol según Atudorei et al. (2021); observándose que hay diferencia significativa entre las semillas estudiadas (cultivadas en Chimbote – Perú) y las leguminosas comunes reportadas (cultivadas en Rumanía y Mysore – India). La diferencia y la variación entre el contenido de humedad puede darse debido a factores como madurez de las semillas, las condiciones climáticas,

manejo postcosecha y el tipo de leguminosa ya que algunas leguminosas retienen más humedad en sus semillas que otras.

Con respecto a la comparación del contenido de cenizas, entre ambas semillas es de 0.78 %, siendo una diferencia mínima entre ambas; en comparación del contenido de cenizas con las demás leguminosas donde solo se muestran datos similares según Maldonado & Sarmán (2000) 2.95 % en lenteja y 13.72 % en frijol small red, Bhattacharya & Malleshi (2012) menciona un 3.3 % en garbanzo y 3.6 % en frijol de campo, además según Atudorei et al., (2021) menciona 7.6 % en lenteja, 3.1 % en garbanzo y 3.6 % en frijol. La variación del contenido de cenizas entre semillas se debe a factores como la composición química de las semillas y el contenido de minerales en el suelo que se cultivan, ya que a medida que crecen las semillas absorben minerales.

Los resultados de pH para ambas semillas según la tabla 11, son similares, teniendo una diferencia de 0.25; así también con los resultados de pH reportado por Atudorei et al., (2021) se muestran resultados similares siendo soja 6.62, lenteja 6.63, garbanzo 6.42 y frijol 6.55. Sin embargo, la comparación entre los datos de acidez entre las semillas en estudio (*Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y las leguminosas reportadas por Atudorei et al., (2021), presentan una alta diferencia significativa; esto puede deberse a los métodos empleados; ya que para las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, se empleó el método AOAC – 942.15 de acidez titulable y el método reportado por Atudorei et al., (2021) empleó el método estándar rumano SR 90:2007. La diferencia de pH entre las semillas de leguminosas puede ser influenciada por la composición química ya que, si hay mayor presencia de ácidos orgánicos o sales, afecta el pH; así también, la madurez influye, ya que en semillas maduras presentan un pH ligeramente diferente a semillas verdes, debido a cambios en la acumulación de metabolitos y división de compuestos orgánicos.

4.2. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS INICIALES DE LAS MUESTRAS DE AGUA SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO

Las muestras a evaluar son provenientes del agua de sanguaza y agua residual provenientes del lavado y limpieza que se realizan, antes, durante y después del proceso de conserva de pescado, donde la materia prima empleada es jurel y caballa, y las presentaciones del producto final son de ½ lb tuna. Las muestras fueron extraídas de las pozas de almacenamiento y pretratamiento con la enzima lipolítica, de la planta de procesamiento de conservas DON FERNANDO S.A.C., para posteriormente ser caracterizadas en función a la concentración de materia orgánica e inorgánica suspendidas, las cuales están ligadas a las etapas del proceso de elaboración de conserva de pescado, tales como, recepción de materia prima, lavado, precocido, fileteado, limpieza, corte, molienda, envasado y adición de líquido de gobierno, sumado a ello, las etapas de limpieza y lavado de equipamientos, utensilios, mesas de trabajo y pisos durante y después del proceso de conserva de pescado, así también, las etapas de limpieza y pre acondicionamiento antes del proceso productivo de conserva de pescado; estas se denominaron y codificaron según las concentraciones, denominadas con los códigos muestrales: MC1 (concentración baja de materia orgánica e inorgánica), MC2 (concentración media de materia inorgánica y orgánica) y MC3 (concentración alta de materia inorgánica y orgánica); estas concentraciones presentan las siguientes características iniciales.

Tabla 12

Características fisicoquímicas de las muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentraciones MC1, MC2 y MC3 provenientes del lavado y limpieza del procesamiento de conserva de pescado.

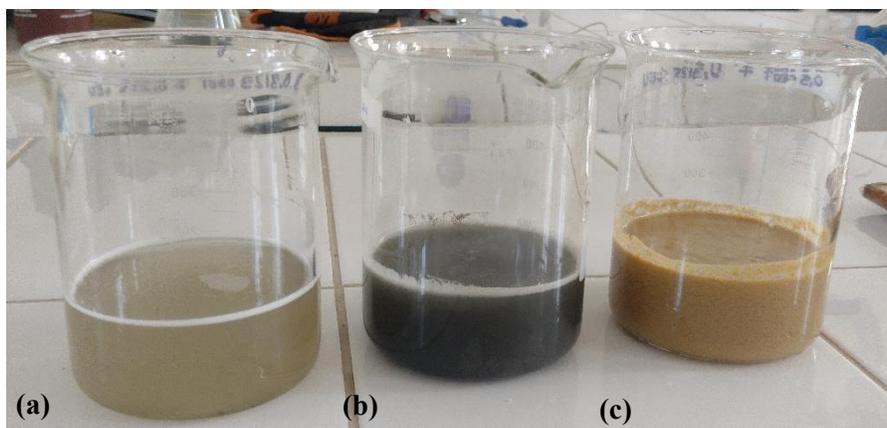
Características físico químicas	Concentraciones de agua residual		
	*MC1	**MC2	***MC3
Densidad (kg/m ³)	946.94	965.29	997.88
pH	6.72	6.49	6.6
T (°C)	27.4	29.1	27
SST (ppm)	220	4314	90739.33
ST (ppm)	3588.67	8414.67	92926
Grasa (ppm)	3429.33	6496	136231.33
Grasa (%)	0.3429	0.6496	13.6231

Nota.

*MC1: Muestras de agua de sanguaza y agua residual de baja concentración, provenientes del lavado y limpieza que se realiza antes del proceso de conserva de pescado.

**MC2: Muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración media, provenientes del lavado y limpieza que se realiza antes y después del proceso de conserva de pescado.

***MC3: Muestras de agua de sanguaza y agua residual de alta concentración, provenientes del lavado y limpieza que se realiza durante y después del proceso de conserva de pescado.

**Figura 7**

Muestras de aguas de sanguaza y aguas residuales provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado. (a) Agua de sanguaza y residual de baja «concentración 1» – MC1; (b) Agua de sanguaza y residual de media «concentración 2» – MC2 y (c) Agua de sanguaza y residual de alta «concentración 3» – MC3.

4.3. ANÁLISIS DEL EFECTO EN LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 01, 02, 03, 04 Y 05 EN EL CONTENIDO DE PH DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO

Las tres concentraciones MC1, MC2 y MC3, de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, tienen un tratamiento previo con enzimas lipolíticas, realizado en las pozas de pretratamiento de la planta de procesamiento de conserva de pescado DON FERNANDO, cuya dosificación es de 0.1 % (1 L de enzima en 1000 L de agua residual), a cada concentración se les aplico dos tratamientos basados en 2 matrices experimentales de evaluación; la primera matriz experimental 01, está basada en la combinación del polvo de las semillas de Crotalaria Pallida y Leucaena Leucocephala, desde 0.125 g a 0.5 g aplicados a volúmenes de muestra de agua residual de 500 ml y la segunda matriz experimental 02, está basada en la combinación del polvo de las semillas de Crotalaria Pallida y Leucaena Leucocephala desde 0.125 g a 0.5 g, más una concentración de 0.8 % Óxido de Calcio (0.4 g en 500 ml), la cual es constante para cada combinación en la segunda matriz experimental, aplicados en volúmenes de muestra de agua de sanguaza y agua residual de 500 ml.

4.3.1. Análisis de pH en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 01 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 02 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 01 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P., con Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (0.1 % de enzima, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P., con Leucaena L., y adición de 0.8 % de CaO), en los valores de pH del agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 13; considerando el efecto de los

tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales, son 6.72 de pH inicial, 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de sólidos totales, 220 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.3429 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 1» rotuladas con el código muestral MC1.

Tabla 13

Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* con *Leucaena L.*) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* con *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO).

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	pH	pH ^a
1	0.5	0.5	7.17	8.59
1	0.3125	0.3125	7.19	8.87
1	0.125	0.3125	7.25	8.16
1	0.5	0.125	7.25	8.77
1	0.3125	0.3125	7.25	8.83
1	0.125	0.5	7.40	8.23
1	0.125	0.125	7.32	8.99
1	0.5	0.3125	7.32	8.94
1	0.3125	0.5	7.20	8.71
1	0.3125	0.3125	7.20	8.83
1	0.3125	0.125	7.22	8.83

Nota. ^a representan los valores de pH del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con 0.4 g de óxido de calcio (CaO).

La tabla 14, muestra el análisis estadístico de varianza (ANOVA) de las matrices experimentales 01 y 02, donde se evalúa la variabilidad de pH para MC1, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y las interacciones, AA, AB y BB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de segundo orden, el cual contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden y efectos cuadráticos.

Tabla 14

Análisis de varianza para pH de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L. y 0.8 % de CaO)

ANOVA para pH sin aplicación de CaO – Matriz 01	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
	A: Crotalaria P	0.00881667	1	0.00881667	2.40	0.1817
B: Leucaena L	0.0000666667	1	0.0000666667	0.02	0.8980	
AA	0.0136563	1	0.0136563	3.72	0.1116	
AB	0.0064	1	0.0064	1.74	0.2438	
BB	0.00000631579	1	0.00000631579	0.00	0.9685	
Error total	0.0183404	5	0.00366807			
Total (corr.)	0.0481636	10				

ANOVA para pH con aplicación de 0.4 g de CaO – Matriz 02	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
	A: Crotalaria P	0.141067	1	0.141067	3.10	0.1388
B: Leucaena L	0.187267	1	0.187267	4.11	0.0985	
AA	0.10619	1	0.10619	2.33	0.1874	
AB	0.0841	1	0.0841	1.85	0.2324	
BB	0.000590175	1	0.000590175	0.01	0.9138	
Error total	0.22783	5	0.045566			
Total (corr.)	0.750673	10				

Nota. FUENTE: Statgraphics Centurión XV.II

De la tabla 14, se observa que ningún efecto en las matrices experimentales 01 y 02, tienen un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %; dando a interpretar que no hay significancia de los efectos principales A: Crotalaria P. y B: Leucaena L. y ni de las interacciones entre las variables AA, AB y BB, en relación con la respuesta deseada que es el pH; lo que implica que los efectos de los factores y las interacciones no son lo suficientemente grandes como para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

La no significancia ($p - \text{valor} > 0.05$) entre los factores y las interacciones evaluadas en el ANOVA para este tipo de diseño, podrían deberse a las siguientes posibles razones:

- Los niveles de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g del factor *Crotalaria P.* y los niveles de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g del factor *Leucaena L.*, son pequeños o insignificantes, así también puede que las interacciones entre los factores sean débiles.
- Alta variabilidad dentro de los grupos en comparación con la variabilidad entre los grupos, esto puede ocurrir si hay una gran cantidad de ruido o variabilidad aleatoria en los datos, este ruido o variabilidad aleatoria puede deberse a diversas fuentes, como la variabilidad inherente en el proceso estudiado, fluctuaciones ambientales, errores de medición, u otro factor no tenido en cuenta en el diseño experimental.
- Tamaño de muestra pequeño, el cual puede limitar la capacidad de detectar diferencias significativas, debido a que es posible que los resultados no sean lo suficientemente precisos.
- Hay la posibilidad de que los resultados sean falsos negativos, es decir, que se esté cometiendo un error tipo II al no detectar efectos o diferencias reales, aunque haya efectos significativos en realidad.

En contraste con lo mencionado anteriormente se descarta las razones, ya que los resultados de ANOVA del diseño de superficie de respuesta, factorial de 3 niveles (3^2), aplicado para la variable dependiente «pH», no muestran significancia en los efectos principales, «A»: *Crotalaria P.* y «B»: *Leucaena L.*, así como también para las interacciones entre las variables «AA», «AB» y «BB»; por lo que determinamos que el polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, no influyen en la variación de pH, tanto en las matrices experimentales 01 y 02 que son, con y sin tratamiento de CaO.

Las ecuaciones del modelo ajustado para predecir el comportamiento de pH en MC1, en función a las concentraciones de polvos de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, son:

Para la matriz experimental 01

$$\begin{aligned} pH = & 7.37053 - 1.15415 * Crotalaria P. + 0.365848 * Leucaena L. + 2.08842 \\ & * (Crotalaria P.)^2 - 1.13778 * Crotalaria P. \\ & * Leucaena L. - 0.0449123 * (Leucaena L.)^2 \end{aligned}$$

Para la matriz experimental 02

$$\begin{aligned} pH = & 8.72325 + 3.16865 * Crotalaria P. - 2.50246 * Leucaena L. - 5.82363 \\ & * (Crotalaria P.)^2 + 4.12444 * Crotalaria P. \\ & * Leucaena L. + 0.434152 * (Leucaena L.)^2 \end{aligned}$$

Los modelos ajustados que predecirán los valores de pH en MC1, presentan un estadístico «R – Cuadrada» de 61.92 % para la matriz experimental 01 y 69.65 % para la matriz experimental 02, indicando que los modelos así ajustados predecirán la variabilidad de pH.

El diseño de superficie de respuesta empleado (factorial de 3 niveles: 3^2), permite optimizar la respuesta al evaluar el pH (variable dependiente); a través de la refinación de los modelos anteriores, previamente haber sido determinada la significancia estadística de los factores importantes.

Se observa que con los dos tratamientos especificados en la matriz experimental 01 y matriz experimental 02, se cumple con lo establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM); el cual indica que los límites máximo permisibles (LMP) para pH, en los efluentes que serán vertidos dentro de la zona de protección ambiental litoral, deben de estar entre un rango de 6 a 9.

En función a lo evaluado por el diseño de superficie de respuesta, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en las variables en el pH (variable de respuesta) y los valores de pH establecido por el MINAM, se hallan los niveles de las variables que

optimizan el pH (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta. Por lo tanto, la optimización de la variable de respuesta pH para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» en la matriz experimental 01, proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se optimizará en función a la meta de mantener el pH en un valor de 7; por lo que el valor óptimo es de 7.19, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.4125 g y Leucaena L. de 0.5 g.

La optimización de pH para el agua de sanguaza y residual de «concentración 1» en la matriz experimental 02, proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se realizará en función a minimizar el pH a un valor de 8.14, donde los valores óptimos de los factores, son 0.125 g de Crotalaria P. y 0.5 g de Leucaena L. en la matriz experimental 02.

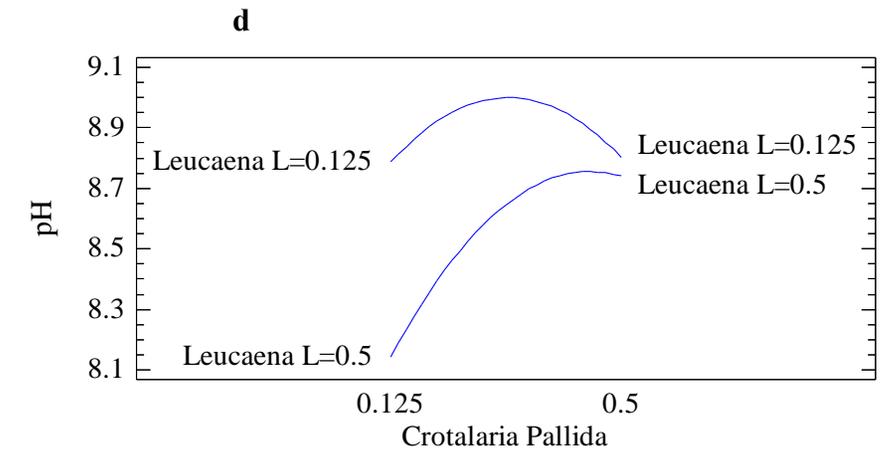
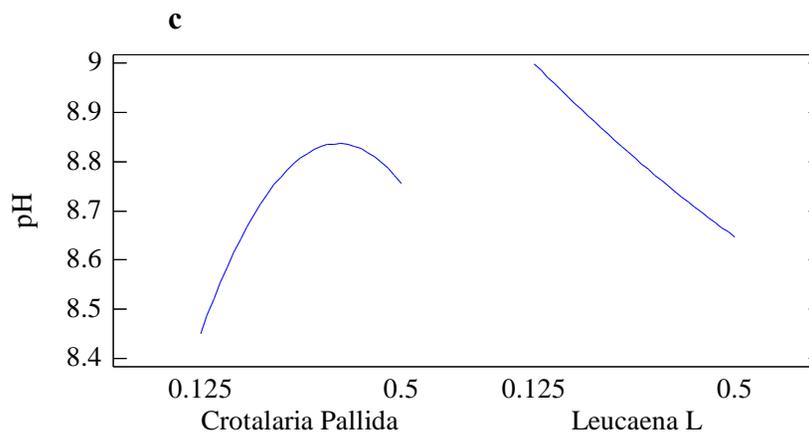
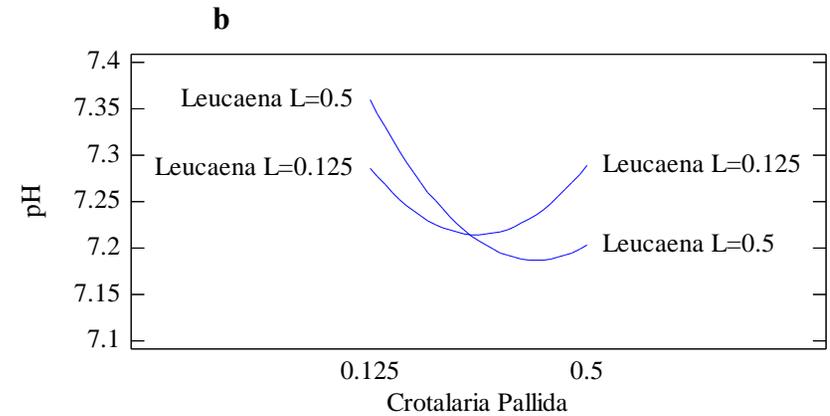
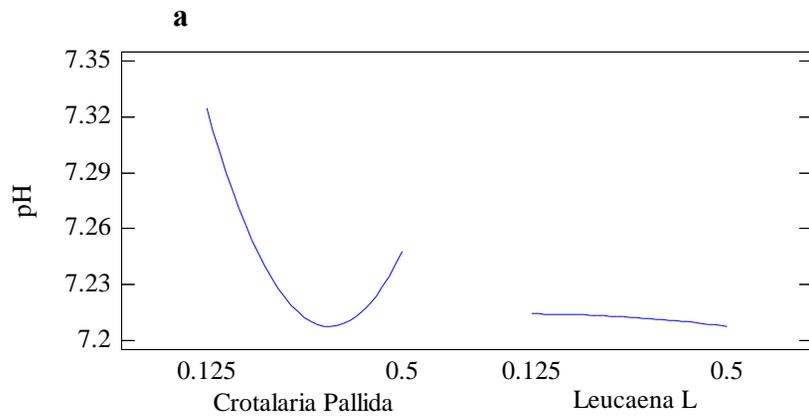


Figura 8

Gráficas de los efectos principales para pH evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 01; (c) Tratamientos con la matriz experimental 02. Gráficas de interacción de los efectos principales para pH evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 01; (d) Tratamientos con la matriz experimental 02.

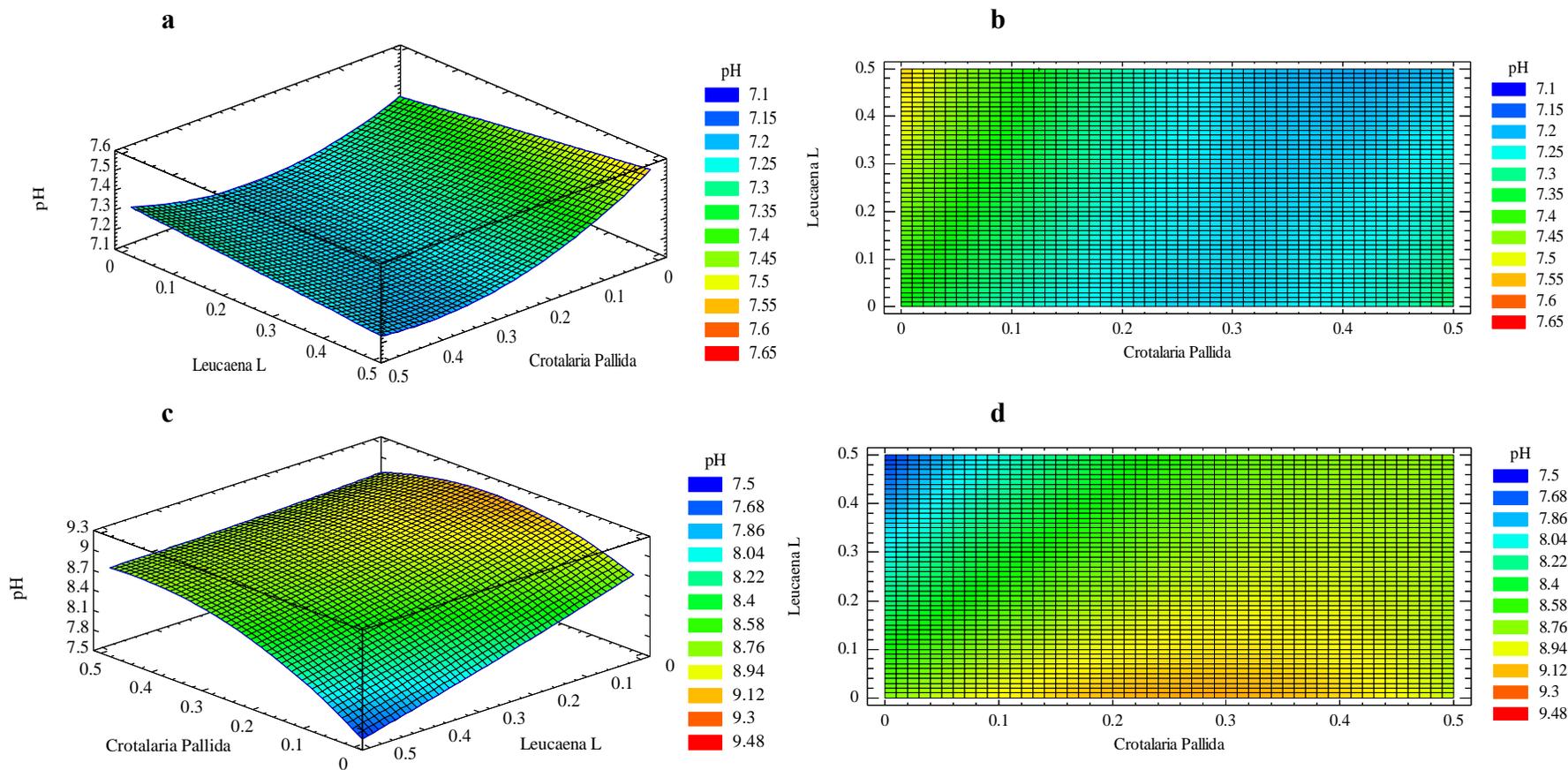


Figura 9

Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para pH en agua de sanguaza y agua residual MC1, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P. - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).

Las figuras 8(a) y 8(c), representan los gráficos de los efectos principales en el análisis de los resultados de este diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles (3^2); estos permiten visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada (pH). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L.; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales (figuras 8a y 8c) para la evaluación pH tanto para la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO); el gráfico de efectos principales nos muestra de manera particular, que para la matriz experimental 01 sin adición de CaO, el pH disminuye al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g de Crotalaria P.; caso contrario ocurre en la matriz experimental 02 con adición de 0.4 g de CaO, donde se observa que el pH incrementa al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g; en ambas matrices experimental el pH aumentó y luego aumenta y disminuye cuando pasa los 0.3125 g. Así también se observa la influencia de la adición del polvo de la Leucaena L. donde para ambas matrices experimentales 01 y 02 el pH disminuye al incrementar desde 0.125 g a 0.5 g.

De los gráficos de los efectos principales podemos observar la dirección y la magnitud de la influencia de cada factor (Crotalaria P. y la Leucaena L.), en el pH de las dos matrices experimentales evaluadas; donde para el efecto principal referente a Leucaena L., muestra una línea ligeramente recta para las dos matrices experimentales, lo que indica que este factor no tiene efecto significativo en el pH, caso contrario ocurre con la Crotalaria P., que muestra una línea curva, indicando una influencia significativa del factor en el pH para ambas matrices experimentales; es preciso señalar que la significancia es de forma simbólica (influencia relativa) ya que la variación de pH, va desde 7.2 a 7.32, lo que el ANOVA demuestra que no hay significancia.

El efecto de los factores principales en los valores de pH, también se evalúan con sus interacciones, es así que la figuras 8(b) y 8(d), muestran la influencia de los dos tratamientos principales interactuando en el comportamiento del pH; donde para la matriz experimental 01 sin adición de CaO, se observa que en el nivel bajo de 0.125 g de *Crotalaria P.* (eje *x*), el pH está en un rango de 7.3 a 7.35 aproximadamente, correspondientes a 0.125 g y 0.5 g de *Leucaena L.* (eje *y*), luego conforme aumenta la concentración de *Crotalaria P.* (eje *x*), el pH tiende a disminuir hasta aproximadamente el punto central de 0.3125 g, es en este punto donde se invierte la influencia de la *Leucaena L.* que va desde 0.5 g a 0.125 g (eje *y*), incrementando el pH desde 7.2 hasta 7.3 aproximadamente.

Para la matriz experimental 02 con influencia de la adición constante de CaO (0.4 g) se observa que en el nivel bajo de 0.125 g de *Crotalaria P.* (eje *x*), el pH está en un rango de 8.15 a 8.8 aproximadamente, correspondientes a 0.5 g y el pH aumenta desde 8.8 a 9, correspondiente 0.125 g de *Leucaena L.* (eje *y*), luego conforme aumenta la concentración de *Crotalaria P.* (eje *x*), el pH tiende a aumentar hasta aproximadamente el punto central de 0.3125 g, es en este punto donde se observa que el pH disminuye desde 9 a 8.8 aproximadamente, empleando *Leucaena L.* a 0.125 g y para *Leucaena L.* a 0.5 g el pH sigue incrementando desde 8.65 a 8.75 (eje *y*) donde después tiene tendencia a disminuir, ambas concentraciones de *Leucaena L.*, presentan esta influencia en el comportamiento del pH durante el incremento de *Crotalaria P.* desde 0.3125 g a 0.5 g (eje *x*).

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas, de los efectos principales como la concentración de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, en el diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso el pH, en función de los niveles de los factores estudiados; como son, *Crotalaria P.* de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. y *Leucaena L.* de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en las figuras 9(a) y 9(c); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta; lo que permite poder identificar los niveles óptimos de los factores. Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de los

efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y); cada gráfico muestra una curva o una superficie que representa cómo la respuesta cambia a medida que se varían los niveles del factor correspondiente. Estas superficies pueden tener diferentes formas, como una curva en forma de U, una línea recta o una superficie cóncava o convexa.

El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en análisis de la variable respuesta «pH», se busca cumplir con el objetivo de «mantener» el pH en el valor de 7, ya que, según R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17; los límites máximos permisibles (LMP) de pH, para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD) es de 6 a 9; así también, según el D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM el valor de pH, en los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto es de 5 a 9.

Los parámetros óptimos de los factores principales (Crotalaria P. y Leucaena L.) para mantener un pH de 7.19, son 0.4125 g de Crotalaria P. y 0.5 g de Leucaena L. para la matriz experimental 01 y para minimizar un pH de 8.14, son 0.125 g de Crotalaria P. y 0.5 g de Leucaena L. en la matriz experimental 02; estos se encuentran ubicados en las regiones azules y celestes cóncavas, de las superficies de respuesta que están entre los valores de 7.15 y 7.2 para la matriz experimental 01 y en las regiones de color celestes y verde claro, inclinadas y convexas, que están en entre los valores de 8.04 y 8.22 para la matriz experimental 02.

Los valores óptimos de pH, como 7.19 en la matriz experimental 01 y 8.14 en la matriz experimental 02, se ubican en las gráficas de contornos de las superficies estimadas, representadas en las figuras 9(b) y 9(d), las cuales muestran líneas de curvas que conectan puntos de igual respuesta estimada en el espacio de las variables de entrada; estas líneas de contorno representan las curvas de nivel de la superficie de respuesta y proporcionan información visual sobre la forma y la tendencia de la relación entre las

variables de entrada (concentraciones de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la respuesta (pH). Las gráficas de contorno de las figuras 9(b) y 9(d) pertenecientes a las matrices experimentales 01 y 02, ayudan a identificar las regiones óptimas de operación, puntos de máximo o mínimo, zonas de respuesta constante y la interacción entre las variables de entrada; así también, permiten visualizar cómo cambia la respuesta estimada a medida que se mueven las variables de entrada a lo largo de los niveles seleccionados.

4.3.2. Análisis de pH en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 03 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y en la matriz experimental 04 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y adición de CaO).

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 03 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* con *Leucaena L.*) y matriz experimental 04 (0.1 % de enzima, adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* con *Leucaena L.*, y adición de 0.8% de CaO), en los valores de pH del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presentan en la tabla 15; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.49 de pH inicial, 965.29 kg/m³ de densidad, 8414.67 ppm de sólidos totales, 4314 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.6496 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 2» rotuladas con las siglas MC2.

Tabla 15

Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* con *Leucaena L.*) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* con *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO).

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	pH	pH ^a
1	0.5	0.5	6.67	7.24
1	0.3125	0.3125	6.74	6.97
1	0.125	0.3125	6.77	6.76
1	0.5	0.125	6.65	6.88
1	0.3125	0.3125	6.73	6.94
1	0.125	0.5	6.7	6.84
1	0.125	0.125	6.7	7.19
1	0.5	0.3125	7.06	7.43
1	0.3125	0.5	6.96	7.43
1	0.3125	0.3125	6.7	6.92
1	0.3125	0.125	7.03	7.2

Nota. ^a representan los valores de pH del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con 0.4 g de óxido de calcio (CaO).

La tabla 16, muestra el análisis estadístico de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad de pH para MC2, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y las interacciones, AA, AB y BB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de segundo orden, el cual contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden, y efectos cuadráticos.

Tabla 16

Análisis de varianza para pH de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. con Leucaena L.y 0.8 % de CaO)

ANOVA para pH sin aplicación de CaO – Matriz 03	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: Crotalaria P	0.00735	1	0.00735	0.18	0.6871
	B: Leucaena L	0.000416667	1	0.000416667	0.01	0.9229
	AA	0.01425	1	0.01425	0.35	0.5779
	AB	0.0001	1	0.0001	0.00	0.9622
	BB	0.0000633333	1	0.0000633333	0.00	0.9699
	Error total	0.201433	5	0.0402867		
	Total (corr.)	0.224164	10			
ANOVA para pH con aplicación de 0.4 g de CaO – Matriz 04	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: Crotalaria P	0.0962667	1	0.0962667	1.82	0.2353
	B: Leucaena L	0.0096	1	0.0096	0.18	0.6879
	AA	0.0139516	1	0.0139516	0.26	0.6296
	AB	0.126025	1	0.126025	2.38	0.1835
	BB	0.0538449	1	0.0538449	1.02	0.3595
	Error total	0.264677	5	0.0529354		
	Total (corr.)	0.553818	10			

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

De la tabla 16, se observa que ningún efecto en las matrices experimentales 03 y 04, tiene una «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %; dando a interpretar que no hay significancia de los efectos principales, A: Crotalaria P. y B: Leucaena L. y las interacciones entre las variables AA, AB y BB, en relación con la respuesta deseada que es el pH; lo que implica que los efectos de los factores y las interacciones no son lo suficientemente grandes como para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

Las ecuaciones del modelo ajustado para predecir el comportamiento de pH en MC2, en función a las concentraciones de polvo de las semillas de Crotalaria P. y Leucaena L., son:

Para la matriz experimental 03

$$\begin{aligned} pH = & 6.605 + 1.47556 * Crotalaria P. - 0.177778 * Leucaena L. - 2.13333 \\ & * (Crotalaria P.)^2 + 0.142222 * Crotalaria P. \\ & * Leucaena L. + 0.142222 * (Leucaena L.)^2 \end{aligned}$$

Para la matriz experimental 04

$$\begin{aligned} pH = & 7.44779 + 0.417076 * Crotalaria P. - 3.95626 * Leucaena L. - 2.11088 \\ & * (Crotalaria P.)^2 + 5.04889 * (Crotalaria P. * Leucaena L.) \\ & + 4.1469 * (Leucaena L.)^2 \end{aligned}$$

Los modelos ajustados que predecirán los valores de pH en MC2, presentan un estadístico «R – Cuadrada» de 10.14 % para la matriz experimental 03 y 52.21 % para la matriz experimental 04, indicando que los modelos así ajustados predecirán la variabilidad de pH.

El diseño de superficie de respuesta empleado (factorial de 3 niveles: 3^2) permite optimizar la respuesta a evaluar como el pH (variable dependiente); a través de la refinación de los modelos anteriores, previo haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

Se observa que, con los dos tratamientos especificados en las matrices experimentales 03 y 04, se cumple con lo establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM); el cual indica que los límites máximo permisibles (LMP) para pH, de los efluentes que serán vertidos dentro de la zona de protección ambiental litoral, deben de estar entre un rango de 6 a 9.

En función a lo evaluado por el diseño de superficie de respuesta, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en las variables en el pH (variable de respuesta) y los valores de pH establecido por el MINAM, se hallan los niveles de las variables que optimizan el pH (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar,

minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta. Por lo tanto, la optimización de la variable de respuesta pH para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» en la matriz experimental 03, proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se optimizará en función a la meta de mantener el pH en un valor de 7; por lo que el valor óptimo es de 6.85, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.350 g y Leucaena L. de 0.125 g.

La optimización de pH para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» en la matriz experimental 04, proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se optimizará en función a la meta de mantener el pH en un valor de 7, por lo que el valor óptimo es de 7, donde los valores óptimos de los factores, son 0.269 g de Crotalaria P. y 0.319 g de Leucaena L.

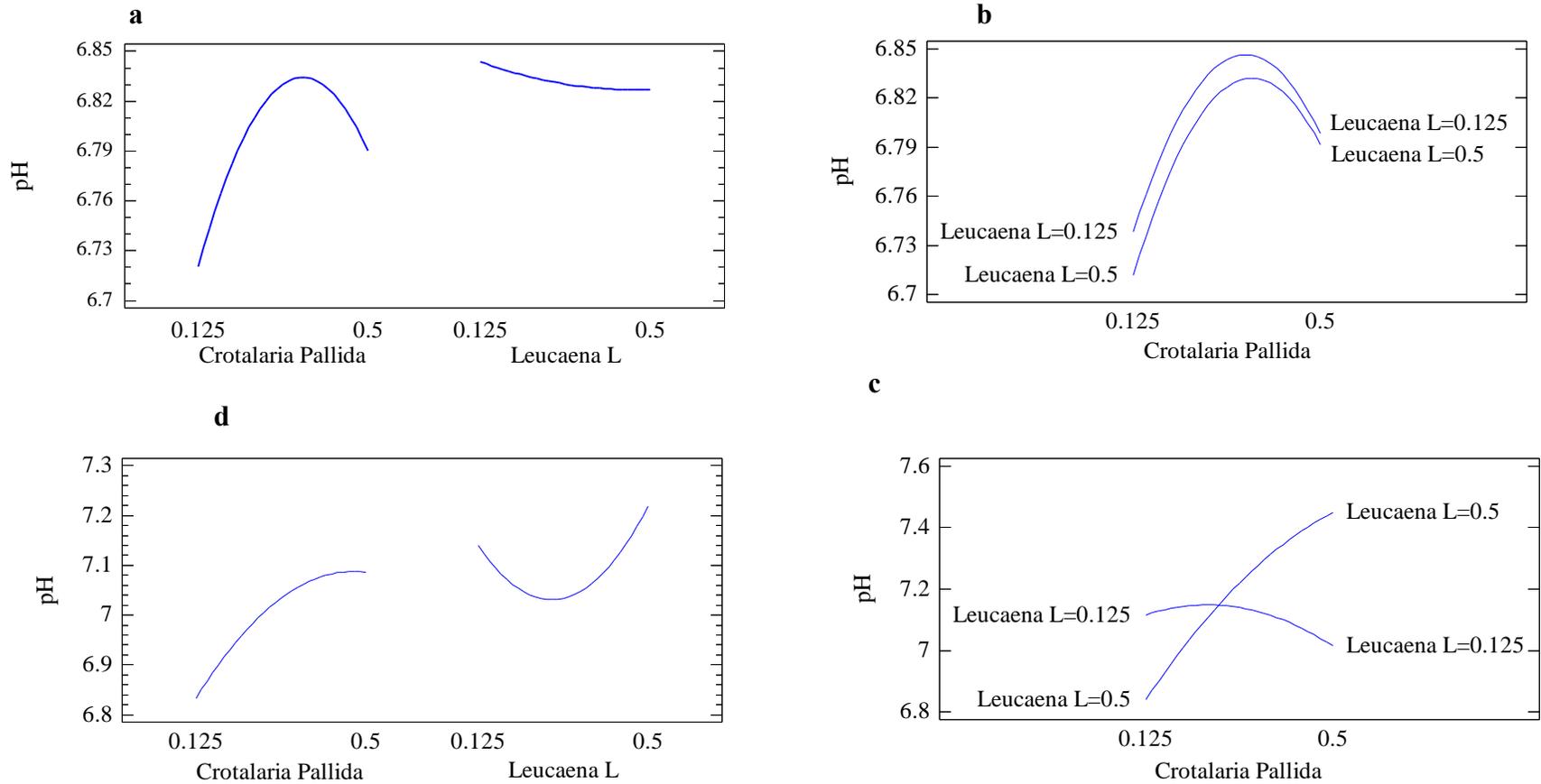


Figura 10

Gráficas de los efectos principales para pH evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 03; (c) Tratamientos con la matriz experimental 04. Gráficas de interacción de los efectos principales para pH evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 03; (d) Tratamientos con la matriz experimental 04.

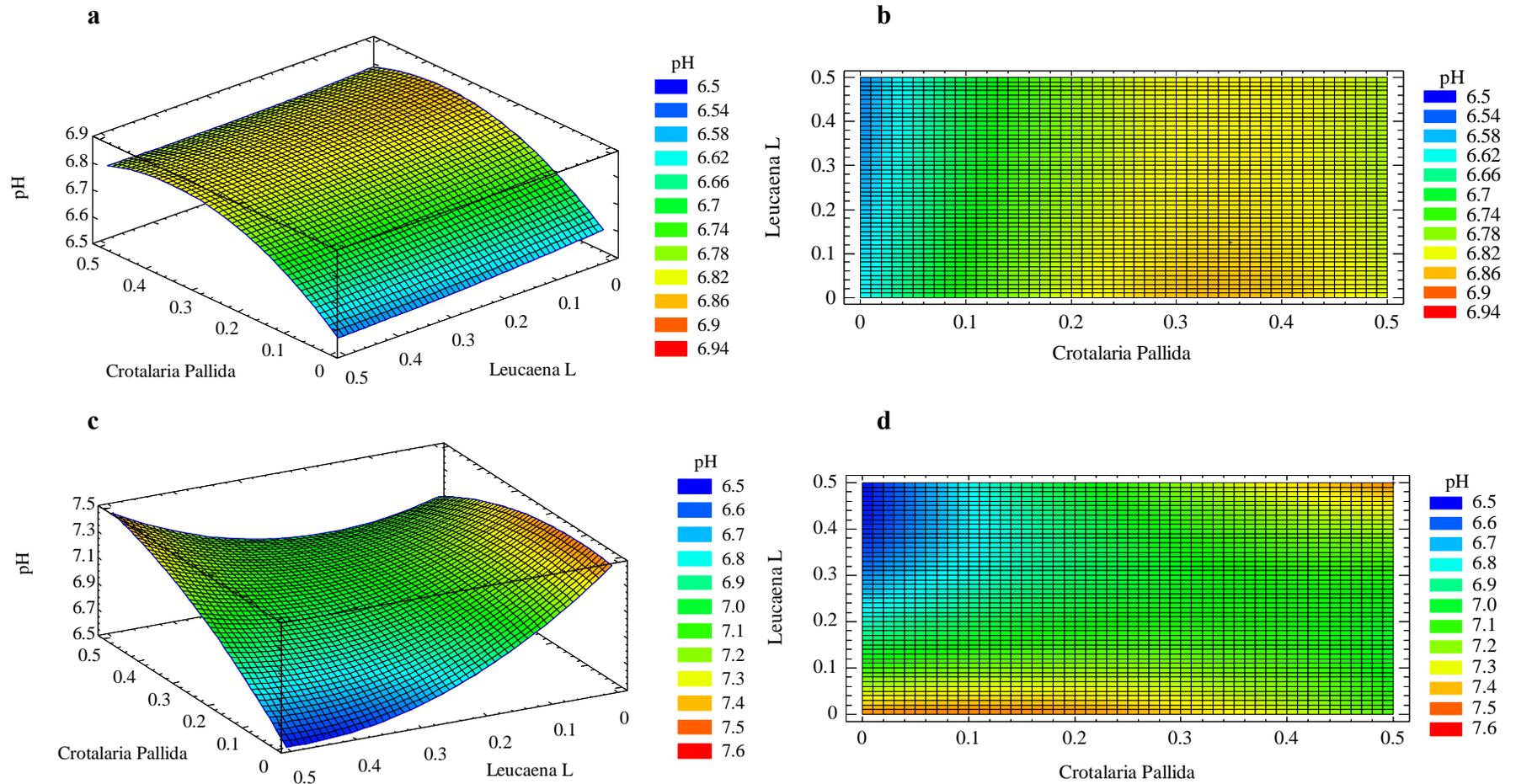


Figura 11

Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para pH en agua de sanguaza y agua residual MC2, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de *Crotalaria P* y *Leucaena L.*; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de *Crotalaria P* - *Leucaena L.* y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de *Crotalaria P* - *Leucaena L.*; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de *Crotalaria P* y *Leucaena L.* y Óxido de Calcio (CaO).

Las figuras 10(a) y 10(c), representan los gráficos de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles (3^2); estos permiten visualizar y analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada (pH). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L.; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales de las figuras 10(a) y 10(c) para la evaluación pH, tanto para la matriz experimental 03 (enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO); el gráfico de efectos principales nos muestra de manera particular que, para la matriz experimental 03 sin adición de CaO, el pH aumenta al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g de Crotalaria P.; de igual manera ocurre en la matriz experimental 04 con adición de 0.4 g de CaO, donde se observa que el pH incrementa al adicionar desde 0.125 g hasta 0.5 g; en ambas matrices el pH aumenta y luego disminuye cuando pasa los 0.3125 g. Así también, se observa la influencia de la adición del polvo de la Leucaena L. donde para la matriz experimental 03 el pH tiende a disminuir al incrementar Leucaena L., desde 0.125 g a 0.5 g, y para la matriz experimental 04 el pH disminuye al incrementar Leucaena L. desde 0.125 g hasta 0.3125 g, luego presenta una tendencia de incremento cuando se incrementa la adición desde 0.3125 g hasta 0.5 g.

De los figuras 10(a) y 10(c) que muestran los gráficos de los efectos principales, podemos observar la dirección y la magnitud de la influencia de cada factor (Crotalaria P. y la Leucaena L.), en los valores de pH, de las dos matrices evaluadas; donde para el efecto principal referente a Leucaena L., muestra una línea ligeramente recta para la matriz experimental 03, lo que indica que este factor no tiene efecto significativo en el pH, por el contrario, para la matriz experimental 04 presenta una línea curva cóncava, indicando influencia significativa simbólica ya que el pH mínimo es 7.02 y máximo es 7.22; con respecto a la Crotalaria P., en la matriz experimental 03 muestra una línea curva, indicando una influencia significativa del factor en el pH para ambas matrices experimentales; es preciso señalar que la significancia es de forma simbólica (influencia

relativa) en la matriz experimental 03, ya que la variación de pH, va desde 6.72 a 6.84; así también, para la matriz experimental 04 el pH va desde 6.84 a 7.1, lo que se puede corroborar con el análisis estadístico ANOVA, que demuestra que no hay significancia.

Las figuras 11(a) y 11(c) muestran los gráficos de las superficies de respuesta estimadas, de los efectos principales como la concentración de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, en el diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles, mostrando cómo cambia la variable de respuesta, en este caso el pH, en función de los niveles de los factores estudiados; como son, *Crotalaria P.* de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g y *Leucaena L.* de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en las figuras 11(a) y 11(c); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores. Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (ejes x y y); cada gráfico muestra una curva o una superficie que representa cómo la respuesta cambia a medida que se varían los niveles del factor correspondiente.

El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en análisis de la variable respuesta «pH», se busca cumplir con el objetivo de «mantener» el pH en el valor de 7, ya que según resolución ministerial N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17; los límites máximos permisibles de pH, para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD) es de 6 a 9; así también según el decreto supremo N.º 010 – 2018 – MINAM el valor de pH, en los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto es de 5 a 9.

Los parámetros óptimos de los factores principales (*Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) para mantener un pH de valor 7; la optimización determina que el pH óptimo es 6.85, obtenido con 0.3500 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.* para la matriz experimental 03 y para mantener un pH de valor 7, la optimización determina que el pH óptimo es 7, con

0.2685 g de *Crotalaria P.* y 0.3189 g de *Leucaena L.* en la matriz experimental 04; estos se encuentran ubicados en las regiones amarillo y anaranjado convexo, de las superficies de respuesta que están entre los valores de 6.82 y 6.86; para la matriz experimental 04 los valores óptimos están en la segunda posición del color verde claro (posiciones desde la vista superior a inferior: 6.9, 7, 7.1 y 7.2) inclinadas convexa, está el valor 7.

4.3.3. Análisis de pH en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 05 (0.1% de enzima y adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* con *Leucaena L.*), en los valores de pH del agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 17; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son 6.6 de pH inicial, 997.88 kg/m³ de densidad, 92926 ppm de sólidos totales, 90739.33 ppm de sólidos suspendidos totales 13.6231 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 3» rotuladas con el código muestral MC3.

Tabla 17

Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

Tratamientos	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	pH
T0	0	0	6.6 ^a
T1	0.125	0	6.7
T2	0.5	0	6.7
T3	0	0.125	6.9
T4	0	0.5	6.9

Nota. ^a representan los valores de pH del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), solo con tratamiento enzimático (0.1 %).

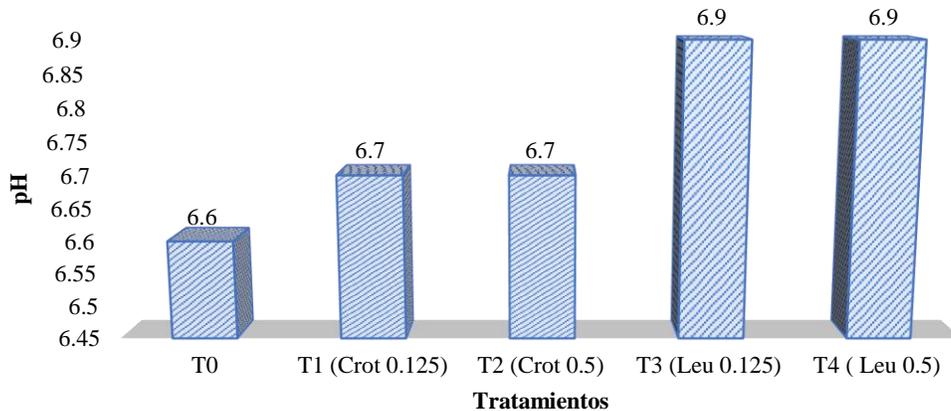


Figura 12

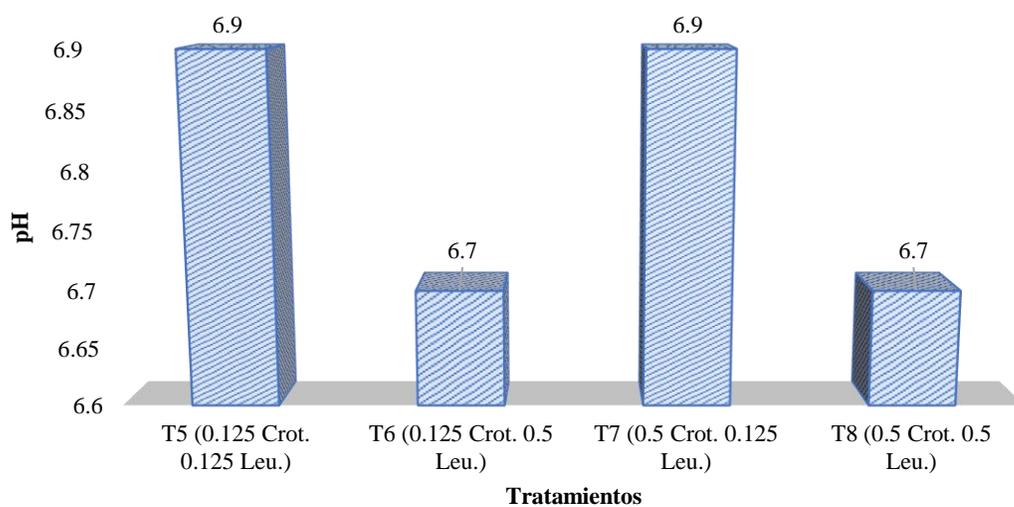
Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima y concentraciones individuales de polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

La tabla 17 y la figura 12, muestran los valores de pH tratados individualmente con las adiciones de los polvos de *Crotalaria P.* a 0.125 g y a 0.5 g; así también, *Leucaena L.* a 0.125 g y a 0.5 g; mostrando que entre ambas semillas solo hay una diferencia de 0.2 en pH; ambas en comparación con el pH de la muestra inicial se muestran que hay una diferencia de 0.3 en pH como máximo. Por lo que para determinar si existe diferencia estadística significativa se evaluó la matriz experimental 05, donde se aplica un diseño multifactorial, el cual está conformado por dos factores, siendo estos *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, además cada factor cuenta con dos niveles, siendo estos 0.125 g y 0.5 g, evaluados en 02 bloques.

Tabla 18

Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	pH
1	0.125	0.125	6.90
1	0.5	0.125	6.90
1	0.125	0.5	6.70
1	0.5	0.5	6.70
2	0.125	0.125	6.89
2	0.5	0.125	6.89
2	0.125	0.5	6.69
2	0.5	0.5	6.70

**Figura 13**

Valores de pH en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

Tabla 19

Análisis de varianza para pH de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: <i>Crotalaria P</i>	0.0000125	1	0.0000125	1.00	0.3910
B: <i>Leucaena L</i>	0.0780125	1	0.0780125	6241.00	0.0000 ^a
AB	0.0000125	1	0.0000125	1.00	0.3910
Bloques	0.0001125	1	0.0001125	9.00	0.0577
Error total	0.0000375	3	0.0000125		
Total (corr.)	0.0781875	7			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

De la tabla 19, se observa que en la matriz experimental 05, el efecto principal B (Concentración de *Leucaena L.*) tiene un «valor – P» menor a 0.05, lo que indica que es significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95.0 %; dando a interpretar que existe significancia del efecto B: *Leucaena L.*, en relación con la respuesta deseada que es pH; lo que implica que el efecto de este factor es lo suficientemente grande para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico. La ecuación del modelo ajustado para predecir el comportamiento de pH en MC3, en función a las concentraciones de polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, es:

$$pH = 6.96222 - 0.00444444 * Crotalaria P. - 0.537778 \\ * Leucaena L. + 0.0355556 * Crotalaria P. * Leucaena L.$$

Este modelo ajustado que predecirá los valores de pH en MC3, presentan un estadístico de «R – Cuadrada» de 99.95 %, indicando que este modelo ajustado predecirá la variabilidad de pH.

El diseño estadístico empleado, es un diseño factorial multinivel, de dos factores (Crotalaria P. y Leucaena L.) con dos niveles (0.125 g y 0.5 g), que permite optimizar la respuesta a evaluar «pH» (variable dependiente); a través de la refinación del modelo anterior, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística. Se observa que, con el tratamiento especificado en la matriz experimental 05, se cumple con lo establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM); el cual indica que los límites máximos permisibles (LMP) de pH, en los efluentes que serán vertidos dentro de la zona de protección ambiental litoral, deben de estar entre un rango de 6 a 9.

En función a lo evaluado por el diseño factorial multinivel, con la ecuación que modela la influencia de los cambios en la variable de respuesta pH y los valores de pH establecido por el MINAM, se hallan los niveles de las variables que optimizan el pH (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado de la variable de respuesta.

Por lo tanto, la optimización de la variable de respuesta «pH», para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 3» que proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en la matriz experimental 05, se optimizará en función a la meta de mantener el pH en un valor de 7; por lo que, el valor óptimo es de 6.90, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.125 g y Leucaena L. de 0.125 g.

