



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

Reducción de plomo en suelo agrícola mediante el método de
bioaumentación de biosurfactantes en biopilas - Hacienda Mandinga
Huarmey

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Br. Bolívar Veramatos, Yanire (ORCID: 0000-0001-7806-8062)
Br. De Paz Rios, Alisson Estefania (ORCID: 0000-0002-1486-5895)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedicado a nuestras familias que, con su amor incondicional, han sido el motor de empuje para lograr llegar hasta este punto, a nuestros amigos y compañeros, quienes de una u otra manera nos alentaron a seguir a pesar de las dificultades. A cada una de las personas que, de forma trascendental, intermitente o pasajera, contribuyeron en nuestra formación personal y profesional, dejando en nosotras un poco de ellos a través de sus consejos, palabras de aliento y apoyo moral; permitiéndonos continuar y entender que los tiempos para todos no son los mismos.

AGRADECIMIENTO

A nuestro creador, quien nos permitió ser albergadas en el seno de una familia donde crecimos con los valores y el amor que toda persona debe experimentar y así poder cumplir nuestra misión como seres humanos en la Tierra, a nuestros padres quienes nos sirven de guía y razón de ser, a la Universidad César Vallejo por albergarnos durante nuestra formación profesional, a nuestro asesor el Dr. Elmer Benites Alfaro, quién con paciencia, profesionalismo y dedicación nos mostró que esto solo es el inicio de lo que vendrá, a nuestros amigos y demás familiares que contribuyeron con su granito de arena a que esto fuera posible. A todos ellos nuestro agradecimiento eterno.

Página del jurado

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo YANIRE BOLIVAR VERAMATOS con DNI 45836275 y ALISSON ESTEFANIA DE PAZ RIOS con DNI 71012740, cumpliendo la normatividad actual del reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniería Ambiental, manifestamos nuestro compromiso de garantizar que el trabajo realizado en nuestra presente tesis y documentación que acompañamos es verdadero y legítimo.

Además, declaramos garantizar que el contenido involucrado en la tesis y la explicación que presentamos en nuestra tesis son genuinos y reales.

Por lo tanto, adjudicamos nuestro compromiso que corresponda ante cualquier inexactitud, encubrimiento u olvido tanto de los escritos como de la explicación aportada por lo cual estamos sujetas a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 17 de Julio del 2019



.....
Yanire Bolívar Veramatos

DNI: 45836275



.....
Alisson Estefanía De Paz Ríos

DNI: 71012740

ÍNDICE

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	x
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	30
2.1 Tipo y diseño de investigación	31
2.2 Variables, operacionalización	31
2.3 Población, muestra y muestreo	32
2.3.1 Población	32
2.3.2 Muestra y Muestreo	34
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	37
2.4.1 Técnicas e Instrumentos	37
2.4.2 Validez y confiabilidad	38
2.5 Procedimiento	40
A. Muestreo y recolección de suelo agrícola	40
B. Acondicionamiento y caracterización de la muestra de suelo contaminado	47
C. Diseño y montaje del biorreactor para la producción del biosurfactante	60
D. Adecuación y caracterización de la materia prima para la producción del biosurfactante	65
E. Extracción y caracterización del biosurfactante	72
F. Método cualitativo de tinción gram para la identificación de microorganismos	74
G. Determinación microbiológica cuantitativa de la bacteria pseudomona aeruginosa - método seriado por dilución	78
H. Preparación el medio de cultivo mediante agares diferenciales y siembra del microorganismo	80
I. Dosificación del biosurfactante, aplicación, inicio y seguimiento del tratamiento remedial	86
J. Mediciones de parámetros fisicoquímicos post tratamiento	89
III. RESULTADOS	92
IV. DISCUSIÓN	186
V. CONCLUSIONES	189
VI. RECOMENDACIONES	191

VII. REFERENCIAS	192
ANEXOS	202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los suelos de acuerdo a su composición.....	14
Tabla 2. Clasificación de biosurfactantes y su uso en la remediación de sitios contaminados con metales pesados e hidrocarburos.....	23
Tabla 3. Ventajas de los biosurfactantes.....	26
Tabla 4. Georeferenciación de la población de mandinga.....	33
Tabla 5. Georeferenciación de los puntos del área de muestreo.....	34
Tabla 6. Parámetros físicos de la calicata in situ.....	36
Tabla 7. Parámetros químicos de la calicata in situ	36
Tabla 8. Mediciones al ambiente	37
Tabla 9. Técnicas e instrumentos.....	37
Tabla 10. Equipos y materiales toma de muestra.....	40
Tabla 11. Parámetro conductividad hidráulica in situ.....	93
Tabla 12. Resultados iniciales y finales de potencial redox.....	93
Tabla 13. Resultados iniciales y finales de conductividad eléctrica.....	94
Tabla 14. Resultados iniciales y finales de pH	96
Tabla 15. Parámetro de densidad real y densidad relativa	97
Tabla 16. Parámetro densidad aparente.....	97
Tabla 17. Parámetro textura- porosidad	97
Tabla 18. Resultados iniciales y finales de capacidad de campo	97
Tabla 19. Resultados iniciales y finales de punto de marchitez permanente	99
Tabla 20. Resultados iniciales y finales de contenido volumétrico de agua	100
Tabla 21. Granulometría del suelo de mandinga.....	102
Tabla 22. Resultados de plomo pre y post tratamiento.....	102
Tabla 23. Dimensiones del recipiente	104
Tabla 24. Resultados de peso requerido para cada residuo orgánico	104
Tabla 25. Volumen de cada residuo orgánico	105
Tabla 26. Densidad de cada residuo orgánico	106
Tabla 27. Porcentaje de humedad de cada residuo orgánico	106
Tabla 28. Resultado de medición de parámetros de residuos orgánicos	107

Tabla 29. Resultado de medición de parámetros	107
Tabla 30. Número de colonias, ufc con respecto al volumen de biosurfactante	107
Tabla 31. Peso de muestras de suelo con biosurfactante para análisis de agares diferenciales ...	108
tabla 32. Número de colonias sembradas por placa.....	108
tabla 33. Evaluación de agares diferenciales de la muestra de suelo inicial.....	109
tabla 34. Análisis de agares diferenciales de la muestra de suelo con biosurfactante.....	111
tabla 35. Resultados parámetro temperatura.....	113
tabla 36. Resultados parámetro materia orgánica	114
tabla 37. Resultados iniciales y finales de fósforo	115
tabla 38. Resultados iniciales y finales de potasio.....	117
tabla 39. Resultados iniciales y finales de nitratos	118
tabla 40. Resultados iniciales y finales de CIC	120
tabla 41. Resultados iniciales y finales de humedad.....	121
Tabla 42. Prueba de normalidad de eh	123
tabla 43. Prueba de levene de eh	124
tabla 44. Anova para eh	125
tabla 45. Tukey para eh	126
tabla 46. Prueba de normalidad para conductividad eléctrica.....	127
tabla 47. Prueba de levene para conductividad eléctrica	128
tabla 48. Anova para conductividad eléctrica	129
tabla 49. Tukey para conductividad eléctrica	130
tabla 50. Prueba de normalidad para pH	132
tabla 51. Prueba de levene para pH.....	133
Tabla 52. Anova para pH	134
tabla 53. Tukey para pH	135
tabla 54. Prueba de normalidad de capacidad de campo.....	136
Tabla 55. Prueba de levene para capacidad de campo.....	137
tabla 56. Anova para capacidad de campo.....	138
tabla 57. Tukey para capacidad de campo	139
tabla 58. Prueba de normalidad de punto de marchitez permanente	141
tabla 59. Prueba de levene para punto de marchitez permanente.....	142
tabla 60. Anova para el punto de marchitez permanente	143
tabla 61. Tukey para el punto de marchitez permanente.....	144
tabla 62. Prueba de normalidad de contenido volumétrico de agua	145
tabla 63. Prueba de levene para contenido volumétrico de agua.....	146

tabla 64. Anova para el contenido volumétrico de agua	147
tabla 65. Tukey para el contenido volumétrico de agua	148
tabla 66. Prueba de normalidad de plomo.....	150
tabla 67. Prueba de levene para el plomo	151
tabla 68. Anova para el plomo.....	152
tabla 69. Tukey para el plomo	153
tabla 70. Prueba de normalidad de temperatura	154
tabla 71. Prueba de levene para la temperatura.....	156
tabla 72. Anova para la temperatura.....	156
tabla 73. Tukey para la temperatura.....	157
tabla 74. Prueba de normalidad de materia orgánica	159
tabla 75. Prueba de levene para la materia orgánica	160
tabla 76. Anova para la materia orgánica	161
tabla 77. Tukey para la materia orgánica	162
tabla 78. Prueba de normalidad de fósforo	163
tabla 79. Prueba de levene para el fósforo	164
tabla 80. Anova para el fósforo	165
tabla 81. Tukey para el fósforo	166
tabla 82. Prueba de normalidad de potasio	168
tabla 83. Prueba de levene para el potasio.....	169
tabla 84. Anova para el potasio	170
tabla 85. Tukey para el potasio.....	171
Tabla 86. Prueba de normalidad de nitratos	172
tabla 87. Prueba de levene para los nitratos.....	173
tabla 88. Anova para los nitratos	174
tabla 89. Tukey para los nitratos	175
tabla 90. Prueba de normalidad de CIC.....	177
tabla 91. Prueba de levene para el CIC	178
tabla 92. Anova para el CIC.....	179
tabla 93. Tukey para el CIC	180
tabla 94. Prueba de normalidad de humedad gravimétrica	181
tabla 95. Prueba de levene para la humedad.....	182
tabla 96. Anova para la humedad gravimétrica.....	183
tabla 97. Tukey para la humedad gravimétrica	184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parámetros implicados en la biorremediación	20
Figura 2. Estructura de los biosurfactantes	25
Figura 3. Mecanismos de los biosurfactantes	26
Figura 4. Área de la población de la hacienda mandinga.....	33
Figura 5. Puntos de muestreo	35
Figura 6. Instrumentos y materiales	41
Figura 7. Lugar de muestreo-mandinga	41
Figura 8. Medición de rejillas regulares	42
Figura 9. Rotulado de muestras.....	42
Figura 10. Guardado de muestras	42
Figura 11. Excavación de calicata y medición de parámetros	43
Figura 12. Tiempo determinado para la conductividad hidráulica in situ.....	44
Figura 13. Conductividad hidráulica in situ (superficie).....	44
Figura 14. Tiempo determinado para la conductividad hidráulica en la superficie	45
Figura 15. Conductividad hidráulica superficie	45
Figura 16. Mediciones in situ para la conductividad eléctrica	46
Figura 17. Muestra de suelo contaminado tamizado y pesado.....	48
Figura 18. Adición de agua destilada a la muestra de suelo	48
Figura 19. Extracción de la solución.....	48
Figura 20. Calibración. De equipo.....	49
Figura 21. Medición de la conductividad eléctrica	50
Figura 22. Suelo in situ extraído del lines.....	50
Figura 23. Método del picnómetro.....	51
Figura 24. Peso del picnómetro con agua	52
Figura 25. Método de stoke	55
Figura 26. Conductividad hidráulica inicial.....	57
Figura 27. Conductividad hidráulica inicial.....	58
Figura 28. Tamizado de suelo en diferentes mallas.....	59
Figura 29. Corte de tubo de pvc haciendo uso de la tronzadora.....	61
Figura 30. Perforación de las tapas de agua de pvc.....	61
Figura 31. Tapón gris de pvc.....	62
Figura 32. Perforación de la parte media de los tubos	62
Figura 33. Perforación de la parte frontal inferior.....	63

Figura 34. Montaje de tuberías	63
Figura 35. Ensamblado de tuberías de emisión de gases.....	64
Figura 36. Colocación de reducciones de pvc.....	64
Figura 37. Residuos orgánicos recolectados	65
Figura 38. Segregación de residuos orgánicos	66
Figura 39. Obtención del peso de cada residuo	67
Figura 40. Obtención del volumen de cada residuo	67
Figura 41. Pesado de muestras.....	68
Figura 42. Secado de muestras.....	68
Figura 43. Trituración de residuos orgánicos	69
Figura 44. Medición de parámetros de residuos orgánicos	70
Figura 45. Medición de parámetros iniciales	70
Figura 46. Vertido de residuos orgánicos a los conductos.....	71
Figura 47. Pesaje de estiércol	71
Figura 48. Extracción del biosurfactante.....	72
Figura 49. Recolección de biosurfactante en frascos pet.....	73
Figura 50. Homogenización del biosurfactante	73
Figura 51. Reactivos para tinción gram.....	74
Figura 52. Muestras usadas para la tinción gram	75
Figura 53. Colocación de la muestra en portaobjetos	75
Figura 54. Secado de la muestra.....	76
Figura 55. Muestra sometida al reactivo cristal violeta.....	76
Figura 56. Muestra sometida al reactivo yodo	77
Figura 57. Muestra sometida al reactivo fucsina.....	77
Figura 58. Muestras para analizar en el microscopio	78
Figura 59. Identificación de la bacteria pseudomona aeruginosa.....	79
Figura 60. Pesado de muestras de suelo con biosurfactante.....	80
Figura 61. Materiales esterilizados	80
Figura 62. Agregado de los agares	81
Figura 63. Agitación de las soluciones con agares	81
Figura 64. Autoclavado de agares.....	82
Figura 65. Baño maría de agares	82
Figura 66. Rotulación de placas petri.....	83
Figura 67. Vaciado de agares en tubos	83
Figura 68. Agres diferenciales en tubos de ensayo	84

Figura 69. Vaciado de agares en placas petri	84
Figura 70. Agares en placas petri.....	85
Figura 71. Guardado de siembras.....	85
Figura 72. Muestras de suelo contaminado	86
Figura 73. Homogenización de suelo contaminado.....	86
Figura 74. Perforación de tinas.....	86
Figura 75. Diferenciación de dosis del tratamiento remedial	87
Figura 76. Pesaje de las porciones de suelo contaminado.....	87
Figura 77. Preparación de la dosis del biosurfactante	88
Figura 78. Dosis de biosurfactante expresada en mililitros.....	88
Figura 79. Aplicación del biosurfactante.....	89
Figura 80. Extracción de muestras post tratamiento.....	89
Figura 81. Homogenización de muestras	90
Figura 82. Filtrado de muestras	90
Figura 83. Muestras post tratamiento para análisis de parámetros físico, químicos finales.....	91
Figura 84. Potencial redox.....	94
Figura 85. Conductividad eléctrica.....	95
Figura 86. pH	96
Figura 87. Capacidad de campo.....	98
Figura 88. Punto de marchitez permanente.....	100
Figura 89. Contenido volumétrico de agua	101
Figura 90. Plomo.....	103
Figura 91. Residuos orgánicos	105
Figura 92. Temperatura.....	113
Figura 93. Materia orgánica	115
Figura 94. Fosforo	116
Figura 95. Potasios	118
Figura 96. Nitratos	119
Figura 97. Capacidad de intercambio catiónico	121
Figura 98. Humedad gravimétrica	122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz operacional	203
Anexo 2. Matriz de consistencia	207

Anexo 3. Validación de instrumento a1	211
Anexo 4. Ficha de muestreo de suelo 1	212
Anexo 5. Validación de instrumento b1.....	213
Anexo 6. Formato para la identificación de los parámetro físicos y químicos del biosurfactante 1	214
Anexo 7. Validación de instrumento c1	215
Anexo 8. Ficha de observación para la biodegradación del plomo 1	216
Anexo 9. Validación de instrumento d1.....	217
Anexo 10. Formato para identificar la efectividad del biosurfactante 1	218
Anexo 11. Validación de instrumento a2	219
Anexo 12. Ficha de muestreo de suelo 2	220
Anexo 13. Validación de instrumento b2.....	221
Anexo 14. Formato para la identificación de los parámetro físicos y químicos del biosurfactante 2	222
Anexo 15. Validación de instrumento c2	223
Anexo 16. Ficha de observación para la biodegradación del plomo 2.....	224
Anexo 17. Validación de instrumento d2.....	225
Anexo 18. Formato para identificar la efectividad del biosurfactante 2	226
Anexo 19. Validación de instrumento a3	227
Anexo 20. Ficha de muestreo de suelo 3	228
Anexo 21. Validación de instrumento b3.....	229
Anexo 22. Formato para la identificación de los parámetro físicos y químicos del biosurfactante 3	230
Anexo 23. Validación de instrumento c3	231
Anexo 24. Ficha de observación para la biodegradación del plomo 3.....	232
Anexo 25. Validación de instrumento d3.....	233
Anexo 26. Formato para identificar la efectividad del biosurfactante 3	234
Anexo 27. Análisis de pb en muestra de suelo	235
Anexo 28. Caracterización del suelo de mandinga.....	236
Anexo 29. Análisis microbiológico diferencial	237
Anexo 30. Análisis de pb en suelo post tratamiento	238
Anexo 31. Análisis de suelo durante la primera etapa del tratamiento	239
Anexo 32. Análisis de suelo durante la segunda etapa del tratamiento.....	240
Anexo 33. Análisis de suelo durante la tercera etapa del tratamiento	241

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal la remediación del suelo agrícola contaminado con plomo (Pb) en el C.P Mandinga- Huarney, haciendo uso de una técnica remedial de bioaumentación de biosurfactantes, la bioaumentación se define como el uso de microorganismos específicos para aumentar y optimizar la capacidad de metabolización de la población microbiana natural de un medio. En este método se agregan microorganismos vivos que han sido aislados de forma especial y elegidos por su alta eficiencia para reducir los contaminantes causando su biotransformación. Al inicio de la investigación se procedió con el muestreo del suelo agrícola del Centro Poblado Mandinga- Huarney, la muestra de identificación fue caracterizada y analizada para determinar la presencia de plomo presente en el suelo agrícola, mediante el Método EPA la muestra fue digerida en una proporción de 250 mg/25ml arrojando 96 mg/Kg de Pb sobrepasando el ECA de suelos vigente para suelos agrícolas 70 mg/Kg, conforme a las teorías relacionadas de la presente investigación, entre los microorganismos existentes uno de los más utilizados por su excelente acción en la biotransformación de compuestos inorgánicos (metales) e hidrocarburos, es la *P. aeruginosa*.; esta pseudomona se identificó y caracterizó en el biosurfactante producido por la descomposición de estiércol de conejo, residuos orgánicos vegetales y agua residual. Se procedió con una prueba en blanco (en agua) del biosurfactante a fin de obtener las dosis requeridas para el tratamiento asimismo se corroboró su acción reductora de Plomo (Pb); obteniéndose los siguientes resultados: para la muestra codificada como FMH-1% a un volumen de 20/20 ml la reducción fue hasta 3.13 mg/L de plomo, para la muestra FMH-5% fue 2.76 mg/L y para la muestra FMH-10% fue de 2.57 mg/L; teniendo ya las tres dosis del 1%, 5% y 10 % el biosurfactante se aplicó en tres repeticiones para cada dosis, en 1500 g de suelo agrícola contaminado cada una; el tratamiento se ejecutó por un periodo de 45 días, haciendo un seguimiento continuo, agregando 10 mL de agua destilada cada 4 días a fin de mantener la humedad. Al término del tratamiento se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes a fin de determinar el porcentaje de reducción de plomo en cada una de las dosis y la variación de los parámetros fisicoquímicos del suelo agrícola de Mandinga-Huarney; se comprobó la efectividad del tratamiento remedial corroborándose la reducción del Plomo (Pb) inicial con respecto al final en 14.93 mg/Kg

Palabras clave: biosurfactante, degradación de plomo, bioaumentación

ABSTRACT

The main objective of the present investigation is to remediate the agricultural soil contaminated with lead (Pb) in Mandinga-Huarmey CP, using a remedial technique of biosurfactant bioaugmentation, bioaugmentation is defined as the use of specific microorganisms to increase and optimize the metabolic capacity of the natural microbial population of a medium. In this method, live microorganisms that have been specially isolated and chosen for their high efficiency are added to reduce the contaminants causing their biotransformation. At the beginning of the investigation, we proceeded with the sampling of the agricultural land of the Mandinga-Huarmey Village Center, the identification sample was characterized and analyzed to determine the presence of lead present in the agricultural soil, through the EPA Method the sample was digested in a proportion of 250 mg / 25ml yielding 96 mg / Kg of Pb exceeding the EQS of soil in force for agricultural soils 70 mg / Kg, according to the related theories of the present investigation, among the existing microorganisms one of the most used for its excellent action in the biotransformation of inorganic compounds (metals) and hydrocarbons, is *P. aeruginosa*; this pseudomonas was identified and characterized in the biosurfactant produced by the decomposition of rabbit manure, organic vegetable residues and residual water. We proceeded with a blank test (in water) of the biosurfactant in order to obtain the doses required for the treatment, as well as its reductive action of Lead (Pb); obtaining the following results: for the sample coded as FMH-1% at a volume of 20/20 ml, the reduction was up to 3.13 mg / L of lead, for the sample FMH-5% was 2.76 mg / L and for the sample FMH -10% was 2.57 mg / L; having already the three doses of 1%, 5% and 10% the biosurfactant was applied in three repetitions for each dose, in 1500 g of contaminated agricultural soil each; the treatment was carried out for a period of 45 days, making a continuous follow-up, adding 10 mL of distilled water every 4 days in order to maintain humidity. At the end of the treatment, the corresponding physicochemical and microbiological analyzes were carried out in order to determine the percentage of lead reduction in each of the doses and the variation of the physicochemical parameters of the Mandinga-Huarmey agricultural land; the effectiveness of the remedial treatment was verified by confirming the reduction of the initial Lead (Pb) with respect to the end in 14.93 mg /Kg.

Keywords: biosurfactant, lead degradation, bioaugmentation

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación está direccionada al tratamiento del suelo agrícola contaminado con plomo del lugar denominado Hacienda Mandinga – Huarmey, ubicada en el Centro Poblado del mismo nombre en el km 8.8 de la Carretera Asfaltada Huarmey- Aja- Recuay en el Distrito de Huarmey- Provincia Huarmey- Departamento de Ancash; siendo su principal actividad económica la agricultura tanto para el mercado local, regional y nacional así como para exportación por parte de terceros (Gallardo G., 2012, p.26). En el Perú todas las zonas están divididas por cuadrángulos, estando Huarmey en el cuadrángulo 21G por consiguiente la geología de la zona de Huarmey nos demuestra que existen una serie de elementos que la conforman como plagioclasas, calizas y dioritas. Pero dentro existen elementos sulfurados y estos están compuestos por sulfuro de plomo. En las zonas altas (4600 m.s.n.m.) donde se forma el río Huarmey existen minas polimetálicas, por el tipo de material existente en sus formaciones rocosas, por lo que el suelo de Huarmey es un suelo aluvial, ya que el material que se desprende de los cerros es el que conforma el valle de la hacienda de Mandinga, es así como el color del suelo es de tono grisáceo, debido a la presencia de elementos de calcita, plagioclasas que contienen sulfuro por ende la unión de estos elementos es el que le da esta característica. También es importante mencionar que las aguas río arriba del río Huarmey trae consigo los residuos mineros, que en su mayoría son contienen metales pesados entre ellos el contaminante plomo y es con esta agua con la cual se riega las zonas agrícolas y de esa manera se está generando una contaminación natural. No existen registros previos de estudios realizados en la zona de estudio con respecto a la contaminación de suelos por metales pesados, sin embargo, a nivel nacional se han registrado numerosos casos e impactos ambientales negativos, originados por la contaminación con metales pesados como es el ejemplo claro y latente de La Oroya y Cerro de Pasco. Asimismo, se tiene conocimiento del uso de agroquímicos y fertilizantes por parte de los agricultores de la zona, a nivel mundial los agroquímicos son utilizados por los agricultores con el fin de acelerar sus procesos de producción, pero según un reporte de la ONU que busca desmitificar que el uso de productos químicos acelera el crecimiento rápido de los alimentos, éstos en realidad desembocan en problemas para la salud humana, recursos naturales, la flora y fauna. Con el fin de contribuir con la recuperación de los suelos y remediar este impacto ambiental negativo en dicho recurso que repercute directamente en los pobladores de la zona, la agricultura y los demás agentes que interactúan en el ecosistema específico, se planteó la reducción de este metal pesado a través de la bioaumentación de biosurfactantes en biopilas, método que resulta ser de naturaleza práctica, natural, no tóxica y con una mayor

biodegradabilidad (De la Rosa, 2014) en comparación al uso de biosurfactantes sintéticos. La presente investigación tiene como finalidad reducir la concentración de Plomo (Pb) en el suelo agrícola del Centro Poblado de Mandinga a niveles que se encuentren dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo; conforme a la normatividad vigente.

Con el fin de recuperar suelos contaminados, se han realizado diversas investigaciones relacionadas a la bioaumentación, que es una técnica de remediación mediante la cual se utilizan microorganismos para el tratamiento de suelos contaminados tanto por metales pesados como por hidrocarburos, tal es el caso de **Pérez-Vargas J., [et al] (2015)**, que en su investigación “Degradación microbiana con BFNA de hidrocarburo aromáticos por bioaumentación en biopilas” haciendo uso de suelos en un campo de cultivo de Texcoco de Mora- Estado de México; la metodología empleada en la investigación consistió en la bioaumentación de dos tipos de cultivo de BFNA conjuntamente con un biosurfactante producido; posteriormente se procedió a adicionarlos a las biopilas obteniéndose resultados favorables (p.419). Durante el monitoreo de la variación de la población microbiana se presentó una gran actividad microbiana, con la aplicación del tratamiento se logró reducir la contaminación en un 90% con BFNA y biosurfactantes tomando en cuenta el análisis de las interacciones químicas, físicas y biológicas de los microorganismos y el suelo. Concluyendo que es posible el tratamiento de bioaumentación mediante biopilas utilizando microorganismos para la biodegradación de hidrocarburos abriendo paso a que se puedan realizar investigaciones utilizando microorganismos y sus interacciones. Por otro lado **Delgado A. (2017)** en su investigación “Gestión de un proceso de biorremediación bacteriana de suelo contaminado con crudo en condiciones anaeróbicas” planteó como objetivo el uso de dos tecnologías: bioaumentación y bioestimulación para la biorremediación de un suelo contaminado con petróleo agregando surfactantes, para lo cual utilizó la siguiente metodología: emplearon un diseño experimental ANOVA y siete niveles a los tratamientos de control, atenuación natural, bioestimulación, bioestimulación con surfactante, bioaumentación, bioaumentación con surfactante y bioestimulación con surfactante y D-limoneno, donde cada uno presenta tres repeticiones. Para el estadístico utilizaron la prueba de scheffé. Así mismo tuvieron durante el proceso de ejecución realizaron los siguientes pasos: Recolección de suelo contaminado, pretratamiento de la muestra de suelo (secado al sol), caracterización fisicoquímica y microbiológica del suelo,

montaje de tratamientos a escala de laboratorio, seguimiento de parámetros fisicoquímicos, Medición de hidrocarburos en los tratamientos, formulación del modelo de gestión ambiental. Encontrando los siguientes resultados. El potencial redox en los tres tratamientos tuvo valores negativos mostrando las condiciones anaeróbicas requeridas, en cuanto al potencial de hidrógeno en estos tratamientos aumenta regularmente alcanzando valores de 8,8 y 9,0, para la conductividad eléctrica se menciona que poseen la misma tendencia ya que se agregó cantidades iguales de nitrato de potasio a los microcosmos y para el número de bacterias se encontró que hay una disminución en el crecimiento bacteriano en el tratamiento de bioestimulación y en el tratamiento de bioaumentación sólo se llega hasta la tercera fase mientras que las cuatro fases se pueden observar en el tratamiento de atenuación. Concluyendo que los porcentajes que se obtuvieron sobre la biodegradación permiten realizar el prototipo de gestión ambiental diseñada para suelos contaminados con petróleo. De igual manera los resultados de los tratamientos de bioestimulación y bioaumentación muestran una mayor biodegradabilidad en relación con el tratamiento atenuación natural **Anza-Orantes P., et al (2016)** en su investigación “Biorremediación de suelos contaminados con aceite automotriz usados mediante sistema de biopilas” realizaron biorremediación en suelos empleando cuatro muestras las cuales se caracterizaron y analizaron en laboratorio teniendo en cuenta las propiedades propias a estudiar. La metodología utilizada en esta investigación fue mediante biopilas utilizando tres tratamientos y repeticiones; se armaron cuatro biopilas las que fueron previamente contaminadas y a donde se le aplicaron tres tratamientos con sus repeticiones. Para la biorremediación se utilizaron tres tipos de cepas *Acinetobacter Sp*, *Sphingobacterium Sp* y *Stenotrophomona Sp*. En los resultados el porcentaje más elevado de remoción fue en la biopila que presentó menor acumulación de hidrocarburo, en este tratamiento se identificó una bacteria del género *pseudomona* que tiene la capacidad de biodegradar hidrocarburos aromáticos de donde se concluyó que es recomendable usar microorganismo nativos y externos que permitan adaptarse para lograr una mayor biodegradabilidad. Así mismo se comprueba que el sistema de biopilas es óptimo para tratar suelos contaminados por hidrocarburos., otra investigación relacionada a la bioaumentación es la de **Jiménez V. (2018)** quien en su investigación “Desarrollo de una metodología mediante acoplamiento de bioaumentación, bioestimulación y bioventeo para la remediación de un suelo costero contaminado con hidrocarburos intemperizados” tiene como objetivo caracterizar el suelo e identificar las propiedades de hidrocarburos intemperizados, para generar condiciones de

biodegradación. La metodología empleada fue preparar el suelo contaminado donde se realizaron pruebas de biodegradación y evaluación de los tres procesos a emplear, se cuantificó la actividad y población microbiana. Se concluyó que para tener una mayor biodegradabilidad se tiene que aplicar más de un método por lo mismo que los hidrocarburos intemperizados presenta complejidad química. Si bien podemos desprender de las investigaciones citadas, que la técnica de bioaumentación en su mayoría fue aplicada para la remoción o biodegradación de hidrocarburos, ninguno de los autores descarta la posibilidad que dicha técnica pueda ser aplicada con otro tipo de contaminantes como es el caso de metales pesados, toda vez que los microorganismos y sus interacciones con el suelo suelen ser muy útiles y eficientes.

El empleo de microorganismos y las sustancias que producen éstos, han ido alcanzando con el paso del tiempo una mayor importancia, relacionada con la remediación de suelos contaminados, con ello nos referimos a los biosurfactantes, sustancias de baja toxicidad y mayor biodegradabilidad que los surfactantes químicos, lo cual expone **De la Rosa N. (2014)** en su investigación “Biosurfactantes y su papel en la biorremediación de suelos contaminados con plaguicidas” donde plantea la aplicación de los biosurfactantes por sobre los sintéticos, debido a que en general presentan menor toxicidad y mayor biodegradabilidad. Su aplicación se desplaza a diversos rubros como del petróleo y la biorremediación de lugares afectados por hidrocarburos. Sin embargo, pueden ser usados en otros compuestos xenobióticos como lo son los plaguicidas, quienes poseen naturaleza hidrofóbica. Por lo que los BS (biosurfactantes) serían una opción óptima para la recuperación de lugares contaminados o en el tratamiento biotecnológico de plaguicidas (p.47). Diversas investigaciones respaldan el uso de los biosurfactantes con el fin de reducir agentes contaminantes como: plaguicidas, hidrocarburos y metales pesados por ejemplo **Flores C. y Mendoza J. (2017)** en su investigación " Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento Guarumales-Celec” evaluaron la eficiencia del biosurfactante (ácido húmico) y la materia orgánica (compost) para el tratamiento biológico de residuos contaminados con hidrocarburos. Mediante la técnica de compost, propusieron cuatro tratamientos (T1, T3, T5, T7) con sus respectivas repeticiones, al iniciar su investigación el valor promedio del contaminante (HTP) fue de 21958 mg/kg obteniéndose como concentración promedio final de 2423.5 mg/kg de HTP, lográndose esa reducción en el T1 (materia orgánica 6 lb + surfactante 4 lb) traduciéndose

en un porcentaje de eficacia del 88.96 %, sin embargo en el caso del Plomo (Pb) el valor promedio inicial fue de 54.5 mg/kg y la concentración final de 69.5 mg/kg de Pb, aumento que puede ser generado por las propiedades del suelo tratado y otros factores externos; en otro enfoque para la remoción de metales pesados tanto en aguas y suelos contaminados de cualquier tipo, **Giraldo J. et al (2014)** en “Producción de ramnolípidos por pseudomonas aeruginosa Pb 25: evaluación de su actividad emulsificante y de remoción de metales pesados” investigaron la capacidad emulsificante y de eliminación de metales pesados, de un biosurfactante producido por la Pseudomona aeruginosa PB25 el cual es de carácter ramnolipídico. La mencionada Pseudomona se desarrolló en un tiempo generacional (tg) de 24,321/h, velocidad específica (u) de 0.0285/h y concentración máxima de 2.47 g/L de ramnolípidos en fase estacionaria de crecimiento. El ramnolípidos logró 5.257 unidades de actividad emulsificante /mL con relación al crudo de petróleo, asimismo logró la remoción del 98% del Plomo (Pb) y el 99 % de Cadmio (Cd) en soluciones acuosas con un pH de 11, concluyendo que este biosurfactante puede emplearse en procedimientos de biorremediación. (p. 35). Por su parte **Vijayanand S. y Divyashree M. (2015)** en su investigación en inglés "*Bioremediation of heavy metals using biosurfactant producing microorganisms*" evaluaron la degradación de metales pesados utilizando microorganismos en muestras de aguas residuales de efluentes, para ello se realizó el muestreo en lugares distintos de suelo contaminado con metales pesados de donde se extrajo seis cepas, las cuales fueron aisladas para el estudio de sus características. Continuando con el método etiquetaron 5 muestras y se recogieron dos litros de agua residual del efluente las cuales fueron analizadas. Luego se aislaron las bacterias producidas de biosurfactantes obtenidas por los siguientes métodos: Ensayo de dispersión de aceite, Prueba de hemólisis sanguínea, Método de la placa de agar azul, Prueba de emulsificación, Producción de tensoactivo biológico. Así mismo se llevaron a cabo experimentos de degradación aislando las muestras y variando las características medibles. Teniendo como resultados lo siguiente: el pH durante la investigación se encontró dentro del rango establecido, los microorganismos mostraron zona completa de hemólisis, el índice de emulsificación fue positivo, para la muestra de efluentes se realizó el tratamiento con las cepas aisladas donde casi todos los organismos mostraron una reducción en metales pesados. Concluyeron que las cepas aisladas producen biosurfactante aniónico. Para las muestras de aguas residuales se encontró que la reducción de metales pesados varía entre una y otra muestra. Y se confirmó que los microorganismos tienen la capacidad de reducir metales pesados dependiendo de los factores tiempo y la

concentración del inóculo. Otro ejemplo del efecto de los biosurfactantes sobre los metales pesados es el de **Franzetti-Gandolfi I., et al (2014)** en su investigación en inglés “*Biosurfactant use in heavy metal removal from industrial effluents and contaminated sites*” mencionan que los biosurfactantes son moléculas con mayor eficiencia al momento de remover o movilizar metales pesados utilizando la siguiente metodología: Según Miller (1995), los biosurfactantes mejoran la desorción de metales de los suelos de dos maneras: Primero, los biosurfactantes son capaces de formar complejos con las formas libres y no iónicas de los metales en solución. Este complejo reduce la actividad de fase de solución de los metales y acelera la desorción que sigue. El principio de Le Chatelier. En segundo lugar, los biosurfactantes pueden hacer contacto directo con el metal absorbido en el Interfaz sólido-solución en condiciones de tensión interfacial reducida, lo que permite que los biosurfactantes para acumular en el interfaz sólido solución. Asimismo, en esta investigación se obtuvo que el biosurfactante producido por la cepa *Flavobacterium sp.* La cual se cultivó en aceite vegetal fue capaz de eliminar más del 75% de plomo en aguas contaminadas. De igual manera menciona que los biosurfactantes utilizados para tratar suelos contaminados con metales pesados, son factibles debido a su gran biodegradabilidad. Concluyendo que los biosurfactantes son un grupo de moléculas muy diversos teniendo distintos comportamientos que permiten adecuarse a cualquier medio tanto para efluentes como para material sólido.