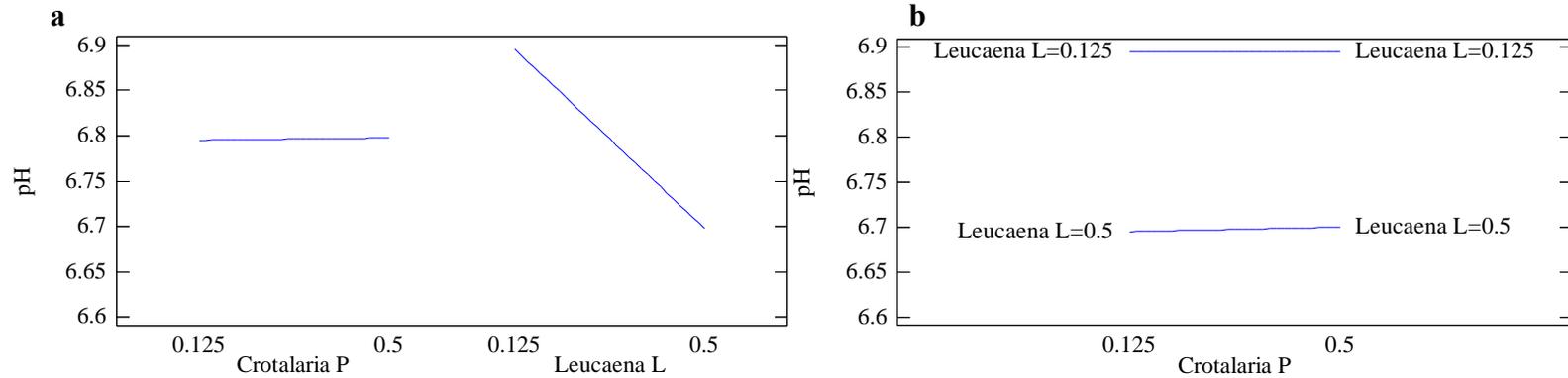


Figura 14

(a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para pH, de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (pH inicial 6.6) con la matriz experimental 05.

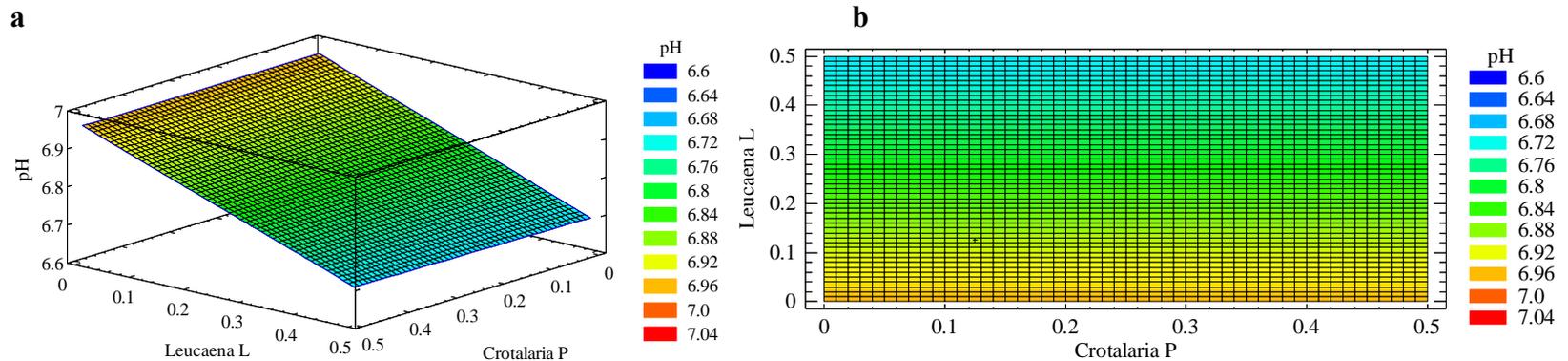


Figura 15

(a) Gráfica de superficie de respuesta y (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimadas para pH, de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (pH inicial 6.6) con la matriz experimental 05.

La figura 14(a), representan el grafico de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño multinivel que consta de 2 factores (Crotalaria P. y Leucaena L.) y 2 niveles (0.125 g y 0.5 g); que permite visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada (pH). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos como, A: Crotalaria P. y B: Leucaena L., ambos con sus respectivos niveles, siendo representados en el gráfico de efectos principales de la figura 14(a) para la evaluación pH en la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.), el gráfico de efectos principales nos muestra de manera particular, que al aumentar la concentración de Crotalaria P. desde 0.125 g hasta 5 g, no hay variación de pH, manteniéndose en 6.8 aproximadamente; caso contrario se da con la adición de Leucaena L., la cual al incrementar su concentración de 0.125 g a 0.5 g, el valor de pH disminuye desde 6.9 a 6.7.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas, de los efectos principales como la concentración de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta «pH», en función de los niveles de los factores estudiados; como son; Crotalaria P. 0.125 g y 0.5 g., Leucaena L. 0.125 g y 0.5 g. El gráfico mostrado en la figura 15(a); es una herramienta visual útil para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores. Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de los efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (ejes x y y). La superficie de respuesta plana e inclinada sugiere que uno de los factores «Crotalaria P.» no tiene un impacto importante en la variable de interés, ya que la respuesta de la variable se mantiene constante o cambia muy poco a lo largo de los niveles de ese factor. Sin embargo, si uno de los factores como en este caso la «Leucaena L.» muestra significancia estadística, indica que este factor sí tiene un efecto significativo en la variable de interés y contribuye a la variabilidad observada. Se debe considerar que el factor que muestra significancia puede interactuar con el otro factor que no tiene un efecto sustancial en la

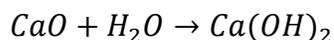
gráfica de la superficie de respuesta, la interacción entre los factores podría estar influyendo en la forma de la gráfica y en la respuesta del pH.

El patrón observado en los gráficos de las figuras 14(a), 14(b), 15(a) y 15(b), proporcionan información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada en el análisis de la variable respuesta «pH», dado que se busca cumplir con el objetivo de «mantener» el pH en el valor de 7, ya que según R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17; los límites máximos permisibles (LMP) de pH, para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD) es de 6 a 9; así también, según el D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM el valor de pH, en los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto es de 5 a 9.

Los parámetros óptimos de los factores principales *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, para mantener un pH de valor 7; donde la optimización determina que el pH óptimo es 6.90, obtenido con 0.125 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color verde claro y amarillo.

Considerando un análisis general con respecto a la variable de respuesta «pH», se discute lo siguiente:

Que, de acuerdo a las matrices experimentales 01 y 02 (tabla 13), presentan valores medios de pH de 6.79 (matriz experimental 01 – MC1, sin CaO) y 7.07 (matriz experimental 02 – MC1, con CaO), con un incremento medio de 0.28; así también, las matrices experimentales 03 y 04 (tabla 15), presentan valores medios de pH de 7.25 (matriz experimental 03 – MC2, sin CaO) y 8.7 (matriz experimental 04 – MC2, con CaO) con un incremento medio de 1.45; se observa un incremento de pH, tanto en tratamientos de la misma concentración y en tratamientos de diferente concentración de agua de sanguaza y agua residual, esto es debido a la adición de CaO; ya que como es un agente alcalino, cuya acción química, hace que reaccione exotérmicamente con el agua; formar hidróxido de calcio, que es una base fuerte:



Este hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$ formado, es alcalino, por lo tanto, aumenta el pH del líquido al hacerlo más básico, ya que en el líquido aumentará los iones hidroxilo (OH^-), lo que resulta en un aumento del pH. Esto puede ser beneficioso en procesos de clarificación para los tratamientos de la matriz experimental 02, que tienen una concentración baja de partículas orgánicas, ya que un pH más alto puede facilitar la precipitación de partículas y la eliminación de impurezas suspendidas en el líquido.

En el caso de la matriz experimental 04, donde hay mayor presencia de carga orgánica, estas partículas pueden presentar propiedades ácidas o básicas, esto puede influir en cómo se comporta el óxido de calcio en la variación del pH. Si las partículas orgánicas son ácidas, el óxido de calcio podría neutralizar parcial o completamente la acidez, aumentando el pH; si las partículas orgánicas son básicas, la alcalinización del óxido de calcio podría aumentar aún más el pH.

En el caso de la matriz experimental 05 (tabla 18); donde se evalúa el agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratada con enzima 0.1% y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, se observa que el pH de la muestra, antes del tratamiento es 6.6, en comparación de los pH iniciales de la «concentración 01» y «concentración 02» siendo 6.72 y 6.49 respectivamente; esta disminución es debida a que las grasas al almacenarse por un periodo, se produce una fermentación (ranceamiento), en donde se liberan cadenas de grupos radicales libres, ocasionando que se convierta en ácidos carboxílicos, por lo que ocasiona que el pH descienda.

La variación de pH dependerá de la «cantidad del agua» en cada concentración de muestras de agua de sanguaza y agua residual (MC1, MC2 y MC3) ya que, en presencia de agua, las grasas experimentan reacciones de hidrólisis, las que pueden liberar ácidos grasos libres los cuales pueden acidificar y reducir el pH; otro factor del cual dependerá la variación de pH es la «producción de ácidos grasos volátiles», los cuales se producen

a partir de la degradación de las grasas por bacterias y microorganismos generando ácidos volátiles como el ácido acético; así también la «*presencia de detergentes y productos químicos*» influyen en la variación de pH, ya que las muestras de agua residual son provenientes del lavado y limpieza de los equipos, utensilios y áreas de producción del proceso de conserva de pescado, lo cual involucra el uso de productos químicos que son de naturaleza alcalina o ácida.

Tarón – Dunoyer et al., en 2017, evaluaron la *Cassia Fistula*, como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales domésticas con 747.0 mg/L de sólidos totales iniciales, donde los valores de pH y alcalinidad total iniciales fue de 7.4, por lo que no presentaron mayores variaciones, ya que, al aplicar el tratamiento 1 resultó 7.48, tratamiento 2 resultó 7.49, tratamiento 3 resultó 7.48, tratamiento 4 resultó 7.46 y tratamiento 5 resultó 7.46 de pH; así también, Mera Zambrano & Zambrano Rendón (2023), evaluaron la influencia de dos coagulantes naturales como la *Moringa oleífera* y *Cassia ístula L.*, en la remoción de nitrógeno y fósforo en agua residual doméstica con 641 mg/L de sólidos totales; donde al aplicar 09 tratamientos de combinación de ambas semillas, demuestran que si hay variación, desde un pH inicial de 7.2 correspondiente a la muestra inicial de agua residual domestica a 6.59 (T1), 6.06 (T2), 5.89 (T3), 6.36 (T4), 6.13 (T5), 6.01 (T6), 5.96 (T7), 5.91 (T8) y 5.69 (T9) correspondiente a los 09 tratamientos; en comparación con lo evaluado en esta investigación se observa que se presenta una tendencia general a disminuir a excepción de las matrices donde se aplica CaO.

Con respecto al tratamiento orgánico con enzimas lipolíticas; Gil Morales et al., 2022; demuestra que existe variación de pH al aplicar tratamientos con bacterias lipolíticas al 2 % en aguas residuales de la industria metalmeccánica, cuyas características iniciales fueron: 700 mg/L de grasas y 9.17 de pH; dándose una variación en pH de 8.8 para tratamiento bacteriano (5 días) y 8.9 para tratamiento bacteriano filtrado (5 días); demostrando que las bacterias lipolíticas degradan las grasas y aceites, ya que, su acción enzimática degrada sustancias oleosas.

4.4. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 01, 02, 03, 04 Y 05 EN EL CONTENIDO DE TURBIDEZ (NTU) DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO

4.4.1. Análisis de turbidez (NTU) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 01 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 02 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 01 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (0.1 % de enzima, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L., y adición de 0.8% de CaO), en los valores de turbidez, medidas en unidades de Nephelometric Turbidity Unit – Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU), del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 20; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.72 de pH inicial, 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de sólidos totales, 220 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.3429 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 1» rotuladas con el código muestral MC1.

Tabla 20

Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO).

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU) ^a
1	0.5	0.5	247.3	170.3
1	0.3125	0.3125	202.0	101.3
1	0.125	0.3125	181.3	104.7
1	0.5	0.125	243.0	103.3
1	0.3125	0.3125	201.3	101.7
1	0.125	0.5	208.0	112.0
1	0.125	0.125	76.7	90.3
1	0.5	0.3125	252.3	187.7
1	0.3125	0.5	226.0	114.0
1	0.3125	0.3125	200.7	102.3
1	0.3125	0.125	158.7	141.0

Nota. ^a representan los valores de turbidez del agua de sanguaza y agua residual proveniente del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1», tratadas con 0.4 g de óxido de calcio (CaO).

La tabla 21, muestra el análisis estadístico de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad de la turbidez (NTU) para MC1 para las matrices experimentales 01 y 02, en partes separadas para cada uno de los efectos tales como, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y las interacciones AA, AB y BB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de segundo orden, el cual contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden, y efectos cuadráticos; para las matrices experimentales 01 y 02 de «concentración 1», rotuladas con el código muestral MC1, mostrados en la tabla 21.

Tabla 21

Análisis de varianza para turbidez (NTU) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO)

ANOVA para turbidez sin aplicación de CaO – Matriz 01	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor-P
	A: <i>Crotalaria P</i>	12751.3	1	12751.3	137.71	0.0001 ^a
	B: <i>Leucaena L</i>	6861.4	1	6861.4	74.10	0.0003 ^a
	AA	164.703	1	164.703	1.78	0.2398
	AB	4032.25	1	4032.25	43.55	0.0012 ^a
	BB	680.272	1	680.272	7.35	0.0423 ^a
	Error total	462.981	5	92.5962		
	Total (corr.)	24825.4	10			
	ANOVA para turbidez con aplicación de 0.4 g de CaO – Matriz 02	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F
A: <i>Crotalaria P</i>		3968.08	1	3968.08	4.71	0.0822
B: <i>Leucaena L</i>		634.482	1	634.482	0.75	0.4254
AA		694.769	1	694.769	0.82	0.4057
AB		513.023	1	513.023	0.61	0.4707
BB		11.5959	1	11.5959	0.01	0.9112
Error total		4216.11	5	843.221		
Total (corr.)		10040.6	10			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 21, se observa que solo para la matriz experimental 01, hay 4 efectos que tienen un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %; dando a interpretar que hay significancia de los efectos principales A: *Crotalaria P.* y B: *Leucaena L.*, y las interacciones entre las variables AB y BB, en relación con la respuesta deseada «turbidez»; lo que implica que los efectos de los factores y las interacciones son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

Las ecuaciones del modelo ajustado para predecir el comportamiento de turbidez en MC1, en función a las concentraciones de polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, son:

Para la matriz experimental 01

$$\begin{aligned} \text{Turbidez} = & -40.2155 + 384.744 * \text{Crotalaria P.} + 753.899 \\ & * \text{Leucaena L.} + 229.352 * (\text{Crotalaria P.})^2 - 903.111 * (\text{Crotalaria P.} \\ & * \text{Leucaena L.}) - 466.115 * (\text{Leucaena L.})^2 \end{aligned}$$

Para la matriz experimental 02

$$\begin{aligned} \text{Turbidez} = & 124.433 - 257.92 * \text{Crotalaria P.} - 7.78713 * \text{Leucaena L.} + 471.055 \\ & * (\text{Crotalaria P.})^2 + 322.133 * (\text{Crotalaria P.} * \text{Leucaena L.}) \\ & - 60.8561 * (\text{Leucaena L.})^2 \end{aligned}$$

Los modelos ajustados que predecirán los valores de turbidez (NTU) en MC1, presentan un estadístico «R – Cuadrada» de 98.12 % para la matriz experimental 01 y 58.01 % para la matriz experimental 02, indicando que los modelos así ajustados predecirán la variabilidad de turbidez (NTU).

El diseño de superficie de respuesta empleado (factorial de 3 niveles: 3^2) permite optimizar la respuesta a evaluar como la turbidez (variable dependiente); a través de la refinación de los modelos anteriores, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística (tabla 21).

En función a lo evaluado por el diseño de superficie de respuesta, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en las variables en la turbidez (variable de respuesta) se hallan los niveles de las variables que optimizan la turbidez (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta; de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM, se busca minimizar en lo posible el contenido de turbidez en las muestras tratadas.

Por lo tanto, la optimización de la variable de la respuesta turbidez (NTU) para el agua residual de «concentración 1» provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en la matriz experimental 01, se optimizará en función a la meta de minimizar la turbidez (NTU) en un valor de 84.3044 NTU, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.125 g y Leucaena L. de 0.125 g.

La optimización de turbidez (NTU) para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» en la matriz experimental 02, proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se optimizará en función a la meta de minimizar la turbidez en un valor de 97.3663 NTU, donde los valores óptimos de los factores, son 0.231 g de Crotalaria P. y 0.125 g de Leucaena L.

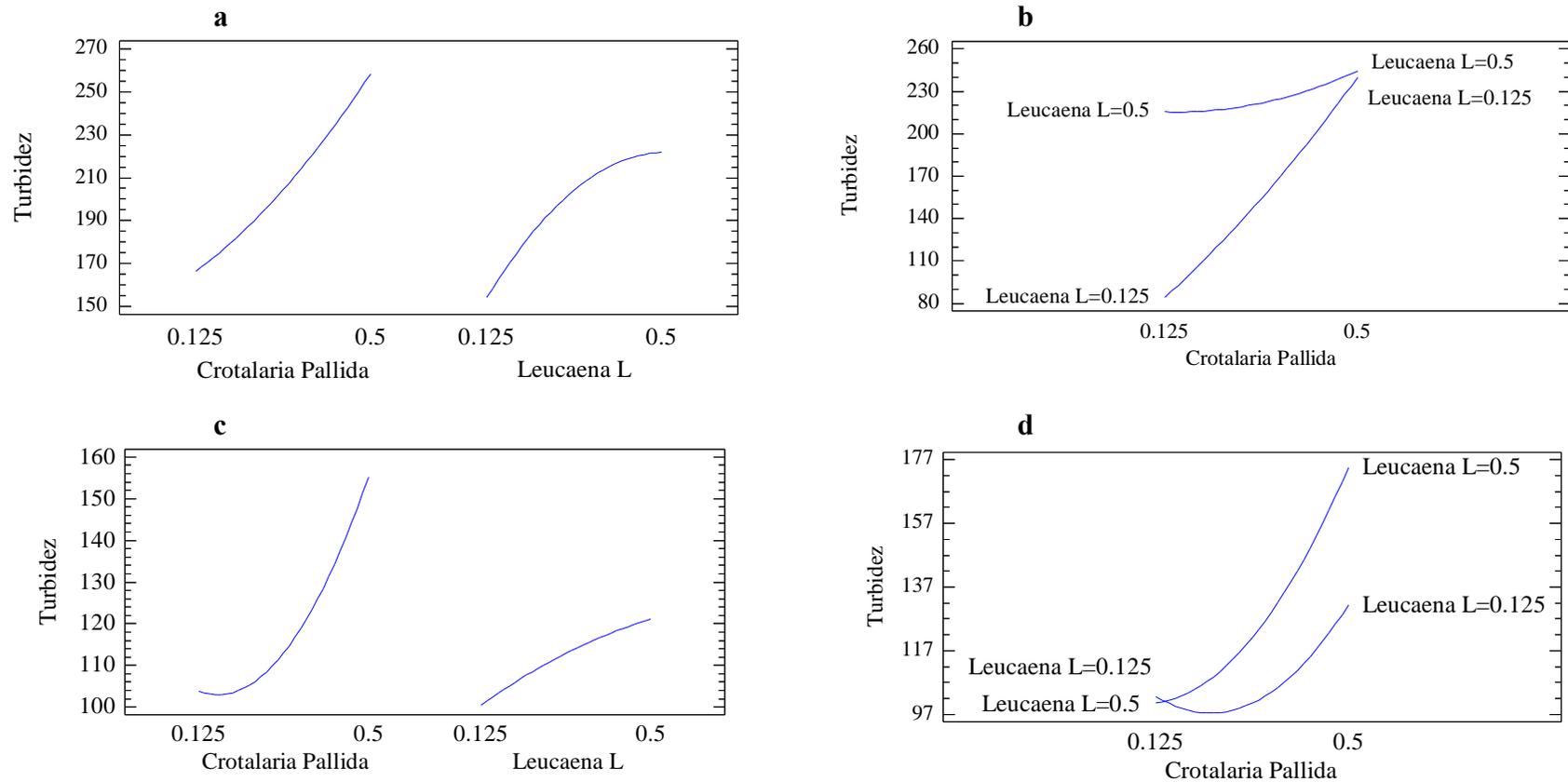


Figura 16

Gráficas de los efectos principales para turbidez (NTU) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 01; (c) Tratamientos con la matriz experimental 02. Gráficas de interacción de los efectos principales para turbidez (NTU) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 01; (d) Tratamientos con la matriz experimental 02.

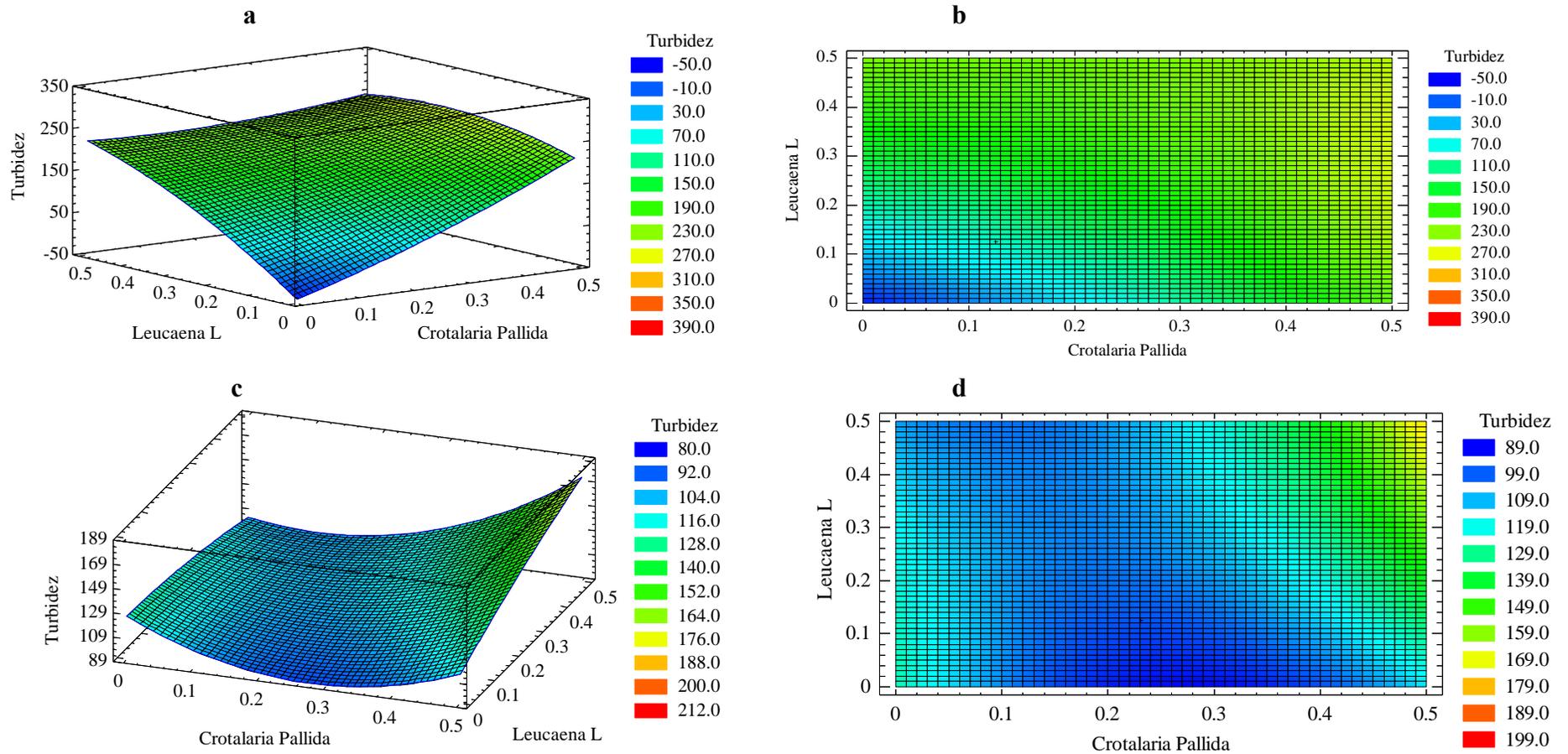


Figura 17

Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para turbidez (NTU) en agua de sanguaza y agua residual MC1, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P. - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P. - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P. - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).

Las figuras 16(a) y 16(c), representan los gráficos de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles (3^2); permitiendo visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, turbidez (NTU). Los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L., los cuales están representados en el gráfico de efectos principales mostrados en las figuras 16(a) y 16(c) para la evaluación turbidez tanto para la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).

Los gráficos de efectos principales nos muestran de manera particular, que para la matriz experimental 01 sin adición de CaO, la turbidez aumenta desde 170 a 253 NTU, al adicionar desde 0.125 g hasta 0.5 g de Crotalaria P.; de igual manera ocurre en la matriz experimental 02 con adición de 0.4 g de CaO, donde se observa que la turbidez aumenta desde 104 a 154 NTU al adicionar desde 0.125 g hasta 0.5 g la Crotalaria P.; Así también, se observa la influencia de la adición del polvo de la Leucaena L., donde para la matriz experimental 01, la turbidez se incrementa desde 155 a 220 NTU, al aumentar la Leucaena L., desde 0.125 g a 0.5 g, y para la matriz experimental 02 la turbidez aumenta desde 100 a 120 NTU, al incrementar Leucaena L. desde 0.125 g hasta 0.5 g.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas, de los efectos principales como la concentración de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso de turbidez, en función de los niveles de los factores estudiados; como son, Crotalaria P. de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g y Leucaena L. de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en la figura 17(a) y 17(c); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y); cada gráfico muestra una curva o una superficie que representa cómo la respuesta cambia a medida que se varían los niveles del factor correspondiente. El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en análisis de la variable respuesta turbidez (NTU), se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» la turbidez.

Los parámetros óptimos de los factores principales (Crotalaria P. y Leucaena L.) para minimizar la turbidez hasta 84.3044 NTU en la matriz experimental 01; son 0.125 g de Crotalaria P. y 0.125 g de Leucaena L.; encontrándose estos en las regiones de color celeste y verde claro convexas, entre los valores de 70 y 110 NTU; también se busca minimizar la turbidez hasta 97.3663 NTU en la matriz experimental 02, mediante los parámetros óptimos de 0.231 g de Crotalaria P. y 0.125g de Leucaena L.; estos se encuentran ubicados en las regiones azul y celeste cóncavas, entre los valores 92 y 104 NTU.

4.4.2. Análisis de turbidez (NTU) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 03 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 04 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 03 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (0.1 % de enzima, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L., y adición de 0.8 % de CaO), en los valores de turbidez, medidas en unidades de Nephelometric Turbidity Unit – Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU), del agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 22; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.49 de pH inicial, 965.29 kg/m³ de densidad, 8414.67 ppm de sólidos totales, 4314 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.6496 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 2» rotuladas con el código muestral MC2.

Tabla 22

Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO).

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU) ^a
1	0.5	0.5	489.7	276.7
1	0.3125	0.3125	483.7	261.7
1	0.125	0.3125	461.3	280.3
1	0.5	0.125	488.7	310.3
1	0.3125	0.3125	483.3	261.7
1	0.125	0.5	426.0	261.7
1	0.125	0.125	430.7	226.0
1	0.5	0.3125	504.3	345.0
1	0.3125	0.5	530.0	315.3
1	0.3125	0.3125	483.3	261.0
1	0.3125	0.125	468.0	292.3

Nota. ^a representan los valores de turbidez del agua de sanguaza y agua residual proveniente del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con 0.4 g de óxido de calcio (CaO).

La tabla 23, muestra el análisis estadístico de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad de la turbidez (NTU) para MC2, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y las interacciones, AA, AB y BB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de segundo orden, el cual contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden, y efectos cuadráticos.

Tabla 23

Análisis de varianza para turbidez (NTU) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO)

ANOVA para turbidez sin aplicación de CaO – Matriz 03	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: Crotalaria P	4521.01	1	4521.01	9.21	0.0289 ^a
	B: Leucaena L	566.482	1	566.482	1.15	0.3319
	AA	1167.88	1	1167.88	2.38	0.1837
	AB	8.1225	1	8.1225	0.02	0.9027
	BB	70.3861	1	70.3861	0.14	0.7205
	Error total	2455.26	5	491.051		
	Total (corr.)	9048.56	10			
ANOVA para turbidez con aplicación de 0.4 g de CaO – Matriz 04	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: Crotalaria P	4482.67	1	4482.67	4.54	0.0864
	B: Leucaena L	105.002	1	105.002	0.11	0.7577
	AA	83.9885	1	83.9885	0.08	0.7824
	AB	1200.62	1	1200.62	1.21	0.3206
	BB	24.2215	1	24.2215	0.02	0.8817
	Error total	4941.14	5	988.228		
	Total (corr.)	10820.0	10			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 23, se realiza el análisis ANOVA para las matrices experimentales 03 y 04, donde solo para la matriz experimental 03, hay un solo efecto (A: Crotalaria P) que tiene un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0 %.; dando a interpretar que hay significancia del efecto principal A: Crotalaria Pallida, en relación con la turbidez (respuesta deseada); lo que implica que el efecto de este factor es lo suficientemente grande para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

Las ecuaciones del modelo ajustado para predecir el comportamiento de turbidez en MC2 para las matrices experimentales 03 y 04, en función a las concentraciones de polvo de las semillas de Crotalaria P. y Leucaena L., son:

Para la matriz experimental 03

$$\begin{aligned} \text{Turbidez} = & 359.499 + 515.441 * \text{Crotalaria P.} + 132.863 * \text{Leucaena L.} - 610.732 \\ & * (\text{Crotalaria P.})^2 + 40.5333 * (\text{Crotalaria P.} * \text{Leucaena L.}) \\ & - 149.932 * (\text{Leucaena L.})^2 \end{aligned}$$

Para la matriz experimental 04

$$\begin{aligned} \text{Turbidez} = & 186.389 + 197.415 * \text{Crotalaria P.} + 231.282 * \text{Leucaena L.} + 163.78 \\ & * (\text{Crotalaria P.})^2 - 492.8 * (\text{Crotalaria P.} * \text{Leucaena L.}) - 87.9532 \\ & * (\text{Leucaena L.})^2 \end{aligned}$$

Los modelos ajustados que predicen los valores de turbidez (NTU) en MC2, presentan un estadístico «R – Cuadrada» de 72.87 % para la matriz experimental 03 y 54.33 % para la matriz experimental 04, indicando que los modelos así ajustados predecirán la variabilidad de turbidez (NTU).

El diseño de superficie de respuesta empleado (factorial de 3 niveles: 3^2) permite optimizar la respuesta a evaluar como la turbidez (variable dependiente); a través de la refinación de los modelos anteriores, previo haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño de superficie de respuesta, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en las variables de turbidez (respuesta), se hallan los niveles de las variables independientes que optimizan el contenido de turbidez (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la variable de respuesta; de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM, se busca minimizar en lo posible el contenido de turbidez en las muestras tratadas.

Por lo tanto, la optimización de la variable respuesta «turbidez» (NTU) para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» en la matriz experimental 03,

provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se optimizan en función a la meta de minimizar la turbidez (NTU) en un valor de 429.285 NTU, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.125 g y Leucaena L. de 0.125 g.

La optimización de turbidez (NTU) para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» en la matriz experimental 04, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se optimiza en función a la meta de minimizar la turbidez en un valor de 233.461 NTU, donde los valores óptimos de los factores, son 0.125 g de Crotalaria P. y 0.125 g de Leucaena L.

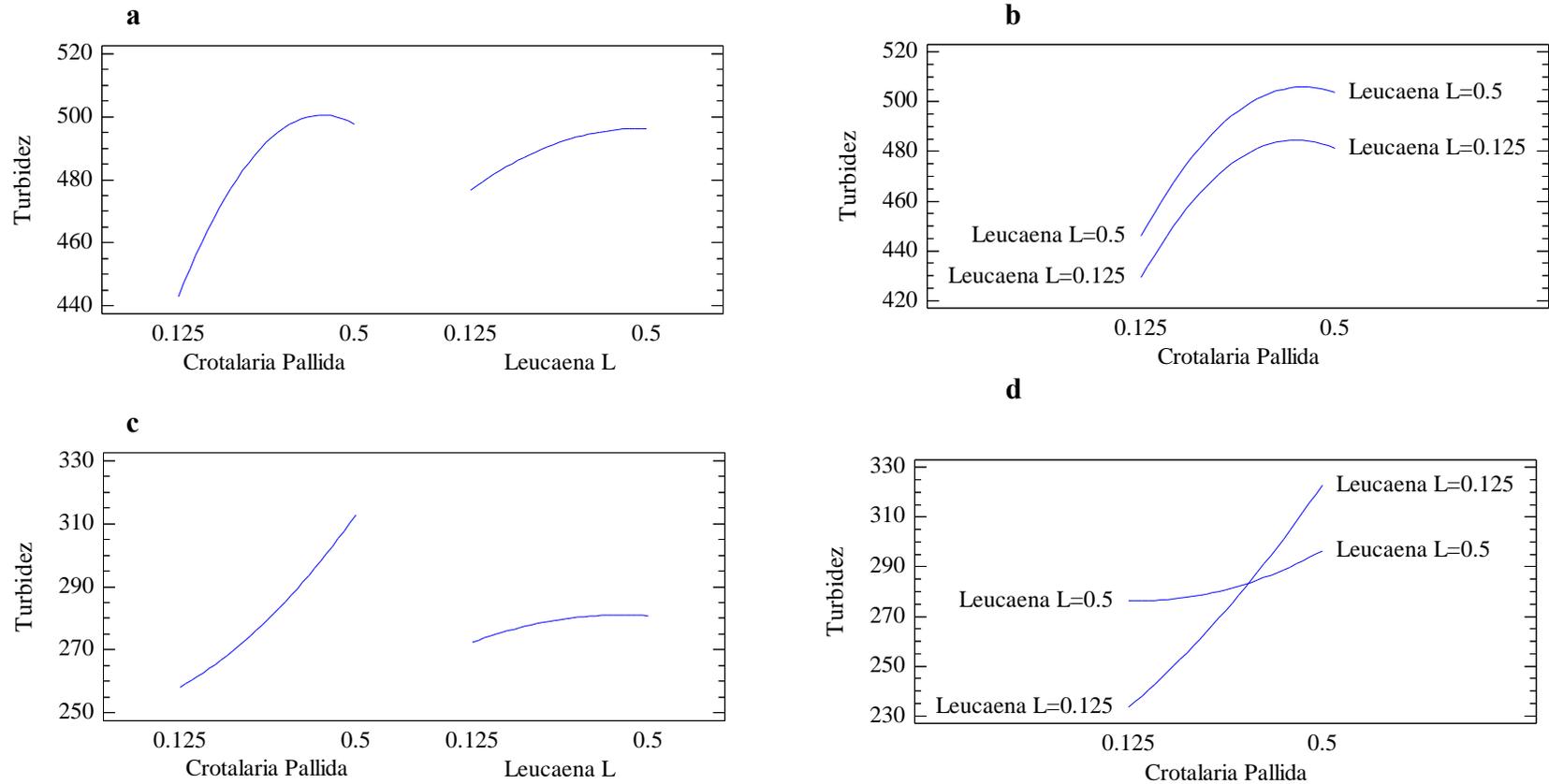


Figura 18

Gráficas de los efectos principales para turbidez (NTU) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 03; (c) Tratamientos con la matriz experimental 04. Gráficas de interacción de los efectos principales para turbidez (NTU) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 03; (d) Tratamientos con la matriz experimental 04.

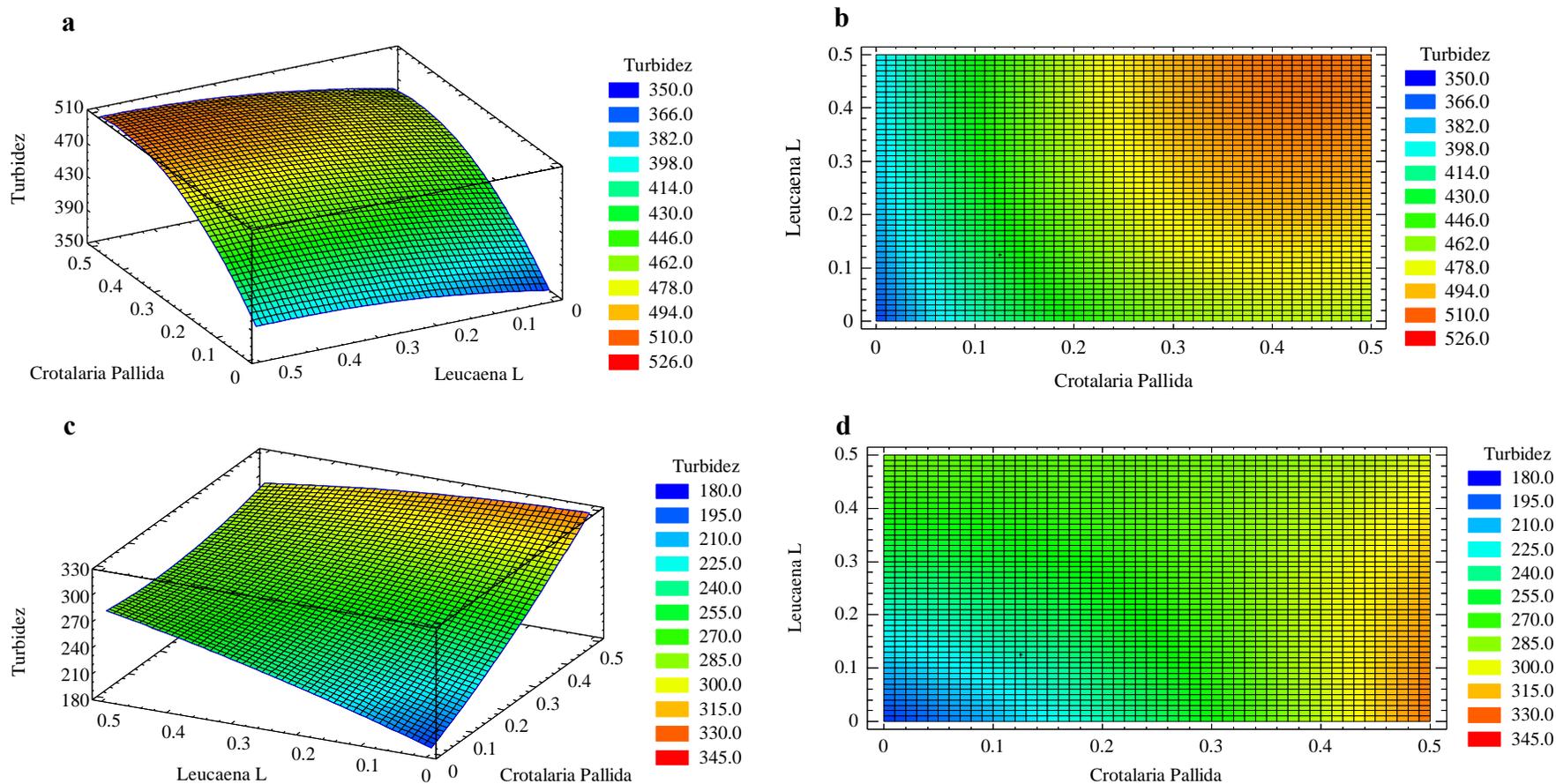


Figura 19

Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para turbidez (NTU) en agua de sanguaza y agua residual MC2, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).

Las figuras 18(a) y 18(c), representan los gráficos de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles (3^2); permitiendo visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, turbidez (NTU). Los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles, siendo en este estudio; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales mostrados en las figuras 18(a) y 18(c) para la evaluación de turbidez, tanto para la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).

Los gráficos de efectos principales nos muestran de manera particular, que para la matriz experimental 03 sin adición de CaO, la turbidez aumenta desde 445 a 500 NTU, al adicionar desde 0.125 g hasta 0.5 g de Crotalaria P.; de igual manera ocurre en la matriz experimental 04 con adición de 0.4 g de CaO, donde se observa que la turbidez aumenta desde 255 a 310 NTU al adicionar desde 0.125 g hasta 0.5 g la Crotalaria P.; Así también, se observa la influencia de la adición del polvo de la Leucaena L., donde para la matriz experimental 03, la turbidez se incrementa desde 475 a 495 NTU, al aumentar la Leucaena L., desde 0.125 g a 0.5 g, y para la matriz experimental 04 la turbidez aumenta desde 270 a 280 NTU, al incrementar Leucaena L. desde 0.125 g hasta 0.5 g.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas, de los efectos principales como las concentraciones de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta, en este caso de turbidez, en función de los niveles de los factores estudiados; como son, Crotalaria P. de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. y Leucaena L. de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g.

Los gráficos mostrados en las figuras 19(a) y 19(c); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta, mediante estos se identifica los niveles óptimos de los factores. Estos gráficos se construyen trazando la

variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y); cada gráfico muestra una curva o una superficie que representa cómo la respuesta cambia a medida que se varían los niveles del factor correspondiente. El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en análisis de la variable respuesta turbidez (NTU), se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» el contenido de turbidez.

Los parámetros óptimos de los factores principales como *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, para minimizar la turbidez hasta 429.285 NTU en la matriz experimental 03; son 0.125 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; encontrándose estos en las regiones de color verde claro y verde región convexa con inclinación, entre los valores de 414 NTU y 430 NTU; también se busca minimizar la turbidez hasta 233.461 NTU en la matriz experimental 04, mediante los parámetros óptimos de 0.125 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones celeste y verde claro convexa con inclinación, entre los valores 92 NTU y 104 NTU.

4.4.3. Análisis de turbidez (NTU) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.)

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 05 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.), en los valores de turbidez, medidas en unidades de Nephelometric Turbidity Unit – Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU), del agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 24; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.6 de pH inicial, 997.88 kg/m³ de densidad, 92926 ppm de solidos totales, 90739.33 ppm de solidos suspendidos totales 13.6231 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 3» rotuladas con el código muestral MC3.

Tabla 24

Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.

Tratamientos	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Turbidez (NTU)
T0	0	0	---
T1	0.125	0	213.67
T2	0.5	0	193.00
T3	0	0.125	231.33
T4	0	0.5	145.67

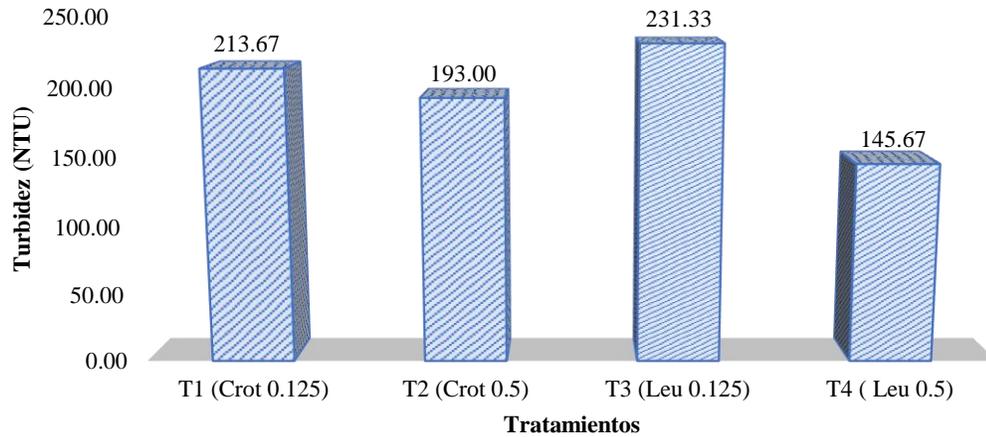


Figura 20

Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima y concentraciones individuales de los polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

La tabla 24 y la figura 20, muestran los valores de turbidez (NTU) tratados individualmente con las adiciones de *Crotalaria P.* de 0.125 g 0.5 g, así también con *Leucaena L.* de 0.125 g y 0.5 g; mostrando que a mayor concentración de *Leucaena L.* (0.5g), menor es la concentración de turbidez con 145.67 NTU; al aplicar una menor concentración de *Leucaena L.* (0.125 g) la turbidez incrementa a 231.33 NTU, con respecto a aplicar una mayor concentración de *Crotalaria P.* (0.5) se observa que hay una menor concentración de turbidez con 193 NTU, siendo esta mayor en 47.33 NTU con respecto a la mayor concentración de *Leucaena L.* (0.5 g), por último la aplicación de una menor concentración de *Crotalaria P.* (0.125 g) muestra un contenido de turbidez de 231.67 NTU, siendo esta mayor con respecto a la aplicación de la mayor concentración de *Crotalaria P.* (0.5 g) en 20.67 NTU; por lo tanto la mejor tratamiento individual con respecto a la retención de grasas en la concentración de agua de sanguaza y agua residual con alto contenido en grasas, es el tratamiento 04, el cual consiste en agregar 0.5 g de polvo de semilla de *Leucaena L.* en 500 ml de muestra, obteniéndose una turbidez de 145.67 NTU.

Por lo que, para determinar si existe diferencia estadística significativa, se evalúa en la matriz experimental 05, donde se aplica un diseño multifactorial, el cual está conformado por dos factores; *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* con dos niveles de 0.125 g y 0.5 g cada factor, evaluados en 02 bloques (tabla 25).

Tabla 25

Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	Turbidez (NTU)
1	0.5	0.5	85.6
1	0.5	0.125	199.0
1	0.125	0.5	104.3
1	0.125	0.125	96.0
2	0.125	0.125	85.0
2	0.5	0.125	199.0
2	0.125	0.5	104.2
2	0.5	0.5	96.1

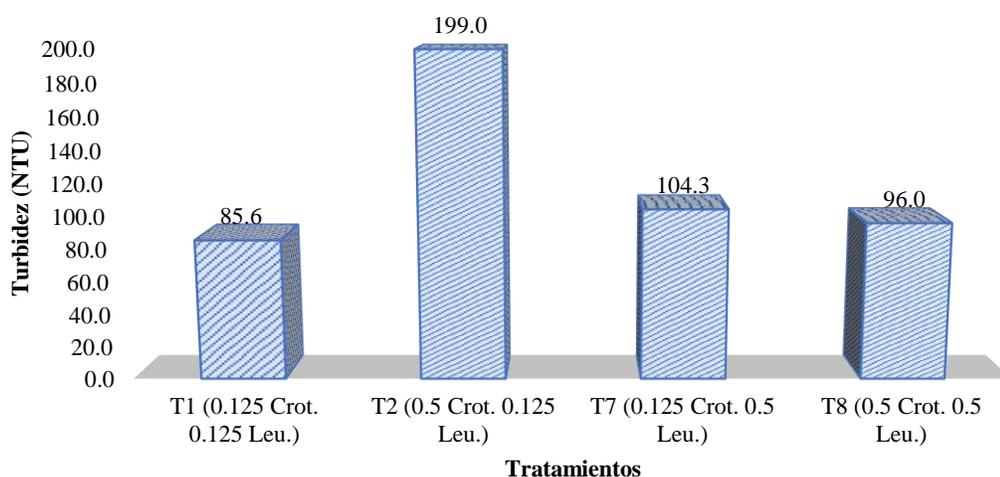


Figura 21

Valores de turbidez (NTU) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

Tabla 26

Análisis de varianza para turbidez (NTU) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: <i>Crotalaria P.</i>	5565.13	1	5565.13	115140.52	0.0000 ^a
B: <i>Leucaena L.</i>	3528.0	1	3528.0	72993.10	0.0000 ^a
AB	7429.8	1	7429.8	153720.10	0.0000 ^a
Bloques	0.045	1	0.045	0.93	0.4058
Error total	0.145	3	0.0483333		
Total (corr.)	16523.1	7			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 26, se observa que en la matriz experimental 05, los efectos principales, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y la interacción de variables AB, tienen un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %.; dando a interpretar que existe significancia de los efectos principales A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y la interacción entre las variables AB en relación con la respuesta deseada de turbidez; lo que implica que los efectos de los factores y las interacciones son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

La ecuación del modelo ajustado para predecir el comportamiento de turbidez en MC3, en función a las concentraciones de polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, es:

$$\text{Turbidez} = 27.5389 + 411.556 * \text{Crotalaria P.} + 158.889 * \text{Leucaena L.} - 866.844 * \text{Crotalaria P.} * \text{Leucaena L.}$$

Este modelo ajustado que predice los valores de turbidez en MC3, presentan un estadístico «R – Cuadrada» de 99.99 %, indicando que este modelo ajustado predecirá la variabilidad de pH.

El diseño estadístico empleado, es una factorial multinivel, de dos factores (Crotalaria P. y Leucaena L.) con dos niveles (0.125 g y 0.5 g), que permite optimizar la respuesta a evaluar como la turbidez (variable dependiente); a través de la refinación del modelo anterior, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño factorial multinivel, con la ecuación que modela la influencia de los cambios en la variable de respuesta turbidez y los valores establecidos por el MINAM, se hallan los niveles de las variables que optimizan la turbidez (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta.

Por lo tanto, la optimización de la variable de respuesta turbidez para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 3» proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en la matriz experimental 05, se optimizará en función a la meta minimizar la turbidez en un valor de 85.3 NTU; por lo que este valor óptimo es obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.125 g y Leucaena L. de 0.125 g.

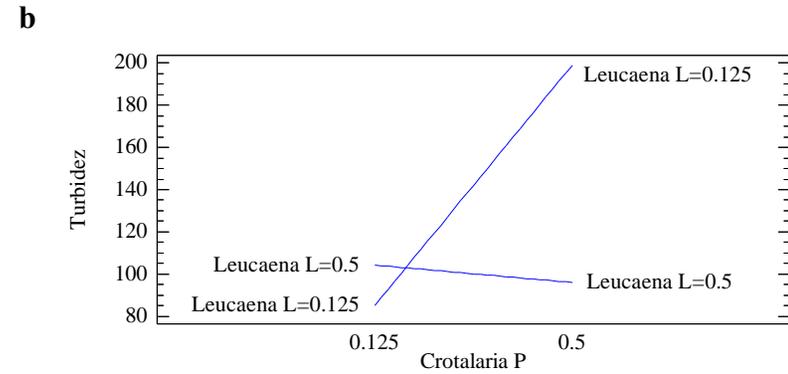
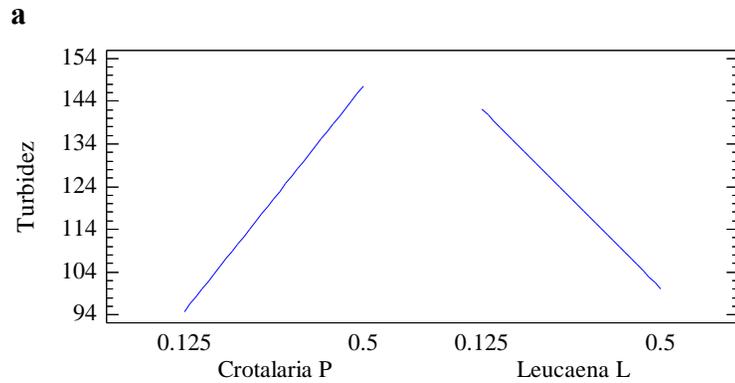


Figura 22

(a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para turbidez (NTU), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso conserva de pescado, de «concentración 3» (997.88 kg/m^3) con la matriz experimental 05.

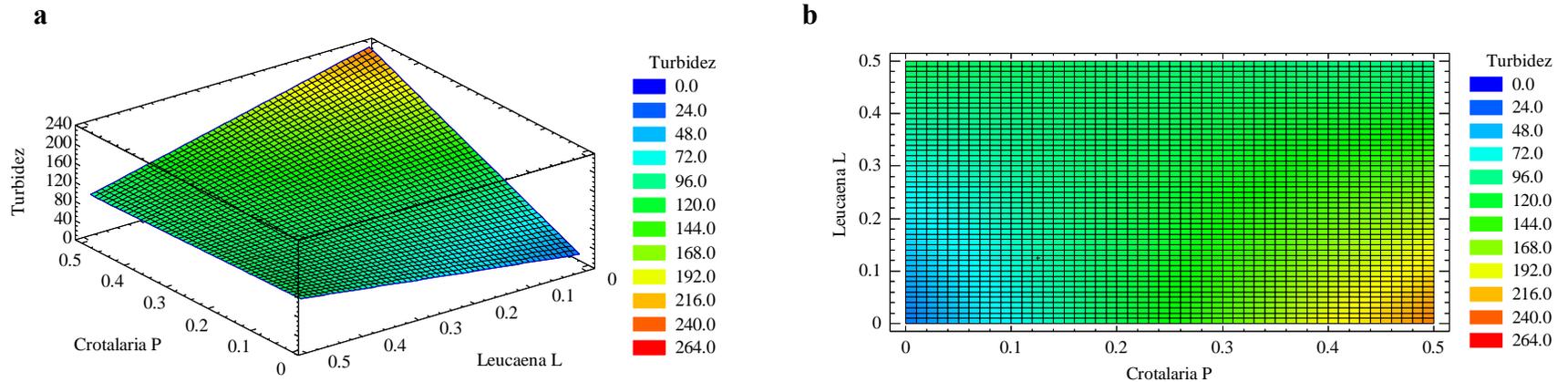


Figura 23

(a) Gráfica de superficie de respuesta y (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimadas para turbidez (NTU), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (997.88 kg/m^3) en la matriz experimental 05.

La figura 22(a), representan el gráfico de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles; que permite visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, turbidez (NTU). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles, siendo estos, A: Crotalaria P. y B: Leucaena L.; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales de la figura 22(a), para la evaluación de turbidez en la matriz experimental 05 (enzima 0.1% y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.), el gráfico de efectos principales nos muestra de manera particular, que al aumentar la concentración de Crotalaria P. desde 0.125 g hasta 5 g, se incrementa la turbidez desde 94 NTU a 148 NTU, caso contrario se da con la adición de Leucaena L., la cual al incrementar su concentración de 0.125 g a 0.5 g, el valor de la turbidez disminuye aproximadamente desde 142 NTU a 100 NTU.