Se tiene conocimiento que los biosurfactantes son sustancias que pueden ser producidas por residuos de origen orgánico, lo que se traduciría en costos de producción relativamente económicos con respecto a los surfactantes químicos, situación que **Bustos-Vásquez G. et al (2018)** presentan en su investigación sobre el “Uso de biosurfactantes extraídos de los licores del lavado de maíz” exponen que existen una gran cantidad de residuos tanto industriales como metales pesados, procedentes de envases metálicos; los cuales son fuente principal de contaminación de suelos, ríos, lagos; alterando y degradando los ecosistemas que habitan en ellos. Por otro lado, según Banat et al (2000) en el área de tratamientos de remediación ambiental, como es en el caso de la biorremediación existe una búsqueda de microorganismos que produzcan biosurfactantes para contribuir en la biodisponibilidad de hidrocarburos como agentes contaminantes (Citado en Bustos-Vásquez G. et al, 2018, p. 583). Para Moldos et al (2011) la cualidad significativa de los biosurfactantes es su elevada propiedad tensoactiva, lo que contribuye a la reducción del impacto ambiental originado por los múltiples residuos liberados al ambiente (Citado en Bustos-Vásquez G. et al, 2018, p. 583). El uso del licor del lavado de maíz como un insumo para la obtención de

biosurfactantes naturales de coste económico fueron patentados y evaluados por Vecino et al (2014) donde plantearon un proceso de extracción y caracterización de los biosurfactantes, pudiéndose aplicar a varios sectores industriales, los biosurfactantes obtenidos del lavado de licor de maíz poseen una ventaja sobre sus homólogos y es que son altamente competitivos en el aspecto económico en comparación con los surfactantes químicos, debido a que su obtención no depende de procesos fermentativos controlados ya que es espontánea (p. 583). Otra investigación que respalda su accesible obtención y bajos costos económicos es “*Application of a low-cost biosurfactant in heavy metal remediation processes*” de **Da Rocha, J. et al (2018)** describe la producción de biosurfactante por la levadura *Candida tropicalis*, la cual fue cultivada en agua destilada con melaza al 2.5 %, aceite para freír 2.5% y licor de maíz al 4%. Mediante un biorreactor de 50 L con una tensión superficial de 30 mN/m se logró la producción de 27 g/L de biosurfactante, se demostró la estabilidad del biosurfactante en condiciones de pH y temperatura extremos; las pruebas se realizaron tanto con el biosurfactante en crudo como en el aislado para la supresión de metales pesados de la arena contaminada en condiciones dinámicas, para el Zn y el Cu la tasa fue entre el 30 y 80 % y para el Pb fue la mejor con un 15%; sin embargo el Pb no logró ser reducido en condiciones estáticas y con relación a la eficiencia del biosurfactante se demostró que bastaba un solo lavado y 30 minutos. De esta forma se argumentó el potencial de estos agentes los cuales requieren bajos costos y pueden ser aplicados para procesos de remediación de suelos y aguas contaminadas con compuestos orgánicos.

Asimismo los biosurfactantes suelen presentar un nivel de eficacia mayor, con respecto a otros compuestos sintéticos usados en técnicas de remediación de suelos contaminados, en su investigación **Moya-Ramírez I., et al (2014)** “Remediación de suelos contaminados con aceite de motor mediante tensioactivos altamente degradables” donde utilizando suelo arenoso contaminado con aceite de motor; aplicaron un sistema de lavado continuo y otro discontinuo, también evaluaron la capacidad de tres surfactantes biodegradables (Glucopon 600 y Findet 1214N/23) de origen sintético y otro sintetizado por *Bacillus subtilis*, con la finalidad de hacer viable la remoción del agente contaminante. (p.21) Destacando los convenientes resultados con el biosurfactante de *Bacillus subtilis* en los ensayos de remediación discontinua con respecto a los arrojados por el tensioactivo G600, los biosurfactantes son considerados recursos para mejora de suelos, tal como lo plantea la investigación “*Biosurfactants for sustainable soil management advanced in Agronomy*” de **Ahmad et al (2018)** en la cual consideran que la degradación del recurso suelo debe ser

atendida como un problema ambiental de magnitud considerable; teniendo en cuenta que la situación podría agravarse debido al cambio climático. Por tal motivo resaltan el uso de los biosurfactantes y también de los biosurfactantes que producen los organismos, para mejora de la calidad del suelo y su biorremediación al encontrarse contaminados como un enfoque emergente. Su investigación se centra principalmente en los biosurfactantes producidos por microorganismos y su aplicación para restituir la salud del suelo; repotenciar la producción de forma sostenible. Otra investigación que respalda la eficacia de los biosurfactantes es la de **Asalde G. y Enríquez K. (2016)** quienes en su investigación “Rendimiento de surfactantes producidos por bacterias degradadoras de hidrocarburos de petróleo, 2015”, determinaron que el rendimiento de los surfactantes producidos por bacterias (biosurfactantes) es óptimo, debido que al proceder con la recolección de muestras de suelo contaminado con petróleo y efectuar el aislamiento de bacterias consideradas degradadoras usando el petróleo como fuente de carbono y energía en agar nutritivo y agar Mac Conkey. Las bacterias generadoras de surfactantes se obtuvieron mediante el método de dispersión en gota con los mecanismos mínimo salino de Davis con 1% de glicerol y medio A con glucosa como fuente de carbono y con las tres bacterias que lograron el mayor diámetro en el halo se estableció el rendimiento. En el suelo con un HTP de 21 200 mg Kg-1 se consiguieron 176 aislados de bacterias, entre los que 86,36% necesitó el petróleo como fuente de carbono y energía. El 95,39% de estas bacterias crecieron en medio mínimo con obtención de biosurfactante, revelado por los halos de dispersión de petróleo liviano, con diámetros de 1,6-39,6 mm al inicio y 2,0-30 mm después de 5 minutos. El coeficiente máximo de rendimiento de surfactantes $Y (p/x)$ fue de 0,053 gL-1 con *Sphingobacterium sp.* 64M. La capacidad de dichas bacterias fue obtenida por la producción de surfactantes y su cualidad degradativa de hidrocarburos de petróleo, siendo efectivas para ser usadas en la remediación de suelos contaminados. (p. 54).

Existen una serie de microorganismos que producen biosurfactantes tal es el caso de bacterias y levaduras; en su investigación “*Bacterial biosurfactant from Citrobacter freundii MG812314.1 as a bioremoval tool of heavy metals from wastewater*”, **Gomaa, E.Z. y El-Meihy (2019)** exponen el problema de la contaminación por metales pesados como una situación globalizada, por lo cual es de suma importancia desarrollar métodos para eliminar los metales pesados del suelo y el agua. Actualmente los biosurfactantes son uno de los compuestos que proporcionan una alternativa ecológica atractiva al proceso fisicoquímico para aliviar los metales pesados. La investigación consistió en aislar cepas bacterianas de

sedimentos de drenaje Al-Rahawy y se seleccionaron para la producción de biosurfactante, de estos fueron 10 cepas bacterianas se recodificaron como productoras de biosurfactantes mediante los ensayos de dispersión y emulsión de aceite, además de la capacidad del biosurfactante para la eliminación de metales pesados en aguas residuales. El aislado más potente se identificó mediante las características morfológicas, culturales, bioquímicas, la susceptibilidad a los antibióticos y la técnica de ARNr de 16 s como *Citrobacter freundii* MG812314.1. Se descubrió que el biosurfactante producido es más eficaz para eliminar metales pesados de las aguas residuales, a saber, 80, 67, 66, 55, 45, 44 y 41% de aluminio, plomo, zinc, cadmio, hierro, cobre y manganeso, respectivamente. Bajo dos potenciales de inóculo y dos tiempos de contacto. La interacción de los metales pesados con biosurfactante se monitorizó utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM), espectros de rayos X de dispersión de energía (EDX) y análisis de espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier (FTIR). Por su parte **Vigneshwaran C. y Sivasubramanian V. (2019)** en su investigación en inglés “*Evaluation of biosurfatant potential from Brevibacillus sp AVN 13 for remediation of hydrocarbons and heavy metals*” detalla que la biorremediación mediante biosurfactantes es una de las tecnologías más efectivas y prometedoras en tratar hidrocarburos y lugares contaminados con metales pesados. Estos Biotensoactivos se producen a través de microorganismos y al ser naturales son biodegradables siendo una alternativa para los tensoactivos sintéticos. En este artículo la cepa productora del biosurfactante *Brevibacillus sp. AVN 13* se utilizó para hidrocarburos y metales pesados para llevar a cabo el ensayo de biodegradación con el Biotensoactivo mejorado con aceite de motor usado por *Brevibacillus sp. AVN 13* para la cual se usó el experimento del matraz Erlenmeyer. La degradación de la tasa de eliminación de hidrocarburos se analizó por cromatografía de gases como resultado se obtuvo que el *Brevibacillus sp. AVN 13* tiene la capacidad para degradar 72% de hidrocarburos y para la degradación de metales se estudió el cromo. Para medir el efecto de la concentración inicial de cromo se estudió el efecto del pH, tiempo de incubación y la concentración del Biotensoactivo. Como resultado se obtuvo que la velocidad de eliminación de cromo utilizando biosurfactantes se encontró que era 72.54% en condiciones optimizadas para ambos casos de estudio demostró que el Biosurfactante de *Brevibacillus sp. AVN 13* puede ser utilizado eficientemente para la degradación del aceite derramado y metales pesados en sitios contaminados.

Los biosurfactantes también son utilizados en combinación con otras técnicas remediales para suelos y aguas contaminadas; tal como lo expone **Yang Z. et al (2018)**, en su

investigación “*Combination of bioleaching by gross bacterial biosurfactants and flocculation: A potential remediation for the heavy metal contaminated soils*” exponen que la combinación de la biolixiviación con los biosurfactantes de *Bukholderia sp. Z-90* y la floculación por policloruro de aluminio (PAC) con el fin de desarrollar una técnica potencial agradable con el ambiente y de esta manera remediar suelos gravemente contaminados por metales pesados. La investigación obtuvo resultados óptimos en cuanto a la eliminación de metales como Zn, Pb, Mn, Cd, Cu y As gracias al lixiviado de la *Bukholderia sp. Z-90*, facilitando que los metales sean transformados en fracciones de especiación que migran fácilmente también se demostró que los biolixiviados de *Bukholderia sp. Z-90* fueron superiores a los de otros biosurfactantes en estudios anteriores. Asimismo, **Pereira F. et al (2018)** en su investigación denominado “*Bioleaching of toxic metals from sewage sludge by co inoculation of Acidithiobacillus and the biosurfactant producing yeast Meyerozyma guilliermondii*”; tuvo como objetivo la evaluación de la influencia de la co-inoculación de bacterias *Acidithiobacillus* y la levadura productora de biosurfactante *Meyerozyma guilliermondii* en los procesos de biolixiviación. Se realizaron pruebas usando lodos de agua residuales de reactores UASB co-inoculados con cultivos *Acidithiobacillus* y *Meyerozyma guilliermondii*; para incentivar la solubilización de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn determinados mediante plasma de acoplamiento inductivoespectrometría de emisión óptica (ICP-OES). Pasados diez días de incubación de solubilizó: 76.5 % de Zn, 59,8 % de Ni, 22 % de Cu, 9.8 % de Cd, 9.8 % de Cr y 7.1% de Pb. Asimismo la presencia de la levadura aceleró la solubilización de Cd de 240 a 96 h; los resultados finales arrojaron que el producto obtenido alcanzó las concentraciones máximas permisibles según la normativa de Sao Paulo, EE.UU y la Comunidad Europea, para la presencia de metales pesados en suelos.

Existen biosurfactantes producidos por un género específico de bacterias como es el caso de las *Pseudomonas sp.*; con respecto a ello **Toribio-Jiménez J., et al (2014)** expone en su investigación que existen una gran variedad de BS en la naturaleza de los cuales destacan los producidos por el género *Pseudomona sp.*, las cuales tienen la disposición de sintetizar diversos tipos de biosurfactantes, siendo los de mayor producción los glucolípidos y los lipopéptidos cíclicos (CLP's); entre las especies de *pseudomonas* productoras de BS tenemos a la *p. aeruginosa* la cual produce BS ramnolípidos y puede ser cultivada en diversos medios. (p. 67). Caiazza et al (2005) indica que específicamente los ramnolípidos producidos por *p. aeruginosa* han sido estudiados para su aplicación en diversas áreas entre ellas la eliminación de compuestos altamente tóxicos (EPT) de suelos. (Citado por Toribio-Jiménez J., et al,

2014, p. 68). De la misma forma **Zouari O. et al (2018)** en su investigación “*Bio-emulsifying and biodegradation activities of syringafactin producing Pseudomonas spp. strains isolated from oil contaminated soils*”, procedió al aislamiento de ciertas cepas de pseudomonas provenientes de suelos contaminados, siendo seleccionadas para la producción de biosurfactante; en total fueron elegidas tan solo tres de las once cepas aisladas debido a que presentaban una alta actividad emulsionante (valor de E 24 en n- hexadecano $\sim 78\%$), identificándose como parte del grupo P. putida. Asimismo, se demostró su rendimiento estable en un pH dentro del rango de 6-12 a alta salinidad (10%) y luego de ser calentado a 80 °C; las pruebas fueron ejecutadas en micro- biorreactores de arena contaminada en los cuales se demostró que las tres cepas seleccionadas podían degradar el diésel de esta manera se evidenció el potencial que poseen para ser aplicadas en biorremediación de hidrocarburos. Por su parte **Karlapudi A. et al (2018)** en su investigación “Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review” nos indica que realizó una revisión a la aplicación y características de los biosurfactantes como una alternativa eficiente para la degradación de hidrocarburos y sus derivados. Así mismo mencionan que las cepas pseudomonas aeruginosas son microorganismos que contienen una alta degradabilidad para hidrocarburos en especial el hexadecano (hidrocarburo alcano), pero que también tienen la capacidad para degradar y romper los octadecanos y heptadecanos después de 28 días de incubación. Mencionan que la capacidad de degradación que presenta esta bacteria se conoció por la producción de un biosurfactante incluso han estudiado que asociando esta bacteria (pseudomona aeruginosa) y acinetobacter haemolyticus (bacteria productora de biosurfactante) degradó considerablemente hidrocarburos en porcentajes de 39-71% y 11-71%. Se estudió también sobre el diésel que es uno de los contaminantes de hidrocarburos más frecuentes en forma líquida el cual tiene complejos aromáticos los cuales son persistentes e hidrofóbicos, ello conlleva a que están menos disponibles para los microorganismos. Al ser de poca solubilidad se adhieren más al suelo y tienden a liberarse lentamente en fase acuosa lo que sería un factor de demora para un aumento de la biorremediación. Se estudió también las características y comportamiento de los biosurfactantes donde se observaron que esto forma distintos complejos con los metales y la remoción superficial de metales pesados. Como conclusión esta revisión otorgó importante información que nos muestra que los biosurfactantes son una alternativa eficiente y prometedora para la biorremediación en la rama del petróleo y derrames de petróleo, pero

económicamente dentro del mercado aún no es competitivo con los tensoactivos; sin embargo, con la investigación que realizaron es factible la producción a gran escala utilizando sustratos de bajo costo con los que se reduciría el costo de producción. Y en otra investigación comparativa denominada “*Influence of rhamnolipid biosurfactant and Brij- 35 synthetic surfactant on 14C- Pyrene mineralization in soil*”; **Wolf D. y Gan J. (2018)** analizaron la influencia del biosurfactante ramnolípido y del surfactante sintético Brij-35 en la mineralización del Pireno-14C en el suelo con o sin el aumento de *Mycobacterium vanbaalenii* PYR-1. Los resultados demostraron que el biosurfactante ramnolípido sirvió como fuente de carbono preferencial en lugar del Pireno; por otro lado, el surfactante Brij-35 generalmente incrementó la mineralización de PAH en suelos nativos; ambos no fueron tóxicos para los microbios del suelo que degradada HAP. Asimismo, la bioaumentación de *Mycobacterium vanbaalenii* PYR-1 aumentó aceleradamente la degradación de HAP.

Existen investigaciones que respaldan el uso de biosurfactantes como avances biotecnológicos de naturaleza eco amigable, tal es el caso de la investigación de **Das J. y Lal S. (2017)** “*Bacterial biosurfactants can be an ecofriendly and advanced technology for remediation of heavy metals and co-contaminated soil*” mencionan que la contaminación ambiental debido a metales pesados es actualmente un problema severo por su toxicidad. Por ello, su remediación o eliminación es de acelerada preocupación. Así mismo, explican que existen muchas tecnologías para su remediación, pero a su vez costosas y algunas con resultados incompletos. Por lo tanto, este estudio hace énfasis a una técnica biológica amigable con el medio, efectiva y de bajo costo. La aplicación de biosurfactantes en la remediación de metales pesados es una técnica alternativa a través de bacterias que hacen posible un eficiente resultado frente a metales pesados debido a su biodegradabilidad y baja toxicidad. Asimismo, la producción de biosurfactantes a partir de sustratos renovables de bajo costo ha creado su producción más económicamente posible.

Esta revisión explica que los biosurfactantes bacterianos pueden abrir una vista para la remediación de suelos contaminados con metales pesados, mencionando que las posteriores investigaciones deben centrarse en la producción de biosurfactantes y sus nuevas formas de aplicación.

Según Brack A. y Mendiola C. (2010) el suelo (o la tierra) es un estrato continuo sobre la faz de las zonas continentales, siendo la excepción las montañas muy escarpadas y los

glaciares. Sus características varían en composición, profundidad, color y en contenido de nutrientes.

Para Zavaleta, A. (1992, p.9) es la colección de cuerpos naturales tridimensionales independientes con características morfológicas, físicas, químicas y biológicas únicas; como un continuo sobre la superficie [...].

El suelo también puede ser entendido como la zona donde sucede la interacción entre la biosfera, hidrosfera y atmósfera sobre la fase mineral de éste, se puede denominar como un conjunto de partículas adheridas entre sí las cuales retienen materia orgánica, gases, disoluciones acuosas y sustratos inorgánicos [...]posee varias capas o perfiles distinguiéndose: la más superficial o zona O, formada por vegetales y otros restos de difícil degradación, de una tonalidad oscura y espesor delgado; la zona inmediata o A contiene materia orgánica degradada o humus, donde se produce la lixiviación de materiales; la capa B con contenido arcilloso no posee una adecuada permeabilidad es el lugar de depósito de cationes y para finalizar la capa C constituida por material de la roca primigenia poco meteorizada. (Muñoz V., Alvarez J. y Asedegbega E., 2016, p. 313,314)

Debido a que el suelo es una mezcla de material sólido, líquido y gaseoso, la relación existente entre estos elementos define una serie de propiedades mecánicas o físicas, tales como: consistencia, textura, temperatura, estructura, densidad, color y aireación (Brack A. y Mendiola C., 2010, p.314).

Para Muñoz V. et al (2016) es la función del tamaño y organización de las partículas del suelo. Un suelo puede estar constituido por tres subclases: material de tamaño menor a 2 micras: arcilla, material comprendido entre 75 y 2 micras: material limoso y material comprendido entre 2 y 0,075 mm: arenas, la clasificación de los suelos según su composición se realiza de acuerdo con el porcentaje en peso de cada fracción granulométrica. (p.357)

Tabla 1. Clasificación de los suelos de acuerdo a su composición

	Arena	Limo	Arcilla
Arenoso	86-100	0-15	0-15
Franco-arenoso	51-85	0-55	0-20

Franco-limoso	0-50	50-100	0-20
Franco	30-50	50	0-20
Franco-arcillo limoso	0-30	50-80	20-30
Franco-arcillo-arenoso	50-80	0-30	20-30
Franco-arcilloso	20-50	20-50	20-30
Arcilloso-limoso	0-20	50-70	30-50
Arcilloso-arenoso	50-70	0-20	30-50
Arcilloso	0-50	0-50	30-100

Fuente: (Muñoz V., Álvarez J. y Asedegbega E., 2016, p. 358)

Según Zavaleta A. (1992) la textura se puede definir como la relación condicional por peso de las diferentes clases de partículas por debajo de los 2 mm. El material más grande o fragmento rocoso posee un tamaño de 2 mm, el material más pequeño o fracción de tierra fina es de un tamaño menor a los 2 mm y se encuentra compuesta por arena, limo y arcilla.

Las partículas de suelo se reparten en un continuum de tamaños, aglomerándose en distintas fracciones de acuerdo a su tamaño. (Porta J., López-Acevedo M. y Roquero C., 2003, p.51). La textura de los suelos nos permite la inferencia de otras propiedades de los suelos tales como: disponibilidad de nutrientes, comportamiento frente al laboreo, erosionabilidad, capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD), Rendimiento de cultivos y Riesgo de compactación. (Porta J., López-Acevedo M. y Roquero C., 2003, p.39).

La estructura es el fenómeno mediante el cual las partículas se agrupan para formar agregados. Teniendo en cuenta esas características se diferencian suelos granulados (en granos), de estructura esferoidal (agregados redondeados), blocosa (en bloques), laminar (agregados en láminas) y prismática (en forma de prisma). (Brack A. y Mendiola C., 2010, p. 314).

La estructura del suelo se define como la agregación de partículas, un agregado natural e individual se llama "ped", algunos agregados poseen una película fina de color oscura mayormente que posiblemente contribuye en mantener el agregado individual. La

clasificación estructural del suelo según su forma es de cuatro tipos básicos: esferoidal, prismática, laminar y blocosa (Zavaleta A., 1992, p. 72,73)

La porosidad es el porcentaje de huecos en el volumen total del suelo, se puede medir por el volumen del agua que acepta un cierto volumen de suelo seco, aceptando densidad 1g/cm³ para el agua:

$$\text{porosidad} = \text{peso (suelo + agua)} - \text{peso (suelo)} / \text{volumen suelo}$$

La porosidad influye tanto en la capacidad de drenaje de un suelo como en la posibilidad de aireación del mismo. (Muñoz V., Álvarez J. y Asedegbega E., 2016, p. 360).

La densidad corresponde al peso por volumen del suelo y se encuentra vinculada con la porosidad, es decir mientras más poroso sea el suelo tendrá menor densidad; un suelo poco poroso será más denso; la materia orgánica también determina la densidad del suelo al encontrarse mayor presencia de ésta el suelo posee menor densidad. (Brack A. y Mendiola C., 2010, p. 314)

Existen dos términos para enunciar la densidad del suelo, una de ellas es la densidad de la partícula, la cual es la densidad de las partículas que componen un suelo y otra es la densidad aparente que es la densidad del suelo en su estado nativo, comprendiendo zonas porosas. (Zavaleta A., 1992, p. 80)

$$\text{Densidad de la partícula} = \text{peso} / \text{volumen (g/cc)}$$

La temperatura es considerada una característica importante ya que incide en los procesos químicos y bióticos y delimita la disposición de las plantas. Por encima de los 5°C es posible la germinación. (Brack A. y Mendiola C., 2010, p. 314)

Para Zavaleta. A (1992) la temperatura es un factor determinante que define la naturaleza y distribución de las plantas sobre la tierra, controlando las actividades químicas y biológicas. A bajas temperaturas no existe actividad biótica, entre los 0° y 5° C no hay crecimiento de raíces y la germinación es casi imposible.

La aireación se puede expresar como el contenido del aire en el suelo y contribuye al suministro de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono en el suelo. En suelos anegados la aireación es insuficiente, pero puede ser potenciada con el drenaje, la labranza, la incorporación de materia orgánica y la rotación de cultivos. (Brack A. y Mendiola C., 2010, p. 314)

La eficacia del intercambio de gases entre la atmósfera y el suelo influyen directamente en las condiciones de aireación. Un inapropiado abastecimiento de oxígeno se evidenciará tanto en la tasa de respiración TR y el coeficiente respiratorio CR. (Porta J., López-Acevedo M. y Roquero C., 2003, p.393).

CR = volumen de CO₂ liberado/volumen de O₂ consumido

CR= 1 en condiciones aerobias

TR = volumen de O₂ consumido/cm³ suelo y min

El color es una propiedad que no tiene mayor significancia sobre el comportamiento del suelo, sin embargo, puede proporcionar información sobre su composición y ciertas propiedades que posee. (Porta J., López-Acevedo M. y Roquero C., 2003, p.45).

La Capacidad de Campo, es el porcentaje constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 h de drenaje, el cual ocurre por la transmisión del agua a través de los poros mayores de 0.5 mm de diámetro y es adaptable sólo en suelos adecuadamente estructurados en los que el drenaje del exceso de agua sucede con mayor rapidez, los suelos pobremente estructurados tienden a un drenaje continuo. Por otro lado, el **punto permanente de marchitez** se traduce en el contenido de agua luego de la pérdida total a causa del cultivo por lo que su disponibilidad es nula (Shaxson F. y Barber R.,2005).

El pH es la cantidad de iones de hidrógeno (H⁺) y oxidrilo (OH⁻) en el suelo, debido a las distintas reacciones químicas, los suelos ácidos presentan un valor de 6,5, los suelos neutros tienen un valor entre 6,5 y 7,4 y por encima de 7,5 son denominados suelos alcalinos. (Brack A. y Mendiola C., 2010, p.322)

El intercambio iónico es la interacción electrostática débil entre las partículas de suelo (coloides) cargadas negativamente, y los cationes de la disolución, estos cationes se hallan solvatados [...] en disolución existen cationes de diferente carga y en diferente concentración, los cationes más abundantes en disoluciones que interactúan con el suelo Ca^{2+} , Mg^{2+} , K , Na , NH_4^+ , estos cationes son los que participan en intercambios. (Muñoz V., Álvarez J. y Asedegbega E., 2016, p. 377).

Las reacciones que se generan en un horizonte del suelo corresponden al grado de acidez o basicidad del mismo, siendo expresada por medio del pH y se encuentra determinada por los cationes adsorbidos la materia orgánica presente y los minerales de arcilla. (Porta J., López-Acevedo M. y Roquero C., 2003, p.251).

Para Muñoz V. et al (2016) la propiedad del suelo de neutralizar una base que se incorpora a este se denomina acidez y la de neutralizar un ácido basicidad. Son considerados cationes ácidos H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , NH_4^+ y por cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ dan carácter básico al suelo. Uno de los parámetros significativos y de gran interés es la Capacidad de intercambio catiónico (CIC) el cual representa la cantidad de cationes intercambiables por unidad de peso de suelo en base seca dado como meq/100 g de suelo, el secado se hace a $110\text{ }^\circ\text{C}$ y 24 horas, es independiente del pH. (p. 400,401)

La Materia orgánica está representado por todo residuo o desecho de organismos vivientes en etapa de descomposición, los microorganismos contribuyen con este proceso y se forma CO_2 y H_2O , parte del carbono se oxida en las síntesis de sustancias microbiales y la otra como fuente de energía. La materia orgánica durante la formación de los suelos se acumula hasta llegar a un equilibrio descomponiéndose todo residuo orgánico. (Zavaleta A., 1992, p. 128).

Muñoz V. et al (2016) la define como la composición de biomasa viva, restos vegetales, excreciones, restos de animales y productos de la degradación, se divide en materia húmica y no húmica. La descomposición se da a través de la oxidación por reacciones enzimáticas, produciendo múltiples compuestos intermedios. (p.340, 341)

El suelo agrícola es aquel que se encuentra destinado a la producción; asimismo debe ser apto para los diversos cultivos y plantaciones, vale decir para la agricultura. Debe presentar como característica principal la fertilidad, que permite el desarrollo y crecimiento de los cultivos. (EcuRed, 2015)

Brack A. y Mendiola C. (2010) definen la contaminación de suelos como la introducción de sustancias contaminantes por el uso de relaves mineros, pesticidas, polvo de zonas urbanas y desechos industriales derramados en la superficie. (p.430)

Se puede definir también como la adición de un compuesto químico o elemento externo, que altera la concentración inicial, produciéndose consecuencias perjudiciales; la contaminación genera la perturbación del suelo disminuyendo su calidad y aptitud para su uso. (Porta J., López-Acevedo M. y Roquero C., 2003, p.830)

Generalmente las industrias debido a sus procesos generan contaminación por metales pesados. En su mayoría los elementos vertidos son: Mn, ZN, Cu, Pb, N, Mo y su porcentaje de contaminación se debe al estado en el que se encuentran y a las características del medio. El pH del suelo controla la conducta de los metales: Cuando el pH de la solución del medio es ácido, los cationes tienden a ser más móviles, logrando atravesar las cadenas tróficas en forma de tóxicos o cantidades que generan deficiencia. En cambio, si se encuentran en pH básico, el efecto producido es inverso, inmovilizándose en el medio. Por otro lado el cambio iónico es un factor crucial en la dinámica de los metales; en el contribuyen factores como la concentración, naturaleza del ion, etc. (Vega N., 2017)

El plomo es considerado un contaminante de la hidrosfera, edafoesfera y atmosfera. Se deposita en los suelos mediante residuos industriales, deposiciones atmosféricas, residuos mineros. Ante la presencia arcilla y materia orgánica en el suelo puede ser inmovilizado, sin embargo, si el suelo presenta pH ácido el plomo (Pb) se moviliza y es adsorbido por las plantas llegando a ingresar al organismo humano por la cadena alimentaria. (Vega N., 2017)

El plomo tiene la capacidad de bioacumularse por lo que su concentración en plantas y animales se magnifica a lo largo de la cadena alimentaria. (Rubio, et al., 2004)

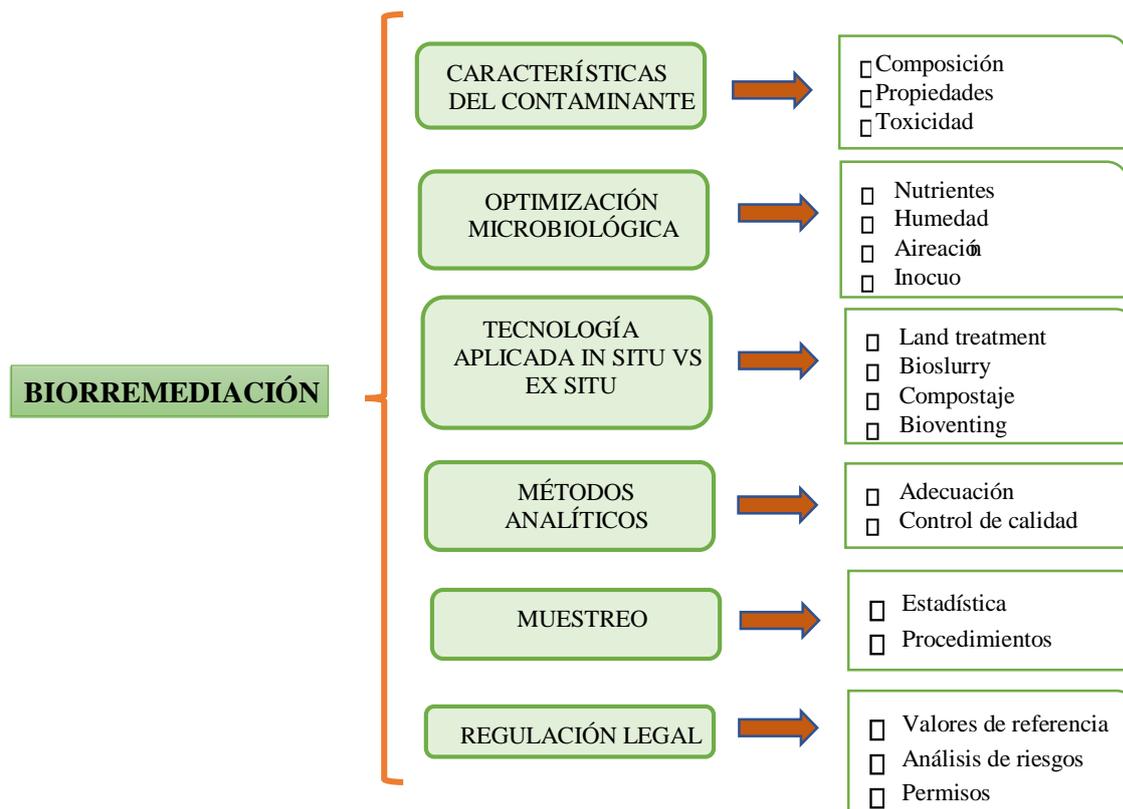


Figura 1. Parámetros implicados en la Biorremediación

Fuente: modificada de Walter y Crawford, 1997.

Para (FAO,2018) la degradación del suelo se precisa como una alteración en las características del suelo repercutiendo en una depreciación de la capacidad del ecosistema para generar bienes o prestar servicios para sus consumidores. El estado de los suelos degradados no permite que éste provea de los bienes y servicios habituales en su ecosistema.

La biorremediación es el tratamiento de un suelo para remover de él sustancias tóxicas y convertirlas en compuestos menos activos, o al menos fijarlas en porciones de terrenos que se aíslan y/o inertizan, aprovechando los procesos metabólicos de microorganismos y plantas. Hay dos vertientes en estos tratamientos: su acción sobre compuestos orgánicos, tóxicos o no, y que se encuentran en cantidades excesivas, crudo de petróleo y sus fracciones, disolventes, pesticidas, compuestos clorados y su acción sobre compuestos inorgánicos, principalmente metales. La biorremediación se podría diferenciar en dos secciones dependiendo si la acción se realiza por microorganismos, bacterias, hongos, algas; o por

plantas. En cuanto a los microorganismos autóctonos propios del suelo pueden ser estimulados o se pueden inocular específicamente útiles. (Muñoz V., Álvarez J. y Asedegbega E., 2016, pp. 466).

Las técnicas de biorremediación son técnicas que aprovechan el ciclo de desarrollo y crecimiento de los microorganismos del suelo con la finalidad de degradar contaminantes orgánicos o reducir la presencia de algunos contaminantes inorgánicos.

- **Bioventing**

Consiste en la estimulación del desarrollo de microorganismos aeróbicos del suelo a través de la inyección de aire para respaldar su actuación en la biodegradación natural de compuestos orgánicos contaminantes. Es un tratamiento in situ que puede ser aplicado eficientemente en suelos permeable y poco saturados, teniendo como ventaja principal frente a otros tratamientos su simplicidad de operación, menor coste e impacto mínimo sobre la superficie.

- **Land farming**

Es el depósito controlado de desechos sobre un suelo, los cuales serán degradados por la flora local. Su aplicación se da cuando la permeabilidad es muy baja. Esta técnica se utiliza con suelos que contienen hidrocarburos. Es menos apropiada para suelos que contienen disolventes halogenados, de baja biodegradabilidad.

- **Compostaje**

El objetivo es la descomposición y estabilización biológica de sustratos orgánicos, bajo condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas, generando un producto estable con características húmicas, libres de patógenos y semillas; se realiza la degradación tanto de los restos vegetales como los residuos orgánicos del suelo (no es útil si el suelo está contaminado por metales).

- **Fitorrecuperación**

En esta técnica se emplea plantas y organismos asociados a sus raíces para la extracción, acumulación, degradación o inmovilización de contaminantes situados en suelos, sedimentos y agua. (Muñoz V., Álvarez J. y Asedegbega E., 2016, pp. 471, 472,476)

El método de Bioaumentación es el uso de microorganismos específicos para aumentar y optimizar la capacidad de degradación de la población microbiana natural. En este método se agregan microorganismos vivos que han sido aislados de forma especial y elegidos por su alta eficiencia para degradar los contaminantes causando su biodegradación o biotransformación. (Amerex, 2017)

Según Foster, M. y Whiteman, R., s.f definen la bioaumentación como el aprovechamiento de microorganismos destacados con el fin de potenciar las poblaciones microbianas [...] así mismo, impulsa la eficiencia de un proceso continuo; siendo una técnica practicada desde los años sesenta pero ha sido considerada con poco valor científico debido a la ausencia de registros de resultados obtenidos.

El ingreso de microorganismos variados genéticamente o entrenados con el objetivo de maximizar la biodegradación. A nivel laboratorio o reactor su función es adecuada, sin embargo, en ambientes externos depende de factores como: nutrientes, condiciones ambientales, presencia de toxinas, movilidad y disposición de los microorganismos y materia orgánica. Los microorganismos foráneos deben sobrevivir a la depredación y competir eficientemente con la población autóctona del suelo. Es una técnica que no emplea maquinaria pesada y área extra para el tratamiento; la principal dificultad es la contaminación del medio. (Arcila A., 2016, p.33)

Los biosurfactantes (BS) son un conjunto de moléculas microbianas que se definen por ser anfipáticas, ya que sus moléculas tienen dos partes diferentes, una hidrofóbica y otra hidrofílica. Son un conjunto que tiene estructuras distintas de moléculas tensoactivas, que a diferencia de los surfactantes sintéticos ostentan en su mayoría menor toxicidad y mayor biodegradabilidad. Entre los estudios más resaltantes de los BS son los relacionados con la industria del petróleo y la biorremediación de lugares o restos contaminados con hidrocarburos. Sin embargo, los biosurfactantes pueden ser aplicados en el campo de los plaguicidas los cuales presentan compuestos xenobióticos. Este tipo de compuestos tienen la capacidad de controlar enfermedades del ganado y de los cultivos como también la proliferación de plagas, así como disminuir o impedir las pérdidas en la obtención de alimentos y favorecer al control de los vectores de distintas enfermedades. (De la Rosa, 2014)

Tabla 2. Clasificación de biosurfactantes y su uso en la remediación de sitios contaminados con metales pesados e hidrocarburos

Grupo	Biosurfactante	Microorganismo	Aplicaciones en biotecnología ambiental
Glicolípidos	Rhamnolipidos	Pseudomonas aeruginosa, Pseudomona sp.	Incremento de la degradación y dispersión de hidrocarburos, emulsificación de hidrocarburos y aceites vegetales, remoción de metales pesados del suelo
	Trehalo-lipidos	Mycobacterium tuberculosis, Rhodococcus erythropolis, Arthrobacter sp., Nocardia sp., Corynebacterium sp.	Incremento en la biodisponibilidad de hidrocarburos
	Sophorolipidos	Torulopsis bombicola, Torulopsis petrophilum, Torulopsis apicola	Recuperación de hidrocarburos de heces y lodos, eliminación de metales pesados de sedimentos, incremento en la recuperación del petróleo
	Ácido corinomicólico	Corynebacterium lepus	Incremento de la recuperación de asfalto

Ácidos grasos, fosfolípidos y lípidos neutros	Ácido espiculispórico	Penicillium spiculisporum	Eliminación de metales de soluciones acuosas; dispersión de pigmentos hidrofilicos; preparación de organogeles tipo emulsión, microcápsulas superfinas (vesículas o liposomas)
	Fosfatidiletanol- amina	Acinetobacter sp. Rhodococcus erythropolis	Incrementan la tolerancia de las bacterias a los metales pesados
Lipopéptidos	Surfactina	Bacillus subtilis	Mejora de la biodegradación de hidrocarburos y plaguicidas clorados, la eliminación de metales pesados y aumenta la eficacia de la fitoextracción
	Lichenisina	Bacillus licheniformis	Incrementa la recuperación de petróleo
Biosurfactantes poliméricos	Emulsan	Acinetobacter Calcoeticus RAG-1	Estabiliza las emulsiones hidrocarburo-agua
	Alasan	Acinetobacter radioresistens KA- 53	Estabiliza las emulsiones hidrocarburo-agua

	Biodispersan	Acinetobacter calcoaceticus A2	Dispersión de cal en agua
	Liposan	Candida lipolytica	Estabilización de emulsiones
	Mannoprotein	Saccharomyces cerevisiae	hidrocarburos en agua

Fuente: tomado de Pacwa-Płociniczak, 2011

Se les denomina a los compuestos que se producen en superficies celulares microbianas o excretadas extracelularmente; contienen porciones hidrofílicas e hidrofóbicas la cual disminuye la tensión superficial e interfacial y pueden ser biodegradados. Presentan propiedades emulsificantes y deben de poseer una de las siguientes estructuras: ácido micólico, glicolípidos, complejos de lipo-polisacáridos, lipoproteínas o lipopéptidos, fosfolípidos. (Vaca, S., 2016, p.13.)

El ramnolípido producido por la p. aeruginosa es uno de los más estudiados y caracterizados para la erradicación de contaminantes del suelo por su poderosa capacidad emulsificadora, con un valor CMC (Concentración micelar crítica) baja (Vaca, S., 2016, p.13)

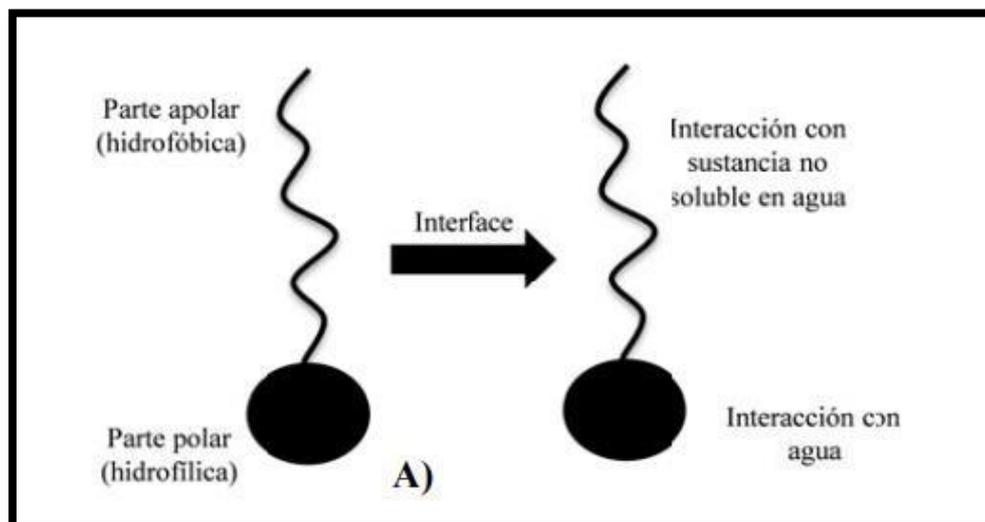


Figura 2. Estructura de los biosurfactantes

Fuente: De la Rosa N. et al, (2014)

Tabla 3. Ventajas de los biosurfactantes

VENTAJAS	DESCRIPCIÓN
Biodegradabilidad	Fácilmente degradables por microorganismos
Baja toxicidad	Los BS son menos tóxicos que sus homólogos químicos
Disponibilidad de	Su producción puede darse a partir de residuos de naturaleza orgánica, por ende, resultan ser su producción, económicos. La fuente de carbono se obtiene de hidrocarburos, carbohidratos y/o lípidos
Factores ambientales	No se ven afectados por factores ambientales como el pH, salinidad, temperatura
Actividad superficie e interface	Pueden reducir la tensión superficial del agua y la tensión interfacial agua/hexadecano
Otras Ventajas	Biocompatibles y digeribles, siendo aplicados en industrias cosméticas, farmacéuticas y alimenticias.

Fuente: De la Rosa N. et al, (2014), modificado por el autor

Mecanismo de acción de los Biosurfactantes (BS)

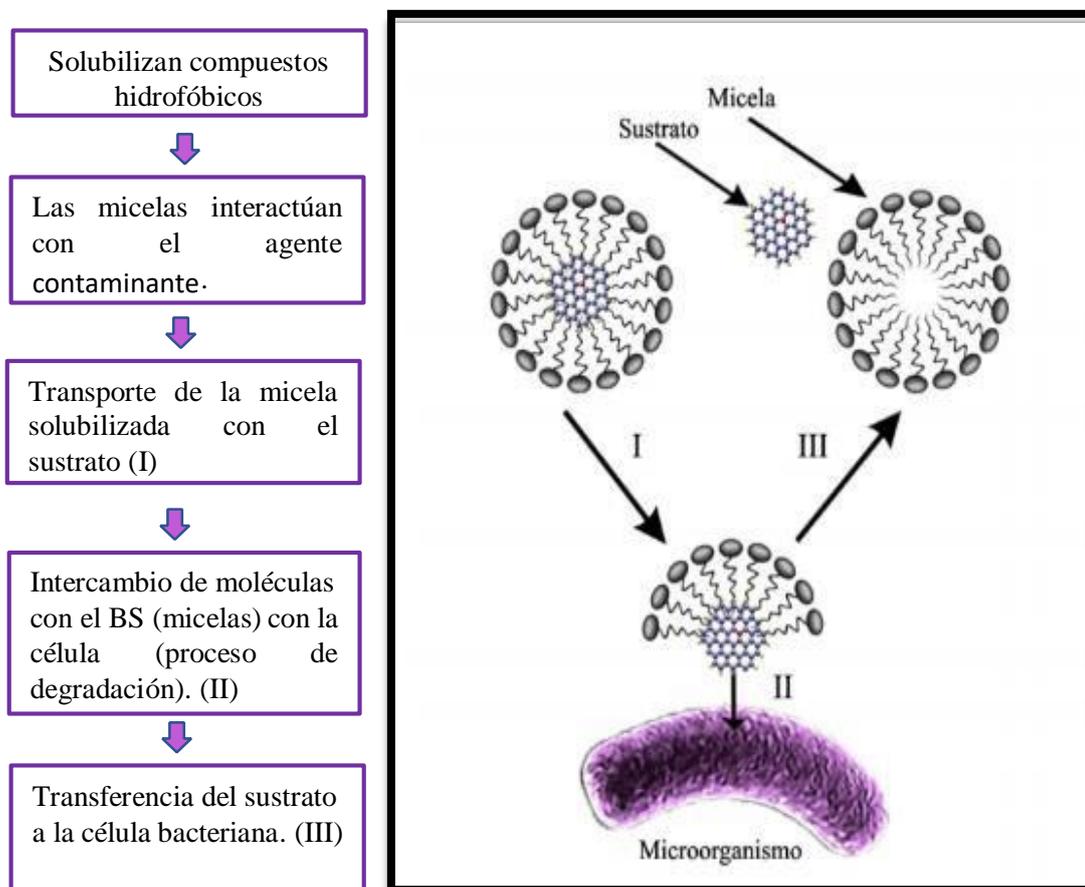


Figura 3. Mecanismo de los biosurfactantes

Fuente: De la Rosa N. et al, (2014)

La efectividad de los BS se basa en diversos parámetros relacionados con su capacidad solubilizadora de compuestos hidrofóbicos, el más significativo es la concentración micelar crítica (CMC), disposición de producir micelas. (De la Rosa N. et al, 2014, p.58) [...] Mientras más baja se la CMC mayor eficiencia tendrá el biosurfactante en tensión (Singh et al, 2007) citado por De la Rosa N. et al, 2014, p. 58.

Por otro lado, De la Rosa, N. et al (2014) menciona que un segundo parámetro a tener en cuenta en la efectividad de los biosurfactantes como es la tensión interfacial (TI) entre dos líquidos la cual dependiente de la fuerza de adhesión entre las moléculas de ambos líquidos; los biosurfactantes para minimizar la TI accionan como puentes produciendo una tercera fase conocida como microemulsión, permitiendo la interacción entre el contaminante hidrofóbico y la fase acuosa.

La Acción de microorganismos sobre metales: movilizar e inmovilizar, busca el cambio del metal al estado redox, que permita movilizarlo hacia la fase líquida, pudiéndose extraer o inmovilizar en la fase sólida del suelo e incluso aislarlo, impidiendo la lixiviación o arrastre.

La interacción metal-organismos se encuentra en función de su naturaleza y concentración: si la concentración del metal es elevada, actúa como un agente biocida sin embargo si es baja, interactúa con los microorganismos e inclusive llegan a ser removidos por éstos.

Las interacciones son: incorporación a metalo-enzima por biosorción (superficie celular) o acumulación de metales (interior de la célula) bioacumulación.

- Biolixiviación: unión con metabolitos excretados (ácidos orgánicos)
- Precipitación: sulfuros, carbonatos, fosfatos
- Óxido-reducción de cationes: variaciones importantes en las propiedades del metal

Procesos que permiten movilizar metales: [...] bacterias que provocan procesos de reducción como por ejemplo Hg (II) a Hg (0) volatilizándolo a la atmósfera o reduciendo su valencia por ejemplo de Fe (III) a Fe (II).

Procesos que permiten inmovilizar metales: biosorción, ocurre en biorreactores (ex situ) acumulación del metal en el interior de la célula, pero a pesar de ser un proceso lento se compensa ya que la retención es elevada por unidad de peso. Se debe equilibrar el pH, temperatura, nutrientes o de otros cationes y aniones.

Son potentes bioacumuladores de metales algunas bacterias del género: *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp y *P. aeruginosa*, *Streptomyces* sp, *Streptoverticillium* [...]. (Muñoz V., Álvarez J. y Asedegbega E., 2016, pp. 469,470).

Según (Roldán A. y Iturbe R., 2002) las biopilas son una de las técnicas de biorremediación de suelos dañados por hidrocarburos, son conocidas como: biomontículos, pilas de composteo o bioceldas. Son aplicadas a la reducción de la concentración de hidrocarburos totales del petróleo (HTP) por biodegradación. Se considera un procedimiento biológico controlado, en el cual los contaminantes de origen orgánico se mineralizan y biodegradan.

El montaje de la biopila consiste en la formación de pilas con el suelo a tratar, estimulando la actividad microbiana, adicionando nutrientes, humedad y aireando, de esta manera la actividad microbiana es proporcional a la disminución de la concentración de HTP.

De acuerdo a la problemática mencionada, la investigación planteó el problema general: ¿En qué medida se reducirá el plomo en el suelo agrícola mediante el método bioaumentación de biosurfactantes en biopilas en Hacienda Mandinga-Huarmey? y los problemas específicos: ¿Cuán óptimos son los biosurfactantes como medios biotecnológicos para el tratamiento de suelos agrícolas contaminados por plomo?, ¿Cuál será el efecto de la bioaumentación de biosurfactantes en biopilas en relación con el nivel cero? y ¿Qué dosis de biosurfactantes presenta mayor efectividad para la reducción del plomo en suelos agrícolas?

El estudio se justifica porque genera conocimiento en torno a la contaminación generada por metales pesados, ya que el plomo tiene efectos nocivos sobre el ambiente y la salud humana. Actualmente en el Centro Poblado de Mandinga el suelo de uso agrícola presenta niveles elevados de Plomo (Pb) por sobre los Estándares de Calidad Ambiental. Por ende, la propuesta que se plantea con el fin de mitigar esta problemática y mejorar la calidad del suelo agrícola del C.P Mandinga, es la utilización de la bioaumentación de biosurfactantes en biopilas para la reducción del Plomo (Pb) presente. Para determinarlo es necesario realizar una investigación orientada a determinar que cepas de microorganismos pueden ser usadas como óptimos productores de biosurfactantes para la degradación de metales pesados; si bien el método propuesto ha sido aplicado en su mayoría para el tratamiento con hidrocarburos y sus derivados; tiene altas probabilidades de funcionar para la reducción de la concentración de metales. De lo expuesto, esta investigación ayudará y aportará los datos necesarios, para aplicar el método en la reducción del plomo presente en el suelo agrícola del C.P Mandinga, disminuyendo el impacto ambiental negativo originado y mejorando así la calidad del suelo, de los cultivos obtenidos y la microfauna.

La investigación planteó la hipótesis general: El método de bioaumentación de biosurfactantes en biopilas es eficaz para degradar el plomo en suelo agrícola en Hacienda Mandinga – Huarmey y las hipótesis específicas: Los biosurfactantes son óptimos medios biotecnológicos para el tratamiento de suelos contaminados por plomo en Hacienda Mandinga – Huarmey, la bioaumentación de biosurfactantes en genera cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo agrícola de la Hacienda Mandinga – Huarmey.

Por lo que los objetivos a lograr fueron “Determinar el porcentaje de degradación del Plomo del suelo agrícola utilizando el método de bioaumentación de biosurfactantes en biopilas en Hacienda Mandinga-Huarmey” como objetivo general y “Determinar las concentraciones óptimas de los biosurfactantes en relación con las características del suelo agrícola para el tratamiento por contaminación de plomo en Hacienda Mandinga- Huarmey”, “Determinar los niveles eficientes de bioaumentación de los biosurfactantes en biopilas de acuerdo con sus características físicas y químicas para la degradación del plomo en suelo agrícola en Hacienda – Huarmey” y “Comprobar qué propiedades fisicoquímicas del suelo agrícola de la Hacienda Mandinga-Huarmey cambian con la bioaumentación de biosurfactantes” como objetivos específicos.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de Investigación

2.1.1 Diseño de Investigación

Esta investigación tiene un diseño experimental, según Serrano, et al. (s.f.) sostiene que “la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variable de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y sus efectos en las conductas observadas”. Mediante actividades determinadas se busca comprobar, demostrar o reproducir ciertos fenómenos o hechos o principios en forma natural o artificial de tal manera que nos permite formular hipótesis que mediante un proceso científico se pueden aceptar o rechazar.

2.1.2 Tipo de Investigación

Conforme a (VARGAS C., 2011), la investigación se dio de manera aplicada, ya que la investigación busca encontrar una aplicación de conocimientos teóricos de una determinada situación para llevarlos a la práctica y/o realidad. Mejorando en algún aspecto las fuentes encontradas o basadas inicialmente. Por último, la clasificación de las variables, están enfocadas a la cuantitativa Continúa. Dado que los resultados obtenidos se representan mediante valores numéricos enteros y/o fracción.

2.2 Variables, operacionalización

Variable dependiente : El suelo agrícola contaminado

Variable independiente : La Bioaugmentación de biosurfactantes en biopilas

Ver Anexos

2.3 Población, muestra y muestreo

2.3.1 Población:

La población objetivo de investigación está compuesta por ocho mil seiscientos veinte con siete (8620.7) metros cuadrados de suelo agrícola de la Hacienda Mandinga, distrito de Huarney, Provincia Constitucional de Huarney. Se encuentra ubicado a la altura del kilómetro 293 de la Panamericana Norte al margen del río Huarney.

- Geomorfología y Geología

Huarney se ubica en el Batolito costero (intrusiones de granitoides) que se extiende de forma paralela y a lo largo del pacífico estos depósitos se acumularon durante las postrimerías del Albiano medio y representan un ciclo de erupciones volcánicas submarinas ocurridas a profundidades cada vez menores y seguidas por otras de tipo sub-aéreo en la parte más alta y oriental, los volcánicos erupcionaron a través de fisuras a partir de grandes cámaras de magma gabroico, diorítico y tonalítico del Batolito costanero subyacente.

En el área de estudio se ha establecido cinco (04) unidades hidrogeológicas, que son:

- Depósitos aluviales
- Depósitos coluviales
- Depósitos eólicos
- Depósitos marinos

- Cultivos

La principal actividad económica de Huarney es la agricultura de exportación entre sus mayores producciones se tiene el maíz amarillo, la palta y el espárrago.

- Clima

El clima de la Provincia de Huarney es variado, en general se considera clima templado-cálido y húmedo con temperaturas promedio de 12°C y 28°C, pudiendo eventualmente llegar en verano a un máximo que es de 35°C.; la humedad relativa varía entre 65% y 70%.



Figura 4. Área de la Población de la Hacienda Mandinga

Fuente: Google earth

Georeferenciación:

Tabla 4. Georeferenciación de la Población de Mandinga

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE LA POBLACIÓN M2	COORDENADAS UTM		REGIÓN
SHM	SUELO AGRÍCOLA MANDINGA	8620.7 m ²	X: 8886864	Y: 17L0819287	ANCASH

Fuente: Propia

2.3.2 Muestra y Muestreo:

La muestra presente de estudio es la representación de la población y se consiguió mediante el muestreo probabilístico. Para ello las muestras fueron obtenidas mediante la creación de cuadrículas sobre la población. De esta manera se obtuvo la muestra de manera uniforme la cual fue extraída de un área de 818.87m². La muestra se obtuvo mediante el método aleatorio simple según el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM de la Guía de Muestreo de Suelos elaborado por el Ministerio del Ambiente. La cual proporciona la siguiente fórmula para la determinación de muestra sobre el suelo contaminado.

$$N = 1.75 X + 2 \text{ ----- (1)}$$

Dónde:

N= Número mínimo de puntos de muestreo en el muestreo de Detalle

X = Puntos de muestreo del MI que superan los ECA suelos

Para el muestreo se utilizó el patrón de Rejillas Regulares ya que al ser un área llana este tipo de muestreo es ideal según la Guía de Muestreo de Suelos.

A. Área de muestreo

Tabla 5. Georeferenciación de los puntos del área de muestreo

AMM-H	COORDENADAS UTM (AMMH)		ÁREA DE MUESTREO
PTO 1	X: 8886865	Y: 17L019285	818.87 m ²
PTO 2	X: 8886895	Y: 17L819331	
PTO 3	X: 8886886	Y: 17L0819335	
PTO 4	X: 8886863	Y: 17L0819311	

Fuente: Propia

NOTA: Área de muestreo Mandinga - Huarmey (AMM - H)

B. Cálculo de la muestra del Muestreo de Detalle

Para obtener los puntos de muestreo, para el muestreo de detalle se realizó inicialmente un muestreo de identificación donde se dividió el lugar en tres zonas, de las cuales se tomaron diez puntos de muestreo en cada una, obteniéndose un total de 16 puntos que superaron los ECA, los cuales se procedió con su homogenización para formar una sola muestra representativa, posterior a ello se procedió con su análisis el cual superó los ECA de suelo para metales pesados Plomo (Pb) en suelo agrícola que es de 70 mg/kg. Para determinar el número de puntos a muestrear basándonos en la Guía de Muestreo de Suelo del D.S. N° 011-2017 MINAM se utilizó la fórmula:

$$N = 1.75 * (16) + 2$$

$$N = 30 \text{ muestras}$$

C. Muestreo de Detalle

Se realizaron 30 hoyos de 10cm de diámetro y 30cm de profundidad para suelos agrícolas de acuerdo con la Guía de Muestreo de Suelo del D.S. N° 011-2017 MINAM. Ver (Figura 5). La profundidad de los hoyos para suelo agrícola está entre el siguiente rango: 0 - 30 cm y se utilizó el método de cuarteo por cada punto.

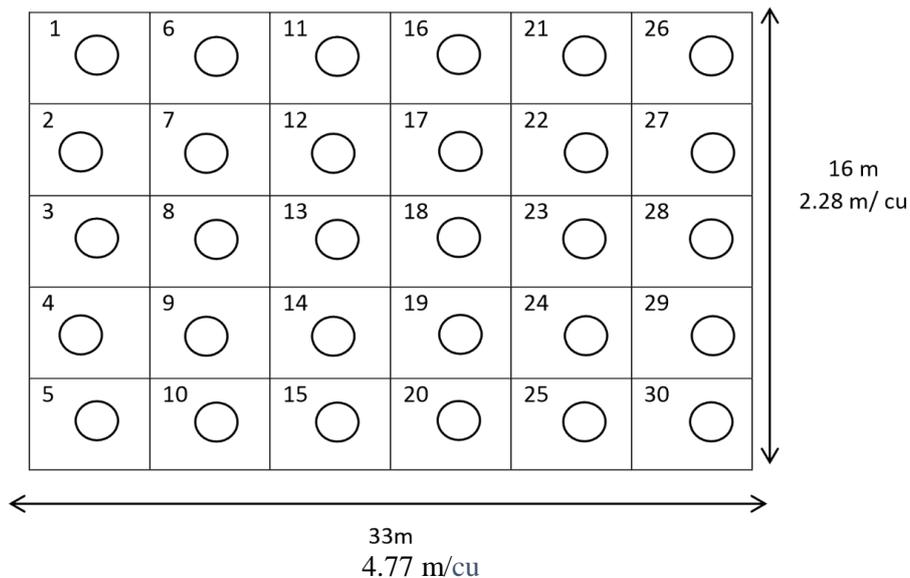


Figura 5. Puntos de muestreo

D. Muestreo de Nivel de fondo del suelo

Tiene como objetivo determinar la concentración del contaminante en los horizontes del suelo. Este muestreo es utilizado para contaminantes como metales pesados y es realizado de acuerdo con la Guía para muestreo de suelos. En el área delimitada se realizó una calicata de 1m x 1m x1m.

Tabla 6. Parámetros físicos de la Calicata in situ

CÓDIGO	COLOR	TEXTURA	TEMPERATURA (°C)	ALTURA DE HORIZONTE (cm)
A°	Marrón	Arcilla + Arena	32.5	15
A	Marrón claro A.	Arena + Arcilla	29.0	34
B	Marrón amarillo	Arena	27.0	30

Fuente: Propia

NOTA: El suelo agrícola de Mandinga es un suelo formado por aluviales.

Tabla 7. Parámetros químicos de la Calicata in situ.

CÓDIGO	TEMPERATURA (°C)	pH	CE (Us/cm)	Eh (mV)
A°	31.30	7.8	425	-43
A	29.30	6.71	448	28
B	27.45	6.83	237	20

Fuente: Propia

E. Mediciones realizadas al ambiente.

Tabla 8. Mediciones al Ambiente

CÓDIGO	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA SUELO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	HORA	FECHA
SHM	35.2	32.00	26	2:46 PM	27/02/2019

Fuente: Propia

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas e Instrumentos

Las técnicas por utilizar en la presente investigación son la observación directa y la experimentación las cuales nos permitirán explorar directamente el fenómeno de estudio, contemplando los aspectos inherentes a sus características y comportamiento.

Se utilizarán las fichas y formatos como instrumentos de recojo de datos, los mismos que se detallan en la tabla N°9 las mismas que han sido validadas por los expertos en la materia:

Tabla 9. Técnicas e instrumentos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Estudio preliminar de la zona	Material bibliográfico digital y físico del área de estudio	Observación del lugar y análisis de documentos	Ficha de observación e imágenes fotográficas	Información detallada de la zona de estudio
Recolección de muestras	Hacienda Mandinga	Observación	Ficha de muestreo de suelo (Instrumento # 01)	Obtención de la materia prima (suelo)

Medición de Parámetros físicos y químicos del suelo	Laboratorio de la Universidad de Ingeniería	Experimentación	Ficha de parámetros del suelo	Determinar la naturaleza y composición de la materia de estudio
Obtención del Biosurfactante	Residuos orgánicos (verduras, frutas y estiércol de cuy)	Creación de celdas de putrefacción y descomposición	Ficha de parámetros del biosurfactante (Instrumento # 02)	Obtención de insumo para degradar (cepa)
Aplicación del biosurfactante en el suelo	Laboratorio de la Universidad de Ingeniería	Observación/ Experimentación (Adición de porcentajes de biosurfactante al suelo contaminado)	Ficha de observación de degradación de Plomo (Instrumento # 03)	Disminución de la cantidad de Plomo en el suelo
Análisis de resultados	Laboratorio de la Universidad de Ingeniería	Procesamiento e Interpretación	Ficha de Resultados mediante softwares (SPSS20, Excel)	Comprobación de los objetivos planteados

Fuente: Propia

2.4.2 Validez y confiabilidad

Para Corral, Y. (2009), la validez daría respuesta a la pregunta *¿Cuál es la correspondencia del universo o población con relación a la particularidad que se va a medir?*, consistiendo principalmente en que el instrumento mida lo que tenga medir (autenticidad). La validez de contenido hace referencia al grado en que un instrumento plasma la potestad determinada del contenido de lo que se desea evaluar, no se expresa cuantitativamente y más bien es una cuestión de juicio lo que llamamos Juicio de Expertos (pp. 230,231).

Por ende, la presente investigación encaja dentro de la **validez de contenido**, se sometieron a evaluación las fichas e instrumentos elaborados para la recolección de datos por tres especialistas expertos en la materia, docentes de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la

Universidad César Vallejo. Los docentes especialistas que validaron estos instrumentos fueron:

Docente Experto 1:

Apellidos y Nombres : Benites Alfaro Elmer

Grado Académico : Doctor en Educación

Nº de Colegiatura : 71998

% de Aprobación : 95 %

Docente Experto 2:

Apellidos y Nombres : Tello Mendivil Verónica

Grado Académico : Maestro en Ciencias Ambientales

Nº de Colegiatura : 98633

% de Aprobación : 95 %

Docente Experto 3:

Apellidos y Nombres : Aylas Humareda María del Carmen

Grado Académico : Maestro en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Nº de Colegiatura : 55149

% de Aprobación : 95 %

Se obtuvo un promedio de 95% de confiabilidad de los instrumentos

Para estimar la confiabilidad se aplicó el Método Test – Retest el cual identifica la fiabilidad como Estabilidad de la medida. El test se aplica a una muestra de sujetos en dos momentos temporales distintos y se correlacionan ambas medidas. Se supone que, si el test es preciso, las medidas deberán ser muy parecidas y el coeficiente de fiabilidad tenderá a 1. Si ello es así se asume que el test es fiable porque independientemente de cuándo se aplique se tiende a obtener con él siempre la misma medida. (Open Course Ware de la Universidad de Salamanca, 2011).

2.5 Procedimiento

A. Muestreo y Recolección de Suelo Agrícola

Para la obtención de la muestra de suelo hemos realizado primero el reconocimiento del lugar de estudio y realizado el muestreo de identificación que permitió verificar que el suelo se encontraba con altos índices de contaminación por plomo. Seguido se procedió a realizar el Muestreo de Detalle según la Guía de Muestreo de Suelos del D.S N° 011-2017-MINAM de donde se obtuvo mediante la fórmula para áreas agrícolas el número mínimo de puntos a tomar los cuales fueron 30 y se realizaron utilizando el método Aleatorio Simple bajo el patrón de Rejillas Regulares para áreas llanas. Posteriormente cada hoyo contó con un diámetro de 10cm por 30cm de profundidad de donde se extrajeron entre 6, 7 y 8 kg de suelo de cada hoyo los cuales fueron cuarteados para obtener una muestra representativa de 4kg las que fueron colocadas en bolsas de polietileno las cuales fueron 30 en su totalidad con su respectiva rotulación. Para el muestreo se utilizaron los siguientes materiales y equipos (Ver Tabla 10):

Tabla 10. Equipos y materiales Toma de muestra

EQUIPOS	MATERIALES
GPS (GARMIN 64S)	Palas, picos, picota
Multiparámetro (EZDO 7021)	Wincha de 50 m.
Cronómetro (MOD SH-146)	Martillo
Conductividad hidráulica	Bolsas, cinta, rafia
Balanza	Cuarteador
Conductímetro (HANNA HI 8424)	Manta plástica
Liner	Agua destilada
Cilindro Biselado	Botellas plásticas
Termómetro de suelo (THERMO HYGRO TA218D)	Brocha
	Piceta

Fuente: Propia



Figura 6. Instrumentos y materiales



Figura 7. Lugar de muestreo -Mandinga



Figura 8. Medición de rejillas regulares



Figura 9. Rotulado de muestras



Figura 10. Guardado de muestras

Así mismo se realizaron bajo la ficha de Parámetros de Muestreo controles de los parámetros fisicoquímicos in situ como: pH, conductividad eléctrica, potencial REDOX, conductividad hidráulica y temperatura, para luego realizar una calicata de 1m x 1m x 1m, donde se estudiaron los horizontes existentes y que fueron analizados para poder identificar el contaminante Plomo (Pb) en el suelo. Se obtuvieron los resultados de los parámetros iniciales analizados (Ver Tabla 12 y 13).



Figura 11. Excavación Calicata y Medición de Parámetros

1. Determinación de la Conductividad Hidráulica in situ.

Para hallar la conductividad Hidráulica del suelo de Mandinga introducimos dos anillos de distinto diámetro sin alterar el terreno. Se agregó agua al nivel de 100 mm y se tomó el tiempo que demoró en filtrarse al suelo. Se obtuvieron los resultados conforme a la (Ver Tabla 11).

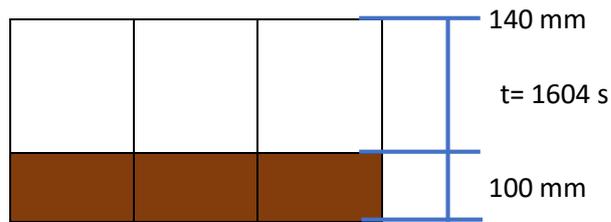


Figura 12. Tiempo determinado para la conductividad hidráulica in situ

Para hallar la constante de conductividad se utilizó la fórmula universal:

$$K = \frac{h \times \ln\left(\frac{A}{B}\right)}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

- K : Constante de conductividad hidráulica
- h : altura del suelo (mm)
- A : nivel superior inicial
- B : nivel inferior
- t : tiempo en segundos



Figura 13. Conductividad hidráulica in situ

2. Conductividad Hidráulica in situ (superficie)

Para determinar La conductividad Hidráulica en la superficie se utilizó una probeta de 350 mm con agujeros en la superficie al cual se le añadió suelo contaminado y agua destilada. Se tomó el tiempo de drenaje y se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 11).

	300 mm	$t_1 = 182 \text{ s}$	$K_1:$
	200 mm		
	100 mm	$t_2 = 317 \text{ s}$	$K_2:$
	60 mm		

Figura 14. Tiempo determinado para la conductividad hidráulica en la superficie



Figura 15. Conductividad hidráulica superficie

3. Determinación del Potencial Redox (Eh)

Para medir el potencial redox del suelo se utilizó el Multiparámetro el cual previamente se calibró. Posteriormente se tomó 100gr de suelo tamizado en malla 10 y lo depositamos en un recipiente de 500mL añadiéndole agua destilada en una relación 1:2 la cual se agitó por 20min, se dejó decantar 30 min para poder realizar la medición con el equipo. Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 12).

4. Determinación de la Conductividad Eléctrica (CE)

La determinación de la conductividad eléctrica, se realizó in situ con la finalidad de obtener un indicador del comportamiento de los aniones y los cationes en el suelo. Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 13).