El gráfico de la superficie de respuesta estimadas mostrado en la figura 23(a), de los efectos principales como la concentración de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso la turbidez, en función de los niveles de los factores estudiados; como son; Crotalaria P. de 0.125 g y 0.5 g., Leucaena L. de 0.125 g y 0.5 g, así también, el gráfico mostrado en las figuras 23(c) y 23(b); demuestran que son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta, estos permiten identificar los niveles óptimos de los factores. Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y).

La superficie de respuesta semi convexa (tipo silla) mostrada en la figura 23(a) sugiere que los factores; Crotalaria P. y Leucaena L. tienen un impacto importante en la variable de interés «turbidez», ya que la respuesta de esta variable no se mantiene constante o cambia a lo largo de los niveles de ese factor. Sin embargo, la interacción AB de los efectos principales, permite observar que este tipo de superficie no es completamente

plana, lo que indica que todas las variables y coeficientes del modelo ajustado prediga el comportamiento de turbidez; se debe considerar que, la interacción entre los factores y la interacción AB, podrían estar influyendo en la forma de la gráfica y en la respuesta del valor de turbidez.

El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta turbidez, se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» la turbidez en valores que guarden relación con lo establecido en la R.M. N°178 – 2014 – MINAM, p.17; así también lo establecido en el D.S. N°010 – 2018 – MINAM, en los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.

El objetivo de la optimización, es minimizar la variable de respuesta, la cual en este caso es, la turbidez del agua de sanguaza y residual tratadas los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, por lo tanto, para obtener una turbidez óptima mínima de 85.3 NTU, se deben de aplicar los parámetros óptimos de 0.125 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; los cuales se encuentran ubicados en las regiones de color celeste y verde claro, en la zona semi plana inclinada en el extremo entre los valores de 72 NTU y 96 NTU.

Considerando un análisis general con respecto a la variable de respuesta «turbidez», se discute lo siguiente:

Analizando las matrices experimentales 01 y 02 (tabla 20), matrices experimentales 03 y 04 (tabla 22) y la matriz experimental 05 (tabla 25); se demuestra que, para una muestra de agua residual de «concentración 1» (MC1), de características iniciales: 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de ST y 0.34% de grasa, a la cual se aplicó tratamientos con y sin CaO, cuyos resultados son: un máximo de 252.3 NTU para la matriz experimental 01 (sin adición de CaO) y un máximo de 187.7 NTU para la matriz experimental 02 (con

adición de CaO); se reduce en 64.6 NTU al aplicar CaO. Para una «concentración 02» (MC2), de características iniciales: 965.29 kg/m³ de densidad, 8414.67 ppm de ST y 0.65 % de grasa, a la cual se aplicó tratamientos con y sin CaO, cuyos resultados son: un máximo de 530 NTU para la matriz experimental 03 (sin adición de CaO) y un máximo de 345 NTU para la matriz experimental 04 (con adición de CaO); se reduce en 185 NTU al aplicar CaO. Así también, para una «concentración 03» (MC3), de características iniciales: 997.88 kg/m³ de densidad, 92926 ppm de ST y 13.62 % de grasa, a la cual se aplicó un tratamiento sin CaO, cuyos resultados son: un mínimo de 85 NTU y máximo de 199 NTU para la matriz experimental 03.

Las muestras de agua residual MC1 y MC2 presentan menor concentración de grasa 0.34 % y 0.64 % respectivamente; ambas muestras de las respectivas matrices están tratadas con enzimas lipolíticas; las cuales en las muestras que se le agrega CaO se ve una mejora en la disminución de NTU; ya que se produce un proceso químico que se conoce como saponificación, la cual implica una reacción química entre el CaO y las grasas y aceites presentes en el agua residual, transformándose estas en jabón, el cual es soluble en agua. Como resultado, las partículas de grasa se vuelven solubles en lugar de mantenerse en suspensión en el agua, lo que conduce a una disminución de la turbidez; ya que es conveniente convertir la grasa que está en estado suspendido en grasa soluble, ya que las grasas y aceites en estado soluble son más fáciles de eliminar y tratar; aplicando las enzimas lipolíticas.

En las muestras de agua residual MC3, que presenta 13.62 % de grasa inicialmente; son tratadas únicamente con enzima lipolítica; se observa una mayor reducción de turbidez; debido a la acción la enzima, la cual se basa en su capacidad para hidrolizar los enlaces químicos de los lípidos y las grasas, descomponiéndolos en sus componentes básicos, que son los ácidos grasos y los glicerol. El principio de acción de las enzimas lipolíticas se basa en reconocer el sustrato, uniéndose a las moléculas de grasa; una vez que se unen al sustrato, catalizan la reacción de hidrolisis, que implica la ruptura de los enlaces éster, presentes en las moléculas de grasa. Esto descompone los lípidos en ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos y el glicerol resultantes de la acción de las enzimas,

son moléculas más pequeñas y solubles en agua en comparación con las grasas y los lípidos originales. Esto indica que los productos de la hidrólisis son más fáciles de eliminar y tratar en el proceso de tratamiento de aguas residuales. Al descomponer las grasas en moléculas más pequeñas y solubles, las enzimas lipolíticas contribuyen a la reducción de la turbidez del agua, ya que las partículas de grasa en estado suspendido se convierten en sustancias solubles en agua.

Con respecto al tratamiento orgánico con enzimas lipolíticas; Gil Morales et al., 2022; demuestra que existe reducción de turbidez al aplicar tratamientos con bacterias lipolíticas (2 %) en aguas residuales de la industria metalmecánica, cuyas características iniciales fueron: 700 mg/L de grasas y 725 NTU de turbidez; dándose una variación en turbidez de 652.3 NTU para tratamiento bacteriano (5 días) y 311.8 NTU para tratamiento bacteriano filtrado (5 días); demostrando que las bacterias lipolíticas degradan las grasas y aceites, ya que, su acción enzimática degrada sustancias oleosas.

4.5. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 01, 02, 03, 04 Y 05 EN EL CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES (ST) DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO

4.5.1. Análisis de sólidos totales (ppm) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 01 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 02 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 01 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (0.1 % de enzima, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L., y adición de 0.8 % de CaO), en los valores de sólidos totales – ST (ppm) del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 27; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas son; 6.72 de pH inicial, 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de sólidos totales, 220 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.3429 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 1» rotuladas con el código muestral MC1.

Tabla 27

Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO).

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	ST (ppm)	ST (ppm) ^a
1	0.5	0.5	3502.67	3772.67
1	0.3125	0.3125	3280.67	3411.33
1	0.125	0.3125	3264.67	3500.67
1	0.5	0.125	3315.33	3715.33
1	0.3125	0.3125	3202.00	3440.67
1	0.125	0.5	3286.00	3700.00
1	0.125	0.125	3254.67	4078.00
1	0.5	0.3125	3438.00	4138.67
1	0.3125	0.5	3452.67	3765.33
1	0.3125	0.3125	3267.33	3494.67
1	0.3125	0.125	3184.67	3875.33

Nota. ^a representan los valores de sólidos totales del agua de sanguaza y agua residual provenientes del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1», tratadas con 0.4 g de óxido de calcio (CaO).

Los resultados obtenidos después de someterse a los tratamientos en las matrices experimentales 01 y 02 respectivamente y reportados en la tabla 27, son sometidos al análisis estadístico, mostrados en la tabla 28, la cual reporta el análisis de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad del contenido de sólidos totales – ST (ppm) en MC1, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y las interacciones, AA, AB y BB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de segundo orden, el cual contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden, y efectos cuadráticos.

Tabla 28

Análisis de varianza para sólidos totales – ST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO)

ANOVA para ST sin aplicación de CaO – Matriz 01	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: <i>Crotalaria P.</i>	33849.1	1	33849.1	10.31	0.0237 ^a
B: <i>Leucaena L.</i>	39474.6	1	39474.6	12.03	0.0179 ^a	
AA	8834.12	1	8834.12	2.69	0.1618	
AB	6084.78	1	6084.78	1.85	0.2315	
BB	1763.91	1	1763.91	0.54	0.4964	
Error total	16413.3	5	3282.67			
Total (corr.)	109498	10				

ANOVA para ST con aplicación de 0.4 g de CaO – Matriz 02	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: <i>Crotalaria P.</i>	20184.0	1	20184.0	0.34	0.5855
B: <i>Leucaena L.</i>	30911.3	1	30911.3	0.52	0.5033	
AA	76361.8	1	76361.8	1.28	0.3086	
AB	47380.2	1	47380.2	0.80	0.4130	
BB	76943.5	1	76943.5	1.29	0.3069	
Error total	297413	5	59482.5			
Total (corr.)	604940	10				

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 28, muestra el análisis ANOVA para las matrices experimentales 01 y 02, donde se observa que solo para la matriz experimental 01, hay dos efectos (A: *Crotalaria P.* y B: *Leucaena L.*) que tienen un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %, dando a interpretar que hay significancia de los efectos principales; A: *Crotalaria Pallida* y B: *Leucaena L.*, estos en relación con la turbidez denominada respuesta deseada, lo que implica que los efectos de estos dos factores son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

Las ecuaciones del modelo ajustado para predecir el comportamiento de sólidos totales – ST (ppm) en MC1, están en función a las concentraciones de los polvos de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, estas son:

Para la matriz experimental 01

$$ST = 3352.22 - 995.917 * Crotalaria P. - 383.197 * Leucaena L. + 1679.7 \\ * (Crotalaria P.)^2 + 1109.4 * (Crotalaria P.* Leucaena L.) + 750.567 \\ * (Leucaena L.)^2$$

Para la matriz experimental 02

$$ST = 4819.41 - 3744.61 * Crotalaria P. - 4448.49 * Leucaena L. + 4938.43 \\ * (Crotalaria P.)^2 + 3095.75 * (Crotalaria P.* Leucaena L.) \\ + 4957.21 * (Leucaena L.)^2$$

Los modelos ajustados que predicen los valores de sólidos totales – ST (ppm) en MC1, presentan un estadístico «R – Cuadrada» de 85.01 % para la matriz experimental 01 y 50.84 % para la matriz experimental 02, indicando que los modelos así ajustados predecirán la variabilidad de sólidos totales – ST (ppm).

El diseño de superficie de respuesta empleado (factorial de 3 niveles: 3²) permite optimizar la respuesta a evaluar, como es el contenido de sólidos totales – ST (variable dependiente); a través de la refinación de los modelos anteriores, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño de superficie de respuesta, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en las variables de sólidos totales – ST (respuesta), se hallan los niveles de las variables independientes que optimizan el contenido de sólidos totales (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la variable de respuesta; de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM, se busca minimizar en lo posible el contenido de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras tratadas.

Por lo tanto, la optimización de la variable de la respuesta «sólidos totales» – ST (ppm) para el agua de sanguaza y agua residual, proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» en la matriz experimental 01, se optimizan en función a la meta de minimizar los sólidos totales (ppm) en un valor de 3206.67 ppm, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.255 g y Leucaena L. de 0.125 g.

La optimización del contenido de sólidos totales – ST (ppm) para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en la matriz experimental 02, se optimiza en función a la meta de minimizar el contenido de sólidos totales a 3510.04 ppm, donde los valores óptimos de los factores, son 0.264 g de Crotalaria P. y 0.366 g de Leucaena L.

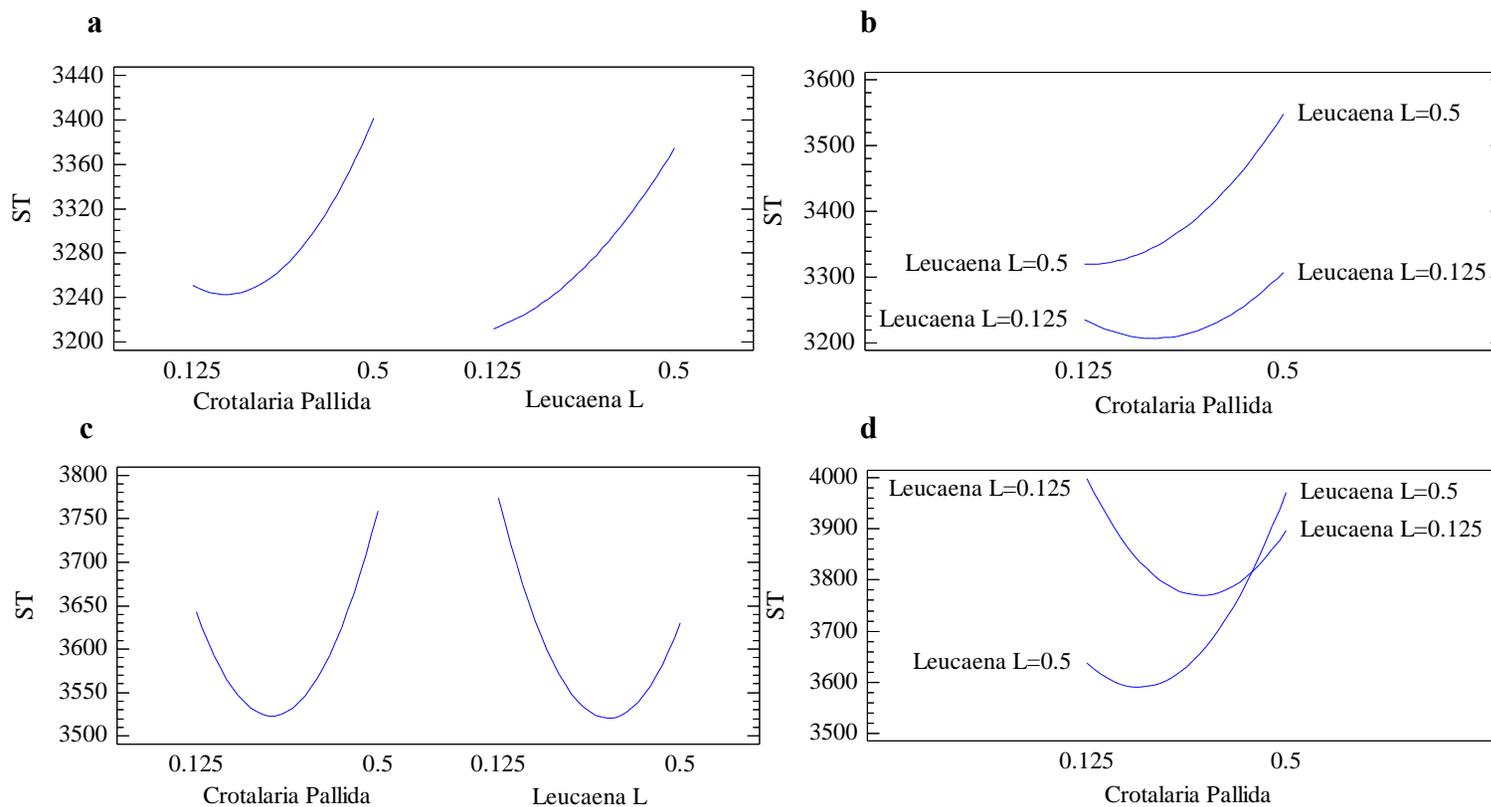


Figura 24

Gráficas de los efectos principales para ST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual de MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 01; (c) Tratamientos con la matriz experimental 02. Gráficas de interacción de los efectos principales para ST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 01; (d) Tratamientos con la matriz experimental 02.

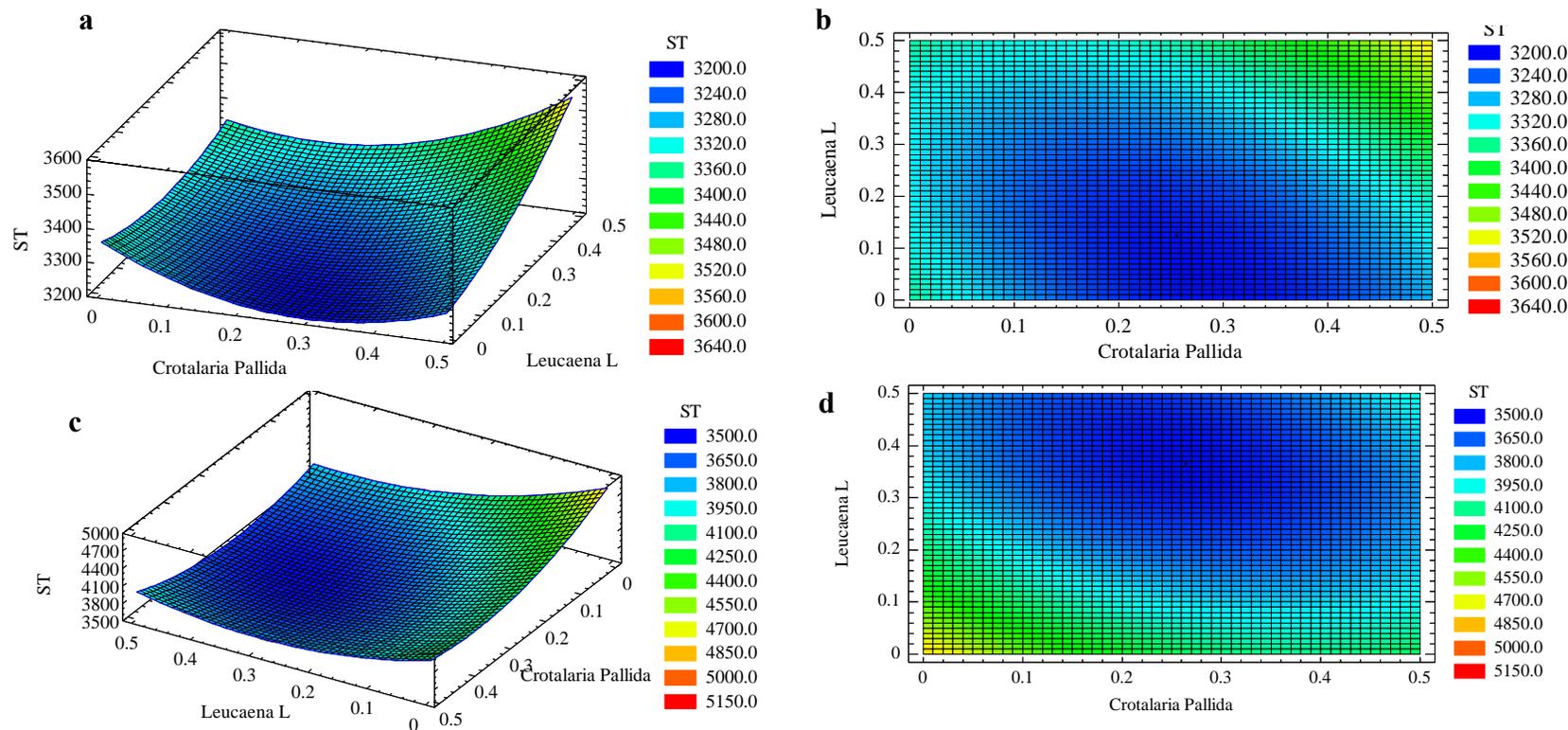


Figura 25

Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para ST (ppm) en agua de sanguaza y agua residual MC1, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).

Las figuras 24(a) y 24(c), representan los gráficos de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles (3^2); permitiendo visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, la cual es sólidos totales – ST (ppm). Los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales mostrados en las figuras 24(a) y 24(c) para la evaluación de sólidos totales – ST, tanto para la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).

Los gráficos de los efectos principales nos muestra de manera particular, que para la matriz experimental 01 sin adición de CaO, los sólidos totales aumentan desde 3240 ppm a 3400 ppm, al adicionar desde 0.125 g hasta 0.5 g de Crotalaria P.; caso contrario ocurre en la matriz experimental 02 con adición de 0.4 g de CaO, donde se observa que el contenido de sólidos totales, en una primera etapa disminuye desde 3640 ppm a 3520 ppm al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g (punto central) la Crotalaria P. y luego aumenta desde 3520 ppm a 3750 ppm al adicionar desde 0.3125 g hasta 0.5 g (punto central) la Crotalaria P.; Así también, se observa la influencia de la adición del polvo de la Leucaena L., donde para la matriz experimental 01, el contenido de sólidos totales, se incrementa desde 3250 ppm a 3370 ppm, al aumentar la Leucaena L., desde 0.125 g a 0.5 g, y para la matriz experimental 02, en una primera etapa el contenido de sólidos totales disminuye desde 3770 ppm a 3520 ppm, al incrementar Leucaena L. desde 0.125 g hasta 0.3125 g (punto central), luego en una segunda etapa el contenido de sólidos totales tiene un ligero aumento desde 3520 ppm hasta 3625 ppm.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas, de los efectos principales como la concentración de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, en el diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso de sólidos totales, en función de los niveles de los factores estudiados; como son, *Crotalaria P.* 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. y *Leucaena L.* 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g.

Los gráficos mostrados en las figuras 25(a) y 25(c); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores. Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y); cada gráfico muestra una curva o una superficie que representa cómo la respuesta cambia a medida que se varían los niveles del factor correspondiente. El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta sólidos totales – ST (ppm), se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» el contenido de sólidos totales.

Los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* para minimizar el contenido de sólidos totales hasta 3206.67 ppm en la matriz experimental 01; son 0.2552 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; encontrándose estos en las regiones de color azul y azul claro en zona cóncava, entre los valores de 3200 ppm y 3240 ppm; también se busca minimizar el contenido de sólidos totales hasta 3510 ppm en la matriz experimental 02, mediante los parámetros óptimos de 0.2644 g de *Crotalaria P.* y 0.3661 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color azul y azul claro, en la zona cóncava, entre los valores 3500 ppm y 3650 ppm.

4.5.2. Análisis de sólidos totales (ppm) en las muestras de sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 03 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 04 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 03 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (0.1 % de enzima, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L., y adición de 0.8 % de CaO), en el contenido de sólidos totales – ST (ppm) del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 29; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.49 de pH inicial, 965.29 kg/m³ de densidad, 8414.67 ppm de sólidos totales, 4314 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.6496 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 2» rotuladas con el código muestral MC2.

Tabla 29

Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO).

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	ST (ppm)	ST (ppm) ^a
1	0.5	0.5	5262.00	5373.33
1	0.3125	0.3125	5979.33	5654.00
1	0.125	0.3125	5881.33	5609.33
1	0.5	0.125	5722.67	5455.33
1	0.3125	0.3125	5977.33	5655.33
1	0.125	0.5	5646.67	5506.67
1	0.125	0.125	5414.67	5645.33
1	0.5	0.3125	5566.00	5558.67
1	0.3125	0.5	5464.67	5873.33
1	0.3125	0.3125	5980.00	5654.67
1	0.3125	0.125	5370.67	5786.00

Nota. ^a representan los valores de sólidos totales del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con 0.4 g de óxido de calcio (CaO).

La tabla 30, muestra el análisis estadístico de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad del contenido de sólidos totales para MC2, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y las interacciones, AA, AB y BB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de segundo orden, el cual contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden, y efectos cuadráticos.

Tabla 30

Análisis de varianza para sólidos totales – ST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO)

ANOVA para ST sin aplicación de CaO – Matriz 03	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: <i>Crotalaria P</i>	25610.7	1	25610.7	1.09	0.3434
	B: <i>Leucaena L</i>	3022.67	1	3022.67	0.13	0.7340
	AA	12954.3	1	12954.3	0.55	0.4903
	AB	119948	1	119948	5.13	0.0730
	BB	361023	1	361023	15.43	0.0111 ^a
	Error total	116998	5	23399.6		
	Total (corr.)	707452	10			
ANOVA para ST con aplicación de 0.4 g de CaO – Matriz 04	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: <i>Crotalaria P</i>	23312.7	1	23312.7	1.91	0.2257
	B: <i>Leucaena L</i>	2962.81	1	2962.81	0.24	0.6433
	AA	111217	1	111217	9.10	0.0295
	AB	802.589	1	802.589	0.07	0.8079
	BB	3308.54	1	3308.54	0.27	0.6250
	Error total	61094.7	5	12218.9		
	Total (corr.)	200452	10			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 30, se realiza el análisis ANOVA para las matrices experimentales 03 y 04, donde solo para la matriz experimental 03, se observa que hay una sola intersección (interacción BB) que tiene un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0 %; dando a interpretar que hay significancia de la interacción BB (interacción cuadrática del efecto principal de concentración de *Leucaena L.*), en relación con el contenido de sólidos totales – ST (respuesta deseada); lo que implica que el efecto de esta interacción es lo suficientemente grande para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

Las ecuaciones de los modelos ajustados que predicen el comportamiento del contenido de sólidos totales – ST, en MC2, para las matrices experimentales 03 y 04, están en

función a las concentraciones de polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, siendo las siguientes:

Para la matriz experimental 03

$$ST = 4323.42 + 2462.09 * Crotalaria P. + 8130.74 * Leucaena L. - 2034.03 \\ * (Crotalaria P.)^2 - 4925.65 * (Crotalaria P.* Leucaena L.) \\ - 10737.9 * (Leucaena L.)^2$$

Para la matriz experimental 04

$$ST = 5408.85 + 3266.56 * Crotalaria P. - 886.892 * Leucaena L. - 5959.86 \\ * (Crotalaria P.)^2 + 402.916 * (Crotalaria P.* Leucaena L.) \\ + 1027.94 * (Leucaena L.)^2$$

Los modelos ajustados que predicen los valores del contenido de sólidos totales – ST, en MC2, presentan un estadístico de «R – Cuadrada» de 83.46 % para la matriz experimental 03 y 69.52 % para la matriz experimental 04, indicando que los modelos así ajustados predecirán la variabilidad del contenido de sólidos totales – ST (ppm).

El diseño de superficie de respuesta empleado (factorial de 3 niveles: 3^2) permite optimizar la respuesta a evaluar, como el contenido de sólidos totales – ST (variable dependiente); a través de la refinación de los modelos anteriores, previo haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño de superficie de respuesta para las matrices experimentales 03 y 04, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en las variables como el contenido de sólidos totales (respuesta), se hallan los niveles de las variables independientes que optimizan el contenido de sólidos totales (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta; de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente

investigación en relación a lo establecido por el MINAM, se busca minimizar en lo posible el contenido de sólidos totales – ST de las muestras tratadas.

Por lo tanto, la optimización de la variable respuesta sólidos totales – ST, para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en la matriz experimental 03, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de sólidos totales en un valor de 5195.44 ppm, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, de 0.5 g para *Crotalaria P.* y 0.5 g para *Leucaena L.*

La optimización del contenido de sólidos totales – ST, para el agua residual de «concentración 2» proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en la matriz experimental 04, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de sólidos totales en un valor de 5437.9 ppm, donde los valores óptimos de los factores, son 0.5 g de *Crotalaria P.* y 0.3334 g de *Leucaena L.*

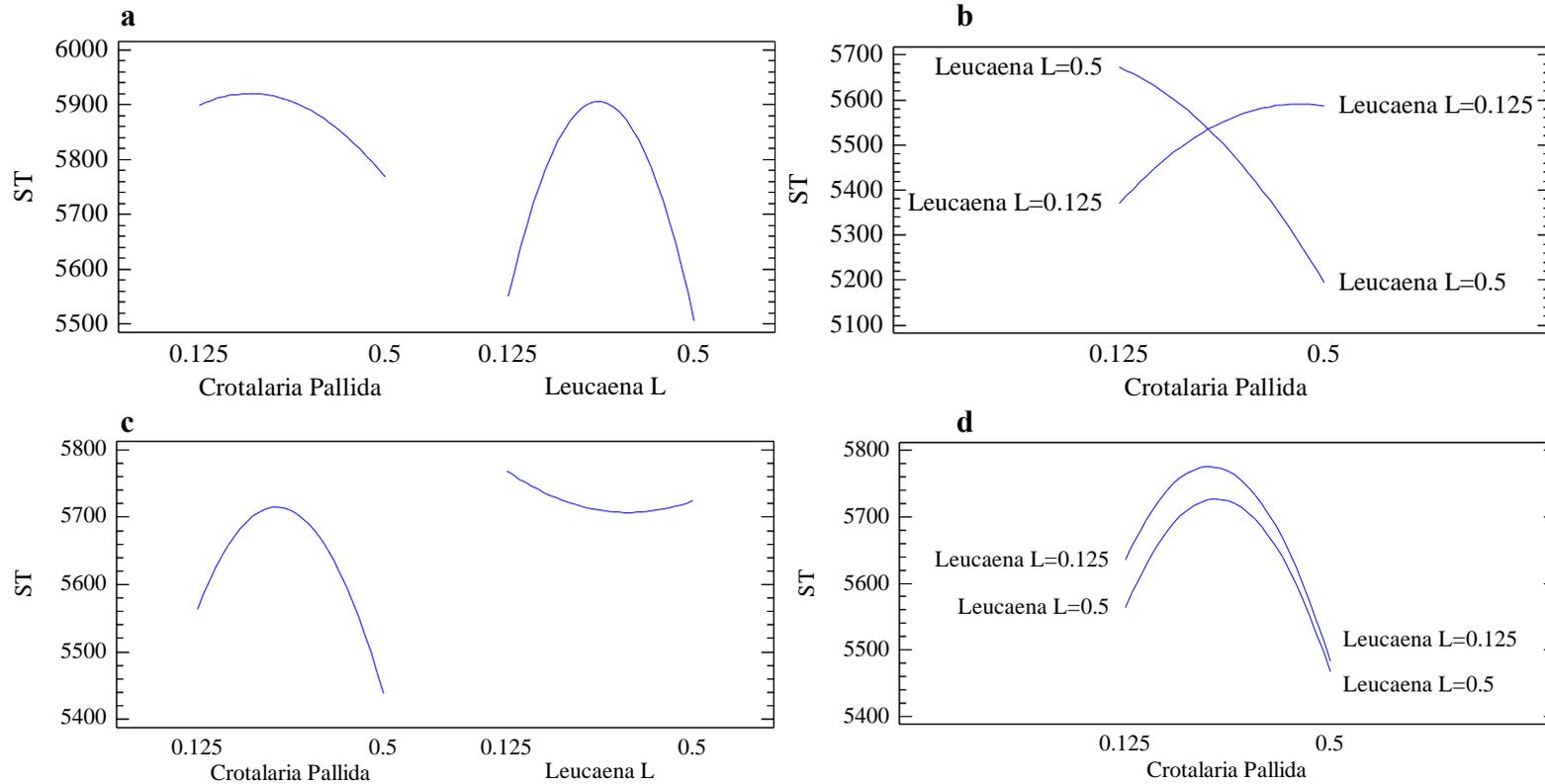


Figura 26

Gráficas de los efectos principales para ST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 03; (c) Tratamientos con la matriz experimental 04. Gráficas de interacción de los efectos principales para ST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 03; (d) Tratamientos con la matriz experimental 04.

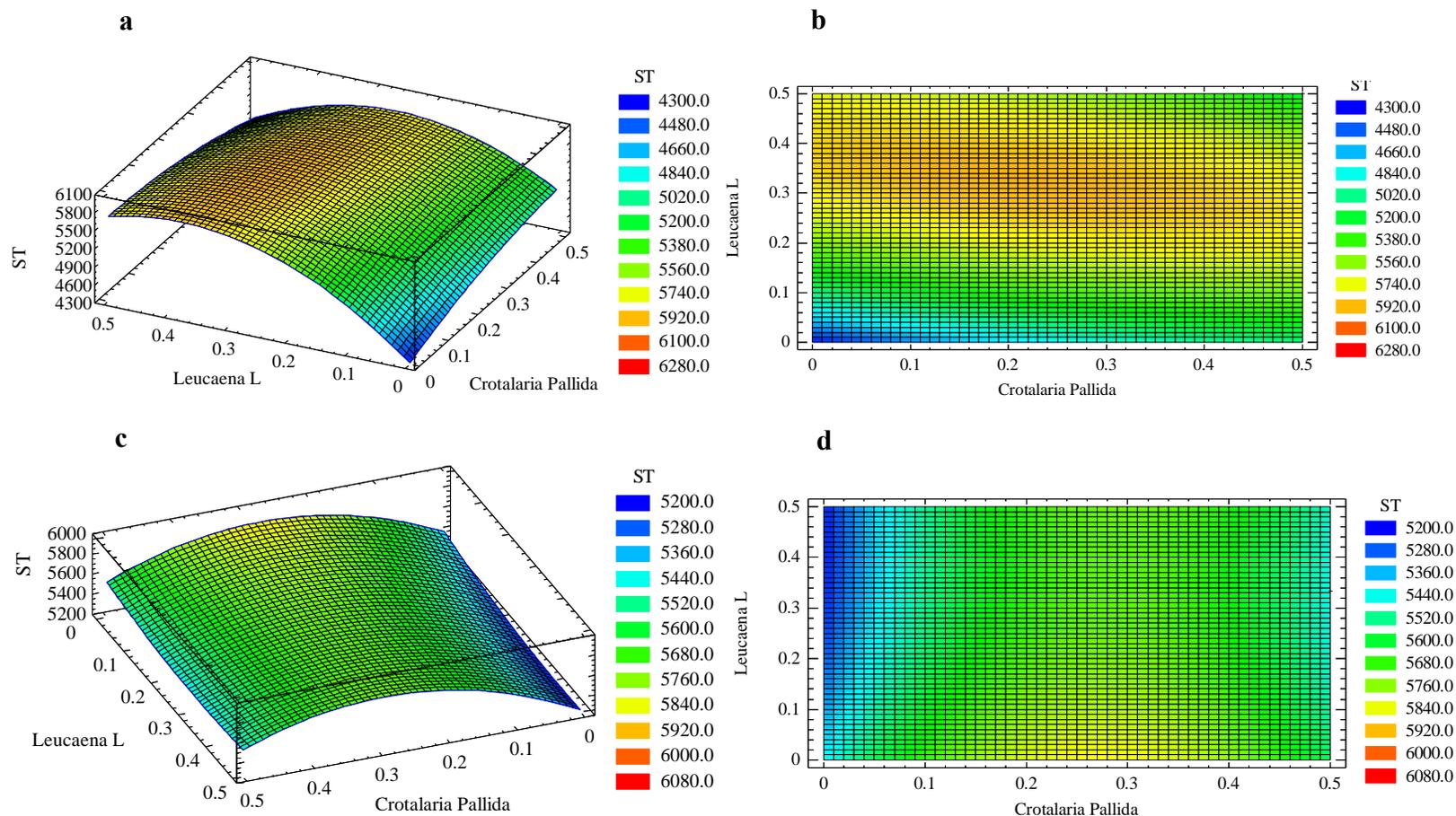


Figura 27

Graficas de las superficies de respuesta estimadas para ST (ppm) en agua de sanguaza y agua residual MC2, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Graficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).

Las figuras 26(a) y 26(c), representan los gráficos de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles (3^2); permitiendo visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, sólidos totales – ST (ppm).

Los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores A: Crotalaria P. y B: Leucaena L., con sus respectivos niveles de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales, mostrados en las figuras 26(a) y 26(c), para la evaluación del contenido de sólidos totales, tanto para la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO); el gráfico de efectos principales nos muestra de manera particular, que para la matriz experimental 03 sin adición de CaO, la turbidez disminuye desde 5900 ppm a 5780 ppm, al adicionar Crotalaria P. desde 0.125 g hasta 0.5 g; de manera contraria ocurre en la matriz experimental 04 con adición de 0.4 g de CaO, donde se observa que en una primera fase los sólidos totales aumentan desde 5560 ppm a 5720 ppm, al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g la Crotalaria P., luego en una segunda fase tiende a disminuir desde 5720 ppm a 5440 pm.

Así también, se observa la influencia de la adición del polvo de la Leucaena L., donde para la matriz experimental 03, el contenido de sólidos totales aumenta desde 5540 ppm hasta 5900 ppm, en una primera fase al agregar desde 0.125 g hasta 0.3125 g, en una segunda fase al aumentar la Leucaena L., desde 0.3125 g a 0.5 g, el contenido de sólidos totales disminuye desde 5900 ppm hasta 5500 ppm; para la matriz experimental 04 el contenido de sólidos totales en una primera fase disminuye desde 5765 ppm hasta 5700 ppm, al agregar Leucaena desde 0.125 g a 0.3125 g, luego tiende a aumentar ligeramente desde 5700 ppm a 5720 ppm, al incrementar Leucaena L. desde 0.3125 g hasta 0.5 g.

Los gráficos de las superficies de respuestas estimadas, de los efectos principales como las concentraciones de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta

(contenido de sólidos totales), en función de los niveles de los factores estudiados; como son, *Crotalaria P.* de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g y *Leucaena L.* de 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en las figuras 27(a) y 27(c); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta, mediante estos se identifica los niveles óptimos de los factores.

Los gráficos se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y); cada gráfico muestra una curva o una superficie que representa cómo la respuesta cambia a medida que se varían los niveles del factor correspondiente. El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta sólidos totales – ST (ppm), se busca cumplir con el objetivo de «minimizar».

Para minimizar el contenido de sólidos totales – ST (ppm) hasta 5195.44 ppm, en la matriz experimental 03, los parámetros óptimos de los factores principales como *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, son 0.5 g de *Crotalaria P.* y 0.5 g de *Leucaena L.*; encontrándose estos en las regiones de color celeste claro y verde claro de zona convexa con inclinación, entre los valores de 4840 ppm y 5020 ppm; y para minimizar el contenido de sólidos totales – ST (ppm) hasta 5437.9 ppm en la matriz experimental 04, los parámetros óptimos de los factores principales son *Crotalaria P.* 0.5 g y *Leucaena L.* 0.3334 g, estos se encuentran ubicados en las regiones de color celeste y celeste claro de forma convexa con inclinación, entre los valores de 5360 ppm y 5440 ppm.

4.5.3. Análisis de sólidos totales (ppm) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.)

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 05 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.), en los valores de sólidos totales – ST (ppm) del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en el tabla 31; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.6 de pH inicial, 997.88 kg/m³ de densidad, 92926 ppm de sólidos totales, 90739.33 ppm de solidos suspendidos totales 13.6231 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 3» rotuladas con el código muestral MC3.

Tabla 31

Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratada con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.

Tratamientos	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	ST (ppm)
T0	0	0	92926 ^a
T1	0.125	0	7742.67
T2	0.5	0	7868.00
T3	0	0.125	6404.67
T4	0	0.5	6717.33

Nota. ^a representan los valores de ST del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), solo con tratamiento enzimático (0.1%).

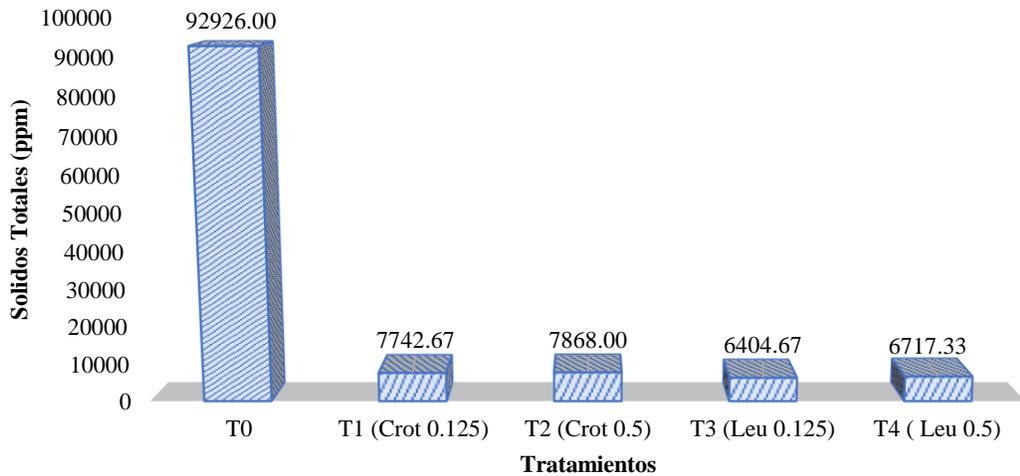


Figura 28

Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima y concentraciones individuales de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

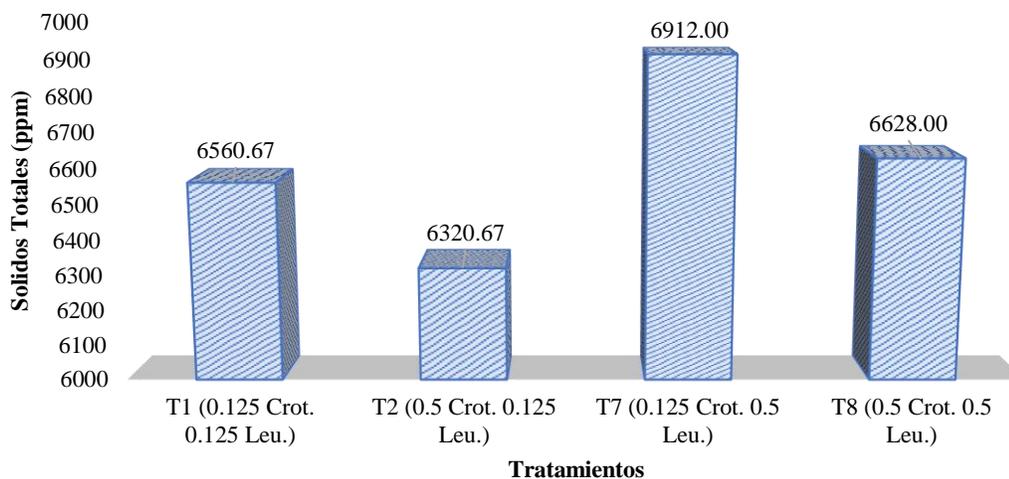
La tabla 31 y la figura 28, muestran los valores del contenido de sólidos totales – ST (ppm) tratados individualmente (en dos niveles) con las adiciones de 0.125 g y 0.5 g de *Crotalaria P.* y con las adiciones de 0.125 g y 0.5 g de *Leucaena L.*; mostrando que para ambas concentraciones de *Crotalaria P.* el contenido de sólidos totales es mayor en comparación de las dos concentraciones de *Leucaena L.* La diferencia es de 1338 ppm entre la adición de 0.125 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.* y una diferencia de 1150.67 ppm entre la adición de 0.5 g de *Crotalaria P.* y 0.5 g de *Leucaena L.*

Para determinar si existe diferencia estadística significativa, se evalúa la matriz experimental 05, aplicando un diseño multifactorial, el cual está conformado por dos factores; *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* con dos niveles de 0.125 g y 0.5 g cada factor, evaluados en 02 bloques (tabla 32).

Tabla 32

Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.)

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	ST (ppm)
1	0.5	0.5	6561.33
1	0.5	0.125	6320.00
1	0.125	0.5	6912.67
1	0.125	0.125	6628.67
2	0.5	0.5	6560.67
2	0.5	0.125	6320.67
2	0.125	0.5	6912.00
2	0.125	0.125	6628.00

**Figura 29**

Valores de sólidos totales – ST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.)

De la figura 29, se observa que la menor concentración de sólidos totales se da con el tratamiento 02 (T2), el cual consta de la adición de 0.5 g de Crotalaria P. y 0.125 de Leucaena L. en contraste con la mayor concentración de sólidos totales que se da con el tratamiento 07 (T7), el cual consta de 0.125 g de Crotalaria P. y 0.5 de Leucaena L.

Tabla 33

Análisis de varianza para sólidos totales – ST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Crotalaria P	137637	1	137637	616249.12	0.0000 ^a
B: Leucaena L	217361	1	217361	973205.12	0.0000 ^a
AB	938.961	1	938.961	4204.07	0.0000 ^a
Bloques	0.221112	1	0.221112	0.99	0.3931
Error total	0.670038	3	0.223346		
Total (corr.)	355938	7			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 33, se observa que en la matriz experimental 05, solo los efectos principales, A: Crotalaria P., B: Leucaena L. y la interacción de variables AB, tienen una «valor – P menor que 0.05», lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %.; dando a interpretar que existe significancia de los efectos principales A: Crotalaria P., B: Leucaena L. y la interacción entre las variables AB en relación con la respuesta deseada de sólidos totales; lo que implica que los efectos de los factores y las interacciones son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

La ecuación del modelo ajustado que predice el comportamiento de sólidos totales en MC3, está en función a las concentraciones de polvo de las semillas de Crotalaria P. y Leucaena L., siendo la siguiente:

Matriz experimental 05

$$ST = 6519.29 - 603.253 * Crotalaria P. + 975.413 * Leucaena L. - 308.16 \\ * Crotalaria P.* Leucaena L.$$

Este modelo ajustado que predice los valores de sólidos totales en MC3, presenta un estadístico «R – Cuadrada» de 99.99 %, indicando que este modelo ajustado predecirá la variabilidad de ST.

El diseño estadístico empleado, es una factorial multinivel, de dos factores (Crotalaria P. y Leucaena L.) con dos niveles (0.125 g y 0.5 g) para cada factor, que permite optimizar la respuesta a evaluar como el contenido de sólidos totales (variable dependiente); a través de la refinación del modelo anterior, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño factorial multinivel, con la ecuación que modela la influencia de los cambios en la variable de respuesta sólidos totales y los valores establecidos por el MINAM, se hallan los niveles de las variables que optimizan el contenido de sólidos totales (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta.

Por lo tanto, la optimización de la variable de respuesta sólidos totales para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 3» provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, en la matriz experimental 05, se optimizará en función a la meta minimizar el contenido de sólidos totales, en un valor de 6320.33 ppm; por lo que este valor óptimo es obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.5 g y Leucaena L. de 0.125 g.

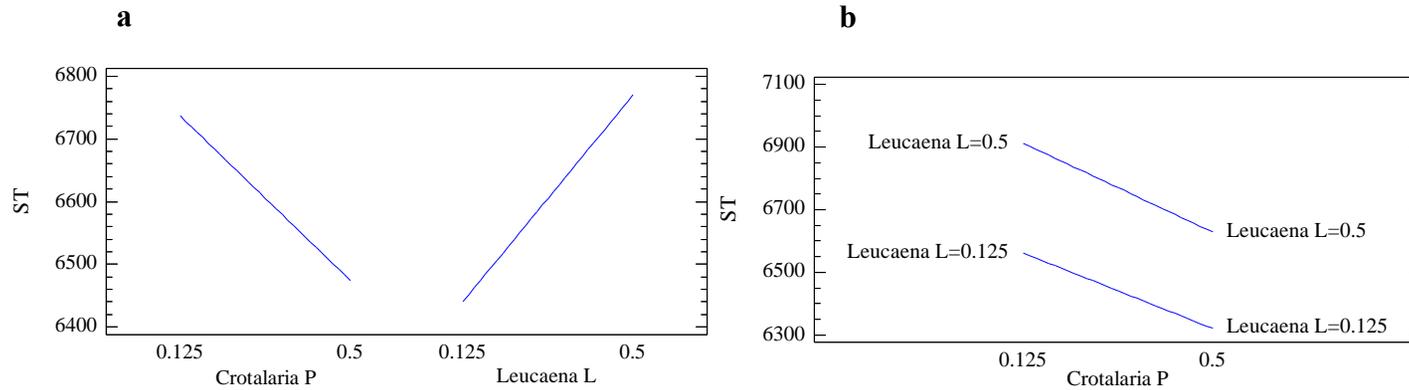


Figura 30

(a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para sólidos totales (ppm), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (92926 ppm de sólidos totales iniciales) con la matriz experimental 05.

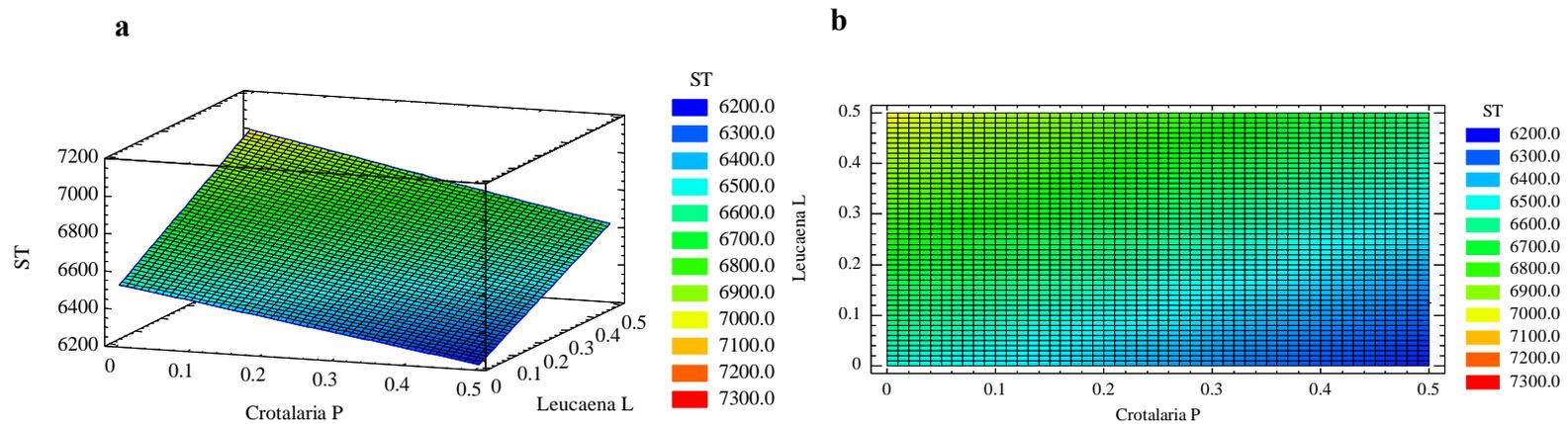


Figura 31

(a) Gráfica de superficie de respuesta y (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimadas para sólidos totales (ppm), de Crotalaria P. y Leucaena L., aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (92926 ppm de sólidos totales iniciales) con la matriz experimental 05.

La figura 30(a), representa el gráfico de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles; que permite visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, sólidos totales (ppm). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles, siendo estos, A: Crotalaria P. y B: Leucaena L.; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales de la figura 30(a) para la evaluación del contenido de sólidos totales, en la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.), el gráfico de efectos principales nos muestra de manera particular, que al aumentar la concentración de Crotalaria P. desde 0.125 g hasta 5 g, disminuye el contenido de sólidos totales desde 6740 ppm a 6480 ppm, caso contrario se da con la adición de Leucaena L., la cual al incrementar su concentración desde 0.125 g a 0.5 g el valor de la turbidez disminuye desde 6440 ppm a 6765 ppm.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas, de los efectos principales como la concentración de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta, en este caso el contenido de sólidos totales, en función de los niveles de los factores estudiados; como son; Crotalaria P. 0.125 g y 0.5 g., Leucaena L. 0.125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en las figuras 31(a) y 31(b); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta, así poder identificar los niveles óptimos de los factores. Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y).

El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta sólidos totales, se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» el contenido de sólidos totales, en valores que guarden relación con lo establecido en la R.M. N° 178 – 2014 – MINAM, p.17; así también lo establecido en el D.S. N° 010 – 2018 – MINAM,

en los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.

Los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, para minimizar el contenido de sólidos totales; donde la optimización determina que el contenido de sólidos totales mínimo óptimo es 6320.33 ppm, obtenido con los parámetros óptimos de 0.5 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color azul y celeste con zona plana inclinada en el extremo entre los valores de 6300 ppm y 6400 ppm.

Considerando un análisis general con respecto a la variable de respuesta «sólidos totales», se discute lo siguiente:

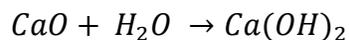
Analizando las matrices experimentales 01 y 02 (tabla 27), las matrices experimentales 03 y 04 (tabla 29) y la matriz experimental 05 (tabla 32); se demuestra que, para las muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» (MC1), de características iniciales: 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de ST y 0.34% de grasa, a las cuales se aplicó tratamientos con y sin CaO, cuyos resultados son: un mínimo de 3184.67 ppm y un máximo de 3502.67 ppm en ST para la matriz experimental 01 la cual tiene solo tratamiento enzimático, sin adición de CaO; logrando reducir desde 86 ppm a 404 ppm en ST, con respecto al contenido de ST iniciales; en la matriz experimental 02 la cual contiene la mismas características iniciales de la «concentración 1» (MC1), tratada con enzima y adición de CaO, los resultados son: un mínimo de 3411.33 ppm y un máximo de 4138.67 ppm en ST; en este caso particular, se presenta una reducción de 177.34 ppm y un incremento del contenido de ST de 550 ppm, con respecto a la contenido de ST iniciales.

Para las muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» (MC2), de características iniciales: 965.29 kg/m³ de densidad, 8414.67 ppm de ST y 0.65 % de grasa, a las cuales se aplicó tratamientos con y sin CaO, cuyos resultados son: un mínimo de 5262 ppm y un máximo de 5980 ppm de ST para la matriz experimental 03 la cual

tiene solo tratamiento enzimático, sin adición de CaO; logrando reducir entre 2434.67 ppm y 3152.67 ppm de ST, con respecto al contenido de ST iniciales; así también para la matriz experimental 04, la cual contiene las mismas características iniciales de la «concentración 2» (MC2), tratada con enzima y adición de CaO, los resultados son: un mínimo de 5373.33 ppm y un máximo de 5873.33 ppm de ST; logrando reducir desde 2541.34 a 3041.34 ppm de ST, con respecto al contenido de ST iniciales.

Para una muestra de agua residual de «concentración 3» (MC3), de características iniciales: 997.88 kg/m³ de densidad, 92926 ppm de ST y 13.62 % de grasa, a la cual se aplicó solo tratamiento enzimático en la matriz experimental 05 sin adición de CaO, los resultados son: un mínimo de 6320 ppm y un máximo de 6912.67 ppm en ST; logrando reducir desde 86013.33 ppm a 86606 ppm de ST, con respecto al contenido de ST iniciales.