Figura 16. Mediciones in situ para la conductividad eléctrica

B. Acondicionamiento y caracterización de la muestra de suelo contaminado

En la caracterización del suelo, se tuvo que realizar un cuarteo representativo de todos los puntos que se tomaron en campo, el cual fue de 1000 g por cada punto. Seguidamente las colocamos en una manta de plástico donde se realizó la homogenización mediante la técnica del cuarteo especificado en el D.S N° 0112017-MINAM las que fueron seleccionadas en un recipiente donde fue tapado herméticamente para que sus características de humedad no varíen. Por lo tanto, se trabajó de manera continua donde se pudo medir los parámetros físicos y químicos iniciales en el laboratorio como también conocer parámetros importantes de un suelo agrícola como: su estructura, textura, porosidad, capacidad de campo, punto de marchitez, conductividad eléctrica, porcentaje gravimétrico. Todos estos parámetros se realizaron en el laboratorio

1. Caracterización del suelo Mandinga:

- Cuarteo de los puntos de muestreo.
- Extracto de suelo
- Parámetros fisicoquímicos iniciales
- Determinación del contaminante: Plomo (Pb) inicial

2. Procedimiento para obtener el extracto de suelo:

- Tamizamos la muestra ya cuarteada con malla N° 10 (2.00 mm)
- Se pesó 200g de muestra
- Se agregó 250 mL de agua destilada
- Luego se agitó por 25 minutos en agitador orbital
- Se dejó decantar por 30 min
- Mediante un filtro, un quitasato y una bomba de vacío se extrajo la solución
- Posteriormente se tomó 150 mL del extracto sobrenadante para hacer las mediciones



Figura 17. Muestra de suelo contaminado tamizado y pesado



Figura 18. Adición de agua destilada a la muestra de suelo



Figura 19. Extracción de la solución

3. Parámetros fisicoquímicos (Iniciales)

Para determinar los parámetros de pH y conductividad eléctrica utilizamos un multiparámetro. Para la medición del pH se utilizó la siguiente fórmula:

$$pH = -\log(H^+) \dots\dots\dots(2)$$

Primero se calibró el equipo. Para ello se utilizaron buffers estandarizados internacionales. Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 14)

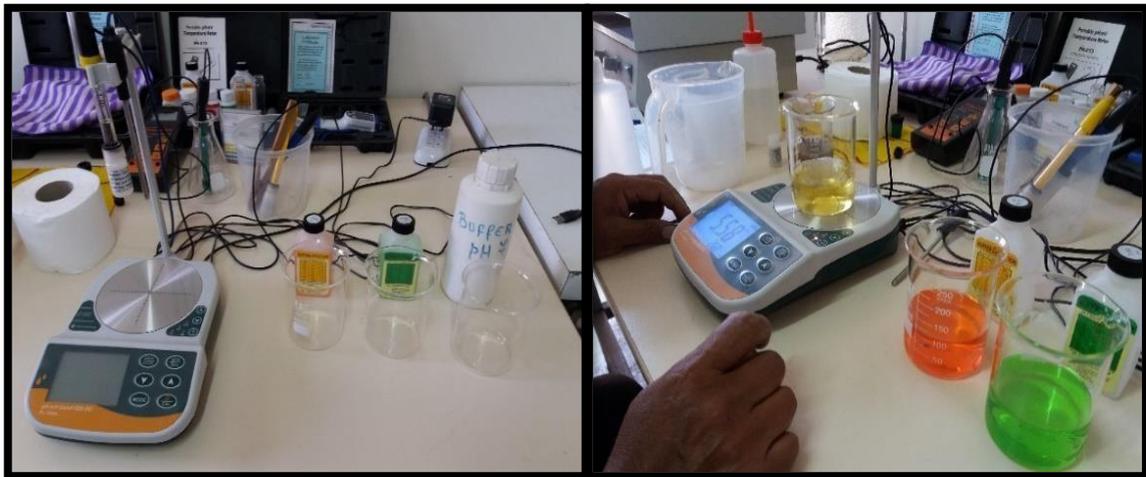


Figura 20. Calibración del equipo

4. Conductividad Eléctrica (CE)

Para la conductividad eléctrica se utilizó la misma solución en relación 1:1. Que viene a ser la cantidad de movimiento catiónico que tiene el suelo y que se encuentra en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) hallado. Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 13).



Figura 21. Medición de la conductividad eléctrica

5. Determinación de la densidad real (D_r) – Método del Picnómetro

Para determinar la Densidad Real se tomó la muestra del Liner pequeño, que es de material de acero inoxidable, el cual se introdujo en el suelo mediante algunos golpes tomándose la muestra de suelo in situ.

La densidad de la fase sólida del suelo casi es constante en la mayoría de suelos: 2.65 g/cm^3 . Su variación es fundamentalmente a la cantidad de materia orgánica.



Figura 22. Suelo in situ extraído del Liner

Materiales:

- Picnómetro
- Termómetro
- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Agua destilada



Figura 23. Método del picnómetro

Procedimiento:

- a. Se procedió a pesar el picnómetro limpio y seco con su tapa
- b. Se llenó con agua destilada y se pesó nuevamente
- c. Se vertió agua y se agregó 5 g de suelo secado al aire
- d. Se calentó suavemente hasta la ebullición, posteriormente se dejó enfriar el picnómetro y su contenido, luego se enrazó con agua destilada hervida.
- e. Se procedió a pesar, secar y medir la temperatura.

Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{Dw (Ws - Wa)}{(Ws - Wa) - (Wsw - Ww)} \dots\dots\dots(3)$$

Dónde:

Dr: Densidad Real

Dw: Densidad del agua a temperatura observada

Ws: Peso de picnómetro + suelo

Wa: Peso del picnómetro limpio y vacío

Wsw: Peso del picnómetro + suelo + agua

Ww: Peso picnómetro + agua

Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 15).



Figura 24. Peso del picnómetro con agua

6. Determinación de la densidad aparente (D_a) – Método del cilindro biselado

Es la masa de una unidad de volumen de suelo seco, al ambiente (ésta incluye tanto a los poros como a los sólidos). Se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Vc = \pi r^2 h \dots\dots\dots(4)$$

$$Da = \frac{W_{ss}}{V_c} \dots\dots\dots(5)$$

Dónde:

- Vc : volumen del cilindro
- r : radio del cilindro
- h : altura
- Wsh : peso del suelo húmedo
- Wss : peso del suelo seco (105 °C) x1H
- WT : peso de tara

Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 16).

7. Determinación de la Textura – Método de Stoke

Para determinar la textura del suelo de Mandinga se utilizó el Método de Stoke que hace referencia a los tamaños de partículas que forman el suelo. La textura del suelo es una de las características físicas y por tanto tiene relación con la conductividad hidráulica.

Materiales:

- Cronómetro
- Hidrómetro estándar (ASTM – 152H)
- Dispensor mecánico (mezclador)
- Agitador manual
- Probeta de 1000 mL
- Pipeta de 10 mL
- Agente dispersante (Hexametafosfato de sodio) - Alcohol amílico

Procedimiento:

- a. Se pesó 50gr de muestra tamizada en malla 2mm
- b. Se vertió el suelo en la agitadora agregando 20mL del agente dispersante y agregamos 500mL de agua. Se agitó por 10 min.
- c. Luego se vertió en la probeta de 1000mL.
- d. Se agitó 10 veces.
- e. Se colocó el cronómetro en marcha y se sumergió el hidrómetro
- f. Se tomó el tiempo y la temperatura a los 40 s y posteriormente en 30 min. y en 2 h.

Fórmulas:

$$\% \text{ arena} = 100 - \frac{\text{lectura a los 40 s}}{\text{peso de la muestra (g) a } 105^{\circ}\text{C}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\% \text{ arcilla} = 100 - \frac{\text{lectura a los 40 s}}{\text{peso de la muestra (g) a } 105^{\circ}\text{C}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\% \text{ limo} = 100 - (\% \text{ arcilla} + \% \text{ arena}) \quad \dots\dots\dots(8)$$

Nota : El % arena + % arcilla + % limo = 100%

Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 17).



Figura 25. Método de Stoke

8. Determinación de la Porosidad del Suelo

El espacio poroso de un suelo es la parte de este en su estado natural, está ocupado por aire y agua dependiendo de la disposición de las partículas sólidas. Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 17)

Cálculo de la Porosidad Total:

Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$PT = \left\{ 1 - \frac{Da}{Dr} \right\} * 100 \quad \dots\dots\dots(9)$$

Dónde:

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad Real

9. Determinación de la Capacidad de Campo (CC) – Método de Bodman y Mahmud

Para hallar la capacidad de retención de agua que tiene el suelo de Mandinga utilizamos el método de Bodman y Mahmud la cual nos permite determinar la Capacidad de Campo (CC) en base al peso seco con los datos granulométricos obtenidos:

$$CC \% ps = 0.023 (\% arena) + 0.25 (\% limo) + 0.61 (\% arcilla) \dots\dots\dots (10)$$

Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 18).

10. Determinación del Punto de Marchitez Permanente (PMP) – Método de Richards

El punto de Marchitez hace referencia a la estadía de la planta, la cual no llega a absorber agua del suelo, ya que este no recibe nuevos aportes hídricos.

Para hallar el PMP se utilizó el método de Richards el cual utiliza la siguiente fórmula:

$$PMP \%ps = 0.001(\%arena) + 0.12m (\% limo) + 0.57 (\%arcilla) \dots\dots\dots (11)$$

Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 19).

11. Determinación del Contenido Volumétrico de agua (θ)

Para hallar el Contenido volumétrico de agua utilizamos la siguiente fórmula:

$$\theta = \% HG * Da \dots\dots\dots (12)$$

Dónde:

%HG : Humedad Gravimétrica del suelo

Da : Densidad aparente

Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 20)

12. Conductividad hidráulica- Método Darcy

$$K = \frac{h \times \ln\left(\frac{A}{B}\right)}{t} \dots\dots\dots(13)$$

Dónde:

h: altura del suelo (mm)

A: nivel superior inicial

B: nivel inferior

t: tiempo en segundos

Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 11)

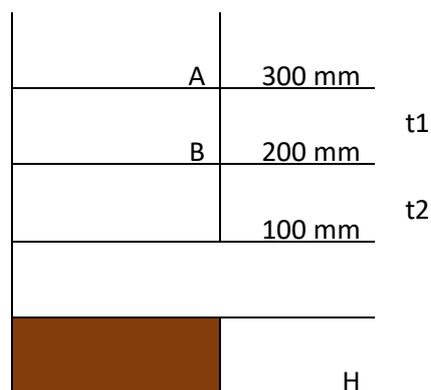


Figura 26. Conductividad hidráulica inicial



Figura 27. Conductividad hidráulica inicial

13. Análisis granulométrico del suelo - Método por tamizado (ASTMD 422)

$$\% \text{ retenido} = \frac{W_{RMS} * 100}{W_{MS}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

Dónde:

WRMS = Peso retenido de la muestra seca

WMS = Peso de la muestra seca (105 ° C)

+Retenido (% acumulado = % + %PR)

- Pasa % acumulado = 100 - (+ % Retenido)

Procedimiento:

1. Cuarteamos la muestra
2. Se procede a pesar 150 g de muestra
3. La muestra pesada fue llevada a la estufa a 105 ° C por 60 minutos
4. La muestra fue pesada nuevamente

5. Se seleccionó la malla “O” y las que continúan dependiendo del tipo de suelo
6. Se tamizó uno por uno los tipos de suelo
7. Se pesa cada tamizado y se procede a colocar los datos

Se obtuvieron los resultados Ver Tabla 21.



Figura 28. Tamizado de suelo en diferentes mallas

14. Determinación del contaminante Plomo (Pb) inicial:

Fue importante conocer el plomo inicial existente en el suelo agrícola mandinga, el cual se pudo preparar de manera inicial secando la muestra en malla 10 en una estufa a 105°C por 45min. Luego se pulverizó a malla 60% - 200 en un mortero. Seguidamente tomamos un peso en una balanza analítica el cual fue de 0.25 para verterlo en un vaso precipitado de 150 mL la que se humedeció en 5 mL de agua destilada, se colocó en la plancha de digestión donde se le agregaron los reactivos ácido nítrico y ácido clorhídrico y se tapó el vaso con una luna de reloj llevando la digestión a temperatura suave por 1h. Para luego aumentar la temperatura de la plancha hasta 300°C y llevar la muestra a pastoso, se agregó 5mL de ácido clorhídrico y se llevó a ebullición por 5min. Luego se sacó la muestra a enfriar. Cuando la

muestra estuvo fría se enrazó en una fiola de 25mL. Este proceso estuvo realizado con el método EPA 350, y cómo técnica se utilizó espectrofotometría de absorción atómica con el cual se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 22).

C. Diseño y Montaje del biorreactor para la producción del biosurfactante

Materiales:

- Dos tubos de agua de 6" de 3 m de longitud
- Seis de nipples largos de 1"
- Seis codos de 45° x ½" de PVC
- Seis llaves de paso de plástico
- Seis adaptadores
- Seis tapones de PVC para desagüe
- Seis tapones de PVC para agua
- Seis reducciones cónicas de PVC
- Un tubo de PVC de ½" SAP de 6 m de longitud
- Dos tinas cuadradas de 50 L
- 50 kg de tierra del lugar de estudio (Mandinga)
- Pegamento de agua
- Teflón

Herramientas:

- Taladro manual
- Tronzadora de disco
- Guincha
- Pala

Equipo:

- Equipo de protección personal

Procedimiento:

1. Se procedió a cortar los dos tubos para desagüe de PVC, cortándose seis (06) tubos de 75 cm cada uno.



Figura 29. Corte de tubo de PVC haciendo uso de la tronzadora

2. Se perforó los tapones de agua (color naranja) haciendo uso del taladro a fin de crear una especie de filtro, posterior a ello se introdujeron por un extremo del tubo asegurándolas con pegamento, se repitió el procedimiento en los seis tubos.



Figura 30. Perforación de las tapas de agua de PVC

3. Se coloca en un extremo de cada uno de los seis tubos de 75 cm, los tapones de desagüe (color gris) asegurándolos con pegamento, posteriormente se perforó una circunferencia de 4 cm de diámetro en la parte media de los tubos donde se colocarán tubos para desfogue y para emisión de gases.



Figura 31. Tapón gris de PVC



Figura 32. Perforación de la parte media de los tubos

4. Se armaron las tuberías de desfogue y tuberías de emisión de gases haciendo uso de los codos de 45° x ½”, los nipples de 1”, las llaves de paso y adaptadores, asimismo el tubo SAP de 6 m se dividió en doce (12) pedazos de 50 cm cada uno, teflón y pegamento.

5. Se realizaron tres orificios de 3 cm de diámetro en la parte frontal inferior de cada una de las tinas.

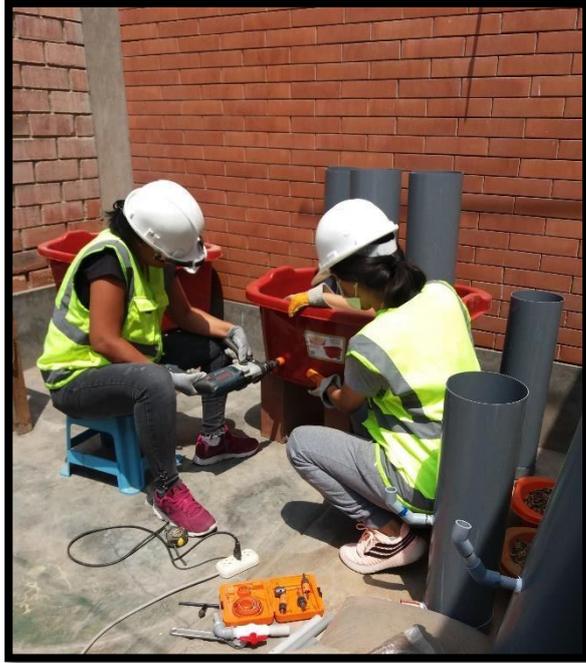


Figura 33. Perforación de la parte frontal inferior



Figura 34. Montaje de tuberías

6. Se perforaron los seis tubos de PVC en la parte inferior (en la tapa de PVC de agua), teniendo cada orificio 3 cm de diámetro, se adaptaron las tuberías de emisión de gases, ensamblándolas con ayuda del pegamento y teflón al orificio realizado anteriormente en la parte media del tubo de PVC. Se colocaron tres tubos en cada una de las tinas, asimismo se procedió a ensamblar la tubería de desfogue, al orificio de 3cm de diámetro hecho a la base, la misma que queda suspendida hacia la parte delantera externa de la tina.



Figura 35. Ensamblado de tuberías de emisión de gases

7. Luego se coloca a cada uno de los tubos las reducciones de PVC, finalmente las tinas son colocadas sobre ladrillos de construcción a fin de que sea más factible la obtención del producto.



Figura 36. Colocación de reducciones de PVC

D. Adecuación y caracterización de la materia prima para la producción del Biosurfactante

Equipos y Herramientas:

- Balanza
- Medidor multiparámetro
- Equipo de protección personal
- Wincha
- Balde de plástico

Materiales:

- Residuos vegetales
- Vasos de plástico de 5 oz
- Aceite de cocina usado
- Estiércol de cuy y conejo
- Agua residual
- Agua destilada

Procedimiento:

1. Se procedió a la recolección de residuos orgánicos vegetales y frutales, provenientes de los puestos de venta del mercado Unicachi, ubicado en la carretera Panamericana Norte (referencia primera de Pro), recolectándose un total de 25 Kg.



Figura 37. Residuos orgánicos recolectados

2. Posterior a ello los residuos orgánicos recolectados fueron segregados, de acuerdo con sus características.



Figura 38. Segregación de residuos orgánicos

3. Una vez que el material fue segregado, se procedió a determinar el peso de cada residuo que se requería, para cada biorreactor conforme a la siguiente fórmula:

$$m_h = \frac{m_r - m_0}{n} \dots\dots\dots(11)$$

Dónde:

m_h = peso húmedo del residuo

m_r = peso recolectado

m_0 = tara

n = número de conductos

Se obtuvieron los resultados Ver Tabla 24.



Figura 39. Obtención del peso de cada residuo

4. Posterior a ello se halló el volumen para cada tipo de vegetal o fruta aplicando la fórmula general:

$$V = \pi r^2 h \dots\dots\dots(102)$$

Se obtuvieron los datos de altura (h) y radio (r), efectuando la medición del diámetro del recipiente utilizado (balde de polietileno) y midiendo la altura alcanzada por cada residuo (Figura 40), los resultados obtenidos se plasmaron (Ver Tabla 25).

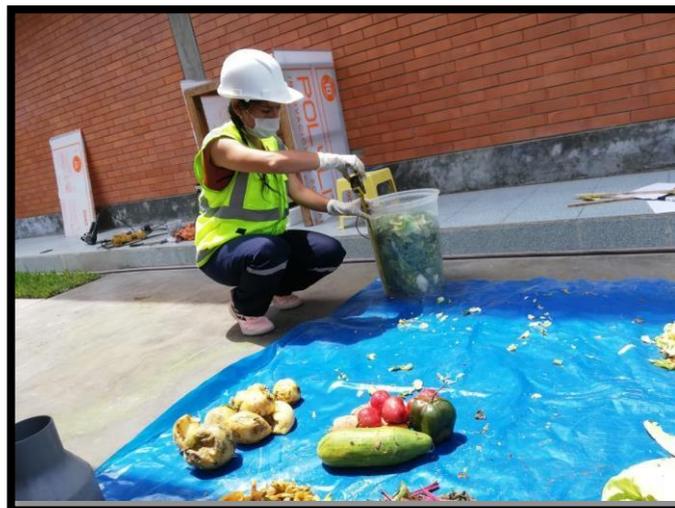


Figura 40. Obtención de volumen de cada residuo

5. Una vez hallado el volumen, se procedió a pesar muestras de entre 2 y 3 g de cada residuo y se efectuó con el secado al sol, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{P_s}{V_r} \dots\dots\dots(113)$$

Dónde:

V_r = Volumen recipiente

P_s = peso seco de la muestra

Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 26).



Figura 41. Pesado de muestras



Figura 42. Secado de muestras

6. Con los datos obtenidos se halló el porcentaje de humedad de cada residuo, conforme a la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{P_h - P_s}{P_h} \times 100 \quad \dots\dots\dots(124)$$

Dónde:

% H = porcentaje de humedad

Ph = peso húmedo

Ps = peso seco

Los resultados obtenidos (Ver Tabla 27)

7. Se trituró cada uno de los vegetales y frutas segregados, con ayuda de un cuchillo a fin de obtener muestras más pequeñas.



Figura 43. Trituración de residuos orgánicos

8. Se tomaron 100 g de muestra y 200 g de agua destilada y se mezclaron, con la finalidad de obtener los parámetros físico-químicos tales como: temperatura, pH, conductividad eléctrica (σ) y potencial redox (Eh) de los residuos orgánicos segregados y caracterizados. Se obtuvieron los resultados (Ver Tabla 28).



Figura 44. Medición de parámetros de los residuos orgánicos

9. Se procedió a medir parámetros iniciales tales como: la temperatura de los residuos orgánicos, la temperatura ambiente y la humedad relativa. (Ver Tabla 29)



Figura 45. Medición de parámetros iniciales

10. Una vez efectuadas las mediciones correspondientes, la caracterización de los residuos orgánicos (vegetales y frutas) estos fueron agregados a cada biorreactor conforme a los pesos homogéneos (Ver Tabla 24).



Figura 46. Vertido de residuos orgánicos a los conductos.

11. Se recolectó estiércol de conejo y cuy de un criadero de animales menor ubicado en la Urbanización La Alborada en el distrito de Comas, recolectándose 6 kg de éste. Se pesaron seis muestras de 0.910 g de estiércol de cuy y conejo, luego de ello las muestras pesadas fueron introducidas a cada biorreactor.



Figura 47. Pesaje de estiércol

12. Se ejecutó el seguimiento a los biorreactores diseñados, los cuales tuvieron un proceso de descomposición por un periodo de diecisiete días (desde el 28 de marzo del 2019 hasta el 17 de abril del 2019), manteniendo una temperatura de 27°C procediéndose a agregar agua destilada de forma periódica en intervalos de cinco (05) días, con el fin de una vez culminado el proceso obtener el biosurfactante.

E. Extracción y caracterización del biosurfactante:

Materiales:

- Frascos de plástico PET con contratapa y tapa rosca de 500 mL
- Balde de plástico de 20 L
- Equipo de seguridad personal para manipulación de muestras microbiológica

1. Una vez culminado el periodo de descomposición de los residuos orgánicos en los conductos de putrefacción, se extrajo a través de las tuberías de desfogue la parte líquida (biosurfactante).



Figura 48. Extracción del biosurfactante

2. Se recolectó el líquido en frascos de plástico color blanco PET con tapa rosca, haciendo uso de equipo de seguridad personal para manipulación de muestras microbiológicas.



Figura 49. Recolección del biosurfactante en frascos PET

3. Luego de recolectar un total de 20 L de muestra líquida se procedió a su homogenización



Figura 50. Homogenización del biosurfactante

F. Método Cualitativo de tinción gram para la identificación de microorganismos:

Materiales:

- Portaobjetos
- Asa
- Mechero Bunsen
- Bandeja para tinción
- Agua destilada
- Decolorante

Reactivos:

- Cristal violeta
- Yodo
- Safranina o fucsina



Figura 51. Reactivos para tinción gram

1. Se procedió a extraer y caracterizar 100 mL de biosurfactante y la muestra de suelo agrícola contaminado, siguiendo el siguiente procedimiento:



Figura 52. Muestras usadas para la tinción gram

2. Se procedió a colocar unas gotas de cada muestra en los portaobjetos, conforme se aprecia el Figura 53.

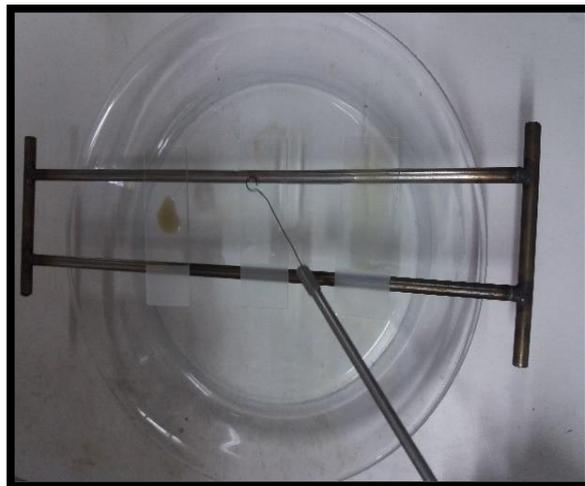


Figura 53. Colocación de la muestra en el portaobjetos

3. Posterior a ello se secó la muestra con cuidado, con el fin de evitar la alteración de la muestra.



Figura 54. Secado de la muestra

4. Se procedió a rociar el portaobjetos con el reactivo Cristal Violeta, luego de ello se enjuaga con agua destilada.

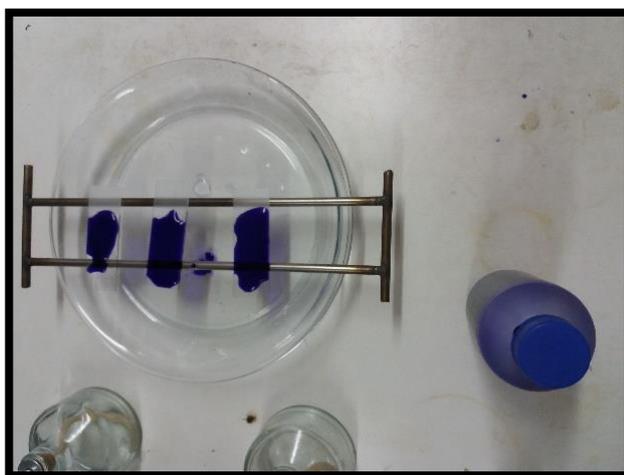


Figura 55. Muestra sometida al reactivo Cristal Violeta

5. Se roció la muestra con el siguiente reactivo yodo y nuevamente se enjuago con el agua destilada.

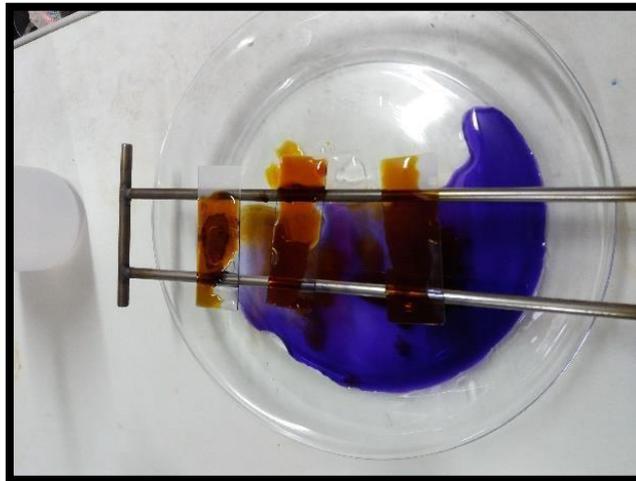


Figura 56. Muestra sometida al reactivo yodo

6. Para finalizar se roció la muestra con el reactivo Fucsina, procediendo a su enjuague con agua destilada, una vez que la muestra fue enjuagada, se procedió a su secado al calor.

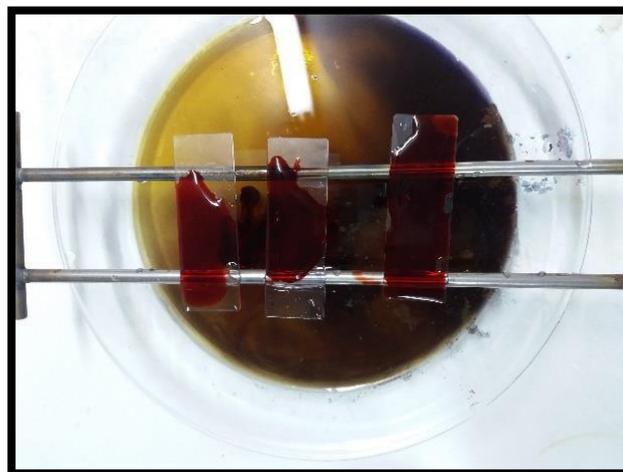


Figura 57. Muestra sometida al reactivo fucsina

7. Se colocó la muestra bajo el microscopio con la finalidad de identificar las bacterias GRAM (+) y GRAM (-) presentes en la muestra de suelo y la muestra de biosurfactante.

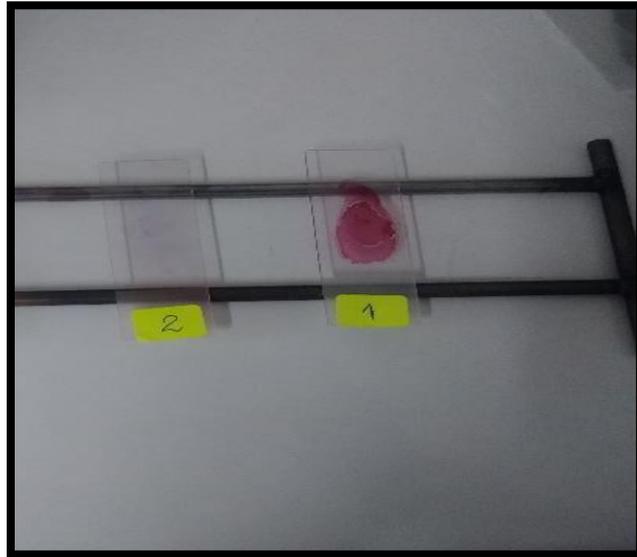


Figura 58. Muestras para analizar en el microscopio

G. Determinación microbiológica cuantitativa de la bacteria *pseudomona aeruginosa* - Método seriado por dilución

1. Técnica sembrado por rastrillado: Se determinó que la bacteria *pseudomona aeruginosa* es una gram negativa. Las diluciones seriadas fueron de 10^{-3} con un volumen de 100mL de muestra del biosurfactante. Se pudo encontrar lo siguiente:

a. La técnica utilizada fue de recuento de bacterias para la cuenta de colonias y cámara de Neubauer.

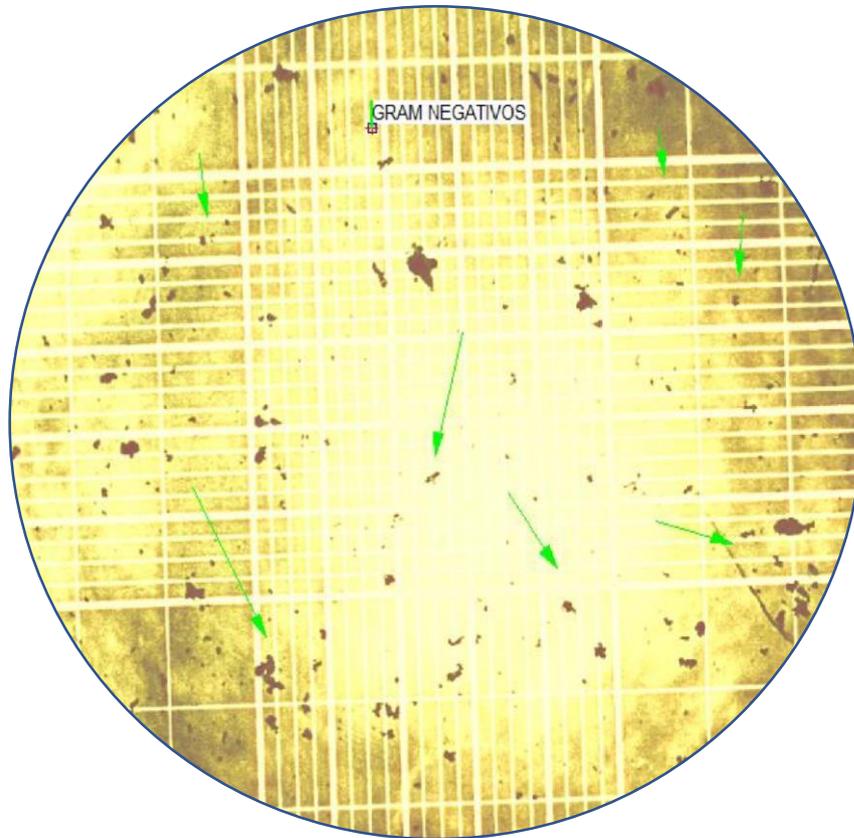


Figura 59. Identificación de la bacteria pseudomona aeruginosa

Cálculo de las unidades formadoras de colonias (UFC)

$$\frac{UFC}{mL} = \frac{N^{\circ} \text{ Colonias por placa} * \text{factor de dilución}}{mL \text{ de muestra sembrada}} \dots\dots\dots (135)$$

Los volúmenes de biosurfactante que se tomaron para determinar el número de colonias fueron de: 15, 75 y 150 mL, ver Tabla 30.

H. Preparación el medio de cultivo mediante agares diferenciales y siembra del microorganismo.

Para la preparación del medio de cultivo teniendo en cuenta los análisis microbiológicos previos se procederá utilizar agares diferenciales tales como AGAR TSI, AGAR SIM MEDIUM, AGAR STARCH, AGAR CETRIMIDE, AGAR SIMMONS CITRATO Y AGAR LYSINE IRON a los cuales se le añadió la muestra de suelo con el biosurfactante.

1. Se tomaron las 9 muestras de suelo del tratamiento en envases de plástico. Se pesaron cada una de ellas (Ver Tabla 31). Se procedió a agregar 100 mL de agua destilada y se agitó cada muestra por un tiempo de 30 minutos. Luego se dejó reposar.



Figura 60. Pesado de muestras de suelo con biosurfactante

2. Para la preparación de los agares se esterilizaron todos los materiales



Figura 61. Materiales esterilizados

3. Se colocaron seis Erlenmeyer en agitadores a los cuales se les agregó 150 mL de agua destilada y se añadió los agares en cada recipiente previamente pesado y luego se agitaron por 30 minutos.



Figura 62. Agregado de los agares



Figura 63. Agitación de las soluciones con agares

4. Las diluciones con cada Agar se llevaron a baño maría por un tiempo de 15 minutos para luego ser autoclavados por 10 minutos a una temperatura de 12°C.



Figura 64. Autoclavado de Agares



Figura 65. Baño maría de Agares

5. Se dejó enfriar cada Agar diferencial para posteriormente ser vertidos en placas petri y tubos de ensayo. Se dejaron reposar por un período de 30 minutos.



Figura 66. Rotulación de Placas Petri



Figura 67. Vaciado de agares en tubos



Figura 68. Agares diferenciales en tubos de ensayo

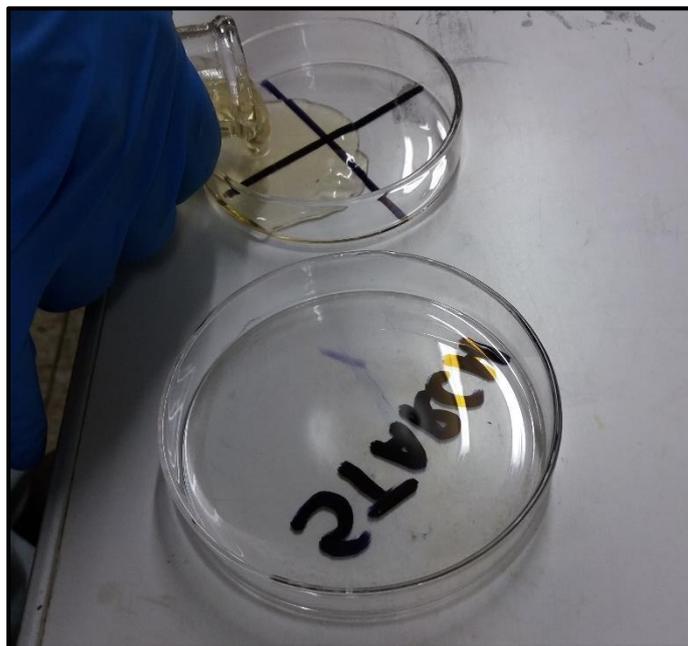


Figura 69. Vaciado de agares en placas petri



Figura 70. Agares en placas petri

Los resultados consignados de la evaluación de los agares diferenciales se encuentran las Tablas 32,33 y 34.

6. Finalmente, las muestras fueron sembradas en cada Agar diferencial por un período de 24 horas a una temperatura de 36 grados centígrados con una dilución de 10^{-1} a 10^{-4} .
Nota: El Agar Cetrimide es el Agar preferido por la bacteria *Pseudomona aeruginosa*.



Figura 71. Guardado de siembras

I. Dosificación del biosurfactante, aplicación, inicio y seguimiento del tratamiento remedial

1. Se homogenizó las treinta muestras de suelo contaminado recolectadas en la Hacienda Mandinga-Mandinga-Huarmey.



Figura 72. Muestras de suelo contaminado



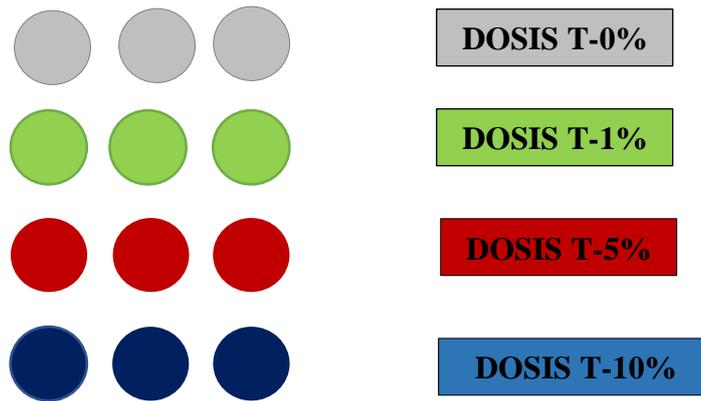
Figura 73. Homogenización del suelo contaminado

2. Se perforó la base de las tinas que contendrían el suelo contaminado a tratar con la ayuda de un taladro, con la finalidad de que percole cualquier liquido producto del tratamiento.



Figura 74. Perforación de tinas

3. Se pesaron 12 porciones de suelo contaminado de 1500 g cada una y se vertieron en las tinajas diferenciadas por colores, los cuales representan las dosis del tratamiento: el color plomo representa la dosis del 0% (T-0%), el color verde la dosis del 1% (T-1%), el color rojo la dosis del 5% (T- 5%) y el color azul la dosis del 10% (T-10%). Cada dosis del tratamiento contó con 3 repeticiones. (Conforme el Figura 75)



Fuente: Propia

Figura 75. Diferenciación de dosis del tratamiento remedial



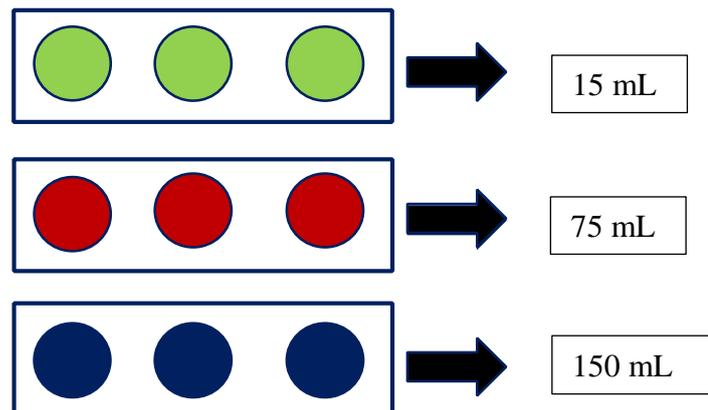
Figura 76. Pesaje de las porciones de suelo contaminado

4. Se realizaron pruebas en blanco en agua en un volumen de 20/20 mL para las dosis de 1%, 5% y 10% de biosurfactante comprobándose su acción reductora frente al Plomo (Pb) (Ver Anexo 1), teniendo en cuenta la dosificación se procedió con el enraizamiento del biosurfactante con agua destilada hasta completar 500 mL en dosis equivalentes del 1% (15 mL), 5% (75 mL) y 10% (150 mL) respectivamente con respecto al peso del suelo.



Figura 77. Preparación de las dosis del biosurfactante

5. Se aplicó el biosurfactante conforme a las dosis enraizadas tal como se detalla en el Figura 78. El tratamiento fue por un periodo total de 45 días.



Fuente: Propia

Figura 78. Dosis de biosurfactante expresada en mililitros

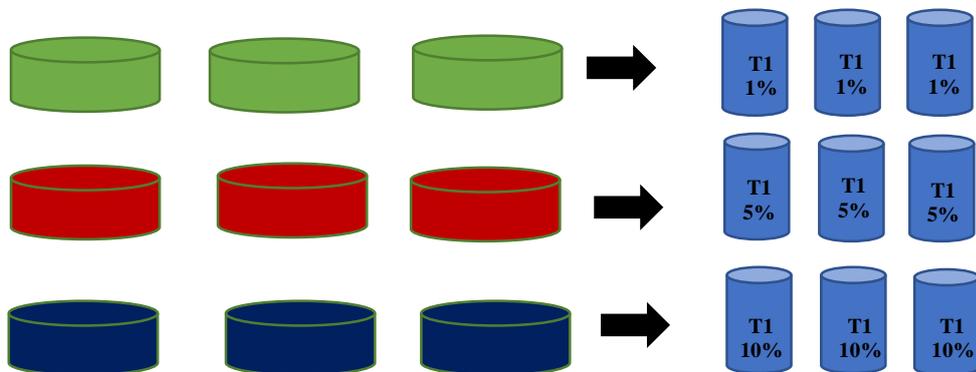


Figura 79. Aplicación del biosurfactante

6. Se realizó el seguimiento respectivo del tratamiento remedial, aplicando periódicamente con un dosificador 10 mL de agua destilada a fin de mantener la humedad del medio.

J. Mediciones de parámetros fisicoquímicos post tratamiento

1. Se procedió a tomar 100 g de muestra de suelo contaminado de cada una de las tinas conforme a las dosis del tratamiento aplicado, en botellas de plástico añadiendo 200 mL de agua destilada. (Ver Figura 80)



Fuente: Propia

Figura 80. Extracción de muestras post tratamiento

2. Una vez recolectadas las muestras, se agitaron por un periodo de 30 minutos a fin de homogenizarlas.



Figura 81. Homogenización de muestras

3. Las muestras fueron filtradas conforme la Figura 82.



Figura 82. Filtrado de muestras

4. El producto del filtrado se recolectó en vasos de plástico rotulados de acuerdo con las dosis en porcentaje, posteriormente se tomaron parámetros físico- químicos finales del suelo post tratamiento, para los resultados ver Tablas 35,36,37,38,39,40 y 41.



Figura 83. Muestras post tratamiento para análisis de parámetros fisicoquímicos finales

III. RESULTADOS

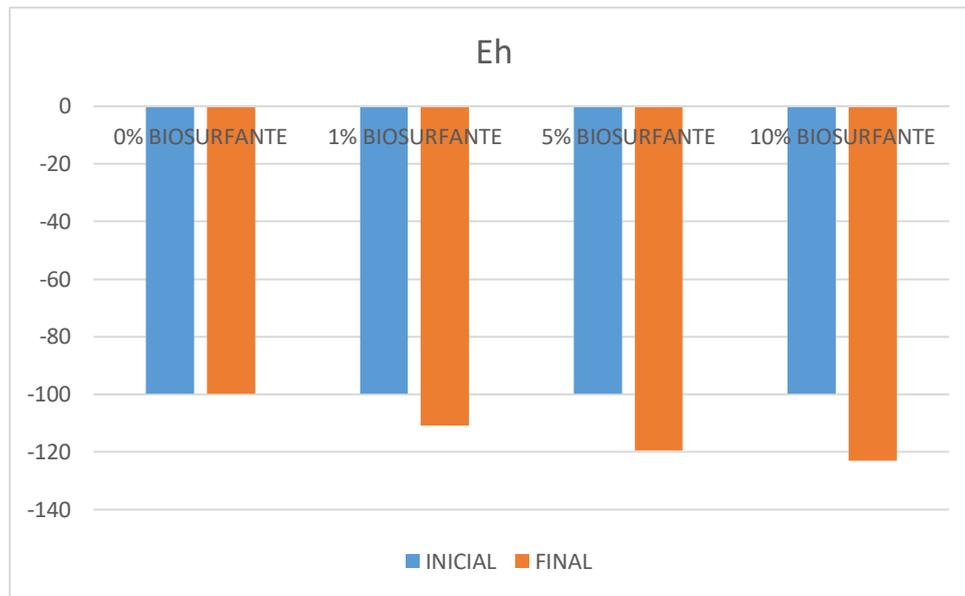
Tabla 11. Parámetro conductividad hidráulica in situ

Código	Conductividad Hidráulica superficie (300 mm)	Conductividad Hidráulica superficie (200 mm)	Conductividad Hidráulica
SHM- inicial	0.134 mm/s	0.132 mm/s	0.013 cm/s

Tabla 12. Resultados iniciales y finales del Potencial Redox (Eh)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	-99.7	-99.7
	R2	-99.7	-99.7
	R3	-99.7	-99.7
	PROMEDIO	-99.7	-99.7
1% BIOSURFACTANTE	R1	-99.7	-124.9
	R2	-99.7	-81.5
	R3	-99.7	-126
	PROMEDIO	-99.7	-110.80
5% BIOSURFACTANTE	R1	-99.7	-126.12
	R2	-99.7	-105
	R3	-99.7	-127.4
	PROMEDIO	-99.7	-119.51
10% BIOSURFACTANTE	R1	-99.7	-116.2
	R2	-99.7	-122
	R3	-99.7	-130.6
	PROMEDIO	-99.7	-122.93

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 84. Potencial Redox (Eh)

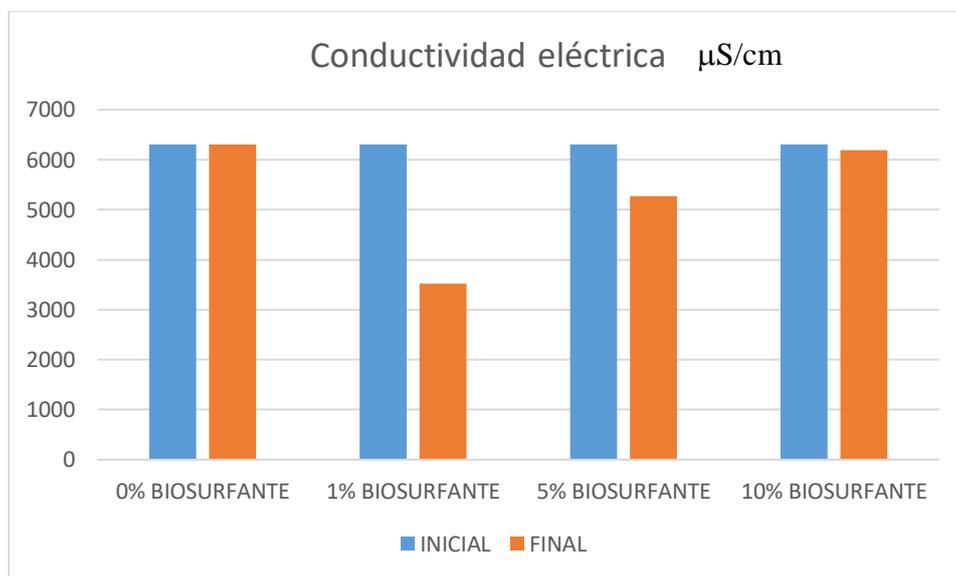
Interpretación: En la **Tabla 12** y la **Figura 84**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adicionó biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%, 5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que Eh inicial fue de -99,77, con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que el Eh fue de -110,80 el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presentó un Eh de -119,51 con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un Eh de -122,93.

Tabla 13. Resultados iniciales y finales de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	6310	6310
	R2	6310	6310
	R3	6310	6310
	PROMEDIO	6310	6310
1% BIOSURFACTANTE	R1	6310	3180
	R2	6310	4280
	R3	6310	3120

	PROMEDIO	6310	3526.67
5% BIOSURFACTANTE	R1	6310	6001
	R2	6310	4286
	R3	6310	5540
	PROMEDIO	6310	5275.67
10% BIOSURFACTANTE	R1	6310	5860
	R2	6310	6470
	R3	6310	6230
	PROMEDIO	6310	6186.67

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 85. Conductividad eléctrica

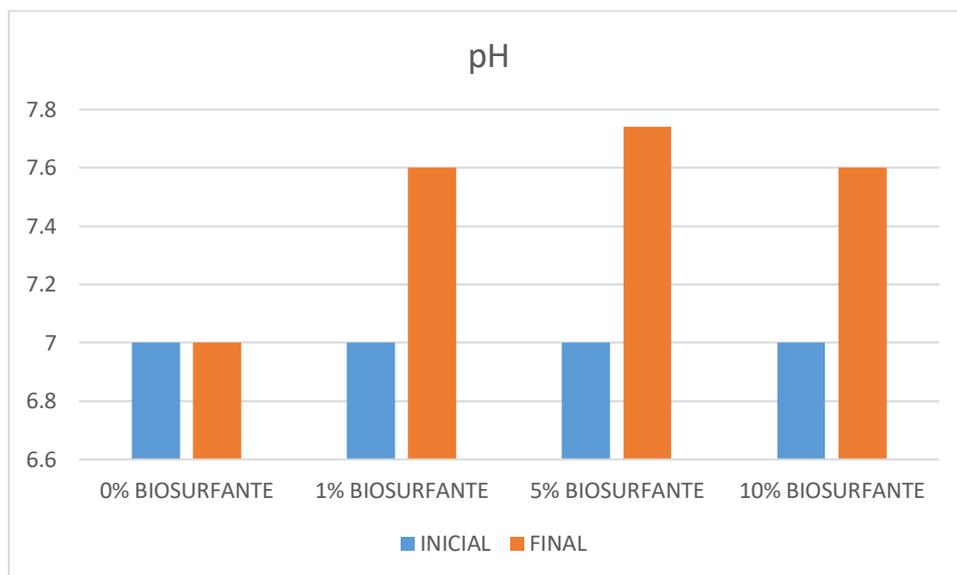
Interpretación: En la **Tabla 13** y la **Figura 85**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adicionó biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%, 5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que la conductividad eléctrica inicial fue de 63,10 μS/cm, con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que la conductividad eléctrica fue de 3526,67 μS/cm el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento una conductividad eléctrica de

5275,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo una conductividad eléctrica de 6186,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabla 14. Resultados iniciales y finales pH

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	7	7
	R2	7	7
	R3	7	7
	PROMEDIO	7	7
1% BIOSURFACTANTE	R1	7	7.87
	R2	7	7.68
	R3	7	7.26
	PROMEDIO	7	7.60
5% BIOSURFACTANTE	R1	7	7.88
	R2	7	7.714
	R3	7	7.62
	PROMEDIO	7	7.74
10% BIOSURFACTANTE	R1	7	7.5
	R2	7	7.56
	R3	7	7.75
	PROMEDIO	7	7.60

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 86. pH

Interpretación: En el **Tabla 14** y la **Figura 86**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adiciono biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que pH inicial fue de 7, con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que el pH fue de 7,60 el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento un pH de 7,74, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un pH de 7,60.

Tabla 15. Parámetro-Densidad Real y Densidad Relativa

<i>Código</i>	<i>Densidad Real DR</i>	<i>Densidad relativa Dr</i>
SHM-inicial	2.736 g/cm ³	1.31 g/cm ³

Tabla 16. Parámetro-Densidad Aparente

Código	WSH (g)	WT (g)	WSS (g)	VC (cm³)	Da (g/cm³)
SHM- inicial	881	458	365	278.21	1.31

Tabla 17. Parámetro- Textura y Porosidad

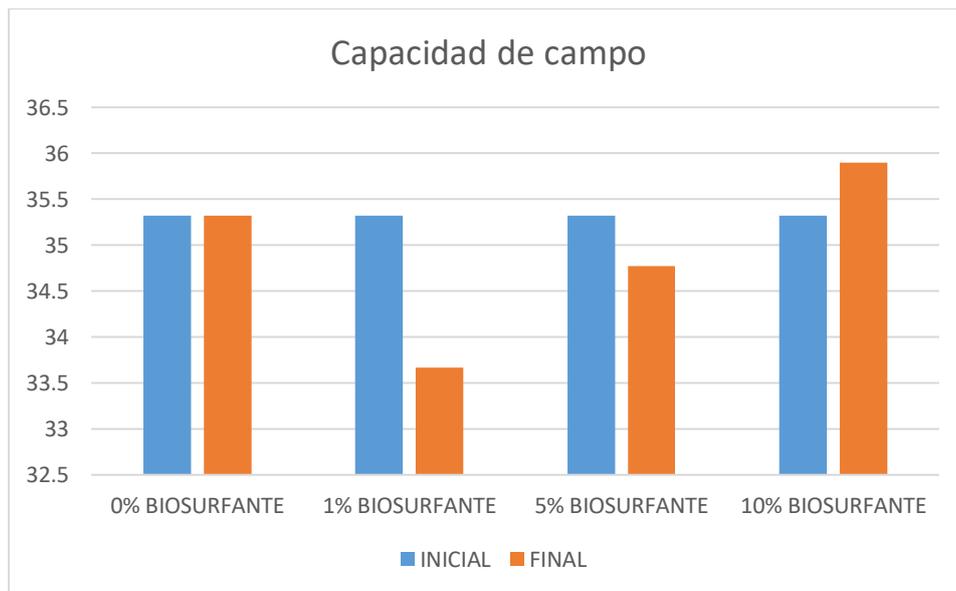
<i>Código</i>	<i>% Arena</i>	<i>% Limo</i>	<i>% Arcilla</i>	<i>% Porosidad Total</i>
SHM-inicial	42	27	31	31

Tabla 18. Resultados iniciales y finales de Capacidad de Campo (%)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	35.32	35.32
	R2	35.32	35.32
	R3	35.32	35.32

	PROMEDIO	35.320	35.32
1% BIOSURFACTANTE	R1	35.32	20.81
	R2	35.32	40.52
	R3	35.32	39.67
	PROMEDIO	35.32	33.67
5% BIOSURFACTANTE	R1	35.32	19.95
	R2	35.32	40.01
	R3	35.32	44.36
	PROMEDIO	35.32	34.77
10% BIOSURFACTANTE	R1	35.32	21.99
	R2	35.32	39.45
	R3	35.32	46.27
	PROMEDIO	35.32	35.90

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 87. Capacidad de campo

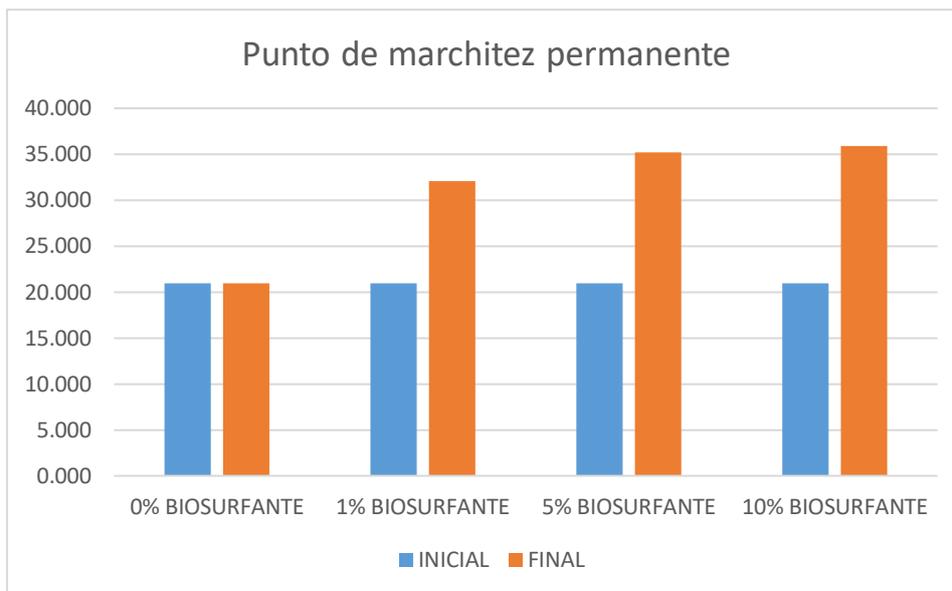
Interpretación: En el **Tabla 18** y la **Figura 87** , se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adicionó biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que la capacidad de campo inicial fue de 35,32 % , con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se

determinó que la capacidad de campo fue de 33,67 % el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento una capacidad de campo de 34,77 %, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo una capacidad de campo de 35,90 %.

Tabla 19. Resultados iniciales y finales de Punto de Marchitez Permanente (%)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	20.952	20.952
	R2	20.952	20.952
	R3	20.952	20.952
	PROMEDIO	20.952	20.952
1% BIOSURFACTANTE	R1	20.952	39.87
	R2	20.952	30.1
	R3	20.952	26.25
	PROMEDIO	20.952	32.07
5% BIOSURFACTANTE	R1	20.952	44.96
	R2	20.952	29.98
	R3	20.952	30.75
	PROMEDIO	20.952	35.23
10% BIOSURFACTANTE	R1	20.952	46.97
	R2	20.952	25.65
	R3	20.952	35.17
	PROMEDIO	20.952	35.93

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 88. Punto de marchitez permanente

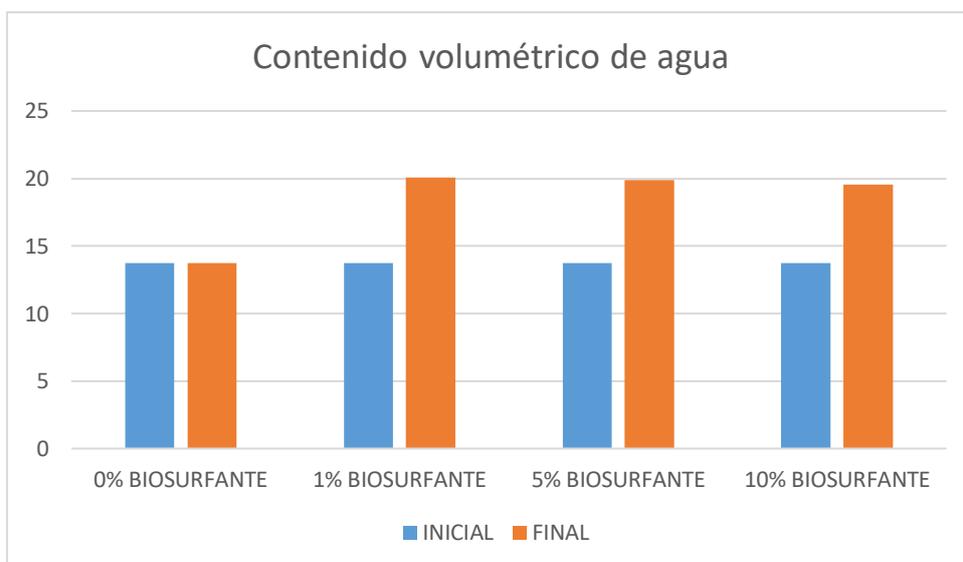
Interpretación: En el **Tabla 19** y la **Figura 88**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adiciono biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que el punto de marchitez inicial fue de 20,95 %, con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que punto de marchitez fue de 32,07 % el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento un punto de marchitez de 35,23 %, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un punto de marchitez de 35,93 %.

Tabla 20. Resultados iniciales y finales del Contenido volumétrico de agua

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	13.75	13.75
	R2	13.75	13.75
	R3	13.75	13.75

	PROMEDIO	13.750	13.75
1% BIOSURFACTANTE	R1	13.75	24.23
	R2	13.75	15.85
	R3	13.75	20.21
	PROMEDIO	13.75	20.097
5% BIOSURFACTANTE	R1	13.75	24.75
	R2	13.75	15.48
	R3	13.75	19.45
	PROMEDIO	13.75	19.89
10% BIOSURFACTANTE	R1	13.75	22.43
	R2	13.75	14.56
	R3	13.75	21.65
	PROMEDIO	13.75	19.54

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 89. Contenido volumétrico de agua

Interpretación: En el **Tabla 20** y la **Figura 89**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adiciono biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los

cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que el contenido de agua inicial fue de 13,75 % , con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que el contenido de agua fue de 20,097 el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento una contenido de agua de 19,89, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un contenido de agua de 19,54.

Tabla 21. Granulometría del suelo de Mandinga (%)

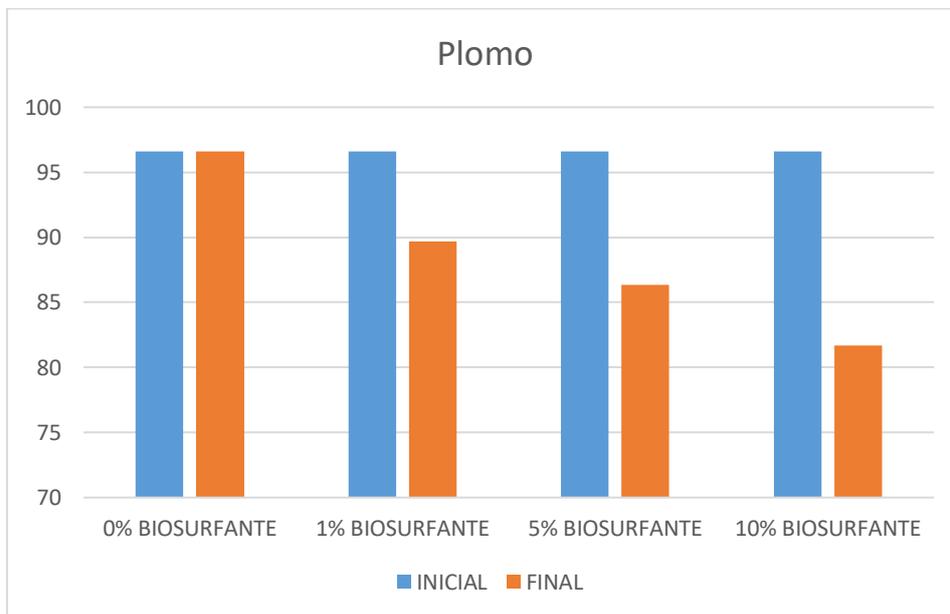
N° Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	%	% Acumulado	
				+ Retenido	- Pasa
-		0	0	0	100
10	2.00	2.979	1.62786	1.62786	98.37214
18	1.00	9.767	5.33715	6.96501	93.03499
30	0.600	4.544	2.48579	9.4508	90.5492
40	0.425	5.507	3.00710	12.4579	87.5421
80	0.180	25.620	14	26.4579	73.5421
100	0.150	10.034	5.48306	31.94096	68.05904
-100	-0.150	124.549	68.05956	100.00	00

Tabla 22. Resultados de Plomo pre y post tratamiento (mg/kg)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	96.6	96.6
	R2	96.6	96.6
	R3	96.6	96.6
	PROMEDIO	96.6	96.6
1% BIOSURFACTANTE	R1	96.6	92
	R2	96.6	90
	R3	96.6	87
	PROMEDIO	96.6	89.67
	R1	96.6	90

5% BIOSURFACTANTE	R2	96.6	88
	R3	96.6	81
	PROMEDIO	96.6	86.33
10% BIOSURFACTANTE	R1	96.6	88
	R2	96.6	81
	R3	96.6	76
	PROMEDIO	96.6	81.67

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 90. Plomo

Interpretación: En el **Tabla 22** y la **Figura 90**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adicionó biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%, 5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que el plomo inicial fue de 96,6 mg/Kg , con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que el plomo fue de 89,67 mg/Kg el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento un plomo de 86,33 mg/Kg con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un plomo de 81,67 mg/Kg.

Tabla 23. Dimensiones del recipiente utilizado para las mediciones

Peso (tara)	592 g
Altura	28 cm
Diámetro	28 cm

Tabla 24. Resultados de peso requerido de residuos orgánicos

Tipo de residuo	m_r	m_o	m_h
Cáscaras de frutas y verduras diversas	2994 g	592 g	400 g
Lechuga	4136 g	592 g	590 g
Maracuyá	2008 g	592 g	236 g
Ají amarillo	1263 g	592 g	111 g
Zapallo	1330 g	592 g	123 g
Apio	1068 g	592 g	79 g
Col	1275 g	592 g	113 g
Tubérculos (papa y camote)	2028 g	592 g	239 g
Cilantro	963 g	592 g	61 g
Espinaca	1112 g	592 g	86 g
Beterraga	983 g	592 g	65 g
Picado	2965 g	592 g	395 g
Otros tubérculos enteros	2276 g	592 g	280 g



Figura 91. Residuos orgánicos

Interpretación: Se observa que el residuo orgánico de mayor peso homogéneo para cada biorreactor fue la lechuga con 590 g y el de menor peso fue la espinaca con 61 g.

Tabla 25. Volumen de cada residuo orgánico

Tipo de residuo	R (cm)	H (cm)	V (cm ³)
Cáscaras de frutas y verduras diversas	14	16	9852.06
Lechuga	14	28	17241.10
Maracuyá	14	10	6157.54
Ají amarillo	14	5	3078.77
Zapallo	14	5	3078.77
Apio	14	8	4926.03
Col	14	10	6157.54
Tubérculos (papa y camote)	14	7	4310.28
Cilantro	14	10	6157.54
Espinaca	14	7	4310.28
Beterraga	14	6	3894.52
Picado	14	13	8004.80
Otros tubérculos enteros	14	10	6157.54

Tabla 26. Densidad de cada residuo orgánico

Tipo de residuo	Peso seco	V (cm³)	D (g/cm³)
Cáscaras de frutas y verduras diversas	1.7	9852.06	0.000172
Lechuga	1.7	17241.10	0.000098
Maracuyá	1.7	6157.54	0.000276
Ají amarillo	1.7	3078.77	0.000552
Zapallo	1.7	3078.77	0.000552
Apio	1.7	4926.03	0.000345
Col	1.6	6157.54	0.000259
Tubérculos (papa y camote)	1.7	4310.28	0.000394
Cilantro	1.7	6157.54	0.000276
Espinaca	1.7	4310.28	0.000394
Beterraga	1.7	3894.52	0.000436
Picado	1.7	8004.80	0.000212
Otros tubérculos enteros	1.7	6157.54	0.000276

Tabla 27. Porcentaje de Humedad de cada residuo orgánico

Tipo de residuo	Peso húmedo (Ph)	Peso seco	% H
Cáscaras de frutas verduras diversas	400 g	1.7	99.58
Lechuga	590 g	1.7	99.71
Maracuyá	236 g	1.7	99.28
Ají amarillo	111 g	1.7	98.47
Zapallo	123 g	1.7	98.62
Apio	79 g	1.7	97.85
Col	113 g	1.6	98.50
Tubérculos (papa, camote)	239 g	1.7	99.33

Cilantro	61 g	1.7	97.21
Espinaca	86 g	1.7	98.02
Beterraga	65 g	1.7	97.38
Picado	395 g	1.7	99.57
Otros tubérculos enteros	280 g	1.7	99.39

Tabla 28. Resultados de medición de parámetros de los residuos orgánicos

Temperatura (°C)	pH	Conductividad Eléctrica	Eh
27.4	5	3.04 mS	128

Tabla 29. Resultados de medición de parámetros

Temperatura inicial de los residuos orgánicos	25.6 °C
Temperatura Ambiental	28.3 °C
Humedad relativa	51%

Tabla 30. Número de colonias, UFC con respecto al volumen de biosurfactante

Código	Peso de suelo (g)	Volumen del biosurfactante (mL)	N° de Colonias	UFC / 15mL
SMH – 1%	1500	15	4.34	5190
SMH – 5%	1500	75	21.68	7958
SMH – 10%	1500	150	43.35	15224

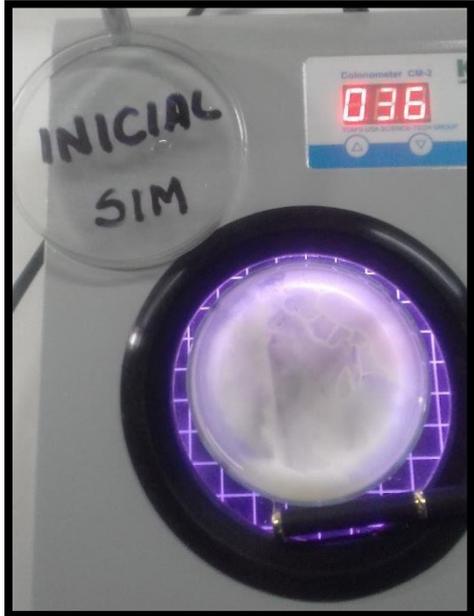
Tabla 31. Peso de muestras de suelo con el biosurfactante para análisis de agares diferenciales

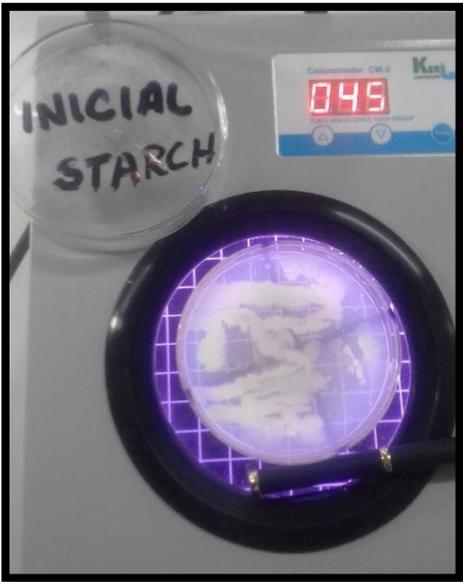
N°	Peso tara (g)	Peso de suelo (g)
1	14	115.864
2	13	101.384
3	12	100.574
4	8	103.056
5	13	101.347
6	12	110.563
7	13	100.296
8	14	103.296
9	13	112.255

Tabla 32. N° de Colonias sembrada por placas

Código – N° de Colonias	N° de colonias en 100mL (Carga mayor + carga media + carga menor) * factor
CA – carga mayor	8
CM – carga media	5
CB – carga baja	3
Promedio	$(8+5+3) / 3 = 5.3 * 65 = 346.6$ colonias por placa

Tabla 33. Evaluación de Agares Diferenciales de la Muestra de suelo inicial

Agar	Muestra	UFC	N° de colonias	Obs.
	Suelo inicial	0	0	<p>AGAR CETRAMIDE</p> <p>Después de las 24 horas de realizada la siembra con el método seriado, se pudo ver la serie 10^{-1}, la que da como resultado 10^0. El Agar Cetramide es uno de los medios de cultivo selectivos para la pseudomona aeruginosa. Se pudo observar claramente la no presencia de esta bacteria el suelo contaminado.</p>
	Suelo inicial	234,000	36	<p>En el Agar SIM MEDIUM se pudo observar la presencia de bacterias Enterobacteriaceae, especialmente Salmonella y Shigella. Este agar también es selectivo diferencial para la confirmación presuntiva a partir de cultivos de la muestra de suelo, su exceso</p>

				<p>produce sulfuro de hidrógeno, formación de indol, después se manifiesta con el ennegrecido de la misma, tiene alto contenido de peptona lo caracteriza su color beige.</p>
	<p>Suelo inicial</p>	<p>292,500</p>	<p>45</p>	<p>El STARCH AGAR se utiliza para determinar la presencia de microorganismos hidrolizantes, de almidón donde se encuentra el Bacillus cereus, se pudo observar que la zona casi incolora que rodea las colonias significa que están hidrolizadas en el suelo de Mandinga-Huarmey.</p>

	Suelo inicial	269,285	28	El Agar LYSINE IRON es un medio de cultivo donde se observó gram negativos entérico perteneciendo a los miembros del género Salmonella. Estas aportan aminoácidos y nutrientes esenciales como fuente de energía.
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------	---------	----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 34. Análisis de Agares Diferenciales de la Muestra de suelo con biosurfactante

Agar	Dosis de biosurfactante	N° de colonias	UFC	Obs.
	Suelo con biosurfactante (1%)	En 1500 g de suelo se aplicaron 4.34 colonias.	Al calcular las UFC se halló que 5190 fueron sembradas.	El agar Cetrimide es uno de los medios de cultivo selectivos para aislamiento e identificación de p. aeruginosa. Se pudo observar claramente la

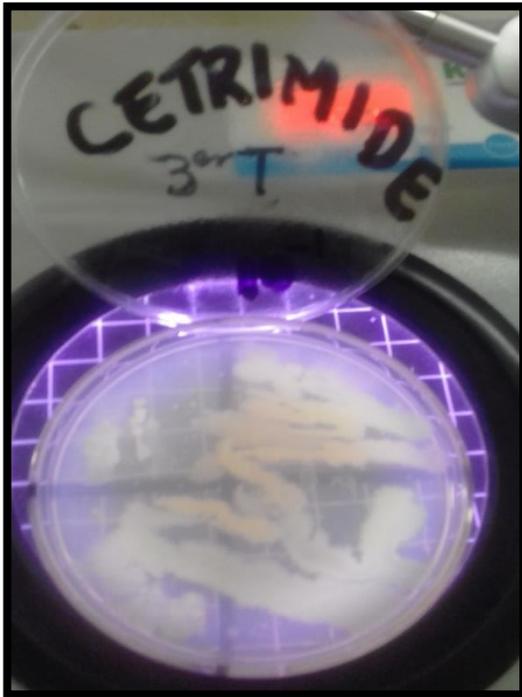
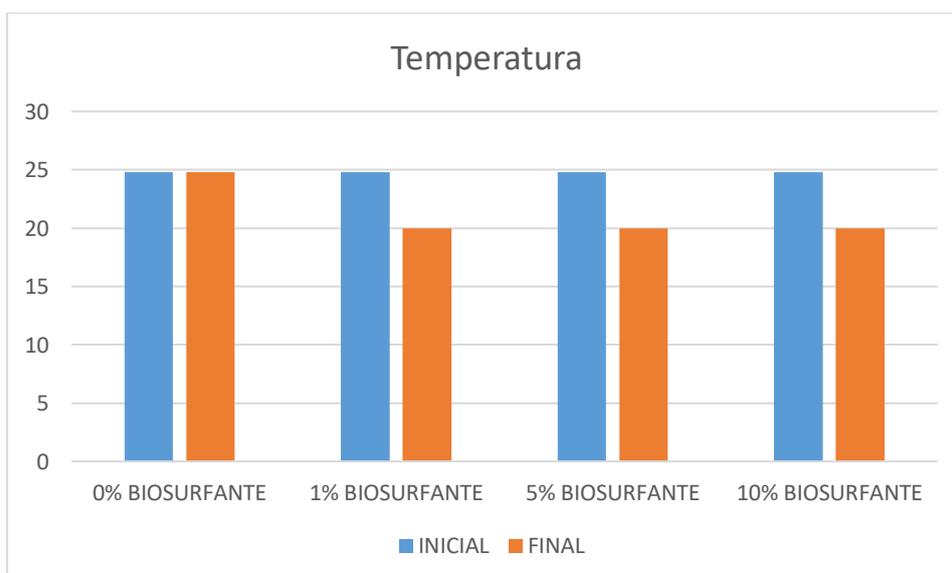
				presencia de esta bacteria.
	Suelo con biosurfactante (5%)	En 1500 g de suelo se aplicaron 21.68 colonias.	Al calcular las UFC se halló que 7958 fueron sembradas.	Se observó mayor presencia de la p. aeruginosa con respecto a la primera dosis del tratamiento.
	Suelo con biosurfactante (10%)	En 1500 g de suelo se aplicaron 43.35 colonias.	Al calcular las UFC se halló que 15224 fueron sembradas.	Se observó mayor presencia de la p. aeruginosa con respecto a la segunda dosis del tratamiento.