El caso particular dado en la matriz experimental 02, de «concentración 1» (MC1), con tratamiento de CaO; en el cual hay un incremento de 550 ppm en ST, se da porque para la «concentración 1», hay más contenido de agua y poca cantidad de grasa (0.34 %) y sólidos inorgánicos; por lo que al aplicar el tratamiento directo con gramos de óxido de calcio (CaO) al 0.8 %, estos no se diluyen por completo, ya que el CaO presenta impurezas como el Óxido de Silicio (SiO₂), llamado comúnmente Sílice, donde este parte del CaO no se disuelve, y no se da la reacción exotérmica esperada en la cual se obtiene Hidróxido de Calcio Ca(OH)₂, la masa que queda impregnada es lo que no reacciona con el agua, que es el Óxido de Sílice (SiO₂), la arena en otras palabras nunca va a reaccionar.



Consideran el escenario de la reacción del CaO en un medio donde mayormente hay agua; como en el caso de la «concentración 1»; se lleva a cabo un proceso de neutralización y recepción de ciertos compuestos presentes en el agua; en la reacción que ocurre se forma hidróxido de calcio. El hidróxido de calcio es una base fuerte y, al

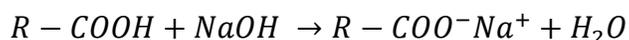
agregarse al agua residual, aumenta el pH de la solución; donde el aumento de pH presenta efectos beneficiosos en el tratamiento de aguas residuales, tales como: precipitación de metales, reducción de olores, eliminación de fosfatos y neutralización de ácidos.

Así también; es de mucha importancia tener en cuenta la pureza del CaO, al emplearlo como tratamiento de agua residuales; ya que la pureza del óxido de calcio (CaO) depende del proceso y condiciones de producción. Una posible impureza podría ser el óxido de silicio (SiO₂), especialmente si el proceso de obtención involucra materiales que contienen sílice, como ciertos tipos de piedra caliza.

Realizado el análisis en un escenario donde haya mayor contenido de agua, es imprescindible añadir al análisis la, presencia del contenido de grasa y contenido de masa de las semillas, estas según su características físicas y químicas son solubles en agua y atrapan las grasas, por lo que según la reacción dada por el tratamiento orgánico, las grasas más la masa de las semillas quedan suspendidas en la parte superior y lo reaccionado con el CaO más los residuos de SiO₂ descienden al fondo de los vasos precipitados; por lo que al aplicar el método de determinación de ST; el agua se evapora quedando el incremento de las masas impregnadas.

Con respecto a la «concentración 2», la cual cuenta con 0.65 % de contenido de grasa, siendo más del doble del contenido de grasa de la «concentración 1» con 0.34 %; se observa que al agregarse el óxido de calcio (CaO) al agua residual se puede llevar a cabo un proceso de neutralización y saponificación.

Donde la saponificación es la reacción química en la cual las grasas y aceites contenidos en el agua residual, reaccionan con el hidróxido de calcio (base) formando jabones y glicerol. La ecuación química simplificada para la saponificación de una grasa es:



Donde:

R – COOH: Ácido graso

NaOH: Alkali

R – COO⁻Na⁺: Jabón

En esta reacción, el jabón es soluble en agua y puede ayudar a emulsionar las grasas, facilitando su separación y eliminación del agua residual.

4.6. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 01, 02, 03, 04 Y 05 EN EL CONTENIDO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO

4.6.1. Análisis de sólidos suspendidos totales - SST (ppm) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 01 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 02 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 01 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (0.1 % de enzima, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L., y adición de 0.8 % de CaO), en los valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) del agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 34; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.72 de pH inicial, 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de sólidos totales, 220 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.3429 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 1» rotuladas con el código muestral MC1.

Tabla 34

Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* y 0.8 % de CaO).

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	SST (ppm)	SST (ppm) ^a
1	0.5	0.5	1339.33	1168.67
1	0.3125	0.3125	1710.00	962.67
1	0.125	0.3125	1223.33	1160.67
1	0.5	0.125	490.00	1220.00
1	0.3125	0.3125	1710.67	962.00
1	0.125	0.5	1378.67	684.00
1	0.125	0.125	1748.67	934.00
1	0.5	0.3125	1178.00	913.33
1	0.3125	0.5	1847.33	1160.00
1	0.3125	0.3125	1710.67	962.00
1	0.3125	0.125	1256.00	499.33

Nota. ^a representan los valores de sólidos suspendidos totales del agua de sanguaza y agua residual proveniente de conserva de pescado, de «concentración 1», tratadas con 0.4 g de óxido de calcio (CaO).

Los resultados obtenidos después de someterse al tratamiento en las matrices experimentales 01 y 02 respectivamente y reportados en la tabla 34, son sometidos al análisis estadístico, mostrado en la tabla 35, la cual reporta el análisis estadístico de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad del contenido de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en MC1, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y las interacciones, AA, AB y BB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de segundo orden, el cual contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden, y efectos cuadráticos.

Tabla 35

Análisis de varianza para sólidos suspendidos totales – SST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO)

ANOVA para SST sin aplicación de CaO – Matriz 01	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: Crotalaria P	300760	1	300760	8.03	0.0365 ^a
	B: Leucaena L	191052	1	191052	5.10	0.0735
	AA	417477	1	417477	11.15	0.0206 ^a
	AB	371691	1	371691	9.92	0.0254 ^a
	BB	7648.82	1	7648.82	0.20	0.6703
	Error total	187279	5	37455.9		
	Total (corr.)	1.5409x10 ⁶	10			
ANOVA para SST con aplicación de 0.4 g de CaO – Matriz 02	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: Crotalaria P	45645.7	1	45645.7	0.64	0.4613
	B: Leucaena L	21520.9	1	21520.9	0.30	0.6075
	AA	40186.1	1	40186.1	0.56	0.4880
	AB	9867.44	1	9867.44	0.14	0.7260
	BB	16780.3	1	16780.3	0.23	0.6491
	Error total	358818	5	71763.6		
	Total (corr.)	482270	10			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

La tabla 35 muestra el análisis ANOVA para las matrices 01 y 02, donde se observa que solo en la matriz 01, hay un efecto principal (A: Crotalaria P.) y dos interacciones (AA y AB) que tiene un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %.; dando a interpretar que hay significancia del efecto principal; A: Crotalaria Pallida y las interacciones AA y AB, estos en relación con la respuesta deseada, que son los sólidos suspendidos totales – SST (ppm); lo que implica que los efectos de estos tres factores son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

Las ecuaciones del modelo ajustado para predecir el comportamiento de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en MC1, en función a las concentraciones de polvo de las semillas de Crotalaria P. y Leucaena L., son:

Para la matriz experimental 01

$$\begin{aligned} SST = & 1311.15 + 3313.15 * Crotalaria P. - 781.073 * Leucaena L. - 11547 \\ & * (Crotalaria P.)^2 + 8670.79 * (Crotalaria P.* Leucaena L.) \\ & - 1562.96 * (Leucaena L.)^2 \end{aligned}$$

Para la matriz experimental 02

$$\begin{aligned} SST = & 958.315 - 2215.39 * Crotalaria P. + 1324.8 * Leucaena L. + 3582.53 \\ & * (Crotalaria P.)^2 + 1412.76 * (Crotalaria P.* Leucaena L. - 2315.0 \\ & * (Leucaena L.)^2 \end{aligned}$$

Los modelos ajustados que predicen los valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en MC1, presentan un estadístico «R – Cuadrada» de 87.85 % para la matriz experimental 01 y 25.60 % para la matriz experimental 02, indicando que los modelos así ajustados predecirán la variabilidad de sólidos suspendidos totales – STT (ppm).

El diseño de superficie de respuesta empleado (factorial de 3 niveles: 3^2) permite optimizar la respuesta a evaluar, como es el contenido de sólidos suspendidos totales – SST (variable dependiente); a través de la refinación de los modelos anteriores, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño de superficie de respuesta, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en la variable de sólidos suspendidos totales – SST (respuesta), se hallan los niveles de las variables que optimizan el contenido de sólidos suspendidos totales (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta; de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM (2014), que los LMPs para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD), mediante R.M. N° 178 – 2014 – MINAM, es de 40 mg/L dentro de la zona de protección ambiental litoral y 350 mg/L fuera de la zona de protección ambiental

litoral; así también, según el MINAM (2018), establece que los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, mediante D.S. N° 010 – 2018 – MINAM, es de 700 mg/L; por lo tanto, se busca minimizar en lo posible el contenido de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras tratadas.

Por lo tanto, la optimización de la variable de respuesta, de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) para el agua de sanguaza y agua residual, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» en la matriz experimental 01, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de los sólidos suspendidos totales (ppm) en un valor de 500.852 ppm, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, *Crotalaria P.* de 0.5 g y *Leucaena L.* de 0.125 g.

La optimización del contenido de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» en la matriz experimental 02, proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de sólidos suspendidos totales a 797.679 ppm, donde los valores óptimos de los factores, son 0.2845 g de *Crotalaria P.* y 0.125g de *Leucaena L.*

Por lo tanto, si bien la normativa vigente del MINAM (2018) mediante D.S. N° 010 – 2018 – MINAM, establece que los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, es de 700 ppm, se observa que para un contenido inicial de 220 ppm en muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1», incrementa a 500.852 ppm para una «concentración 1» (matriz experimental 01) aplicando un tratamiento enzimático de 0.1 % y una combinación óptima de polvos de semillas *Crotalaria P.* de 0.5 g y *Leucaena L.* de 0.125 g, y así también, incrementa en 797.679 ppm para una «concentración 1» (matriz experimental 02) aplicando un tratamiento enzimático de 0.1 % junto a una combinación óptima de polvos de semillas *Crotalaria P.* de 0.2845 g y *Leucaena L.* de 0.125 g más 0.8

% de CaO; esto es debido a que tanto las enzimas lipolíticas, el polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* reaccionan con las grasas, por lo que la «concentración 1», cuenta con un contenido bajo de grasa en 0.3429 %, por lo que al aplicar el método de cuantificación de sólidos suspendidos totales, estos cuantifican los sólidos suspendidos de los polvos de las semillas y del CaO aplicado.

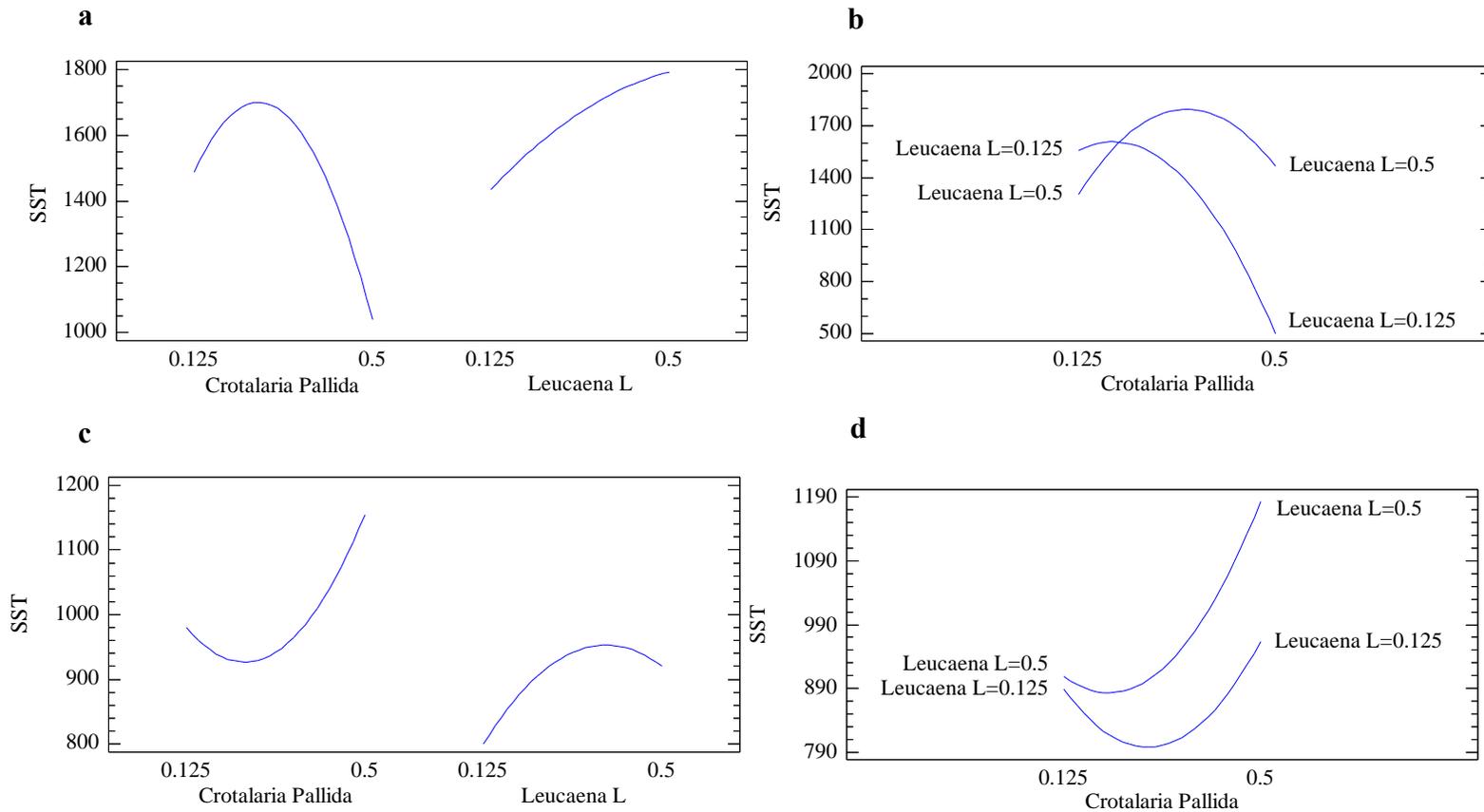


Figura 32

Gráficas de los efectos principales para SST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 01; (c) Tratamientos con la matriz experimental 02. Gráficas de interacción de los efectos principales para SST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC1 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 01; (d) Tratamientos con la matriz experimental 02.

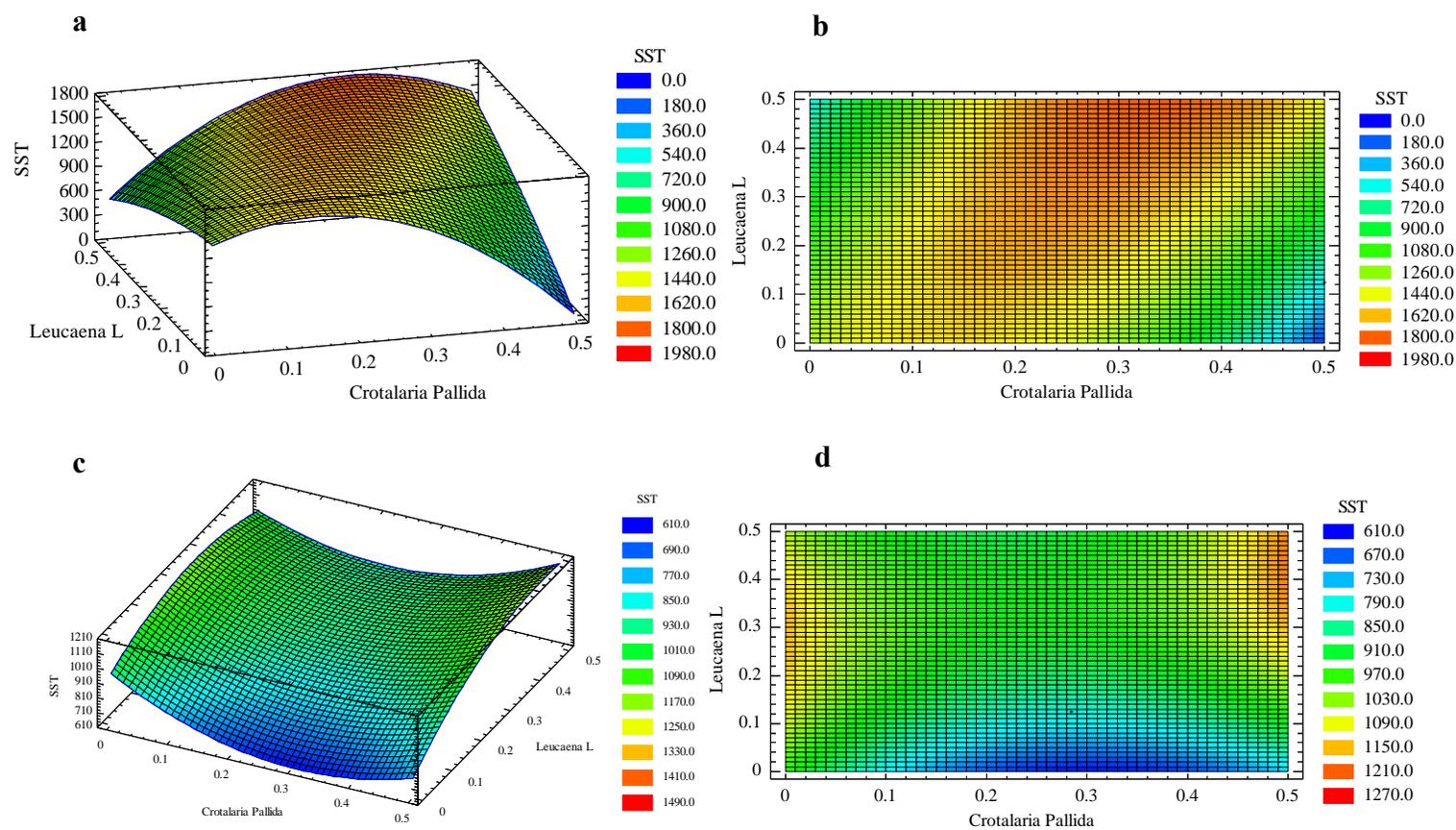


Figura 33

Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para SST (ppm) en agua de sanguaza y agua residual MC1, (a) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamientos con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).

Las figuras 32(a) y 32(c), representan los gráficos de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles (3^2); permitiendo visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, sólidos suspendidos totales – SST (ppm). Los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos, A: Crotalaria P. y B: Leucaena L.; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales mediante las figuras 32(a) y 32(c) para la evaluación de sólidos suspendidos totales – SST, tanto para la matriz experimental 01 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y matriz experimental 02 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).

Las gráficas mostradas en las figuras 32(a) y 32(c) de los efectos principales nos muestra de manera particular, que para la matriz experimental 01, sin adición de CaO, los sólidos suspendidos totales en una primera fase aumentan desde 1450 ppm a 1700 ppm, al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g de Crotalaria P., luego en una segunda fase el contenido de sólidos suspendidos totales tiende a disminuir desde 1700 ppm hasta 1050 ppm, al adicionar desde 0.3125 g hasta 0.5 g de Crotalaria P.; caso contrario ocurre en la matriz experimentales 02 con adición de 0.4 g de CaO, donde se observa que el contenido de sólidos suspendidos totales, disminuye desde 980 ppm a 920 ppm al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g (punto central) la Crotalaria P. y luego aumenta desde 920 ppm a 1145 ppm al adicionar desde 0.3125 g hasta 0.5 g (punto central) la Crotalaria P.

Así también, se observa la influencia de la adición del polvo de Leucaena L., donde para la matriz experimental 01, el contenido de sólidos suspendidos totales, se incrementa desde 1450 ppm a 1800 ppm, al aumentar la Leucaena L., desde 0.125 g a 0.5 g, y para la matriz experimental 02, en una primera etapa el contenido de sólidos suspendidos totales aumenta desde 800 ppm a 960 ppm, al incrementar Leucaena L. desde 0.125 g hasta 0.3125 g (punto central), luego en una segunda etapa el contenido de sólidos suspendidos totales tiene una disminución ligera desde 960 ppm hasta 920 ppm.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas mostrados en las figuras 33(a) y 33(c), de los efectos principales como la concentración de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, en el diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso es el contenido de sólidos suspendidos totales, en función de los niveles de los factores estudiados; como son, *Crotalaria P.* 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. y *Leucaena L.* 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en las figuras 33(a) y 33(c); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de los efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y); cada gráfico muestra una curva o una superficie que representa cómo la respuesta cambia a medida que se varían los niveles de los factores correspondientes. El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta sólidos suspendidos totales – SST (ppm), se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» los sólidos suspendidos totales.

Los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* para minimizar el contenido de sólidos suspendidos totales hasta 500.852 ppm en la matriz experimental 01; son 0.5 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; encontrándose estos en las regiones de color azul claro y celeste en zona convexa, entre los valores de 360 ppm y 540 ppm; también se busca minimizar el contenido de sólidos totales hasta 797.679 ppm en la matriz experimental 02, mediante los parámetros óptimos de 0.2845 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color azul claro y celeste, de la zona cóncava, entre los valores 770 ppm y 830 ppm.

4.6.2. Análisis de sólidos suspendidos totales - SST (ppm) en muestras de agua sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 03 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y en la matriz experimental 04 (Tratamiento enzimático, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L. y adición de CaO).

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 03 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (0.1 % de enzima, adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L., y adición de 0.8 % de CaO), en el contenido de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) del agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 36; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.49 de pH inicial, 965.29 kg/m³ de densidad, 8414.67 ppm de sólidos totales, 4314 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.6496 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 2» rotuladas con el código muestral MC2.

Tabla 36

Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	SST (ppm)	SST (ppm) ^a
1	0.5	0.5	1830.67	1397.33
1	0.3125	0.3125	1562.00	1415.33
1	0.125	0.3125	1706.67	1435.33
1	0.5	0.125	1609.33	1480.00
1	0.3125	0.3125	1562.67	1416.00
1	0.125	0.5	1489.33	1556.67
1	0.125	0.125	1664.00	1591.33
1	0.5	0.3125	1452.67	1659.33
1	0.3125	0.5	1425.33	1578.00
1	0.3125	0.3125	1562.00	1415.33
1	0.3125	0.125	1454.67	1453.33

Nota. ^a representan los valores de sólidos suspendidos totales del agua de sanguaza y agua residual proveniente del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con 0.4 g de óxido de calcio (CaO).

La tabla 37, muestra el análisis estadístico de varianza (ANOVA) para las matrices experimentales 03 y 04, donde se evalúa la variabilidad del contenido de sólidos suspendidos totales para MC2, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: Crotalaria P., B: Leucaena L. y las interacciones, AA, AB y BB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de segundo orden, el cual contiene términos que representan efectos principales, interacciones de segundo orden, y efectos cuadráticos.

Tabla 37

Análisis de varianza para sólidos suspendidos totales – SST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.y 0.8 % de CaO)

ANOVA para SST sin aplicación de CaO – Matriz 03	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: Crotalaria P	177.888	1	177.888	0.01	0.9184
	B: Leucaena L	50.0548	1	50.0548	0.00	0.9566
	AA	35222.1	1	35222.1	2.30	0.1898
	AB	39206.0	1	39206.0	2.56	0.1705
	BB	1199.21	1	1199.21	0.08	0.7908
	Error total	76563.3	5	15312.7		
	Total (corr.)	151475	10			
ANOVA para SST con aplicación de 0.4 g de CaO – Matriz 04	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	A: Crotalaria P	363.015	1	363.015	0.03	0.8755
	B: Leucaena L	8.97927	1	8.97927	0.00	0.9803
	AA	8378.36	1	8378.36	0.63	0.4644
	AB	576.24	1	576.24	0.04	0.8437
	BB	1692.0	1	1692.0	0.13	0.7365
	Error total	66820.6	5	13364.1		
	Total (corr.)	80772.0	10			

Nota. FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 37, se realiza el análisis ANOVA para las matrices experimentales 03 y 04, donde observa que ningún efecto principal e interacción tienen un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %; dando a interpretar que no hay significancia de los efectos principales e interacciones, en relación con el contenido de sólidos suspendidos totales – SST (respuesta deseada); lo que implica que el efecto de esta interacción no es lo suficientemente grande para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

Las ecuaciones de los modelos ajustados que predicen el comportamiento del contenido de sólidos suspendidos totales – SST, en MC2, para las matrices experimentales 03 y 04,

están en función a las concentraciones de polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, siendo las siguientes:

Para la matriz experimental 03

$$SST = 2050.25 - 2947.21 * Crotalaria P. - 477.825 * Leucaena L. + 3353.97 \\ * (Crotalaria P.)^2 + 2816.07 * (Crotalaria P.* Leucaena L.) \\ - 618.869 * (Leucaena L.)^2$$

Para la matriz experimental 04

$$SST = 1654.38 - 957.172 * Crotalaria P. - 346.23 * Leucaena L. + 1635.8 \\ * (Crotalaria P.)^2 - 341.404 * (Crotalaria P.* Leucaena L.) \\ + 735.109 * (Leucaena L.)^2$$

Los modelos ajustados que predicen los valores del contenido de sólidos suspendidos totales – SST, en MC2, para las matrices experimentales 03 y 04, presentan un estadístico «R – Cuadrada» de 49.46 % para la matriz experimental 03 y 17.27 % para la matriz experimental 04, indicando que los modelos así ajustados predecirán la variabilidad del contenido de sólidos suspendidos totales – SST (ppm).

El diseño de superficie de respuesta empleado (factorial de 3 niveles: 3^2) permite optimizar la respuesta a evaluar, como el contenido de sólidos suspendidos totales – SST (variable dependiente); a través de la refinación de los modelos anteriores, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño de superficie de respuesta a las matrices experimentales 03 y 04, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en la variable contenido de sólidos suspendidos totales (respuesta), se hallan los niveles de las variables que optimizan el contenido de sólidos suspendidos totales (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un

valor deseado la respuesta; de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM (2014), que los LMPs para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD), mediante R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, es de 40 mg/L dentro de la zona de protección ambiental litoral y 350 mg/L fuera de la zona de protección ambiental litoral; así también, según el MINAM (2018), establece que los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, mediante D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, es de 700 mg/L; por lo tanto, se busca minimizar en lo posible el contenido de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras tratadas.

Por lo tanto, la optimización de la variable respuesta que es el contenido de sólidos suspendidos totales – SST, en el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2», proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas en la matriz experimental 03, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de sólidos suspendidos totales en un valor de 1478.83 ppm, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.3870 g y Leucaena L. de 0.125 g.

La optimización del contenido de sólidos suspendidos totales – SST, para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2», proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas en la matriz experimental 04 se optimizará en función a la meta de «minimizar», el contenido de sólidos suspendidos totales en un valor de 1445 ppm, donde los valores óptimos de los factores, son 0.3250 g de Crotalaria P. y 0.3110 g de Leucaena L.

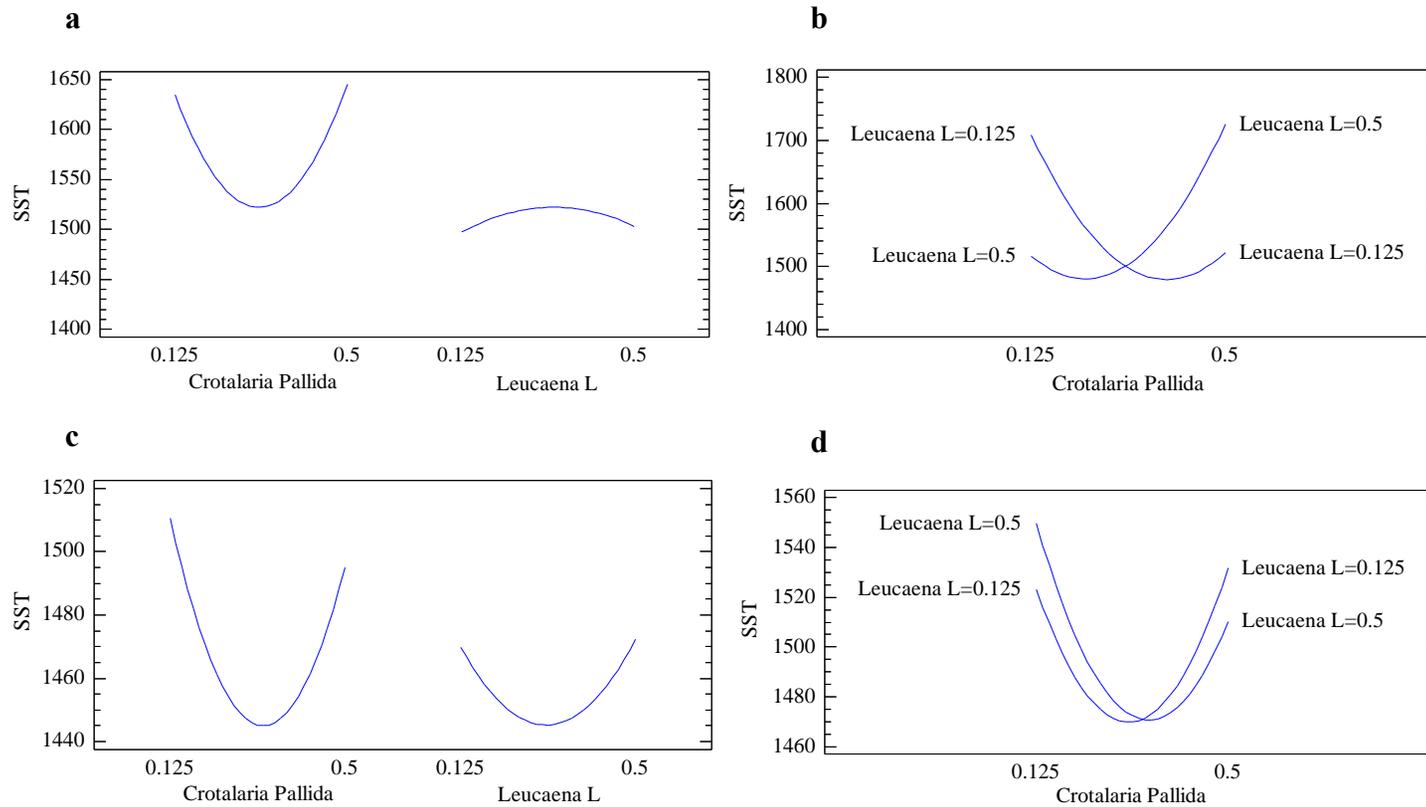


Figura 34

Gráficas de los efectos principales para SST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (a) Tratamientos con la matriz experimental 03.; (c) Tratamiento con la matriz experimental 04. Gráficas de interacción de los efectos principales para SST (ppm) evaluados en agua de sanguaza y agua residual MC2 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, (b) Tratamientos con la matriz experimental 03; (d) Tratamientos con la matriz experimental 04.

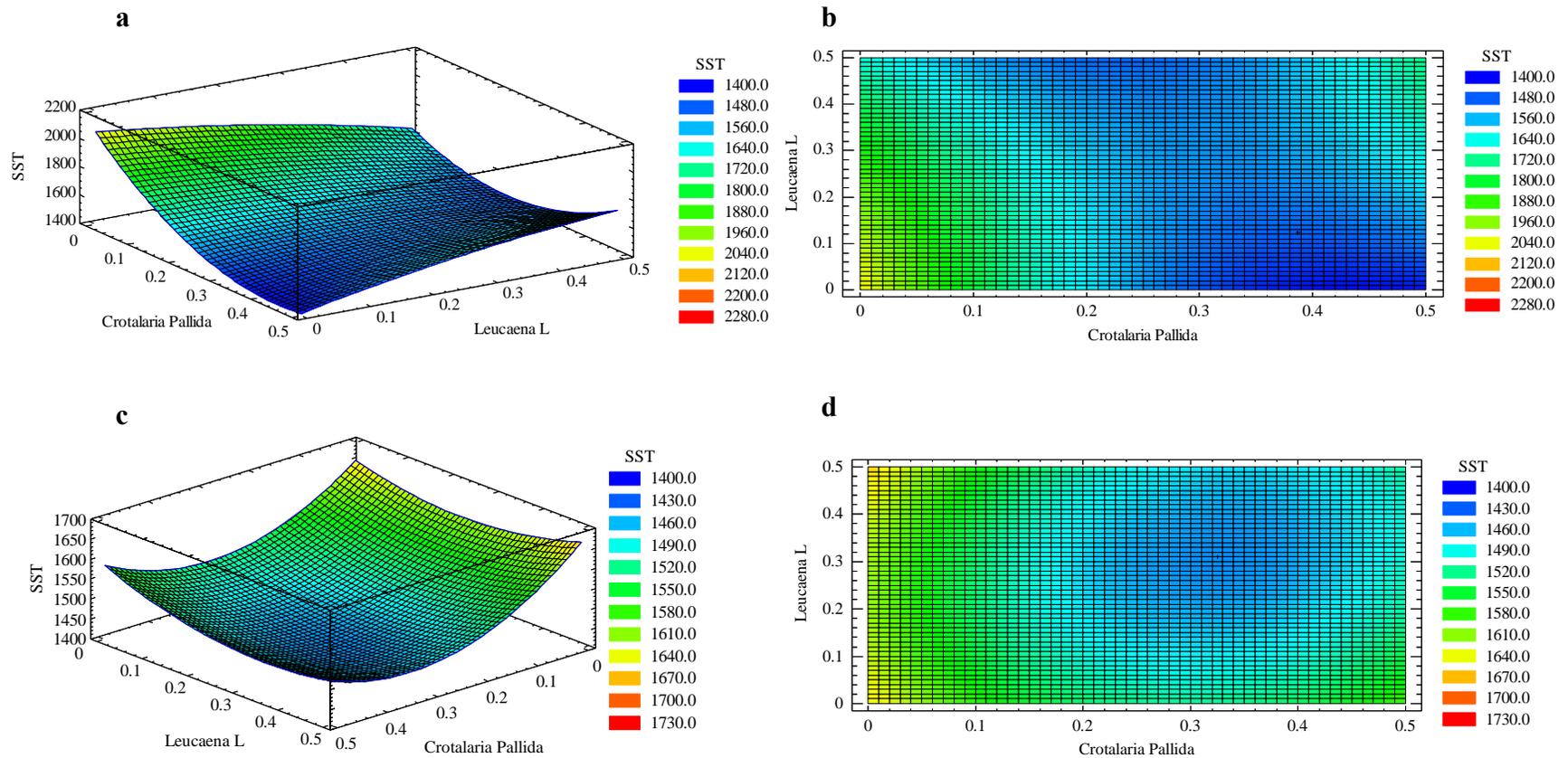


Figura 35

Gráficas de las superficies de respuesta estimadas para SST (ppm) en agua de sanguaza y agua residual MC2, (a) Tratamiento con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (c) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO). Gráficas de contornos de la superficie de respuesta estimada, (b) Tratamientos con enzima y polvos de semillas de Crotalaria P - Leucaena L.; (d) Tratamiento con enzima, polvos de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. y Óxido de Calcio (CaO).

Las figuras 34(a) y 34(c), representan los gráficos de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles (3^2); permitiendo visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, sólidos suspendidos totales – SST (ppm). Los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales presentados en las figuras 34(a) y 34(c) para la evaluación de sólidos suspendidos totales – SST, tanto para la matriz experimental 03 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.) y para la matriz experimental 04 (enzima 0.1 %, combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L. y 0.8 % de CaO).

Las gráficas de los efectos principales, presentados en las figuras 34(a) y 34(c) nos muestra de manera particular, que para la matriz experimental 03 sin adición de CaO, los sólidos suspendidos totales en una primera fase disminuyen desde 1640 ppm a 1520 ppm, al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g de Crotalaria P., luego en una segunda fase el contenido de sólidos suspendidos totales tiende a aumentar desde 1520 ppm hasta 1640 ppm, al adicionar desde 0.3125 g hasta 0.5 g de Crotalaria P.; del mismo modo ocurre en la matriz experimental 04 con adición de 0.4 g de CaO, donde se observa que el contenido de sólidos suspendidos totales, disminuye desde 1510 ppm a 1445 ppm al adicionar desde 0.125 g hasta 0.3125 g (punto central) la Crotalaria P. y luego aumenta desde 1445 ppm a 1495 ppm al adicionar desde 0.3125 g hasta 0.5 g (punto central) la Crotalaria P.;

Así también, se observa la influencia de la adición del polvo de la Leucaena L., donde para la matriz experimental 03, el contenido de sólidos suspendidos totales, se incrementa ligeramente en una primera fase desde 1500 ppm a 1520 ppm, al aumentar la Leucaena L., desde 0.125 g a 0.3125 g, y en la segunda fase disminuye ligeramente desde 1520 ppm a 1500 ppm; para la matriz experimental 04, en una primera etapa el contenido de sólidos suspendidos totales disminuye desde 1470 ppm a 1445 ppm, al incrementar Leucaena L. desde 0.125 g hasta 0.3125 g (punto central), luego en una

segunda etapa el contenido de sólidos suspendidos totales tiene un incremento desde 1445 ppm hasta 1470 ppm.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas, presentadas en las figuras 35(a) y 35(c) de los efectos principales como la concentración de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, en el diseño de superficie de respuesta factorial de 3 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso contenido de sólidos suspendidos totales, en función de los niveles de los factores estudiados; como son, *Crotalaria P.* 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. y *Leucaena L.* 0.125 g, 0.3125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en la figura 35(a) y 35(c); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y); cada gráfico muestra una curva o una superficie que representa cómo la respuesta cambia a medida que se varían los niveles del factor correspondiente. El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta sólidos suspendidos totales – SST (ppm), se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» los sólidos suspendidos totales.

Los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* para minimizar el contenido de sólidos suspendidos totales hasta 1478.83 ppm en la matriz experimental 03; son 0.3870 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; encontrándose estos en las regiones de color azul y azul claro, en zona cóncava, entre los valores de 1400 ppm y 1480 ppm; también se busca minimizar el contenido de sólidos suspendidos totales hasta 1445 ppm en la matriz experimental 04, mediante los parámetros óptimos de 0.3250 g de *Crotalaria P.* y 0.3110 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color azul y azul claro, zona cóncava, entre los valores 1430 ppm y 1460 ppm.

Por lo tanto, si bien la normativa vigente del MINAM (2018) mediante D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, establece que los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, es de 700 ppm, se observa que para un contenido inicial de 4314 ppm en muestras de agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2», se reduce a 1478.83 ppm para la «concentración 2» (matriz experimental 03) aplicando un tratamiento enzimático de 0.1 % y una combinación óptima de polvos de semillas *Crotalaria P.* de 0.3870 g y *Leucaena L.* de 0.125 g, y así también, se reduce a 1445 ppm para la «concentración 2» (matriz experimental 04) aplicando un tratamiento enzimático de 0.1 % junto a una combinación óptima de polvos de semillas *Crotalaria P.* de 0.2845 g y *Leucaena L.* de 0.125 g más 0.8 % de CaO; esto es debido a que tanto las enzimas lipolíticas, el polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* reaccionan con las grasas, por lo que la «concentración 2», cuenta con un contenido mayor de grasa en 0.6496 %, mejorando la clarificación de las muestras de agua de sanguaza y agua residual.

4.6.3. Análisis de sólidos suspendidos totales - SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

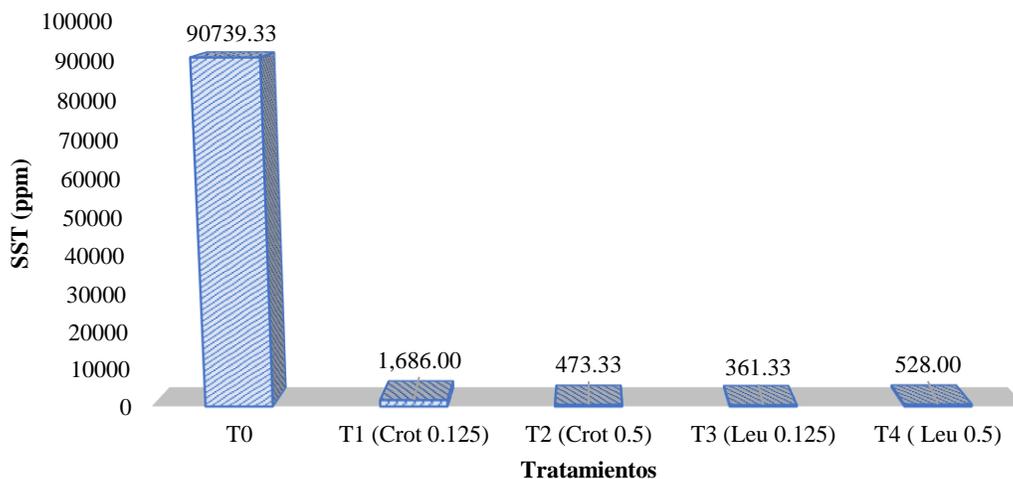
La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 05 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*), en los valores de sólidos suspendidos totales – ST (ppm) del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presenta en la tabla 38; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.6 de pH inicial, 997.88 kg/m³ de densidad, 92926 ppm de sólidos totales, 90739.33 ppm de sólidos suspendidos totales 13.6231 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 3» rotuladas con el código muestral MC3.

Tabla 38

Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de los polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

Tratamientos	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	SST (ppm)
T0	0	0	90739.33 ^a
T1	0.125	0	1686
T2	0.5	0	473.33
T3	0	0.125	361.33
T4	0	0.5	528

Nota. ^a representan los valores de SST del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), solo con tratamiento enzimático (0.1%).

**Figura 36**

Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratada con enzima y concentraciones individuales de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

La tabla 38 y la figura 36, muestran los valores del contenido de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) tratados individualmente (dos niveles) con las adiciones de 0.125 g y 0.5 g de *Crotalaria P.* y con las adiciones de 0.125 g y 0.5 g de *Leucaena L.*, mostrando que, hay una reducción de sólidos suspendidos totales al aplicar los tratamientos con el polvo de las semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, por tanto se observa que, en comparación al contenido inicial de SST en las muestras tratadas con solo la enzima, la mayor concentración de sólidos suspendidos totales es de 1686 ppm, la cual se encuentra en el agua tratada con 0.125 g de *Crotalaria P.*, seguido con 528 ppm para el agua residual tratada con 0.5 g de *Leucaena L.*, luego con 473.33 ppm para el agua residual tratada con 0.5 g de *Crotalaria P.* y la concentración más baja es de 361.33 ppm que le pertenece al agua residual tratada con 0.125 g de *Leucaena L.*

Para determinar si existe diferencia estadística significativa, se evalúa la matriz experimental 05, aplicando un diseño multifactorial, el cual está conformado por dos factores; *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* con dos niveles de 0.125 g y 0.5 g para cada factor, evaluados en 02 bloques (tabla 39).

Tabla 39

Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

BLOQUE	<i>Crotalaria Pallida</i> (g)	<i>Leucaena L.</i> (g)	SST (ppm)
1	0.5	0.5	63.33
1	0.5	0.125	994.67
1	0.125	0.5	644
1	0.125	0.125	256
2	0.5	0.5	62.67
2	0.5	0.125	994.00
2	0.125	0.5	644.67
2	0.125	0.125	255.33

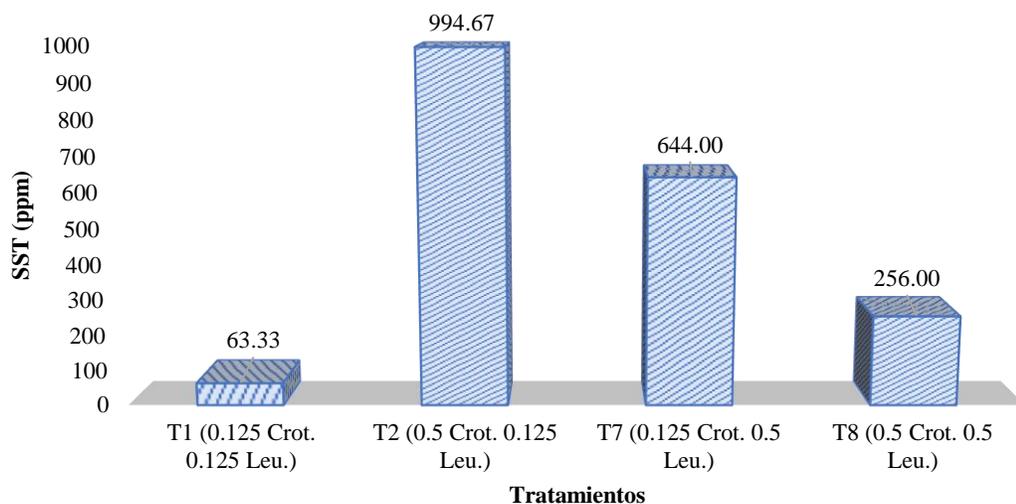


Figura 37

Valores de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)

Tabla 40

Análisis de varianza para sólidos suspendidos totales – SST (ppm) de las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Crotalaria P	147243	1	147243	659258.55	0.0000 ^a
B: Leucaena L	12377.2	1	12377.2	55416.98	0.0000 ^a
AB	871207	1	871207	3900706.75	0.0000 ^a
Bloques	0.221112	1	0.221112	0.99	0.3931
Error total	0.670037	3	0.223346		
Total (corr.)	1.03083x10 ⁶	7			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 40, se observa que en la matriz experimental 05, los efectos principales, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y la interacción de variables AB, tiene una «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%; dando a interpretar que existe significancia de los efectos principales A: *Crotalaria P.* y B: *Leucaena L.* y la interacción entre las variables AB en relación con la respuesta deseada de sólidos suspendidos totales; lo que implica que los efectos de los factores y las interacciones son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

La ecuación del modelo ajustado que predice el comportamiento de la variación del contenido de sólidos suspendidos totales – SST en MC3, está en función a las concentraciones de polvo de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, siendo la siguiente:

$$SST = -587.891 + 3656.9 * Crotalaria P. + 2723.56 * Leucaena L - 9386.7 * Crotalaria P.* Leucaena L.$$

Este modelo ajustado que predice los valores del contenido de sólidos suspendidos totales en MC3, presenta un estadístico «R – cuadrada» de 99.99 %, indicando que este modelo ajustado predecirá la variabilidad de SST.

El diseño estadístico empleado, es una factorial multinivel, de dos factores (*Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) con dos niveles (0.125 g y 0.5 g), que permite optimizar la respuesta a evaluar como es el contenido de sólidos suspendidos totales – SST (variable dependiente); a través de la refinación del modelo anterior, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño factorial multinivel en la matriz experimental 05, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en las variables contenido de sólidos suspendidos totales – SST (respuesta), se hallan los niveles de las variables que optimizan el contenido de sólidos suspendidos totales (respuesta de interés), en

función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta.

De acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM (2014), que determina que los LMPs para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD), mediante R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, es de 40 mg/L dentro de la zona de protección ambiental litoral y 350 mg/L fuera de la zona de protección ambiental litoral; así también, según el MINAM (2018), establece que los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, mediante D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, es de 700 mg/L; por lo tanto, se busca minimizar en lo posible el contenido de sólidos suspendidos totales – SST (ppm) en las muestras tratadas de «concentración 3».

Por lo tanto, la optimización de la variable respuesta, contenido de sólidos suspendidos totales – SST, para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 3» evaluada en la matriz experimental 05, proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de sólidos suspendidos totales, en un valor de 63 ppm, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.125 g y Leucaena L. de 0.125 g.

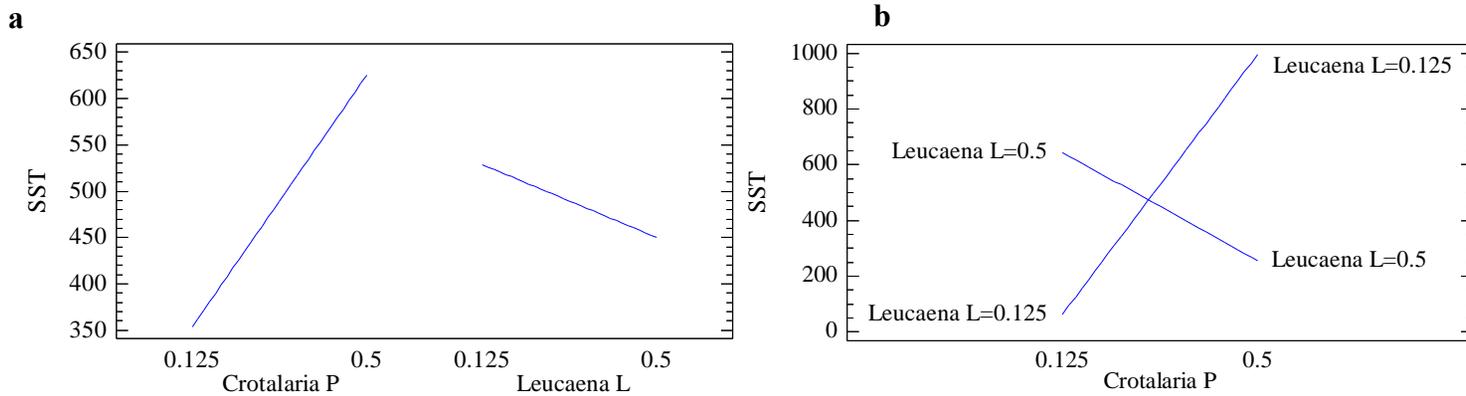


Figura 38

(a) Gráfico de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para sólidos suspendidos totales (ppm), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso conserva de pescado, de «concentración 3» (90739.33 ppm de sólidos suspendidos totales iniciales) con la matriz experimental 05.

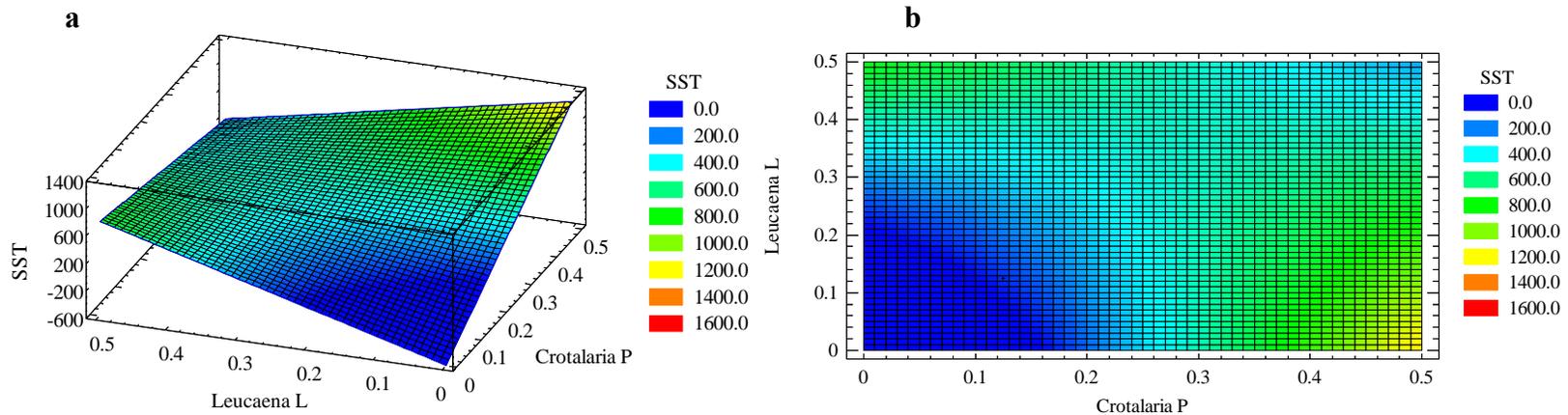


Figura 39

(a) Gráfica de superficie de respuesta y (b) Gráfica de la superficie de respuesta estimada para sólidos suspendidos totales (ppm), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (90739.33 ppm de sólidos suspendidos totales iniciales) con la matriz experimental 05.

La figura 38(a), representan el grafico de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles; que permite visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, sólidos suspendidos totales – SST (ppm). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales en la figura 38(a), para la evaluación del contenido de sólidos suspendidos totales en la matriz experimental 05 (enzima 0.1% y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.), el grafico de efectos principales nos muestra de manera particular, que al aumentar la concentración de Crotalaria P. desde 0.125 g hasta 5 g, se incrementa el contenido de sólidos suspendidos totales desde 350 ppm a 625 ppm, caso contrario se da con la adición de Leucaena L., la cual al incrementar su concentración desde 0.125 g a 0.5 g el valor del contenido de sólidos suspendidos totales disminuye desde 530 ppm a 450 ppm.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas mostrados en la figura 39(a) y 39(b), de los efectos principales como la concentración de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso es el contenido de sólidos suspendidos totales, en función de los niveles de los factores estudiados, como son, la Crotalaria P. a 0.125 g y 0.5 g. y la Leucaena L. a 0.125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en la figura 39 (c), son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y). La superficie de respuesta semi convexa (tipo silla) sugiere que los factores; Crotalaria P. y Leucaena L. tiene un impacto importante en la variable de interés como son en este caso los sólidos suspendidos totales, ya que la respuesta de esta variable no se mantiene constante o cambia a lo largo de los niveles de ese factor. Sin embargo, la interacción AB de los efectos principales, permiten observar

que este tipo de superficie no es completamente plana, lo que indica que todos las variables y coeficientes del modelo ajustado prediga el comportamiento del contenido de sólidos suspendidos totales; se debe considerar que, la interacción entre los factores y la interacción AB, podrían estar influyendo en la forma de la gráfica y en la respuesta del valor de SST.

El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta sólidos suspendidos totales, se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» el contenido de sólidos suspendidos totales en valores que guarden relación con lo establecido en la R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17; así también los establecido en el D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, en los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.

Los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, para minimizar el contenido de sólidos suspendidos totales; donde la optimización determina que los sólidos suspendidos totales mínimo, es 63 ppm, obtenido con los parámetros óptimos de 0.125 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color azul y azul claro, en la zona convexa semi plana inclinada en el extremo entre los valores de 0 ppm y 200 ppm.