Tabla 35. Resultados parámetro- Temperatura (°C)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	24.8	24.8
	R2	24.8	24.8
	R3	24.8	24.8
	PROMEDIO	24.8	24.8
1% BIOSURFACTANTE	R1	24.8	20
	R2	24.8	20
	R3	24.8	20
	PROMEDIO	24.80	20.00
5% BIOSURFACTANTE	R1	24.8	20
	R2	24.8	20
	R3	24.8	20
	PROMEDIO	24.8	20.00
10% BIOSURFACTANTE	R1	24.8	20
	R2	24.8	20
	R3	24.8	20
	PROMEDIO	24.8	20.00

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

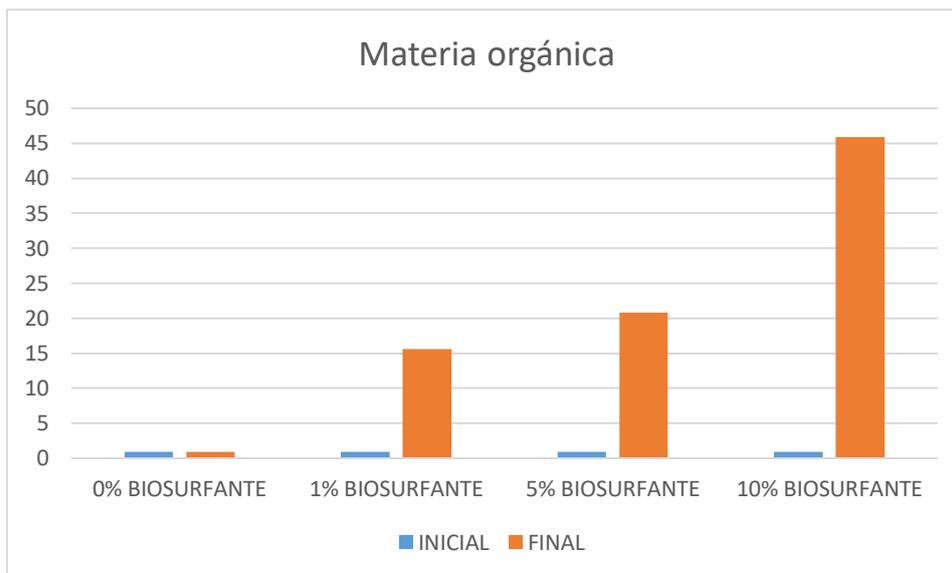
Figura 92. Temperatura

Interpretación: En el **Tabla 35** y la **Figura 92**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adicionó biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que la temperatura inicial fue de 24,8 °C, con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que la temperatura fue de 20 °C el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento una temperatura de 20 °C con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo una temperatura de 20 °C.

Tabla 36. Resultados Materia Orgánica (%)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	0.9	0.9
	R2	0.9	0.9
	R3	0.9	0.9
	PROMEDIO	0.9	0.9
1% BIOSURFACTANTE	R1	0.9	17.89
	R2	0.9	12
	R3	0.9	17
	PROMEDIO	0.9	15.63
5% BIOSURFACTANTE	R1	0.9	25.23
	R2	0.9	12.2
	R3	0.9	25
	PROMEDIO	0.9	20.81
10% BIOSURFACTANTE	R1	0.9	47.65
	R2	0.9	43
	R3	0.9	47
	PROMEDIO	0.9	45.88

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 93. Materia orgánica

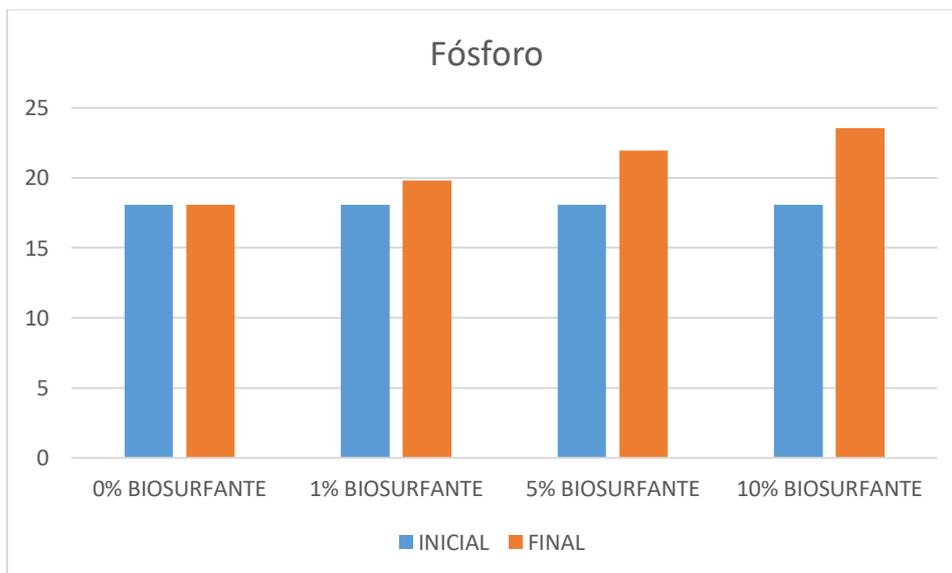
Interpretación: En el **Tabla 36** y el **Figura 93**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adiciono biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que la materia orgánica inicial fue de 0,9 %, con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que la materia orgánica fue de 15,63% el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento una materia orgánica de 20,81%, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo una materia orgánica de 45,88%.

Tabla 37. Resultados iniciales y finales de Fósforo (P) (ppm)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	18.08	18.08
	R2	18.08	18.08
	R3	18.08	18.08
	PROMEDIO	18.08	18.08
	R1	18.08	19.70

1% BIOSURFACTANTE	R2	18.08	20.01
	R3	18.08	19.70
	PROMEDIO	18.08	19.80
5% BIOSURFACTANTE	R1	18.08	22.8
	R2	18.08	20.23
	R3	18.08	22.8
	PROMEDIO	18.08	21.94
10% BIOSURFACTANTE	R1	18.08	24.91
	R2	18.08	20.89
	R3	18.08	24.91
	PROMEDIO	18.08	23.57

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 94. Fósforo

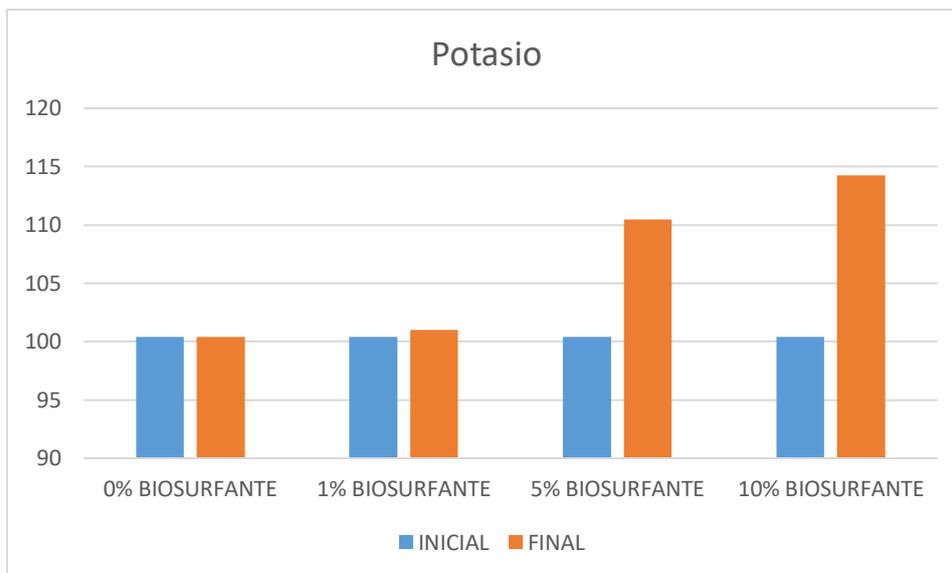
Interpretación: En el **Tabla 37** y la **Figura 94**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adicionó biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que el fósforo inicial fue de 18,08 ppm, con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó

que el fósforo fue de 19,80 ppm el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento un fósforo de 21,94 ppm, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un fósforo de 23,57 ppm.

Tabla 38. Resultados iniciales y finales de Potasio (K) (ppm)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	100.4	100.4
	R2	100.4	100.4
	R3	100.4	100.4
	PROMEDIO	100.400	100.400
1% BIOSURFACTANTE	R1	100.4	101.38
	R2	100.4	100.23
	R3	100.4	101.38
	PROMEDIO	100.400	101.00
5% BIOSURFACTANTE	R1	100.4	115.59
	R2	100.4	100.32
	R3	100.4	115.59
	PROMEDIO	100.4	110.50
10% BIOSURFACTANTE	R1	100.4	121.15
	R2	100.4	100.45
	R3	100.4	121.15
	PROMEDIO	100.4	114.25

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 95. Potasio

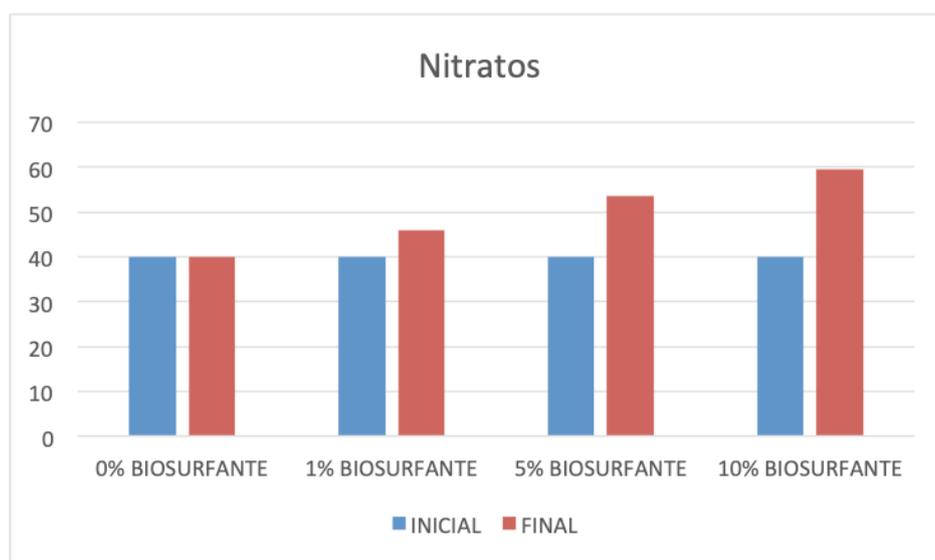
En el **Tabla 38** y la **Figura 95.**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adicionó biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que el potasio inicial fue de 100,4 ppm con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que el potasio fue de 101 ppm el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presentó un potasio de 110,50 ppm, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, éste tuvo un potasio de 114,25 ppm.

Tabla 39. Resultados iniciales y finales de Nitratos

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	40	40
	R2	40	40
	R3	40	40
	PROMEDIO	40	40
1% BIOSURFACTANTE	R1	40	49
	R2	40	41

	R3	40	48
	PROMEDIO	40	46
5% BIOSURFACTANTE	R1	40	60
	R2	40	41.56
	R3	40	59
	PROMEDIO	40	53.52
10% BIOSURFACTANTE	R1	40	69
	R2	40	41.84
	R3	40	68
	PROMEDIO	40	59.61

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

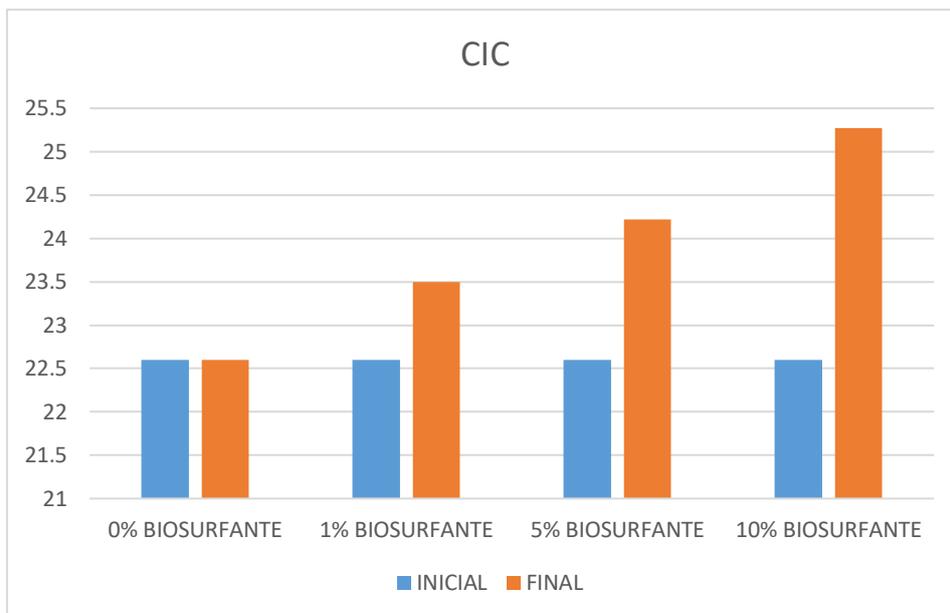
Figura 96. Nitratos

En el **Tabla 39** y la **Figura 96**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adiciono biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que el nitrato inicial fue de 40 , con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que el nitrato fue de 46 el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento un nitrato de 53,52 con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un nitrato de 59,61.

Tabla 40. Resultados iniciales y finales de CIC

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN BIOSURFACTANTE	CON BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	22.6	22.6
	R2	22.6	22.6
	R3	22.6	22.6
	PROMEDIO	22.6	22.6
1% BIOSURFACTANTE	R1	22.6	23.96
	R2	22.6	23.19
	R3	22.6	23.36
	PROMEDIO	22.6	23.50
5% BIOSURFACTANTE	R1	22.6	24.87
	R2	22.6	23.65
	R3	22.6	24.15
	PROMEDIO	22.6	24.22
10% BIOSURFACTANTE	R1	22.6	26.01
	R2	22.6	23.84
	R3	22.6	25.96
	PROMEDIO	22.6	25.27

Fuente Propia (2019)



Fuente Propia (2019)

Figura 97. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

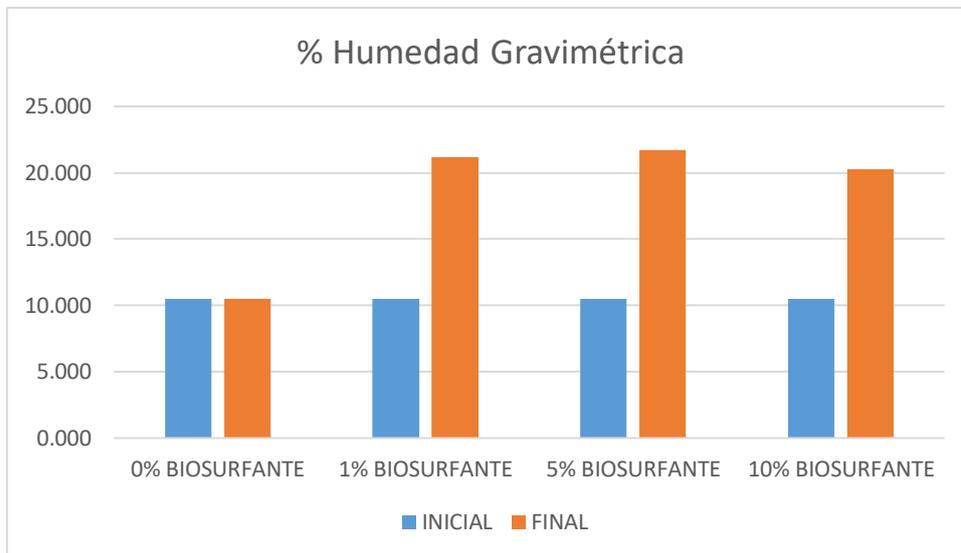
En el **Tabla 40** y el **Figura 97**, se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adiciono biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que el CIC inicial fue de 22,26, con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que el CIC fue de 23,50 el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento un CIC de 24,22 con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un CIC de 25,27.

Tabla 41. Resultados iniciales y finales de humedad (%)

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	SIN	CON
		BIOSURFACTANTE	BIOSURFACTANTE
TESTIGO 0% BIOSURFACTANTE	R1	10.495	10.495
	R2	10.495	10.495
	R3	10.495	10.495
	PROMEDIO	10.495	10.495
1% BIOSURFACTANTE	R1	10.495	19.74
	R2	10.495	20.61

	R3	10.495	23.13
	PROMEDIO	10.495	21.16
5% BIOSURFACTANTE	R1	10.495	19.89
	R2	10.495	21.71
	R3	10.495	23.55
	PROMEDIO	10.495	21.72
10% BIOSURFACTANTE	R1	10.495	18.97
	R2	10.495	19.88
	R3	10.495	21.93
	PROMEDIO	10.495	20.26

Fuente propia (2019)



Fuente propia (2019)

Figura 98. % Humedad gravimétrica

Interpretación: En el **Tabla 41** y la **Figura 98** , se muestran datos del suelo agrícola contaminado de plomo, al cual se le adiciono biosurfactantes en concentraciones de 0% testigo, 1%,5% y 10% , estos tratamientos se aplicaron durante un periodo de 45 días en los cuales, se realizó monitoreos al inicio y al final, al respecto se determinó que la humedad inicial fue de 10,495% , con respecto al tratamiento 1 de 1% de biosurfactante, se determinó que la humedad fue de 21,16%, el tratamiento 2 fue de 5% de biosurfactante, el cual presento

una humedad de 21,72%, con respecto al tratamiento de 10% de biosurfactante, este tuvo un contenido de humedad de 20,26%.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Tabla 42. Prueba de normalidad de Eh

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eh	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,328	3	.	,871	3	,298
	1% DE BIOSURFACTANTE	,377	3	.	,769	3	,091
	5% DE BIOSURFACTANTE	,367	3	.	,793	3	,097
	10% DE BIOSURFACTANTE	,218	3	.	,988	3	,786
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del potencial Redox (Eh), la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** los datos proceden de una distribución normal

Tabla 43. Prueba de Levene para Eh

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Eh			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
8,008	3	8	,039

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del potencial redox (Eh), para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁** se asumen que las varianzas no son iguales.

Tabla 44. ANOVA para el Eh

ANOVA					
Eh					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	966,468	3	322,156	1,507	,285
Dentro de grupos	1709,813	8	213,727		
Total	2676,281	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

Ho: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el Eh del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H1: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el Eh del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **Ho**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **Ho**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el Eh del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 45. TUKEY para el Eh

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Eh						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	11,08667	11,93668	,791	-27,1388	49,3121
	5% DE BIOSURFACTANTE	19,79333	11,93668	,402	-18,4321	58,0188
	10% DE BIOSURFACTANTE	23,22000	11,93668	,283	-15,0055	61,4455
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-11,08667	11,93668	,791	-49,3121	27,1388
	5% DE BIOSURFACTANTE	8,70667	11,93668	,883	-29,5188	46,9321
	10% DE BIOSURFACTANTE	12,13333	11,93668	,745	-26,0921	50,3588
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-19,79333	11,93668	,402	-58,0188	18,4321
	1% DE BIOSURFACTANTE	-8,70667	11,93668	,883	-46,9321	29,5188
	10% DE BIOSURFACTANTE	3,42667	11,93668	,991	-34,7988	41,6521
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-23,22000	11,93668	,283	-61,4455	15,0055
	1% DE BIOSURFACTANTE	-12,13333	11,93668	,745	-50,3588	26,0921
	5% DE BIOSURFACTANTE	-3,42667	11,93668	,991	-41,6521	34,7988

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la H0, entonces asumimos que, no existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 46. Prueba de normalidad de conductividad eléctrica

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,227	3	.	,983	3	,747
	1% DE BIOSURFACTANTE	,369	3	.	,789	3	,088
	5% DE BIOSURFACTANTE	,284	3	.	,933	3	,502
	10% DE BIOSURFACTANTE	,223	3	.	,985	3	,766

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos de la conductividad eléctrica, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** los datos proceden de una distribución normal

Tabla 47. Prueba de Levene para la conductividad eléctrica

Prueba de homogeneidad de varianzas			
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA			
Estadístico de Levene	g1	g2	Sig.
4,961	3	8	,081

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final de la conductividad eléctrica, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 48. ANOVA para la conductividad eléctrica

ANOVA					
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	14882942,250	3	4960980,750	15,163	,000
Dentro de grupos	2617440,000	8	327180,000		
Total	17500382,250	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en la conductividad eléctrica del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

H1: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la conductividad eléctrica del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1:** La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la conductividad eléctrica del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 49. TUKEY para la conductividad eléctrica

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	2789,333*	467,033	,000	1293,73	4284,94
	5% DE BIOSURFACTANTE	1040,333	467,033	,000	-455,27	2535,94
	10% DE BIOSURFACTANTE	129,333	467,033	,000	-1366,27	1624,94
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-2789,333*	467,033	,000	-4284,94	1293,73
	5% DE BIOSURFACTANTE	-1749,000*	467,033	,024	-3244,60	-253,40

	10% DE BIOSURFACTANTE	-2660,000*	467,033,000	-	-	4155,60	1164,40
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-1040,333	467,033,000	-	-	2535,94	455,27
	1% DE BIOSURFACTANTE	1749,000*	467,033,024	-	-	253,40	3244,60
	10% DE BIOSURFACTANTE	-911,000	467,033,281	-	-	2406,60	584,60
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-129,333	467,033,000	-	-	1624,94	1366,27
	1% DE BIOSURFACTANTE	2660,000*	467,033,000	-	-	1164,40	4155,60
	5% DE BIOSURFACTANTE	911,000	467,033,281	-	-	-584,60	2406,60
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.							

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**, entonces asumimos que, existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 50. Prueba de normalidad de pH

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,181	3	.	,999	3	,942
	1% DE BIOSURFACTANTE	,264	3	.	,955	3	,591
	5% DE BIOSURFACTANTE	,239	3	.	,975	3	,697
	10% DE BIOSURFACTANTE	,297	3	.	,917	3	,443
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del pH, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** los datos proceden de una distribución normal.

Tabla. 51. Prueba de Levene para el pH

Prueba de homogeneidad de varianzas			
PH			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,292	3	8	,342

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del pH, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 52. ANOVA para el pH

ANOVA					
pH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,405	3	,135	3,217	,000
Dentro de grupos	,336	8	,042		
Total	,741	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el pH del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

H₁: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el pH del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁**: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el pH del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 53. TUKEY para el pH

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: pH						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-,36000	,16730	,000	-,8957	,1757
	5% DE BIOSURFACTANTE	-,49467	,16730	,000	-1,0304	,0411
	10% DE BIOSURFACTANTE	-,36000	,16730	,000	-,8957	,1757
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,36000	,16730	,000	-,1757	,8957
	5% DE BIOSURFACTANTE	-,13467	,16730	,850	-,6704	,4011
	10% DE BIOSURFACTANTE	,00000	,16730	1,000	-,5357	,5357
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,49467	,16730	,000	-,0411	1,0304
	1% DE BIOSURFACTANTE	,13467	,16730	,850	-,4011	,6704
	10% DE BIOSURFACTANTE	,13467	,16730	,850	-,4011	,6704
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,36000	,16730	,000	-,1757	,8957
	1% DE BIOSURFACTANTE	,00000	,16730	1,000	-,5357	,5357
	5% DE BIOSURFACTANTE	-,13467	,16730	,850	-,6704	,4011

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**, entonces asumimos que, existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 54. Prueba de normalidad de capacidad de campo

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CAPACIDAD DE CAMPO	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,292	3	.	,923	3	,463
	1% DE BIOSURFACTANTE	,372	3	.	,782	3	,073
	5% DE BIOSURFACTANTE	,323	3	.	,879	3	,321
	10% DE BIOSURFACTANTE	,278	3	.	,940	3	,527

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del metano, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 55. Prueba de Levene para la capacidad de campo

Prueba de homogeneidad de varianzas			
CAPACIDAD DE CAMPO			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,998	3	8	,052

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final de la capacidad de campo, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 56. ANOVA para la capacidad de campo

ANOVA					
CAPACIDAD DE CAMPO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,072	3	2,691	,024	,995
Dentro de grupos	900,988	8	112,624		
Total	909,060	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en la capacidad de campo del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H₁: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la capacidad de campo del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en la capacidad de campo del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 57. TUKEY para la capacidad de campo

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CAPACIDAD DE CAMPO						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	1,61667	8,66501	,998	-26,1317	29,3651
	5% DE BIOSURFACTANTE	,51000	8,66501	1,000	-27,2384	28,2584
	10% DE BIOSURFACTANTE	-,62000	8,66501	1,000	-28,3684	27,1284
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-1,61667	8,66501	,998	-29,3651	26,1317
	5% DE BIOSURFACTANTE	-1,10667	8,66501	,999	-28,8551	26,6417
	10% DE BIOSURFACTANTE	-2,23667	8,66501	,993	-29,9851	25,5117

5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-,51000	8,66501	1,000	-28,2584	27,2384
	1% DE BIOSURFACTANTE	1,10667	8,66501	,999	-26,6417	28,8551
	10% DE BIOSURFACTANTE	-1,13000	8,66501	,999	-28,8784	26,6184
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,62000	8,66501	1,000	-27,1284	28,3684
	1% DE BIOSURFACTANTE	2,23667	8,66501	,993	-25,5117	29,9851
	5% DE BIOSURFACTANTE	1,13000	8,66501	,999	-26,6184	28,8784

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H0**, entonces asumimos que, no existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Tabla 58. Prueba de normalidad de punto de marchitez permanente

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,328	3	.	,871	3	,298
	1% DE BIOSURFACTANTE	,277	3	.	,941	3	,530
	5% DE BIOSURFACTANTE	,369	3	.	,788	3	,087
	10% DE BIOSURFACTANTE	,195	3	.	,996	3	,882

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del punto de marchitez, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 59. Prueba de Levene para punto de marchitez permanente

Prueba de homogeneidad de varianzas			
PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,623	3	8	,122

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del punto de marchitez permanente, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 60. ANOVA para el punto de marchitez permanente

ANOVA					
PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	433,193	3	144,398	2,463	,137
Dentro de grupos	469,037	8	58,630		
Total	902,230	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el punto de marchitez del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H₁: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el punto de marchitez del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** la bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el punto de marchitez del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 61. TUKEY para el punto de marchitez permanente

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-11,126000	6,251911	,348	-31,14682	8,89482
	5% DE BIOSURFACTANTE	-14,282667	6,251911	,181	-34,30349	5,73815
	10% DE BIOSURFACTANTE	-14,982667	6,251911	,155	-35,00349	5,03815
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	11,126000	6,251911	,348	-8,89482	31,14682
	5% DE BIOSURFACTANTE	-3,156667	6,251911	,956	-23,17749	16,86415
	10% DE BIOSURFACTANTE	-3,856667	6,251911	,924	-23,87749	16,16415
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	14,282667	6,251911	,181	-5,73815	34,30349
	1% DE BIOSURFACTANTE	3,156667	6,251911	,956	-16,86415	23,17749
	10% DE BIOSURFACTANTE	-,700000	6,251911	,999	-20,72082	19,32082
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	14,982667	6,251911	,155	-5,03815	35,00349
	1% DE BIOSURFACTANTE	3,856667	6,251911	,924	-16,16415	23,87749
	5% DE BIOSURFACTANTE	,700000	6,251911	,999	-19,32082	20,72082

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la H_0 , entonces asumimos que, no existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Tabla 62. Prueba de normalidad de Contenido volumétrico de agua

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,253	3	.	,964	3	,637
	1% DE BIOSURFACTANTE	,178	3	.	,999	3	,955
	5% DE BIOSURFACTANTE	,205	3	.	,993	3	,842
	10% DE BIOSURFACTANTE	,353	3	.	,824	3	,172

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del metano, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 63. Prueba de Levene para contenido volumétrico de agua

Prueba de homogeneidad de varianzas			
CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA			
Estadístico de Levene	g1	g2	Sig.
2,161	3	8	,211

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del contenido volumétrico de agua, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 64. ANOVA para el contenido volumétrico de agua

ANOVA					
CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	85,257	3	28,419	11,960	,000
Dentro de grupos	115,999	8	14,500		
Total	201,256	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el contenido de agua del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H1: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el contenido de agua del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁** La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el contenido de agua del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 65. TUKEY para el contenido volumétrico de agua

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CONTENIDO VOLUMÉTRICO DE AGUA						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-6,39000	3,10911	,000	-16,3465	3,5665
	5% DE BIOSURFACTANTE	-6,18667	3,10911	,000	-16,1431	3,7698
	10% DE BIOSURFACTANTE	-5,84000	3,10911	,000	-15,7965	4,1165
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	6,39000	3,10911	,246	-3,5665	16,3465
	5% DE BIOSURFACTANTE	,20333	3,10911	1,000	-9,7531	10,1598

	10% DE BIOSURFACTANTE	,55000	3,10911	,000	-9,4065	10,5065
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	6,18667	3,10911	,000	-3,7698	16,1431
	1% DE BIOSURFACTANTE	-,20333	3,10911	1,000	-10,1598	9,7531
	10% DE BIOSURFACTANTE	,34667	3,10911	,999	-9,6098	10,3031
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	5,84000	3,10911	,000	-4,1165	15,7965
	1% DE BIOSURFACTANTE	-,55000	3,10911	,000	-10,5065	9,4065
	5% DE BIOSURFACTANTE	-,34667	3,10911	,999	-10,3031	9,6098

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**, entonces asumimos que, existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 66. Prueba de normalidad de Plomo

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PLOMO	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,253	3	.	,964	3	,637
	1% DE BIOSURFACTANTE	,219	3	.	,987	3	,780
	5% DE BIOSURFACTANTE	,304	3	.	,907	3	,407
	10% DE BIOSURFACTANTE	,211	3	.	,991	3	,817
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del plomo, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. ≤ 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 67. Prueba de Levene para el Plomo

Prueba de homogeneidad de varianzas			
PLOMO			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,925	3	8	,179

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del plomo, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 68. ANOVA para el Plomo

ANOVA					
PLOMO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	356,958	3	118,986	7,322	,000
Dentro de grupos	130,004	8	16,251		
Total	486,962	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

Ho: El método de bioaumentación de Biosurfactantes en biopilas no es eficaz para degradar el plomo en el suelo agrícola en hacienda mandinga –Huarmey.

H1: El método de bioaumentación de Biosurfactantes en biopilas es eficaz para degradar el plomo en el suelo agrícola en hacienda mandinga –Huarmey.

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **Ho**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **Ho**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**, el método de bioaumentación de Biosurfactantes en biopilas es eficaz para degradar el plomo en el suelo agrícola en hacienda mandinga –Huarmey.

Tabla 69. TUKEY para el Plomo

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: PLOMO						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	6,97333	3,29146	,000	-3,5671	17,5137
	5% DE BIOSURFACTANTE	10,30667	3,29146	,000	-,2337	20,8471
	10% DE BIOSURFACTANTE	14,97333*	3,29146	,000	4,4329	25,5137
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-6,97333	3,29146	,000	-17,5137	3,5671
	5% DE BIOSURFACTANTE	3,33333	3,29146	,747	-7,2071	13,8737
	10% DE BIOSURFACTANTE	8,00000	3,29146	,148	-2,5404	18,5404
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-10,30667	3,29146	,000	-20,8471	,2337
	1% DE BIOSURFACTANTE	-3,33333	3,29146	,747	-13,8737	7,2071
	10% DE BIOSURFACTANTE	4,66667	3,29146	,523	-5,8737	15,2071
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-14,97333*	3,29146	,000	-25,5137	-4,4329
	1% DE BIOSURFACTANTE	-8,00000	3,29146	,148	-18,5404	2,5404

	5% DE BIOSURFACTANTE	-4,66667	3,29146	,523	-15,2071	5,8737
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H0**, entonces asumimos que, existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 70. Prueba de normalidad de temperatura

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TEMPERATURA	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,232	3	.	,980	3	,726
	1% DE BIOSURFACTANTE	,343	3	.	,842	3	,220
	5% DE BIOSURFACTANTE	,269	3	.	,949	3	,567

	10% DE BIOSURFACTANTE	,353	3	.	,824	3	,174
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos de la temperatura, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 71. Prueba de Levene para la temperatura

Prueba de homogeneidad de varianzas			
TEMPERATURA			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,142	3	8	,087

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final de la temperatura, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 72. ANOVA para la temperatura

ANOVA					
TEMPERATURA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	33,569	3	11,190	24,458	,000
Dentro de grupos	3,660	8	,458		
Total	37,229	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en la temperatura del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H₁: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la temperatura del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁**: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la temperatura del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 73. TUKEY para la temperatura

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: TEMPERATURA						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	4,1333*	,5523	,000	2,365	5,902
	5% DE BIOSURFACTANTE	4,0000*	,5523	,000	2,231	5,769
	10% DE BIOSURFACTANTE	3,1667*	,5523	,002	1,398	4,935

1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-4,1333*	,5523	,000	-5,902	-2,365
	5% DE BIOSURFACTANTE	-,1333	,5523	,995	-1,902	1,635
	10% DE BIOSURFACTANTE	-,9667	,5523	,361	-2,735	,802
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-4,0000*	,5523	,000	-5,769	-2,231
	1% DE BIOSURFACTANTE	,1333	,5523	,995	-1,635	1,902
	10% DE BIOSURFACTANTE	-,8333	,5523	,475	-2,602	,935
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	-3,1667*	,5523	,002	-4,935	-1,398
	1% DE BIOSURFACTANTE	,9667	,5523	,361	-,802	2,735
	5% DE BIOSURFACTANTE	,8333	,5523	,475	-,935	2,602
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la H1, entonces asumimos que existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Tabla 74. Prueba de normalidad de materia orgánica

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MATERIA ORGÁNICA	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,175	3	.	,788	3	,358
	1% DE BIOSURFACTANTE	,334	3	.	,860	3	,269
	5% DE BIOSURFACTANTE	,380	3	.	,763	3	,089
	10% DE BIOSURFACTANTE	,379	3	.	,764	3	,071
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos de la materia orgánica, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 75. Prueba de Levene para la materia orgánica

Prueba de homogeneidad de varianzas			
MATERIA ORGÁNICA			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,468	3	8	,214

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final de la materia orgánica, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 76. ANOVA para la materia orgánica

ANOVA					
MATERIA ORGÁNICA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1872,956	3	624,319	5,446	,000
Dentro de grupos	917,073	8	114,634		
Total	2790,029	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

Ho: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en la materia orgánica del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H1: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la materia orgánica del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **Ho**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **Ho**, se rechaza la **H1**

Resultado /conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** la bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la materia orgánica del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 77. TUKEY para la materia orgánica

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: MATERIA ORGÁNICA						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-14,70000	8,74201	,000	-42,6950	13,2950
	5% DE BIOSURFACTANTE	-19,88000	8,74201	,000	-47,8750	8,1150
	10% DE BIOSURFACTANTE	-34,95333*	8,74201	,000	-62,9483	-6,9583
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	14,70000	8,74201	,000	-13,2950	42,6950
	5% DE BIOSURFACTANTE	-5,18000	8,74201	,932	-33,1750	22,8150
	10% DE BIOSURFACTANTE	-20,25333	8,74201	,173	-48,2483	7,7417
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	19,88000	8,74201	,000	-8,1150	47,8750
	1% DE BIOSURFACTANTE	5,18000	8,74201	,932	-22,8150	33,1750
	10% DE BIOSURFACTANTE	-15,07333	8,74201	,372	-43,0683	12,9217
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	34,95333*	8,74201	,000	6,9583	62,9483
	1% DE BIOSURFACTANTE	20,25333	8,74201	,173	-7,7417	48,2483

	5% DE BIOSURFACTANTE	15,07333	8,74201	,372	-12,9217	43,0683
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**, entonces asumimos que, existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 78. Prueba de normalidad de Fósforo

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FOSFORO	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,176	3	.	,639	3	,975
	1% DE BIOSURFACTANTE	,585	3	.	,783	3	,639
	5% DE BIOSURFACTANTE	,420	3	.	,695	3	,364
	10% DE BIOSURFACTANTE	,385	3	.	,749	3	,264
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del fósforo, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 79. Prueba de Levene para el Fósforo

Prueba de homogeneidad de varianzas			
FOSFORO			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
9,038	3	8	,036

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del fósforo, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁** Se asumen que las varianzas no son iguales.

Tabla 80. ANOVA para el Fósforo

ANOVA					
FÓSFORO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	49,698	3	16,566	8,638	,000
Dentro de grupos	15,342	8	1,918		
Total	65,040	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el fósforo del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H1: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el fósforo del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el fósforo del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 81. TUKEY para el Fósforo

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: FOSFORO						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-1,57667	1,13072	,536	-5,1976	2,0443
	5% DE BIOSURFACTANTE	-3,71667*	1,13072	,044	-7,3376	-,0957
	10% DE BIOSURFACTANTE	-5,34333*	1,13072	,006	-8,9643	-1,7224
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1,57667	1,13072	,536	-2,0443	5,1976
	5% DE BIOSURFACTANTE	-2,14000	1,13072	,303	-5,7609	1,4809

	10% DE BIOSURFACTANTE	-3,76667*	1,13072	,042	-7,3876	-,1457
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	3,71667*	1,13072	,044	,0957	7,3376
	1% DE BIOSURFACTANTE	2,14000	1,13072	,303	-1,4809	5,7609
	10% DE BIOSURFACTANTE	-1,62667	1,13072	,512	-5,2476	1,9943
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	5,34333*	1,13072	,006	1,7224	8,9643
	1% DE BIOSURFACTANTE	3,76667*	1,13072	,042	,1457	7,3876
	5% DE BIOSURFACTANTE	1,62667	1,13072	,512	-1,9943	5,2476
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la H0, entonces asumimos que, existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Tabla 82. Prueba de normalidad de potasio

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
POTASIO	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,269	3	.	,949	3	,567
	1% DE BIOSURFACTANTE	,336	3	.	,478	3	,256
	5% DE BIOSURFACTANTE	,230	3	.	,886	3	,790
	10% DE BIOSURFACTANTE	,689	3	.	,235	3	,098
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos del potasio, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 83. Prueba de Levene para el potasio

Prueba de homogeneidad de varianzas			
POTASIO			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,198	3	8	,044

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final del potasio, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** Se asumen que las varianzas no son iguales.

Tabla 84. ANOVA para el potasio

ANOVA					
POTASIO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	429,070	3	143,023	2,589	,125
Dentro de grupos	441,996	8	55,249		
Total	871,066	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

Ho: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el potasio del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H1: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el potasio del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **Ho**, se acepta la **H1**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **Ho**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el potasio del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 85. TUKEY para el potasio

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: POTASIO						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-,55333	6,06902	1,000	-19,9885	18,8818
	5% DE BIOSURFACTANTE	-10,05667	6,06902	,403	-29,4918	9,3785
	10% DE BIOSURFACTANTE	-13,80667	6,06902	,183	-33,2418	5,6285
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,55333	6,06902	1,000	-18,8818	19,9885
	5% DE BIOSURFACTANTE	-9,50333	6,06902	,447	-28,9385	9,9318
	10% DE BIOSURFACTANTE	-13,25333	6,06902	,207	-32,6885	6,1818
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	10,05667	6,06902	,403	-9,3785	29,4918
	1% DE BIOSURFACTANTE	9,50333	6,06902	,447	-9,9318	28,9385
	10% DE BIOSURFACTANTE	-3,75000	6,06902	,924	-23,1851	15,6851
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	13,80667	6,06902	,183	-5,6285	33,2418
	1% DE BIOSURFACTANTE	13,25333	6,06902	,207	-6,1818	32,6885

	5% DE BIOSURFACTANTE	3,75000	6,06902	,924	- 15,6851	23,1851
--	-------------------------	---------	---------	------	--------------	---------

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H0**, entonces asumimos que, no existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 86. Prueba de normalidad de Nitratos

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NITRATOS	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,276	3	.	,942	3	,537
	1% DE BIOSURFACTANTE	,343	3	.	,842	3	,220
	5% DE BIOSURFACTANTE	,368	3	.	,791	3	,092
	10% DE BIOSURFACTANTE	,374	3	.	,778	3	,062
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos de nitratos, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 87. Prueba de Levene para los nitratos

Prueba de homogeneidad de varianzas			
NITRATOS			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
7,885	3	8	,028

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final de los nitratos, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁** se asumen que las varianzas no son iguales.

Tabla 88. ANOVA para los Nitratos

ANOVA					
NITRATOS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	661,094	3	220,365	2,424	,141
Dentro de grupos	727,400	8	90,925		
Total	1388,493	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en los nitratos del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H1: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en los nitratos del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en los nitratos del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 89. TUKEY para los nitratos

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: NITRATOS						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-5,987000	7,785668	,866	-30,91945	18,94545
	5% DE BIOSURFACTANTE	-13,507000	7,785668	,368	-38,43945	11,42545
	10% DE BIOSURFACTANTE	-19,600333	7,785668	,131	-44,53278	5,33212
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	5,987000	7,785668	,866	-18,94545	30,91945
	5% DE BIOSURFACTANTE	-7,520000	7,785668	,772	-32,45245	17,41245

	10% DE BIOSURFACTANTE	- 13,613333	7,785668, 362	- 38,54578	11,31912
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	13,507000	7,785668, 368	- 11,42545	38,43945
	1% DE BIOSURFACTANTE	7,520000	7,785668, 772	- 17,41245	32,45245
	10% DE BIOSURFACTANTE	-6,093333	7,785668, 860	- 31,02578	18,83912
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	19,600333	7,785668, 131	-5,33212	44,53278
	1% DE BIOSURFACTANTE	13,613333	7,785668, 362	- 11,31912	38,54578
	5% DE BIOSURFACTANTE	6,093333	7,785668, 860	- 18,83912	31,02578

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /discusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la H_0 , entonces asumimos que, no existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 90. Prueba de normalidad de CIC

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CIC	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,314	3	.	,893	3	,363
	1% DE BIOSURFACTANTE	,305	3	.	,906	3	,404
	5% DE BIOSURFACTANTE	,214	3	.	,989	3	,802
	10% DE BIOSURFACTANTE	,378	3	.	,767	3	,039
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para la CIC, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 91. Prueba de Levene para el CIC

Prueba de homogeneidad de varianzas			
CIC			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,022	3	8	,079

Fuente Propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final de la CIC, para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 92. ANOVA para el CIC

ANOVA					
CIC					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11,027	3	3,676	7,079	,000
Dentro de grupos	4,154	8	,519		
Total	15,180	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en el CIC del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

H₁: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el CIC del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁** la bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en el CIC del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 93. TUKEY para el CIC

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CIC						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-,84333	,58834	,000	-2,7274	1,0407
	5% DE BIOSURFACTANTE	-1,56333	,58834	,000	-3,4474	,3207
	10% DE BIOSURFACTANTE	-2,61000*	,58834	,000	-4,4941	-,7259
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,84333	,58834	,000	-1,0407	2,7274
	5% DE BIOSURFACTANTE	-,72000	,58834	,630	-2,6041	1,1641
	10% DE BIOSURFACTANTE	-1,76667	,58834	,000	-3,6507	,1174
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1,56333	,58834	,000	-,3207	3,4474
	1% DE BIOSURFACTANTE	,72000	,58834	,630	-1,1641	2,6041
	10% DE BIOSURFACTANTE	-1,04667	,58834	,348	-2,9307	,8374
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	2,61000*	,58834	,000	,7259	4,4941
	1% DE BIOSURFACTANTE	1,76667	,58834	,000	-,1174	3,6507
	5% DE BIOSURFACTANTE	1,04667	,58834	,348	-,8374	2,9307

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**, entonces asumimos que, existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

Tabla 94. Prueba de normalidad de Humedad gravimétrica

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
HUMEDAD GRAVIMETRICA	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	,232	3	.	,980	3	,726
	1% DE BIOSURFACTANTE	,289	3	.	,927	3	,477
	5% DE BIOSURFACTANTE	,175	3	.	1,000	3	,994
	10% DE BIOSURFACTANTE	,266	3	.	,953	3	,582
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente propia (2019)

Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95% para los datos de la humedad gravimétrica, la cantidad de muestras es menor a 30. Tenemos una muestra de 3 repeticiones iniciales y finales.

Shapiro Wilk < 30 muestra

Kolmogorv- Smirnov > de 30 muestra

Prueba de hipótesis

H₀: Los datos proceden de una distribución normal

H₁: Los datos no proceden de una distribución normal

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. > 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado /Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 95. Prueba de Levene para la humedad

Prueba de homogeneidad de varianzas			
HUMEDAD			
Estadístico de Levene	g1	g2	Sig.
2,183	3	8	,168

Fuente propia (2019)

Contraste de hipótesis – Prueba de Levene

Se realiza la homogeneidad de varianza para los datos del análisis inicial y final de la humedad gravimétrica para ello se determinó mediante la Prueba de Levene.

Prueba de hipótesis

H₀: Se asumen que las varianzas son iguales

H₁: Se asumen que las varianzas no son iguales

Regla de decisión

Sig. \leq 0,05 Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $>$ 0,05 Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**

Resultado / Conclusión

P valor mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H₀** Se asumen que las varianzas son iguales.

Tabla 96. ANOVA para la humedad gravimétrica

ANOVA					
HUMEDAD GRAVIMÉTRICA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	253,730	3	84,577	38,675	,000
Dentro de grupos	17,495	8	2,187		
Total	271,226	11			

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H₀: La bioaumentación de biosurfactantes no genera cambios en la humedad del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarney

H1: La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la humedad del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H₀**, se acepta la **H₁**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H₀**, se rechaza la **H₁**.

Resultado /Conclusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H₁** La bioaumentación de biosurfactantes genera cambios en la humedad del suelo agrícola con presencia de plomo de la hacienda Mandinga Huarmey.

Tabla 97. TUKEY para la humedad gravimétrica

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: HUMEDAD GRAVIMÉTRICA						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	(J) TRATAMIENTOS DE BIOSURFACTANTES	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	1% DE BIOSURFACTANTE	-10,665667*	1,207446	,000	-14,53233	3-6,79900
	5% DE BIOSURFACTANTE	-11,222333*	1,207446	,000	-15,08900	0-7,35567
	10% DE BIOSURFACTANTE	-9,765667*	1,207446	,000	-13,63233	3-5,89900
1% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	10,665667*	1,207446	,000	6,79900	14,53233

	5% DE BIOSURFACTANTE	-,556667	1,20744 6	,96 6	-4,42333	3,31000
	10% DE BIOSURFACTANTE	,900000	1,20744 6	,87 6	-2,96667	4,76667
5% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	11,222333 *	1,20744 6	,00 0	7,35567	15,0890 0
	1% DE BIOSURFACTANTE	,556667	1,20744 6	,96 6	-3,31000	4,42333
	10% DE BIOSURFACTANTE	1,456667	1,20744 6	,64 0	-2,41000	5,32333
10% DE BIOSURFACTANTE	TESTIGO 0% DE BIOSURFACTANTE	9,765667*	1,20744 6	,00 0	5,89900	13,6323 3
	1% DE BIOSURFACTANTE	-,900000	1,20744 6	,87 6	-4,76667	2,96667
	5% DE BIOSURFACTANTE	-1,456667	1,20744 6	,64 0	-5,32333	2,41000
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente Propia (2019)

Prueba de hipótesis

H0: No existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

H1: Existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes

Regla de decisión

Sig. $\leq 0,05$ Se rechaza la **H0**, se acepta la **H1**.

Sig. $> 0,05$ Se acepta la **H0**, se rechaza la **H1**

Resultado /discusión

P valor menor de **0,05** entonces aceptamos la H1, entonces asumimos que existe alguna significancia entre los tratamientos de biosurfactantes.

IV. DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados y en concordancia con lo mencionado por Perez – Vargas J., [et al] (2017) en su investigación “Degradación microbiana con BFNA de hidrocarburo aromáticos por bioaumentación en biopilas“ señala que la tecnología de bioaumentación usada con bacterias las cuales utilizan el mismo contaminante como fuente de energía y carbono es óptima y degrada hidrocarburos para ello se inoculó suelo contaminado con fenantreno y antraceno en biopilas a los que se les añadió las bacterias y se incubó por un periodo de seis meses degradando eficientemente el contaminante en un 90%. Comprobando que similar a nuestro método de bioaumentación en biopilas conteniendo actividad microbiana el cual transformó el metal degradándolo en un periodo estudiado de cuarenta y cinco días resultando un 15% de remoción. Si bien es un porcentaje menor a lo obtenido por el autor citado se debe tener en cuenta que nuestra investigación tuvo un periodo de tiempo menor y se degradó plomo. Estos mismos resultados guardan relación con lo mencionado por Delgado A. (2017) en su investigación “Gestión de un proceso de biorremediación bacteriana de suelo contaminado con crudo en condiciones anaeróbicas” donde utilizaron el tratamiento de bioaumentación de biosurfactante con bacterias hidrocarburoclastas adicionando compost en pequeñas proporciones. Teniendo 90 días como periodo de degradación de HTP los cuales presentaron una mayor degradación en comparación con la atenuación natural sin bioaumentación. Siendo una técnica eficiente degradando hidrocarburos y metales pesados en suelos. Concordando con nuestra investigación en utilizar el método de bioaumentación microbiana (biosurfactante) para acelerar el proceso.

Por otro lado, Anza Orantes P (2016) en su investigación “Biorremediación de suelos contaminados con aceite automotriz mediante sistemas de biopilas” explica su metodología utilizando biopilas con suelo contaminado en tres repeticiones añadiendo tres tipos de cepas acinetobacter SP, sphingobacterium Sp y stenotrophomona Sp. Donde la mayor remoción se obtuvo en la biopila que presentó menor acumulación de hidrocarburos, aquí se identificó la presencia de otra bacteria del género pseudomona que tiene la capacidad de degradar hidrocarburos aromáticos. Concluyendo que el uso de biopilas es óptimo para tratar suelos contaminados y que la bacteria encontrada ayudó en el proceso de biorremediación. En

concordancia con nuestra investigación las biopilas fueron un sistema eficiente e importante ayudando a contener la actividad microbiana. Otro dato resaltante es el hallazgo de la bacteria *pseudomona aeruginosa* que es la misma utilizada en nuestro estudio ya que permite degradar no solo hidrocarburos sino también metales pesados.

Tal como lo expone Jimenez V (2018) quien en su investigación “Desarrollo de una metodología mediante acoplamiento de bioaumentación, bioestimulación y bioventeo para la remediación de un suelo costero contaminado con hidrocarburos intemperizados” tuvo como resultado que para tener una mayor biodegradabilidad se tiene que aplicar más de un método por la complejidad del contaminante. Concluyendo que la técnica de bioaumentación puede ser aplicada con otro tipo de contaminantes como es el caso de nuestro estudio con metales pesados que no sólo se desarrolló esta técnica, sino que se utilizó en conjunto con el sistema de biopilas añadiendo biosurfactante.

A partir de los hallazgos encontrados podemos sostener que según Vijayanad S. y Divyashree M (2015) en su investigación “Bioremediation of heavy metals using” menciona que la muestra de suelo recolectada de los sitios contaminados con metales pesados se sometió a dilución seriada de donde se aislaron seis cepas diferentes creando con ellas biosurfactantes, aislándolas para el estudio de sus características utilizándolas para la degradación de metales pesados presentes en las muestras de efluentes de aguas residuales. Como resultado se obtuvo que incubando las cepas durante un periodo de 72 horas a una temperatura de 37°C redujo el plomo en 84.13%. Similar con nuestra investigación se utilizó la bacteria *pseudomona* la cual presenta las mismas características para generar biosurfactantes aplicándola por un periodo más largo por tratarse de suelo, teniendo en cuenta que la temperatura inicial se elevó añadiendo la bacteria.

Siguiendo lo investigado para el tratamiento de suelos contaminados haciendo uso de bacterias del grupo *pseudomona* Gitaldo, J. (2014) en su investigación “Producción de ramnolípidos por *pseudomonas aeruginosa* Pb 25: evaluación de su actividad emulsificante y de remoción de metales pesados” nos muestra que el uso de microorganismos específicos es una alternativa prometedora para cualquier proceso de remediación de ambientes naturales como es el suelo. Para ello utilizó la bacteria *pseudomona aeruginosa* PB25 evaluando su actividad emulsificante para remover metales pesados, teniendo como

resultados un 98% de reducción de Cadmio y 99% de plomo en soluciones acuosas con un pH 11. Concordando con nuestra investigación en remover el plomo de manera eficiente. Hay que considerar que el porcentaje de reducción en nuestros resultados fueron mucho menores (15%) debido a que nosotras no trabajamos en soluciones acuosas.

V. CONCLUSIONES

1. El estudio de investigación da a conocer que es posible tratar un suelo contaminado con plomo utilizando el método de bioaumentación de biosurfactantes en biopilas, determinándose que el porcentaje de reducción de la concentración del plomo en el suelo agrícola de la Hacienda Mandinga-Huarmey fue de acuerdo a las dosis de biosurfactantes empleadas: 7,17 % para la dosis de 1% (15 mL en volumen de biosurfactante), 10,63% para la dosis del 5% (75 mL en volumen de biosurfactante) y 15,46% para la dosis del 10% (150 mL en volumen de biosurfactante) con respecto a la concentración inicial. Por ende, podemos concluir que el mayor porcentaje de reducción lo generó la dosis del 10 % de biosurfactante siendo el periodo de exposición 45 días.
2. De acuerdo con los análisis físicos, químicos y microbiológicos, así como el procedimiento empleado, se logró establecer que la concentración óptima de biosurfactante con relación a las características del suelo agrícola, es de 10% que representa un volumen de 150 mL en relación a los 1500 g de suelo por cada biopila.
3. Según lo expuesto en la presente investigación mediante los análisis microbiológicos realizados a la dosis óptima de biosurfactante representada por el 10% (150 mL), se logró determinar que el nivel eficiente de bioaumentación es de 43.35 colonias de bacteria *Pseudomonas aeruginosa* la cual es una gram negativa y aeróbica y 15 224 UFC/15 mL de biosurfactante.
4. De acuerdo a los resultados existieron cambios significativos en algunas de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo agrícola de la Hacienda Mandinga, en cuanto a las propiedades físicas se pudo comprobar que la humedad tuvo una variación del 93.04%, el contenido volumétrico del agua 42,11%, el punto de marchitez permanente un 71,49 % y la temperatura una ligera variación del 19,35% con respecto a los resultados pre-tratamiento; en el caso de las propiedades químicas se verificó una variación del 49,02% en la presencia de nitratos, 30,37 % en la del fósforo y en cuanto a las propiedades biológicas que es la materia orgánica se tuvo una variación considerable mayor al 100%, sustentándose dicho resultado en la naturaleza misma del tratamiento remedial.
5. Concluyendo se pudo evidenciar que el método de bioaumentación de biosurfactantes en biopilas, más allá de lograr la reducción de la concentración del Plomo

(Pb), contribuye con la mejora de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas como la materia orgánica, fósforo, potasio, nitratos, contenido volumétrico y punto permanente de marchitez del suelo agrícola contaminado, de esta manera se puede considerar que dicho suelo sea utilizado nuevamente para la producción agrícola.

VI. RECOMENDACIONES

Con la finalidad de mejorar la eficiencia en la remoción de la concentración del Plomo (Pb) en el suelo agrícola, se recomienda un tiempo de exposición al biosurfactante mayor a los 45 días, toda vez que tal como lo evidencian las investigaciones anteriores en la presente tesis, un tratamiento remedial en suelos contaminados requiere como mínimo un periodo de 90 día, por otro lado se sugiere efectuar un estudio comparativo de la eficacia del biosurfactante aplicándolo en dilución y sin diluir.

Se recomienda alternar otro tipo de residuos orgánicos para la producción del biosurfactante, tales como estiércol de cuy que posee un elevado porcentaje de relación C/N según estudios, hortalizas, legumbres y otros residuos que no modifiquen el pH del suelo y mantengan su alcalinidad, pues un suelo ácido tiende a la movilización de los metales pesados, desencadenándose la bioacumulación en los cultivos por de las raíces. Se debe tener en cuenta siempre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo a tratar ya que las interacciones de éstas determinaran la eficacia de cualquier tratamiento remedial propuesto.

El presente tratamiento remedial con biosurfactantes puede ser considerado para su aplicación en otro tipo de suelos contaminados con metales pesados, puesto que éstos han demostrado ser una biotecnología atractiva, de simple aplicación que no genera costos elevados y sobre todo que es considerada amigable con el ambiente, pues no presenta toxicidad elevada, se biodegradan y contribuyen con la mejora de las propiedades del suelo tratado.

Asimismo, se recomienda a los futuros investigadores, realicen el análisis correspondiente al agua proveniente del río Huarmey, la cual es utilizada para el regadío de los suelos agrícolas de la Hacienda Mandinga y de esta manera respaldar otra de las causas de la contaminación del lugar.

VI. REFERENCIAS

Ahmad, Zulfiqar & Imran, Muhammad & Qadeer, Samia & Hussain, Sabir & Kausar, Rukhsana & Dawson, Lorna & Khalid, Azeem. (2018). Biosurfactants for Sustainable Soil Management. 10.1016/bs.agron.2018.02.002.

AMEREX. BIOAUMENTACIÓN: Una solución para aumentar la eficacia y la eficiencia en las plantas de tratamiento de efluentes. Amerex [en línea], 2017. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://www.labamerex.com/novedad019.htm>

ANZA CRUZ, Héctor et al. BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON ACEITE AUTOMOTRIZ USADOS MEDIANTE SISTEMA DE BIOPILAS. México. Universidad Autónoma del Carmen [en línea], 2016, pp 1-29 [Fecha de consulta: 6 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num12/pdf/biorremediacion.pdf>

ARCILA QUIROGA, Luisa A. Análisis comparativo de la eficiencia de productos para la Biorremediación de suelos contaminados con diésel (UN 1202) utilizando métodos de bioestimulación y bioaumentación a escala piloto. UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERÍA. [en línea], pp. 106, 2016. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2018]. Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20403/41052056_2016.pdf?sequence=1

ARMIJOS VALAREZO, Jorge. Evaluación de la fertilidad y remediación de suelos mediante la técnica de biopilas en una zona intervenida por pequeña minería en el barrio san antonio parroquia guadalupe. Ecuador. Universidad Nacional de Loja [en línea], 2014, pp 1-130 [Fecha de consulta: 6 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/17167/1/Jorge%20Armijos.pdf>

ASALDE CHOZO, Gianfranco R. y ENRIQUEZ MENDEZ, Kenny J. Rendimiento de surfactantes producidos por bacterias degradadoras de hidrocarburos de petróleo, 2015. UNIVERSIDAD NACIONAL- "PEDRO RUIZ GALLO"- FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS [en línea], pp. 1-84, 2016. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1249/BC-TES-TMP-81.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BONILLA VALENCIA, Sara M. Estudio para tratamientos de Biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando método de fitorremediación. UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA [en línea], pp. 76, 2013. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4400/6/UPSST000985.pdf>

BUSTOS-VASQUEZ, Guadalupe et al. Uso de biosurfactantes extraídos de los licores de lavado de maíz para la eliminación de aceite quemado de motor en suelo arenoso. AGROCIENCIA 52 [en línea], pp. 581-591, 2018. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2018/may-jun/art-8.pdf>.

BRACK EGG, Antonio y MENDIOLA VARGAS, Cecilia. Ecología del Perú. Lima. Editorial: Bruño. 3º ed., 2010, pp. 495. ISBN: 978-9972-1-1109-9

CALDUCH CERVERA, Rafael. Métodos y técnicas de investigación en relaciones internacionales. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID [en línea], pp. 160, 2014. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-55163/2Metodos.pdf>

CORRAL Yadira. Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Revista Ciencias de la Educación [en línea], 2009, Vol. 19, Nº 33,

[Fecha de consulta: 10 de noviembre del 2018], p.228-247. Disponible en:
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>

DA ROCHA Junior, R.B., MEIRA, H.M., ALMEIDA, D.G. et al. Application of a lowcost biosurfactant in heavy metal remediation processes. *Biodegradation* (2018).
<https://doi.org/10.1007/s10532-018-9833-1>

DAS J. y LAL S. Bacterial biosurfactants can be an ecofriendly and advanced technology for remediation of heavy metals and co-contaminated soil. *Iran. Islamic Azad University* [en línea], 2017, pp 1343-1352 [Fecha de consulta: 6 de abril del 2019]. Disponible en:
<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=35b4b292-bba2-47c8aa8f-b9f6e0159de3%40sessionmgr102>

D.C. Wolf, J. Gan. Influence of rhamnolipid biosurfactant and Brij-35 synthetic surfactant on 14C-Pyrene mineralization in soil, *Environmental Pollution*, Volume 243, Part B, 2018, Pages 1846-1853, ISSN 0269-7491 DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.031>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118334092>)

DELGADO VALLEJO A. Gestión de un proceso de biorremediación bacteriana de suelo contaminado con crudo en condiciones anaeróbica. *Universidad Nacional de Colombia*. [en línea], pp. 1-106. [Fecha de consulta: 01 de noviembre del 2018]. Disponible en:
<http://bdigital.unal.edu.co/63222/1/1088735555.2018.pdf>

DE LA ROSA CRUZ, Nuvia L. et al. Biosurfactantes y su papel en la biorremediación de suelos contaminados con plaguicidas. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* [en línea] Vol. 4 No. 1 p. 47-67, 2014. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2018]. Disponible en:

<https://www.globalsciencejournals.com/content/pdf/10.7603%2Fs40682-013-00040.pdf>

FAO. Degradación del Suelo. Portal de Suelos de la FAO [en línea], sp. [Fecha de consulta: 01 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>

FLORES BARRETO, Carlos y MENDOZA SIGUENCIA, Jorge. Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento de Guarumales-Celec. UNIVERSIDAD DE CUENCA- FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS- Escuela de Ingeniería Ambiental. [En línea], pp. 1-129,2017. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27211/1/tesis.pdf>

FOSTER, M. y WHITEMAN, R., La Bioaumentación ayuda a los Sistemas de tratamientos de efluentes. Amerex [en línea], s.f. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://www.labamerex.com/images/Bioaumentacion-Foster-andWhiteman-PhD.pdf>

FRANZETTI ANDREA, et al. Biosurfactant use in heavy metal removal from industrial effluents and contaminated sites. Italia. Revista: Researchgate [en línea], 2014, pp 361-369 [Fecha de consulta: 8 de noviembre del 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Panagiotis_Gkorezis/publication/289107394_Biosurfactant_Use_in_Heavy_Metal_Removal_from_Industrial_Effluents_and_Contaminated_Sites/links/568a3a0208ae1975839d6bfe/Biosurfactant-Use-in-Heavy-MetalRemoval-from-Industrial-Effluents-and-Contaminated-Sites.pdf

GIRALDO ZAMBRANO, Johnny et al. Actividad emulsificante y de remoción de metales pesados del ramnolípido producido por *Pseudomonas aeruginosa* PB 25. Revista Sociedad

Química del Perú. 80 (1) [en línea], pp. 35-44, 2014. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810634X2014000100005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1810-634X.

GOMAA, E.Z. & El-Meihy, Bacterial biosurfactant from *Citrobacter freundii* MG812314.1 as a bioremoval tool of heavy metals from wastewater. R.M. Bull Natl Res Cent (2019) 43: 69. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0088-8>

JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, Verónica. Desarrollo de una metodología mediante acoplamiento de bioaumentación, bioestimulación y bioventeo para la remediación de un suelo costero contaminado con hidrocarburos intemperizados. México. Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas [en línea], 2018, pp 1-139 [Fecha de consulta: 6 de noviembre del 2018]. Disponible en:

https://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1019/100/1/Tesis%20Ver%C3%B3nica%20Jim%C3%A9nez_VERSION%20FINAL.pdf

KARLAPUDI, A. Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review. ScienceDirect [en línea], vol. 4, 2018. [Fecha de consulta: 30 de enero del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405656117301530>

MARTIN, Charles. Heavy metal trends in floodplain sediments and valley fill, River Lahn. Germany. Catena [en línea], pp. 53-68, 2000. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816299000806>

MARTINEZ CARDOZO, Laura A. y VARGAS PEÑA, Yessica A. Evaluación de la contaminación en el suelo por plomo y cromo y planteamiento de alternativa de remediación en la represa del Muña, Municipio de Sibaté-Cundinamarca. UNIVERSIDAD DE LA

SALLE- FACULTAD DE INGENIERÍA. [en línea], pp. 80, 2017. Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en:

http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20512/41102037_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MOYA-RAMÍREZ, Ignacio et al. Remediación de suelos contaminados con aceite de motor mediante tensioactivos altamente biodegradables. AVANCES EN CIENCIAS E INGENIERÍA [en línea] 5 (2)- ISSN: 0718-8706, pp. 21-29,2014. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/

MUÑOZ ANDRÉS, Vicenta et al. Gestión y Conservación de aguas y suelos. Madrid. Universidad Nacional de Educación a Distancia. 1º ed., 2016, pp. 516., ISBN: 978-84362-7161-4.

NORDBERG Gunnar. Capítulo 63-Metales: Propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. [en línea]. 3º ed., pp.76. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>

ORIUNDO GUARDA, Cristian F. y ROBLES GOMERO, Jhon T. Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al asentamiento humano Cultura y Progreso del Distrito de Ñaña- Chaclacayo. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS- Facultad de Ingeniería Química. [en línea], pp. 40, 2009. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/54233186.pdf>

PACWA PŁOCINICZAK, M. Environmental applications of biosurfactants: recent advances. Pubmed [en línea], pp. 633, 2011. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21340005>

PEELEKARLAPUDI, Abraham et al. Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution- a review. China. Revista: ScienceDirect [en línea], pp 241-249, 2018 [Fecha de consulta: 5 de noviembre del 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405656117301530>

PEREIRA F. et al. Bioleaching of toxic metals from sewage sludge by co-inoculation of Acidithiobacillus and the biosurfactant-producing yeast Meyerozyma guilliermondii, Journal of Environmental Management, Volume 211, 2018, Pages 28-35, ISSN 0301-4797. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.045>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718300513>)

PÉREZ-VARGAS, Josefina et al. Degradación microbiana con BFNA de hidrocarburos aromáticos por bioaumentación en Biopilas. Revista CENIC Ciencias Biológicas [en línea]. Vol. 46, No. Especial, pp. 416-423, 2015. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2018]. Disponible en: https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/sites/default/files/articulos/CB%2042-15_M.pdf PORTA CASANELLAS, Jaime et al. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid. 3º ed. Editorial: Mundi Prensa S.A, 2003, pp 960.