Considerando un análisis general con respecto a la variable de respuesta «sólidos suspendidos totales», se discute lo siguiente:

Analizando las matrices experimentales 01 y 02 (tabla 34), matrices experimentales 03 y 04 (tabla 36) y la matriz experimental 05 (tabla 39); se demuestra que, para una muestra de agua residual de «concentración 1» (MC1), de características iniciales: 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de ST, 220 ppm de SST y 0.34 % de grasa, a la cual se aplicó tratamientos con y sin CaO, cuyos resultados son: un mínimo de 490 ppm y un máximo de 1847.33 ppm en SST para la matriz experimental 01, la cual tiene solo tratamiento enzimático, sin adición de CaO; presentando un incremento desde 270 ppm a 1627.33

ppm en SST, con respecto al contenido de SST iniciales; con respecto a la matriz experimental 02 la cual contiene las mismas características iniciales de la «concentración 1» (MC1), tratada con enzima y adición de CaO, los resultados son: un mínimo de 499.33 ppm y un máximo de 1220 ppm en SST; en este caso también se presenta un incremento desde 279.33 ppm a 1000 ppm en el contenido de SST, con respecto a la contenido de SST iniciales.

Para una muestra de agua residual de «concentración 02» (MC2), de características iniciales: 965.29 kg/m³ de densidad, 4314 ppm de SST y 0.65 % de grasa, a la cual se aplicó tratamientos con y sin CaO, cuyos resultados son: un mínimo de 1425.33 ppm y un máximo de 1830.67 ppm de SST para la matriz experimental 03 la cual tiene solo tratamiento enzimático, sin adición de CaO; logrando reducir entre 2483.33 ppm y 2888.67 ppm de SST, con respecto al contenido de SST iniciales; Así también para la matriz experimental 04 la cual contiene las mismas características iniciales de la «concentración 2» (MC2), tratada con enzima y adición de CaO, los resultados son: un mínimo de 1397.33 ppm y un máximo de 1659.33 ppm de SST; logrando reducir desde 2654.67 ppm a 2916.67 ppm de SST, con respecto al contenido de SST iniciales.

Para una muestra de agua residual de «concentración 03» (MC3), de características iniciales: 997.88 kg/m³ de densidad, 90739.33 ppm de SST y 13.62 % de grasa, a la cual se aplicó solo tratamiento enzimático en la matriz experimental 05 sin adición de CaO, los resultados son: un mínimo de 62.67 ppm y un máximo de 994.67 ppm en SST; logrando reducir desde 89744.66 a 90676.66 ppm de SST, con respecto al contenido de SST iniciales.

Shak & Wu en 2014; determinaron que hay mayor eficacia de la semilla de *Cassia obtusifolia* (goma) con una concentración de 1 g/L, con pH 3 y 45 min de sedimentación, en comparación del Al₂(SO₄)₃ (Sulfato de aluminio - alumbre), eliminando un 87 % de SST del POME (efluente de la almazara de palma) de concentración inicial 7500 mg/L; Así también en 2015; los mismos autores determinaron que el tratamiento combinado de alumbre con 1.15 g/L y goma de semilla de *Cassia Obtusifolia* con 2.47 g/L, eliminaron un total de 81.58 % en SST, en un tiempo de sedimentación de 35.16 min.

4.7. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS MATRICES EXPERIMENTALES 05, 06 Y 07, EN EL CONTENIDO DE GRASA DE TRES CONCENTRACIONES (MC1, MC2 Y MC3) DE MUESTRAS DE AGUA DE SANGUAZA Y AGUA RESIDUAL PROVENIENTES DE LA LIMPIEZA Y LAVADO DEL PROCESO DE CONSERVA DE PESCADO.

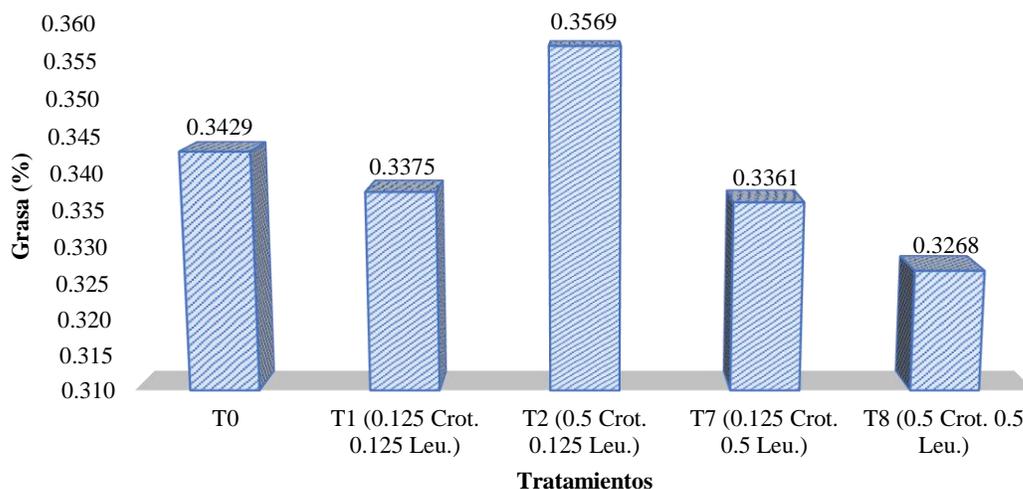
4.7.1. Análisis de grasa (%) en muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1 (MC1) provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 06 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* con *Leucaena L.*)

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 06 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de *Crotalaria P.* con *Leucaena L.*), en los valores del contenido de grasa (%) del agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presentan en la tabla 41; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.72 de pH inicial, 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de sólidos totales, 220 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.3429 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 1» rotuladas con el código muestral MC1.

Tabla 41

Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual proveniente de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 06 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Grasa (ppm)	Grasa (%)
1	0.125	0.125	3375.3333	0.3375
1	0.5	0.125	3568.6667	0.3569
1	0.125	0.5	3361.3333	0.3361
1	0.5	0.5	3268.0000	0.3268
2	0.125	0.125	3374.1333	0.3374
2	0.5	0.125	3568.2667	0.3568
2	0.125	0.5	3361.3333	0.3361
2	0.5	0.5	3268.0000	0.3268

**Figura 40**

Valores de contenido de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (MC1), tratadas con la matriz experimental 06 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

A los resultados obtenidos después de someterse a los tratamientos con la matriz experimental 06 y reportado en la tabla 41, se realiza el análisis estadístico, mostrado en la tabla 42, en la cual se reporta el análisis de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad del contenido de grasa en ppm y %, de MC1, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: Crotalaria P., B: Leucaena L. y la interacción AB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de primer orden, el cual contiene términos que representan efectos principales y una interacción de primer orden.

Tabla 42

Análisis de varianza para el contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 06 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Crotalaria P	0.000051005	1	0.000051005	30603.00	0.0000 ^a
B: Leucaena L	0.00049298	1	0.00049298	295788.00	0.0000 ^a
AB	0.000411845	1	0.000411845	247107.00	0.0000 ^a
Bloques	5.x10 ⁻⁹	1	5.x10 ⁻⁹	3.00	0.1817
Error total	5.x10 ⁻⁹	3	1.66667x10 ⁻⁹		
Total (corr.)	0.00095584	7			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 42, se observa que para la matriz experimental 06, hay dos efectos principales (A: Crotalaria P. y B: Leucaena L.) y una interacción (AB) que tienen un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %, dando a interpretar que hay significancia de los efectos principales; A: Crotalaria P., B: Leucaena L. y la interacción AB, estos, en relación con la respuesta deseada, que es el contenido de grasa (%); lo que implica que los efectos de estos tres factores son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

La ecuación del modelo ajustado para predecir el comportamiento del contenido de grasa (ppm y %) en MC1 para la matriz experimental 06, está en función de las concentraciones de los polvos de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, siendo:

$$\text{Grasa} = 0.328244 + 0.0772444 * \text{Crotalaria P.} + 0.0219111 * \text{Leucaena L} \\ - 0.204089 * \text{Crotalaria P.} * \text{Leucaena L.}$$

El modelo ajustado que predecirá los valores del contenido de grasa (ppm y %) en MC1, presenta un estadístico «R – Cuadrada» de 99.99 % para la matriz experimental 06, indicando que el modelo así ajustado predecirá la variabilidad del contenido de grasa (ppm y %).

El diseño estadístico empleado, es un diseño factorial multinivel, de dos factores (*Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) con dos niveles (0.125 g y 0.5 g), que permite optimizar la respuesta a evaluar, como es el contenido de grasa (variable dependiente); a través, de la refinación del modelo anterior, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño factorial multinivel a la matriz experimental 06, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en la variable como es en este caso el contenido de grasa (variable de respuesta), se hallan los niveles de las variables independientes (*Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) que optimizan el contenido de grasa (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos, para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta (contenido de grasa); de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM (2014), que determina que los LMPs para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD), mediante R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, es de 10 mg/L dentro de la zona de protección ambiental litoral y 200 mg/L fuera de la zona de protección ambiental litoral; así también, según el MINAM (2018), establece que los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, mediante D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, es de 350 mg/L; por lo

tanto, se busca minimizar en lo posible el contenido de grasa (ppm y %) en las muestras tratadas de «concentración 1».

Por lo tanto, la optimización de la variable respuesta, contenido de grasa, para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 1» proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluada en la matriz experimental 06, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de grasa, en un valor de 0.3268 % (3268 ppm), obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.5 g y Leucaena L. de 0.5 g.

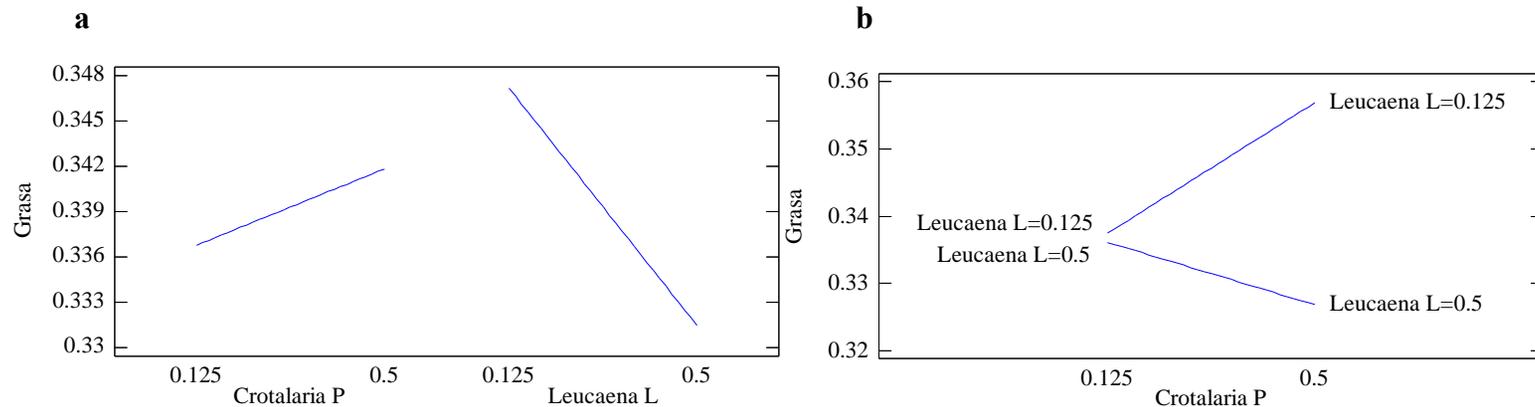


Figura 41

(a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfico de interacciones para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (0.3429 % grasa inicial) con la matriz experimental 06.

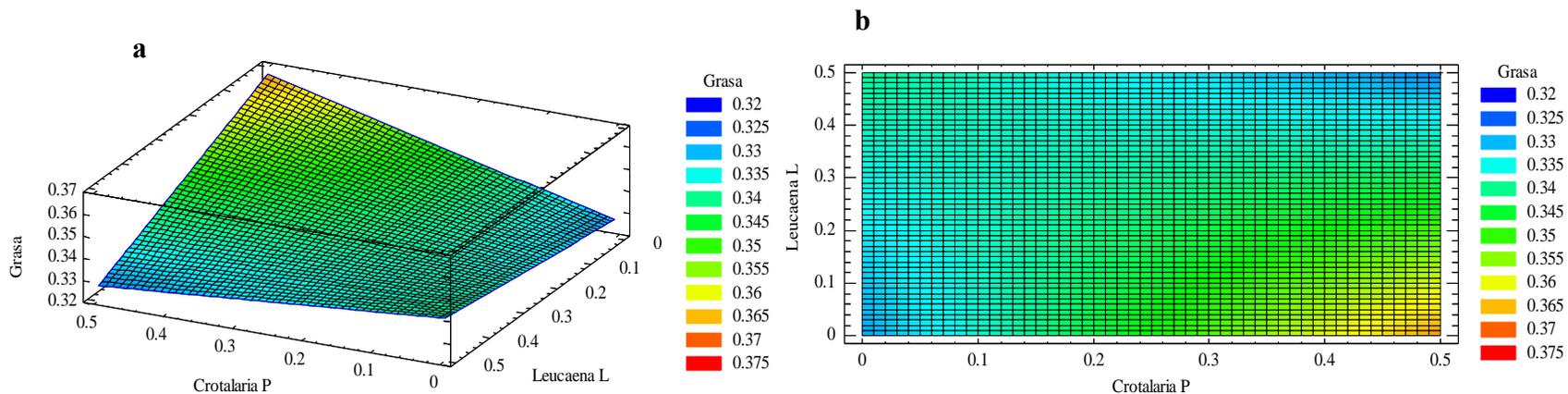


Figura 42

(a) Gráfica de superficie de respuesta estimada, (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimada para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 1» (0.3429 % grasa inicial) con la matriz experimental 06.

La figura 41(a), representa el gráfico de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles; que permite visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, contenido de grasa (ppm y %). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles, siendo estos, A: Crotalaria P. y B: Leucaena L., los cuales están representados en el gráfico de efectos principales de la figura 41(a) para la evaluación del contenido de grasa en la matriz experimental 06 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.), el gráfico de los efectos principales nos muestra de manera particular, que al aumentar la concentración de Crotalaria P. desde 0.125 g hasta 5 g, se incrementa el contenido de grasa desde 0.336 % a 0.342 % aproximadamente, caso contrario se da con la adición de Leucaena L., la cual al incrementar la concentración desde 0.125 g hasta 0.5 g el valor del contenido de grasa disminuye desde 0.348 % a 0.333 % aproximadamente.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas representados en las figuras 42(a) y 42(b), de los efectos principales como la concentración de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta, en este caso el contenido de grasa, en función a los dos niveles de los factores estudiados, los cuales son, Crotalaria P. de 0.125 g y 0.5 g y Leucaena L. de 0.125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en la figura 42(a) y 42(b), son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores.

Estos gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y). La superficie de respuesta semi convexa (tipo silla de montar) sugiere que los factores, Crotalaria P. y Leucaena L. tiene un impacto importante en la variable de interés (contenido de grasa), ya que la respuesta de esta variable no se mantiene constante o cambia a lo largo de los niveles de estos factores. Sin embargo, la interacción AB de los efectos principales, permite observar que este tipo

de superficie no es completamente plana, lo que indica que todas las variables y coeficientes del modelo ajustado prediga el comportamiento del contenido de grasa; se debe considerar que la interacción entre los factores y la interacción AB, podrían estar influyendo en la forma de la gráfica y en la respuesta del valor de contenido de grasa.

El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta contenido de grasa, se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» el contenido de grasa en valores que guarden relación con lo establecido en la R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17; así también lo establecido en el D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, en los LMPs, siendo el máximo 350 mg/L (0.035 %) de grasa y aceites, para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, siendo .

Los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, para minimizar el contenido de grasa; donde la optimización determina que el contenido de grasa mínima óptima es 0.3268 % (3268 ppm), obtenido con los parámetros óptimos de 0.5 g de *Crotalaria P.* y 0.5 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color azul claro y celeste, en la zona convexa semi plana inclinada en el extremo entre los valores de 0.325 % y 0.33 %.

4.7.2. Análisis de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 2 (MC2), provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 07 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.)

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 07 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.), en el contenido de grasa (ppm y %) del agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presentan en la tabla 43; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.49 de pH inicial, 965.29 kg/m³ de densidad, 8414.67 ppm de sólidos totales, 4314 ppm de sólidos suspendidos totales y 0.6496 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 2» rotuladas con el código muestral MC2.

Tabla 43

Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual proveniente de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 07 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Grasa (ppm)	Grasa (%)
1	0.125	0.125	6936.6667	0.6937
1	0.5	0.125	6070	0.6070
1	0.125	0.5	5506	0.5506
1	0.5	0.5	6312.6667	0.6313
2	0.125	0.125	6936.2667	0.6936
2	0.5	0.125	6069.8	0.6070
2	0.125	0.5	5504.0	0.5504
2	0.5	0.5	6312.6667	0.6313

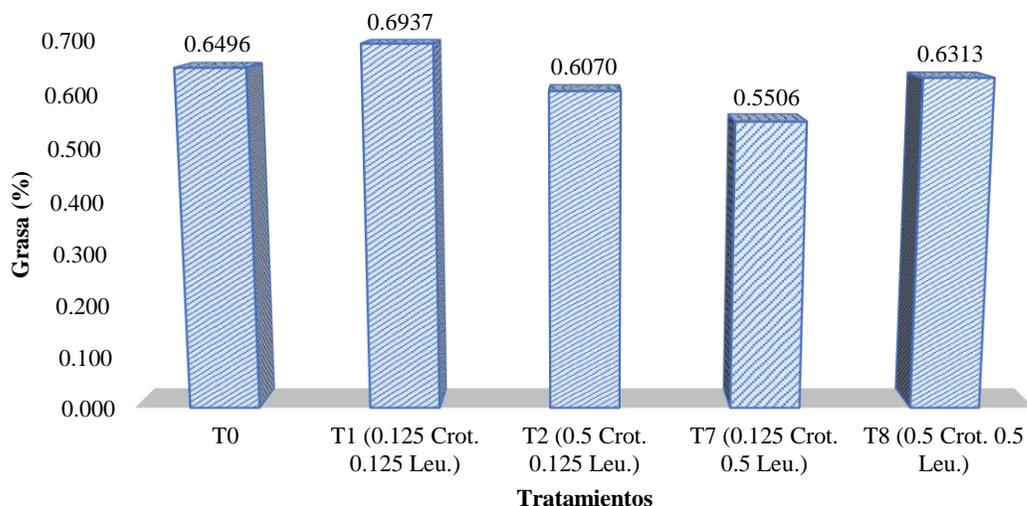


Figura 43

Valores de contenido de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (MC2), tratadas con la matriz experimental 07 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

A los resultados obtenidos después de someterse a los tratamientos con la matriz experimental 07 y reportado en la tabla 43, se realiza el análisis estadístico, mostrado en la tabla 44, en la cual se reporta el análisis estadístico de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad del contenido de grasa en ppm y %, de MC2, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y la interacción, AB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de primer orden, el cual contiene términos que representan efectos principales y una interacción de primer orden.

Tabla 44

Análisis de varianza para el contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua residual proveniente de conserva de pescado – MC2, tratadas con la matriz experimental 07 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: <i>Crotalaria P</i>	0.0000171113	1	0.0000171113	3733.36	0.0000 ^a
B: <i>Leucaena L</i>	0.00706266	1	0.00706266	1540944.31	0.0000 ^a
AB	0.0140198	1	0.0140198	3058854.90	0.0000 ^a
Bloques	1.125x10 ⁻⁸	1	1.125x10 ⁻⁸	2.45	0.2152
Error total	1.375x10 ⁻⁸	3	4.58333x10 ⁻⁹		
Total (corr.)	0.0210995	7			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV

En la tabla 44, se observa que para la matriz experimental 07, hay dos efectos principales (A: *Crotalaria P.* y B: *Leucaena L.*) y una interacción (AB) que tienen un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%, dando a interpretar que hay significancia de los efectos principales; A: *Crotalaria P.*, B: *Leucaena L.* y la interacción AB, estos, en relación con la respuesta deseada, que es el contenido de grasa (%); lo que implica que los efectos de estos tres factores son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

La ecuación del modelo ajustado para predecir el comportamiento del contenido de grasa en ppm y %, para MC2 de la matriz experimental 07, está en función a las concentraciones de los polvos de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, siendo:

$$\text{Grasa} = 0.788856 - 0.379911 * \text{Crotalaria P.} - 0.530578 * \text{Leucaena L} + 1.19076 \\ * \text{Crotalaria P.} * \text{Leucaena L.}$$

El modelo ajustado que predecirá los valores del contenido de grasa (ppm y %) en MC2, presenta un estadístico «R – Cuadrada» de 99.99 % para la matriz experimental 07,

indicando que el modelo así ajustado predecirá la variabilidad del contenido de grasa (ppm y %).

El diseño estadístico empleado, es un diseño factorial multinivel, de dos factores (Crotalaria P. y Leucaena L.) con dos niveles (0.125 g y 0.5 g), que permite optimizar la respuesta a evaluar como es el contenido de grasa (variable dependiente); a través de la refinación del modelo anterior, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño factorial multinivel a la matriz experimental 07, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en la variable como es en este caso el contenido de grasa (variable de respuesta), se hallan los niveles de las variables independientes (Crotalaria P. y Leucaena L.) que optimizan el contenido de grasa (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta; de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM (2014), que determina que los LMPs para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD), mediante R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, es de 10 mg/L dentro de la zona de protección ambiental litoral y 200 mg/L fuera de la zona de protección ambiental litoral; así también, según el MINAM (2018), establece que los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, mediante D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, es de 350 mg/L (0.035 %); por lo tanto, se busca minimizar en lo posible el contenido de grasa (ppm y %) en las muestras tratadas de «concentración 2».

Por lo tanto, la optimización de la variable respuesta, contenido de grasa, para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 2» proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluada en la matriz experimental 07, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de grasa, en un valor de 0.5505 % (5505 ppm), obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.125 g y Leucaena L. de 0.5 g.

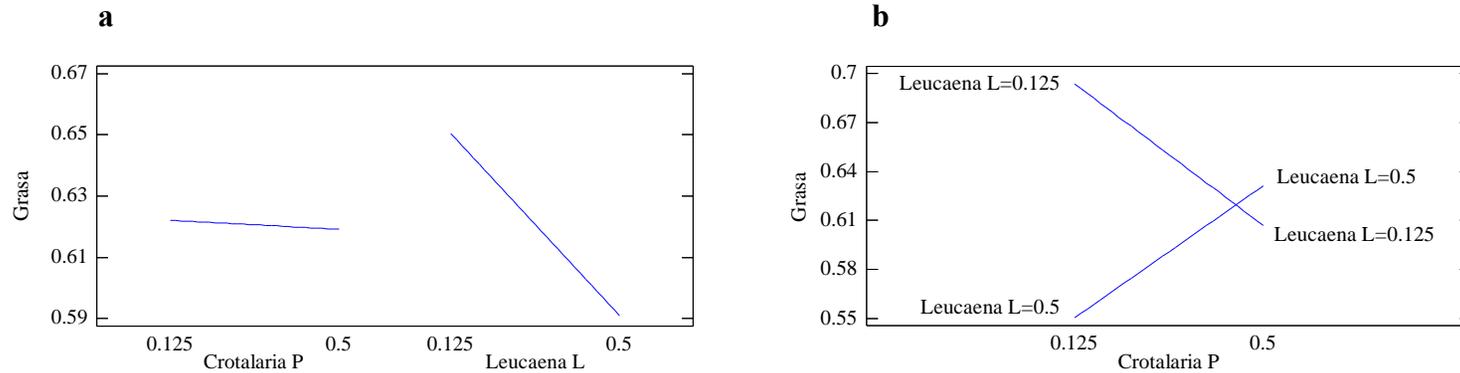


Figura 44

(a) Gráfica de efectos principales y (b) Gráfica de interacciones para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 2» (0.6496 % grasa inicial) con la matriz experimental 07.

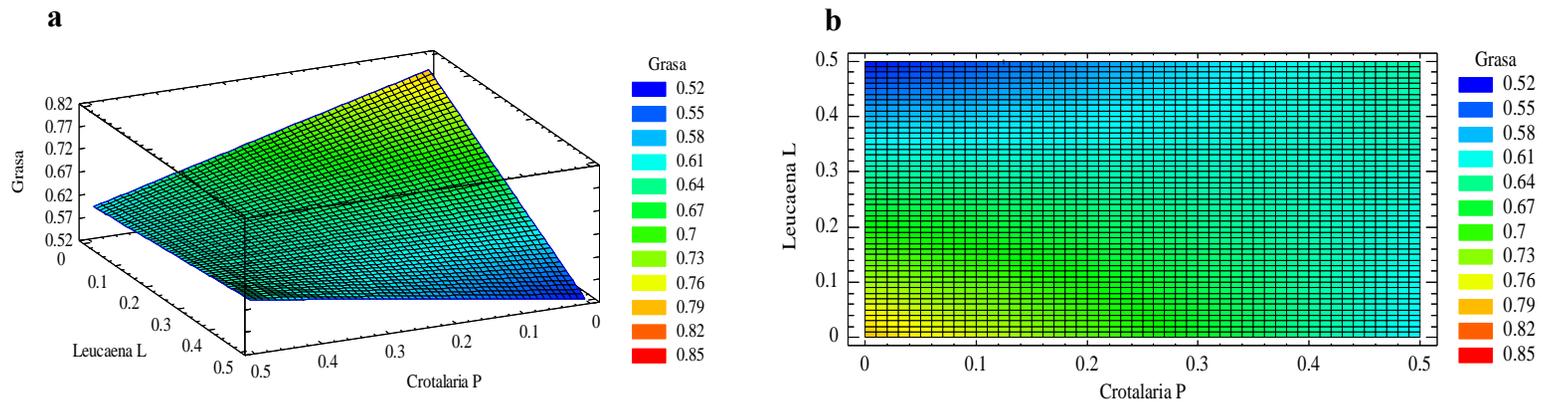


Figura 45

(a) Gráfica de superficie de respuesta estimada, (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimada para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 1» (0.6496 % grasa inicial) con la matriz experimental 07.

La figura 44(a), representa el gráfico de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles; que permite visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, contenido de grasa (ppm y %). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales en la figura 44(a) para la evaluación del contenido de grasa en la matriz experimental 07 (enzima 0.1 % y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.), el gráfico de efectos principales nos muestra de manera particular, que al aumentar la concentración de Crotalaria P. desde 0.125 g hasta 5 g, disminuye ligeramente el contenido de grasa desde 0.63 % a 0.61 % aproximadamente, con la adición de Leucaena L., al incrementar su concentración de 0.125 g a 0.5 g el valor del contenido de grasa disminuye desde 0.65 % a 0.59 % aproximadamente.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas representados en las figuras 45(a) y 45(b), de los efectos principales como la concentración de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso el contenido de grasa, en función de los niveles de los factores estudiados, los cuales son, Crotalaria P. 0.125 g y 0.5 g., Leucaena L. 0.125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en las figuras 45(a) y 45(b); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y). La superficie de respuesta semi convexa (tipo silla de montar) sugiere que los factores; Crotalaria P. y Leucaena L. tiene un impacto importante en la variable de interés (contenido de grasa), ya que la respuesta de esta variable no se mantiene constante o cambia a lo largo de los niveles de ese factor. Sin embargo, la interacción AB de los efectos principales, permite observar que este tipo de superficie no es completamente plana, lo que indica que todas las variables y coeficientes

del modelo ajustado prediga el comportamiento del contenido de grasa; se debe considerar que, la interacción entre los factores y la interacción AB, podrían estar influyendo en la forma de la gráfica y en la respuesta del valor de grasa.

El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta contenido de grasa, se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» el contenido de grasa en valores que guarden relación con lo establecido en la R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17; así también los establecido en el D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, en los LMPs, siendo el máximo 350 mg/L (0.035 %) de grasa y aceites, para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.

Los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, para minimizar el contenido de grasa; donde la optimización determina que el contenido de grasa mínima óptima es 0.5505 % (5505 ppm), obtenido con los parámetros óptimos de 0.125 g de *Crotalaria P.* y 0.5 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color azul claro y celeste en la zona semi cóncava, inclinada en el extremo entre los valores de 0.55 % y 0.58 %.

4.7.3. Análisis de grasa (%) en las muestras de sanguaza y agua residual de concentración 3 (MC3), proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluadas en la matriz experimental 05 (Tratamiento enzimático y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. con Leucaena L.)

La evaluación del efecto de los tratamientos dados en la matriz experimental 05 (0.1 % de enzima y adición de combinaciones de polvos de Crotalaria P. y Leucaena L.), en los valores de contenido de grasa (ppm y %) del agua de sanguaza y agua residual proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, se presentan en la tabla 45; considerando el efecto de los tratamientos en muestras cuyas características físico químicas iniciales son; 6.6 de pH inicial, 997.88 kg/m³ de densidad, 92926 ppm de sólidos totales, 90739.33 ppm de sólidos suspendidos totales 13.6231 % de contenido de grasa, características propias de la denominación «concentración 3» rotuladas con el código muestral MC3.

Tabla 45

Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratada con enzima (0.1 %) y concentraciones individuales de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.

Tratamientos	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Grasa (ppm)	Grasa (%)
T0	0	0	136231.3333	13.6231 ^a
T1	0.125	0	6812	0.6812
T2	0.5	0	8566.6667	0.8567
T3	0	0.125	6742.6667	0.6743
T4	0	0.5	6819.3333	0.6819

Nota. ^a representan los valores del % de grasa en el agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), solo con tratamiento enzimático (0.1%).

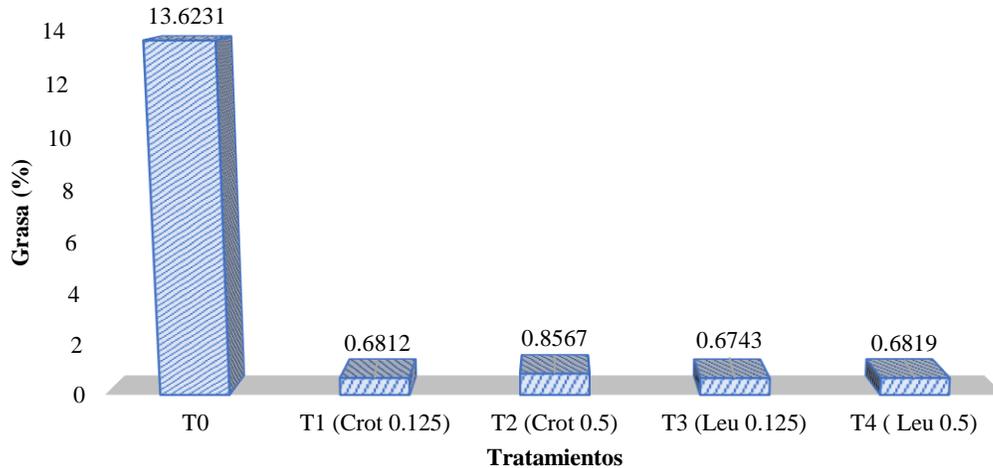


Figura 46

Valores de contenido de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratada con enzima y concentraciones individuales de polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

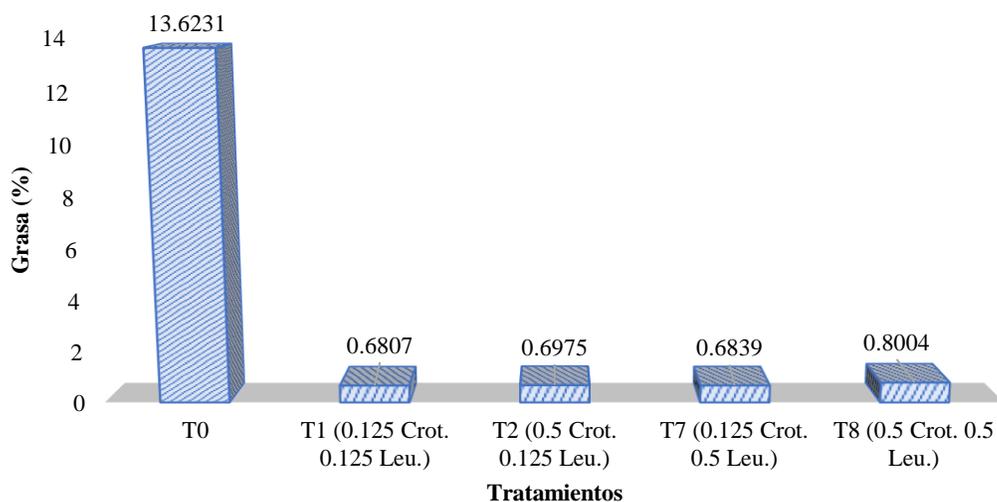
La tabla 45 y la figura 46, muestran los valores del contenido de grasa en ppm y %, tratados individualmente (dos niveles) con las adiciones de 0.125 g y 0.5 g de *Crotalaria P.* y con las adiciones de 0.125 g y 0.5 g de *Leucaena L.*, mostrando que, en comparación con el contenido inicial de 13.6231 %, la mayor concentración de grasa es de 0.8567 % la cual se encuentra en el agua trata con 0.5 g de *Crotalaria P.*, seguido del agua residual tratada con 0.5 g de *Leucaena L.*, con 0.6819 %, luego el agua residual tratada con 0.125 g de *Crotalaria P.*, con 0.6812 % y la concentración más baja de 0.6743 % que le pertenece al agua residual tratada con 0.125 g de *Leucaena L.*

Para determinar si existe diferencia estadística significativa, se evalúa la matriz experimental 05, aplicando un diseño multifactorial, el cual está conformado por dos factores; *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* con dos niveles de 0.125 g y 0.5 g para cada factor, evaluados en 02 bloques.

Tabla 46

Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual proveniente de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.)

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Grasa (ppm)	Grasa (%)
1	0.125	0.125	6807.3333	0.6807
1	0.5	0.125	6975.3333	0.6975
1	0.125	0.5	6838.6667	0.6839
1	0.5	0.5	8004	0.8004
2	0.125	0.125	6807.5333	0.6808
2	0.5	0.125	6975.3333	0.6975
2	0.125	0.5	6838.6667	0.6839
2	0.5	0.5	8003.4	0.8003

**Figura 47**

Valores de contenido de grasa (ppm y %) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 3» (MC3), tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.)

A los resultados obtenidos después de someterse a los tratamientos con la matriz experimental 05 y reportado en la tabla 46, se realiza el análisis estadístico, mostrado en la tabla 47, en la cual se reporta el análisis estadístico de varianza (ANOVA), donde se evalúa la variabilidad del contenido de grasa en ppm y %, de MC3, en partes separadas para cada uno de los efectos como, A: Crotalaria P., B: Leucaena L. y la interacción, AB; probando la significancia estadística de cada efecto, comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. El análisis de varianza se evalúa para un modelo estadístico de primer orden, el cual contiene términos que representan efectos principales y una interacción de primer orden.

Tabla 47

Análisis de Varianza para contenido de grasa (%) en las muestras de agua de sanguaza y agua residual MC3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, tratadas con la matriz experimental 05 (enzima 0.1 % y combinación de polvos de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Crotalaria P	0.00887112	1	0.00887112	2661335.84	0.0000 ^a
B: Leucaena L	0.005618	1	0.005618	1685399.90	0.0000 ^a
AB	0.00497005	1	0.00497005	1491013.41	0.0000 ^a
Bloques	0.0	1	0.0	0.00	1.0000
Error total	1.x10 ⁻⁸	3	3.3333x10 ⁻⁹		
Total (corr.)	0.0194592	7			

Nota. ^a indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

FUENTE: Statgraphics centurión XV.II

En la tabla 47, se observa que para la matriz experimental 05, hay dos efectos principales (A: Crotalaria P. y B: Leucaena L.) y una interacción (AB) que tienen un «valor – P» menor que 0.05, lo que indica que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0 %, dando a interpretar que hay significancia de los efectos principales; A: Crotalaria P., B: Leucaena L. y la interacción AB, estos, en relación con la respuesta deseada, que es el contenido de grasa (%); lo que implica que los efectos de estos tres factores son lo suficientemente grandes para considerarse significativos desde un punto de vista estadístico.

La ecuación del modelo ajustado para predecir el comportamiento del contenido de grasa en ppm y %, para en MC3 de la matriz experimental 05, está en función a las concentraciones de polvos de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, siendo:

$$\text{Grasa} = 0.685194 - 0.0439556 * \text{Crotalaria P.} - 0.0802222 * \text{Leucaena L.} \\ + 0.708978 * \text{Crotalaria P.} * \text{Leucaena L.}$$

El modelo ajustado que predecirá los valores del contenido de grasa (ppm y %) en MC3, presenta un estadístico «R – Cuadrado», de 99.99 % para la matriz experimental 05, indicando que el modelo así ajustado predecirá la variabilidad del contenido de grasa (ppm y %).

El diseño estadístico empleado, es un diseño factorial multinivel, de dos factores (*Crotalaria P.* y *Leucaena L.*) con dos niveles (0.125 g y 0.5 g), que permite optimizar la respuesta a evaluar como es el contenido de grasa (variable dependiente); a través de la refinación del modelo anterior, previo a haber determinado los factores importantes, con significancia estadística.

En función a lo evaluado por el diseño factorial multinivel a la matriz experimental 05, con las ecuaciones que modelan la influencia de los cambios en las variables contenido de grasa (variable de respuesta), se hallan los niveles de las variables que optimizan el contenido de grasa (respuesta de interés), en función a los ajustes óptimos para maximizar, minimizar o mantener en un valor deseado la respuesta; de acuerdo a lo establecido por los objetivos de la presente investigación y lo establecido por el MINAM (2014), que determina que los LMPs para los efluentes de la industria pesquera de consumo humano directo (CHD), mediante R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, es de 10 mg/L dentro de la zona de protección ambiental litoral y 200 mg/L fuera de la zona de protección ambiental litoral; así también, según el MINAM (2018), establece que los LMPs para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto, mediante D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, es de 350 mg/L; por lo

tanto, se busca minimizar en lo posible el contenido de grasa (ppm y %) en las muestras tratadas de «concentración 3».

Por lo tanto, la optimización de la variable respuesta, contenido de grasa, para el agua de sanguaza y agua residual de «concentración 3» proveniente de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, evaluada en la matriz experimental 05, se optimizará en función a la meta de minimizar el contenido de grasa, en un valor de 0.68075 %, obtenido con la combinación de los niveles de los factores óptimos, Crotalaria P. de 0.125 g y Leucaena L. de 0.125 g.

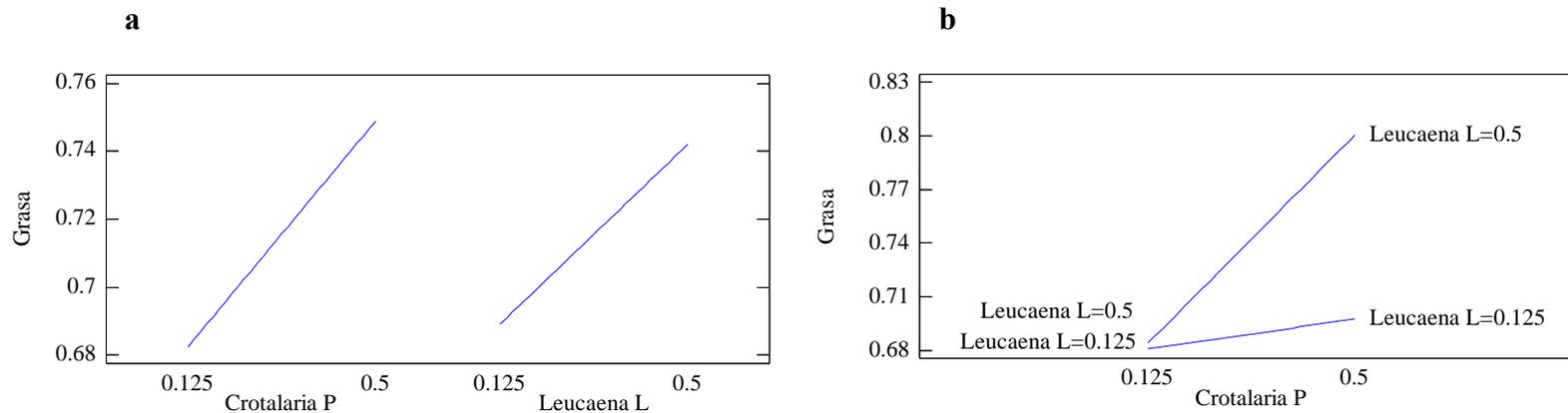


Figura 48

(a) Gráfico de efectos principales y (b) Gráfico de interacciones para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L. aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, de «concentración 1» (13.6231 % grasa inicial) con la matriz experimental 05.

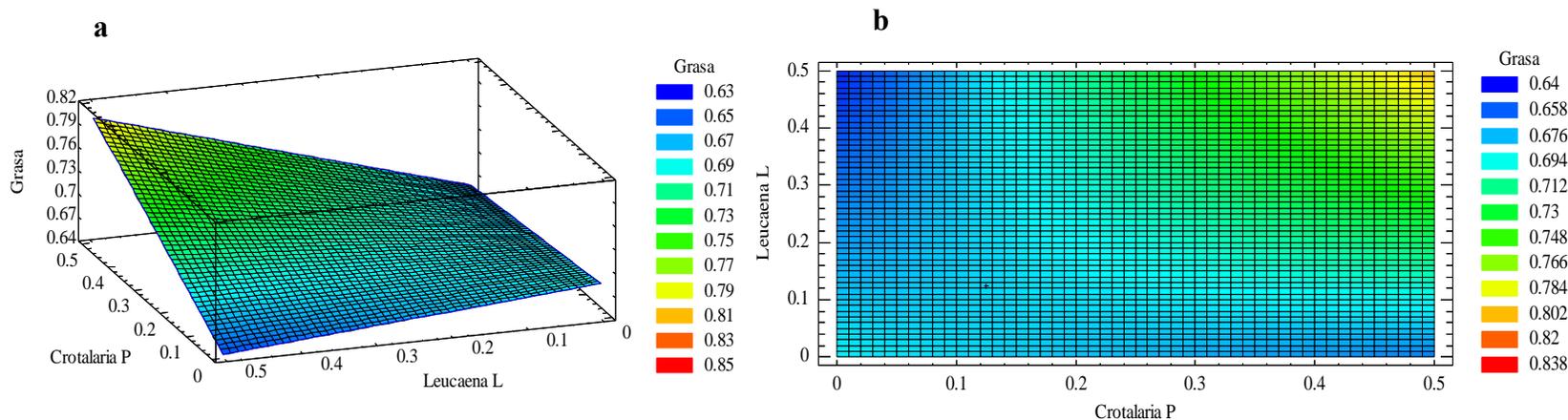


Figura 49

(a) Gráfica de superficie de respuesta estimada, (b) Gráfica de contorno de la superficie de respuesta estimada para contenido de grasa (%), de Crotalaria P. y Leucaena L aplicadas en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de conserva de pescado, de «concentración 3» (13.6231 % grasa inicial) con la matriz experimental 05.

La figura 48(a), representan el gráfico de los efectos principales en el análisis de los resultados del diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles; que permite visualizar y por ende analizar la influencia de cada factor individual en la variable de respuesta observada, contenido de grasa (ppm y %). En esta sección, los efectos principales en el diseño de superficie de respuesta vienen a ser los factores definidos con sus respectivos niveles siendo estos; A: Crotalaria P. y B: Leucaena L; los cuales están representados en el gráfico de efectos principales en la figura 48(a) para la evaluación del contenido de grasa en la matriz experimental 05 (enzima 0.1% y combinación de polvo de semillas Crotalaria P. y Leucaena L.), el gráfico de efectos principales nos muestra de manera particular, al aumentar la concentración de Crotalaria P. desde 0.125 g hasta 5 g, aumenta el contenido de grasa desde 0.68 % a 0.75 % aproximadamente, con la adición de Leucaena L., al incrementar su concentración de 0.125 g a 0.5 g el valor del contenido de grasa aumenta desde 0.69 % a 0.74 % aproximadamente.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas representados en las figuras 49(a) y 49(b), de los efectos principales como la concentración de Crotalaria P. y Leucaena L., en el diseño multinivel de 2 factores y 2 niveles, muestran cómo cambia la variable de respuesta en este caso el contenido de grasa, en función de los niveles de los factores estudiados; como son; Crotalaria P. 0.125 g y 0.5 g., Leucaena L. 0.125 g y 0.5 g. Los gráficos mostrados en las figuras 49(a) y 49(b); son herramientas visuales útiles para comprender la relación entre los factores y la variable de respuesta y así poder identificar los niveles óptimos de los factores.

Los gráficos de las superficies de respuesta estimadas de efectos principales se construyen trazando la variable de respuesta en el eje vertical (eje z) y los niveles de los factores en los ejes horizontales (x y y). La superficie de respuesta semi convexa (tipo silla de montar) sugiere que los factores; Crotalaria P. y Leucaena L. tiene un impacto importante en la variable de interés (contenido de grasa), ya que la respuesta de esta variable no se mantiene constante o cambia a lo largo de los niveles de ese factor. Sin embargo, la interacción AB de los efectos principales, permite observar que este tipo de superficie no es completamente plana, lo que indica que todas las variables y coeficientes

del modelo ajustado prediga el comportamiento del contenido de grasa; se debe considerar que, la interacción entre los factores y la interacción AB, podrían estar influyendo en la forma de la gráfica y en la respuesta del valor de grasa.

El patrón observado en los gráficos proporciona información sobre la relación entre los factores y la respuesta, ayudando a determinar los niveles óptimos de los factores para maximizar, mantener o minimizar la respuesta deseada; en el análisis de la variable respuesta contenido de grasa, se busca cumplir con el objetivo de «minimizar» el contenido de grasa en valores que guarden relación con lo establecido en la R.M. N.º 178 – 2014 – MINAM, p.17; así también los establecido en el D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM, en los LMPs, siendo el máximo 350 mg/L (0.035 %) de grasa y aceites, para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.

Los parámetros óptimos de los factores principales: *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, para minimizar el contenido de grasa; donde la optimización determina que el contenido de grasa mínima óptima es 0.68 %, obtenido con los parámetros óptimos de 0.125 g de *Crotalaria P.* y 0.125 g de *Leucaena L.*; estos se encuentran ubicados en las regiones de color azul claro y celeste, en la zona semi convexa, inclinada en el extremo entre los valores de 0.67 % y 0.69 %.

Considerando un análisis general con respecto a la variable de respuesta «contenido de grasa», se discute lo siguiente:

Analizando la matriz experimental 06 (tabla 41), se demuestra que, para una muestra de agua residual de «concentración 1» (MC1), de características iniciales: 946.94 kg/m³ de densidad, 3588.67 ppm de ST, 220 ppm de SST y 3429.33 ppm (0.34 %) de grasa, la cual tiene solo tratamiento enzimático, sin adición de CaO; los resultados son: un mínimo de 3268 ppm (0.33 %) y un máximo de 3568.67 ppm (0.36 %) en grasa; en este caso se presenta una disminución de 161.33 ppm (0.02 %) en grasa y un incremento de 139.34 ppm (0.01 %) en grasa con respecto al contenido de grasa iniciales.

Para una muestra de agua residual de «concentración 2» (MC2) dado en la matriz experimental 07 (tabla 43), de características iniciales: 965.29 kg/m³ de densidad, 4314 ppm de SST y 136231.33 ppm (0.65 %) de grasa, a la cual se aplicó solo tratamiento enzimático, sin adición de CaO; cuyos resultados son: un mínimo de 5504 ppm (0.55 %) y un máximo de 6936.67 ppm (0.69 %) de grasa; presentando una disminución de 992 ppm (0.10 %) y un incremento en grasa de 440.67 ppm (0.04 %) en grasa con respecto al contenido de grasa iniciales.

Para las muestras de agua residual de «concentración 3» (MC3), de características iniciales: 997.88 kg/m³ de densidad, 90739.33 ppm de SST y 13.62 % o 136231.33 ppm de grasa, a la cual se aplicó solo tratamiento enzimático en la matriz experimental 05 sin adición de CaO, los resultados son: un mínimo de 6807.33 ppm (0.68 %) y un máximo de 8004 ppm (0.8 %) en grasa; logrando reducir desde 128227.33 ppm (12.82 %) a 129423.9967 ppm (12.94 %) con respecto al contenido de grasa iniciales. Esta reducción de 12.82 % de grasas en la «concentración 3», la cual es la más alta en comparación con las «concentraciones 1 y 2» se da debido a que la actividad de las lipasas se incrementa cuando el sustrato tiene concentraciones altas de grasa, las cuales forman interfaces como micelas y sistemas emulsionados, por lo tanto, es preciso tener en cuenta la estructura de las lipasas, sobre todo, el sitio activo de estas enzimas, el cual presenta un gran sitio de unión hidrofóbica que acomoda la cadena del grupo ácido del enlace éster que se va hidrolizar, el centro activo está protegido por una cubierta molecular, la cual regula la unión con el sustrato y el sustrato ingresa al centro activo cuando la enzima tiene su conformación activa y su cubierta abierta, si la lipasa se encuentra en un medio lípido – agua, la cubierta del sitio activo presenta cambios conformacionales (sistema dinámico de inverconversión entre estructuras cerradas y abiertas) descubriendo el sitio activo (Ortellado, 2019).

Ortellado, (2019) al indicar que las lipasas forman interfaces como micelas y sistemas emulsionados en concentraciones altas de grasas, es porque las enzimas lipolíticas actúan sobre las grasas suspendidas en agua, mediante un proceso conocido como hidrólisis, donde las moléculas de agua se utilizan para romper los enlaces químicos en los lípidos,

descomponiéndolos en componentes más pequeños, a través de la emulsificación, la cual aumenta la superficie de contacto entre las grasas y las enzimas, una vez emulsionadas las grasas las enzimas catalizan la hidrólisis de los «enlaces ester» presentes en los lípidos, dividiendo las grasas en glicerol y ácidos grasos, los cuales forman micelas que son estructuras esféricas que encapsulan los productos solubles en agua, manteniéndolos en suspensión y evitando que se agrupen nuevamente en grandes gotas de grasa.

Con respecto al tratamiento orgánico con enzimas lipolíticas; Sarac & Ugur, en 2016; identificaron y caracterizaron una nueva lipasa, denominada «LipAH02 – 30» producida a partir de la bacteria *Acinetobacter Haemolyticus*, la cual permite eliminar el aceite y la grasa de las aguas residuales de cocina. Esta enzima resultó ser estable a un rango de pH entre 5 y 11, y temperaturas a más de 4 °C, presentando una actividad del 90 % incluso después de 60 días. Así también, mantiene su actividad en presencia de diversos tensioactivos, agentes oxidantes, proteasas y detergentes comerciales; los cuales son empleados a nivel industrial como en el caso de la industria de conserva de pescado en las etapas de limpieza y lavado antes y después de cada proceso.

Así también; Gil Morales et al., 2022; demuestra que existe variación de pH al aplicar tratamientos con bacterias lipolíticas con concentraciones de 2 % en aguas residuales de la industria metalmeccánica, cuyas características iniciales fueron: 700 mg/L de grasas y 725 NTU de turbidez; dándose una variación en turbidez de 652.3 NTU para tratamiento bacteriano (5 días) y 311.8 NTU para tratamiento bacteriano filtrado (5 días); demostrando que las bacterias lipolíticas degradan las grasas y aceites, ya que, su acción enzimática degrada sustancias oleosas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El tamaño de partícula facilita la solubilidad de los componentes activos de las semillas, mientras más pequeñas son las partículas, mayor es el área de superficie de contacto, permitiendo una distribución uniforme aumentando la eficiencia de la extracción de compuestos solubles (absorción de grasas) en el agua de sanguaza y agua residual; por ende, 125 μm (0.0049 in) y 8 % de humedad, son las características tecnológicas de los polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* que permiten obtener esta efectividad y rendimiento. Los parámetros de control de las operaciones de, selección de semillas la cual se da en estado maduro y seco en la misma planta, secado a 45 °C por 96 horas, molienda a 8000 rpm y tamizado con tamices N.º30, N.º45, N.º 60, N.º80 y N.º 120, vibración digital de 7 mm por 15 min, permiten estandarizar las características tecnológicas de los polvos de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

Las características físico químicas de las tres concentraciones (MC1, MC2 y MC3) de agua de sanguaza y agua residual de lavado y limpieza provenientes del proceso de conserva de pescado, varían de forma proporcional al contenido de grasa proveniente de las especies de pescados empleados para la elaboración de conserva, así como el tipo y periodo de limpieza que se dé antes, durante y después del proceso de producción de conserva de pescado y por el tipo agentes de limpieza y desinfección usados, por ende esto es reflejado en el contenido de grasa; 0.34 % de grasa en la «concentración 1» (MC1), 0.65 % de grasa en la «concentración 2» (MC2) y 13.62 % en la «concentración 3» (MC3); en pH; donde la «concentración 1» (MC1) posee 6.72, la «concentración 2» (MC2) posee 6.49 y la «concentración 3» (MC3) posee 6.6 y en el contenido de sólidos suspendidos totales, donde 220 ppm de SST es en la «concentración 1» (MC1), 4314 ppm es en la «concentración 2» (MC2) y 90739.33 ppm es en la «concentración 3» (MC3).

El tratamiento con los polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* como agentes coagulantes y floculantes, no modifica significativamente el valor de pH en las muestras tratadas dentro de las 5 matrices experimentales, por lo que su aplicación en las 03 concentraciones permite estar dentro del rango de 5 a 9 valores de pH establecidos en la normativa vigente. Los valores iniciales de pH en MC1, MC2 y MC3 son 6.72, 6.49 y 6.6 respectivamente de acuerdo a la optimización realizada los valores óptimos de pH para MC1, MC2 y MC3 son 7.19 (con 0.413 g de *Crotalaria* y 0.5 g de *Leucaena*), 6.85 (con 0.350 g de *Crotalaria* y 0.125 g de *Leucaena*) y 6.90 (con 0.125 g de *Crotalaria* y 0.125 g de *Leucaena*); donde los valores entre paréntesis son las concentraciones de las dosificaciones óptimas para cada semilla.