SAUQUILLO A., Rigol A. y Rauret G. Overview of the use of leaching/extraction tests for risk assessment of trace metals in contaminated soils and sediments. ELSEVIER [en línea], pp. 152–159, 2003.[Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993603003030>

ROLDAN MARTIN, Adriana e ITURBE ARGUELLES, Rosario. Saneamiento de suelos contaminados con hidrocarburos mediante biopilas. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MEXICO [en línea], pp.16, 2002. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2018]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/237751497_SANEAMIENTO_DE_SUELOS
_CONTAMINADOS_CON_HIDROCARBUROS_MEDIANTE_BIOPILAS](https://www.researchgate.net/publication/237751497_SANEAMIENTO_DE_SUELOS_CONTAMINADOS_CON_HIDROCARBUROS_MEDIANTE_BIOPILAS)

RUBIO, C. El plomo como contaminante alimentario. Revista de Toxicología [en línea], pp. 1-10. [Fecha de consulta: 01 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/919/91921303.pdf>

SHAXSON F. y BARBER R. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. FAO. [en línea], pp. 1-131. [Fecha de consulta: 01 de noviembre del 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/134500373/Shaxson-2005>

TORIBIO-JIMÉNEZ, Jeiry et al. Pseudomonas sp productoras de biosurfactantes. Tlamati. 5.2 [en línea], pp. 66-82, 2014 [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://tlamati.uagro.mx/t52/t529.pdf>

VACA SANCHEZ, Sara Andrea. Estudio de biosurfactantes para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Facultad de Ciencias [en línea], 2016, pp. 1-106. [Fecha de consulta: 10 de noviembre]. Disponible en: < <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5664>>

VEGA BARRIO, N. Metales pesados en suelos y sus efectos sobre la salud. Universidad Complutense [en línea], pp. 1-20, (2017). [Fecha de consulta: 01 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NOELIA%20BARRIO%20VEGA.pdf>

VIGNESHWARAN C. y SIVASUBRAMANIAN V. Evaluation of biosurfatant potential from *Brevibacillus* sp AVN 13 for remediation of hydrocarbons and heavy metals. India. Revista Carbono: Ciencia y Tecnología [en línea], 2019, pp [Fecha de consulta: 6 de abril del 2019]. Disponible en: 1-9 [Fecha de consulta: 6 de abril del 2019]. Disponible en: <https://doaj.org/article/0afb07d29af94759bc8c9018c1d23dd3> VIJAYANAND S. et al. BIOREMEDIATION OF HEAVY METALS USING BIOSURFACTANT PRODUCING MICROORGANISMS. India. Revista: Researchgate [en línea], Vol 6, 2015 [Fecha de consulta: 1 de noviembre del 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283014347_BIOREMEDIATION_OF_HEAVY_METALS_USING_BIOSURFACTANT_PRODUCING_MICROORGANISMS

WOLF, D. y GAN, J. Influence of rhamnolipid biosurfactant and Brij-35 synthetic surfactant on ¹⁴C-Pyrene mineralization in soil. ScienceDirect [en línea], vol. 243, 2018. [Fecha de consulta: 30 de enero del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118334092>

YANG, Z. Combination of bioleaching by gross bacterial biosurfactants and flocculation: A potential remediation for the heavy metal contaminated soils. Pubmed [en línea], 2018. [Fecha de consulta: 30 de enero del 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29730568>

ZAVALETA GARCIA, Amaro. Edafología, el suelo con relación a la producción. Lima. 1° ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). 1992. pp. 222.

ZHIHUI Y. et al. Combination of bioleaching by gross bacterial biosurfactants and flocculation: A potential remediation for the heavy metal contaminated soils. *Chemosphere*. 2018 Apr 30; 206: 83–91. (2018). doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.04.166

ZOUARI, O., LECOUTURIER, D., ROCHEX, A. et al. Bio-emulsifying and biodegradation activities of syringafactin producing *Pseudomonas* spp. strains isolated from oil contaminated soils. Springer Netherlands. *Biodegradation* (2018). DOI. <https://doi.org/10.1007/s10532-018-9861-x>. ISSN 0923-9820

ANEXOS

Anexo 1 – MATRIZ OPERACIONAL

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
bioaumentación de biosurfactantes	La bioaumentación es una tecnología de biorremediación para el tratamiento de sitios impactados con plaguicidas en donde se aumenta la microbiota con la adición de microorganismos exógenos o por el incremento de microorganismos nativos con capacidades de degradación de los compuestos contaminantes. Estos microorganismos han sido estudiados por su capacidad degradadora de	Es un procedimiento de biorremediación, mediante el cual haciendo uso de las cepas microbianas adecuadas, se procede con la degradación de metales pesados en el suelo.	Características físicas	Temperatura	°C
				Porosidad	%
				Densidad	g/cm ³
			Características químicas	pH	pH
			cepas	Volumen de producción Pseudomonas	UCF/ml
Medio de soporte (biopilas)	Kg				

	hidrocarburos, así como su capacidad productora de biosurfactantes. (Pérez-Vargas,2015)				
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
Suelo Agrícola contaminado	El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas. (FAO,2015)	El suelo agrícola debe presentar las características fisicoquímicas óptimas para la aplicación del método usando biosurfactantes. Es el medio en el cual se va a desarrollar las sepas microbianas que captarán el metal pesado Plomo (Pb).	Características físicas	Temperatura	°C
				Textura	mm
				Porosidad	%
				Densidad	mg/L
				Estructura	--
				Capacidad de campo	% agua
			Características químicas	pH	pH
				Saturación de bases	%
				Intercambio catiónico	mg/L
				Conductividad	μS/cm
				Relación C/N	%

ANEXO 2 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA
PROBLEMA GENERAL ¿Cuánto será la reducción de la concentración del plomo en suelo agrícola mediante el método de bioaugmentación de biosurfactantes en Hacienda	OBJETIVO GENERAL Determinar el porcentaje de degradación del Plomo del suelo agrícola utilizando el método de bioaugmentación de biosurfactantes en Hacienda	HIPÓTESIS GENERAL El método de bioaugmentación de biosurfactantes es eficaz para degradar el plomo en suelo agrícola en Hacienda - Mandinga - Huarmey	Variable Dependiente Suelo agrícola Contaminado con plomo	El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el	El suelo agrícola debe presentar las características físicas óptimas para la aplicación del método. Es el medio en el cual se va a desarrollar las sepas	Características físicas	Temperatura	°C
							Textura	mm
							Porosidad	%
							Densidad	mg/L
							Estructura	---
							Capacidad de campo	%agua
						Características químicas	pH	pH
							Saturación de bases	%
							Intercambio catiónico	mg/L

<p>Mandinga-Huarmey?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuán óptimos son los biosurfactantes como medios biotecnológicos para el tratamiento de suelos contaminados por plomo? • ¿Cuál será el efecto de la 	<p>Mandinga-Huarmey 2019</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las concentraciones óptimas de los biosurfactantes en relación con las características del suelo agrícola para el tratamiento por contaminación 	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <p>S</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los biosurfactantes son óptimos medios biotecnológicos para el tratamiento de suelos contaminados por plomo en Hacienda Mandinga - Huarmey. 	<p>suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas. (FAO,2015)</p>	<p>microbianas que captarán el metal pesado Plomo (Pb).</p>		Conductividad	μS/cm	
						Relación c/n	%	
						Plomo	ppm	
			<p>Variable Independiente</p> <p>Bioaumentación de biosurfactantes</p>	<p>La bioaumentación es una tecnología de biorremediación para el tratamiento de sitios impactados</p>	<p>Es un procedimiento de biorremediación, mediante el cual haciendo uso de las sepas</p>	<p>Características físicas</p>	Temperatura	° C
							Porosidad	%
							Densidad	g/cm ³

bioaumentación de biosurfactantes en biopilas en relación con el nivel cero? • ¿Qué dosis de biosurfactantes presenta mayor efectividad para la reducción del plomo en suelos agrícolas?	de plomo en Hacienda Mandinga-Huarmey.	• La bioaumentación de biosurfactantes en genera cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo agrícola de la Hacienda Mandinga – Huarmey.		con plaguicidas en donde se aumenta la microbiota con la adición de microorganismos exógenos o por el incremento de microorganismos nativos con capacidades de degradación de los compuestos contaminantes. Estos microorganismos han sido estudiados por su capacidad degradadora de hidrocarburos, así como su	microbianas adecuadas, se procede con la degradación de metales pesados.	Características químicas	pH	
	• Determinar los niveles eficientes de bioaumentación de los biosurfactantes en biopilas de acuerdo con sus características físicas y químicas para la degradación del plomo en suelo agrícola en Hacienda - Huarmey.						Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$
							Pseudomonas	UFC

	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar qué propiedades fisicoquímicas del suelo agrícola de la Hacienda Mandinga-Huarmey cambian con la bioaumentación de biosurfactantes 			<p>capacidad productora de biosurfactantes. (Pérez-Vargas,2015)</p>				
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	-------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

ANEXO 3 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO A1



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Tello Hendaivil Verónica
 1.2. Cargo e institución donde labora: Escuela Ing Ambiental - Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de muestreo de suelo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Bolívar Veramatos Yanire y De Paz Ríos Ailsson Estefanía

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4 ORGANIZACION	Existe una organización lógica.												X	
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9 METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 04 de abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

ANEXO 4 – FICHA DE MUESTREO DE SUELO 1

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY			INSTRUMENTO #01						
FICHA DE MUESTREO DE SUELO											
DATOS GENERALES											
Nombre del sitio en estudio:		Departamento y provincia:									
Uso principal:		Dirección del lugar:									
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO											
NOMBRE DEL PUNTO DE MUESTREO		OPERADOR									
COORDENADAS		DESCRIPCIÓN DE LA SUPERFICIE									
TEMPERATURA (°C)		PRECIPITACIÓN (L/m2)									
TIPO DE MUESTREO		HERRAMIENTAS USADAS									
OBSERVACIÓN		NAPA FREÁTICA (SI/NO, profundidad en metros)									
DATOS DE LA MUESTRA											
CÓDIGO DE LA MUESTRA	FECHA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	CANTIDAD DE MUESTRA (Kilogramos)	TIPO DE MUESTRA	CONSISTENCIA (Suelto- Firme)	COLOR	TEXTURA (Arena, Limo, Arcilla)	COORDENADAS UTM		ALTITUD
									X	Y	
SMH -1											
SMH -2											
SMH -3											
SMH -4											
SMH -5											
SMH -6											

[Handwritten Signature]
 CIP = 98633

ANEXO 5 - VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO B1



DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombre: **Tello Mendivil Verónica**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Escuela Tny Ambiental** Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato para la identificación de los parámetros físicos y químicos del bioanfitrión para la obtención de la bacteria**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Bolívar Yacamano Yauri y De Paz Ríos Allison Estefanía**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. COHERENCIA	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													X
5. SECTEUNIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
 El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 04 de abril del 2019


 EXPERTO INFORMANTE

ANEXO 6 – Formato para la identificación de los parámetro físicos y químicos del biosurfactante 1

UCV UNIVERSIDAD CAROLINA VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY				INSTRUMENTO #02	
FORMATO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BIOSURFACTANTE PARA LA OBTENCIÓN DE LA BACTERIA							
Datos del observador				Datos del laboratorio			
Nombres y Apellidos		Nombre del laboratorio		Ubicación		Observaciones	
Teléfonos		Ubicación		Teléfono		Densidad	
E-mail		Volumen de producción de la bacteria		N° de colonias		pH	
Semana nº		Identificación de microorganismos		Temperatura °C		Unidad de pH	
Muestra		Volumen del Biosurfactante ml		UFC/ml		mg/L	
1	M1						
2	M2						
3	M3						

[Handwritten signature]
C.R. 92633

ANEXO 7- VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO C1



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Tello Mendivil Verónica
 I.2. Cargo e institución donde labora: Escuela Ing. Ambiental - Universidad César Vallejo
 I.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de observación para la biodegradación del Plomo
 I.5. Autor(A) de Instrumento: Bolívar Veramatos Yanire y De Paz Ríos Alisson Estefanía

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SÍ

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 04 de abril del 2019

Tello Mendivil Verónica
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

ANEXO 8 – Ficha de observación para la biodegradación del plomo 1

		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY				INSTRUMENTO #03	
FICHA DE OBSERVACIÓN PARA LA BIODEGRADACIÓN DEL PLOMO							
Datos del observador				Datos del laboratorio			
Nombres y Apellidos		Nombre del laboratorio		Ubicación			
Teléfonos		Ubicación		Teléfono			
E-mail							
Semana nº	Tratamiento	% del contaminante	% de biodegradación	Temperatura	Densidad	PH	Potencial redox
		mg/kg	mg/kg	°C	mg/L	Unidad de pH	mV
1	T1						
	T2						
	T3						
	T0						
2	T1						
	T2						
	T3						
	T0						
3	T1						
	T2						
	T3						
	T0						

Handwritten signature and text:
 CIP. 98633

ANEXO 9 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO D1



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Tello Mendivil Verónica
 1.2. Cargo e institución donde labora: Escola Ing. Ambiental - Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato para identificar la efectividad del biosurfactante
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Bolívar Veramatos Yanire y De Paz Ríos Alisson Estefania

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 04 de abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI No Telf:

ANEXO 10 – Formato para identificar la efectividad del biosurfactante 1

		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUAPAMEY				INSTRUMENTO #24				
		FORMATO PARA IDENTIFICAR LA EFECTIVIDAD DEL BIOSURFACTANTE								
Datos del responsable		Datos del laboratorio								
Nombres y Apellidos		Nombre del laboratorio								
Telefonos		Ubicación								
E-mail		Teléfono								
Semana nº	Muestra	Fecha	Hora	Cantidad de biosurfactante (%)	Características y condiciones de efectividad del biosurfactante					
					Temperatura	PH	Oxidación redox	Oxígeno disponible	Índice de emulsión	Conductividad Eléctrica
					Concentración miscelar crítica	Unidad de pH	mg/L	mg/L	%	Us/cm
					°C					
1	T0									
	T1			5%						
	T2			10%						
	T3			15%						
2	T0									
	T1			5%						
	T2			10%						
	T3			15%						
3	T0									
	T1			5%						
	T2			10%						
	T3			15%						

Roberto Hernández V.
C.I.P. 986633

ANEXO 11 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO A2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Elmer Benites Alfaro
 1.2 Cargo e institución donde labora: Jefe de proyecto de investigación - Universidad César Vallejo
 1.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de muestreo de suelo
 1.5 Autor(A) de Instrumento: Bolívar Veramatos Yanire y De Paz Ríos Alisson Estefania

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9 METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

S
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 04 de abril del 2019

FIRMA DEL RESPONSABLE DEL INSTRUMENTO

ALMER GONZALES BENITES ALFARO

INGENIERO QUÍMICO

DNI No. [] Reg. CP N° 1199 []

ANEXO 12 – FICHA DE MUESTREO DE SUELO 2

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY		INSTRUMENTO #01							
FICHA DE MUESTREO DE SUELO											
DATOS GENERALES											
Nombre del sitio en estudio:		Departamento y provincia:									
Uso principal:		Dirección del lugar:									
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO											
NOMBRE DEL PUNTO DE MUESTREO		OPERADOR									
COORDENADAS		DESCRIPCIÓN DE LA SUPERFICIE									
TEMPERATURA (°C)		PRECIPITACIÓN (L/m ²)									
TIPO DE MUESTREO		HERRAMIENTAS USADAS									
OBSERVACIÓN		NAPA FREÁTICA (SI/NO, profundidad en metros)									
DATOS DE LA MUESTRA											
CÓDIGO DE LA MUESTRA	FECHA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	CANTIDAD DE MUESTRA (Kilogramos)	TIPO DE MUESTRA	CONSISTENCIA (Suelto- Firme)	COLOR	TEXTURA (Arena, Limo, Arcilla)	COORDENADAS UTM		ALTITUD
									X	Y	
SMH -1											
SMH -2											
SMH -3											
SMH -4											
SMH -5											
SMH -6											


EDER GONZÁLEZ BENTES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CP Nº 11396

ANEXO 13 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO B2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Elmer Benites Alfaro
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Jefe de proyecto de investigación - Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato para la identificación de los parámetros físicos y químicos del biosurfactante para la obtención de la bacteria
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Bolivar Veramatos Yanire y De Paz Rios Alisson Estefania

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9 METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

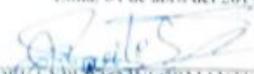
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

3/
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 04 de abril del 2019


 FIRMA DEL(A) PARTICIPANTE
 ELMER BENITES ALFARO
 DNI No. _____
 RUC C/ N° 1788

ANEXO 14 – Formato para la identificación de los parámetro físicos y químicos del biosurfactante 2

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY				INSTRUMENTO #02	
FORMATO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BIOSURFACTANTE PARA LA OBTENCIÓN DE LA BACTERIA							
Datos del observador			Datos del laboratorio				
Nombres y Apellidos		Nombre del laboratorio		Temperatura	pH	Densidad	Observaciones
Teléfonos		Ubicación					
E-mail		Teléfono		Volumen de producción de la bacteria	N° de colonias	mg/L	
Semana n°	Muestra	Volumen del Biosurfactante	Identificación de microorganismos				
		ml		°C			
1	M1						
2	M2						
3	M3						


 ELMER GONZÁLEZ BENITES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CP. N° 11596

ANEXO 15 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO C2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Elmer Benites Alfaro
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Jefe de proyecto de investigación - Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de observación para la biodegradación del Plomo
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Bolivar Veramatos Yanire y De Paz Rios Alisson Estefanía

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI
-

98 %

Lima, 04 de abril del 2019

FIRMA DEL AUTOR DEL INSTRUMENTO EVALUADO

DNI No. 71996111

ANEXO 16 – Ficha de observación para la biodegradación del plomo 2

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY				INSTRUMENTO #03	
FICHA DE OBSERVACIÓN PARA LA BIODEGRADACIÓN DEL PLOMO							
Datos del observador				Datos del laboratorio			
Nombres y Apellidos		Nombre del laboratorio		Ubicación		Potencial redox	
Teléfonos		Ubicación		Teléfono		mV	
E-mail		Temperatura		Densidad		PH	
Tratamiento		°C		mg/L		Unidad de pH	
Semana nº	% del contaminante mg/kg	% de biodegradación mg/kg	Observaciones				
1	T1						
	T2						
	T3						
	T0						
2	T1						
	T2						
	T3						
	T0						
3	T1						
	T2						
	T3						
	T0						


ELMER GONZALES BENITES ALPARÓ
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CP. N° 71990

ANEXO 17 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO D2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Elmer Benites Alfaro
- 1.2. Cargo e institución donde labora: jefe de proyecto de investigación - Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato para identificar la efectividad del biosurfactante
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Bolivar Veramatos Yanire y De Paz Rios Alisson Estefania

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos													X
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9 METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

3/
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 04 de abril del 2019


 FIRMA DEL VICERRECTOR ADMINISTRATIVO
 DNI No. _____

ANEXO 18 – Formato para identificar la efectividad del biosurfactante 2

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY					INSTRUMENTO #04		
FORMATO PARA IDENTIFICAR LA EFECTIVIDAD DEL BIOSURFACTANTE									
Datos del responsable			Datos del laboratorio						
Nombres y Apellidos			Nombre del laboratorio			Oxidación redox			
Telefonos			Ubicación			Índice de emulsión			
E-mail			Teléfono			Conductividad Eléctrica			
Semana nº	Muestra	Fecha	Hora	Cantidad de biosurfactante (%)	Características y condiciones de efectividad del biosurfactante				
					Temperatura eC	Concentración miscelar crítica mg/L	PH Unidad de pH	Oxígeno disponible mg/L	%
1	T0								
	T1			5%					
	T2			10%					
	T3			15%					
2	T0								
	T1			5%					
	T2			10%					
	T3			15%					
3	T0								
	T1			5%					
	T2			10%					
	T3			15%					


BLANCA GONZÁLEZ BENTES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CP. N° 11196

ANEXO 19 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO A3



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Aylas Humareda María del Carmen
 5.2. Cargo e institución donde labora: Escuela Ing. Ambiental - Universidad César Vallejo
 5.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de muestreo de suelo
 5.5. Autor(A) de Instrumento: Bolívar Veramatos Yanire y De Paz Ríos Alisson Estefanía

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9 METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

45 %

Lima, 03 de abril del 2019

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

DNI No.

Tel:

07733045

99012#99

ANEXO 20 – FICHA DE MUESTREO DE SUELO 3

 UNIVERSIDAD CECILIA VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY	INSTRUMENTO #01								
FICHA DE MUESTREO DE SUELO											
DATOS GENERALES											
Nombre del sitio en estudio:		Departamento y provincia:									
Uso principal:		Dirección del lugar:									
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO											
NOMBRE DEL PUNTO DE MUESTREO	OPERADOR										
COORDENADAS	DESCRIPCIÓN DE LA SUPERFICIE										
TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (L/m2)										
TIPO DE MUESTREO	HERRAMIENTAS USADAS										
OBSERVACIÓN	NAPA FREÁTICA (SI/NO, profundidad en metros)										
DATOS DE LA MUESTRA											
CÓDIGO DE LA MUESTRA	FECHA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	CANTIDAD DE MUESTRA (Kilogramos)	TIPO DE MUESTRA	CONSISTENCIA (Suelto- Firme)	COLOR	TEXTURA (Arena, Limo, Arcilla)	COORDENADAS UTM		ALTITUD
									X	Y	
SMH-1											
SMH-2											
SMH-3											
SMH-4											
SMH-5											
SMH-6											


 0733045

ANEXO 21 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO B3



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ayala Humpredo Maria del Carmen
 1.2. Cargo e institución donde labora: Escuela Ing Ambiental - Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato para la identificación de los parámetros físicos y químicos del biosurfactante para la obtención de la bacteria
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Bolívar Vcrmatos Yanire y De Paz Rios Alisson Estefanía

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9 METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

--	--

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

" "

Lima, 04 de abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. Telf.

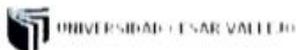
07733016 99027794

ANEXO 22 – Formato para la identificación de los parámetro físicos y químicos del biosurfactante 3

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY				INSTRUMENTO #02		
FORMATO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BIOSURFACTANTE PARA LA OBTENCIÓN DE LA BACTERIA								
Datos del observador				Datos del laboratorio				
Nombres y Apellidos		Nombre del laboratorio		Ubicación		Observaciones		
Teléfonos		Ubicación		Teléfono				
E-mail								
Semana n°	Muestra	Volumen del Biosurfactante		Identificación de microorganismos	Volumen de producción de la bacteria	Temperatura	pH	Densidad
		ml	UFC/ml					
1	M1							
2	M2							
3	M3							

[Handwritten signature]
077 33045

ANEXO 23 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO C3



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Aylos Humareda Maria del Carmen
 1.2 Cargo e institución donde labora: Escuela de Ing Ambiental - Universidad César Vallejo
 1.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de observación para la biodegradación del Plomo
 1.5 Autor(A) de Instrumento: Bolivar Veramatos Yanire y De Paz Rios Alisson Estefania

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9 METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SÍ

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 04 de abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No _____ Telf _____

07433415 990127196

ANEXO 24 - Ficha de observación para la biodegradación del plomo 3

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY				INSTRUMENTO #03	
FICHA DE OBSERVACIÓN PARA LA BIODEGRADACIÓN DEL PLOMO							
Datos del observador				Datos del laboratorio			
Nombres y Apellidos		Nombre del laboratorio		Ubicación		Teléfono	
Teléfonos		Temperatura		Densidad		PH	
E-mail		°C		mg/L		Unidad de pH	
%		%		%		%	
del		de		de		de	
contaminante		biodegradación		biodegradación		biodegradación	
mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg	
Tratamiento		Temperatura		Densidad		PH	
m ³		°C		mg/L		Unidad de pH	
1	T1						
	T2						
	T3						
	T0						
2	T1						
	T2						
	T3						
	T0						
3	T1						
	T2						
	T3						
	T0						

[Handwritten Signature]
07733045

ANEXO 25 – VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO D3



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Aylos Humareda Maria del Carmen
 1.2. Cargo e institución donde labora: Escuela de Ing Ambiental - Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato para identificar la efectividad del biosurfactante
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Bolivar Veramatos Yanire y De Paz Rios Alisson Estefania

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X	X	
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X	X	
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X	X	
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X	X	
9 METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X	X	
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Sí
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95

Lima, 04 de abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No: 07733045 Telf: 990127774

ANEXO 26 – Formato para identificar la efectividad del biosurfactante 3

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		DEGRADACIÓN DEL PLOMO EN SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE EL MÉTODO DE BIOAUMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES EN BIOPILAS EN HACIENDA MANDINGA - HUARMEY				INSTRUMENTO #04						
FORMATO PARA IDENTIFICAR LA EFECTIVIDAD DEL BIOSURFACTANTE												
Datos del responsable				Datos del laboratorio								
Nombres y Apellidos		Nombre del laboratorio		Ubicación								
Teléfonos		Ubicación		Teléfono								
E-mail												
Semana nº	Muestra	Fecha	Hora	Cantidad de biosurfactante	Efectividad (%)	Características y condiciones de efectividad del biosurfactante						
						Temperatura	Concentración miscelar crítica	PH	Oxidación redox	Oxígeno disponible	Índice de emulsión	Conductividad Eléctrica
						°C	mg/L	Unidad de pH	mV	mg/L	%	Us/cm
1	T0											
	T1			5%								
	T2			10%								
	T3			15%								
2	T0											
	T1			5%								
	T2			10%								
	T3			15%								
3	T0											
	T1			5%								
	T2			10%								
	T3			15%								

[Handwritten Signature]
07733045

ANEXO 27 – Análisis de Pb en muestra de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE MUESTRAS

SOLICITADO POR : ALISSON ESTEFANIA DE PAZ RIOS

Procedencia de la Muestra : Hacienda Mandinga - Huarmey

Recepción de Muestra : Lima, 4 de mayo del 2019

ANALISIS DE MUESTRAS POR Pb

Código	Peso (mg/ml)	Pb (mg/Kg)
SMH - Inicial	250	96.6

PRUEBAS CON BIOSURFACTANTE

Muestra	Vol (ml)	Pb (mg/L)
BMH – 1%	20/20	3.13
BMH – 5%	20/20	2.76
BMH – 10%	20/20	2.57

Método Espectrometría (EPA 350)	Técnica: Absorción Atómica
---------------------------------	----------------------------

Lima, 06 de Mayo del 2019


MSc. Attilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301 Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail labespectro@uni.edu.pe

ANEXO 28 – Caracterización del suelo de Mandinga



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS DE SUELOS - CARACTERIZACIÓN

SOLICITADO POR : ALISSON ESTEFANIA DE PAZ RIOS

Procedencia de la Muestra : Hacienda Mandinga - Huarmey

Recepción de Muestra : Lima, 25 de Abril del 2019

Código	T°C	pH Relación: 1:1	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$ Relación: 1:1	Eh mv Relación: 1:1
SHM - inicial	24.8	7	6310	-99.7

Código	%Mo	P (ppm)	K (ppm)	CIC Total
SHM - inicial	0.9	18.08	100.04	22.60

Código	%Arena	%Limo	%Arcilla	%Porosidad total
SHM - inicial	42	27	31	52.1198

Código	Humedad Gravimétrica %HG	Contenido Volumétrico de agua	Capacidad de campo %CC	Punto de marchitez %PMP
SHM - inicial	10.495	13.75	35.32	20.952

Código	Densidad Real (gr/cm^3)	Densidad Relativa (gr/cm^3)	Conductividad Hidráulica (cm/s)	NO_3^- ($\text{gr}/100\text{ml}$)
SHM - inicial	2.736	1.31	0.013	40.005

Método Potenciométrico	Técnica multiparámetro
Método espectrofotometría (EPA 350)	Técnica Absorción Atómica
Método Variación de peso	Técnica Picnómetro

Lima, 27 de Abril del 2019


MSc. Atilio Mandoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail labespectro@uni.edu.pe

ANEXO 29 – Análisis microbiológico diferencial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DIFERENCIAL - N° DE BACTERIAS SPEUDOMONAS
EURAGINOSA SEMBRADAS EN SUELO DE TRATAMIENTO

SOLICITADO POR: ALISSON ESTEFANIA DE PAZ RIOS

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: HACIENDA MANDINGA – HUARMEY

RECEPCION DE MUESTRA: 18 DE JUNIO DEL 2019

Código	N° DE COLONIAS EN 100 ml
N° de colonias	(Carga mayor+carga media+carga menor)*factor
CA – carga mayor	8
CM – carga media	5
CB – carga baja	3
Promedio	$(8+5+3) / 3 = 5.3 * 65 = 346.6$ colonias por placa

Código	Peso de suelo	Volumen del biosurfactante	N° de colonias	UFC/15 ml
SMH - 1%	1500 gr.	15 ml	4.34	5190
SMH - 5%	1500 gr.	75 ml	21.68	7958
SMH - 10%	1500 gr.	150 ml	43.35	15224



Agar Cetramide: Inicial

1%

5%

10%

Membrana filtrante	Técnica bomba de vacío
Incubación x 24 horas -35 °C	Técnica placa Petri
Medio	Agar CETRIMIDE
UFC	Unidades Formadoras de Colonias

Lima, 27 de Junio del 2019

Atilio Mendoza A.

MSc: Atilio Mendoza A.

Jefe Lab. ESPECTROMETRIA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



ANEXO 30 – Análisis de Pb en suelo post tratamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS DE NUEVE MUESTRAS DE SUELOS DE TRATAMIENTO

SOLICITADO POR : ALISSON DE PAZ RÍOS

Procedencia de muestras : Hacienda Mandinga –Huarmey (Digestados)

Recepción de muestras : Lima, 13 de Junio del 2019

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Tratamiento	Suelos tratados	Pb(mg/Kg)
Primer tratamiento	T1-1%	92
	T1-5%	90
	T1-10%	88
Segundo tratamiento	T2-1%	90
	T2-5%	88
	T2-10%	82
Tercer tratamiento	T3-1%	87
	T3-5%	81
	T3-10%	76

Método de análisis : Absorción Atómica EPA-350

Lima, 17 de Junio del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANEXO 31 – Análisis de suelo durante la primera etapa del tratamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

PRIMER TRATAMIENTO CON BIOSURFACTANTE – 15 DIAS

NOMBRE: ALISSON ESTEFANIA DE PAZ RIOS

PROCEDENCIA: HACIENDA MANDINGA – HUARMEY

FECHA: 16 DE JUNIO DEL 2019

Código	T°C	CE $\mu\text{S/cm}$	pH Relación 1:1	Eh mv relación 1:1
SMT1-1%	20	4280	7.68	- 81.5
SMT1-5%	20	4286	7.71	- 105
SMT1-10%	20	6470	7.56	- 122

Código	%Humedad gravimétrica	Contenido volumétrico de agua	Capacidad de campo	Punto de marchitez
SMT1 – 1%	20.61	15.85	40.52	30.10
SMT1 – 5%	21.71	15.48	40.01	29.98
SMT1 – 10%	19.88	14.56	39.45	25.65

Código	%MO	P (ppm)	K(ppm)	Ca ⁺⁺ Cmol/kg
SMT1 – 1%	12.00	20.01	100.23	0.890
SMT1 – 5%	12.20	20.23	100.32	0.893
SMT1 – 10%	13.00	20.89	100.45	0.899

Código	NO ₃ ⁻ g/100ml	C/N	CIC Total
SMT1 – 1%	41.00	0.56	23.19
SMT1 – 5%	41.56	0.58	23.65
SMT1 – 10%	41.84	0.69	23.84

Método Potenciométrico	Técnica multiparámetro digital
Método Kjeldahl	Técnica destilación y volumetría
Método de walkley - Black	Técnica volumetría
Método EPA 350	Técnica Espectrofotometría de A.A.

ANEXO 32 - Análisis de suelo durante la segunda etapa del tratamiento

SEGUNDO TRATAMIENTO CON BIOSURFACTANTE – 30 DIAS

NOMBRE: ALISSON ESTEFANIA DE PAZ RIOS

PROCEDENCIA: HACIENDA MANDINGA – HUARMEY

FECHA: 16 DE JUNIO DEL 2019

Código	T°C	CE μ S/cm	pH Relación 1:1	Eh mv relación 1:1
SMT2-1%	20	3120	7.26	- 126
SMT2-5%	20	5540	7.62	- 127.4
SMT2-10%	20	6230	7.75	- 130.6

Código	%Humedad gravimétrica	Contenido volumétrico de agua	Capacidad de campo	Punto de marchitez
SMT2 – 1%	23.13	20.21	39.67	26.25
SMT2 – 5%	23.55	19.45	44.36	30.75
SMT2 – 10%	21.93	21.65	46.27	35.17

Código	%MO	P (ppm)	K(ppm)	Ca** Cmol/kg
SMT2 – 1%	17	19.70	101.38	0.999
SMT2 – 5%	25	22.80	115.59	1.003
SMT2 – 10%	47	24.91	121.15	1.015

Código	NO ₃ ⁻ g/100ml	C/N	CIC Total
SMT2 – 1%	48	0.59	23.36
SMT2 – 5%	59	0.67	24.15
SMT2 – 10%	68	0.85	25.96

Método Potenciométrico	Técnica multiparámetro digital
Método Kjeldahl	Técnica destilación y volumetría
Método de walkley - Black	Técnica volumetría
Método EPA 350	Técnica Espectrofotometría de A.A.

ANEXO 33 - Análisis de suelo durante la tercera etapa del tratamiento

TERCER TRATAMIENTO CON BIOSURFACTANTE – 45 DIAS

NOMBRE: ALISSON ESTEFANIA DE PAZ RIOS

PROCEDENCIA: HACIENDA MANDINGA – HUARMEY

FECHA: 16 DE JUNIO DEL 2019

Código	T°C	CE $\mu\text{S/cm}$	pH Relación 1:1	Eh mv relación 1:1
SMT3-1%	20	3180	7.87	- 124.90
SMT3-5%	20	6001	7.88	- 126.12
SMT3-10%	20	5860	7.50	- 116.20

Código	%Humedad gravimétrica	Contenido volumétrico de agua	Capacidad de campo	Punto de marchitez
SMT3 – 1%	19.74	24.23	20.81	39.87
SMT3 – 5%	19.89	24.75	19.95	44.96
SMT3 – 10%	18.97	22.43	21.99	46.97

Código	%MO	P (ppm)	K(ppm)	Ca ⁺⁺ Cmol/kg
SMT3 – 1%	17.89	19.98	101.86	0.999
SMT3 – 5%	25.23	23.01	115.99	1.003
SMT3 – 10%	47.65	25.03	121.65	1.015

Código	NO ₃ ⁻ g/100ml	C/N	CIC Total
SMT3 – 1%	49	0.65	23.96
SMT3 – 5%	60	0.72	24.87
SMT3 – 10%	69	0.91	26.01

Método Potenciométrico	Técnica multiparámetro digital
Método Kjeldahl	Técnica destilación y volumetría
Método de walkey - Black	Técnica volumetría
Método EPA 350	Técnica Espectrofotometría de A.A.

Lima, 20 Junio 2019


 Msc. Atilio Mendoza A.
 Jefe Laboratorio Espectrometría