El tratamiento con los polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* como agentes coagulantes y floculantes, si modifica significativamente el valor de los sólidos suspendidos totales en las «concentraciones 1 y 3» (MC1 y MC3) muestras tratadas en las matrices experimentales 01 y 05, de las cuales MC1 tiene bajo contenido de grasa (0.34 %) y MC3 alto contenido de grasa (13.62 %), en ambas se permite que el efluente tratado este dentro del rango de 700 ppm, valor de SST establecido por la normativa vigente (D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM). Los valores iniciales de SST en MC1, MC2 y MC3 son 220 ppm, 4314 ppm y 90739.33 ppm respectivamente, la optimización permite establecer valores mínimos de SST para MC1, MC2 y MC3 de 500.85 ppm (con 0.5 g de *Crotalaria* y 0.125 g de *Leucaena*), 1478.83 ppm (con 0.387 g de *Crotalaria* y 0.125 g de *Leucaena*) y 63 ppm (con 0.125 g de *Crotalaria* y 0.125 g de *Leucaena*); donde los valores entre paréntesis son las concentraciones de las dosificaciones óptimas para cada semilla.

Las propiedades absorbentes de grasa por parte de los polvos de las semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* se asocian con la acción del tratamiento enzimático previo, el cual descompone las grasas suspendidas en agua, al emulsionarlas, catalizar la hidrólisis de los enlaces ester y facilitar la formación de micelas en suspensión; por lo tanto, el tratamiento con los polvos de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.* como agentes coagulantes y floculantes, si modifica significativamente el contenido de grasa (% y ppm) en las 03 concentraciones (MC1, MC2 y MC3) de las muestras tratadas dentro

de las matrices experimentales 05, 06 y 07, la aplicación en las 03 concentraciones, no llegan a estar dentro del rango de 350 mg/L (350 ppm o 0.035 %) valor establecido por la normativa vigente en el D.S. N.º 010 – 2018 – MINAM; Los valores iniciales de grasa en MC1, MC2 y MC3 son 3429.33 ppm (0.34 %), 6496 ppm (0.65 %) y 136231.33 ppm (13.62 %) respectivamente, la optimización permite establecer valores mínimos de grasa para MC1, MC2 y MC3 de 3268 ppm (0.33 %) (con 0.5 g de Crotalaria y 0.5 g de Leucaena), 5505 ppm (0.55 %) (con 0.125 g de Crotalaria y 0.5 g de Leucaena) y 6807 ppm (0.68 %) (con 0.125 g de Crotalaria y 0.125 g de Leucaena); donde los valores entre paréntesis son las concentraciones de las dosificaciones óptimas para cada semilla, que permiten reducir el contenido de grasa en las tres concentraciones en un % significativo de 0.01 % en MC1, 0.1 % en MC2 y 12.94 % en MC3.

La aplicación constante de 0.8 % de Óxido de Calcio (CaO) junto a los tratamientos con polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. en las matrices experimentales 02 y 04, para las concentraciones MC1 y MC2, no modifica significativamente los valores de pH dentro de cada matriz experimental, pero si hay incremento de los valores de pH en comparación con las matrices experimentales de la misma concentración que no aplican tratamientos con CaO (matrices experimentales 01 y 03); con respecto a turbidez, la aplicación de CaO no modifica significativamente los valores de NTU dentro de cada matriz experimental (matrices experimentales 02 y 04), pero si hay disminución de los valores de NTU en comparación con las matrices experimentales de la misma concentración que no aplican tratamientos con CaO (matrices experimentales 01 y 03); con respecto a sólidos totales la aplicación de CaO no modifica significativamente los valores de ST (ppm) dentro de cada matriz experimental (matrices experimentales 02 y 04), pero si hay incremento de los valores de ST (ppm) en comparación con las matrices experimentales de la misma concentración que no aplican tratamientos con CaO (matrices experimentales 01 y 03) y finalmente con respecto a sólidos suspendidos totales la aplicación de CaO no modifica significativamente los valores de SST (ppm) dentro de cada matriz experimental (matrices experimentales 02 y 04), pero si disminuye los valores de SST (ppm) en comparación con las matrices experimentales de la misma concentración que no aplican tratamientos con CaO (matrices experimentales 01 y 03).

5.2. RECOMENDACIONES

Implementar un tercer factor de estudio (variable independiente) en el diseño de experimento, como la oxigenación a través de la inoculación de aire al test de jarras, basándose en tiempos de inoculación para ver su influencia en los valores de pH, contenido de sólidos totales, sólidos suspendidos totales, turbidez y grasa en el agua tratada.

Realizar un pre acondicionamiento del polvo de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*, antes de ser agregadas al test de jarras; así también, realizar un pre acondicionamiento como incremento de temperaturas (al menos tres niveles) a las aguas residuales, para evaluar si presentan efecto en las variables dependientes como los valores de pH, contenido de sólidos totales, sólidos suspendidos totales, turbidez y grasa.

Considerando que existen tratamientos enzimáticos usados en los tratamientos de aguas residuales provenientes de la industria pesquera; donde se emplean enzimas específicas, como las enzimas proteolíticas, lipolíticas y amilolíticas, para descomponer y degradar los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales; se recomienda evaluar cada tipo de enzima para las muchas concentraciones de agua residual que se generan debido a las etapas de pre proceso, proceso y post procesos ya que la concentraciones de estas aguas residuales varían de acuerdo a la carga orgánica de las etapas mencionadas.

Evaluar los tratamientos enzimáticos (enzimas proteolíticas, lipolíticas y amilolíticas) y su asociación con los floculantes y coagulantes orgánicos naturales provenientes de las semillas de plantas que crecen de manera silvestre, las que a su vez son de fácil adaptación para su siembra y cosecha.

Aplicar al estudio realizado otro diseño experimental para evaluar el comportamiento de las variables a nivel estadístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Public Health Association International. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. Washington, APHA, AWWA, WWCF. pp. 2 - 56.
- Alva, J. (2009). Calidad de recepción de materia prima y aumento de eficiencia en recuperación de aceite a partir del agua de bombeo en una planta pesquera. (Tesis para optar el título de ingeniero mecánico). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- AOAC. (2004). Official Methods of Analysis. 18th. Edition
- Arcila, H., & Peralta, J. (2016). Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 11(2), 136-153.
- Atudorei, D., Stroe, S.-G., & Codină, G. G. (2021). Impact of germination on the microstructural and physicochemical properties of different legume types. *Plants*, 10(3), 592. <https://doi.org/10.3390/plants10030592>
- Avendaño, N. (2011). Revisión taxonómica del género *Crotalaria* L. (Faboidae-Crotalarieae) en Venezuela. *Acta Botanica Venezuela*, vol.34(1), pp.13-78. ISSN 0084-5906
- Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos*. México, Pearson Educación.
- Baumann, E. R. (1971). Water quality and treatment. A handbook of public water supplies. 3th ed. AWWA. McGraw –Hill.
- Bhattacharya, S. y Malleshi, NG (2012). Características físicas, químicas y nutricionales de leguminosas verdes maduras y procesadas prematuramente. *Revista de ciencia y*

tecnología de los alimentos, 49 (4), 459–466. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0299-y>

Bravo, M. (2017). Coagulantes y Floculantes Naturales Usados en la Reducción de Turbidez, Sólidos Suspendidos, Colorantes y Metales Pesados en Aguas Residuales. p.7.

Cabrera C. (2002). Estudio de la contaminación de las aguas costeras en la bahía de Chancay: propuesta de recuperación. pp. 159 – 163.

Cadenillas, Y. (2015). Chimbote de Pie por la Recuperación Ambiental de la Bahía El Ferrol - Perspectivas Jurídicas. [On Line]. Disponible en:
www.chimbotenlinea.com/sites/default/files/chimbote_de_pie_bahia.docx

Capa, S. & Moore, J. (2016). *Determinación de la dosis optima del coagulante sulfato férrico a partir del pH en el tratamiento del agua de bombeo para la recuperación de harina de pescado de la empresa pesquera Cantabria S.A. Coishco*. (Tesis para optar el título de ingeniero químico). Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Cárdenas, Y. A. (2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación. Recuperado el 23 de noviembre de 2023.

Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf

Cardoso, K. C; Bergamasco, R; Cossich, E. S.; Moraes, L. C. K. (2008). Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera Lam. v. 30, n. 2, pp. 193-198

Clavero T. (1998) *Leucaena leucocephala*. Alternativa para la alimentación animal. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Maracaibo, Venezuela: Universidad del Zulia.

- Cornell, J. A. (2002). *Experiments with Mixtures: Designs Models and the Analysis of Mixture Data* (en línea). 3 ed. Nueva York, Estados Unidos, John Willey & Sons. 649p. Consultado 07 mar. 2016. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=piWpe3yEAjYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- De Angelis, A., Gasco, L., Parisi, G., & Danieli, P. P. (2021). A multipurpose leguminous plant for the Mediterranean countries: *Leucaena leucocephala* as an alternative protein source: a review. *Animals*, *11*(8), 2230.
- Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE. (2008). Límites máximos permisibles (LMP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas Complementarias. p. 371510
- Delgado, C. V. (2016). Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos de floculantes naturales y químicos en 3 tipos de agua residual pre y post tratamiento. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. p. 17.
- Espinoza, J., García, T., Acosta, M. (2006). Evaluación de los factores que inciden en el comportamiento reológico de una suspensión de esmalte para baldosas (en línea).
- Espinoza, M. (2016). *Propuesta de adición de lodos recuperados del agua de bombeo para mejorar el rendimiento de harina de pescado en una empresa pesquera*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Fennema, Oregon (1996). *Química de los alimentos* (Vol. 76). Prensa CRC.
- Flaten, T. (2001). Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Brain research bulletin*, *55*(2), pp. 187-196.

- Foresto, E. (2021). ¿Qué es una leguminosa y cómo se clasifican?: Una actualización para estudiantes de nivel medio y superior. Recuperado el 26 de noviembre de 2023, de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/186050/CONICET_Digital_Nro.fb_b64197-d38f-45fa-89d4-b24f2cda9981_B.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Furlan, R. (2008). Avaliação da eficiência do processo de coagulação- floculação e adsorção no tratamento de efluentes têxteis. Dissertação. Departamento de engenharia química. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis.
- García D., Wencomo H., Gonzáles M., Medina M., Cova L. (2008). Caracterización de diez cultivares forrajeros de leucaena leucocephala basada en la composición química y la degradabilidad ruminal. Rev.MVZ Córdoba 13(2):1294-1303.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012202682008000200004
- García, J., & Ayala J. (2013). Diseño de un sistema automatizado para la mejora en la etapa de filtrado de sólidos de agua sanguaza en la corporación pesquera Copeinca SAC- planta Chimbote. pp.22 – 35.
- Gil Morales, JA, Rincón Rozo, T., & Salinas Garzón, E. (2022). Tratamiento de grasas y aceites por medio de bacterias lipolíticas en aguas residuales de industria metalmecánica. *Publicaciones e investigaciones*, 16 (1). <https://doi.org/10.22490/25394088.5632>
- Giordano, G. (2013). Tratamento de efluentes industriais. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro.
- Grether R., Martínez-Bernal A., Luckow M., Zárata S. (2006). Flora del Valle de Tehuacán - Cuicatlán. Fascículo 44. MIMOSACEAE Tribu Mimoseae. Instituto de Biología. Departamento de Botánica. Universidad Nacional Autonoma de Mexico. pp. 34 – 37.

- Gutiérrez, H.; De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. 2 ed. México, McGraw-Hill/Interamericana Editores. p. 564.
- Hughes, C. (1998). *Monograph of Leucaena (Leguminosae-Mimosoideae)*.
- Kato-Noguchi, H., & Kurniadie, D. (2022). Allelopathy and allelochemicals of *Leucaena leucocephala* as an invasive plant species. *Plants*, *11*(13), 1672.
- Lenzi, E.; Favero, L.; Luchese, Bernardi E.; (2009). *Introdução a Química da Água*. Rio de Janeiro: LTC
- Licskó, I. (1997). Realistic coagulation mechanisms in the use of aluminium and iron (III) salts. *Water Science Technology*, v. 40, n. 4-5, pp. 103-111.
- Lora, E. (2000). *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e transporte*. ANEEL, Brasília
- Lohse Muñoz, J. (2016). *Asociación de plantas del género Crotalaria Spp. con la enfermedad caballo loco en Isla de Pascua* (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello).
- Maldonado García, S. J. (2017). *Coagulantes químicos de reciente generación, tendencias de uso, precio y dosificación en Colombia y el Mundo*. *Coagulantes químicos de reciente generación, tendencias de uso, precio y dosificación en Colombia y el Mundo [Trabajo de Grado Pregrado, Universidad de Pamplona]*. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona.
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1451>
- Maldonado, Silvina, & Sammán, Norma. (2000). Composición química y contenido de minerales de leguminosas y cereales producidos en el noroeste argentino. *Archivos*

- Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2), 195-199. Recuperado en 31 de agosto de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000406222000000200014&lng=es&tlng=es.
- Martínez D., Magaly C., Altamira D., Elsa C. y Nola F. (2003). Eficiencia del cactus lefaria para su uso como coagulante en la clarificación de aguas. *Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. (RTFIUZ)*. pp. 26, 27-33.
- Mera Zambrano, J. M., & Zambrano Rendón, J. C. (2023). *Evaluación de la influencia de coagulantes naturales Moringa oleífera y Cassia fistula L., en remoción de nitrógeno y fósforo en agua residual doméstica*. Calceta: ESPAM MFL.
- Mishra C., Srivastava R., Singh S. (1986). Pattern of biomass accumulation and productivity of *Leucaena leucocephala* var, K-8 under different spacing. *Indian Forrest*; 112(8): 743-746.
- NAS. (1984) *Leucaena: promising forage and tree crop for the tropics*. 2nd Ed. Washington, DC: National Academy of Science.
- Navas, G., & Bernal, J. (1999). Caracterización de leguminosas como abono verde para los sistemas de producción del Piedemonte Llanero y Altillanura Colombiana. *Boletín técnico*, 16.
- NIST (National Institute of Standards and Technology)/SEMATECH (Semiconductor Manufacturing Technology). (2012). *e-Handbook of Statistical Methods* (en línea). Estados Unidos. Consultado 10 dic. 2015. Disponible en: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>.
- Núñez, C. (2014). Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de histamina. pp. 9 – 34.

- Ortellado, M. E. (2019). Aplicación de lipasas de *Penicillium* sp. en la biodegradación de aguas residuales ricas en lípidos.
- Pereira, J. R. D. S. (2023). Análise fitoquímica do extrato etanólico das folhas de *Crotalaria pallida* Aiton.
- Razz R., Clavero T., Vergara J. (2004). Cinética de degradación in situ de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Revista Científica FCV-LUZ*; XIV (5): 424-430.
- Revista Ingeniería UC 13(1):26-35. Consultado 04 mar. 2016. Disponible en:
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v13n1/13-1-3.pdf>
- Sánchez, J., & Icochea, E. (1968). Evaluación preliminar de las pérdidas de sólidos en el agua de sangre (sanguaza) de anchoveta en la industria harinera del Perú. IMARPE. pp. 36 y 37.
- Sandbol, P. (1993). Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad. IX Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, España, 8. p.1.
- Sanghi, R., Bhattacharya, B., Dixit, A., e Singh, V. (2006). Goma de semente de *Ipomoea dasysperma*: Um coagulante natural eficaz para a descoloração de soluções de corantes têxteis. *Jornal de gestão ambiental*, 81 (1), pp. 36-41.
- Sarac, N. y Ugur, A. (2016). Una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales oleosas: lipasa de *Acinetobacter haemolyticus* NS02 – 30. *Desalinización y Tratamiento de Aguas*, 57 (42), 19750-19759. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1106346>

- Schoenhals, M. (2006). Avaliação da Eficiência do Processo de Flotação Aplicado ao Tratamento Primário de Efluentes de Abatedouro Avícola. Dissertação. Departamento de engenharia química. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, fev.
- Schütz R., Flores A., Teresinha S., Rios de Moura B.; (2004). O gênero *Senna* (Leguminosae, Caesalpinioideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta bot. bras.* 19(1): 1-16. 2005; www.scielo.br/abb
- Severiche, C., Castillo M., Acevedo R. (2013). Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas. *Biblioteca Virtual eumed.net*, (1326), pp. 36 – 46.
- Shak, KPY y Wu, TY (2014). Tratamiento de coagulación-floculación de aguas residuales agroindustriales de alta resistencia utilizando goma de semilla natural de *Cassia obtusifolia*: eficiencias del tratamiento y caracterización de flóculos. *Revista de Ingeniería Química (Lausana, Suiza: 1996)*, 256, 293-305. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.06.093>
- Shak, KPY y Wu, TY (2015). Uso optimizado de alumbre junto con goma de semilla de *Cassia obtusifolia* no modificada como coagulante auxiliar en el tratamiento del efluente de la fábrica de aceite de palma bajo el pH natural de las aguas residuales. *Cultivos y Productos Industriales*, 76, 1169-1178. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.072>
- Šibiban, M., Klačnja, M., Antov, M., e Škrbić, B. (2009). Remoção da turbidez da água por coagulantes naturais obtidos a partir de castanha e bolota. *Bioresource Technology*, 100 (24), pp. 6639-6643.

Simón L. (1998). Del monocultivo de pastos al silvopastoreo. La experiencia de la EEPF IH. En: Los árboles en la ganadería (Ed). Tomo I. Silvopastoreo. EEPF “Indio Hatuey” Matanzas, Cuba: L. Simón.

Solís R., Laines C, Ramón J, y Hernández J. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(3): pp. 229-236.

SOUZA, A. F. D. D., & SOUZA, D. J. F. D. C. (2021). Coloração dos frutos como índice de maturação para sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Sushobhan Ukil, Subrata Laskar & Raj Narayan Roy (2016) Physicochemical characterization and antibacterial activity of the leaf oil of *Crotalaria pallida* Aiton, *Journal of Taibah University for Science*, 10:4, 490-496, DOI: 10.1016/j.jtusci.2015.07.001

Tarón-Dunoyer, A. A., Guzmán-Carrillo, L. E., & Barros-Portnoy, I. (2017). Evaluación de la *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *Orinoquia*, 21(1), 73. <https://doi.org/10.22579/20112629.396>

United States Environmental Protection Agency. Cincinnati. (1983). *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*.

Páginas Web:

Del Águila, J. (Publicado: 28 noviembre 2015; Revisado: 03 de mayo del 2018). Parámetros físicos, parámetros químicos, parámetros biológicos y gases en el agua, solubilidad de gases en el agua. www.prezi.com. [On Line]. Disponible en: <https://prezi.com/rboyxf7l95yb/parametros-fisicos-parametros-quimicos-parametros-biologic/>

Manual de Legislación Ambiental (Fecha de consulta: 22 de abril, 2018). El derecho Ambiental: Ley general del ambiente. [On Line] Disponible en: http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=4714

Manual de Legislación Ambiental (Fecha de consulta: 22 de abril, 2018). El Sector pesquero: Normas de Protección Ambiental – Límites Máximos Permisibles. [On Line]. Disponible en: http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=648&Itemid=3630

Parrotta J. (1992). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Leucaena*, tantan. Leguminosae (Mimosoideae) Legume family. New Orleans, LA, USA:USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. [On Line] Disponible en: [http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/sm_iitf052%20%20\(8\).pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/sm_iitf052%20%20(8).pdf)

Real Academia Española. (2018). Fecha de consulta: 22 de abril, 2018). Definición de Polisacárido. [On Line]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=TZBF7im>

The Plant List. (2010). A working list of all plant species. [On Line]. Disponible en: <http://www.theplantlist.org/tpl/search?q=Crotalaria>

Wikipedia La Enciclopedia Libre. (Se editó esta página por última vez el 4 oct 2017 a las 06:45). (Fecha de consulta: 22 de abril, 2018). Definición de coagulante. [On Line]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Coagulante>

Wikipedia La Enciclopedia Libre. (Se editó esta página por última vez el 26 abr 2018 a las 19:27.) Fecha de consulta: 22 de abril, 2018). Definición de floculante. [On Line].
Disponible en:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculante>

Wikipedia La Enciclopedia Libre. (Se editó esta página por última vez el 11 nov 2017 a las 01:49.). Fecha de consulta: 22 de abril, 2018). Definición de mucilago. [On Line].
Disponible en:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Muc%C3%ADlago>

Wikipedia La Enciclopedia Libre. (Se editó esta página por última vez el 10 abr 2018 a las 14:08.). Fecha de consulta: 22 de abril, 2018). Definición de almidón. [On Line].
Disponible en:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>

ANEXOS

Anexo 1.

Caracterización fisicoquímica de semillas de *Crotalaria P.* y *Leucaena L.*

A.1.1. Procedimiento para la determinación de acidez

- Se pesó 10 gr de cada muestra previamente triturada y tamizada.
- Se diluyó cada 10 gr en 500 ml de agua destilada, luego se homogenizaron las mezclas; donde su factor de dilución, resultó ser 1/50 ó 0.2 homogenizar la muestra.
- Se agregó 5 gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 N hasta que se tornó de color rosado por más de 10 segundos.
- Se anotó el gasto de NaOH 0.1 N en la siguiente tabla.

Tipos de semillas	Gasto de hidróxido de sodio (ml)				Desviación estándar
	Gasto 1 (ml)	Gasto 2 (ml)	Gasto 3 (ml)	Gasto promedio (ml)	
<i>Crotalaria P.</i>	4.7	5.7	5	5.1	0.51
<i>Leucaena L.</i>	18.6	21.8	19.5	20.0	1.65

- Se calculó la acidez mediante la siguiente fórmula.

$$Ac = \frac{G * N * meq}{peso} * Fd$$

Donde:

G: Gasto

N: Normalidad

meq: Miliequivalente del ácido predominante

Fd: factor de dilución

Variables para cálculo de % de Acidez	Valores numéricos	
Normalidad	0.1	N
Miliequivalente del ácido predominante	<i>Crotalaria P.</i> Ácido Málico: 0.067	<i>Leucaena L.</i> Ácido ferúlico: 0.19419
Fd (factor de dilución)	1/50	0.02

Tipos de semillas	Acidez (%)				Desviación estándar
	Acidez 1 (%)	Acidez 2 (%)	Acidez 3 (%)	Acidez promedio (%)	
Crotalaria P.	0.006298	0.007638	0.0067	0.0069	0.0006876
Leucaena L.	0.07223868	0.08466684	0.0757341	0.0775	0.00640925

A.1.2. Procedimiento para la determinación de pH

- Colocamos en vasos de precipitación 10 g de cada muestra de Crotalaria P. y Leucaena L., ambas muestras en presentación de harina tamizada.
- Añadimos agua destilada hasta enrazar a 500 ml, agitamos y homogenizamos suavemente.
- Dejamos en reposo los recipientes de ambas muestras para que el líquido se decante, ya que había partículas en suspensión.
- Medimos el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro (pHmetro; marca: Thermo Scientific, Modelo: Orion Star A214), en los vasos de precipitación de cada muestra, cuidando que estos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas.
- Se anotó los pH en la siguiente tabla.

Temperatura (°C)	pH de la Crotalaria P.	Temperatura (°C)	pH de la Leucaena L.
27.7	6.63	27.9	6.21
28.2	6.5	27.7	6.5
28.6	6.47	27.9	6.13
28.7	6.36	27.9	6.13
28.3	6.49 ± 0.11	27.85	6.24 ± 0.18

A.1.3. Procedimiento para la determinación de cenizas: Método de incineración en mufla (NTE INEN 520)

- Pesamos los crisoles porta muestra vacíos.
- Pesamos entre 3 a 5 gramos de muestra.
- Colocamos los crisoles con la muestra en una cocina eléctrica, para calcinar hasta ausencia de humos.
- Transferimos los crisoles con las muestras calcinadas a la mufla e incineramos de 500 – 550 °C, hasta obtener cenizas libres de residuos carbonosos (esto se obtiene al cabo de 3 a 4 horas).
- Sacamos los crisoles y colocamos en el desecador para enfriar y posteriormente pesar.
- Se anotó los pesos de ambas muestras de semillas calcinadas en la siguiente tabla.

Pesos (g)	Crotalaria P.	Leucaena L.
	45.0113	24.4701
	45.0114	24.4700
	45.0115	24.4697
Peso del crisol vacío # 01	45.0114	24.4699
	50.0599	27.5535
	50.0664	27.5610
	50.0579	27.5690
Peso del crisol más muestra # 01	50.0614	27.5612
	45.1589	24.5636
	45.1591	24.5671
	45.1593	24.5669
Peso del crisol más muestra incinerada # 01	45.1591	24.5659
% cenizas muestra # 01	2.9287	3.1034
	43.5286	43.6338
	43.5299	43.6339
	43.5324	43.6340
Peso del crisol vacío # 02	43.5303	43.6339
	48.2954	46.6956
	48.3006	46.6959
	48.2995	46.6961
Peso del crisol más muestra # 02	48.2985	46.6959
	43.6245	43.7297
	43.6258	43.7298
	43.6283	43.7299
Peso del crisol más muestra incinerada # 02	43.6262	43.7298
% cenizas muestra # 02	2.01194	3.13306

Pesos (g)	Crotalaria P.	Leucaena L.
	47.8506	32.4329
	47.8199	32.4328
	47.8175	32.4327
Peso del crisol vacío # 03	47.8293	32.4328
	52.5561	35.4689
	52.5594	35.4691
	52.5590	35.4690
Peso del crisol más muestra # 03	52.5582	35.4690
	47.9293	32.5288
	47.9297	32.5287
	47.9301	32.5286
Peso del crisol más muestra incinerada # 03	47.9297	32.5287
% cenizas muestra # 03	2.12315	3.15965
% cenizas promedio	2.3546 ±0.50	3.1320 ±0.03

- La determinación se hizo hacerse por triplicado mediante la siguiente formula.

$$\%C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100$$

Donde:

%C = Porcentaje de ceniza

m = masa del crisol vacío en gramos

m1 = masa del crisol con la muestra antes de la incineración en gramos.

m2 = masa del crisol con las cenizas después de la incineración en gramos.

A.1.4. Procedimiento para la determinación de humedad.

- Seleccionamos las placas petris seleccionadas para realizar el experimento y rotulamos con la codificación referente a cada muestra de semilla.
- Esterilizamos las placas petris en una estufa por 40 min, con el objetivo de eliminar la humedad, luego dejamos enfriar en una campana de desecación.
- Las muestras de semillas a evaluar se acondicionan con las características de una harina, molida y tamizada, esto es por la naturaleza propia de las semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.
- Pesamos 5 gr por cada muestra de semillas molidas y registramos el peso.
- Colocamos las placas Petri con las muestras de cada semilla en una estufa programada y estabilizada a 130 °C, por un tiempo de 3 horas.

- Sacamos las muestras de la estufa y luego las colocamos en una campana de desecación con el fin de enfriar en un periodo de 15 min.
- Retiramos las muestras de la campana de desecación, pesamos y registramos los datos, como se muestra en la siguiente tabla.

Pesos (g)	Crotalaria P.	Leucaena L.
	42.6447	39.6813
	42.6518	39.6730
	42.6591	39.6662
Peso de la placa vacía # 01	42.6519	39.6735
	5.0438	5.0418
	5.0474	5.0743
	5.0515	5.0553
Peso de la muestra # 01	5.0476	5.0571
	47.6885	44.7231
	47.6992	44.7473
	47.7106	44.7215
Peso de la placa más muestra # 01	47.6994	44.7306
	47.4045	44.4997
	47.4047	44.5006
	47.4051	44.5005
Peso de la placa más muestra seca # 01	47.4048	44.5003
	4.7598	4.8184
	4.7529	4.8276
	4.7460	4.8343
Peso de la muestra seca	4.7529	4.8268
% humedad muestra # 01	5.8378	4.5553
	42.2195	43.8531
	42.2239	43.8532
	42.2300	43.8535
Peso de la placa vacía # 02	42.2245	43.8533
	5.0942	5.1204
	5.0900	5.1210
	5.1017	5.1205
Peso de la muestra # 02	5.0953	5.1206
	47.3137	48.9735
	47.3139	48.9742
	47.3317	48.9740
Peso de la placa más muestra # 02	47.3198	48.9739
	47.0302	48.7171
	47.0303	48.7182

Pesos (g)	Crotalaria P.	Leucaena L.
	47.0312	48.7192
Peso de la placa más muestra seca # 02	47.0306	48.7182
	4.8107	4.8640
	4.8064	4.8650
	4.8012	4.8657
Peso de la muestra seca # 02	4.8061	4.8649
% humedad muestra # 02	5.6758	4.9942
	49.8454	44.0250
	49.8458	44.0180
	49.8482	44.0146
Peso de la placa vacía # 03	49.8465	44.0192
	5.0721	5.2606
	5.0730	5.2623
	5.0729	5.2636
Peso de la muestra # 03	5.0727	5.2622
	54.9175	49.2856
	54.9188	49.2803
	54.9211	49.2782
Peso de la placa más muestra # 03	54.9191	49.2814
	54.5777	49.0195
	54.5795	49.0309
	54.5799	49.0469
Peso de la placa más muestra seca # 03	54.5790	49.0324
	4.7323	4.9945
	4.7337	5.0129
	4.7317	5.0323
Peso de la muestra seca # 03	4.7326	5.0132
% humedad muestra # 03	6.7046	4.7306
% humedad promedio	6.07 ±0.55	4.76 ±0.22

- Calculamos y expresamos los resultados de humedad, como pérdida de masa de agua referida a 100 gr de la muestra inicial (original).

$$\% H = \frac{P_1 - P_2}{P} * 100$$

Donde:

% H = Porcentaje de humedad

P = peso de muestra original en gramos.

P₁ = peso de la muestra húmeda en gramos.

P₂ = peso de la muestra seca en gramos.

Anexo 2.

Caracterización fisicoquímica (pH, turbidez, ST, SST y grasa) de las tres concentraciones de muestras residuales (agua de lavado) provenientes de la conserva de pescado

A.2.1. Procedimiento para la determinación de PH

- Colocamos 500 ml de cada concentración de muestra residual en vasos precipitados de 500 ml.
- Homogenizamos suavemente las muestras con una bagueta (varilla) de vidrio cada concentración de muestra residual proveniente de la conserva de pescado.
- Medimos y registramos la temperatura de las muestras.
- Medimos el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro (Sensor de pH PASPORT Scientific), en los vasos de precipitación de cada muestra, cuidando que estos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas.
- Medimos y registramos el pH de cada muestra.

A.2.2. Procedimiento para la determinación de turbidez (NTU)

- Se calibra el equipo de medición de turbidez; turbidímetro – marca: Thermo scientific – modelo: Orion AQ3700 – S/N: 14/6260; mediante la selección de un vial estándar de 10 NTU, donde para realizar este paso de la calibración se puede usar viales de 1, 10, 100 y 1000 NTU, según la muestra a analizar, previa a consulta bibliográfica de la turbidez de las muestras a analizar.
- Seleccionado el vial para la calibración del rango turbidez, se coloca la tapa del frasco y se inserta en la cámara del equipo turbidímetro – marca: Thermo scientific – modelo: Orion AQ3700 – S/N: 14/6260
- La lectura de la turbidez se realiza pulsando en el equipo turbidímetro – marca: Thermo scientific – modelo: Orion AQ3700 – S/N: 14/6260, el selector 09.
- La medición se realiza por triplicado, luego se procede a registrar la lectura.
- Después de calibrar el equipo según el rango de turbidez a analizar (1, 10, 100 y 1000 NTU), se procede a seleccionar las muestras a analizar.
- Seleccionada la muestra, se procede agregar 13 ml de la muestra seleccionada en un vial transparente de vidrio de $\phi = 24\text{mm}$; el cual debe estar limpio, seco, libre de impurezas y rayaduras u cualquier otra anomalía.

- Se tapa el vial que contiene la muestra y se inserta en la cámara del equipo turbidímetro – marca: Thermo scientific – modelo: Orion AQ3700 – S/N: 14/6260
- La lectura de la turbidez se realiza pulsando en el equipo turbidímetro – marca: Thermo scientific – modelo: Orion AQ3700 – S/N: 14/6260, el selector 09.
- La medición se realiza por triplicado, luego se procede a registrar la lectura.

A.2.3. Procedimiento para la determinación de sólidos totales (ST)

- Pesamos por triplicado un vaso precipitado de 50 ml y anotamos los pesos.
- Esterilizamos el vaso precipitado en una estufa a 140 °C por 60 min, con el objetivo de eliminar el contenido de humedad.
- Enfriamos el vaso precipitado dentro de una campana de desecación durante 15 minutos.
- Pesamos por triplicado y registramos el peso del vaso precipitado.
- Medimos 50 ml de muestra en una probeta graduada de vidrio y agregamos al vaso precipitado.
- Pesamos por triplicado y registramos el peso del vaso precipitado que contiene los 50 ml de la muestra de agua residual.
- Colocamos el vaso precipitado que contienen la muestra en una estufa a 120 °C por 24 horas, este paso está sujeto hasta observar que todo lo líquido se haya evaporado.
- Retiramos el vaso precipitado más la muestra seca y procedemos a colocarlo a una campana de desecación durante 15 minutos.
- Pesamos por triplicado y registramos el peso final del vaso precipitado con la muestra seca.
- Calculamos y expresamos los resultados de Sólidos Totales (ST), como pérdida de masa de agua referida a 50 ml de la muestra inicial.

$$ST \text{ (ppm)} = \frac{(W_2 - W_1)_g}{V_{ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1L} * \frac{1000 \text{ mg}}{1g}$$

Donde:

ST = Sólidos totales en partes por millón (ppm)

V = Volumen de la muestra inicial en mililitros (ml)

W₁ = Peso inicial del vaso precipitado seco en gramos (g)

W₂ = Peso final del vaso precipitado más la muestra seca en gramos (g)

Tratamiento de datos para cálculo de ST en MC1 sin tratamiento.

Wp1 (peso vaso)	Wp2 (peso vaso)	Wp3 (peso vaso)	W _v v (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco)	Wp2 (peso vaso seco)	Wp3 (peso vaso seco)	W _v s (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
49.7251	49.7244	49.7253	49.7249	0.00047	49.7184	49.7197	49.7212	49.7198	0.00140

Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	W _v s+m _h (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	W _v s+m _s (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
99.0759	99.0726	99.0692	99.0726	0.00335	49.8918	49.9	49.9058	49.8992	0.00703	3588.67

Tratamiento de datos para cálculo de ST en MC2 sin tratamiento.

Wp1 (peso vaso)	Wp2 (peso vaso)	Wp3 (peso vaso)	W _v v (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco)	Wp2 (peso vaso seco)	Wp3 (peso vaso seco)	W _v s (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
49.5088	49.5092	49.5093	49.5091	0.00026	49.4936	49.5042	49.5047	49.5008	0.00627

Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	W _v s+m _h (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	W _v s+m _s (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
98.5043	98.5001	98.4967	98.5004	0.00381	49.9153	49.923	49.9264	49.9216	0.00569	8414.67

Tratamiento de datos para cálculo de ST en MC3 sin tratamiento.

Wp1 (peso vaso)	Wp2 (peso vaso)	Wp3 (peso vaso)	W _{v_v} (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco)	Wp2 (peso vaso seco)	Wp3 (peso vaso seco)	W _{v_s} (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
50.1654	50.166	50.1661	50.1658	0.00038	50.1477	50.1535	50.1589	50.1534	0.00560

Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	W _{v_s} + m _h (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	W _{v_s} + m _s (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
99.601	99.5954	99.5912	99.5959	0.00492	54.7947	54.8003	54.804	54.7997	0.00468	92926.00

A.2.4. Procedimiento para la determinación de sólidos suspendidos totales (SST)

- Pesamos una placa Petri por triplicado y registramos los pesos.
- Esterilizamos la placa Petri en una estufa a 140 °C por 60 min, con el objetivo de eliminar el contenido de humedad.
- Enfriamos la placa Petri dentro de una campana de desecación durante 15 minutos.
- Pesamos por triplicado y registramos los pesos de la placa Petri.
- Pesamos un papel filtro de 15 cm de diámetro, por triplicado y registramos los pesos.
- Secamos el papel filtro en una estufa a 80 °C por 60 min, con el objetivo de eliminar el contenido de humedad.
- Enfriamos el papel filtro seco dentro de una campana de desecación durante 15 minutos.
- Pesamos por triplicado y registramos los pesos del papel filtro seco.
- Instalamos un sistema de filtración con embudos (diámetro de 15 cm), insertamos los papeles filtros secos y procedemos a colocamos en la parte inferior vasos precipitados de 100 ml, con el objetivo de recepcionar el filtrado.
- Medimos 50 ml de muestra en una probeta graduada y agregamos a cada embudo donde se encuentran instalados los papeles filtros y los vasos precipitados.
- Dejamos filtrar a presión atmosférica por 12 horas.
- Desinstalamos el sistema de filtración, colocamos los papeles filtro, que contienen las masas retenidas en las placas Petri secas.
- Pesamos las placas Petri que contienen lo papeles filtros con masa retenida por triplicado; registramos lo pesos.
- Colocamos las placas Petri que contienen los filtros con la muestra retenida, en una estufa a 110 °C por 2 horas, este paso está sujeto hasta observar que todo lo liquido se haya evaporado.
- Retiramos de la estufa las placas Petri que contienen los filtros con las masas de las muestras secas, y procedemos a colocarlo a una campana de desecación durante 15 minutos.

- Pesamos por triplicado y registramos el peso final de la placa Petri con el papel filtro que contiene la muestra seca.
- Es opcional pesar por triplicado y registrar el peso final del papel filtro que contiene la muestra seca, sin considerar la placa Petri.
- Calculamos y expresamos los resultados de Sólidos Suspendidos Totales (SST), como pérdida de masa de agua referida a 50 ml de la muestra inicial.

$$SST \text{ (ppm)} = \frac{(W_2 - W_1)_g}{V_{ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1L} * \frac{1000 \text{ mg}}{1g}$$

Donde:

ST = Sólidos Suspendidos totales en partes por millón (ppm)

V = Volumen de la muestra inicial en mililitros (ml)

W₁ = Peso inicial (placa seca + filtro seco) en g.

W₂ = Peso final (placa seca + filtro seco + muestra seca) en g.

Se puede considerar también:

W₁ = Peso inicial (filtro seco) en g.

W₂ = Peso final (filtro seco + muestra seca) en g.

Tratamiento de datos para cálculo de SST en MC1 sin tratamiento.

Muestra	Wpv1 (peso placa vacía)	Wpv2 (peso placa vacía)	Wpv3 (peso placa vacía)	Wpv (peso placa vacía promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso placa vacía seca)	Wp2 (peso placa vacía seca)	Wp3 (peso placa vacía seca)	Wpvs (peso placa vacía seca promedio)	Desviación estándar	Wfv1 (peso del filtro)	Wfv2 (peso del filtro)	Wfv3 (peso del filtro)	Wfv (peso filtro vacío promedio)	Desviación estándar
MC1	35.894	35.8946	35.8948	35.8945	0.000416	35.8877	35.8937	35.8935	35.8916	0.003408	2.0033	1.9999	1.9986	2.0006	0.002427

Wfvs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	Wps+fmh2 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	Wps+fmh3 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)	Wps+fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1 (peso placa seco +filtro seco+muestra seca 1)	Wps+fs+ms2 (peso placa seco +filtro seco+muestra seca 2)	Wps+fs+ms3 (peso placa seco +filtro seco+muestra seca 3)	Wps+fs+ms (peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar
1.9243	1.9471	1.9694	1.9469	0.022550	40.8916	40.7664	40.6654	40.7745	0.113316	37.8458	37.858	37.8669	37.8569	0.010593

Wfs+ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs+ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
1.9511	1.9587	1.964	1.9579	0.006484	220.00

Tratamiento de datos para cálculo de SST en MC2 sin tratamiento.

Muestra	Wpv1 (peso placa vacía)	Wpv2 (peso placa vacía)	Wpv3 (peso placa vacía)	Wpv (peso placa vacía promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso placa vacía seca)	Wp2 (peso placa vacía seca)	Wp3 (peso placa vacía seca)	Wpvs (peso placa vacía seca promedio)	Desviación estándar	Wfv1 (peso del filtro)	Wfv2 (peso del filtro)	Wfv3 (peso del filtro)	Wfv (peso filtro vacío promedio)	Desviación estándar
MC2	41.2145	41.2153	41.2146	41.2148	0.00044	41.2099	41.2133	41.2138	41.2123	0.00212	1.9731	1.9704	1.9689	1.9708	0.00213

Wfvs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	Wps+fmh2 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	Wps+fmh3 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)	Wps+fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 1)	Wps+fs+ms2 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 2)	Wps+fs+ms3 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fs+ms (peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar
1.8929	1.9028	1.9038	1.8998	0.00603	47.2985	47.1905	47.1698	47.2196	0.06911	43.233	43.2321	43.2314	43.2322	0.00080

Wfs+ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs+ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps + fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
2.1116	2.1192	2.1158	2.1155	0.00381	4314.00

Tratamiento de datos para cálculo de SST en MC3 sin tratamiento.

Muestra	Wpv1 (peso placa vacía)	Wpv2 (peso placa vacía)	Wpv3 (peso placa vacía)	Wpv (peso placa vacía promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso placa vacía seca)	Wp2 (peso placa vacía seca)	Wp3 (peso placa vacía seca)	Wpvs (peso placa vacía seca promedio)	Desviación estándar	Wfv1 (peso del filtro)	Wfv2 (peso del filtro)	Wfv3 (peso del filtro)	Wfv (peso filtro vacío promedio)	Desviación estándar
MC3	43.9268	43.9274	43.926	43.9267	0.00070	43.9232	43.9253	43.9256	43.9247	0.00131	2.0957	2.0945	2.0925	2.0942	0.00162

Wfvs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	Wps+fmh2 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	Wps+fmh3 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)	Wps+fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 1)	Wps+fs+ms2 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 2)	Wps+fs+ms3 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fs+ms (peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar
2.0056	2.0379	2.0444	2.0293	0.02078	57.8424	57.7534	57.675	57.7569	0.08376	50.4722	50.4795	50.4871	50.4796	0.00745

Wfs+ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs+ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps + fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
6.5636	6.5667	6.5685	6.5663	0.00248	90739.33

A.2.4. Procedimiento para la determinación del contenido de grasa (%G)

- Lavamos y secamos una probeta graduada de 100 ml, en una estufa a 140 °C por 60 min.
- Enfriamos la probeta graduada de 100 ml en una campana de desecación durante 15 minutos.
- Lavamos y secamos un embudo (vidrio) en forma de pera de decantación, de 100 ml, en una estufa a 140 °C por 60 min.
- Enfriamos el embudo (vidrio) en forma de pera de decantación, en una campana de desecación durante 15 minutos.
- Instalamos un sistema de decantación con los embudos en forma de pera de decantación.
- Pesamos por triplicado un vaso precipitado de 50 ml y anotamos los pesos.
- Esterilizamos el vaso precipitado en una estufa a 140 °C por 60 min, con el objetivo de eliminar el contenido de humedad.
- Enfriamos el vaso precipitado dentro de una campana de desecación durante 15 minutos.
- Pesamos por triplicado y registramos el peso del vaso precipitado.
- Lavamos y enjuagamos con agua destilada una pipeta de vidrio graduada de 10 ml.
- Esterilizamos la pipeta de vidrio graduada de 10 ml, en una estufa a 140 °C por 60 min, con el objetivo de eliminar el contenido de humedad.
- Enfriamos la pipeta graduada de 10 ml, dentro de una campana de desecación durante 15 minutos.
- Medimos 50 ml de muestra en la probeta de vidrio graduada y posteriormente se agrega al embudo (vidrio) en forma de pera de decantación.
- Para el manejo del Cloroformo (CHCl_3) QP., se considera:
Proveer una ventilación adecuada, lo cual puede conseguirse mediante una buena extracción-ventilación local y un buen sistema general de extracción; usar guantes de protección contra productos químicos (Material: PVC - Cloruro de polivinilo); gafas de protección y mascarar auto filtrantes para gases y vapores 3M serie 4000.

- Con una pera de succión, succionamos y medimos 10 ml de Cloroformo (CHCl₃) QP. Y agregamos a la muestra contenida en embudo (vidrio) en forma de pera de decantación.
- Agitamos por 5 minutos la mezcla.
- Dejamos en reposo por 2 horas.
- Separamos las fases de grasa, materia orgánica, cloroformo y agua que se forman.
- Decantamos las dos fases inferiores que son de alta densidad, mediante la abertura de la llave de paso (robinete).
- Recepcionamos las fases inferiores en vasos precipitados de vidrio de 100 ml.
- Las fases de baja densidad (grasa) se descarga en los vasos precipitado de 50 ml.
- Pesamos por triplicado los vasos precipitados que contienen las fases de baja densidad y posteriormente registramos los pesos.
- Los vasos precipitados con las muestras de baja densidad (grasa) se colocan en una estufa a 70 °C por 1 hora. (El tiempo de secado este sujeto hasta evaporar por completo los residuos de la mezcla de agua y cloroformo).
- Retiramos de la estufa los vasos precipitados que contienen las muestras de grasa, y procedemos a colocarlo a una campana de desecación durante 15 minutos.
- Pesamos por triplicado y registramos el peso final de los vasos precipitados que contienen la muestra de grasa seca.
- Calculamos y expresamos los resultados de grasa (%), referida a 50 ml de la muestra inicial.

$$G \text{ (ppm)} = \frac{(W_2 - W_1)_g}{V_{ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1L} * \frac{1000 \text{ mg}}{1g}$$

$$G \text{ (%) } = \frac{(W_2 - W_1)_g}{V_{ml}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1L} * \frac{1000 \text{ mg}}{1g} * \frac{0.0001 \text{ \%}}{1 \text{ ppm}}$$

Donde:

G = Solidos Suspendidos totales en partes por millón (ppm y %)

V = Volumen de la muestra inicial en mililitros (ml)

W₁ = Peso inicial del vaso precipitado seco (g).

W₂ = Peso final del vaso precipitado más muestra seca (g).

Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC1 sin tratamiento.

Muestra	Wvs1 (peso vaso seco)	Wvs2 (peso vaso seco)	Wvs3 (peso vaso seco)	Wvs (peso vaso seco promedio)	Desviación estándar	Wvs+mh1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wvs+mh2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wvs+mh3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs + mh (peso vaso seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar
MC1	50.6013	50.6027	50.6047	50.6029	0.0017088	99.5062	99.4973	99.4869	99.4968	0.00965971
Wvs+ms1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wvs+ms2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wvs+ms3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs + ms (peso vaso seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	Grasa (ppm)	Grasa (%)				
50.7703	50.7746	50.7782	50.7744	0.00395517	3429.3333	0.3429				

Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC2 sin tratamiento.

Muestra	Wvs1 (peso vaso seco)	Wvs2 (peso vaso seco)	Wvs3 (peso vaso seco)	Wvs (peso vaso seco promedio)	Desviación estándar	Wvs+mh1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wvs+mh2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wvs+mh3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs + mh (peso vaso seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar
MC2	49.724	49.7261	49.7253	49.7251	0.00105987	96.8592	96.8547	96.846	96.8533	0.00671044
Wvs+ms1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wvs+ms2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wvs+ms3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs + ms (peso vaso seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	Grasa (ppm)	Grasa (%)				
50.049	50.0497	50.0511	50.0499	0.00106927	6496	0.6496				

Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC3 sin tratamiento.

Muestra	Wvs1 (peso vaso seco)	Wvs2 (peso vaso seco)	Wvs3 (peso vaso seco)	Wvs (peso vaso seco promedio)	Desviación estándar	Wvs + mh1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wvs+mh2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wvs + mh3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs + mh (peso vaso seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar
MC3	49.1863	49.1905	49.189	49.1886	0.00212838	99.1076	99.075	99.0646	99.0824	0.02243479

Wvs+ms1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wvs+ms2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wvs+ms3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs + ms (peso vaso seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	Grasa (ppm)	Grasa (%)
56.002	56	55.9985	56.0002	0.00175594	136231.3333	13.6231

Anexo 3.

Resultados de los tratamientos en las variables dependientes (pH, Turbidez, ST, SST y grasa), análisis de varianza y coeficientes de regresión de los parámetros de evaluación: Concentración de muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado (MC1, MC2 y MC3), combinación de las concentraciones de semillas de Crotalaria P y Leucaena L. como agentes clarificantes y adición de CaO

A.3.1. Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la variable dependiente de PH

Registro de lectura de pH para muestras MC1 tratadas con la combinación de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	pH
1	0.5	0.5	7.17
1	0.3125	0.3125	7.19
1	0.125	0.3125	7.25
1	0.5	0.125	7.25
1	0.3125	0.3125	7.25
1	0.125	0.5	7.40
1	0.125	0.125	7.32
1	0.5	0.3125	7.32
1	0.3125	0.5	7.20
1	0.3125	0.3125	7.20
1	0.3125	0.125	7.22

Registro de lectura de pH para muestras MC1 tratadas con la combinación de semillas y con adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	pH
1	0.5	0.5	8.59
1	0.3125	0.3125	8.87
1	0.125	0.3125	8.16
1	0.5	0.125	8.77
1	0.3125	0.3125	8.83
1	0.125	0.5	8.23
1	0.125	0.125	8.99
1	0.5	0.3125	8.94
1	0.3125	0.5	8.71
1	0.3125	0.3125	8.83
1	0.3125	0.125	8.83

Registro de lectura de pH para muestras MC2 tratadas con la combinación de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	pH
1	0.5	0.5	6.67
1	0.3125	0.3125	6.74
1	0.125	0.3125	6.77
1	0.5	0.125	6.65
1	0.3125	0.3125	6.73
1	0.125	0.5	6.7
1	0.125	0.125	6.7
1	0.5	0.3125	7.06
1	0.3125	0.5	6.96
1	0.3125	0.3125	6.7
1	0.3125	0.125	7.03

Registro de lectura de pH para muestras MC2 tratadas con la combinación de semillas y con adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	pH
1	0.5	0.5	7.24
1	0.3125	0.3125	6.97
1	0.125	0.3125	6.76
1	0.5	0.125	6.88
1	0.3125	0.3125	6.94
1	0.125	0.5	6.84
1	0.125	0.125	7.19
1	0.5	0.3125	7.43
1	0.3125	0.5	7.43
1	0.3125	0.3125	6.92
1	0.3125	0.125	7.2

Registro de lectura de pH para muestras MC3 tratadas sin combinación de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	pH
0	0	6.6
0.125	0	6.7
0.5	0	6.7
0	0.125	6.9
0	0.5	6.9

Registro de lectura de pH para muestras MC3 tratadas con combinación de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	pH
1	0.125	0.125	6.90
1	0.5	0.125	6.90
1	0.125	0.5	6.70
1	0.5	0.5	6.70
2	0.125	0.125	6.89
2	0.5	0.125	6.89
2	0.125	0.5	6.69
2	0.5	0.5	6.70

A.3.2. Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la variable dependiente de turbidez

Tratamiento de datos para cálculo de turbidez (NTU) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Turbidez 1 (NTU)	Turbidez 2 (NTU)	Turbidez 3 (NTU)	Turbidez - PROM (NTU)	Desviación estándar
1	0.5	0.5	242	248	252	247.3	5.0332
1	0.3125	0.3125	200	202	204	202.0	2.0000
1	0.125	0.3125	175	181	188	181.3	6.5064
1	0.5	0.125	240	243	246	243.0	3.0000
1	0.3125	0.3125	195	202	207	201.3	6.0277
1	0.125	0.5	204	208	212	208.0	4.0000
1	0.125	0.125	75	76.1	79	76.7	2.0664
1	0.5	0.3125	248	252	257	252.3	4.5092
1	0.3125	0.5	222	225	231	226.0	4.5826
1	0.3125	0.3125	196	201	205	200.7	4.5092
1	0.3125	0.125	152	158	166	158.7	7.0238

Tratamiento de datos para cálculo de turbidez (NTU) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Turbidez 1 (NTU)	Turbidez 2 (NTU)	Turbidez 3 (NTU)	Turbidez - PROM (NTU)	Desviación estándar
1	0.5	0.5	170	170	171	170.3	0.5774
1	0.3125	0.3125	101	101	102	101.3	0.5774
1	0.125	0.3125	104	105	105	104.7	0.5774
1	0.5	0.125	103	103	104	103.3	0.5774
1	0.3125	0.3125	101	102	102	101.7	0.5774
1	0.125	0.5	111	112	113	112.0	1.0000
1	0.125	0.125	89.8	90.1	90.9	90.3	0.5686
1	0.5	0.3125	185	189	189	187.7	2.3094
1	0.3125	0.5	114	114	114	114.0	0.0000
1	0.3125	0.3125	102	103	102	102.3	0.5774
1	0.3125	0.125	141	141	141	141.0	0.0000

Tratamiento de datos para cálculo de turbidez (NTU) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Turbidez 1 (NTU)	Turbidez 2 (NTU)	Turbidez 3 (NTU)	Turbidez - PROM (NTU)	Desviación estándar
1	0.5	0.5	491	488	490	489.7	1.5275
1	0.3125	0.3125	483	484	484	483.7	0.5774
1	0.125	0.3125	458	462	464	461.3	3.0551
1	0.5	0.125	485	489	492	488.7	3.5119
1	0.3125	0.3125	482	482	486	483.3	2.3094
1	0.125	0.5	420	428	430	426.0	5.2915
1	0.125	0.125	428	431	433	430.7	2.5166
1	0.5	0.3125	500	505	508	504.3	4.0415
1	0.3125	0.5	528	530	532	530.0	2.0000
1	0.3125	0.3125	482	484	484	483.3	1.1547
1	0.3125	0.125	465	469	470	468.0	2.6458

Tratamiento de datos para cálculo de turbidez (NTU) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Turbidez 1 (NTU)	Turbidez 2 (NTU)	Turbidez 3 (NTU)	Turbidez - PROM (NTU)	Desviación estándar
1	0.5	0.5	275	276	279	276.7	2.0817
1	0.3125	0.3125	261	262	262	261.7	0.5774
1	0.125	0.3125	277	281	283	280.3	3.0551
1	0.5	0.125	308	311	312	310.3	2.0817
1	0.3125	0.3125	261	261	263	261.7	1.1547
1	0.125	0.5	261	262	262	261.7	0.5774
1	0.125	0.125	225	226	227	226.0	1.0000
1	0.5	0.3125	342	346	347	345.0	2.6458
1	0.3125	0.5	316	315	315	315.3	0.5774
1	0.3125	0.3125	261	261	261	261.0	0.0000
1	0.3125	0.125	290	293	294	292.3	2.0817

Tratamiento de datos para cálculo de turbidez (NTU) en MC3 tratadas sin combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU)	Promedio Turbidez (NTU)	Desviación estándar
0	0	-	-	-	-	-
0.125	0	215	212	214	213.67	1.53
0.5	0	193	193	193	193.00	0.00
0	0.125	232	230	232	231.33	1.15
0	0.5	145	146	146	145.67	0.58

Tratamiento de datos para cálculo de turbidez (NTU) en MC3 tratadas con combinaciones de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria P. (gr)	Leucaena L. (gr)	Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU)	Promedio Turbidez (NTU)	Desviación estándar
1	0.125	0.125	86.7	85.3	84.7	85.6	1.03
1	0.5	0.125	198.0	199.0	200.0	199.0	1.00
1	0.125	0.5	104.0	104.0	105.0	104.3	0.58
1	0.5	0.5	96.1	96.0	95.9	96.0	0.10
2	0.125	0.125	86.7	84.3	84.1	85.0	1.42
2	0.5	0.125	198.0	198.9	200.0	199.0	1.00
2	0.125	0.5	104.1	104.0	104.6	104.2	0.32
2	0.5	0.5	96.0	96.2	96.0	96.1	0.12

A.3.3. Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la variable dependiente de sólidos totales (ST)

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso)	Wp2 (peso vaso)	Wp3 (peso vaso)	Wvv (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco)	Wp2 (peso vaso seco)	Wp3 (peso vaso seco)	Wvs (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
0.5	0.5	50.1658	50.1657	50.1654	50.1656	0.00021	50.1661	50.1666	50.1665	50.1664	0.00026
0.3125	0.3125	50.37	50.3701	50.37	50.3700	0.00006	50.3694	50.369	50.3695	50.3693	0.00026
0.125	0.3125	49.9802	49.9801	49.98	49.9801	0.00010	49.9791	49.9792	49.9795	49.9793	0.00021
0.5	0.125	49.4515	49.4516	49.4515	49.4515	0.00006	49.4515	49.4511	49.4511	49.4512	0.00023
0.3125	0.3125	49.5583	49.5581	49.5582	49.5582	0.00010	49.5576	49.5575	49.5576	49.5576	0.00006
0.125	0.5	50.2224	50.2225	50.2224	50.2224	0.00006	50.2228	50.2223	50.2229	50.2227	0.00032
0.125	0.125	49.2646	49.2647	49.2647	49.2647	0.00006	49.2641	49.2643	49.2642	49.2642	0.00010
0.5	0.3125	49.725	49.7252	49.7251	49.7251	0.00010	49.7252	49.7253	49.725	49.7252	0.00015
0.3125	0.5	51.2653	51.2656	51.2655	51.2655	0.00015	51.2652	51.265	51.2654	51.2652	0.00020
0.3125	0.3125	50.6743	50.6742	50.6743	50.6743	0.00006	50.6739	50.6739	50.6736	50.6738	0.00017
0.3125	0.125	50.458	50.4581	50.458	50.4580	0.00006	50.4573	50.4572	50.4569	50.4571	0.00021

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs+mh (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs+ms (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
0.5	0.5	99.1181	99.078	99.057	99.0844	0.03104	50.3382	50.3426	50.3438	50.3415	0.00295	3502.67
0.3125	0.3125	99.1258	99.0603	99.0396	99.0752	0.04500	50.5311	50.5339	50.535	50.5333	0.00201	3280.67
0.125	0.3125	99.3312	99.2701	99.2515	99.2843	0.04170	50.141	50.143	50.1435	50.1425	0.00132	3264.67
0.5	0.125	98.5822	98.5347	98.5158	98.5442	0.03421	49.6147	49.6178	49.6185	49.6170	0.00202	3315.33
0.3125	0.3125	98.6332	98.5902	98.571	98.5981	0.03185	49.716	49.7181	49.7189	49.7177	0.00150	3202.00
0.125	0.5	99.5847	99.5437	99.5242	99.5509	0.03088	50.3858	50.387	50.3881	50.3870	0.00115	3286.00
0.125	0.125	99.0541	99.0143	98.9959	99.0214	0.02975	49.4256	49.4276	49.4276	49.4269	0.00115	3254.67
0.5	0.3125	99.398	99.3606	99.3418	99.3668	0.02861	49.8938	49.8982	49.8992	49.8971	0.00287	3438.00
0.3125	0.5	100.4455	100.4292	100.3899	100.4215	0.02858	51.436	51.438	51.4395	51.4378	0.00176	3452.67
0.3125	0.3125	99.6262	99.6167	99.5699	99.6043	0.03014	50.8356	50.8374	50.8385	50.8372	0.00146	3267.33
0.3125	0.125	99.6863	99.6834	99.6322	99.6673	0.03043	50.6146	50.6167	50.6178	50.6164	0.00163	3184.67

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso vacío)	Wp2 (peso vaso vacío)	Wp3 (peso vaso vacío)	Wvv (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso vacío seco)	Wp2 (peso vaso vacío seco)	Wp3 (peso vaso vacío seco)	Wvs (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
0.5	0.5	50.3885	50.3884	50.3883	50.3884	0.00010	50.3878	50.3880	50.3879	50.3879	0.00010
0.3125	0.3125	49.9665	49.9664	49.9664	49.9664	0.00006	49.9655	49.9655	49.9655	49.9655	0.00000
0.125	0.3125	49.5235	49.5234	49.5235	49.5235	0.00006	49.5226	49.5224	49.5223	49.5224	0.00015
0.5	0.125	49.1842	49.1841	49.1842	49.1842	0.00006	49.1831	49.1828	49.1830	49.1830	0.00015
0.3125	0.3125	50.3416	50.3416	50.3415	50.3416	0.00006	50.3409	50.3409	50.3409	50.3409	0.00000
0.125	0.5	49.5092	49.5091	49.5092	49.5092	0.00006	49.5088	49.5086	49.5083	49.5086	0.00025
0.125	0.125	49.679	49.6789	49.6788	49.6789	0.00010	49.6785	49.6779	49.6781	49.6782	0.00031
0.5	0.3125	49.4212	49.4211	49.4211	49.4211	0.00006	49.4204	49.4203	49.4202	49.4203	0.00010
0.3125	0.5	51.1212	51.1211	51.1212	51.1212	0.00006	51.1206	51.1203	51.1200	51.1203	0.00030
0.3125	0.3125	50.6031	50.6035	50.6034	50.6033	0.00021	50.6023	50.6021	50.6022	50.6022	0.00010
0.3125	0.125	49.2075	49.2076	49.2075	49.2075	0.00006	49.2066	49.2066	49.2063	49.2065	0.00017

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs+mh (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs+ms (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
0.5	0.5	99.6591	99.6176	99.5795	99.6187	0.0398	50.5744	50.5767	50.5785	50.5765	0.0021	3772.67
0.3125	0.3125	99.7261	99.6863	99.648	99.6868	0.0391	50.1338	50.1364	50.138	50.1361	0.0021	3411.33
0.125	0.3125	98.493	98.4562	98.4202	98.4565	0.0364	49.6965	49.6979	49.698	49.6975	0.0008	3500.67
0.5	0.125	97.9213	97.884	97.8491	97.8848	0.0361	49.3662	49.3697	49.3703	49.3687	0.0022	3715.33
0.3125	0.3125	98.9964	98.9981	98.9245	98.9730	0.0420	50.5113	50.5137	50.5138	50.5129	0.0014	3440.67
0.125	0.5	98.2757	98.2398	98.2079	98.2411	0.0339	49.6904	49.6949	49.6954	49.6936	0.0028	3700.00
0.125	0.125	98.131	98.095	98.0624	98.0961	0.0343	49.8788	49.8825	49.8849	49.8821	0.0031	4078.00
0.5	0.3125	98.1839	98.1475	98.1168	98.1494	0.0336	49.6228	49.6282	49.6307	49.6272	0.0040	4138.67
0.3125	0.5	99.7544	99.719	99.6857	99.7197	0.0344	51.3049	51.3099	51.3109	51.3086	0.0032	3765.33
0.3125	0.3125	100.6821	100.6787	100.6751	100.6786	0.0035	50.775	50.7782	50.7776	50.7769	0.0017	3494.67
0.3125	0.125	98.9885	97.9849	97.9238	98.2991	0.5978	49.3952	49.4023	49.4033	49.4003	0.0044	3875.33

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso)	Wp2 (peso vaso)	Wp3 (peso vaso)	Wvv (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco)	Wp2 (peso vaso seco)	Wp3 (peso vaso seco)	Wvs (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
0.5	0.5	49.4515	49.4516	49.4514	49.4515	0.00010	49.4468	49.4467	49.4505	49.4480	0.00217
0.3125	0.3125	49.9674	49.9671	49.9675	49.9673	0.00021	49.9462	49.9411	49.9412	49.9428	0.00292
0.125	0.3125	49.9806	49.9798	49.98	49.9801	0.00042	49.9712	49.9778	49.9780	49.9757	0.00387
0.5	0.125	49.1847	49.1841	49.1842	49.1843	0.00032	49.1768	49.1793	49.1809	49.1790	0.00207
0.3125	0.3125	49.4216	49.4224	49.4217	49.4219	0.00044	49.4137	49.4166	49.4178	49.4160	0.00211
0.125	0.5	49.7255	49.7258	49.7259	49.7257	0.00021	49.7149	49.7189	49.7215	49.7184	0.00332
0.125	0.125	49.2087	49.2081	49.2083	49.2084	0.00031	49.1966	49.2005	49.2032	49.2001	0.00332
0.5	0.3125	49.2658	49.2645	49.2654	49.2652	0.00067	49.2617	49.2625	49.2621	49.2621	0.00040
0.3125	0.5	49.68	49.6802	49.6803	49.6802	0.00015	49.6708	49.6748	49.6755	49.6737	0.00254
0.3125	0.3125	51.1225	51.1222	51.1218	51.1222	0.00035	51.1163	51.1168	51.1190	51.1174	0.00144
0.3125	0.125	50.458	50.4584	50.4577	50.4580	0.00035	50.449	50.4529	50.4544	50.4521	0.00279

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs+mh (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs+ms (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
0.5	0.5	97.9847	97.9664	97.946	97.9657	0.01936	49.7038	49.7123	49.7172	49.7111	0.00678	5262.00
0.3125	0.3125	98.4362	98.4185	98.4009	98.4185	0.01765	50.2335	50.2429	50.249	50.2418	0.00781	5979.33
0.125	0.3125	97.8895	97.8739	97.8569	97.8734	0.01631	50.2634	50.2696	50.2762	50.2697	0.00640	5881.33
0.5	0.125	97.1604	97.1436	97.1276	97.1439	0.01640	49.4571	49.4654	49.4729	49.4651	0.00790	5722.67
0.3125	0.3125	98.2098	98.1961	98.1821	98.1960	0.01385	49.7148	49.7149	49.715	49.7149	0.00010	5977.33
0.125	0.5	98.2476	98.2321	98.2165	98.2321	0.01555	49.9949	50.0014	50.006	50.0008	0.00558	5646.67
0.125	0.125	98.1319	98.1166	98.1026	98.1170	0.01465	49.4639	49.4707	49.4779	49.4708	0.00700	5414.67
0.5	0.3125	97.7137	97.6998	97.6856	97.6997	0.01405	49.5324	49.5419	49.5469	49.5404	0.00737	5566.00
0.3125	0.5	98.2936	98.2799	98.2647	98.2794	0.01446	49.9391	49.9477	49.954	49.9469	0.00748	5464.67
0.3125	0.3125	99.8596	99.8434	99.8242	99.8424	0.01772	51.4076	51.418	51.4235	51.4164	0.00807	5980.00
0.3125	0.125	99.0702	99.0518	99.0323	99.0514	0.01895	50.7091	50.723	50.7298	50.7206	0.01055	5370.67

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso)	Wp2 (peso vaso)	Wp3 (peso vaso)	Wvv (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco)	Wp2 (peso vaso seco)	Wp3 (peso vaso seco)	Wvs (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
0.5	0.5	49.5579	49.5585	49.5579	49.5581	0.00035	49.5512	49.5579	49.5557	49.5549	0.00342
0.3125	0.3125	50.3422	50.3415	50.3421	50.3419	0.00038	50.3359	50.3392	50.3386	50.3379	0.00176
0.125	0.3125	50.6754	50.6758	50.6755	50.6756	0.00021	50.6684	50.6707	50.6725	50.6705	0.00206
0.5	0.125	51.2663	51.2634	51.2667	51.2655	0.00180	51.2547	51.2613	51.2622	51.2594	0.00410
0.3125	0.3125	50.2233	50.2233	50.2232	50.2233	0.00006	50.2168	50.2184	50.2216	50.2189	0.00244
0.125	0.5	49.5238	49.5238	49.5239	49.5238	0.00006	49.516	49.5204	49.521	49.5191	0.00273
0.125	0.125	49.51	49.5092	49.5101	49.5098	0.00049	49.5025	49.5045	49.5073	49.5048	0.00241
0.5	0.3125	50.1658	50.1657	50.1658	50.1658	0.00006	50.1579	50.1619	50.1621	50.1606	0.00237
0.3125	0.5	50.3703	50.3704	50.3709	50.3705	0.00032	50.362	50.3647	50.3672	50.3646	0.00260
0.3125	0.3125	50.389	50.3894	50.3892	50.3892	0.00020	50.3777	50.3813	50.3833	50.3808	0.00284
0.3125	0.125	50.6021	50.6032	50.6045	50.6033	0.00120	50.5915	50.5966	50.5983	50.5955	0.00354

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs+mh (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs+ms (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
0.5	0.5	98.3828	98.3668	98.3529	98.3675	0.01496	49.8041	49.8451	49.8216	49.8236	0.02057	5373.33
0.3125	0.3125	99.0472	99.0295	99.0158	99.0308	0.01574	50.6138	50.6202	50.6278	50.6206	0.00701	5654.00
0.125	0.3125	98.9418	98.9274	98.9122	98.9271	0.01480	50.9436	50.9514	50.958	50.9510	0.00721	5609.33
0.5	0.125	100.2816	100.2679	100.2527	100.2674	0.01446	51.5240	51.5330	51.5395	51.5322	0.00778	5455.33
0.3125	0.3125	98.9163	98.9023	98.8876	98.9021	0.01435	50.4985	50.5051	50.5015	50.5017	0.00330	5655.33
0.125	0.5	98.6347	98.6217	98.6058	98.6207	0.01447	49.7854	49.7962	49.8018	49.7945	0.00834	5506.67
0.125	0.125	98.094	98.0822	98.0663	98.0808	0.01390	49.7813	49.7884	49.7914	49.7870	0.00519	5645.33
0.5	0.3125	98.6763	98.6642	98.6490	98.6632	0.01368	50.4298	50.4394	50.4465	50.4386	0.00838	5558.67
0.3125	0.5	99.5324	99.5181	99.5024	99.5176	0.01501	50.6529	50.6587	50.6633	50.6583	0.00521	5873.33
0.3125	0.3125	98.6241	98.6099	98.5954	98.6098	0.01435	50.6579	50.6627	50.6699	50.6635	0.00604	5654.67
0.3125	0.125	99.4576	99.4421	99.4270	99.4422	0.01530	50.8767	50.8850	50.8926	50.8848	0.00795	5786.00

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC3 tratadas sin las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso)	Wp2 (peso vaso)	Wp3 (peso vaso)	Wvv (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco)	Wp2 (peso vaso seco)	Wp3 (peso vaso seco)	Wvs (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
0	0	50.1654	50.166	50.1661	50.1658	0.00038	50.1477	50.1535	50.1589	50.1534	0.00560
0.125	0	50.37	50.3694	50.3697	50.3697	0.00030	50.3562	50.3597	50.3626	50.3595	0.00320
0.5	0	50.2211	50.2223	50.2226	50.2220	0.00079	50.2003	50.2113	50.2149	50.2088	0.00761
0	0.125	50.3878	50.3882	50.3877	50.3879	0.00026	50.3829	50.3839	50.385	50.3839	0.00105
0	0.5	50.6739	50.6751	50.6745	50.6745	0.00060	50.6614	50.6647	50.6671	50.6644	0.00286

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC3 tratadas sin las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs+mh (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs+ms (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
0	0	99.601	99.5954	99.5912	99.5959	0.00492	54.7947	54.8003	54.804	54.7997	0.00468	92926.00
0.125	0	98.7719	98.768	98.7617	98.7672	0.00515	50.7429	50.7469	50.7501	50.7466	0.00361	7742.67
0.5	0	99.1866	99.1796	99.1761	99.1808	0.00535	50.5991	50.6038	50.6038	50.6022	0.00271	7868.00
0	0.125	98.8953	98.8922	98.8875	98.8917	0.00393	50.7023	50.704	50.7062	50.7042	0.00196	6404.67
0	0.5	99.5066	99.5014	99.4955	99.5012	0.00555	50.9984	51.0004	51.002	51.0003	0.00180	6717.33

Tratamiento de datos para cálculo de Solidos Totales - ST (ppm) en MC3 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso)	Wp2 (peso vaso)	Wp3 (peso vaso)	Wvv (vaso vacío promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco)	Wp2 (peso vaso seco)	Wp3 (peso vaso seco)	Wvs (vaso vacío seco promedio)	Desviación estándar
0.125	0.125	49.9787	49.9793	49.979	49.9790	0.00030	49.9639	49.9649	49.9678	49.9655	0.00203
0.5	0.125	51.2663	51.266	51.2662	51.2662	0.00015	51.2706	51.2718	51.2727	51.2717	0.00105
0.125	0.5	51.1198	51.1203	51.1204	51.1202	0.00032	51.2124	51.2166	51.2167	51.2152	0.00245
0.5	0.5	49.2645	49.2649	49.2647	49.2647	0.00020	49.2596	49.2599	49.262	49.2605	0.00131
0.125	0.125	49.9788	49.9794	49.9791	49.9791	0.00030	49.9735	49.9747	49.976	49.9747	0.00125
0.5	0.125	51.2662	51.2659	51.2661	51.2661	0.00015	51.2605	51.2617	51.2626	51.2616	0.00105
0.125	0.5	51.1199	51.1204	51.1206	51.1203	0.00036	51.113	51.1166	51.1168	51.1155	0.00214
0.5	0.5	49.2644	49.2649	49.2645	49.2646	0.00026	49.2596	49.2598	49.261	49.2601	0.00076

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Totales - ST (ppm) en MC3 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wp1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs + mh (vaso vacío seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wp2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wp3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs + ms (vaso vacío seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	ST (ppm)
0.125	0.125	99.1914	99.1844	99.1756	99.1838	0.00792	50.2884	50.2951	50.2973	50.2936	0.00464	6561.33
0.5	0.125	100.7065	100.6976	100.691	100.6984	0.00778	51.5843	51.5884	51.5904	51.5877	0.00311	6320.00
0.125	0.5	100.7093	100.702	100.697	100.7028	0.00619	51.5564	51.5609	51.5653	51.5609	0.00445	6912.67
0.5	0.5	96.865	96.8555	96.8499	96.8568	0.00763	49.5904	49.593	49.5924	49.5919	0.00136	6628.67
0.125	0.125	99.1913	99.1843	99.1755	99.1837	0.00792	50.2976	50.3043	50.3064	50.3028	0.00460	6560.67
0.5	0.125	100.7067	100.6978	100.6911	100.6985	0.00783	51.5742	51.5784	51.5803	51.5776	0.00312	6320.67
0.125	0.5	100.7092	100.7019	100.695	100.7020	0.00710	51.4564	51.4614	51.4654	51.4611	0.00451	6912.00
0.5	0.5	96.8654	96.8556	96.8496	96.8569	0.00798	49.5903	49.592	49.5923	49.5915	0.00108	6628.00

A.3.4. Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la variable dependiente de sólidos suspendidos totales (SST)

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wpv1 (peso placa vacía)	Wpv2 (peso placa vacía)	Wpv3 (peso placa vacía)	Wpv (peso placa vacía promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso placa vacía seca)	Wp2 (peso placa vacía seca)	Wp3 (peso placa vacía seca)	Wpvs (peso placa vacía seca promedio)	Desviación estándar	Wfv1 (peso del filtro)	Wfv2 (peso del filtro)	Wfv3 (peso del filtro)	Wfv (peso filtro vacío promedio)	Desviación estándar
0.5	0.5	35.8941	35.8944	35.8944	35.8943	0.000173	35.8939	35.8943	35.8938	35.8940	0.000265	1.9946	1.9882	1.9875	1.9901	0.003913
0.3125	0.3125	35.7357	35.736	35.736	35.7359	0.000173	35.7356	35.7358	35.736	35.7358	0.000200	1.9826	1.9778	1.9766	1.9790	0.003175
0.125	0.3125	37.9842	37.9837	37.9834	37.9838	0.000404	37.983	37.9836	37.9839	37.9835	0.000458	2.0795	2.0746	2.0735	2.0759	0.003194
0.5	0.125	33.962	33.9622	33.9617	33.9620	0.000252	33.961	33.9612	33.9616	33.9613	0.000306	2.0647	2.0614	2.0597	2.0619	0.002542
0.3125	0.3125	38.3852	38.385	38.3854	38.3852	0.000200	38.3851	38.385	38.385	38.3850	0.000058	2.0284	2.0241	2.022	2.0248	0.003262
0.125	0.5	43.8458	43.8463	43.8453	43.8458	0.000500	43.8455	43.8454	43.8452	43.8454	0.000153	1.9873	1.9841	1.9824	1.9846	0.002488
0.125	0.125	33.4728	33.4725	33.4723	33.4725	0.000252	33.4722	33.4722	33.4721	33.4722	0.000058	2.0531	2.0496	2.0478	2.0502	0.002695
0.5	0.3125	41.2147	41.2142	41.2151	41.2147	0.000451	41.2143	41.2146	41.2149	41.2146	0.000300	2.0801	2.0759	2.0732	2.0764	0.003477
0.3125	0.5	43.927	43.9266	43.9268	43.9268	0.000200	43.9268	43.9265	43.9267	43.9267	0.000153	1.9481	1.9455	1.9431	1.9456	0.002501
0.3125	0.3125	43.856	43.8556	43.8589	43.8568	0.001801	43.8561	43.857	43.8567	43.8566	0.000458	1.9178	1.914	1.914	1.9153	0.002194
0.3125	0.125	42.3117	42.3121	42.3124	42.3121	0.000351	42.3115	42.3118	42.312	42.3118	0.000252	1.9393	1.9385	1.9376	1.9385	0.000850

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendedos Totales - SST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wfvs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	Wps+fmh2 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	Wps+fmh3 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)	Wps+fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 1)	Wps+fs+ms2 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 2)	Wps+fs+ms3 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fs+ms (peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar
1.9216	1.9225	1.9231	1.9224	0.000755	40.5186	40.5126	40.5078	40.5130	0.005411	37.841	37.864	37.8751	37.8600	0.017393
1.9008	1.9012	1.9016	1.9012	0.000400	40.2319	40.2201	40.2097	40.2206	0.011107	37.6781	37.7029	37.7137	37.6982	0.018253
2.0172	2.0174	2.0180	2.0175	0.000416	42.8552	42.8494	42.8428	42.8491	0.006204	40.0203	40.0429	40.0542	40.0391	0.017261
2.0108	2.0117	2.0124	2.0116	0.000802	38.9002	38.8945	38.8897	38.8948	0.005256	35.9845	36.0044	36.0159	36.0016	0.015886
1.9033	1.9038	1.9144	1.9072	0.006269	42.9123	42.9031	42.8953	42.9036	0.008510	40.3866	40.4057	40.4152	40.4025	0.014566
1.9257	1.9263	1.9268	1.9263	0.000551	48.2067	48.1974	48.1898	48.1980	0.008464	45.811	45.8237	45.8329	45.8225	0.010997
1.9687	1.9693	1.9698	1.9693	0.000551	38.2457	38.2383	38.2312	38.2384	0.007251	35.5042	35.5169	35.5241	35.5151	0.010076
2.0214	2.0324	2.0337	2.0292	0.006757	45.5459	45.529	45.5154	45.5301	0.015280	43.2789	43.2915	43.2985	43.2896	0.009932
1.8671	1.8676	1.8681	1.8676	0.000500	48.1646	48.1556	48.1454	48.1552	0.009606	45.8608	45.8733	45.8807	45.8716	0.010058
1.8406	1.8414	1.8424	1.8415	0.000902	48.2152	48.2058	48.1987	48.2066	0.008277	45.7601	45.7611	45.7695	45.7636	0.005163
1.8890	1.8896	1.8901	1.8896	0.000551	46.2095	46.1965	46.1853	46.1971	0.012111	44.2474	44.2559	44.2623	44.2552	0.007475

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wfs+ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs+ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
1.9890	1.9894	1.9897	1.9894	0.000351	1339.33
1.9862	1.9868	1.9871	1.9867	0.000458	1710.00
2.0784	2.0787	2.079	2.0787	0.000300	1223.33
2.0354	2.0362	2.0368	2.0361	0.000702	490.00
1.9921	1.9927	1.9933	1.9927	0.000600	1710.67
1.9946	1.9951	1.9959	1.9952	0.000656	1378.67
2.0562	2.0568	2.0571	2.0567	0.000458	1748.67
2.0877	2.088	2.0885	2.0881	0.000404	1178.00
1.9594	1.9594	1.9611	1.9600	0.000981	1847.33
1.9260	1.927	1.928	1.9270	0.001000	1710.67
1.9514	1.9524	1.9533	1.9524	0.000950	1256.00

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wpv1 (peso placa vacía)	Wpv2 (peso placa vacía)	Wpv3 (peso placa vacía)	Wpv (peso placa vacía promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso placa vacía seca)	Wp2 (peso placa vacía seca)	Wp3 (peso placa vacía seca)	Wpvs (peso placa vacía seca promedio)	Desviación estándar	Wfv1 (peso del filtro)	Wfv2 (peso del filtro)	Wfv3 (peso del filtro)	Wfv (peso filtro vacío promedio)	Desviación estándar
0.5	0.5	36.705	36.7055	36.7054	36.7053	0.000265	36.7059	36.7057	36.706	36.7059	0.000153	1.9685	1.9631	1.9628	1.9648	0.003208
0.3125	0.3125	35.0381	35.0388	35.0388	35.0386	0.000404	35.0389	35.0398	35.0396	35.0394	0.000473	1.9912	1.9861	1.9847	1.9873	0.003421
0.125	0.3125	49.7382	49.7385	49.7383	49.7383	0.000153	49.739	49.7389	49.7394	49.7391	0.000265	2.0009	1.9862	1.9938	1.9936	0.007351
0.5	0.125	42.6953	42.6953	42.6957	42.6954	0.000231	42.6960	42.6954	42.6959	42.6958	0.000321	2.024	2.0192	2.0173	2.0202	0.003453
0.3125	0.3125	53.9958	53.9955	53.9957	53.9957	0.000153	53.9959	53.9963	53.9963	53.9962	0.000231	2.0091	2.0049	2.0027	2.0056	0.003252
0.125	0.5	43.1099	43.11	43.1099	43.1099	0.000058	43.1098	43.1096	43.1102	43.1099	0.000306	2.0007	1.9973	1.9951	1.9977	0.002821
0.125	0.125	43.7383	43.7382	43.7388	43.7384	0.000321	43.7396	43.7385	43.7386	43.7389	0.000608	2.0683	2.0639	2.0617	2.0646	0.003361
0.5	0.3125	41.0641	41.0654	41.0644	41.0646	0.000681	41.0648	41.0645	41.0655	41.0649	0.000513	1.9884	1.9847	1.9817	1.9849	0.003356
0.3125	0.5	34.3035	34.3088	34.3036	34.3053	0.003032	34.3044	34.304	34.3042	34.3042	0.000200	1.9841	1.981	1.9772	1.9808	0.003456
0.3125	0.3125	33.1971	33.1972	33.1968	33.1970	0.000208	33.1968	33.1981	33.1974	33.1974	0.000651	2.0219	2.0176	2.0156	2.0184	0.003219
0.3125	0.125	42.7037	42.704	42.7037	42.7038	0.000173	42.7032	42.7045	42.7041	42.7039	0.000666	1.9672	1.9652	1.9616	1.9647	0.002838

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendedos Totales - SST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Wfs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	Wps+fmh2 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	Wps+fmh3 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)	Wps+fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 1)	Wps+fs+ms2 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 2)	Wps+fs+ms3 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fs+ms (peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar
1.8958	1.8976	1.898	1.8971	0.001172	41.6346	41.6352	41.6216	41.6305	0.007685	38.5994	38.6218	38.6354	38.6189	0.018178
1.9198	1.9288	1.9304	1.9263	0.005714	40.0621	40.0549	40.0471	40.0547	0.007502	36.9658	36.9753	36.9884	36.9765	0.011348
1.9200	1.9214	1.9220	1.9211	0.001026	55.0657	55.0603	55.0539	55.0600	0.005907	51.6561	51.6692	51.6786	51.6680	0.011301
1.9421	1.9505	1.9574	1.9500	0.007662	47.7405	47.731	47.7225	47.7313	0.009005	44.6471	44.6618	44.6714	44.6601	0.012239
1.9186	1.9268	1.9358	1.9271	0.008603	58.842	58.8488	58.8364	58.8424	0.006210	55.9331	55.9503	55.9591	55.9475	0.013224
1.9243	1.9335	1.9406	1.9328	0.008173	48.2138	48.2044	48.2063	48.2082	0.004970	45.0393	45.0532	45.0636	45.0520	0.012192
1.9874	1.997	2.0054	1.9966	0.009007	49.1145	49.1066	49.0992	49.1068	0.007651	45.7343	45.7488	45.7597	45.7476	0.012742
1.9219	1.9305	1.9385	1.9303	0.008302	46.0626	46.0531	46.0542	46.0566	0.005196	42.9761	43.0028	43.0158	42.9982	0.020240
1.9047	1.9148	1.9226	1.9140	0.008975	39.5535	39.5477	39.5389	39.5467	0.007351	36.2126	36.238	36.2321	36.2276	0.013293
1.9498	1.9617	1.9617	1.9577	0.006870	38.5107	38.5001	38.5003	38.5037	0.006063	35.1409	35.1584	35.1678	35.1557	0.013652
1.8936	1.9027	1.9036	1.9000	0.005532	47.8801	47.875	47.8668	47.8740	0.006710	44.6015	44.6119	44.619	44.6108	0.008802

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Wfs+ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs+ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
1.9522	1.9553	1.9592	1.9556	0.003508	1168.67
1.9706	1.9734	1.9794	1.9745	0.004496	962.67
1.9767	1.9792	1.9816	1.9792	0.002450	1160.67
2.0099	2.0111	2.012	2.0110	0.001054	1220.00
1.9697	1.9758	1.98	1.9752	0.005179	962.00
1.9617	1.9676	1.9717	1.9670	0.005027	684.00
2.039	2.0434	2.0475	2.0433	0.004251	934.00
1.9731	1.9761	1.9787	1.9760	0.002802	913.33
1.969	1.9718	1.9753	1.9720	0.003156	1160.00
2.0043	2.006	2.0072	2.0058	0.001457	962.00
1.9207	1.9254	1.9287	1.9249	0.004020	499.33

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wpv1	Wpv2	Wpv3	Wpv	Desviación estándar	Wp1	Wp2	Wp3	Wpvs	Desviación estándar	Wfv1	Wfv2	Wfv3	Wfv	Desviación estándar
		(peso placa vacía)	(peso placa vacía)	(peso placa vacía)	(peso placa vacía promedio)		(peso placa vacía seca)	(peso placa vacía seca)	(peso placa vacía seca)	(peso placa vacía seca promedio)		(peso del filtro)	(peso del filtro)	(peso del filtro)	(peso filtro vacío promedio)	
0.5	0.5	42.6129	42.6126	42.6125	42.6127	0.00021	42.6084	42.6119	42.6125	42.6109	0.00221	1.9978	1.9975	1.9971	1.9975	0.00035
0.3125	0.3125	51.9810	51.9807	51.9813	51.9810	0.00030	51.976	51.9811	51.9804	51.9792	0.00276	2.0592	2.0592	2.0585	2.0590	0.00040
0.125	0.3125	43.2171	43.2175	43.2168	43.2171	0.00035	43.2118	43.2168	43.2173	43.2153	0.00304	2.1612	2.1617	2.1619	2.1616	0.00036
0.5	0.125	44.0743	44.0748	44.0748	44.0746	0.00029	44.0688	44.0746	44.0747	44.0727	0.00338	2.0375	2.0374	2.0367	2.0372	0.00044
0.3125	0.3125	41.0942	41.0948	41.0951	41.0947	0.00046	41.0897	41.095	41.0945	41.0931	0.00293	2.0869	2.0867	2.0872	2.0869	0.00025
0.125	0.5	35.2144	35.2139	35.2141	35.2141	0.00025	35.2098	35.2139	35.2141	35.2126	0.00243	2.0565	2.0568	2.0559	2.0564	0.00046
0.125	0.125	40.3200	40.3200	40.3197	40.3199	0.00017	40.3167	40.3198	40.3206	40.3190	0.00206	2.0307	2.0308	2.0308	2.0308	0.00006
0.5	0.3125	33.5667	33.5664	33.5664	33.5665	0.00017	33.564	33.5667	33.5668	33.5658	0.00159	1.9863	1.9861	1.9859	1.9861	0.00020
0.3125	0.5	34.1231	34.1242	34.1234	34.1236	0.00057	34.1205	34.123	34.1232	34.1222	0.00150	2.0546	2.0547	2.0547	2.0547	0.00006
0.3125	0.3125	35.4762	35.4760	35.4763	35.4762	0.00015	35.4744	35.4759	35.4755	35.4753	0.00078	2.0633	2.0632	2.0633	2.0633	0.00006
0.3125	0.125	43.4047	43.4048	43.4053	43.4049	0.00032	43.4038	43.4049	43.4053	43.4047	0.00078	1.9406	1.9403	1.9405	1.9405	0.00015

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendedos Totales - SST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wfs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	Wps+fmh2 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	Wps+fmh3 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)	Wps + fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 1)	Wps+fs+ms2 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 2)	Wps+fs+ms3 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fs+ms (peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar
1.9156	1.9432	1.9434	1.9341	0.01599	44.9124	44.8852	44.8662	44.8879	0.02322	44.5305	44.5456	44.5555	44.5439	0.01259
1.9808	2.0031	2.0108	1.9982	0.01558	54.2215	54.2056	54.1867	54.2046	0.01742	53.96	53.96	53.9697	53.9632	0.00560
2.0737	2.0941	2.1044	2.0907	0.01562	45.5265	45.5063	45.499	45.5106	0.01425	45.2744	45.2872	45.2949	45.2855	0.01036
1.9605	1.9733	1.9857	1.9732	0.01260	46.2886	46.2852	46.2647	46.2795	0.01293	46.0102	46.0263	46.0361	46.0242	0.01308
1.9997	2.0188	2.0324	2.0170	0.01643	43.346	43.3261	43.3227	43.3316	0.01259	43.0741	43.0914	43.1014	43.0890	0.01381
1.9677	1.9977	2.0030	1.9895	0.01904	37.4672	37.4409	37.4254	37.4445	0.02113	37.1745	37.1824	37.1924	37.1831	0.00897
1.9428	1.9648	1.9772	1.9616	0.01742	42.4638	42.4664	42.4596	42.4633	0.00343	42.2532	42.2654	42.2741	42.2642	0.01050
1.9067	1.9308	1.9374	1.9250	0.01616	35.7067	35.6947	35.6805	35.6940	0.01312	35.4536	35.4713	35.481	35.4686	0.01389
1.9794	1.9941	2.0070	1.9935	0.01381	36.3499	36.3263	36.32	36.3321	0.01576	36.0748	36.0943	36.1043	36.0911	0.01500
1.9913	2.0021	2.0111	2.0015	0.00991	37.7908	37.7575	37.7362	37.7615	0.02752	37.4495	37.4589	37.4671	37.4585	0.00881
1.8598	1.8820	1.8965	1.8794	0.01848	45.9549	45.9276	45.8821	45.9215	0.03678	45.243	45.2639	45.274	45.2603	0.01581

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wfs+ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs+ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps + fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
2.0209	2.0271	2.0288	2.0256	0.00416	1830.67
2.0736	2.0767	2.0787	2.0763	0.00257	1562.00
2.1729	2.1769	2.1784	2.1761	0.00284	1706.67
2.0507	2.0542	2.056	2.0536	0.00270	1609.33
2.0896	2.0967	2.099	2.0951	0.00490	1562.67
2.0586	2.0648	2.0684	2.0639	0.00496	1489.33
2.0421	2.0454	2.0469	2.0448	0.00246	1664.00
1.9925	1.9987	2.0016	1.9976	0.00465	1452.67
2.0591	2.0661	2.0691	2.0648	0.00513	1425.33
2.0752	2.0813	2.0823	2.0796	0.00384	1562.00
1.9475	1.9537	1.9553	1.9522	0.00412	1454.67

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wpv1 (peso placa vacía)	Wpv2 (peso placa vacía)	Wpv3 (peso placa vacía)	Wpv (peso placa vacía promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso placa vacía seca)	Wp2 (peso placa vacía seca)	Wp3 (peso placa vacía seca)	Wpvs (peso placa vacía seca promedio)	Desviación estándar	Wfv1 (peso del filtro)	Wfv2 (peso del filtro)	Wfv3 (peso del filtro)	Wfv (peso filtro vacío promedio)	Desviación estándar
0.5	0.5	33.141	33.1407	33.1409	33.1409	0.000153	33.1368	33.1392	33.1398	33.1386	0.00159	2.0278	2.0279	2.0641	2.0399	0.02093
0.3125	0.3125	44.0649	44.0647	44.0649	44.0648	0.000115	44.0622	44.0633	44.0641	44.0632	0.00095	2.0534	2.0536	2.104	2.0703	0.02916
0.125	0.3125	52.5864	52.5867	52.5862	52.5864	0.000252	52.5809	52.5840	52.5852	52.5834	0.00222	2.0257	2.0264	2.005	2.0190	0.01216
0.5	0.125	43.3183	43.3188	43.3186	43.3186	0.000252	43.3132	43.3164	43.3186	43.3161	0.00272	2.1084	2.108	1.984	2.0668	0.07171
0.3125	0.3125	49.0896	49.0890	49.0892	49.0893	0.000306	49.0841	49.0869	49.0886	49.0865	0.00227	1.98	1.9787	1.9518	1.9702	0.01592
0.125	0.5	34.543	34.5425	34.5431	34.5429	0.000321	34.5393	34.5436	34.5426	34.5418	0.00225	1.9742	1.973	1.9722	1.9731	0.00101
0.125	0.125	43.9524	43.9511	43.9524	43.9520	0.000751	43.9481	43.9510	43.9514	43.9502	0.00180	1.9531	1.952	1.9777	1.9609	0.01453
0.5	0.3125	42.0371	42.0366	42.0364	42.0367	0.000361	42.0345	42.0353	42.0364	42.0354	0.00095	1.9843	1.9838	2.109	2.0257	0.07214
0.3125	0.5	33.0484	33.0491	33.0481	33.0485	0.000513	37.1077	37.1097	37.1099	37.1091	0.00122	2.005	2.0057	2.0264	2.0124	0.01216
0.3125	0.3125	37.1104	37.1101	37.1112	37.1106	0.000569	33.0466	33.0474	33.0479	33.0473	0.00066	2.1045	2.1047	2.0536	2.0876	0.02945
0.3125	0.125	35.5083	35.5088	35.5093	35.5088	0.000500	35.5057	35.5076	35.5077	35.5070	0.00113	2.0636	2.064	2.028	2.0519	0.02067

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Wfs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1	Wps+fmh2	Wps+fmh3	Wps + fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1	Wps+fs+ms2	Wps+fs+ms3	Wps+fs+ms	Desviación estándar
					(peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	(peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	(peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)			(peso placa seco +filtro seco + muestra seca 1)	(peso placa seco +filtro seco + muestra seca 2)	(peso placa seco +filtro seco + muestra seca 3)	(peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	
1.9517	1.9738	1.9812	1.9689	0.01535	38.6444	38.6497	38.6116	38.6352	0.02064	35.0824	35.0996	35.1092	35.0971	0.01358
1.9604	1.9833	1.9910	1.9782	0.01592	49.8011	49.7568	49.7223	49.7601	0.03950	46.0344	46.049	46.0582	46.0472	0.01200
1.9558	1.9674	1.9737	1.9656	0.00908	58.126	58.0874	58.0533	58.0889	0.03637	54.5274	54.5418	54.5527	54.5406	0.01269
2.0295	2.0442	2.0521	2.0419	0.01147	49.0099	48.9634	48.9267	48.9667	0.04170	45.3435	45.3577	45.3688	45.3567	0.01268
1.9065	1.9068	1.9144	1.9092	0.00448	54.3557	54.3029	54.2662	54.3083	0.04499	50.9863	50.9993	51.0068	50.9975	0.01037
1.8941	1.9099	1.9161	1.9067	0.01134	39.8777	39.813	39.8683	39.8530	0.03496	36.4411	36.458	36.4697	36.4563	0.01438
1.8721	1.89	1.8959	1.8860	0.01239	49.3565	49.2886	49.2421	49.2957	0.05753	45.8216	45.8389	45.8505	45.8370	0.01454
1.9043	1.9197	1.9255	1.9165	0.01096	47.5577	47.4852	47.44	47.4943	0.05938	43.9436	43.9626	43.9763	43.9608	0.01642
1.9263	1.9394	1.9449	1.9369	0.00956	42.6921	42.6018	42.5492	42.6144	0.07227	39.0397	39.0549	39.0652	39.0533	0.01283
2.0152	2.0344	2.04	2.0299	0.01301	38.8689	38.7971	38.7621	38.8094	0.05445	35.0705	35.0793	35.0859	35.0786	0.00773
1.9757	1.9935	2.0016	1.9903	0.01325	40.9462	40.8559	40.8128	40.8716	0.06808	37.4887	37.4999	37.5091	37.4992	0.01022

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y con adición de CaO

Wfs+ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs+ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps + fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
2.0382	2.0389	2.0392	2.0388	0.00051	1397.33
2.0485	2.0490	2.0495	2.0490	0.00050	1415.33
2.0369	2.0373	2.0380	2.0374	0.00056	1435.33
2.1154	2.116	2.1164	2.1159	0.00050	1480.00
1.9795	1.9800	1.9806	1.9800	0.00055	1416.00
1.9841	1.9845	1.985	1.9845	0.00045	1556.67
1.9651	1.9656	1.9660	1.9656	0.00045	1591.33
1.9990	1.9995	1.9999	1.9995	0.00045	1659.33
2.0153	2.0158	2.0162	2.0158	0.00045	1578.00
2.1001	2.1007	2.1011	2.1006	0.00050	1415.33
2.0626	2.0629	2.0633	2.0629	0.00035	1453.33

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC3 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wpv1 (peso placa vacía)	Wpv2 (peso placa vacía)	Wpv3 (peso placa vacía)	Wpv (peso placa vacía promedio)	Desviación estándar	Wp1 (peso placa vacía seca)	Wp2 (peso placa vacía seca)	Wp3 (peso placa vacía seca)	Wpvs (peso placa vacía seca promedio)	Desviación estándar	Wfv1 (peso del filtro)	Wfv2 (peso del filtro)	Wfv3 (peso del filtro)	Wfv (peso filtro vacío promedio)	Desviación estándar
1	0.125	0.125	37.9826	37.9843	37.9840	37.9836	0.00091	37.9822	37.9816	37.9840	37.9826	0.00125	1.9474	1.9448	1.9436	1.9453	0.00194
1	0.5	0.125	33.1971	33.198	33.1968	33.1973	0.00062	33.1952	33.1959	33.1962	33.1958	0.00051	2.1119	2.1086	2.108	2.1095	0.00210
1	0.125	0.5	33.9624	33.9631	33.9621	33.9625	0.00051	33.9573	33.9609	33.9623	33.9602	0.00258	2.0227	2.0209	2.0185	2.0207	0.00211
1	0.5	0.5	43.7384	43.7382	43.7383	43.7383	0.00010	43.7313	43.7366	43.7376	43.7352	0.00339	2.0601	2.0575	2.0545	2.0574	0.00280
2	0.125	0.125	37.9828	37.9845	37.9843	37.9839	0.00093	37.9818	37.9812	37.9837	37.9822	0.00131	1.9470	1.9440	1.9435	1.9448	0.00189
2	0.5	0.125	33.197	33.196	33.1965	33.1965	0.00050	33.1950	33.1957	33.1960	33.1956	0.00051	2.1111	2.1080	2.1078	2.1090	0.00185
2	0.125	0.5	33.9622	33.963	33.9620	33.9624	0.00053	33.9569	33.9605	33.9620	33.9598	0.00262	2.0220	2.0201	2.0181	2.0201	0.00195
2	0.5	0.5	43.7386	43.7384	43.7387	43.7386	0.00015	43.7311	43.7364	43.7373	43.7349	0.00335	2.0600	2.0568	2.0546	2.0571	0.00272

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC3 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wfvs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	Wps+fmh2 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	Wps+fmh3 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)	Wps + fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 1)	Wps+fs+ms2 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 2)	Wps+fs+ms3 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fs+ms (peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar
1.8729	1.8946	1.9018	1.8898	0.01504	40.8664	40.7867	40.7402	40.7978	0.06382	39.8283	39.8460	39.8593	39.8445	0.01555
2.0428	2.0433	2.0750	2.0537	0.01845	36.7049	36.7900	36.8400	36.7783	0.06831	35.2039	35.2509	35.2779	35.2442	0.03745
1.9478	1.9581	1.9795	1.9618	0.01617	39.0317	38.9230	38.8443	38.9330	0.09410	35.8890	35.9158	35.9376	35.9141	0.02434
1.9832	2.0066	2.0132	2.0010	0.01576	46.4576	46.3780	46.3255	46.3870	0.06651	45.6978	45.7199	45.7366	45.7181	0.01946
1.8726	1.8943	1.9015	1.8895	0.01504	40.8660	40.7863	40.7418	40.7980	0.06293	39.8275	39.8452	39.8585	39.8437	0.01555
2.0426	2.0431	2.0748	2.0535	0.01845	36.7047	36.7898	36.8398	36.7781	0.06831	35.2035	35.2505	35.2775	35.2438	0.03745
1.9475	1.9578	1.9792	1.9615	0.01617	39.0313	38.9226	38.8439	38.9326	0.09410	35.8882	35.9150	35.9368	35.9133	0.02434
1.983	2.0064	2.0130	2.0008	0.01576	46.4574	46.3778	46.3253	46.3868	0.06651	45.6972	45.7193	45.7360	45.7175	0.01946

... Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC3 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wfs+ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs+ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps + fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
1.8839	1.8924	1.9025	1.8929	0.00931	63.33
2.0916	2.1067	2.1120	2.1034	0.01059	994.67
1.9890	1.9911	2.0019	1.9940	0.00692	644.00
2.0052	2.0149	2.0213	2.0138	0.00811	256.00
1.8836	1.8920	1.9022	1.8926	0.00931	62.67
2.0913	2.1064	2.1119	2.1032	0.01067	994.00
1.9887	1.9908	2.0017	1.9937	0.00698	644.67
2.0049	2.0148	2.0210	2.0136	0.00812	255.33

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC3 tratadas sin las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wpv1	Wpv2	Wpv3	Wpv	Desviación estándar	Wp1	Wp2	Wp3	Wpvs	Desviación estándar	Wfv1	Wfv2	Wfv3	Wfv	Desviación estándar
		(peso placa vacía)	(peso placa vacía)	(peso placa vacía)	(peso placa vacía promedio)		(peso placa vacía seca)	(peso placa vacía seca)	(peso placa vacía seca)	(peso placa vacía seca promedio)		(peso del filtro)	(peso del filtro)	(peso del filtro)	(peso filtro vacío promedio)	
0	0	43.9268	43.9274	43.926	43.9267	0.00070	43.9232	43.9253	43.9256	43.9247	0.00131	2.0957	2.0945	2.0925	2.0942	0.00162
0.125	0	42.3128	42.3122	42.3131	42.3127	0.00046	42.3096	42.3107	42.3118	42.3107	0.00110	2.0317	2.0312	2.0292	2.0307	0.00132
0.5	0	53.9964	53.9966	53.9960	53.9963	0.00031	53.9883	53.9947	53.9951	53.9927	0.00382	1.9797	1.9776	1.9752	1.9775	0.00225
0	0.125	43.8454	43.8461	43.8503	43.8473	0.00265	43.8407	43.8461	43.8448	43.8439	0.00282	2.0657	2.0632	2.0596	2.0628	0.00307
0	0.5	42.7037	42.7038	42.7032	42.7036	0.00032	42.7020	42.7022	42.7033	42.7025	0.00070	2.0212	2.0199	2.0174	2.0195	0.00193

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC3 tratadas sin las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wfs 1 (peso filtro seco)	Wfs 2 (peso filtro vacío seco)	Wfs 3 (peso filtro vacío seco)	Wfv (peso filtro vacío seco promedio)	Desviación estándar	Wps+fmh1 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 1)	Wps+fmh2 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 2)	Wps+fmh3 (peso placa seco +filtro + muestra húmeda 3)	Wps + fmh (peso placa seca + filtro húmedo promedio)	Desviación estándar	Wps+fs+ms1 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 1)	Wps+fs+ms2 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 2)	Wps+fs+ms3 (peso placa seco +filtro seco + muestra seca 3)	Wps+fs+ms (peso placa seca + filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar
2.0056	2.0379	2.0444	2.0293	0.02078	57.8424	57.7534	57.675	57.7569	0.08376	50.4722	50.4795	50.4871	50.4796	0.00745
1.9483	1.9764	1.9864	1.9704	0.01975	47.3844	47.2082	47.0594	47.2173	0.16269	44.2630	44.3484	44.3554	44.3223	0.05145
1.9013	1.9266	1.9354	1.9211	0.01770	59.2619	59.1631	59.0944	59.1731	0.08420	55.8862	55.9043	55.9165	55.9023	0.01525
1.9888	2.0021	2.0149	2.0019	0.01305	48.9003	48.7731	48.6760	48.7831	0.11249	45.8186	45.8319	45.8420	45.8308	0.01174
1.9411	1.9695	1.9759	1.9622	0.01852	47.7958	47.6048	47.4692	47.6233	0.16408	44.6429	44.6569	44.6632	44.6543	0.01039

Tratamiento de datos para cálculo de Sólidos Suspendidos Totales - SST (ppm) en MC3 tratadas sin las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wfs + ms1 (peso filtro seco + muestra seca 1)	Wfs + ms2 (filtro seco + muestra seca 2)	Wfs+ms3 (filtro seco + muestra seca 3)	Wps + fh (peso filtro seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	SST (ppm)
6.5636	6.5667	6.5685	6.5663	0.00248	90739.33
2.0482	2.0556	2.0602	2.0547	0.00605	1686.00
1.9383	1.9450	1.9510	1.9448	0.00635	473.33
2.0113	2.0192	2.0295	2.0200	0.00913	361.33
1.9802	1.9884	1.9971	1.9886	0.00845	528.00

A.3.4. Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la variable dependiente del contenido de grasa (%)

Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wvs1 (peso vaso seco)	Wvs2 (peso vaso seco)	Wvs3 (peso vaso seco)	Wvs (peso vaso seco promedio)	Desviación estándar	Wvs+mh1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wvs+mh2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wvs+mh3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs + mh (peso vaso seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar
1	0.125	0.125	49.4485	49.4489	49.4512	49.4495	0.0014572	98.2491	98.2374	98.2322	98.2396	0.00865583
1	0.5	0.125	49.5175	49.5202	49.5226	49.5201	0.0025515	98.3042	98.2962	98.2882	98.2962	0.008
1	0.125	0.5	49.5544	49.556	49.5572	49.5559	0.0014048	97.889	97.8779	97.8711	97.8793	0.00903567
1	0.5	0.5	50.4527	50.4554	50.4569	50.4550	0.0021284	99.1166	99.1115	99.1024	99.1102	0.00719328
2	0.125	0.125	49.4487	49.4491	49.4514	49.4497	0.0014572	98.2493	98.2376	98.2324	98.2398	0.00866
2	0.5	0.125	49.5176	49.5203	49.5227	49.5202	0.0025515	98.3043	98.2963	98.2883	98.2963	0.00800
2	0.125	0.5	49.5545	49.5561	49.5573	49.5560	0.0014048	97.8891	97.8780	97.8712	97.8794	0.00904
2	0.5	0.5	50.4525	50.4552	50.4567	50.4548	0.0021284	99.1164	99.1113	99.1022	99.1100	0.00719

... Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC1 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wvs+ms1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wvs+ms2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wvs+ms3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs + ms (peso vaso seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	Grasa (ppm)	Grasa (%)
49.6177	49.6185	49.6187	49.6183	0.00052915	3375.3333	0.3375
49.6979	49.6983	49.6994	49.6985	0.00077675	3568.6667	0.3569
49.7235	49.7239	49.7244	49.7239	0.00045092	3361.3333	0.3361
50.6159	50.6187	50.6206	50.6184	0.00236432	3268.0000	0.3268
49.6178	49.6186	49.6188	49.6184	0.00052915	3374.1333	0.3374
49.6980	49.6984	49.6995	49.6987	0.00077675	3568.2667	0.3568
49.7236	49.7240	49.7245	49.7240	0.00045092	3361.3333	0.3361
50.6157	50.6185	50.6204	50.6182	0.00236432	3268.0000	0.3268

Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wvs1 (peso vaso seco)	Wvs2 (peso vaso seco)	Wvs3 (peso vaso seco)	Wvs (peso vaso seco promedio)	Desviación estándar	Wvs+mh1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wvs+mh2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wvs+mh3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs + mh (peso vaso seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar
1	0.125	0.125	50.6747	50.6773	50.6774	50.6765	0.001530795	98.9284	98.9163	98.9032	98.9160	0.01260331
1	0.5	0.125	49.2673	49.2681	49.2683	49.2679	0.00052915	98.7173	98.7077	98.6965	98.7072	0.01041025
1	0.125	0.5	50.389	50.389	50.389	50.3890	0	98.2395	98.2294	98.2194	98.2294	0.01005004
1	0.5	0.5	49.9643	49.966	49.9663	49.9655	0.001078579	99.1145	99.1025	99.0967	99.1046	0.00907818
2	0.125	0.125	50.6744	50.6770	50.6771	50.6762	0.001530795	98.9281	98.9160	98.9029	98.9157	0.01260331
2	0.5	0.125	49.2672	49.2680	49.2682	49.2678	0.00052915	98.7172	98.7076	98.6964	98.7071	0.01041025
2	0.125	0.5	50.3881	50.3881	50.3884	50.3882	0.00017	98.2386	98.2285	98.2185	98.2285	0.01005004
2	0.5	0.5	49.9663	49.9680	49.9683	49.9675	0.00108	99.1165	99.1045	99.0987	99.1066	0.00907818

... Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC2 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wvs+ms1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wvs+ms2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wvs+ms3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs + ms (peso vaso seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	Grasa (ppm)	Grasa (%)
51.0222	51.0234	51.0243	51.0233	0.00105357	6936.6667	0.6937
49.5695	49.5716	49.5731	49.5714	0.00180831	6070	0.6070
50.6637	50.6643	50.6649	50.6643	0.0006	5506	0.5506
50.2806	50.2813	50.2816	50.2812	0.00051316	6312.6667	0.6313
51.0219	51.0231	51.0240	51.0230	0.00105357	6936.2667	0.6936
49.5694	49.5715	49.5730	49.5713	0.00180831	6069.8	0.6070
50.6628	50.6634	50.6640	50.6634	0.0006	5504.0	0.5504
50.2826	50.2833	50.2836	50.2832	0.00051316	6312.6667	0.6313

Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC3 tratadas sin las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Muestra	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wvs1 (peso vaso seco)	Wvs2 (peso vaso seco)	Wvs3 (peso vaso seco)	Wvs (peso vaso seco promedio)	Desviación estándar	Wvs+mh1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wvs+mh2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wvs+mh3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs + mh (peso vaso seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar
MC3	0.125	0	51.1260	51.1253	51.1302	51.1272	0.00265016	97.8657	97.8539	97.8409	97.8535	0.01240484
MC3	0.5	0	49.4281	49.4242	49.4256	49.4260	0.00197569	96.9427	96.9280	96.9194	96.9300	0.01178233
MC3	0	0.125	49.9759	49.9797	49.9803	49.9786	0.00238607	98.9355	98.9270	98.9156	98.9260	0.00998516
MC3	0	0.5	49.6883	49.6802	49.6818	49.6834	0.00428991	101.1499	101.1079	101.0818	101.1132	0.03435797

... Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC3 tratadas sin las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wvs+ms1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wvs+ms2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wvs+ms3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs + ms (peso vaso seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	Grasa (ppm)	Grasa (%)
51.4615	51.4713	51.4705	51.4678	0.00544181	6812	0.6812
49.8534	49.8540	49.8555	49.8543	0.00108167	8566.6667	0.8567
50.3152	50.3160	50.3161	50.3158	0.00049329	6742.6667	0.6743
50.0244	50.0263	50.0225	50.0244	0.0019	6819.3333	0.6819

Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC3 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

BLOQUE	Crotalaria Pallida (g)	Leucaena L. (g)	Wvs1 (peso vaso seco)	Wvs2 (peso vaso seco)	Wvs3 (peso vaso seco)	Wvs (peso vaso seco promedio)	Desviación estándar	Wvs+mh1 (peso vaso seco + muestra húmeda 1)	Wvs+mh2 (peso vaso seco + muestra húmeda 2)	Wvs+mh3 (peso vaso seco + muestra húmeda 3)	Wvs + mh (peso vaso seco + muestra húmeda promedio)	Desviación estándar
1	0.125	0.125	49.5064	49.5098	49.5110	49.5091	0.00238607	97.5476	97.5305	97.5218	97.5333	0.01312593
1	0.5	0.125	49.2028	49.2062	49.2072	49.2054	0.00230651	99.5019	99.4869	99.4751	99.4880	0.0134318
1	0.125	0.5	50.3663	50.3696	50.3701	50.3687	0.00206478	99.4679	99.4449	99.4342	99.4490	0.01722005
1	0.5	0.5	50.3396	50.3397	50.3413	50.3402	0.00095394	99.6568	99.6402	99.6335	99.6435	0.01199542
2	0.125	0.125	49.5060	49.5094	49.5106	49.5087	0.00238607	97.5472	97.5301	97.5214	97.5329	0.01312593
2	0.5	0.125	49.2026	49.2060	49.2070	49.2052	0.00230651	99.5017	99.4867	99.4749	99.4877	0.0134318
2	0.125	0.5	50.3662	50.3695	50.3700	50.3686	0.00206478	99.4678	99.4448	99.4341	99.4489	0.01722005
2	0.5	0.5	50.3357	50.3358	50.3374	50.3363	0.00095394	99.6529	99.6363	99.6296	99.6396	0.01199542

Tratamiento de datos para cálculo de contenido de grasa (ppm y %) en MC3 tratadas con las combinaciones de semillas y sin adición de CaO

Wvs+ms1 (peso vaso seco + muestra seca 1)	Wvs+ms2 (peso vaso seco + muestra seca 2)	Wvs+ms3 (peso vaso seco + muestra seca 3)	Wvs + ms (peso vaso seco + muestra seca promedio)	Desviación estándar	Grasa (ppm)	Grasa (%)
49.8487	49.8493	49.8503	49.8494333	0.0008083	6807.3333	0.6807
49.5538	49.5540	49.5547	49.5541667	0.0004726	6975.3333	0.6975
50.7099	50.7106	50.7113	50.7106000	0.0007000	6838.6667	0.6839
50.7408	50.7404	50.7400	50.7404000	0.0004000	8004	0.8004
49.8484	49.8490	49.8500	49.8491	0.00080829	6807.5333	0.6808
49.5536	49.5538	49.5545	49.5539	0.00047258	6975.3333	0.6975
50.7098	50.7105	50.7112	50.7105	0.0007	6838.6667	0.6839
50.7369	50.7365	50.7361	50.7365	0.0004	8003.4	0.8003

Anexo 4.

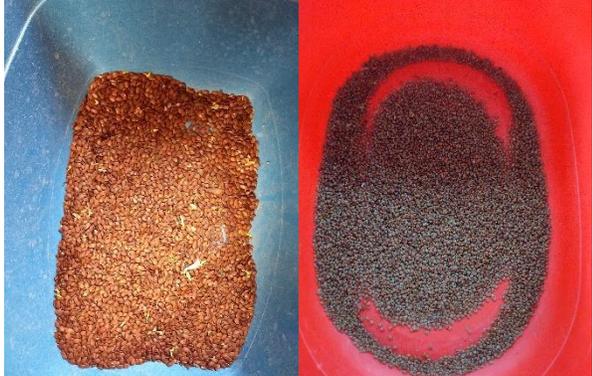
Resultados gráficos de la caracterización morfológica de las plantas y semillas de Leucaena L. y Planta de Crotalaria P.

Tipo y partes de las plantas	Registro grafico
Planta de Leucaena L.	
Ramas y bayas de Leucaena L.	
Semillas de Leucaena L.	

<p>Tipo y partes de las plantas</p>	<p>Registro grafico</p>
<p>Planta de Crotalaria P.</p>	
<p>Ramas y bayas de Crotalaria P.</p>	
<p>Semillas de Crotalaria P.</p>	

Anexo 5.
Resultados gráficos del proceso para la obtención del polvo de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.

Operaciones en el proceso de obtención de polvo de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L	Registro grafico
<p>Recolección de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Selección de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

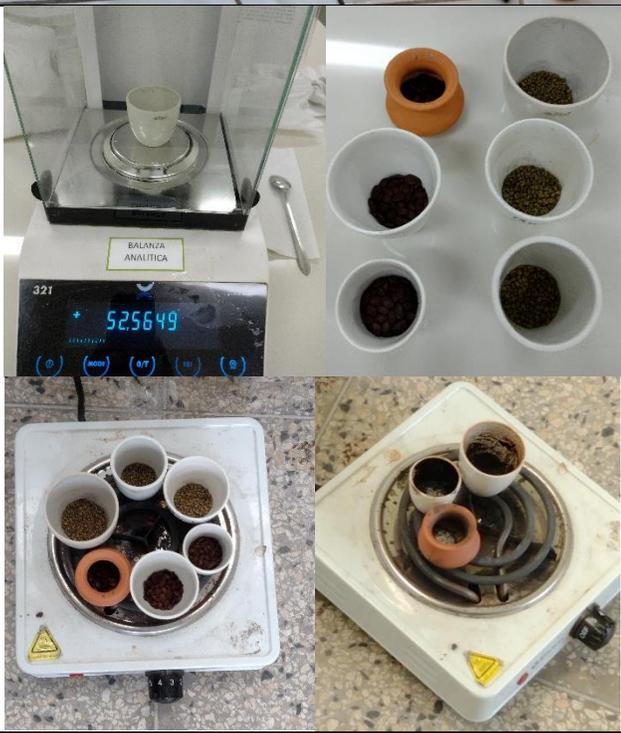
Operaciones en el proceso de obtención de polvo de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	Registro grafico
Descascarillado de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	
Limpieza y selección de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	
Pesado de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	

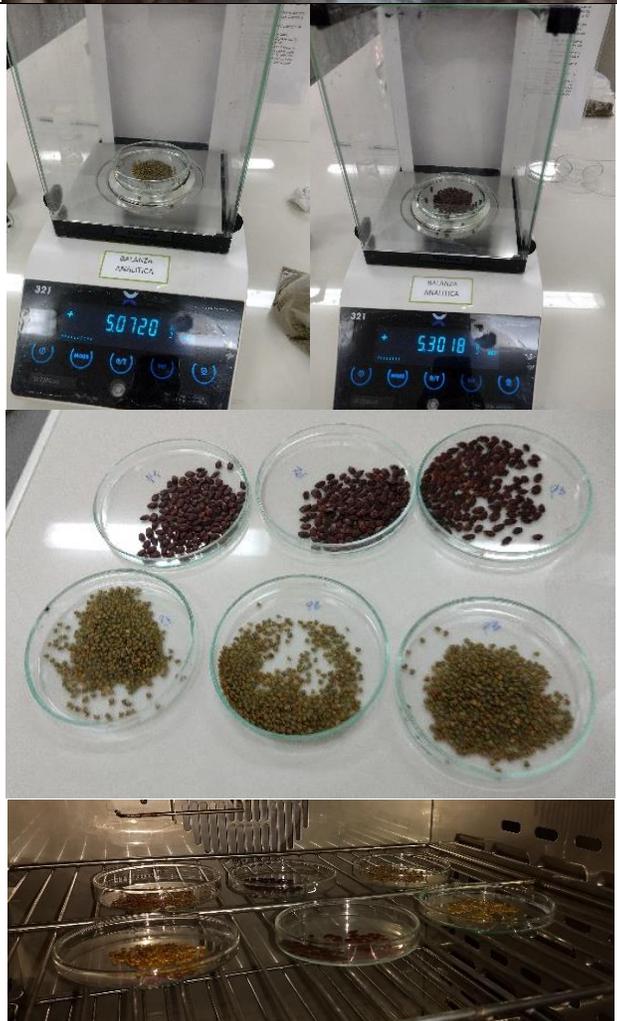
Operaciones en el proceso de obtención de polvo de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L	Registro grafico
Envasado de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	 A vertical stack of four clear plastic bags filled with dark brown seeds. Each bag has a white label with the text 'U-Thil-ZIPP' printed on it. The bags are placed on a light-colored surface.
Acondicionado para el secado de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	 Four rectangular trays lined with aluminum foil, arranged on a white surface. The top row contains three trays: the left one has a light brown powder, the middle one has dark brown seeds, and the right one has reddish-brown seeds. The bottom row contains one larger tray filled with a mixture of light brown powder and dark brown seeds.

Operaciones en el proceso de obtención de polvo de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L	Registro grafico
<p data-bbox="240 705 711 772">Secado de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	 <p>The top photograph shows several trays of seeds, some dark brown and some lighter, arranged on a metal rack inside an oven. The bottom photograph shows a similar view from a different angle, highlighting the trays and the oven's interior.</p>
<p data-bbox="240 1346 711 1413">Molienda de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	 <p>The photograph shows a white mill with a digital display and buttons. A hand is pouring seeds from a clear plastic container into the mill's hopper. The mill is labeled 'ZM 200'.</p>

Operaciones en el proceso de obtención de polvo de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	Registro grafico
Tamizado de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	
Envasado del polvo de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i>	

Anexo 6.
Resultados gráficos de la caracterización físico química de las semillas Crotalaria P. y Leucaena L.

Análisis físico químico	Registro grafico
<p>Determinación del % de acidez en los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Determinación de pH en los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Determinación del % de cenizas en las semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

Análisis físico químico	Registro grafico
	
<p>Determinación del % de humedad en las semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i></p>	

Análisis físico químico	Registro grafico
	

Anexo 7.

Resultados gráficos de la recolección de las aguas de sanguaza y aguas residuales provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado y sus caracterizaciones fisicoquímicas

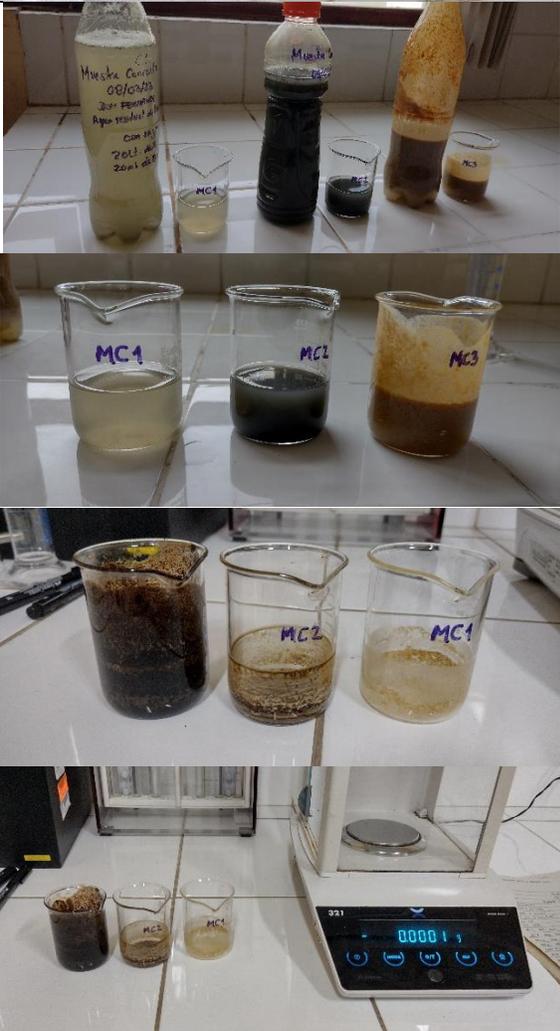
A.7.1. Resultados gráficos de la recolección de las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado, según concentraciones

Actividad	Registro grafico
<p>Recolección de muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 1, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.</p>	

Actividad	Registro grafico
<p>Recolección de muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 2, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.</p>	
<p>Recolección de muestras de agua de sanguaza y agua residual de concentración 3, provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.</p>	

A.7.2. Resultados gráficos de la determinación de densidad en las muestras de agua de sanguaza y agua residual provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado

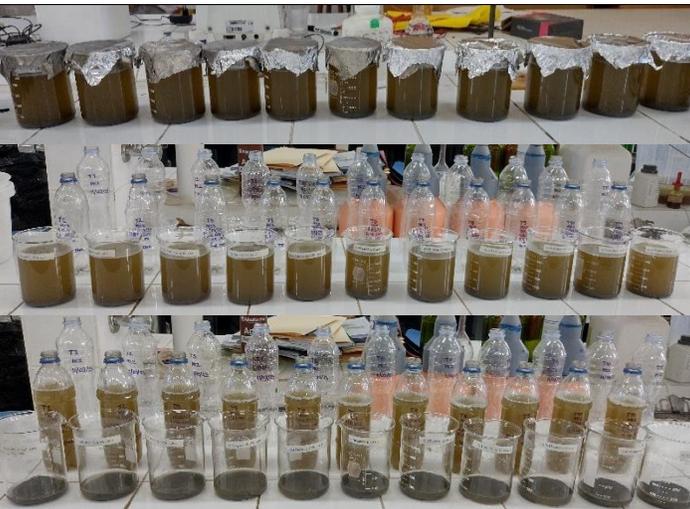
Análisis	Registro grafico
<p>Determinación de densidad del agua de sanguaza y agua residual en las concentraciones 1, 2 y 3 provenientes del proceso de conserva de pescado, mediante determinación peso – volumen.</p>	

Análisis	Registro grafico
<p>Determinación de pH del agua de sanguaza y agua residual en las concentraciones 1, 2 y 3 provenientes de la limpieza y lavado de conserva de pescado.</p>	
<p>Determinación de solidos totales del agua de sanguaza y agua residual en las concentraciones 1, 2 y 3 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.</p>	
<p>Determinación de solidos suspendidos totales del agua de sanguaza y agua residual en las concentraciones 1, 2 y 3 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.</p>	

Análisis	Registro grafico
	
<p>Determinación de grasas del agua de sanguaza y agua residual en las concentraciones 1, 2 y 3 provenientes de la limpieza y lavado del proceso de conserva de pescado.</p>	

Anexo 8.

Resultados gráficos de la aplicación de los tratamientos según las matrices experimentales de estudio; Matriz experimental 01, Matriz experimental 02, Matriz experimental 03, Matriz experimental 04, Matriz experimental 05, Matriz experimental 06 y Matriz experimental 07

Aplicación de tratamientos según matrices experimentales.	Registro grafico
<p>Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. en la matriz experimental 01; con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. en la matriz experimental 02; con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. en la matriz experimental 03; con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

<p>Aplicación de tratamientos según matrices experimentales.</p>	<p>Registro grafico</p>
<p>Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. en la matriz experimental 04; con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L. en la matriz experimental 05; para agua residual de concentración 3, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

Aplicación de tratamientos según matrices experimentales.	Registro grafico
	

Anexo 9.

Resultados gráficos de las variables dependientes medidas (pH, Turbidez, ST, SST y Grasa) en las matrices experimentales

A.9.1. Resultados gráficos de la determinación de pH

Análisis de pH	Registro grafico
Determinación de pH en la matriz experimental 01 , para agua residual de concentración 1 , con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	
Determinación de pH en la matriz experimental 02 , para agua residual de concentración 1 , con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	
Determinación de pH en la matriz experimental 03 , para agua residual de concentración 2 , con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	

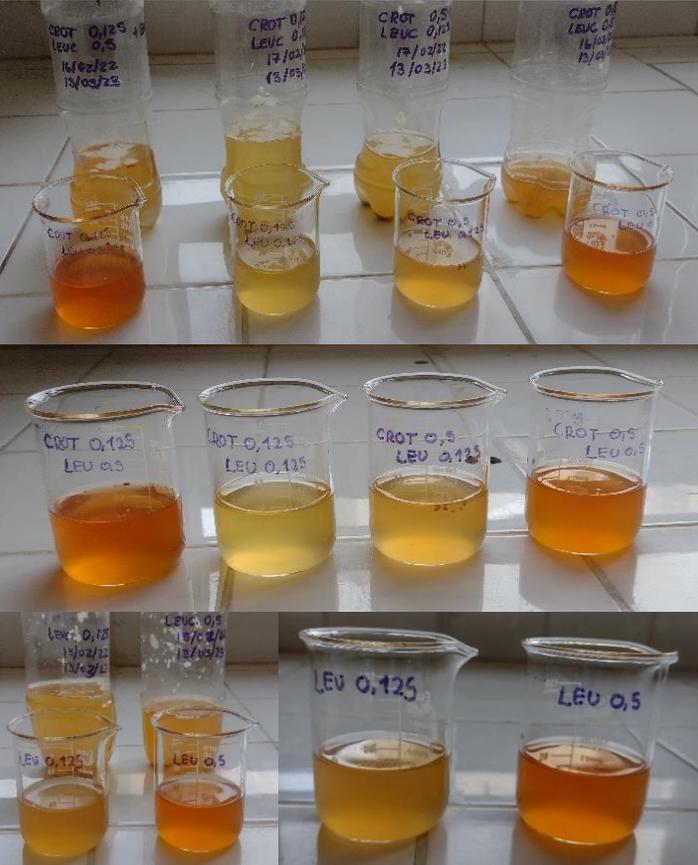
Análisis de pH	Registro grafico
<p>Determinación de pH en la matriz experimental 04, para agua residual de concentración 2, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Determinación de pH en la matriz experimental 05, para agua residual de concentración 3, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

A.9.2. Resultados gráficos de la determinación de ST (ppm)

Análisis de ST (ppm)	Registro grafico
<p>Determinación del contenido de sólidos totales en la matriz experimental 01, para agua residual de concentración 1, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

Análisis de ST (ppm)	Registro grafico
	
<p>Determinación del contenido de sólidos totales en la matriz experimental 02, para agua residual de concentración 1, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Determinación del contenido de sólidos totales en la matriz experimental 03, para agua residual de concentración 2, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

Análisis de ST (ppm)	Registro grafico
<p>Determinación del contenido de sólidos totales en la matriz experimental 04, para agua residual de concentración 2, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i></p>	

Análisis de ST (ppm)	Registro grafico
	
<p>Determinación del contenido de sólidos totales en la matriz experimental 05, para agua residual de concentración 3, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

Análisis de ST (ppm)	Registro grafico
	

A.9.3. Resultados gráficos de la determinación de SST (ppm)

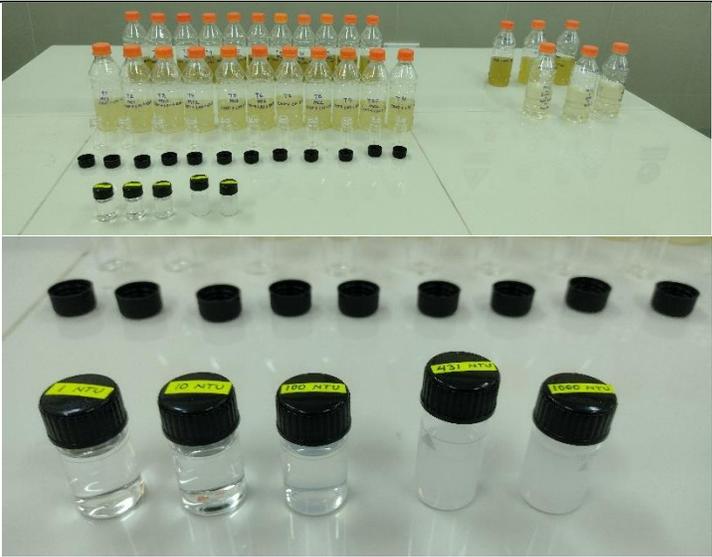
Análisis de SST (ppm)	Registro grafico
<p>Determinación del contenido de sólidos suspendidos totales en la matriz experimental 01, para agua residual de concentración 1, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i></p>	
<p>Determinación del contenido de sólidos suspendidos totales en la matriz experimental 02, para agua residual de concentración 1, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i></p>	

Análisis de SST (ppm)	Registro grafico
	
<p>Determinación del contenido de sólidos suspendidos totales en la matriz experimental 03, para agua residual de concentración 2, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	  
<p>Determinación del contenido de sólidos suspendidos totales en la matriz experimental 04, para agua residual de concentración 2, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	 

Análisis de SST (ppm)	Registro grafico
<p>Determinación del contenido de sólidos suspendidos totales en la matriz experimental 05, para agua residual de concentración 3, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i></p>	

Análisis de SST (ppm)	Registro grafico
	

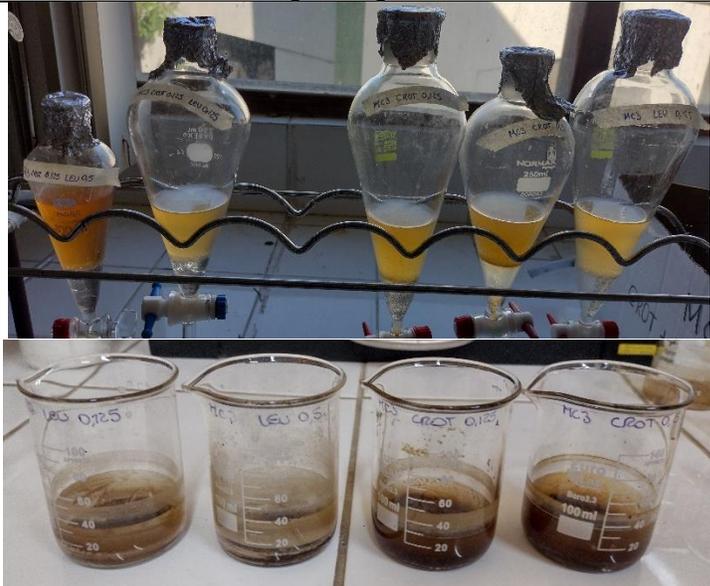
A.9.4. Resultados gráficos de la determinación de turbidez (NTU)

Análisis de turbidez (NTU)	Registro grafico
<p>Determinación del contenido de turbidez en la matriz experimental 01, para agua residual de concentración 1, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de <i>Crotalaria P.</i> y <i>Leucaena L.</i></p>	
<p>Determinación del contenido de turbidez en la matriz experimental 02, para agua residual de concentración 1, con</p>	

Análisis de turbidez (NTU)	Registro grafico
tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	
Determinación del contenido de turbidez en la matriz experimental 03 , para agua residual de concentración 2 , con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	
Determinación del contenido de turbidez en la matriz experimental 04 , para agua residual de concentración 2 , con tratamiento de 0.1 % de Enzima + 0.8 % de CaO + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	
Determinación del contenido de turbidez en la matriz experimental 05 , para agua residual de concentración 3 , con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.	

Análisis de turbidez (NTU)	Registro grafico
	

A.9.5. Resultados gráficos de la determinación de grasa (ppm y %)

Análisis de grasa (%)	Registro grafico
<p>Determinación del contenido de grasa en la matriz experimental 05, para agua residual de concentración 3, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	
<p>Determinación del contenido de grasa en la matriz experimental 06, para agua residual de concentración 1, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

Análisis de grasa (%)	Registro grafico
	
<p>Determinación del contenido de grasa en la matriz experimental 07, para agua residual de concentración 2, con tratamiento de 0.1 % de Enzima + Adición de los polvos de semillas de Crotalaria P. y Leucaena L.</p>	

Anexo 10.
Reactivos empleados en los análisis experimentales

Reactivos empleados	Características
Oxido de Calcio Q.P., CaO	M=56.08; CAS 1305-8; MERCK; Hecho en Alemania
Sulfato de aluminio 18-hidratado (trozos puros) Q.P., Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	M=666.42 g/mol; MERCK; Hecho en Alemania
Cloroformo AR, CHCl ₃	QUALIKEMS; New Delhi, Hecho en India.
Hidróxido de Sodio en lentejas para análisis	Marca: Merck; procedencia: Alemania
Solución indicadora de fenolftaleína	Marca: Biopharm; 0.1% p/v en solución de etanol; rango de pH: 8 a 10.

Anexo 11.
Equipos empleados en los análisis experimentales

Equipos empleados	Características
Balanza analítica	Marca: Precisa Gravimetrics AG; serie: 321 LX; S/N: 7000014; tipo: 320 ^a ; hecho en Swiss _ Dietikon, Switzerland; Max: 320 g; Min: 0.01 g; e = 0.001 g; d = 0.0001 g.
Balanza analítica	Marca: AE ADAM; serie: AE 438220; tipo: PW 254; Max: 250 g; d = 0.0001 g.
Balanza de precisión	Marca: OHAUS; modelo: Scout TM Pro, precisión de 0.01 g y Max: 400 g.
Agitador magnético – Magnetic stirrer with heating	Marca: Nahita; serie: C54017; código: 50690050; tipo/modelo: PW 690/5; Max. Temp.: 350 °C; Max. Volumen: 5000 ml; código: C54017
Agitador magnético – Magnetic stirrer	Marca: Nahita; código: 50680080; tipo/modelo: 680 – 8; Capacidad: 4 x 3000 ml; velocidad: 100 – 2000 r.p.m.; engine power: 4 x 10 W.

Equipos empleados	Características
Estufa eléctrica – A Unit General Signal	Marca: Blue M; serie: SW–1990; S/N: 7000014; tipo/modelo: SW–17TC–1; hecho en Illinois U.S.A.; Rango de Temperatura: 200 °C / 392°F
Esterilizador	Marca: POL – EKO APARATURA; serie: SWISE 12026; tipo/modelo: SLW 115 STD; hecho en Estados Unidos; Temperatura máxima: 300 °C
PH / ISE metro	Marca: THERMO SCIENTIFIC; tipo/modelo: ORION STAR A214.
Molino	Marca: RETSCH; Part No: 20.823.0001; S/N: 1216010320Q; tipo: ZM200; hecho en Alemania en 2016.
Agitador para tamices	Marca: RETSCH; Part No: 30.030.0002; S/N: 1217200247; tipo: AS 200 basic B; hecho en Alemania en 2017.
Juego de tamices verticales de prueba estándar	Marca: VWR Scientific, cumplimiento de especificaciones A.S.T.M. E – F11, país de fabricación: EE. UU
Mufla	Marca: BarnsteadInternational, modelo: N.º FB1410M y S/N: N.º 1257060346476 y país de fabricación: U.S.A – IOWA.
Turbidímetro	Marca: Thermo scientific; modelo: Orion AQ3700 – S/N: 14/6260

“Efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales en los parámetros físico químico del agua de sanguaza para harina residual en la industria pesquera”

por Lenin Palacios

Fecha de entrega: 09-dic-2023 08:05p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2253904449

Nombre del archivo: Tesis_de_maestria_en_Gestion_Ambiental_Lenin_Palacios_2023.docx (20.71M)

Total de palabras: 83056

Total de caracteres: 430440

“Efecto de los agentes coagulantes y floculantes naturales en los parámetros físico químico del agua de sanguaza para harina residual en la industria pesquera”

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%

9	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
10	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
11	scielo.sld.cu Fuente de Internet	<1 %
12	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
13	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	1library.co Fuente de Internet	<1 %
17	HORIZONTE CONSULTORES S.R.L.. "EIA del Proyecto Relleno Sanitario y Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Ciudad de Arequipa-IGA0000029", R.D. N° 3704/2008/DIGESA/SA, 2020 Publicación	<1 %
18	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

19	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
20	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
21	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
23	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
25	INGENIEROS INNOVADORES PROYECTISTAS AMBIENTALES E.I.R.L.. "Actualización al EIA de la Planta de Concentrado Proteico con una Capacidad de 10 t/h, y Producción de Aceite de Pescado como Resultado del Centrifugado y Filtrado del Proceso de Producción de Concentrado Proteico, Destinados Exclusivamente al Consumo Humano Directo en el Establecimiento Industrial Pesquero Ubicado en el Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Ancash-IGA0018957", R.D. N° 00029-2022-PRODUCE/DGAAMPA, 2022 Publicación	<1 %

26	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
27	ECOFISH S.A.. "Actualización al EIA para el Establecimiento Industrial Pesquero que Comprende la Planta de Conservas de Productos Hidrobiológicos de Capacidad de 5286 cajas/turno y una Planta de Harina Residual de Carácter Accesorio y Complementario a la Actividad Principal con Capacidad de 9 t/h, Ubicado en el distrito de Chimbote, Ancash-IGA0011118", R.D. N° 140-2019-PRODUCE/DGAAMPA, 2020 Publicación	<1 %
28	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 %
29	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
30	buscaintegrada.ufrj.br Fuente de Internet	<1 %
31	www.studocu.com Fuente de Internet	<1 %
32	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
33	dokumen.site Fuente de Internet	<1 %

34	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	centrodeconocimiento.ccb.org.co Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
38	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	e.exam-10.com Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	NELSON RODRÍGUEZ VALENCIA. "Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas.", Universitat Politecnica de Valencia, 2009 Publicación	<1 %
42	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
43	www.elsevier.es Fuente de Internet	

<1 %

44

anishapt.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

45

www.scielo.org.ve

Fuente de Internet

<1 %

46

issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

47

repositoriodspace.unipamplona.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

48

repositorio.espe.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

49

Submitted to Pontificia Universidad Catolica
del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

50

repositorio.spda.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

51

sistemasagroecologicos.co

Fuente de Internet

<1 %

52

biblioimarpe.imarpe.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

53

repositorio.ufsc.br

Fuente de Internet

<1 %

54	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
55	rdu.unc.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
56	Submitted to upec Trabajo del estudiante	<1 %
57	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
58	revistas.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
59	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %
60	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 %
61	real.mtak.hu Fuente de Internet	<1 %
62	www.rlmm.org Fuente de Internet	<1 %
63	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
64	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.umSA.bo	

Fuente de Internet

<1 %

66

es.unionpedia.org

Fuente de Internet

<1 %

67

fdocuments.es

Fuente de Internet

<1 %

68

ia800603.us.archive.org

Fuente de Internet

<1 %

69

Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia

Trabajo del estudiante

<1 %

70

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

71

www.etsia.upm.es

Fuente de Internet

<1 %

72

periodicos.ufsm.br

Fuente de Internet

<1 %

73

repositorio.espam.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

74

repositorio.unica.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

75

repositorio.unach.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

76

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

<1 %

77

dspace.uclv.edu.cu

Fuente de Internet

<1 %

78

hemeroteca.unad.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

79

Claudia Isabel Bas Bellver. "Desarrollo del proceso de obtención de polvos funcionales de uso alimentario a partir de residuos de las líneas de confección de hortalizas, caracterización funcional y evaluación de su respuesta a la digestión simulada in vitro", Universitat Politecnica de Valencia, 2023

Publicación

<1 %

80

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

81

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

82

Submitted to Higher Education Commission Pakistan

Trabajo del estudiante

<1 %

83

aprenderly.com

Fuente de Internet

<1 %

84

revistas.imarpe.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

85	Submitted to uniminuto Trabajo del estudiante	<1 %
86	www.revistabionatura.com Fuente de Internet	<1 %
87	Submitted to Bachillerato Alexander Bain, S.C Trabajo del estudiante	<1 %
88	M & D CONSULTING S.A.C.. "Modificación para Impactos Ambientales Negativos No Significativos para la Implementación de una Tercera Línea de Descarga de Materia Prima y Modificación de la Estrategia de Manejo Ambiental de la Planta de Harina y Aceite de Pescado con Capacidad Instalada Total de 159 t/h Ubicada en el Distrito de Rázuri, Provincia de Ascope y Departamento de La Libertad-IGA0017208", R.D. N° 00105-2021-PRODUCE/DGAAMPA, 2022 Publicación	<1 %
89	dspace.bracu.ac.bd Fuente de Internet	<1 %
90	repodigital.unrc.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
91	revistas.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 %
92	rraae.cedia.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

93	usv.ro Fuente de Internet	<1 %
94	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
95	CONSULTORIA Y SOLUCIONES TECNOLOGICAS AMBIENTALES S.A.C.. "Atualización del Plan de Manejo Ambiental del DAP para la Actividad Línea de Producción de Jabones-IGA0006833", R.D. N° 243-2019- PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020 Publicación	<1 %
96	portal-academico.upads.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
97	Submitted to Ministerio de Defensa - Dirección General de Reclutamiento y Enseñanza Militar Trabajo del estudiante	<1 %
98	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
99	www.hannacolombia.com Fuente de Internet	<1 %
100	www.legislacionambientalspda.org.pe Fuente de Internet	<1 %
101	Submitted to Universidad Nacional de Huancavelica Trabajo del estudiante	<1 %

102 DELPHOS QUALITY INGENIEROS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "Plan de Cierre Desarrollado Total de la Planta de Harina y Aceite de Pescado Convencional de 93 t/h de Capacidad Ubicada en el Distrito de Chimbote, Áncash-IGA0019642", R.D. N° 00066-2022-PRODUCE/DGAAMPA, 2022
Publicación <1 %

103 es.wikipedia.org
Fuente de Internet <1 %

104 fondosdigitales.us.es
Fuente de Internet <1 %

105 pdfcookie.com
Fuente de Internet <1 %

106 www2.dbd.puc-rio.br
Fuente de Internet <1 %

107 bvelazquez.blogs.upv.es
Fuente de Internet <1 %

108 biblioteca.spda.org.pe
Fuente de Internet <1 %

109 core.ac.uk
Fuente de Internet <1 %

110 vsip.info
Fuente de Internet <1 %

111 www.accionporloscisnes.org
Fuente de Internet

<1 %

112

Submitted to University of Keele

Trabajo del estudiante

<1 %

113

archivos.ujat.mx

Fuente de Internet

<1 %

114

Submitted to colpos

Trabajo del estudiante

<1 %

115

Submitted to Corporación Universitaria Reformada

Trabajo del estudiante

<1 %

116

ECOFISH S.A.. "EIA-SD para la Ampliación de la Capacidad Instalada de una Planta de Enlatado de 790 cajas/turno a 6400 cajas/turno e Instalación de una Planta de Harina de Residuos de Recursos Hidrobiológicos de 10 t/h de Capacidad Accesorio a la Actividad Principal, Ubicada en el Distrito de Nuevo Chimbote, Ancash-IGA0003246", R.D. N° 093-2010-PRODUCE/DIGAAP, 2020

Publicación

<1 %

117

INSTITUTO COMERCIO Y PRODUCCION. "PAMA de la Planta Industrial de Procesamiento y Comercialización de Cueros de Clase Vacuna-IGA0004623", R.D. N° 272-2016-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020

<1 %

118	infofirma.sea.gob.cl Fuente de Internet	<1 %
119	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
120	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
121	repositorio.utfpr.edu.br Fuente de Internet	<1 %
122	Submitted to Consorcio CIXUG Trabajo del estudiante	<1 %
123	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
124	bco.catie.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
125	ASILORZA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "ITS para el Proyecto de Clasificación de Aguas para ser Dispuestos al Cuerpo Marino Receptor Sin Tratamiento Físicoquímico Convencional, a Desarrollarse en su Establecimiento Industrial Pesquero Ubicado en el Distrito de Paracas, Ica-IGA0012938", R.D. N° 145-2020-PRODUCE/DGAAMPA, 2021 Publicación	<1 %

126

Fuente de Internet

<1 %

127

Bruno Coutinho Kurtz, Vinicius Castro Souza, Adriana Melo Magalhães, Juliana de Paula-Souza et al. "The vascular flora and vegetation of Queimada Grande Island, São Paulo State, southeastern Brazil", *Biota Neotropica*, 2017

Publicación

<1 %

128

DESARROLLO AMBIENTAL SOC ANONIMA. "EIA-SD para la Instalación de una Planta de Congelado con Capacidad de 150 t/día Ubicada en el Distrito de Chimbote, Áncash-IGA0002925", Cert. Amb. N° 006-2009-PRODUCE/DIGAAP, 2021

Publicación

<1 %

129

Submitted to Pontificia Universidad Católica del Ecuador - PUCE

Trabajo del estudiante

<1 %

130

Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica

Trabajo del estudiante

<1 %

131

Submitted to Universidad del Valle

Trabajo del estudiante

<1 %

132

www.coalicionporelevangelio.org

Fuente de Internet

<1 %

133	GAPASH CONSULTORIA INTEGRAL E.I.R.L.. "Actualización del EIA-SD de la Planta de Congelado de Productos Hidrobiológicos de 20 t/día de Capacidad, Ubicada en el Distrito de Islay, Arequipa-IGA0003401", R.D. N° 170- 2018-PRODUCE/DGAAMPA, 2020 Publicación	<1 %
134	fjuyo.treasure-gnss.eu Fuente de Internet	<1 %
135	www.archivos.ujat.mx Fuente de Internet	<1 %
136	Submitted to Universidad EAFIT Trabajo del estudiante	<1 %
137	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1 %
138	bolsa-trabajo.upads.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
139	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
140	repository.udca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
141	Submitted to Universidad Internacional SEK Trabajo del estudiante	<1 %
142	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

<1 %

143 repositorio.unac.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

144 ri2.bib.udo.edu.ve
Fuente de Internet

<1 %

145 sedici.unlp.edu.ar
Fuente de Internet

<1 %

146 www.bps.dti.gov.ph
Fuente de Internet

<1 %

147 www.scielo.br
Fuente de Internet

<1 %

148 JORDI LÓPEZ RAMÓN. "Estudio de la presencia de nematodos anisákidos en distintas especies acuícolas producidas en el litoral español", 'Universitat Politecnica de Valencia', 2016
Fuente de Internet

<1 %

149 cimec.org.ar
Fuente de Internet

<1 %

150 prezi.com
Fuente de Internet

<1 %

151 repositorio.unjfsc.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

servicio.bc.uc.edu.ve

152	Fuente de Internet	<1 %
153	Luke J. Potgieter, David M. Richardson, John R. U. Wilson. "Casuarina: biogeography and ecology of an important tree genus in a changing world", Biological Invasions, 2013 Publicación	<1 %
154	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
155	extwprlegs1.fao.org Fuente de Internet	<1 %
156	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
157	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
158	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
159	www.bdta.ufra.edu.br Fuente de Internet	<1 %
160	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
161	G&M Consultoría Ambiental S.A.C.. "Actualización del EIA de la Planta Industrial Huachipa de la Empresa Leche Gloria-	<1 %

IGA0005326", R.D. N° 606-2019-
PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2021

Publicación

162	Submitted to Universidad Tecnológica Indoamerica Trabajo del estudiante	<1 %
163	diposit.ub.edu Fuente de Internet	<1 %
164	revistasguatemala.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
165	rid.unam.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
166	wiki.gacq.com Fuente de Internet	<1 %
167	Submitted to Amman BaccaLaureate School Trabajo del estudiante	<1 %
168	H. Mahanna, M. Fouad, T. Zedan, M. Mossad. "Effective turbid water treatment using natural eco-friendly coagulants derived from oat and onion seeds", International Journal of Environmental Science and Technology, 2023 Publicación	<1 %
169	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1 %
170	coleccionmutis.cubun.org	

Fuente de Internet

<1 %

171 documents.mx
Fuente de Internet

<1 %

172 dokumen.tips
Fuente de Internet

<1 %

173 journalingeniar.org
Fuente de Internet

<1 %

174 repositorio.ulcb.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

175 scielo.senescyt.gob.ec
Fuente de Internet

<1 %

176 www.aseja.com
Fuente de Internet

<1 %

177 www.enfoquederecho.com
Fuente de Internet

<1 %

178 www.upemor.edu.mx
Fuente de Internet

<1 %

179 ALTERNATIVAS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA.

<1 %

"Actualización del EIA de las Plantas para la
Producción de Congelado de 49.68 t/día,
Conservas de 2635 cajas/turno de Productos
Hidrobiológicos y de Harina Residual de 5 t/h
como Actividad Accesorio y Complementaria

a las Actividades Principales de Congelado y Conservas, Ubicado en el Distrito de Sechura, Piura-IGA0003987", R.D. N° 150-2016-PRODUCE/DGCHD, 2020

Publicación

180	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
181	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
182	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
183	www.takao599museum.jp Fuente de Internet	<1 %
184	www.upme.gov.co Fuente de Internet	<1 %
185	Marcelo Giroto Rebelato, Luciana Maria Saran, Thiago Pereira Paulino, Andréia Marize Rodrigues. "Environmental performance assessment (EPA): a case study in a graphic company", Management of Environmental Quality: An International Journal, 2017 Publicación	<1 %
186	ir.jkuat.ac.ke Fuente de Internet	<1 %
187	repositorio.unphu.edu.do Fuente de Internet	<1 %

<1 %

188 repositorio.unsaac.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

189 repositorio.untels.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

190 ri.ujat.mx
Fuente de Internet

<1 %

191 www.linguatools.de
Fuente de Internet

<1 %

192 CONSULTORA DE GESTION INTEGRADO &
AUDITORIA AMBIENTAL CON INNOVACION
TECNOLOGICA E.I.R.L.. "Actualización al EIA
de la Planta de Harina de Pescado de Alto
Contenido Proteínico de 100 t/h de Capacidad
Ubicada en el Distrito de Pacocha, Provincia
de Ilo, Departamento de Moquegua-
IGA0019404", R.D. N° 00049-2022-
PRODUCE/DGAAMPA, 2022
Publicación

<1 %

193 ECOFISH S.A.. "EIA-SD para el Traslado Físico
por Reubicación con Innovación Tecnológica
de 30 t/h hacia la Planta donde se Desarrollan
las Actividades de Procesamiento de Harina
de Alto Contenido Proteico y Aceite de
Pescado de 120 t/h y Enlatado de 9600

<1 %

cajas/turno, para una Capacidad Acumulada de 150 t/h de Materia Prima, Ubicada en el Distrito de Paracas, Ica-IGA0011130", R.D. N° 215-2019-PRODUCE/DGAAMPA, 2020

Publicación

194	repositorio.uea.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
195	www.authorstream.com Fuente de Internet	<1 %
196	www.jove.com Fuente de Internet	<1 %
197	intellectum.unisabana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
198	jinuj.net Fuente de Internet	<1 %
199	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %
200	lookformedical.com Fuente de Internet	<1 %
201	www.uaemex.mx Fuente de Internet	<1 %
202	ECOFISH S.A.. "EIA-SD para la Reubicación de 80 t/h de Capacidad Hacia la Planta de Harina y Aceite de Pescado para Lograr una Capacidad Unificada de 160 t/h, ubicada en el	<1 %

203

Jonny Ariel Fajardo Daza, Frank Carlos Herrera Ruales, Carol Andrea Ibarra Cabrera. "OPTIMIZATION OF ULTRASOUND ASSISTED EXTRACTION OF POLYPHENOLS IN COCOA BEANS", Vitae, 2020

Publicación

<1 %

204

Leidy Indira Hinestroza Còrdoba. "Aplicación de tecnologías sostenibles para el desarrollo de alimentos nutritivos y saludables dirigidos a mejorar el estado nutricional de la población del departamento del Chocó (Colombia)", Universitat Politecnica de Valencia, 2021

Publicación

<1 %

205

catalonica.bnc.cat

Fuente de Internet

<1 %

206

cia.uagraria.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

207

doaj.org

Fuente de Internet

<1 %

208

docta.ucm.es

Fuente de Internet

<1 %

209

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

210	helvia.uco.es Fuente de Internet	<1 %
211	orfc.org.uk Fuente de Internet	<1 %
212	repositorio.esan.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
213	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
214	vdocuments.site Fuente de Internet	<1 %
215	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
216	www.jeanpiaget.esc.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
217	www.mexicoforestal.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
218	Clara Bretas Alvim. "Caracterización de microplásticos en aguas naturales y residuales, y su influencia y separación en procesos biológicos de depuración", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %
219	DESARROLLO AMBIENTAL SOC ANONIMA. "EIA-SD para la Instalación de una Planta de Enlatado de 1200 cajas/turno y Curado de 600	<1 %

t/mes de Productos Hidrobiológicos, Ubicada en el Distrito de Culebras, Ancash-IGA0003794", R.D. N° 330-2014-PRODUCE/DGCHD, 2021

Publicación

220

ECO-TEC CONSULTORIA TECNOLOGICA Y AMBIENTAL E.I.R.L.. "Modificación y Actualización del Plan de Manejo Ambiental del EIA-SD del Proyecto Agroindustrial Agrolmos-IGA0016907", R.D. N° 00610-2021-PRODUCE/DGAAMI , 2022

Publicación

<1 %

221

ECOFISH S.A.. "EIA-SD para la Instalación de la Planta de Harina Residual de Pescado de 6 t/h, de Capacidad Ubicada en el Distrito de Nuevo Chimbote, Ancash-IGA0003653", R.D. N° 010-2012-PRODUCE/DIGAAP, 2020

Publicación

<1 %

222

García, . "Reservoir siltation", Dam Maintenance and Rehabilitation II, 2010.

Publicación

<1 %

223

INGENIEROS INNOVADORES PROYECTISTAS AMBIENTALES E.I.R.L.. "Actualización al EIA para la Planta de Harina y Aceite de Pescado de Alto Contenido Proteínico de 214 t/h de Capacidad, Ubicada en el Distrito de Razuri, La Libertad-IGA0004895", R.D. N° 240-2019-PRODUCE/DGAAMPA, 2021

Publicación

<1 %

224 [María África Domingo Montes.](#) ["Experimentation to Evaluate the Benefits of Model Driven Development"](#), Universitat Politecnica de Valencia, 2022
Publicación <1 %

225 [aguamarket.com](#)
Fuente de Internet <1 %

226 [ciba.org.mx](#)
Fuente de Internet <1 %

227 [cipav.org.co](#)
Fuente de Internet <1 %

228 [classic.biblegateway.com](#)
Fuente de Internet <1 %

229 [cv1.cpd.ua.es](#)
Fuente de Internet <1 %

230 [de.slideshare.net](#)
Fuente de Internet <1 %

231 [marmoresegranitosdonorte.co.mz](#)
Fuente de Internet <1 %

232 [repositorio.unj.edu.pe](#)
Fuente de Internet <1 %

233 [www.bl.ehu.es](#)
Fuente de Internet <1 %

234 [www.fao.org](#)
Fuente de Internet

<1 %

235 www.spreaker.com
Fuente de Internet

<1 %

236 CONSULTORA DE GESTION INTEGRADO &
AUDITORIA AMBIENTAL CON INNOVACION
TECNOLOGICA E.I.R.L.. "Actualización del EIA
de la Planta de Harina de Pescado de Alto
Contenido Proteínico de 168 t/h, Ubicada en
Calle Alcatraz N° 177 del Distrito de Chancay,
Provincia de Huaral, Lima.-IGA0020455", R.D.
N° 00039-2022-PRODUCE/DGAAMPA, 2022
Publicación

<1 %

237 ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.. "PAMA de la
Planta de Procesamiento de Aceites
Esenciales de Limón y Cáscara Deshidratada
de Limón-IGA0015262", R.D. N° 715-2019-
PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2021
Publicación

<1 %

238 Marta Castro Giraldez. "Estudio de los
espectros dieléctricos para el control de
calidad de alimentos", Universitat Politecnica
de Valencia, 2010
Publicación

<1 %

239 Sushobhan Ukil, Subrata Laskar, Raj Narayan
Roy. " Physicochemical characterization and

<1 %

antibacterial activity of the leaf oil of Aiton ",
Journal of Taibah University for Science, 2018

Publicación

240	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
241	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
242	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
243	www.aqualex.org Fuente de Internet	<1 %
244	www.engormix.com Fuente de Internet	<1 %
245	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
246	www2.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
247	"Light Metals 2020", Springer Science and Business Media LLC, 2020 Publicación	<1 %
248	Carlos Francisco Cabrera Carranza, Arístides Sotomayor Cabrera, Verónica Espinel Pino. "Análisis del ciclo de vida en la industria de harina y aceite de pescado en plantas pesqueras de Huacho, Carquín y Vegueta, Huaral, Lima, 2018-2019", Revista del Instituto	<1 %

249

DELPHOS QUALITY INGENIEROS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "Modificación del EIA-SD para el Incremento de Capacidad de la Planta de Congelados de Productos Hidrobiológicos de 163.64 t/día a 329.39 t/día, Incrementando Solo la Capacidad de Procesamiento de la Planta de Congelados que Opera la Empresa ESMERALDA CORP de 42.87 t/día a 208.62 t/día e Instalación de Tanque de Almacenamiento de Combustible Diésel para Grupos Electrógenos del Establecimiento Industrial Pesquero Ubicado en la Zona Industrial La Concordia, Distrito San Juan de Miraflores, Provincia y Departamento de Lima-IGA0016755", R.D. N° 00003-2022-PRODUCE/DGAAMPA, 2022

Publicación

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado