

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**BIORREMEDIACIÓN BACTERIANA DEL CADMIO EN SUELOS
AGRÍCOLAS PRODUCTORES DE “CACAO” (*Theobroma cacao* L.)
DE LA COOPERATIVA AGRARIA INDUSTRIAL NARANJILLO,
TINGO MARÍA, HUÁNUCO**

CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

Asesor: Mg. Juan Carlos Ramos Gorbeña

Lima, Perú

2021

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



BIORREMEDIACIÓN BACTERIANA DEL CADMIO EN SUELOS
AGRÍCOLAS PRODUCTORES DE “CACAO” (*Theobroma cacao* L.)
DE LA COOPERATIVA AGRARIA INDUSTRIAL NARANJILLO,
TINGO MARÍA, HUÁNUCO

CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

Asesor: Mg. Juan Carlos Ramos Gorbeña

Lima, Perú

2021

2

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



BIORREMEDIACIÓN BACTERIANA DEL CADMIO EN SUELOS
AGRÍCOLAS PRODUCTORES DE “CACAO” (*Theobroma Cacao* L.) DE LA
COOPERATIVA AGRARIA INDUSTRIAL NARANJILLO, TINGO MARÍA,
HUÁNUCO

CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA

MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE: DR. TOMÁS AGURTO SÁENZ

SECRETARIO: DR. JOSÉ IANNAcone OLIVER

VOCAL: M.V. FRANCO CEINO GORDILLO

ASESOR: Mg. JUAN CARLOS RAMOS GORBEÑA

DEDICATORIA

A mis padres, Justo de los Ríos y Lidia Silva

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que me dieron la oportunidad de realizarme profesionalmente y que siempre me apoyaron en esta aventura de convertirme en bióloga.

A las amigas más cercanas que hice durante mi carrera universitaria: Andrea Villaseca, Andrea Cuba y Fátima Villalobos que siempre llevo en mi corazón.

Al personal de la Cooperativa Agraria Industrial “Naranjillo” por su tiempo, generosidad y facilidades brindadas para la recolección de las muestras de suelo empleadas para el presente trabajo de investigación.

A mi asesor de tesis, el profesor Mg. Juan Carlos Ramos Gorbeña por la paciencia, conocimientos enseñados y buena disposición para ayudarme en la elaboración de la parte experimental de la presente tesis.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.3. OBJETIVOS	27
II. MARCO TEÓRICO	28
2.1. "Cacao" <i>Theobroma cacao</i>	28
2.1.1. Generalidades	28
2.1.2. Variedades.....	30
2.1.3. Clasificación Comercial	32
2.1.4. Derivados y Subproductos del Cacao	33
2.2. Comercialización y Exportación del Cacao.....	34
2.3. Metales Pesados	37
2.3.1. Cadmio.....	38
2.4. Biorremediación.....	41
2.5. Género <i>Bacillus</i>	42
2.6. Género <i>Streptomyces</i>	44
III. ANTECEDENTES	46
IV. HIPÓTESIS.....	49
V. MATERIALES Y METODOLOGÍA	49
5.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	49
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	50
5.3. VARIABLES	50
5.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	50
5.5. MUESTREO	51
5.6. PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS	53
5.6.1. PROCEDIMIENTOS.....	53

5.6.2. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	74
5.7. ASPECTO ÉTICO	74
VI. RESULTADOS	75
VII. DISCUSIONES	104
VII. CONCLUSIONES	111
VII. RECOMENDACIONES	113
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
IX. ANEXOS	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción Detallada de las Variables a Evaluar	50
Tabla 2. Coordenadas Geográficas de las Parcelas a Evaluar de la Cooperativa Agraria Industrial “Naranjillo”	51
Tabla 3. Cepas Utilizadas en los Tratamientos TR1 y TR2	65
Tabla 4. Cepas Utilizadas en el Recuento Bacteriano	68
Tabla 5. Rangos del Factor de Contaminación	72
Tabla 6. Rangos del Factor de Riesgo Ecológico	73
Tabla 7. Resumen de la Caracterización Físico – Química de las Muestras de Suelo Pertenecientes a las Parcelas Estudiadas	75
Tabla 8. Pruebas de Normalidad Aplicadas a las Variables de Caracterización de las Muestras de Suelo de las Parcelas Estudiadas	81
Tabla 9. La clasificación e Interpretación de los Valores de los Resultados de las Correlaciones de Pearson y Spearman	83
Tabla 10. Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS pH	86
Tabla 11. Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Materia Orgánica	87
Tabla 12. Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Arcilla	87
Tabla 13. Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Calcio	88
Tabla 14. Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Magnesio	88
Tabla 15. Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Fósforo	89
Tabla 16. Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Potasio	89

Tabla 17. Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Nitrógeno _____	90
Tabla 18. Cepas Utilizadas en el Tratamiento 1 “TR1” _____	96
Tabla 19. Cepas Utilizadas en el Tratamiento 2 “TR2” _____	99
Tabla 20. Resultados del Recuento de Bacterias tras la Siembra de las Bacterias B1, B2 y B3 a las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} _____	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación Gráfica del Árbol de <i>Theobroma cacao</i> “Cacao”	29
Figura 2. Representación Gráfica del fruto de <i>Theobroma cacao</i> “Cacao”	30
Figura 3. Distribución y Ubicación Espacial de las Parcelas Estudiadas Pertenecientes a la Cooperativa Agraria Industrial “Naranjillo”	52
Figura 4. Resultado de Concentraciones de Cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) por Parcela	78
Figura 5. Dos Cepas de <i>Bacillus</i> sp Aisladas de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1	93
Figura 6. Presencia de Esporas en Cepas de <i>Bacillus</i> sp a Través del Análisis Microscópico	94
Figura 7. <i>Streptomyces</i> sp Aislado de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1	95
Figura 8. Cepas de <i>Bacillus</i> sp Empleadas en la Elaboración del Tratamiento n° 1 “TR1”	98
Figura 9. Cepas de <i>Streptomyces</i> sp Empleadas en la Elaboración del Tratamiento 2 “TR2”	99
Figura 10. Recuento de la Bacteria B2 de la dilución 10^{-6}	100
Figura 11. Variación de pH luego de la Aplicación del Tratamiento 1 “TR1”	101
Figura 12. Variación de pH luego de la Aplicación del Tratamiento 2 “TR2”	102
Figura 13. Variación de Concentración de Cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) luego de la Aplicación del Tratamiento “TR1”	102
Figura 14. Variación de Concentración de Cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) luego de la Aplicación del Tratamiento “TR2”	103
Figura 15. Esquema de la Metodología de Recolección de Muestras de Tierra “Rejillas regulares” para Muestras con Distribución Uniforme Descrita en la “Guía para el Muestreo de Suelo, 2014, MINAM”	129
Figura 16. Delimitación de Puntos de Muestreo	130

Figura 17. Obtención de Muestras de Tierra _____	131
Figura 18. Preparación de Medios de Cultivo _____	132
Figura 19. Preparación y Siembra de Diluciones de Muestras de Tierra _____	133
Figura 20. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 1 y 2 _____	134
Figura 21. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 3 y 4 _____	135
Figura 22. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 5 y 6 _____	136
Figura 23. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 7 y 8 _____	137
Figura 24. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 9 y 10 _____	138
Figura 25. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 11 y 12 _____	139
Figura 26. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 13 y 14 _____	140
Figura 27. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 15 y 16 _____	141
Figura 28. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 17 y 18 _____	142
Figura 29. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 19 y 20 _____	143
Figura 30. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 21 y 22 _____	144
Figura 31. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 23 y 24 _____	145
Figura 32. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 25 y 26 _____	146
Figura 33. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 27 y 28 _____	147
Figura 34. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 29 y 30 _____	148
Figura 35. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 31 y 32 _____	149
Figura 36. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 33 y 34 _____	150
Figura 37. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 35 y 36 _____	151
Figura 38. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 37 y 38 _____	152
Figura 39. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 39 y 40 _____	153
Figura 40. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 41 y 42 _____	154
Figura 41. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 43 y 44 _____	155
Figura 42. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 45 y 46 _____	156
Figura 43. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 47 y 48 _____	157

Figura 44. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 49 y 50 _____	158
Figura 45. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 51 y 52 _____	159
Figura 46. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 53 y 54 _____	160
Figura 47. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 55 y 56 _____	161
Figura 48. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 57 y 58 _____	162
Figura 49. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 59 y 60 _____	163
Figura 50. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 61 y 62 _____	164
Figura 51. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 63 y 64 _____	165
Figura 52. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 65 y 66 _____	166
Figura 53. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 67 y 68 _____	167
Figura 54. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 69 y 70 _____	168
Figura 55. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 71 y 72 _____	169
Figura 56. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 73 y 74 _____	170
Figura 57. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 75 y 76 _____	171
Figura 58. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 77 y 78 _____	172
Figura 59. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 79 y 80 _____	173
Figura 60. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 81 y 82 _____	174
Figura 61. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 83 y 84 _____	175
Figura 62. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 85 y 86 _____	176
Figura 63. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 87 y 88 _____	177
Figura 64. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 89 y 90 _____	178
Figura 65. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 91 y 92 _____	179
Figura 66. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 93 y 94 _____	180
Figura 67. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 95 y 96 _____	181
Figura 68. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 97 y 98 _____	182
Figura 69. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 99 y 100 _____	183
Figura 70. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 101 y 102 _____	184

Figura 71. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 103 y 104 _____	185
Figura 72. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 105 y 106 _____	186
Figura 73. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 107 y 108 _____	187
Figura 74. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 109 y 110 _____	188
Figura 75. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 111 y 112 _____	189
Figura 76. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 113 y 114 _____	190
Figura 77. Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 115 y 116 _____	191
Figura 78. Aislamiento e Identificación de la Cepa n° 117 _____	192
Figura 79. Preservación de Cepas usadas en los Tratamientos “TR1” y “TR2” y Materiales para Siembra de Bacterias y Recuento Bacteriano _____	193
Figura 80. Recuento Bacteriano de la Cepa B1 a las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} _____	194
Figura 81. Recuento Bacteriano de la Cepa B2 a las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} _____	195
Figura 82. Recuento Bacteriano de la Cepa B3 a las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} _____	196
Figura 83. Preparación de los Tratamientos “TR1” y “TR2” _____	197
Figura 84. Aplicación de los Tratamientos “TR1” y “TR2” _____	198

RESUMEN

El cultivo del cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) es uno de los más importantes en Tingo María, Leoncio Prado, Huánuco, Perú. Su principal mercado es el internacional, el cual presenta determinadas condiciones para el ingreso y comercialización del cacao, siendo uno de ellos la cantidad o porcentaje de cadmio en los granos de cacao. En consecuencia, el mercado europeo está regulando la presencia de cadmio y su concentración mediante la imposición de límites de concentración de cadmio (Cd) ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en los granos de cacao y sus subproductos como el chocolate, cacao en polvo y el licor de cacao. En el presente estudio se evaluó la biorremediación bacteriana del cadmio en suelos agrícolas productores de “Cacao” (*T. cacao*) de la cooperativa agraria industrial Naranjillo, Tingo María, Huánuco, Perú y se cuantificó la concentración de Cd de 10 muestras de tierra de diferentes parcelas donde se cultiva *T. cacao*, las cuales pertenecen a la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, de los cuales cuatro muestras de suelo con los valores: $1,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $1,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $1,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $1,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pertenecientes a las parcelas n° 3, 5, 6 y 7, respectivamente; que exceden el límite de $1,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de Cd establecido por la Unión Europea. Además, se hallaron los índices ecológicos de factor de contaminación y el factor de riesgo ecológico del cadmio en la provincia de Leoncio Prado, Huanúco y Perú y se aisló e identificó colonias de *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp de dichas muestras de tierra y posteriormente se realizó dos tratamientos: TR1 y TR2, en base a 10 cepas de *Bacillus* sp y 2 cepas de *Streptomyces* sp, respectivamente. Dichos tratamientos fueron aplicados por 21 días a las muestras de tierra y el TR1 presentó tener una absorción de cadmio del 70 – 80% y el TR2, una absorción del 51 – 60%, demostrando que es posible realizar una biorremediación bacteriana que contrarreste la contaminación de suelos agrícolas por cadmio.

Palabras clave: *Bacillus* sp, biorremediación, cacao, cadmio, *Streptomyces* sp

ABSTRACT

The cultivation of organic cocoa (*Theobroma cacao* L.) is one of the most important in Tingo María, Leoncio Prado, Huánuco, Perú. Its main market is international, which presents certain conditions for the entry and commercialization of cocoa, one of them being the amount or percentage of cadmium in the cocoa beans. Consequently, the European market is regulating the presence of cadmium and its concentration by imposing limits on the concentration of cadmium (Cd) ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in cocoa beans and their by-products such as chocolate, cocoa powder and the cocoa liquor. In the present study, the bacterial bioremediation of cadmium was evaluated in agricultural soils producing “Cacao” (*T. cacao*) of the industrial agrarian cooperative Naranjillo, Tingo María, Huánuco, Perú and the Cd concentration of 10 soil samples from different plots where *T. cacao* is grown, which belong to the “Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo”, of which for soil samples with the values: $1,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $1,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $1,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $1,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ belonging to plots n° 3, 5, 6 and 7, respectively; that exceed the limit of $1,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of Cd established by the European Union. In addition, the ecological indices of contamination factor and the ecological risk factor of cadmium of the province of Leoncio Prado, Huánuco, Perú were analyzed; 117 colonies of *Bacillus* sp and *Streptomyces* sp were isolated and identified. Thus, two treatments were carried out: TR1 and TR2, based on 10 strains of *Bacillus* sp and 2 strains of *Streptomyces* sp, respectively and these treatments were applied for 21 days to the soil samples and TR1 had a cadmium absorption of 72 – 80 % and TR2, an absorption of 51 – 60%, demonstrating that it is possible to develop a bacterial treatment of bioremediation that counteracts contamination of agricultural soils for cadmium.

Key words: *Bacillus* sp, bioremediation, cadmium, cocoa, *Streptomyces* sp

I. INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao “Cacao” es una especie arbórea perteneciente a la familia malvaceae que “alcanza una altura de 8 a 10 m” (Asociación Naturland, 2000, p. 1) y se caracteriza por “crecer en cualquier tipo de suelo, pero de preferencia en suelos entre arcillosos y arenosos, con pH que puede variar entre 5 y 7,5 y requiriendo temperaturas altas desde 20 °C hasta los 30 °C” (Revoredo, 2018, p. 18). Además, *T. cacao* “cuyo centro de origen está localizado al este de los andes entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo” (Cámara Peruana del Café y Cacao, 2018), tiene cuatro variedades que se cosechan en el Perú: Criollo, trinitario, forastero y el clon CCN – 51, siendo la variedad “forastero” la de mayor producción de frutos de cacao. También, el *T. cacao* es cultivado en dieciséis departamentos del Perú, los cuales son: Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, Puno, San Martín, Tumbes y Ucayali.

Asimismo, el cultivo de *T. cacao* “es una de las principales actividades socio-económicas del Perú debido a la exportación de sus subproductos a Europa, principalmente a Francia, Inglaterra y Bélgica” (Huamaní, 2012, p. 342). Además, “a nivel regional, la producción de cacao está distribuida en 16 regiones, 57 provincias y 259 distritos cacaoteros. El cacao ocupa los primeros lugares en importancia en varias regiones” (MINAGRI, 2018, p. 7). Siendo los departamentos de producción cacaotera del Perú las siguientes: San Martín, Junín, Cusco, Ucayali, Huánuco, Ayacucho, Amazonas, Tumbes, Piura, Cajamarca, La libertad, Lambayeque, Loreto, Madre de Dios, Pasco y Puno. Por consiguiente, el cacao es considerado como un commodity, es decir, un producto ya existente de forma natural que posee un gran valor o utilidad a nivel comercial y tiene alta demanda para la exportación internacional. Así, “actualmente existen más de 150

mil hectáreas de cacao cultivadas y se ha sobrepasado las 80 mil toneladas de producción anual” (Bello, 2020, p. 1).

Por otro lado, “el cadmio se encuentra de manera natural en la corteza terrestre en forma de minerales, de donde pueden ser absorbidos por las plantas” (Prieto *et al.*, 2009, p. 30). Sin embargo, “el cadmio ingresa al medio ambiente a través de residuos industriales procedentes de procesos tales como galvanoplastia, fabricación de plásticos, pigmentos de pintura, preparación de aleaciones y baterías que contienen cadmio” (Kirkham, 2006, p. 20). Por ende, “la planta de cacao absorbe metales pesados, como el cadmio, del suelo y los concentra en las semillas” (Asociación Naturland, 2000, p. 22). Además, “en el ser humano, el cadmio se absorbe a nivel gastrointestinal, pulmonar y dérmico; ocasionando a largo plazo: neumonitis, cálculos renales, pérdida de densidad ósea, la enfermedad de Itai – itai” (Revoredo, 2018, p. 10) y “está clasificado como cancerígeno para los seres humanos” (Díaz *et al.*, 2018, p. 80).

Los índices ecológicos que permiten evaluar la concentración de una sustancia nociva contaminante en un lugar determinado son el factor de contaminación y el factor de riesgo económico; propuestos por Hakanson (1980). Así, el factor de contaminación cuantifica la contaminación de un lugar en específico por de sustancias químicas, líquidos, metales pesados, etc; que son segregados accidentalmente en el lugar de estudio por causa de actividades antropogénicas. En cambio, el factor de riesgo ecológico es un índice que estima la posible afectación que sufre el entorno biótico y abiótico cuando ingresa una concentración contaminante al ecosistema de un determinado lugar. Por lo cual, estos índices permiten tener conocimiento de cuan contaminado y afectado está un determinado lugar y con dicha

información se podría plantear medidas de remediación de la contaminación presente en dicho lugar y los ecosistemas que lo comprenden.

La biotecnología es la rama de la biología que combina la ciencia con la tecnología para mejorar la calidad de vida de los seres humanos. Además, la biotecnología ambiental tiene como finalidad “corregir los desequilibrios causados en el medio ambiente por actividades industriales que alteran los ecosistemas naturales mediante contaminación química o biológica y que también afectan a los grandes ciclos biogeoquímicos en la biosfera” (Blasco & Castillo, 2014, p. 1), empleando la transferencia de genes involucrados en el metabolismo y absorción de diversas sustancias nocivas, fabricación de ADN recombinante y organismos genéticamente modificados mediante técnicas de ingeniería genética, biorremediación de sustancias contaminantes mediante el uso de microorganismos, invertebrados, hongos y plantas; producción de biorreactores y biocombustibles, etc.

Además, Revoredo (2018) afirmó que:

La biorremediación es una técnica que utiliza diversos organismos para neutralizar o disminuir el efecto negativo de sustancias contaminantes en el medio utilizando un proceso denominado bioaumentación, el cual consiste en añadir microorganismos para acelerar los procesos de degradación de contaminantes y así disminuir la concentración de los mismos. Además, se pueden añadir microorganismos de una sola especie o de varias (p. 27).

Por ello, gracias a las múltiples investigaciones científicas, “se ha descubierto la capacidad bioremediadora de *Bacillus* sp de cadmio que implica la absorción de este metal en plantas contaminadas con dicho metal como *Brassica napus* “Canola”, *Zea mays* ”Maíz”, *Solanum*

lycopersicum “Tomate”, *Sorghum vulgare* “Sorgo” y *Vigna mungo* “Frejol negro” (Glick, 2010, p. 371) Además, según Casteblanco (2018) *Bacillus subtilis* es una de las especies de bacterias utilizadas para mejorar la extracción de metales pesados e hidrocarburos (p. 27),

Asimismo, en su trabajo de investigación, Revoredo (2018) mencionó lo siguiente:

Se sabe que algunas cepas de *Streptomyces* son capaces de absorber o adsorber el cadmio. Por estas cualidades se propone el uso de estos microorganismos como una alternativa económica y de fácil aplicación contra la contaminación de los cultivos de cacao por metales pesados. (pp. 29)

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación de suelos por metales pesados es originada por actividades antropogénicas tales como: galvanoplastía, preparación de aleaciones, fabricación de pilas que contienen cadmio, fabricación de plásticos y pigmentos de pintura, etc. Este representa ser un problema mundial ya que “los metales pesados son considerados muy peligrosos para la salud de los seres vivos, debido a su gran toxicidad y la tendencia de bioacumularse” (Maguiña, 2017, p. 27). Además, estos ingresan a la cadena alimenticia de diversos seres vivos, incluidos el ser humano, sobrepasando eslabones tróficos mediante los alimentos cultivados en suelos contaminados por metales pesados. Asimismo, la preocupación ante esta problemática aumenta debido a que “el tiempo de permanencia del cadmio en suelos es de hasta 300 años y el 90% permanece sin transformarse” (La Dou, 1999, como se citó en Maguiña, 2017, p. 25).

En su trabajo de investigación, Cárdenas (2012) afirmó que la contaminación de suelos por cadmio es un tema de preocupación nacional debido a que el mercado europeo está presentando observaciones respecto a la presencia del cadmio en el producto de cacao que se está enviando y que está superando los límites máximos permisibles (p. 9). Asimismo, la Unión Europea (2019) dictaminó en su el reglamento N° 488/2014 dispuesto en el 2014 que:

Los niveles máximos permitidos para chocolates con un contenido de cacao de más del 50% serán de 0,8 ppm de cadmio; para cacao en polvo serán de 0,6 ppm de cadmio, para chocolates con un contenido del 30 a 50% de cacao serán de 0,3 ppm de cadmio y para chocolates con leche con un contenido menor de 30% de cacao serán de 0,1 ppm de cadmio a partir del 1ero de Enero del 2019. (p. 138)

Frente a estas restricciones para los diversos productos derivados del cacao, “el Perú presentó su preocupación comercial al respecto ante la Organización Mundial de Comercio (OMC) en el mes de junio del 2020, enfatizando la necesidad de contar con una norma Codex sobre la materia” (MIDAGRI, 2020, p. 13).

Además, “la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA) estableció como nivel crítico en $0,43 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de cadmio total en suelos agrícolas” (Arévalo *et al.*, 2016, p. 85) y “la ley holandesa provisional para el saneamiento de suelos indica que un suelo debe ser intervenido cuando se excede el límite máximo permisible de cadmio de $0,8 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ” (Charrupi & Martínez, 2017, p. 47).

Por otro lado, la falta de información de los componentes de los productos agrícolas y sus efectos en el suelo agrícola por parte de los agricultores, repercute en los diferentes cultivos; como es el caso del uso de fertilizantes fosforados en los cultivos de cacao que generan mayor contaminación de suelos por cadmio. Esto debido a que “en su fabricación existe un alto contenido de cadmio, estimándose un contenido medio de $7 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ” (Martí *et al.* 2002, como se citó en Maguiña, 2017, p.25).

Así, la contaminación de suelos por metales pesados es un problema de índole ambiental y sanitario que genera mucha preocupación a nivel mundial, el cual afecta tanto a humanos como a mamíferos mayores, especies vegetales, invertebrados, microorganismos, etc hasta ecosistemas enteros; por lo cual se deben plantear, evaluar, y ejecutar opciones alternativas de remediación de metales pesados que involucren organismos que mediante su metabolismo y rápida reproducción, descontaminen y absorban los metales pesados de forma no invasiva y sin ocasionar perjuicios a los diversos ecosistemas contaminados y seres vivos que habiten en ellos. Por lo cual, mediante el presente trabajo de investigación se propone una opción de biorremediación, rápida, eficaz y económica que pueda fabricarse a mayor escala y pueda comercializarse a nivel nacional para que posteriormente, esta pueda ser facilitada a los agricultores y estos la empleen en cultivos no sólo de cacao, si no en otros cultivos con gran

valor comercial como el de la papa, palta, arándano, maíz, trigo, el café, etc que son productos commodities, de mucha importancia en el mercado extranjero.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El cultivo de cacao es de mucha importancia nacional debido a que es una de las principales actividades socio-económicas que se realiza en el Perú. Según Bello (2020), actualmente existen más de 150 mil hectáreas de cacao cultivadas y se ha sobrepasado las 80 mil toneladas de producción anual (p. 1). Los agricultores prefieren el cultivo de cacao frente a otros cultivos debido a que los cultivos cacaoteros tienen un gran rendimiento y producen cantidades considerables de granos de cacao por año, generando mayor oportunidad de trabajo y ganancias a los agricultores peruanos. Por consiguiente, Quintero & Díaz (2004) mencionaron lo siguiente:

La planta de cacao inicia su producción aproximadamente a partir del tercero al quinto año de sembrado (dependiendo de la variedad), alcanzando el máximo rendimiento entre el octavo y el décimo año. Sin embargo, el cacaotero es productivo hasta los cuarenta y cinco años de edad. (p. 49)

Además, el cacao “es el segundo producto alternativo para la reconversión de la coca, permitiendo que muchas familias de agricultores puedan tener acceso a un mercado legal que les genera suficientes ingresos para dejar el cultivo de la coca” (MINAGRI, 2018, p. 8). Por ende, es de importancia que el estado peruano siga incentivando el cultivo del cacao para disminuir el cultivo ilegal de la coca, ya que este último se utiliza para la fabricación de diversas drogas como la cocaína. Por consiguiente, al biorremediar suelos destinados al cultivo de cacao, se incrementará la cantidad de cosecha de cacao con bajas concentraciones de cadmio, con ello

también habrá mayores oportunidades de trabajo y esto mejorará la calidad de vida de los agricultores.

Por otro lado, “el comercio mundial de productos primarios, entre ellos el cacao en grano, es de significativa importancia, dado que la producción y el comercio de estos bienes constituyen la base de la economía nacional de la mayoría de los países subdesarrollados” (Quintero & Díaz, 2004, p. 49). Asimismo, “el Perú ocupa el segundo lugar a nivel mundial como país productor y exportador de cacao orgánico” (MINAGRI, 2018, p.8). Además, “el cacao contribuye con el 3% del valor bruto de la producción agrícola y permite el ingreso de divisas por 253 millones de dólares en exportaciones” (MINAGRI, 2018, p. 6), así como lo afirma Huamaní *et al.* (2012), los granos de cacao y los subproductos del cacao tienen como principal mercado el internacional, exportando estos productos principalmente a Francia, Inglaterra, Bélgica y Estados Unidos (p.340). Por ende, la exportación del cacao es muy importante ya que permite posicionar al Perú dentro del mercado internacional y de esta forma, contribuir al desarrollo económico del país. Del mismo modo, “la pobreza en los productores cacaoteros ha disminuido 7 puntos porcentuales en los últimos cinco años del 2013 al 2018.” (MINAGRI, 2018, p. 7). Por consiguiente, las limitaciones que ha impuesto la Unión Europea conllevarían a un gran impacto y disminución en el cultivo de cacao y su exportación; siendo los más afectados, los productores de cacao, los cuales disminuirían sus ingresos y serían perjudicados económicamente. Por consiguiente, el presente trabajo de investigación pretende disminuir la concentración de cadmio en suelos donde se cultiva el cacao para que los granos de cacao no absorban dicho metal y estos sean inocuos, cumplan con las exigencias de límites de concentración de cadmio impuestas por la Unión Europea y puedan exportarse sin ningún problema; de igual forma con los subproductos de confitería como lo son el chocolate, polvo

de cacao, manteca de cacao y licor de cacao, los cuales podrán cumplir estas restricciones; ser exportadas y vendidas al extranjero sin inconvenientes.

Por otro lado, “el Perú posee el 60% de la biodiversidad existente de cacao” (MINAGRI, 2018, p. 8), conteniendo las cuatro variedades: criollo, forastero, trinitario y el clon CCN – 51, de los cuales “las variedades Trinitario, Forastero y CCN - 51 son (moderadamente) resistentes a las enfermedades como la escoba de bruja, moniliasis, pudrición parda y poseen un mayor rendimiento promedio” (MINAGRI, 2016, p. 16) y siendo la variedad criollo sensible a enfermedades y plagas, pero sus granos poseen mayor calidad que las otras variedades mencionadas. Además, el Perú también posee ambos tipos de cacao clasificados exclusivamente para su comercialización, siendo el cacao convencional el perteneciente a la variedad forastero y el cacao de fino aroma, perteneciente a la variedad criollo y trinitario que posee características distintivas como “aromas y sabores frutales, florales, de nueces y de malta” (MINAGRI, 2016, p.18). Por consiguiente, el Perú contiene gran parte de la diversidad biológica y genética de la especie vegetal *Theobroma cacao* y por ello, con el presente estudio de biorremediación bacteriana del cadmio, se pretende proponer y crear una alternativa ecológica para descontaminar de cadmio, los diversos ecosistemas que involucren a las plantaciones de cacao y así poder conservar estos recursos biológicos tan importantes y valiosos para el país.

La norma peruana D.S. 011 – 2017 – MINAM impuso los Estándares de Calidad Ambiental “ECA” para suelos, los cuales son indicadores de calidad ambiental que establecen un límite de aceptación de una sustancia o contaminante en un medio determinado. Por consiguiente, el MINAM impuso estos límites para suelos agrícolas, parques o suelos residenciales y suelos

comerciales, industriales o con fines de extracción de diversos recursos naturales principalmente de índole minera. Con respecto al cadmio, esta norma señala que el ECA para suelos agrícolas es de $1,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para suelos agrícolas, $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para parques o suelos residenciales y $22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para suelos comerciales, industriales o con fines de extracción. Además, esta normativa indica los métodos de ensayo para evaluar los valores de cadmio en suelos en laboratorios, los cuales son EPA 3050B y EPA 305 que fueron propuestos por la “USEPA” Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica. Con respecto a la normativa internacional, según la comisión del CODEX ALIMENTARIUS (2014), la Unión Europea impuso como límite $1,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio en suelos destinados para cultivos de cacao, esto debido a que este metal es fácilmente absorbido por los árboles cacaoteros, acumulando dicho metal en sus diversos órganos: raíces, troncos, folios, mazorca, cascarillas y granos (p. 2). Por otro lado, la Agencia Ambiental Holandesa y Comisión de las Comunidades Europeas (CEE) estableció en 2012 un límite máximo permisible de contaminación de suelos por cadmio del $0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y la normativa canadiense “Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health” publicada en el 2007 señala un límite máximo permisible de $1,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio en el suelo. Asimismo, el presente trabajo de investigación busca crear y evaluar dos tratamientos a base de microorganismos para poder reducir los niveles de concentración de cadmio, para que posteriormente se puedan aplicar en suelos de cultivo de árboles de cacao para que estos suelos puedan cumplir los niveles límites establecidos por la normativa nacional e internacional anteriormente señalada. Asimismo, el presente trabajo de investigación también pretende motivar a otros científicos a investigar, plantear e innovar nuevas ideas de tratamientos de biorremediación de suelos empleando diversos seres vivos tales como microorganismos, hongos, invertebrados, especies vegetales, etc; haciendo uso de diversas herramientas de biotecnología como transferencia de genes involucrados en el metabolismo y absorción de

diversas sustancias químicas, petróleo, metales pesados, etc; fabricación de ADN recombinante y organismos genéticamente modificados mediante técnicas de ingeniería genética, biorremediación de sustancias químicas y nocivas mediante el uso de microorganismos, invertebrados, hongos y plantas, fabricación de biorreactores, etc. Todas estas herramientas y técnicas de biotecnología también se podrían emplear para la investigación de genes, enzimas, rutas metabólicas, etc responsables de absorción de metales pesados como por ejemplo del cadmio de los diversos seres vivos empleados en biorremediación. Además, estos podrían plantear tratamientos de biorremediación no sólo para suelos, sino aire y para ecosistemas acuáticos. Por otro lado, la biorremediación podría abarcar la descontaminación de metales pesados, petróleo en crudo, plaguicidas, sustancias químicas nocivas, sustancias tóxicas, etc. Obteniendo así, tratamientos de biorremediación con mucho potencial económico para convertirse en un producto efectivo, rentable y de fácil acceso para los agricultores de cooperativas agrarias, caseríos, centros poblados, comunidades campesinas, etc a nivel nacional con miras de comercializarse internacionalmente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la biorremediación bacteriana del cadmio en suelos agrícolas productores de “Cacao” (*T. cacao* L.) de la cooperativa agraria industrial “Naranjillo”, Tingo María, Huánuco, Perú.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización físico – química de las muestras de tierra de la Cooperativa Agraria Industrial “Naranjillo” (Porcentaje de arcilla, porcentaje de limo, porcentaje de arena, pH, concentración de calcio, concentración de magnesio, concentración de fósforo, concentración de potasio y porcentaje de nitrógeno).
- Aislar cepas bacterianas provenientes de muestras de tierra de la Cooperativa Agraria Industrial “Naranjillo”.
- Realizar un tratamiento a base de cepas bacterianas para reducir el nivel de cadmio en muestras de tierra.
- Evaluar la capacidad biorremediadora de *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp frente a diversos niveles de cadmio en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- Hallar el valor del factor de contaminación y del factor de riesgo ecológico del cadmio en la Provincia de Leoncio Prado, Huánuco, Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. “Cacao” *Theobroma cacao*

2.1.1. Generalidades

El cacao también conocido como “Alimento de los dioses” cuyo nombre científico es *Theobroma cacao* perteneciente a la familia Malvaceae es una planta tropical con un área de distribución natural que “se extiende desde la región de la cuenca del Amazonas por las Guyanas hasta el sur de México” (Dostert *et al.*, 2011, p. 6). Así, *T. cacao* se encuentra ampliamente distribuido a nivel mundial, ya que “se cultiva principalmente en África, América Central y del Sur, Asia y Oceanía” (Quintero & Díaz, 2004, p. 58).

Asimismo, *T. cacao* es “caracterizado por ser un árbol de tamaño mediano de 8 a 10 m” (Asociación Naturland, 2000, p. 1). Además, según Dostert *et al.* (2011) sus ramas presentan una coloración café y son finamente vellosas, las hojas son coriáceas (o cartáceas) simples, enteras o ligera e irregularmente sinuadas, angostamente ovadas a obovado - elípticas, ligeramente asimétricas (p. 3).

Además, Dostert *et al.* (2011) señalaron que:

Las inflorescencias son caulinares y cimosas, las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas, y de 5 - 20 mm de diámetro; el pedúnculo floral es de 1 - 3 cm de largo. Los sépalos son verdosos blancos o rosa claros, de 5 - 8 mm de largo, de 1.5 - 2 mm de ancho, angostamente lanceoladas, persistentes y fusionados en la base. Los pétalos son un poco más largos que los sépalos, de 6 - 9 mm de largo, libres, amarillentos, con dos nervios violetas dentro, glabros, con la parte inferior redondeada o abruptamente atenuada, recurvos y apiculados. (p. 3)

Con respecto a los estambres, tal como lo mencionó Dostert *et al.* (2011) *T. cacao* posee 10 estambres y son lineares; cinco estambres fértiles se alternan con cinco estaminodios y todos los estambres están fusionados en la base formando un tubo. Así, los estambres fértiles son de 2,5 - 3 mm de largo y están dispuestos frente a los pétalos (p. 3).

Por otro lado, el fruto está comprendido por una mazorca el cual es “esférico a fusiforme, púrpura o amarillo en la madurez, glabro, de 10 a 35 cm de largo, 7 cm de ancho, peso de 200 a 1000 gr y con 5 a 10 surcos longitudinales” (Dostert *et al.*, 2011, p. 3). Dicho fruto “contiene de 30 a 40 semillas que se convierten en el grano del cacao después de ser fermentadas y secadas” (MINAGRI, 2015, p. 12).

Con respecto a su cultivo, Bravo *et al.* (2018) afirmó que las condiciones climáticas favorables son: temperaturas anuales que oscilan entre 23 a 28 °C, gradiente de altitud comprendido entre 400 y 1200 m.s.n.m., humedad relativa entre 70 – 80 % y precipitación anual de 1500 – 2500 mm (p. 1175).

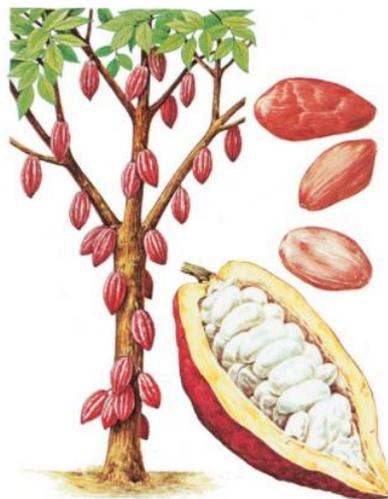


Figura 1

Representación Gráfica del Árbol de Theobroma cacao “Cacao”

Nota: Fuente <http://efaidnbmnnnibpcajpcglefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.naturland.de%2Fimages%2FSP%2FProductores%2Fcacao.pdf&clen=306376&chunk=true> (Asociación Naturland, 2000)

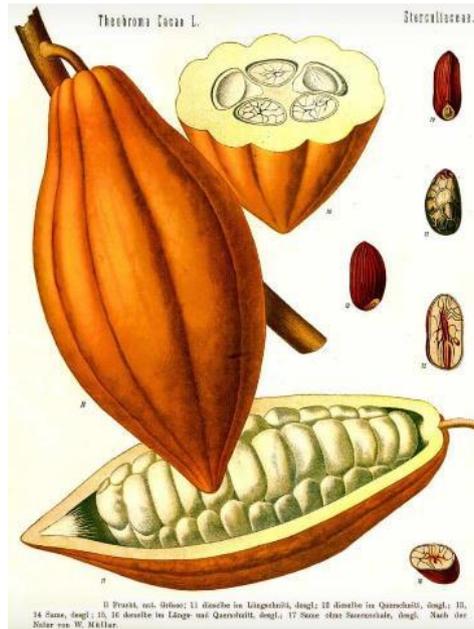


Figura 2

Representación Gráfica del fruto de Theobroma cacao “Cacao”

Nota: Fuente <http://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewwe.htm?pdfurl%3A> (Asociación Naturland, 2000)

La planta de cacao “inicia su producción aproximadamente a partir del tercero al quinto año de sembrado (dependiendo de la variedad), alcanzando el máximo rendimiento entre el octavo y el décimo año” (Quintero & Díaz, 2004, p. 42).

2.1.2. Variedades

Desde el punto de vista botánico o genético, la especie *T. cacao* L. se clasifica en: Criollo, forastero y trinitario. La variedad “Criollo” se caracteriza por poseer “árboles débiles, de lento crecimiento, bajo rendimiento y más susceptibles a enfermedades y plagas que otras variedades” (MINAGRI, 2016, p. 13). Sin embargo, MINAGRI (2016) indicó que:

Su fruto se caracteriza por ser dulce y producir un chocolate de menor amargor y de mejor calidad. Su sabor es delicado, suave y complejo, y su aroma es intenso, lo que lo hacen un tipo de cacao exclusivo y demandado en los mercados más exigentes del mundo. (p. 13)

Actualmente, esta variedad “se cultiva en México, Guatemala y Nicaragua en pequeñas cantidades” (MINAGRI, 2016, p. 13). y “solo representa entre el 5% al 8% de la producción mundial, en la medida que su cultivo es muy difícil, propenso a plagas” (MINAGRI, 2016, p. 13).

La variedad “Forastero” según MINAGRI (2016):

Es considerada como el cacao ordinario nativo de Brasil, Perú, Bolivia y Colombia. Se cultiva principalmente en: Perú, Ecuador, Colombia, Brasil Guayanas y Venezuela. Se ha expandido hacia el África Occidental (Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Santo Tomé) y, posteriormente, hacia el sudeste asiático. (p. 14)

Además, esta variedad “tiene un excelente rendimiento, cosecha precoz, árbol vigoroso y resistente a las enfermedades” (MINAGRI, 2016, p. 14) y este tipo de cacao “es fuerte y amargo, ligeramente ácido” (MINAGRI, 2016, p. 14). En consecuencia, “por ser resistente y poco aromático es principalmente usado para mezclar y dar cuerpo al chocolate” (MINAGRI, 2015, p. 14).

Con respecto a la variedad “Trinitario”, este es un “híbrido entre el Criollo y el Forastero, originario de la isla Trinidad” (MINAGRI, 2016, p. 14). El fruto de esta variedad “es más aromático que el Forastero y más resistente que el Criollo. Representa entre el 10% al 15% de la producción mundial” (MINAGRI, 2016, p. 15).

En el Perú, se ha introducido la variedad productiva CCN - 51, con el fin de buscar “una mayor rentabilidad económica en el marco de programas de apoyo a la sustitución de cultivos de la hoja de coca por éste y otros tipos de cultivos” (MINAGRI, 2016, p. 16). Según MINAGRI (2016) dicha variedad de cacao fue obtenida en Naranjal, provincia de Guayas en Ecuador, en

1965, por el agrónomo Homero Castro Zurita y su denominación CCN alude a la Colección Castro Naranjal y su numeración 51, al número de cruces realizados para obtener la variedad deseada (p. 15).

Según mencionó MINAGRI (2016),

Este cacao ha adquirido gran popularidad entre los agricultores por tener características de alta productividad por hectárea. Es auto compatible al no necesitar de polinización cruzada para su fructificación; de cultivo precoz al iniciar su producción a los dos años de edad; resistente a plagas y enfermedades; fácilmente adaptable a diversas zonas tropicales; y poseer un alto porcentaje de grasa (54%) haciéndolo muy cotizado por la industria. (p. 15)

Esta variedad posee “un sabor ácido y astringente” (MINAGRI, 2016, p. 15) y “se cultiva en países donde se encuentra la variedad criollo: Trinidad, Islas Antillas, Java, Sri Lanka, Papua Nueva Guinea y Camerún” (MINAGRI, 2016, p. 15).

Asimismo, “las variedades Trinitario, Forastero y CCN - 51 son (moderadamente) resistentes a las enfermedades como la escoba de bruja, moniliasis, pudrición parda y poseen un mayor rendimiento promedio” (MINAGRI, 2016, p. 17).

2.1.3. Clasificación Comercial

A nivel comercial e industrial, el cacao se clasifica en: cacao convencional y el cacao de fino aroma. El primero “procede, en su mayoría, de África, Asia y Brasil, y pertenecen esencialmente al tipo cacao “forastero”” (MINAGRI, 2016, p. 19). Además, este tipo de cacao “se destina en gran parte para la producción de manteca de cacao, polvo de cacao, aromatizante en recetas domésticas, en la preparación de varios alimentos y bebidas instantáneas” (MINAGRI, 2016, p. 19) y su producción “equivale entre el 90% y el 92 % del volumen

producido anualmente” (MINAGRI, 2016, p. 19). Por otro lado, el segundo tipo de cacao cuenta con determinadas características distintivas apreciadas por su aroma y sabor, este procede de la variedad criollo y es “utilizado para la elaboración de chocolates negros, tipo gourmet, con el fin de conferirle a los productos características de aroma y sabor especial” (MINAGRI, 2016, p. 19). Asimismo, este tipo de cacao “representa aproximadamente entre el 5% al 8% de la producción mundial, con el 76% concentrado en Guatemala, Colombia, Ecuador, Venezuela y el Perú” (MINAGRI, 2016, p. 19).

2.1.4. Derivados y Subproductos del Cacao

Las semillas de cacao son los granos de cacao, los cuales son sometidos a un proceso de tostado, y finalmente la separación de las cubiertas de las habas de la almendra de cacao. Luego, a partir de estas semillas, se realizan diversos derivados del cacao para el consumo humano, tales como: licor de cacao o pasta de cacao, manteca de cacao, cacao en polvo y chocolates. Según MINAGRI (2016), el licor de cacao:

Es chocolate puro en forma líquida y está compuesta por otros ingredientes principales, la mantequilla o grasa de cacao y el cacao seco. Este licor es la base para hacer todo tipo de chocolates y no contiene alcohol. El licor de cacao se prensa y se separa la grasa del polvo. (p.20)

La manteca de cacao es la grasa natural contenida en los granos de cacao y “es el resultado de someter el licor de cacao a un proceso de filtrado, el cual pasa posteriormente a las fases de prensado y amasado de la pasta, obteniéndose la manteca de cacao” (MINAGRI, 2016, p.20). Esta “representa cerca del 25% del peso total de una barra de chocolate. La manteca de cacao también se utiliza en la producción de tabaco, jabón, cosméticos, medicina tradicional, es antiséptico y diurético” (MINAGRI, 2016, p. 20). Por otro lado, el cacao en polvo es obtenido al triturar las semillas de cacao, obteniéndose así el cacao en polvo o cocoa el cual “se utiliza para la producción de materiales de recubrimiento, helados, galletas, relleno, bebidas, etc. El

polvo de cacao puede tener un contenido de manteca de cacao del 10% o en otros casos de 22%” (MINAGRI, 2015, p. 20). Además, MINAGRI (2016) señaló que:

El chocolate es el alimento que se obtiene mezclando azúcar con dos productos derivados de la manipulación de las semillas del cacao: la pasta de cacao (sólido) y la manteca de cacao (graso). A partir de esta combinación básica, se elaboran los distintos tipos de chocolate, que dependen de la proporción entre estos elementos y de su mezcla o no con otros productos tales como leche y frutos secos. (p. 20)

Asimismo, consumir los diversos derivados del cacao confiere muchos beneficios a la salud. Por ejemplo, según MINAGRI (2016) debido a la presencia de feniletilamina en el cacao, esta actúa en el cerebro desencadenando un estado de bienestar emocional y de euforia MINAGRI (p. 10). Así como también, el cacao “ayuda a aumentar la producción de endorfinas: hormonas que mejoran nuestro estado de ánimo. Además, destaca por ser un alimento energético, por lo que nos ayuda a recuperar fuerzas en situaciones de cansancio físico y mental” (MINAGRI, 2016, p. 10). Por otro lado, el cacao “es un alimento ideal para tonificar y estimular el sistema digestivo ya que combate el estreñimiento” (MINAGRI, 2016, p. 10). Además, El cacao “es muy rico en antioxidantes. Estos compuestos naturales son capaces de prevenir la acción tan negativa de los radicales libres en nuestro organismo, ayudando a prevenir la degeneración de nuestras células” (MINAGRI, 2016, p. 11).

2.2. Comercialización y Exportación del Cacao

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) “tiene gran importancia a nivel mundial debido a la economía que gira en torno a este producto vegetal” (Prada, 2017, p. 3). Según MINAGRI (2018), los principales países productores de cacao son: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Ecuador, Camerún, Nigeria, Brasil, Perú y Nueva Guinea (p. 24). Asimismo, “la producción de países de África aporta poco más del 70% de la oferta mundial mientras que los países de

América contribuyen con poco más del 15%. Asia y Oceanía participan con el 8% de la producción mundial” (MINAGRI, 2018, p. 24).

Con respecto a la producción nacional de granos de *T. cacao* “Cacao”, el MIDAGRI (2020) señaló lo siguiente:

El Perú es considerado uno de los principales productores y proveedores de cacao fino y de aroma; asimismo, es el segundo productor de cacao orgánico a nivel mundial. Además, el 60% de la biodiversidad existente de cacao (material genético) se encuentra en nuestro país. (p. 12)

Además, “a nivel regional, la producción de cacao está distribuida en 16 regiones, 57 provincias y 259 distritos cacaoteros. El cacao ocupa los primeros lugares en importancia en varias regiones” (MINAGRI, 2018, p. 7). Siendo estas regiones las siguientes: San Martín, Junín, Cusco, Ucayali, Huánuco, Ayacucho, Amazonas, Tumbes, Piura, Cajamarca, La libertad, Lambayeque, Loreto, Madre de Dios, Pasco y Puno. Por consiguiente, el MIDAGRI (2020), indicó que:

Entre las regiones que se han convertido en importantes centros de producción de cacao destacan San Martín, el más importante productor regional, con 48,4 mil toneladas (35,6% de participación); le sigue en importancia Junín con 25,5 mil toneladas (18,8%); Ucayali con 17 mil toneladas (12,5%); asimismo, Huánuco y Cusco con 13 mil y 10 mil toneladas, respectivamente. Estas 5 regiones representan alrededor del 84% de la producción total del país. (p. 11)

La producción de cacao es importante en la exportación nacional de bienes e insumos, siendo el grano de cacao uno de los principales insumos exportados a diversos países extranjeros, ya

que este bien es considerado como un commodity, es decir, un producto ya existente de forma natural en grandes cantidades que posee un gran valor o utilidad a nivel comercial, por lo cual tiene alta demanda internacional y generalmente es exportado a otros países para su utilización y conversión en otros productos. Asimismo, MIDAGRI (2020) señaló lo siguiente:

Durante las últimas campañas de 2013/14 a 2019/20, las importaciones mundiales de cacao en grano crecieron de manera sostenida a una tasa promedio anual de 2,0%. Cabe mencionar que la demanda del cacao en grano proviene de la industria que produce chocolates, confites, alimentos procesados, entre otros. De esta manera, los principales países importadores son la Unión Europea (Países Bajos, Alemania, Bélgica, Francia, España y Reino Unido) y los Estados Unidos. (p. 6)

Por otro lado, MIDAGRI (2021) señaló que los precios del cacao en febrero y marzo oscilaron en US\$ 2,405 y US\$ 2,462 por tonelada (p. 16). Además, “las exportaciones de cacao y derivados mantuvieron una ligera tendencia al alza, con un incremento de 0,5% promedio anual” (MIDAGRI, 2020, p. 15) y en el año 2020 “se exportaron US\$ 273,4 millones en productos de cacao y derivados” (MIDAGRI, 2020, p. 15).

Siendo las semillas o granos de cacao utilizadas para la elaboración de diversos tipos de chocolate, el licor de cacao y el polvo de cacao; la Unión Europea (2014) estableció en su reglamento N° 488/2014 lo siguiente:

Los niveles máximos permitidos para chocolates con un contenido de cacao de más del 50% serán de 0,8 ppm; para cacao en polvo serán de 0,6 ppm, para chocolates con un contenido del 30 a 50% de cacao serán de 0,3 ppm y para chocolates con leche con un contenido menor de 30% de cacao serán de 0,1 ppm a partir del 1ero de Enero del 2019. (p. 138)

2.3. Metales Pesados

Los metales pesados “son un conjunto de elementos que presentan propiedades metálicas, en el que se incluyen metales de transición, algunos semimetales, lantánidos y actínidos. El criterio más general para su clasificación se basa en la densidad específica, de acuerdo con la cual se incluyen en este grupo elementos con una densidad mayor a $5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ” (Álvarez, 2018, p.4). Asimismo, la contaminación por metales pesados es un problema que ha ido en aumento debido principalmente a actividades antropológicas. Por ello, Álvarez (2018) indicó que: Las concentraciones de metales pesados en los suelos están asociadas a los ciclos biológicos y geoquímicos y pueden alterarse por actividades antropogénicas como las prácticas agrícolas, el transporte las actividades industriales la eliminación de residuos, entre otras. Por otra parte, es bien conocido que los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse en los seres vivos. (p. 4)

En los suelos agrícolas “la entrada de metales se produce, mayoritariamente, desde los fertilizantes, plaguicidas, estiércol, y, también, desde la atmosfera” (Cárdenas, 2012, p. 17). Además, “los principales atributos que están relacionados con la movilidad y disponibilidad de metales pesados en el suelo se encuentran el pH, la materia orgánica, los óxidos de Fe y Mn y el contenido de arcilla” (Arévalo *et al.*, 2016, p. 82). Asimismo, “la polución por metales puede producir acidificación, transformaciones en las propiedades redox, alteración en la temperatura y humedad de los suelos”. (Álvarez, 2018, p. 7)

Por otro lado, los índices ecológicos que permiten evaluar la concentración de un metal en un lugar determinado son: factor de contaminación y factor de riesgo ecológico; los cuales fueron propuestos por Hakanson (1980). Así, el factor de contaminación cuantifica la contaminación de un lugar en específico por de sustancias químicas, líquidos, metales pesados, etc; que son

secretadas accidentalmente en el lugar de estudio por causa de actividades antropogénicas. Además, este el valor de este factor se obtiene al multiplicar la concentración promedio de una sustancia contaminante en un lugar específico y el nivel de referencia pre – industrial o nivel de referencia de la normatividad del lugar. En cambio, el factor de riesgo ecológico es un índice que estima la posible afectación que sufre el entorno biótico y abiótico cuando ingresa una concentración contaminante al ecosistema de un determinado lugar. El valor de este factor se obtiene multiplicando el valor del factor de contaminación del mismo lugar y el factor de respuesta tóxica, el cual es diferente para cada sustancia, sin embargo, Hakanson (1980) en su trabajo de investigación propone valores de respuesta tóxica para cada sustancia nociva. Ambos índices permiten tener conocimiento de cuan contaminado y alterado está un determinado lugar y con dicha información se pueden plantear medidas para remediar la contaminación presente en dicho lugar y los ecosistemas que lo comprenden.

2.3.1. Cadmio

2.3.1.1. Generalidades

El cadmio es un metal pesado “con símbolo “Cd”, número atómico 48, peso atómico de 112,40, punto de fusión de 320,9 °C y punto de ebullición de 765 °C” (Charrupi & Martínez, 2017, p. 21). Según, Chambi (2010), el cadmio:

Proviene principalmente del desgaste y la erosión de las rocas. Sus depósitos están asociados geoquímicamente a los del Zn, sobre todo en los minerales esfalerita, blenda de zinc, etc. Cabe aclarar que los procesos naturales por los cuales se libera el Cd son insignificantes como fuente de contaminación en comparación con el que procede de las actividades del hombre. (p. 6)

Esto debido a que en condiciones naturales “el cadmio se presenta a bajas concentraciones con valores medios de 0,2 mg·kg⁻¹ en la litósfera” (Bravo *et al.*, 2018, p. 1176) y por causas

antropológicas, el cadmio “ingresa al medio ambiente a través de residuos industriales procedentes de procesos tales como galvanoplastia, fabricación de plásticos, pigmentos de pintura, preparación de aleaciones y baterías que contienen cadmio” (Kirkham, 2006, p. 20).

En la agricultura, el cadmio ingresa principalmente por el uso de fertilizantes fosforados, los cuales contienen cantidades considerables de cadmio en forma de sales de fosfato de cadmio, así, según lo indicado por Maguiña (2017), en la fabricación de este tipo de fertilizantes existe un alto contenido de cadmio, estimándose un contenido medio de $7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (p. 26).

2.3.1.2. Consecuencias del Cadmio

2.3.1.2.1. Consecuencias en la Salud

Asimismo, “el cadmio tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud y el medio ambiente, puesto que una vez liberado al medio ambiente, no se degrada en la naturaleza” (Wyszkowska *et al.*, 2013, p. 780). Por consiguiente, el cadmio tiene consecuencias negativas en la salud ya que “la ingestión de cadmio genera problemas en la salud, los efectos tóxicos del cadmio se manifiestan principalmente en los huesos, los riñones y los pulmones” (Charrupi & Martínez, 2017, p. 25). Además, “El cadmio se absorbe a nivel gastrointestinal, pulmonar y dérmico; ocasionando a largo plazo: neumonitis, cálculos renales, pérdida de densidad ósea, la enfermedad de Itai – itai” (Revoredo, 2018, p. 10). Este último según Zarza (2019) tuvo origen en la cuenca del río Jinzu, Toyama, Japón en el año 1912, donde grandes cantidades de relaves mineros que contenían cadmio fueron dispuestas en este río por compañías mineras. El nombre de esta enfermedad significa literalmente “¡Ay ay!”, nombre inspirado en los gritos de dolor que emitían las personas intoxicadas por cadmio y esta enfermedad tiene como síntomas: dolores en los huesos, debilitación de los huesos, fisuras óseas, deformidades óseas y fracturas espontáneas de los huesos (p. 1). Además, “la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha clasificado al cadmio como cancerígeno para humanos (grupo 1)”

(Kruszewskiet *al.*, 2018, p. 130). Esta clasificación “se basa en la asociación entre exposición e inhalación de cadmio y la aparición de cáncer de pulmón” (Chambi, 2010, p. 6).

Asimismo, tal como menciona Cárdenas (2012), los fertilizantes fosforados aportan una cantidad significativa de cadmio (p. 17), lo cual conlleva a considerables consecuencias negativas en los diversos cultivos principalmente en el de cacao. Además, Rodríguez (2017) afirmó lo siguiente sobre el cadmio:

Es un metal pesado altamente tóxico para los seres vivos, produciendo además efectos tóxicos en suelos. Su tasa de transferencia depende del tipo de suelo, planta, pH del suelo, contenido de humus, disponibilidad de la materia orgánica, tratamiento del suelo con fertilizantes, la mineralogía, y la presencia de otros elementos como el zinc. (p. 21)

2.3.1.2.1. Consecuencias en el Metabolismo y Desarrollo de las Plantas

La planta de cacao “absorbe metales pesados, como el cadmio, del suelo y los concentra en las semillas” (Asociación Naturland, 2000, p. 22). Asimismo, “entre las proteínas responsables de la entrada de cadmio a la célula cabe destacar el transportador específico del calcio LCTI y la proteína IRTI, perteneciente a la familia de transportadores de Zn y Fe (ZIP)” (Cárdenas, 2011, p. 35). Según Rodríguez (2017), este elemento es tóxico para las células de la planta y la productividad de los diversos cultivos se ve reducido debido a la acumulación de cadmio en suelos agrícolas, lo cual afecta a la formación de raíces laterales y secundarias y al crecimiento normal de las plantas (p. 3).

Así, este metal pesado “tiene como característica química, incrementar su solubilidad en suelos con pH bajo y facilidad para moverse desde las raíces a la parte aérea de las plantas cultivadas” (Dalzell *et al.*, 1987 como se citó en Maguiña, 2017, p. 25). Por consiguiente, en la planta de cacao, los síntomas de toxicidad por cadmio son la atrofia y clorosis. La clorosis “puede aparecer

debido a una interacción directa o indirecta con el Fe, Zn, P y Mn. Altos contenidos de Cd en el medio de crecimiento inhiben la absorción de Fe en las plantas” (Chambi, 2010, p. 6). Asimismo, la asimilación de cadmio “interfiere en la absorción y transporte de varios elementos (Ca, Mg, P y K) y del agua” (Chambi, 2010, p. 6). Esto debido a que el cadmio “compite con los canales transportadores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Mn^{+2} y Cu^{+2} ” (Pereira *et al.*, 2017, p. 153) por la similitud de propiedades físicas de dichos cationes divalentes y el de cadmio. Además, el cadmio “interfiere en la absorción y transporte de varios elementos (Ca, Mg, P y K) y del agua” (Chambi, 2010, p. 6). Por consiguiente, Charrupi & Martínez (2017) indicaron que:

Una acumulación de cadmio en exceso, conlleva a cambios morfológicos, estructurales, fisiológicos, bioquímicos y moleculares como lo son la desorganización de cloroplastos (Alterando la tasa fotosintética), cambios en el número de granos en la almendra y deformación en el núcleo de las células de la raíz. (p. 28)

2.4. Biorremediación

La biotecnología es la rama de la biología que tiene como finalidad “la aplicación de la ciencia y la tecnología en organismos vivos, sus productos o modelos, para alterar materiales vivos o muertos para la producción de conocimiento, bienes y servicios” (OCDE, 2002, como se citó en Bécares, 2014, p. 81) y actualmente se ha desarrollado ampliamente a nivel global para solucionar problemas relacionados con la salud y medio ambiente y con ello, mejorar la calidad de vida del ser humano. Así, la biotecnología ambiental tiene como objetivo “corregir los desequilibrios causados en el medio ambiente por actividades industriales que alteran los ecosistemas naturales mediante contaminación química o biológica y que también afectan a los grandes ciclos biogeoquímicos en la biosfera” (Blasco & Castillo, 2014, p. 1). Siendo las principales herramientas y metodologías empleadas en esta las siguientes: transferencia de genes involucrados en el metabolismo y absorción de diversas sustancias químicas, petróleo, metales pesados, etc; fabricación de ADN recombinante y organismos genéticamente

modificados mediante técnicas de ingeniería genética, biorremediación de sustancias químicas y nocivas mediante el uso de microorganismos, invertebrados, hongos y plantas; producción de biorreactores y biocombustibles, etc.

Así, la biorremediación “consiste en el empleo de microorganismos solos o en conjunto de material vegetal que disminuye la presencia del metal en las plantas de interés” (Casteblanco, 2018, p. 24). Asimismo, Casteblanco (2018) mencionó lo siguiente:

Los microorganismos cuentan con amplias capacidades metabólicas que les permiten utilizar diferentes tipos de sustratos con el objetivo de obtener energía y en muchos casos transformarlos, los metales pesados son sustratos que pueden ser inmovilizados o transformados por estos organismos utilizando diversas estrategias lo cual puede afectar su biodisponibilidad. Esta situación ha permitido que se puedan implementar técnicas de biorremediación que involucren el uso de hongos y bacterias con el fin de reducir la carga contaminante de diversos ambientes. (p. 28)

Además, según mencionaron Priyalaxmi *et al.* (2014), la biorremediación de metales pesados consiste en aplicar tratamientos que posean microorganismos como bacterias y hongos en su composición, los cuales absorben o convierten estos metales en productos no tóxicos a través de sus diferentes mecanismos de desintoxicación microbiana como la bioacumulación, biotransformación, biomineralización o biosorción (p. 327). Siendo la biorremediación bacteriana una solución efectiva, eficaz y económica, con características de rápida reproducción y control fácil.

2.5. Género *Bacillus*

El género *Bacillus* “fue reportado e identificado por primera vez por Ferdinand Cohn en 1872, quien lo describió como bacteria productora de esporas resistentes al calor. Este género

mundialmente distribuido pertenece al Reino Bacteria, Filo Firmicutes, Clase Bacilli, Orden Bacillales y Familia Bacillaceae” (Villareal *et al.*, 2018, p. 98) y actualmente el género incluye más de 336 especies” (Villareal *et al.*, 2018, p. 98) a nivel mundial. Así, “entre las características del género *Bacillus* destaca su “crecimiento aerobio o en ocasiones anaerobio facultativo, gram positiva, morfología bacilar, movilidad flagelar, tamaño variable (0,5 a 10 µm) y crecimiento óptimo a pH neutro”. (Villareal *et al.*, 2018. p. 101). Por otro lado, este microorganismo posee características culturales de sus colonias que permiten identificarlo en el laboratorio, las cuales según Calvo & Zuñiga (2010) son:

forma irregular y color crema, la apariencia de los bordes de las colonias varía entre aserrada, lobulada, digitiforme y ondulada; las elevaciones de la colonias suelen ser planas o acuminadas, en este último caso presentan el centro más elevado en forma de anillo, la consistencia suele ser seca pero también se presentan colonias cremosas y ligosas. Además, la gran mayoría presenta una superficie opaca, y la consistencia y tamaño es variable (p. 33).

De igual forma, “las colonias de *Bacillus* presentan la característica de formar un anillo concéntrico y borde irregular en el centro” (Wikita *et al.*, 2007 como se citó en Calvo & Zuñiga, 2010, p. 33).

Por otro lado, el suelo “es considerado el principal reservorio de este género bacteriano, debido a que la mayoría de especies de *Bacillus* son saprófitas pudiendo utilizar la gran diversidad de sustratos orgánicos presentes en el suelo”. (Villareal *et al.*, 2018. p. 100). Asimismo, “*Bacillus* es un género altamente presente en la rizósfera de diversos cultivos debido a su capacidad de formación de esporas que le da una ventaja de supervivencia en la rizósfera vegetal” (Calvo & Zuñiga, 2010, p.31). Debido a “su capacidad de producir endosporas (ovales o cilíndricas) es un mecanismo de resistencia a diversos tipos de estrés” (Villareal *et al.*, 2018. p. 101). *Bacillus*

sp es un género bacteriano con un alto potencial biorremediador, ya que según Castebianco (2018), *Bacillus subtilis* es una de las especies de bacterias utilizadas para mejorar la extracción de metales pesados e hidrocarburos (p. 27).

2.6. Género *Streptomyces*

Los estreptomicetos “pertenecen al phylum Actinobacteria, clase Actinobacteria, orden Streptomycetales. Son bacterias Gram positivas aeróbicas que crecen en forma de hifas filamentosas que producen esporas para una reproducción asexual” (Revoredo, 2018, p. 10). Asimismo, los metabolitos secundarios que producen “son utilizados como antibióticos y drogas para tratar varias enfermedades. Estos metabolitos se producen cuando los actinomicetos forman el micelio aéreo que se esparce por toda la superficie del sustrato” (Revoredo, 2018, p. 10). Estas bacterias “crecen a temperaturas entre 25 °C y 30 °C en la incubadora y tardan de 7 a 14 días en producir colonias visibles” (Revoredo, 2018, p. 10). Además, según Hidrin *et al.* (2001), las colonias del género *Streptomyces* presentan aspecto ceroso, de aspecto polvoroso, de color blanco grisáceo, crema hasta negro (p.36). Cabe señalar que, los microorganismos correspondientes a este género están ampliamente distribuidas a nivel mundial en diferentes ecosistemas, obteniendo así que “*S. somaliensis*, prefiere los suelos áridos arenosos, y su localización ha sido principalmente reportada en África, Arabia, México y América del Sur (Brasil y Venezuela)” (Hidrin *et al.*, 2001, p. 36). Además, “*S. paraguayensis* y otros *Streptomyces sp.* han sido aislados de suelos, de vegetales en descomposición y de plantas” (Hidrin *et al.*, 2001, p. 36).

Asimismo, para hacerle frente al estrés que ocasionan los metales pesados en el ambiente, “*Streptomyces* ha desarrollado mecanismos como la excreción de moléculas quelantes o la unión de estos metales a la pared extracelular, entre otros” (Revoredo, 2018, p. 10).

Además, Revoredo (2018) afirmó lo siguiente con respecto a los microorganismos correspondientes al género *Streptomyces*:

En el caso del cadmio, se sabe que algunas cepas de *Streptomyces* son capaces de absorberlo o adsorberlo. Por estas cualidades se propone el uso de estos microorganismos como una alternativa económica y de fácil aplicación contra la contaminación de los cultivos de cacao por metales pesados. (p. 11)

Por las cualidades de los géneros *Bacillus* y *Streptomyces* anteriormente descritas, se propone el uso de estos microorganismos como alternativa económica y de fácil aplicación contra la contaminación de los cultivos de cacao por metales pesados. Asimismo, “al hacer uso de estos microorganismos podrían no verse alterados los géneros naturalmente encontrados en el suelo, ya que se sabe que al menos el 20% de la población bacteriana del suelo está compuesta por *Streptomyces*” (Revoredo, 2018, p. 11)

III. ANTECEDENTES

Estévez et al. (2000). analizaron tres suelos procedentes de la provincia de Pontevedra por tres meses, los cuales fueron secados y tamizados con una malla de 2 mm de luz. Se introdujeron en cilindros de PVC de 40 x 11 cm, cerrados en su parte inferior con tela de lino y se les aplicaron los tratamientos: 500 mg·kg⁻¹ de cadmio, 1000 mg·kg⁻¹ de zinc y una mezcla de 500 mg·kg⁻¹ de cadmio y 1000 mg·kg⁻¹ de zinc. Por consiguiente, se observó que en el suelo con mayor materia orgánica (M.O), se retenía mayor concentración de cadmio.

Guo et al. (2010) evaluaron la capacidad biorremediadora de la bacteria del género *Bacillus* sp aislada la de las hojas de *Solanum nigrum*, planta hiperacumuladora de cadmio. Por ende, Guo et al. inocularon 10 mg·l⁻¹ de cadmio a muestras de suelo estériles por 24 h y obtuvieron como resultado que *Bacillus* sp absorbió un 75,78% de cadmio en las muestras de tierra evaluadas.

Cárdenas (2011) Se analizaron: suelo, hojas, almendras y cascarilla de la variedad CCN 51 de *T. cacao* cultivado en 20 parcelas bajo condiciones de cultivo orgánico en producción. Por consiguiente, obtuvieron valores promedio de cadmio de 0,66 ppm en los suelos, 2,84 ppm en las hojas, 1,55 ppm en las almendras y 2,04 ppm en las cascarillas.

Huamaní et al. (2012). Analizaron la concentración de cadmio en 22 parcelas (17 provenientes de Huánuco y 5 provenientes de Ucayali) y obtuvieron 20 muestras de suelo y de las hojas de *T. cacao* de cada parcela. En su estudio “Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*T.*

cacao) orgánico”, se evaluó la concentración de plomo y cadmio, obteniendo los valores promedio de cadmio en el suelo de 0,53 ppm y en las hojas de cacao de 0,53 ppm.

Wyszkowska et al. (2013) indican que la contaminación del suelo con metales pesados en diferentes cantidades y formas produce impactos en el número de colonias de microorganismos y en la actividad de las enzimas microbianas. Asimismo, las altas concentraciones de metales pesados pueden provocar perturbaciones del equilibrio biológico del suelo contribuyendo a la alteración de las funciones fisiológicas, desnaturalización de proteínas y destrucción de membranas celulares de los microorganismos del suelo. Por otra parte, las bacterias que poseen más plásmidos son más tolerante a los metales pesados , como es el caso de *Rhizobium* sp.

Arévalo et al. (2016) determinaron la concentración de los metales: cadmio, níquel, plomo, hierro, cobre, zinc y manganeso en muestras de la región norte (Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas), región central (San Martín, Huánuco y Junín) y región sur (Cuzco). Las muestras de suelo fueron colectadas a seis profundidades (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm y 60-80 cm) constituidas por un kilo de suelo, las cuales fueron secadas al aire, molidas y pasadas por un tamiz de 2 mm de diámetro y estas muestras fueron evaluadas mediante un espectrofotómetro de absorción atómica. Por consiguiente, se obtuvo mayor concentración de cadmio (0,10 ppm) a 0-10 cm en la zona norte (Tumbes) con $0,50 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Castebianco, J. 2018. En su review “Técnicas de Remediación de Metales Pesados con Potencial Aplicación en el cultivo de cacao” señala que algunas especies de bacterias son utilizadas para mejorar la extracción de metales pesados e hidrocarburos, tales como:

Burkholderia sp, *Scirpus triqueter*, *Pseudomonas* sp, *Bacillus subtilis*, *Microbacterium* sp y *Delftia* sp. Además, indica que los microorganismos cuentan con amplias capacidades metabólicas que les permiten utilizar diferentes tipos de sustratos con el objetivo de obtener energía.

Revoredo, A. 2018. En su estudio “Efecto del tratamiento con 3 cepas de estreptomicetos en la acumulación de cadmio en plantas de *Theobroma Cacao* L.” expusieron tres cepas de la bacteria *Streptomyces* (*S. variabilis*, AB5 y C2) a plantas de *T. cacao* con suelos que contenían 100 y 200 ppm de cadmio. Por consiguiente, se midieron la longitud de las plantas y el número de hojas a los 26, 30 y 90 días. Los resultados evidenciaron que la cepa C2 posee potencial biorremediador al reducir la absorción de cadmio en un 76,47% en el tratamiento con 100 ppm y en un 31,51% con concentraciones de 200 ppm. Asimismo, las cepas *S. variabilis* y AB5 no mostraron tener potencial biorremediador.

IV. HIPÓTESIS

El suelo agrícola contaminado con cadmio reducirá sus niveles de concentración mediante la incorporación de *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp.

V. MATERIALES Y METODOLOGÍA

5.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

a) Trabajo de campo

La recolección de las muestras de tierra se realizó en 10 diferentes fincas pertenecientes a la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, Huánuco, Perú, donde se delimitó una parcela por cada finca. Dichas parcelas fueron georreferenciadas con ayuda de un GPS (Ver tabla 2).

Las fincas pertenecen al ecosistema “Bosque Aluvial Inundable” (B – ai), el cual “se encuentra en la llanura amazónica sobre tierras planas (0-5 %), que sufren inundaciones periódicas por las crecientes normales (de 5 a 8 metros de altura). Los suelos están sometidos a inundación temporal (semanas o pocos meses) o casi permanente” (MINAM, 2019, p. 59). Este ecosistema abarca un grupo heterogéneo de tipos de vegetación ribereña y de pantano boscoso, además abarca el 6,99 % del territorio peruano.

b) Laboratorio

El proyecto se llevó a cabo en el laboratorio de Parasitología (LA79) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma ubicado en Av. Benavides 5440, urbanización “Las Gardenias”, Santiago de Surco, Lima, Perú, donde se procesaron las muestras de tierra desde junio hasta noviembre del 2019.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se efectuó fue de carácter experimental, ya que el objetivo fue exponer a los microorganismos *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp a muestras de tierra agrícola productora de *T. cacao*, teniendo en cuenta el pH y la temperatura de las muestras bajo condiciones de laboratorio.

5.3. VARIABLES

- Físicas: Temperatura y pH
- Tiempo de exposición del tratamiento a las muestras de tierra
- Cantidad de colonias de *Bacillus* y *Streptomyces* (UFC/mL) por tratamiento
- Concentración de niveles de cadmio de las muestras de tierras, antes y después de la aplicación de los tratamientos ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

5.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Indicadores	Tipo de variable	Escala de medición	Valor final
pH	Ácido Básico	Cuantitativa continua	Ordinal	Concentración de iones de hidrógeno presente en las muestras de tierra.
Temperatura	Cifra en grados Celcius ($^{\circ}\text{C}$)	Cuantitativa continua	Ordinal	Cantidad de calor presente en las muestras de tierra.
Tiempo	Reducción de concentración de cadmio	Cuantitativa discreta	Ordinal	Número de días los cuales se exponen los tratamientos a las muestras de tierra
Colonia de la Bacteria	Forma Tamaño Color	Cuantitativa discreta	Nominal	Tamaño Forma Color
Enumeración Bacteriana	Concentración en UFC/mL de cada cepa en los tratamientos	Cuantitativa discreta	Ordinal	UFC/mL

Concentración de niveles de cadmio	mg·kg ⁻¹ de cadmio en muestras de tierra de 1 kg con los tratamientos bacterianos	Cuantitativa continua	Ordinal	mg·kg ⁻¹
---	--	-----------------------	---------	---------------------

Tabla 1

Descripción Detallada de las Variables a Evaluar

5.5. MUESTREO

Las muestras de tierra fueron recolectadas el 27 de mayo del 2019 en diez parcelas distribuidas en diez fincas diferentes pertenecientes a la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo en Tingo María, Huánuco, tal como se indica la tabla 2.

N° DE PARCELA	LATITUD Y LONGITUD	UTM (UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR)
1	9° 12' 29,70'' S 75° 59' 46,18'' O	0390566 8981972
2	9° 10' 41,08'' S 76° 0' 22,57'' O	0389446 8985305
3	9° 10' 19,06'' S 76° 0' 28,31'' O	0389269 8985981
4	9° 10' 21,13'' S 76° 0' 33,00'' O	0389126 8985917
5	9° 10' 23,07'' S 76° 0' 38,38'' O	0388962 8985857
6	9° 10' 20,59'' S 76° 0' 16,23'' O	0389638 8985935
7	9° 10' 0,57'' S 76° 0' 25,51'' O	0389353 8986549
8	9° 10' 6,15'' S 76° 0' 23,00'' O	0389430 8986378
9	9° 9' 58,28'' S 76° 0' 18,26'' O	0389574 8986620

10	9° 10'1,29'' S 76° 0'14,96'' O	0389675 8986528
----	-----------------------------------	--------------------

Tabla 2

Coordenadas Geográficas de las Parcelas a Evaluar de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo

Nota: Fuente Google Earth Pro



Figura 3

Distribución y Ubicación Espacial de las Parcelas Estudiadas Pertenecientes a la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo

Nota: Fuente Google Earth Pro.

Asimismo, se extrajeron cinco submuestras cada una compuesta de 1 kg en cada parcela, siendo un total de cincuenta muestras recolectadas siguiendo los lineamientos y protocolos expuestos en las normas R.M – 0451 – 2018 – MINAM “Lineamientos de Muestreo para la Determinación de Niveles de Cadmio en Suelos, Hojas, Granos y Productos Derivados del Cacao” y R.M 0007 – 2019 – MINAM “Protocolos de Muestreo para la Determinación de Niveles de Cadmio en

Suelos, Hojas, Agua y Granos de Cacao”. Posteriormente, las muestras de tierra fueron almacenadas en un cooler, previamente esterilizado con algodón y alcohol al 96°, y luego trasladadas al laboratorio ENVIROTEST acreditado por INACAL (Instituto Nacional de Calidad) y al laboratorio de análisis de suelos plantas agua y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), según el protocolo de traslado de muestras de tierras agrícolas potencialmente contaminadas con cadmio establecido en la R.M 0007 – 2019 – MINAM donde se indica que la manipulación de muestras con guantes de látex, preservación de muestras con cinta de embalaje y envío a los laboratorios en un plazo máximo de 15 días. En el laboratorio ENVIROTEST se realizaron los análisis de nivel de concentración de metales pesados por la metodología EPA 3050B de digestión ácida de sedimentos, lodos y tierra, el cual emplea la agregación de HCl y H₂O₂. Por último, la espectrofotometría de absorción atómica (ETAAS). Por otro lado, en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) se realizaron los análisis de caracterización físico-química, en los cuales emplearon los siguientes métodos: método del Hidrómetro de Bouyoucos, método del Potenciómetro, método de Walkley y Black, método de Olsen modificado, método de Peech, método del E.D.T.A, método del amarillo de Tiazol y método de Kjenldalh.

5.6. PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS

5.6.1. PROCEDIMIENTOS

A. OBTENCIÓN DE MUESTRAS

En primer lugar, se determinaron y delimitaron los cinco puntos de muestreo por parcela según la metodología de rejillas regulares (MINAM, 2014). Esta metodología se emplea para muestras con distribución uniforme. Así, se delimitó un rectángulo de 120 x 120 cm con ayuda de una huincha y posteriormente, se delimitaron cuatro cuadrados en cada esquina del rectángulo y uno en el centro de 40 cm x 40 cm, obteniéndose así los cinco puntos de muestreo

por parcela. Acto seguido, se registraron las coordenadas geográficas con un GPS marca “GARMIN” modelo “GPSMAP 78s” en el cuadrante medio del rectángulo. Luego, se removió la hojarasca del área donde se encontraban los puntos de muestreo para después extraer 1 kg de tierra en cada punto de muestreo con un auger de acero inoxidable, también conocido coloquialmente como “Barreno”, a una profundidad de 5 cm del suelo. Se recolectaron cinco muestras de tierra en total por parcela, una muestra de tierra fue llevada al laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para el análisis de caracterización físico-química, otra muestra fue trasladada al laboratorio ENVIROTEST acreditado por INACAL (Instituto Nacional de Calidad) para el análisis de concentración de cadmio $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ mediante espectrofotometría de absorción atómica (ETAAS). Por otra parte, las tres muestras restantes de cada parcela se trasladaron al laboratorio de Parasitología (LAB-79) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma (URP) para la elaboración de medios de cultivo para el aislamiento de *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp y la realización del ensayo de biorremediación que comprendió la exposición de dichas muestras de tierra a tratamientos a base de cepas aisladas de *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp a condiciones de laboratorio, realizando así todas las actividades de laboratorio cumpliendo con las normas de bioseguridad tanto de manipulación de microorganismos como manipulación de metales pesados descritos en OMS (2005) para un laboratorio con nivel de bioseguridad que comprenden básicamente en el uso de la indumentaria necesaria es decir, un guardapolvo blanco, guantes de látex y uso de un autoclave. Además, las muestras de tierra fueron manipuladas con guantes de látex para impedir cualquier contaminación con microorganismos externos y fueron colocadas en bolsas ziploc de polietileno con cierre hermético de 1,5 kg de capacidad, previamente rotuladas con un código en cada etiqueta. Luego, las bolsas ziploc con las muestras de tierra fueron almacenadas en un cooler previamente desinfectado con alcohol al 96%.

➤ Metodología EPA 3050B: Digestión Ácida de Sedimentos, Lodos y Tierra

La metodología EPA 3050B fue propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos “USEPA” y tiene como finalidad estandarizar una metodología de análisis de metales en muestras de tierra, sedimentos y lodos por medio de la digestión ácida que emplea diferentes sustancias de pH ácido para obtener las concentraciones de metales como: Aluminio, antimonio, bario, berilio, cadmio, calcio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, vanadio, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, potasio, plata, sodio, talio, zinc, arsénico y selenio.

Esta metodología requiere 1 kg de muestra de tierra, sedimento o lodo y consta de los siguientes pasos:

1. Añadir 10 mL de HNO_3 a 1 gr de muestra y dejar reaccionar por 10 minutos.
2. Agregar 5 mL de HNO_3 por 30 min, repetir hasta que se evaporen 5 mL.
3. Agregar 2 mL de agua destilada y 3 mL de H_2O_2 , continuar agregando alícuotas de H_2O_2 hasta notar presencia de burbujas.
4. Reducir el volumen a 5 mL.
5. Agregar 10 mL de HCl , mantener en condiciones de oscuridad y dejar reaccionar por 10 min.
6. Filtrar la solución obtenida.
7. Analizar mediante espectrofotometría de absorción atómica a 228.8 nm de longitud de onda, la cual es específica para el metal cadmio.

Asimismo, esta metodología es empleada como protocolo para evaluar las concentraciones de arsénico, cadmio, plomo, bario total y cromo total; según los lineamientos de la normativa

peruana señalados en el decreto supremo D.S. 011 – 2017 – MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo”. Además, en las resoluciones ministeriales R.M. 0451 – 2018 – MINAGRI “Lineamientos de Muestreo para la Determinación de Niveles de Cadmio en Suelos, Hojas, Granos y Productos Derivados de Cacao” y R.M. 0007 – 2019 – MINAGRI “Protocolos de Muestreo para la Determinación de Niveles de Cadmio en Suelos, Hojas, Agua y Granos de Cacao” donde se especifican las metodologías a emplearse desde la extracción de muestras de tierra hasta los ensayos de laboratorio con muestras de tierra, hojas, granos y subproductos de cacao; se establece el uso del método EPA 3050B para evaluar la concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en muestras de tierra donde se cultivan ejemplares de *T. cacao* “Cacao”.

➤ Métodos empleados en el Análisis Físico – químico de las Muestras de Tierra

El análisis físico – químico de los parámetros: Tipo de Suelo, porcentaje de arcilla, pH, porcentaje de materia orgánica, concentración de fósforo, concentración de potasio, concentración de calcio, concentración de magnesio y porcentaje de nitrógeno se realizó según los siguientes métodos:

• **Método del Hidrómetro de Bouyoucos:**

Empleado para determinar el tipo de suelo (franco, franco arenoso, franco limoso, franco arcilloso, franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso, arcilloso, arcillo arenoso, arcillo limoso) y el porcentaje de arcilla mediante el análisis de la densidad de la solución de sedimentación por un hidrómetro calibrado.

- **Método del Potenciómetro:**

Método utilizado para la determinación de pH en las muestras de tierra en una relación suelo:agua 1:1, a través de un pHmetro con una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones, se llena el bulbo del pHmetro con la solución de ácido clorhídrico 0,1 M saturado con cloruro de plata y se evalúa la concentración de iones H^+ en la solución de suelo:agua. En consecuencia, se conoce muy bien la sensibilidad y la selectividad de las membranas de vidrio durante el pH. Así, este método proveerá información del tipo de suelo: ácido, neutro o básico.

- **Método de Walkley y Black:**

Este método determina el carbono orgánico o porcentaje de materia orgánica presente en el suelo, para lo cual se oxida la muestra de suelo con una solución de dicromato de potasio estandarizada, utilizando el calor producido por la dilución de ácido sulfúrico concentrado, en la solución crómica. Luego, se evalúa el retroceso de la cantidad de dicromato que no ha sido reducido por la materia orgánica con una solución de sulfato ferroso, utilizando como indicador difenilamina.

- **Método de Olsen Modificado:**

Método para determinar la concentración de fósforo (P) en muestras de suelo, en el cual se utiliza como extractante una disolución de $NaHCO_3$ 0.5 M moderadamente alcalina a $pH = 8,5$ ideada para controlar la actividad de los iones calcio, a través del producto de solubilidad del $CaCO_3$ durante la extracción de fósforo en muestras de suelos.

- **Método de Peech:**

Método utilizado para determinar la concentración de potasio (K) en muestras de suelo empleando acetato de sodio a $\text{pH} = 4,8$ para la cuantificación de potasio.

- **Método del E.D.T.A:**

Este método se emplea para cuantificar la concentración de iones de calcio (Ca^{+2}) en muestras de suelo, para ello se utiliza el ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio (EDTA). Además, se utiliza un indicador que reaccione únicamente con el calcio, el cual cambiará de color cuando todo el calcio ha formado un complejo en el EDTA a un pH de 12 a 13.

- **Método del Amarillo de Tiazol:**

Método para determinar la concentración de iones de magnesio (Mg^{+2}) empleando el colorante amarillo de Tiazol al precipitarse el magnesio con dicho colorante a un $\text{pH} = 12$.

- **Método del Kjeldahl:**

Método para determinar la concentración de nitrógeno (N) en muestras de suelo y comprende tres etapas: digestión, destilación y titulación. La primera consta de la descomposición del nitrógeno al añadir ácido sulfúrico H_2OS_4 0.1 M concentrado, en la destilación se añade la base NaOH 0.1 N para convertir NH_4^+ a NH_3 para luego pasar por ebullición y la condensación de NH_3 gaseoso; por último, la titulación comprende en cuantificar la cantidad de amoníaco mediante el análisis de iones de amoníaco.

B. PREPARACIÓN DE MEDIOS

En el laboratorio de Parasitología (LA79) se prepararon los medios de cultivos agar tierra y agar papa dextrosa en frascos de dilución de 1 L. El agar tierra se obtuvo homogeneizando 100 gr de muestra de tierra seca y 300 mL de agua destilada. Luego, en un frasco de dilución de 500 mL se filtró el líquido de la tierra con ayuda de un embudo y gasa estéril, al cual posteriormente, se le agregó agar nutritivo y se agitó para homogeneizar la mezcla.

Por otro lado, la preparación del agar papa dextrosa consistió en primer lugar en lavar cinco papas de variedad “Huayro”, las cuales equivalían un peso aproximado de 100 gr. En segundo lugar, las papas se colocaron en una olla grande de capacidad de 2 L y se les agregó 600 mL de agua de caño hasta cubrir a los tubérculos. Luego, las papas fueron hervidas con la ayuda de una ornilla marca “OSTER” hasta que la olla emita vapor y las papas presenten grietas y tengan una consistencia blanda. Acto seguido, se descartaron las papas y se filtró 300 mL del líquido obtenido con ayuda de un embudo y gasa estéril en un frasco de dilución de 1 L. Después, se agregó agar nutritivo al frasco, se homogeneizó y se llevó al microondas hasta que agar se derritiera y obtuviera una consistencia espesa según Merck (2005).

Ambos medios de cultivo, agar tierra y agar papa dextrosa, fueron esterilizados en la autoclave a 121°C durante 15 min. Luego de la esterilización fueron distribuidos en placas Petri de 100 x 15 mm frente a un mechero para mantener y asegurar la esterilidad de este proceso.

C. PREPARACIÓN DE DILUCIONES

Se mezcló 50 g de muestra de tierra de la primera parcela con 450 mL de agua peptonada en un vaso de precipitado de 600 mL y se homogeneizó. Luego, a seis tubos de ensayo de 16 x 100 mm se les agregó 9 mL de agua peptonada con ayuda de una pipeta de 10 mL y un pipeteador mecánico. Acto seguido, los tubos fueron cubiertos herméticamente con tapas roscas de plástico y llevados posteriormente a esterilizar a la autoclave a 121 °C por 15 min. Luego, se desinfectó el área de trabajo con algodón y alcohol de 97° para realizar las diluciones de la muestra de tierra frente al mechero. Para ello, se rotularon los tubos de ensayo con las diluciones a realizarse (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6}), se extrajo 1000 μ L o 1 mL de la mezcla de tierra con agua peptonada anteriormente realizada con ayuda de una micropipeta y se colocó en el tubo de ensayo correspondiente a la dilución 10^{-1} , se cubrió inmediatamente con la tapa rosca y se homogeneizó por un minuto en el agitador vórtex. Después, se tomó 1000 μ L de la primera dilución y se colocó en el tubo de ensayo correspondiente a la dilución 10^{-2} para luego homogeneizar en el agitador vórtex por un minuto. Acto seguido, se realizó las demás diluciones restantes, descartándose al final la dilución 10^{-6} .

D. SIEMBRA DE MUESTRAS

Este proceso consistió en preparar las muestras de tierra a diferentes concentraciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} y 10^{-6}) para sembrar por el método de diseminación en superficie de agar 100 μL .

Se esterilizó el área de trabajo con algodón y alcohol de 96° y luego se dispusieron las placas Petri con los medios de cultivo agar tierra y agar papa dextrosa frente al mechero. Dichas placas fueron rotuladas con la dilución de muestra que se le iba a incorporar, teniendo en cuenta que para la presente tesis se consideraron sólo las concentraciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} . Acto seguido, se esterilizó un asa de Drigalsky en el mechero y luego se cogió una placa Petri, se abrió de un extremo con mucho cuidado, se le inoculó 100 μL de la dilución de 10^{-3} con una micropipeta, se dispersó homogéneamente la dilución con el asa de Drigalsky previamente esterilizada y se cerró placa de Petri de inmediato. Se continuó el mismo procedimiento con las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} para ambos medios agar tierra y agar papa dextrosa, realizando dos réplicas por cada concentración y obteniendo 9 placas Petri por cada medio de cultivo. Luego, las placas Petri fueron llevadas a la estufa a 37 °C por 24 h para el crecimiento de colonias.

Después, se evaluó el crecimiento de las colonias en las placas Petri sembradas y se realizó la descripción macroscópica de cada colonia; incluyendo los siguientes parámetros: color, forma, tamaño, consistencia, etc anotando dichas características en un block de notas para luego realizar un registro fotográfico de las colonias obtenidas.

E. AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS

Para el aislamiento de microorganismos, en primer lugar, se seleccionaron las cepas que presuntamente podrían corresponder a los géneros *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp, según las características de estos descritas en Bergey (2004) para realizar ceparios de todas las presuntas cepas de *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp. Para ello, se preparó 50 mL de agar nutritivo, el cual se distribuyó en 150 tubos de ensayos de 16 x 100 mm con tapa rosca con ayuda de un pipeteador mecánico. Luego, los tubos de ensayos fueron esterilizados en la autoclave a 121 °C por 15 min. Acto seguido, dichos tubos fueron inclinados con ayuda de varias gradillas y se dejó en esa posición por 15 min.

Posteriormente, se esterilizó el área de trabajo con algodón y alcohol de 96° y luego se dispusieron las placas Petri con los medios de cultivo agar tierra y agar papa dextrosa con las colonias formadas, frente al mechero. Después, se rotuló cada tubo de ensayo con un código que correspondería a cada cepa, se esterilizó el asa bacteriológica circular de 5 mm de diámetro en el mechero, se esperó unos 5 segundos, se abrió con mucho cuidado una placa Petri y se extrajo una porción de la colonia de interés y se cerró la placa Petri de inmediato. Acto seguido, se abrió el tubo de ensayo correspondiente al código de la cepa de interés, se flameó el borde del tubo, se inoculó la cepa en la base de la parte inclinada distribuyendo el inóculo de manera uniforme mediante estrías onduladas, se flameó el borde del tubo, se tapó el tubo con una tapa rosca, se colocó el tubo en una gradilla y se esterilizó nuevamente el asa bacteriológica. Se realizó este procedimiento con las demás colonias y los tubos de ensayo con los ceparios fueron llevados a la estufa a 37 °C por 24 h para la incubación y crecimiento de las cepas de interés.

F. CRIOPRESERVACIÓN DE CEPAS

Las 118 cepas seleccionadas de *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp fueron preservadas en caldo BHI con 20% de glicerina para su futuro empleo en los tratamientos de biorremediación de cadmio. Para ello, se preparó 360 mL de caldo BHI en un vaso de precipitado de 500 mL al cual se le agregó 24 mL de glicerina y se homogeneizó. Luego, se distribuyó 3 mL de la mezcla en tubos autoclavables de capacidad de 5 mL, para posteriormente esterilizar dichos tubos en la autoclave a 121 °C por 15 min.

Después, se esterilizó el área de trabajo con algodón y alcohol de 96° y luego se dispusieron los tubos de ensayo o ceparios de las cepas anteriormente seleccionadas y los tubos con caldo BHI y glicerina, frente al mechero. Acto seguido, se rotularon los tubos de ensayo con caldo BHI y glicerina con los códigos correspondientes a cada cepa de interés. Luego, se esterilizó el asa bacteriológica, se flameó un tubo de ensayo del cepario, se introdujo el asa en el tubo y se extrajo una pequeña porción de la cepa para flamear nuevamente el extremo del tubo de ensayo y posteriormente taparlo. El inóculo fue incorporado en un tubo con caldo BHI y glicerina, se homogeneizó con el asa bacteriológica y se cubrió con una tapa rosca. Dicho procedimiento se replicó para todas las cepas seleccionadas, para luego ser trasladadas a la estufa a 37 °C por 24 h para su crecimiento. Luego de haber pasado el tiempo correspondiente, los tubos con caldo BHI y glicerina fueron llevados a la refrigeradora a – 20 °C para su preservación.

G. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE CÉLULAS BACTERIANAS

Las cepas seleccionadas que fueron criopreservadas fueron sembradas en placas Petri con agar tierra para obtener una colonia pura y se puedan apreciar mejor sus características culturales. Para ello, se preparó 20 mL de agar tierra empleando la metodología anteriormente descrita en la **Sección B. PREPARACIÓN DE MEDIOS** y se esterilizó en la autoclave a 121 °C por 15 min. Luego, se esterilizó el área de trabajo con algodón y alcohol de 96° y luego se distribuyó dicho medio en placas Petri de 60 x 15 mm. Después, se esterilizó un asa bacteriológica con terminación en punta en el mechero, se abrió un tubo de criopreservación con bastante cuidado, se insertó el asa de siembra en el tubo y se extrajo una pequeña porción del caldo, se cerró el tubo de manera hermética y mediante la técnica de picadura, se inoculó la cepa en el centro de una placa Petri. Este procedimiento se repitió para las demás cepas criopreservadas y las placas Petri sembradas fueron llevadas a la estufa a 37 °C por 24 h para su crecimiento.

Luego, se obtuvieron las colonias de las cepas aisladas sin competencia con otras, lo cual facilitó la descripción y verificación de las características culturales (tamaño, forma, color, consistencia, etc) de cada una. Asimismo, se realizó el registro fotográfico correspondiente y posteriormente, una coloración Gram la cual se realizó extrayendo una cantidad prudente de la colonia con el asa bacteriológica esterilizada en el mechero y esta se colocó sobre una lámina porta-objetos con una gota de agua destilada. Después, se flameó la lámina porta-objetos al fuego por 5 a 10 minutos hasta que la muestra se seque. A continuación, se agregó una gota del colorante “Cristal violeta” encima de la muestra ya seca por 1 min. Luego, se enjuagó el colorante con agua de caño y se secó cuidadosamente con papel toalla para su posterior observación a 10x, 40x, 60x y 100x agregando una gota de aceite de inmersión sobre la muestra. Asimismo, se realizó la identificación de la forma, tamaño y tipo de Gram (positivo o negativo) de las bacterias y se realizó la clasificación de estas hasta el taxón género según los criterios

culturales y morfológicos de forma, tamaño, color, presencia o ausencia de brillo, consistencia, borde y elevación de la superficie de la colonia contrastados con Bergey (2004) y criterios morfológicos a nivel microscopio para determinar la forma, tipo de Gram (positivo o negativo) y presencia de esporas de las bacterias aisladas de las muestras de tierra extraídas de la cooperativa agraria industrial “Naranjillo” de Bergey (2004).

H. ACTIVACIÓN DE CEPAS EN CALDO BHI

Para este procedimiento, se seleccionaron diez cepas de *Bacillus* sp para el tratamiento n° 1 “TR1” y dos cepas de *Streptomyces* sp para el tratamiento n° 2 “TR2”, dichas cepas fueron seleccionadas por su diversidad en forma (circular, fusiforme, irregular, filamentosa, rizoide, puntiforme, etc), tamaño (pequeño, mediano, grande, etc), color (blanquesino, amarillo, pardo, verdoso, etc), presencia o ausencia de brillo, consistencia (seca, mucoide, etc), borde (entero, liso, ondulado, estriado, filamentoso, etc) y elevación (plano, convexo, elevado, umbeliforme, etc) de la colonia, dichas cepas se detallan en la siguiente tabla:

N° de Cepa Aislada	Clasificación Taxonómica	Tratamiento a ser Incorporados
Cepa n° 2	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 5	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 20	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 30	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 34	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 37	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 44	<i>Bacillus</i> sp	TR1

Cepa n° 46	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 49	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 87	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 80	<i>Streptomyces</i> sp	TR2
Cepa n° 115	<i>Streptomyces</i> sp	TR2

Tabla 3

Cepas Utilizadas en los Tratamientos TR1 y TR2

Para la activación de las doce cepas seleccionadas se preparó 40 mL de caldo BHI en un vaso de precipitado de 100 mL y luego, se distribuyó 2,8 mL de este en tubos autoclavables de capacidad de 5 mL. Después, se les agregó 0,2 mL de glicerina a cada tubo, completando a 3 mL y se homogeneizó la mezcla en cada tubo. Posteriormente se esterilizaron los tubos en la autoclave a 121 °C por 15 min.

Después, se esterilizó el área de trabajo con algodón y alcohol de 96° y luego se dispusieron los tubos con caldo BHI y glicerina anteriormente sembrados y los tubos con caldo BHI y glicerina para la activación de cepas, frente al mechero. Acto seguido, se rotularon los tubos de ensayo con caldo BHI y glicerina para la reactivación de cepa con los códigos correspondientes a las doce cepas seleccionadas. Luego, se abrió un tubo con caldo BHI y glicerina contenedor de una cepa seleccionada, se introdujo un gotero de plástico estéril en el tubo y se extrajo 1 mL de la cepa para posteriormente tapar el tubo. Después, se incorporó el inóculo en el tubo con caldo BHI y glicerina recién autoclavados, se homogeneizó con el gotero, se cubrió el tubo con una tapa rosca y se descartó el gotero. Dicho procedimiento se replicó para todas las cepas seleccionadas, para luego ser trasladadas a la estufa a 37 °C por 24 h para su posterior crecimiento.

I. PREPARACIÓN DE TRATAMIENTOS “TR1” Y “TR2”

Se preparó 420 mL de caldo nutritivo el cual se dispuso en dos frascos de dilución de 300 mL para luego esterilizarlos en la autoclave a 121 °C por 15 min.

Después, se esterilizó el área de trabajo con algodón y alcohol de 96°, se rotularon los frascos de dilución con los códigos de las doce cepas seleccionadas, luego se distribuyó 20 mL de caldo nutritivo en doce frascos de dilución previamente esterilizados. Asimismo, los 180 mL de caldo restantes se dispusieron en un frasco de dilución aparte. A continuación, se destapó un frasco de dilución, se flameó el extremo de este, se le agregó 3 mL de una cepa seleccionada con un gotero de plástico estéril, se flameó nuevamente el extremo del frasco y se cubrió con la tapa rosca. Este procedimiento se realizó para las once cepas restantes y posteriormente, los frascos de dilución fueron llevados a la estufa a 27 °C por 24 h para la incubación de las bacterias. Por otro lado, el frasco de dilución con el caldo nutritivo restante se llevó a la refrigeradora a -4 °C para su conservación.

Pasadas las 24 horas, se esterilizó el área de trabajo con algodón y alcohol de 96° y frente a un mechero, se añadieron 20 mL de cada cepa de *Bacillus* sp en un frasco de dilución de 200 mL con ayuda de una pipeta y pipeteador previamente esterilizados y luego se homogeneizó manualmente, por lo cual, se añadieron 20 mL de las 10 cepas seleccionadas de *Bacillus* sp, obteniéndose así 200 mL del tratamiento 1 “TR1”. Asimismo, se repitió el mismo procedimiento con las dos cepas de *Streptomyces* sp, de las cuales fueron añadidas 20 mL de cada una al frasco de dilución de 200 mL con ayuda de una pipeta y pipeteador previamente esterilizados, por lo cual, se añadieron 20 mL de las 2 cepas seleccionadas de *Streptomyces* sp, luego se añadieron los 180 mL de caldo nutritivo restantes del frasco de dilución conservado

en la refrigeradora y se homogeneizó manualmente. Por consiguiente, se obtuvo 200 mL del tratamiento 2 “TR2”.

Asimismo, ambos tratamientos fueron almacenados en la refrigeradora a -4 °C para evitar que se siguiera con la proliferación y desarrollo de las cepas.

J. RECUENTO DE BACTERIAS – AGAR PLATE COUNT

El recuento de bacterias se realizó con el objetivo de tener conocimiento de la cantidad de UFC/mL que existen en las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} . Para este proceso se utilizaron tres cepas, dos cepas de las cuales dos cepas de *Bacillus* sp (B1 y B2) y una de *Streptomyces* sp (B3), descritas a continuación:

N° de Cepa Aislada	Clasificación Taxonómica	Código de Cepa para el Recuento Bacteriano
Cepa n°5	<i>Bacillus</i> sp	B1
Cepa n° 20	<i>Bacillus</i> sp	B2
Cepa n° 80	<i>Streptomyces</i> sp	B3

Tabla 4

Cepas Utilizadas en el Recuento Bacteriano

Por consiguiente, se preparó el medio “Agar Plate Count” en un frasco de dilución de 500 mL, el cual fue distribuido en ocho tubos de ensayos de 16 x 100 mm y fue llevado a la autoclave a 121 °C por 15 min para su esterilización. Posteriormente, se esterilizó el área de trabajo con algodón y alcohol de 96°, luego el medio de cultivo fue distribuido en placas Petri de 100 x 15 mm frente a un mechero, se dejó enfriar y luego se rotularon los tubos de ensayo con las

diluciones que se realizarían y también se rotularon las placas Petri con los códigos correspondientes a las tres cepas seleccionadas para el proceso de recuento de bacterias.

Después, se destapó el tubo con caldo BHI y glicerina de la cepa B1, se extrajo 1000 μL de este, se cubrió nuevamente con una tapa rosca, se añadió el inóculo a un tubo de ensayo con 9 mL de agua peptonada, se flameó el extremo del tubo de ensayo, se homogeneizó en un agitador vórtex para así obtener la dilución 10^{-1} . Luego, se cogió nuevamente el tubo de ensayo de la dilución 10^{-1} , se flameó el extremo del tubo de ensayo, se extrajo 1000 μL de la dilución, se flameó el extremo del tubo de ensayo, se homogeneizó en un agitador vórtex para de esta manera obtener la dilución 10^{-2} . Acto seguido, se dispuso a repetir dicho proceso para las demás diluciones hasta la dilución 10^{-8} , siendo esta última dilución descartada. Asimismo, se procedió a realizar las diluciones para las cepas B2 y B3.

Luego, se flameó el extremo del tubo de ensayo, se extrajo 100 μL del tubo de ensayo con la dilución 10^{-5} de la cepa B1, se flameó nuevamente el extremo del tubo de ensayo, se esterilizó un asa de Drigalsky en el mechero, se abrió cuidadosamente una placa Petri con agar Plate count, se agregó el inóculo y este se dispersó homogéneamente con el asa de Drigalsky mediante el método de diseminación en superficie de agar. Después, se cerró la placa Petri herméticamente y se esterilizó nuevamente el asa de Drigalsky en el mechero. Este procedimiento se realizó para todas las diluciones hasta la dilución 10^{-7} y para las cepas B2 y B3 y por triplicado.

Luego, las placas Petri sembradas con las diferentes diluciones fueron llevadas a la estufa a 37 $^{\circ}\text{C}$ por 24 h para el crecimiento de colonias.

K. TRATAMIENTO CON BACTERIAS

• REALIZACIÓN DE TRATAMIENTOS “TR1” Y “TR2”

Se dispusieron 20 envases transparentes de plástico de 34,4 cm de largo, 11,8 cm de alto y 20,2 cm de ancho de capacidad de 6 L en el laboratorio, los cuales fueron rotulados con códigos correspondientes a muestras de tierra de cada parcela estudiada de la Cooperativa Industrial Agraria “Naranjillo”. A continuación, se pesó 1 kg de muestra de tierra de cada parcela en una balanza digital para luego distribuirla en un envase de plástico para que sea expuesta al tratamiento n° 1 “TR1”. Este procedimiento se repitió para la muestra de tierra de segunda parcela estudiada y así sucesivamente hasta la muestra de tierra de la décima parcela estudiada. Asimismo, se pesó 1 kg de muestras de tierra de cada parcela y se realizó el mismo procedimiento para el tratamiento n° 2 “TR2”, obteniéndose así diez envases de plástico con muestra de tierra correspondiente a cada una de las diez parcelas para el tratamiento n° 1 “TR1” y diez envases de plástico con muestra de tierra correspondiente a cada una de las diez parcelas para el tratamiento n° 2 “TR2”, por consiguiente se obtuvo un total de 20 envases de plástico para el proceso de aplicación de tratamientos.

Luego, se aplicó 1 mL del tratamiento n° 1 “TR1” a las diez muestras de tierra pertenecientes a las diez diversas parcelas empleando aguantas de látex estériles. La aplicación se realizó esparciendo el tratamiento removiendo la tierra manualmente para una mejor distribución de este en la muestra de tierra. Este procedimiento se realizó cinco veces al día cada 2 horas, siendo aplicados un total de 5 mL del TR1 por muestra por día. De igual manera, se aplicó el tratamiento n° 2 “TR2” a las diez muestras restantes de las diez fincas muestreadas, bajo el mismo procedimiento. Asimismo, la aplicación de ambos tratamientos se realizó durante un periodo de 21 días y se midió el pH y la temperatura durante dicho periodo. Luego, las muestras de tierra fueron distribuidas en bolsas de polietileno con cierre hermético, fueron rotuladas y

llevadas al laboratorio “ENVIROTEST” según el protocolo impuesto por el R.M 007 – 2019 – MINAGRI, resguardando las muestras de suelo en bolsas de polietileno de 1 kg y envueltas con cinta de embalaje para posteriormente ser dispuestas en un cooler aséptico previamente esterilizado con algodón y alcohol al 96°. Asimismo, en el laboratorio ENVIROTEST se realizaron los análisis de nivel de concentración final de cadmio (mg/kg) tras la aplicación de los tratamientos bacterianos por el método EPA 3050B que incluyen una digestión ácida de la muestra y evaluación mediante espectrofotometría de absorción atómica (ETAAS), método acreditado ante INACAL (Instituto Nacional de Calidad). Por otro lado, los materiales de laboratorio empelados en el presente trabajo de investigación fueron limpiados con agua y detergente y los materiales expuestos directamente a microorganismo, fueron esterilizados a 121 ° C por 15 min y luego, algunos fueron descartados en bolsas de plástico de color rojo para residuos biológicos. Además, los recipientes de plástico donde se dispusieron las muestras de tierra para la aplicación de los tratamientos “TR1” y “TR2”, fueron descartados en bolsas de color rojo para residuos biológicos, de igual forma se procedió para el descarte y eliminación de los residuos de las muestras de tierra. Luego, se hizo la coordinación con la “EPS - RS” (empresa prestadora de servicios de residuos sólidos) ECOGLOBO S.A.C. para el recojo de dichas bolsas con residuos biológicos y realicen la disposición final de estos; teniendo en cuenta que ECO GLOBO S.A.C es una empresa de recojo, transporte y disposición de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos autoriza por el MINAM y DIGESA.

L. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CONTAMINACIÓN DEL CADMIO EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, PERÚ

El factor de contaminación (C_f^i) se define como un índice que cuantifica la contaminación de un lugar en específico, dicha contaminación puede ser producto de sustancias químicas, líquidos, metales pesados, etc; los cuales en su mayoría son secretadas accidentalmente en el lugar de estudio por causa de actividades antropogénicas. La fórmula para calcular este índice es:

$$C_f^i = \frac{C_{0-1}^i}{C_n^i}$$

Donde:

C_{0-1}^i = La concentración media de cadmio

C_n^i = Nivel de referencial pre – industrial o el nivel de referencia de la normatividad. Para este caso se empleará el nivel de referencia señalada en la normativa peruana D.S – 011 – 2017 – MINAM, el cual equivale a 1,4 mg·kg⁻¹ para suelos agrícolas.

Rango del Factor	Criterio
< 1	Bajo factor de contaminación
1 - 3	Moderado factor de contaminación
3 - 6	Considerable factor de contaminación
> 6	Alto factor de contaminación

Tabla 5

Rangos del Factor Contaminación

Nota: Fuente [https://doi.org/10.1016/S1002-0705\(08\)60042-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60042-4) (Qinjie, J. et al.,2008).

M. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO ECOLÓGICO DEL CADMIO EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, PERÚ

El factor de riesgo ecológico (Er^i) es un indicador que aporta información sobre la posible afectación que sufre el entorno biótico y abiótico cuando ingresa una concentración contaminante al sistema y la ecuación para calcularlo fue propuesto por Hakånson en 1980.

Por consiguiente, la siguiente fórmula, para calcular dicho factor es:

$$Er^i = Tr^i * C_f^i$$

Donde:

Tr^i = Factor de respuesta tóxica

C_f^i = Factor de contaminación

El factor de respuesta tóxica para el cadmio es de $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ según Hakånson (1980).

Rango del Factor	Criterio
< 40	Bajo riesgo ecológico potencial
40 - 80	Moderado riesgo ecológico potencial
80 - 160	Considerable riesgo ecológico potencial
160 - 320	Alto riesgo ecológico potencial
< 1320	Muy alto riesgo ecológico potencial

Tabla 6

Rangos del Factor de Riesgo Ecológico

Nota: Fuente [https://doi.org/10.1016/S1002-0705\(08\)60042-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60042-4) (Qinjie, *et al.*, 2008)

5.6.2. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados del nivel de cadmio (antes y después de la aplicación de los tratamientos “TR1” y “TR2”, así como el pH, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de arcilla, contenido de calcio, contenido de magnesio, contenido de fósforo, contenido de potasio y porcentaje de nitrógeno fueron variables utilizadas para analizar las relaciones entre dichas variables mediante la correlación lineal de Pearson y Spearman, pruebas estadísticas realizadas en el programa estadístico SPSS versión 22,0.

Asimismo, la normalidad y verificación de la distribución uniforme de los datos se evaluó mediante el test de Shapiro-Wilk y la evaluación de homogeneidad de varianzas mediante el test de Levene en el programa estadístico SPSS versión 22,0.

5.7. ASPECTO ÉTICO

Para el presente trabajo de investigación, no aplica el factor ético, ya que no se trabajará ni con humanos ni con especies de animales mayores, solamente con microorganismos. Además, el recurso humano fue resguardado debido al cumplimiento de las normas de bioseguridad descritas en OMS (2005).

VI. RESULTADOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELO

Los informes de los análisis de caracterización físico – química efectuados por el “Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes” de la Universidad Agraria La Molina “UNALM” sobre el tipo de suelo (según el porcentaje de arcilla, limo y arena), pH, porcentaje de materia orgánica (%), porcentaje de arcilla (%), concentración de calcio (Ca^{+2}) ($\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$), concentración de magnesio (Mg^{+2}) ($\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$), concentración de fósforo (ppm) y concentración de potasio (ppm) y porcentaje de nitrógeno (%), de cada muestra de tierra de las diez parcelas estudiadas se encuentran en la sección “ANEXOS”, sin embargo, se resumen en la siguiente tabla:

N° de Parcela	Tipo de Suelo	pH	Porcentaje de Materia Orgánica (%)	Porcentaje de Arcilla (%)	Concentración de Calcio ($\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	Concentración de Magnesio ($\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	Concentración de Fósforo (ppm)	Concentración de Potasio (ppm)	Porcentaje de Nitrógeno (%)
1	Franco Limoso	7,16	2,34	10,00	9,26	0,82	5,40	0,05	0,16
2	Franco Limoso	6,12	4,00	22,00	9,72	1,20	14,10	0,08	0,26
3	Franco Arcilloso	5,33	1,79	38,00	13,30	2,63	7,90	0,11	0,18
4	Franco Arcilloso Arenoso	6,82	1,86	6,00	5,91	1,82	5,00	0,05	0,12
5	Franco Limoso	5,99	2,07	6,00	5,98	1,18	2,80	0,06	0,11
6	Franco Arcilloso	4,48	2,90	38,00	10,80	2,35	5,30	0,19	0,23
7	Franco	5,86	1,86	24,00	10,40	0,58	4,80	0,05	0,14
8	Franco Limoso	6,69	2,76	24,00	12,20	0,87	3,70	0,06	0,24
9	Franco Limoso	7,38	1,38	16,00	12,32	0,60	2,50	0,06	0,13
10	Franco Limoso	7,47	1,52	14,00	13,35	0,80	3,30	0,05	0,11

Tabla 7.

Resumen de la Caracterización Físico – Química de las Muestras de Suelo Pertenecientes a las Parcelas Estudiadas

Nota: Fuente Resultados del “Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes” de la Universidad Agraria La Molina “UNALM”.

De acuerdo con los resultados de los análisis de suelo anteriormente mencionados, se puede mencionar que para el caso del tipo de suelo, se evidenció que de las 10 parcelas evaluadas, 6 parcelas presentaron poseer la clase textural franco limoso (Parcelas n° 1, 2, 5, 8, 9 y 10), 2 parcelas presentaron tener la clase textural franco arcilloso (Parcelas n° 3 y 6), mientras sólo una parcela presentó tener la clase textural franco arcilloso arenoso (Parcela n° 4) y sólo 1 parcela presentó poseer la clase textural franco (Parcela n° 7).

Con respecto al pH, se observó un valor máximo de 7,47, ligeramente alcalino, correspondiente a la parcela n° 10 y un valor mínimo de 4,48; ligeramente ácido, correspondiente a la parcela n° 6. Asimismo, se observó una media de 6,33, infiriéndose que las muestras de suelo de las parcelas estudiadas tienden a ser ligeramente alcalinas.

Por otro lado, los informes realizados por las UNALM mostraron un valor máximo de 4,00% de materia orgánica (M.O) correspondiente a la parcela n° 2 y un valor mínimo de 1,52% correspondiente a la parcela n° 10, además se calculó el promedio de materia orgánica, la cual obtuvo el valor de 2,25%.

Asimismo, el porcentaje de arcilla (%) evidenció un valor máximo de 38% correspondiente a la parcela n° 3 y un valor mínimo de 6% correspondiente a las parcelas n° 4 y 5, obteniéndose un promedio de 19,80% de arcilla.

Con respecto a la concentración de cationes de calcio (Ca^{+2}) evaluado en $\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$, se observó un valor máximo de $13,35 \text{ meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$ correspondiente a la parcela n° 10, un valor mínimo $5,91 \text{ meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$ correspondiente a la parcela n° 4, siendo el promedio de $10,32 \text{ meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Asimismo, se obtuvo un valor máximo de $2,63 \text{ meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de concentración de cationes de magnesio (Mg^{+2}) correspondiente a la parcela n° 3 y un valor mínimo de $0,6 \text{ meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$ correspondiente a la parcela n° 9, con un valor promedio de $1,29 \text{ meq}/100\text{g}$.

Con respecto a la concentración de fósforo evaluado en ppm, se observó un valor máximo de $14,1 \text{ ppm}$ correspondiente a la parcela n° 2, un valor mínimo $2,5 \text{ ppm}$ correspondiente a la parcela n° 9 y un valor promedio de $5,48 \text{ ppm}$.

Por otro lado, la concentración de potasio en ppm fue también evaluada y evidenció un valor máximo de $0,19 \text{ ppm}$ correspondiente a la parcela n° 6 y un valor mínimo de $0,05 \text{ ppm}$ correspondientes a las parcelas n° 1, 4, 7 y 10, con un promedio de $0,08 \text{ ppm}$.

Con respecto al porcentaje de nitrógeno (%), se observó un valor máximo de $0,26\%$ correspondiente a la parcela n° 2 y un valor mínimo $0,11 \%$ correspondientes a las parcelas n° 5 y 10, siendo el promedio de $0,17\%$.

Por otro lado, los informes de los análisis del nivel de concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) de las muestras de suelo de las parcelas estudiadas fueron efectuados por el laboratorio “ENVIROTEST” y se adjuntaron en la sección “ANEXOS”. Asimismo, se resume dicha información en el siguiente gráfico:

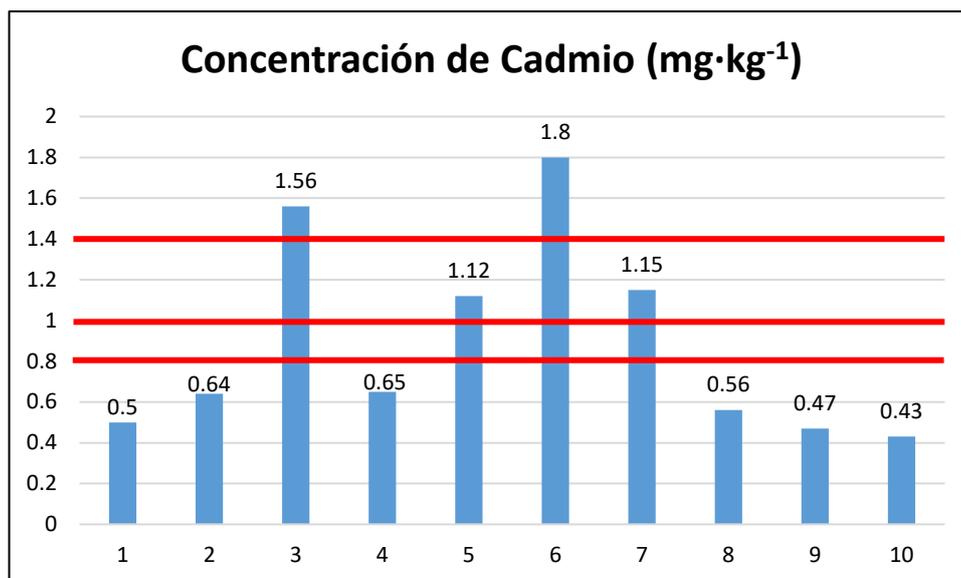


Figura 4.

Resultado de Concentraciones de Cadmio (mg·kg⁻¹) por Parcela Evaluada

Nota: El límite de concentración de cadmio en suelos agrícolas impuesto por la Unión Europea es de 1,00 mg·kg⁻¹ de cadmio, el límite impuesto por la Agencia Ambiental Holandesa y Comisión de las Comunidades Europeas (CEE) es de 0,80 mg·kg⁻¹ de cadmio, el límite impuesto por la normativa canadiense “Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health” es de 1,4 mg·kg⁻¹ y el límite impuesto por la normativa peruana dispuesto en el D.S. 011 – 2017 – MINAM es de 1,4 mg·kg⁻¹ de cadmio.

En la figura 4 se evidencia que la parcela n° 6 presentó la mayor concentración de 1,80 mg·kg⁻¹ y la parcela n° 10 presentó la menor concentración de cadmio con 0,43 mg·kg⁻¹, obteniéndose un promedio de 0,89 mg·kg⁻¹ de cadmio.

De igual manera, en dicha figura 4 se puede observar que las parcelas n° 3, 5, 6 y 7 con 1,56 mg·kg⁻¹, 1,12 mg·kg⁻¹, 1,80 mg·kg⁻¹ y 1,15 mg·kg⁻¹ de cadmio, respectivamente, sobrepasan el límite por la Agencia Ambiental Holandesa y Comisión de las Comunidades Europeas (CEE) de 0,80 mg·kg⁻¹ de cadmio, límite mencionado en Charrupi & Martínez (2017), y el límite impuesto por la Unión Europea de 1,00 mg·kg⁻¹ de cadmio en el suelo agrícola, límite señalado en la comisión del CODEX ALIMENTARIUS (2014).

Asimismo, las parcelas n° 3 con $1,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de y n° 6 con $1,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio sobrepasan el límite impuesto por la normativa canadiense “Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health”, mencionado en Bello (2020), y límite o estándar de calidad ambiental (ECA) para suelos agrícolas de $1,40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio establecido por la normativa peruana en MINAM (2017).

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Los valores de: media, varianza, desviación estándar, límite superior y límite inferior de cada variable de caracterización de suelo evaluada en el presente estudio se detallan a continuación:

- **Variable Cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$):**

Media: $0,8880 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Varianza: $0,241 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Desviación estándar: $0,49064 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

- **Variable pH:**

Media: 6,3300

Varianza: 6,4050

Desviación estándar: 0,95823

- **Variable Materia orgánica (%):**

Media: 2,2480 %

Varianza: 1,9650 %

Desviación estándar: 0,78819 %

- **Variable Porcentaje de Arcilla (%):**

Media: 19,8000 %

Varianza: 19,0000 %

Desviación estándar: 136,400 %

- **Variable Magnesio (meq·100 g⁻¹):**

Media: 1,2850 meq·100 g⁻¹

Varianza: 0,538 meq·100 g⁻¹

Desviación estándar: 0,73316 meq·100 g⁻¹

- **Variable Calcio (meq·100 g⁻¹):**

Media: 10,3240 meq·100 g⁻¹

Varianza: 7,289 meq·100 g⁻¹

Desviación estándar: 2,69979 meq·100 g⁻¹

- **Variable Fósforo (ppm):**

Media: 5,4800 ppm

Varianza: 11,653 ppm

Desviación estándar: 3,41363 ppm

- **Variable Potasio (meq·100 g⁻¹):**

Media: 0,0760 meq·100 g⁻¹

Varianza: 0,002 meq·100 g⁻¹

Desviación estándar: 0,04427 meq·100 g⁻¹

- **Variable Nitrógeno (%):**

Media: 0,1680 %

Varianza: 0,003 %

Desviación estándar: 0,5673 %

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk, la cual se utiliza para un número de datos menor o igual a 50, con un nivel de confianza del 95% a través del programa estadístico SPSS versión 22,0 a las variables: pH, porcentaje de arcilla, porcentaje de materia orgánica, concentración de calcio, concentración de magnesio, concentración de fósforo, concentración de potasio, porcentaje de nitrógeno y concentración de cadmio de las muestras de tierra de las diez parcelas estudiadas, para ello se plantearon las siguientes hipótesis (H_0 : hipótesis nula y H_1 : hipótesis alterna):

H_0 : La variable no tiene una distribución normal.

H_1 : La variable tiene una distribución normal.

Prueba de normalidad

Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.
Cadmio	,845	10	,051
pH	,944	10	,600
M.O	,891	10	,176
Arcilla	,906	10	,257
Calcio	,893	10	,182
Magnesio	,851	10	,060
Fósforo	,770	10	,006
Potasio	,658	10	<.001
Nitrógeno	,877	10	,120

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 8.

Pruebas de Normalidad Aplicadas a las Variables de Caracterización de las Muestras de Suelo de las Parcelas Estudiadas

Nota: Fuente Programa Estadístico SPSS Versión 22,0.

Según lo detallado en la tabla 8, las variables: pH, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de arcilla, concentración de calcio, concentración de magnesio y concentración de nitrógeno presentaban un nivel de significancia mayor de 0,05 ($p > 0,05$), es decir, se debe aceptar la hipótesis alterna para dichas variables, las cuales presentan una distribución normal, por ende, para ellas se emplearán estadísticos paramétricos. Por otro lado, las variables: concentración de cadmio, concentración de fósforo y concentración de potasio no presentan una distribución normal, por ende, para estas variables se aceptará la hipótesis nula y se empleará estadísticos no paramétricos.

Se utilizó la prueba estadística paramétrica “Correlación de Pearson” para las variables con distribución normal con la finalidad de evaluar la relación (positiva o negativa) de cada variable con respecto a la variable concentración de cadmio. Asimismo, se empleó la prueba estadística no paramétrica “Correlación de Spearman” para las variables que no presentaron una distribución normal, ambas pruebas estadísticas se realizaron a un nivel de confianza del 95% a través del programa estadístico SPSS versión 22,0.

La clasificación e interpretación de los valores de los resultados de las correlaciones se detallan en la siguiente tabla:

Valores	Tipo de Correlación		Magnitud de Correlación
0,0	Positiva (+)	Negativa (-)	Sin correlación
0,0 – 0,2			Correlación muy baja
0,2 – 0,4			Correlación baja
0,4 – 0,6			Correlación moderada
0,6 – 0,8			Correlación significativa
0,8 – 1,0			Correlación muy significativa
1,0			Correlación perfecta

Tabla 9.

Clasificación e Interpretación de los Valores de los Resultados de las Correlaciones de Pearson y Spearman

Nota: Fuente https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/718/ (Charrupi, N & Martínez, D., 2017).

- **Correlación entre Concentración de Cadmio y pH**

La variable pH presenta una distribución normal, por ende, se utilizó la prueba de correlación de Pearson, con la cual se obtuvo una correlación negativa y muy significativa con un valor de $-0,952$, interpretándose como que el cadmio posee una relación inversamente proporcional con el pH, aumentándose la concentración de cadmio al disminuir el pH, es decir, al presentar mayor acidez.

- **Correlación entre Concentración de Cadmio y el Porcentaje de Materia Orgánica**

La variable porcentaje de materia orgánica presenta una distribución normal, por ende, se utilizó la prueba de correlación de Pearson, con la cual se obtuvo una correlación positiva muy baja con un valor de $+0,085$, interpretándose de esta manera que el cadmio tiene una relación

directamente proporcional con el porcentaje de materia orgánica, aumentándose la concentración de cadmio al aumentar la cantidad de materia orgánica.

- **Correlación entre Concentración de Cadmio y el Porcentaje de Arcilla**

La variable porcentaje de arcilla presenta una distribución normal, por ende, se utilizó la prueba de correlación de Pearson, con la cual se obtuvo una correlación positiva y significativa con un valor de + 0,701, interpretándose como que el cadmio posee una relación directamente proporcional con el porcentaje de arcilla, aumentándose la concentración de cadmio al aumentar la cantidad de materia arcilla en el suelo.

- **Correlación entre Concentración de Cadmio y la Concentración de Calcio**

La variable concentración de calcio presenta una distribución normal, por ende, se utilizó la prueba de correlación de Pearson, con la cual se obtuvo una correlación positiva y poco significativa con un valor de + 0,019, interpretándose como que el cadmio posee una relación directamente proporcional con la concentración de calcio, aumentándose la concentración de cadmio al aumentar la cantidad de calcio en el suelo.

- **Correlación entre Concentración de Cadmio y la Concentración de Magnesio**

La variable concentración de magnesio presenta una distribución normal, por ende, se utilizó la prueba de correlación de Pearson, con la cual se obtuvo una correlación positiva y significativa con un valor de + 0,737, interpretándose como que el cadmio tiene una relación

directamente proporcional con la concentración de magnesio, aumentándose la concentración de cadmio al aumentar la cantidad de magnesio en el suelo.

- **Correlación entre Concentración de Cadmio y la Concentración de Fósforo**

La variable concentración de magnesio no presenta una distribución normal, por ende, se empleó la prueba de correlación de Spearman, con la cual se obtuvo una correlación positiva moderada con un valor de + 0,406 interpretándose como que el cadmio tiene una relación directamente proporcional con la concentración de fósforo, aumentándose la concentración de cadmio al aumentar la cantidad de fósforo en el suelo.

- **Correlación entre Concentración de Cadmio y la Concentración de Potasio**

La variable concentración de magnesio no posee una distribución normal, por ende, se utilizó la prueba de correlación de Spearman, con la cual se obtuvo una correlación positiva moderada con un valor de + 0,526 interpretándose como que el cadmio tiene una relación directamente proporcional con la concentración de potasio, aumentándose la concentración de cadmio al aumentar la cantidad de potasio en el suelo.

- **Correlación entre Concentración de Cadmio y el Porcentaje de Nitrógeno**

La variable concentración de calcio presenta una distribución normal, por ende, se utilizó la prueba de correlación de Pearson, con la cual se obtuvo una correlación baja y positiva con un valor de + 0,217, interpretándose como que el cadmio posee una relación directamente proporcional con el porcentaje de nitrógeno, aumentándose la concentración de cadmio al aumentar la cantidad de nitrógeno en el suelo.

Por otro lado, se evaluó la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas para una variable específica, para ello se propusieron la hipótesis nula y la hipótesis alterna de la siguiente forma:

H₀: Las varianzas de la variable son iguales y no presentan diferencias entre ellas.

H₁: Las varianzas de la variable son diferentes y presentan diferencias entre ellas.

Entonces, se evaluó la variable concentración de cadmio con respecto a las variables: porcentaje de materia orgánica, porcentaje de arcilla, concentración de calcio, concentración de magnesio, concentración de fósforo y concentración de potasio; y si estas presentan un nivel de significancia menor de 0,05 ($p < 0,05$), se deberá aceptar la hipótesis nula para dichas variables, las cuales no presentarían diferencias entre sus varianzas y tendrían similitud entre ellas. Por otro lado, si las variables anteriormente mencionadas presentan un nivel de significancia mayor de 0,05 ($p > 0,05$), se aceptará la hipótesis alterna que indica que las varianzas presentarían diferencias entre ellas, por lo tanto, estas no tendrían similitud alguna.

- **Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS pH**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de Cadmio	13,457	2	27	,000
pH	,019	2	27	,981

Tabla 10.

Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS pH

La tabla 10 muestra que $p > 0,05$ con un valor de 0,981; por consiguiente, la concentración de cadmio y el pH no tienen similitud entre sus varianzas, es decir, hay diferencias entre las medias de estos grupos.

- **Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Materia Orgánica**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de Cadmio	14,538	2	25	,000
Porcentaje de Materia Orgánica	0,021	2	25	,768

Tabla 11.

Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Materia Orgánica

La prueba de Levene muestra que $p > 0,05$ con un valor de 0,768; por consiguiente, la concentración de cadmio y el porcentaje de materia orgánica no presentan similitud entre sus varianzas.

- **Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Arcilla**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de Cadmio	16,284	2	28	,000
Porcentaje de Arcilla	0,030	2	28	,825

Tabla 12.

Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Arcilla

La tabla 12 muestra que $p > 0,05$ con un valor de 0,825; por ende, la concentración de cadmio y el porcentaje de arcilla no tienen similitud entre sus varianzas, es decir, hay diferencias entre las medias de estos grupos.

- **Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Calcio**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de Cadmio	11,874	2	20	,000
Concentración de Calcio	0,010	2	20	,751

Tabla 13.

Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Calcio

La tabla 13 evidencia que $p > 0,05$ con un valor de 0,751; por consiguiente, la concentración de cadmio y la concentración de calcio no presentan similitud entre sus varianzas.

- **Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Magnesio**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de Cadmio	14,241	2	30	,000
Concentración de Magnesio	0,22	2	30	,990

Tabla 14.

Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Magnesio

La prueba de Levene muestra que $p > 0,05$ con un valor de 0,990; por lo cual, la concentración de cadmio y la concentración de magnesio no presentan similitud entre sus varianzas y por consiguiente, hay diferencias entre las medias de estos grupos.

- **Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Fósforo**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de Cadmio	10,128	2	18	,000
Concentración de Fósforo	0,007	2	18	,680

Tabla 15

Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Fósforo

La tabla 15 evidencia que $p > 0,05$ con un valor de 0,680; por lo tanto, la concentración de cadmio y la concentración de fósforo no presentan similitud entre sus varianzas.

- **Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Potasio**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de Cadmio	13,985	2	29	,000
Concentración de Potasio	0,21	2	29	,954

Tabla 16

Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Concentración de Potasio

La prueba de Levene muestra que $p > 0,05$ con un valor de 0,954; por ende, la concentración de cadmio y la concentración de potasio no presentan similitud entre sus varianzas y por consiguiente, hay diferencias entre las medias de estos grupos.

- **Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Nitrógeno**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Concentración de Cadmio	9,988	2	17	,000
Porcentaje de Nitrógeno	0,008	2	17	,624

Tabla 17

Homogeneidad de Varianzas entre Concentración de Cadmio VS Porcentaje de Nitrógeno

La tabla 17 muestra que $p > 0,05$ con un valor de 0,624; por consiguiente, la concentración de cadmio y el porcentaje de nitrógeno no tienen similitud entre sus varianzas, es decir, hay diferencias entre las medias de estos grupos.

ANÁLISIS DEL FACTOR DE CONTAMINACIÓN Y FACTOR DE RIESGO ECOLÓGICO

➤ FACTOR DE CONTAMINACIÓN DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, PERÚ

Se halló el factor de contaminación (c_f^i) de la provincia en la cual se extrajeron las muestras de tierra con la siguiente fórmula:

$$C_f^i = \frac{C_{0-1}^i}{C_n^i}$$

Donde:

C_{0-1}^i = Concentración media de cadmio

C_n^i = Nivel de referencial pre – industrial o el nivel de referencia de la normatividad. Para este caso se empleará el nivel de referencia señalada en la normativa peruana D.S. 011 – 2017 – MINAM, el cual equivale a $1,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ en suelos agrícolas

Reemplazando:

$$C_f^i = \frac{C_{0-1}^i}{C_n^i}$$

$$C_f^i = \frac{0,89}{1,40}$$

$$C_f^i = 0,63$$

El valor del factor de contaminación (c_f^i) del cadmio en la provincia de Leoncio Prado perteneciente al departamento de Huánuco es de $0,63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Según la tabla 5, el factor de contaminación de cadmio de Leoncio Prado, Huánuco con valor de $0,63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ equivale a un factor de contaminación bajo, el cual no tendrá afectación en los ecosistemas de dicha provincia cacaotera del Perú.

➤ FACTOR DE RIESGO ECOLÓGICO

Se calculó el factor de riesgo ecológico (Er^i) de la provincia cacaoetera de Leoncio Prado ubicado en Huánuco, Perú con ayuda de la siguiente fórmula:

$$Er^i = Tr^i * C_f^i$$

Donde:

Tr^i = Factor de respuesta tóxica

C_f^i = Factor de contaminación

De acuerdo con Hakanson (1980), el factor de respuesta tóxica para el cadmio es de $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Reemplazando:

$$Er^i = Tr^i * C_f^i$$

$$Er^i = 30 * 0,63$$

$$Er^i = 18,9$$

Como resultado se obtuvo que El valor del factor de riesgo ecológico (Er^i) del cadmio en la provincia de Leoncio Prado perteneciente al departamento de Huánuco es de $18,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Según la tabla 6, el factor de riesgo ecológico del cadmio en Leoncio Prado, Huánuco con valor de $18,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ equivale a un bajo riesgo ecológico potencial, por consiguiente, ni las plantas de cacao ni la integridad de los recursos biológicos de las parcelas muestreadas se verán afectadas por el contenido de cadmio presentes en los suelos de estas.

ANÁLISIS DEL AISLAMIENTO DE *BACILLUS* SP Y *STREPTOMYCES* SP

Se aislaron 647 cepas de un total de 900 placas Petri y se eligieron las cepas que podrían corresponder a los géneros *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp según las características morfológicas culturales de las colonias y características macroscópicas de forma, clasificación Gram y presencia o ausencia de esporas correspondientes a dichos géneros.

El género *Bacillus* presentó las siguientes características morfológicas culturales: forma circular a irregular, tamaño pequeño (1 mm) a grande (mayor de 3 mm) color crema, grisáceo a blanquecino, con ausencia de brillo, consistencia seca a mucosa, borde entero, liso a estriado con estrías convexas, elevación plana y convexa a umbeliforme; obteniendo por consiguiente, una diversidad muy amplia de características morfológicas culturales de las cepas aisladas de este género Asimismo, se confirmó dicho género mediante la coloración diferencial Gram y bajo la observación microscópica, con las cuales se apreció la forma bacilo y la presencia de esporas; además con la coloración Gram se pudo clasificar como Gram positivo, al mantener el color violeta o púrpura del colorante “Cristal Violeta” empleado.

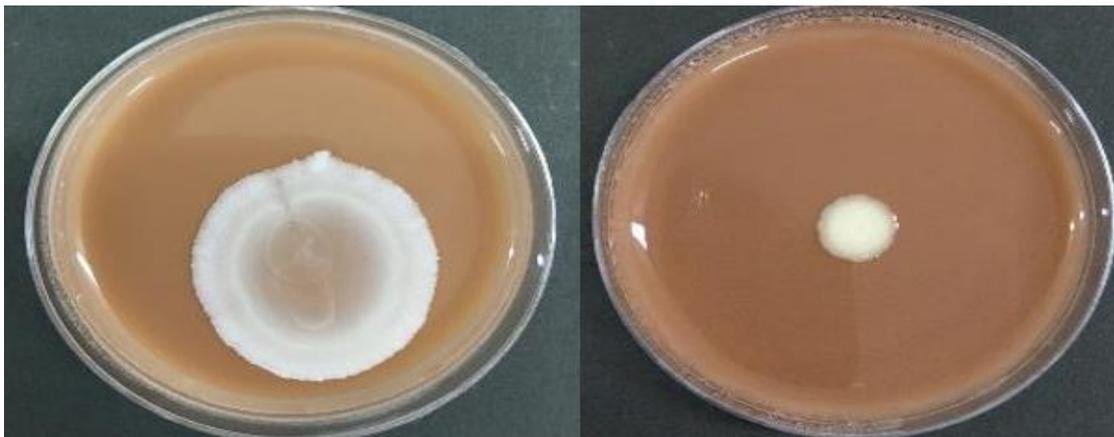


Figura 5.

Dos Cepas de Bacillus sp Aisladas de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1

Nota: Izquierda: Colonia de la cepa n° 2 perteneciente al género *Bacillus*, la cual se caracteriza por ser una colonia seca, blanca y con un anillo concéntrico en el centro | Derecha: Colonia de la cepa n° 5 perteneciente al género *Bacillus* la cual se caracteriza por ser una colonia mucosa, blanca, con un anillo concéntrico en el centro y con bordes irregulares.

Asimismo, la detección e identificación de esporas a través del análisis mediante el microscopio fue importante debido a que el género *Bacillus* se caracteriza por producir esporas, ya que estas se forman durante la fase estacionaria del crecimiento bacteriano cuando hay pocos nutrientes en el medio y mediante estas, las bacterias de dicho género aseguran su supervivencia en los diferentes medios: aire, agua y suelo. Además, las esporas soportan temperaturas mayores a 80 °C, confiriéndole a la bacteria una resistencia al calor de vital importancia para su supervivencia.

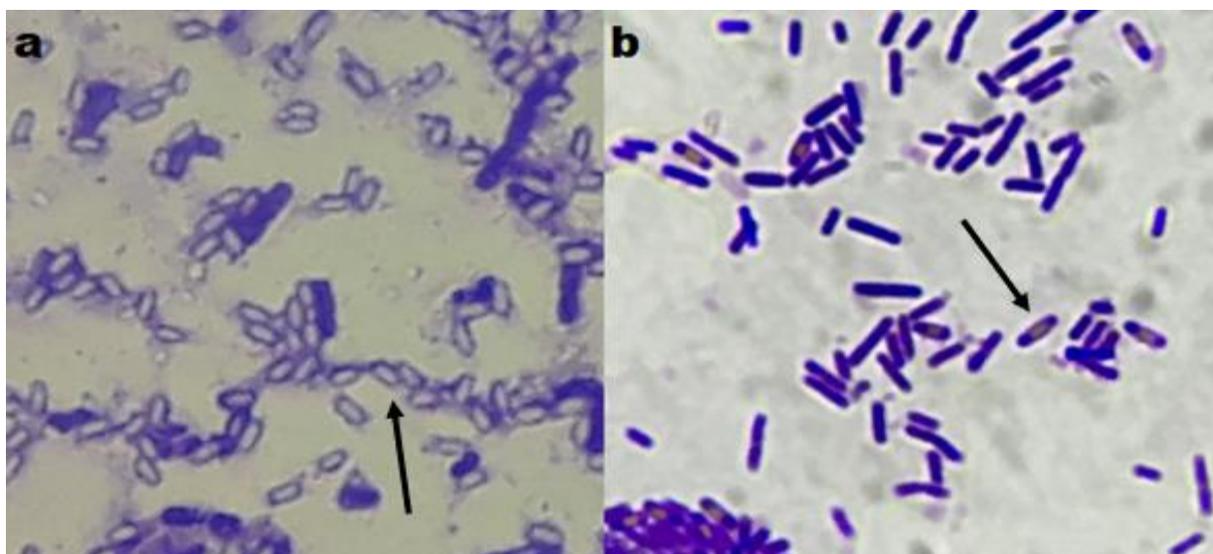


Figura 6.

Presencia de Esporas en cepas de Bacillus sp a Través del Análisis Microscópico

Nota: **a.** Espora presente en la cepa n° 45 correspondiente al género *Bacillus* sp (Flecha). **b.** Espora de la cepa n° 6 de *Bacillus* sp (Flecha).

Por otro lado, el género *Streptomyces* presentó colonias de forma circular a irregular, tamaño grande (mayor de 3 mm), color pardo verdoso y con el color del borde blanquecino, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde entero y elevación convexa. Además, este género presentó una coloración Gram positiva, forma filiforme o filamentosa y hubo ausencia de esporas por parte de este género según la observación microscópica realizada en el laboratorio.



Figura 7.

Streptomyces sp Aislado de la Muestra de Tierra de la Parcela 1

Nota: Cepa n° 43 perteneciente al género *Streptomyces* aislado en agar papa dextrosa, la cual se caracteriza por poseer una colonia húmeda con anillos con centro de color pardo verdoso y extremo blanquesino.

Se aislaron 117 posibles cepas de los géneros *Bacillus* y *Streptomyces* en placas Petri de 60 x 15 mm con medio agar tierra, de los cuales se identificaron 114 cepas del género *Bacillus* y 3 cepas del género *Streptomyces* (cepas n° 43, 80 y 115), según la observación microscópica de las cepas bajo la tinción diferencial Gram. Por consiguiente, se seleccionaron solamente 10 cepas de *Bacillus* sp para elaborar el Tratamiento n° 1 “TR1” (cepas 2, 5, 20, 30, 34, 37, 44, 46, 49 y 87) y 2 cepas de *Streptomyces* sp (cepas n° 80 y 115) para elaborar el Tratamiento n° 2 “TR2”. Asimismo, la selección de las cepas 12 cepas empleadas para los tratamientos “TR1” y “TR2” fueron debido a sus diferentes características morfológicas culturales, las cuales fueron descritas en las tablas 18 y 19.

Cepa Asilada	Características Macroscópicas Morfológicas y Culturales de la Colonia	Características Microscópicas de la cepa	Clasificación Taxonómica	Tratamiento a ser Incorporados
Cepa n° 2	Forma circular, tamaño grande (mayor a 3 mm), centro de color blanco y transparente y bordes de color blanquecino con estrías concéntricas, ausencia de brillo, consistencia seca, borde aserrado y elevación plana.	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y ausencia de esporas.	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 5	Forma circular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color blanquecino en el centro y transparente en los bordes con estrías concéntricas, ausencia de brillo, consistencia seca, borde aserrado rugoso y elevación plana.	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y ausencia de esporas.	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 20	Forma irregular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color blanquecino, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde aserrado y elevación convexa.	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y presencia de esporas	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 30	Forma circular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color blanquecino, centro filamentoso, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde aserrado y elevación convexa.	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y presencia de esporas.	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 34	Forma irregular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color	Forma de bacilo, coloración violeta	<i>Bacillus</i> sp	TR1

	blanquecino con anillos concéntricos, ausencia de brillo, consistencia seca, borde lobulado con pliegues y elevación plana.	(Gram positivo) y ausencia de esporas.		
Cepa n° 37	Forma circular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color blanquecino, centro filamentoso, ausencia de brillo, consistencia mucoide, con borde asserado filamentoso y elevación convexa.	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y presencia de esporas.	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 44	Forma irregular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color blanquecino grisáceo, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde asserado y elevación plana.	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y presencia de esporas.	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 46	Forma irregular con pliegues en el centro, tamaño grande (mayor a 3 mm), color blanquecino grisáceo con anillos concéntricos, ausencia de brillo, consistencia seca, borde lobulado y elevación plana.	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y ausencia de esporas.	<i>Bacillus</i> sp	TR1
Cepa n° 49	Forma irregular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color del centro blanquecino grisáceo, color de los bordes blanquecino, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde lobulado, elevación plana en el	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y ausencia de esporas.	<i>Bacillus</i> sp	TR1

	centro y elevación convexa en los bordes.			
Cepa n° 87	Forma irregular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color blanquecino grisáceo, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde asserado y elevación plana.	Forma de bacilo, coloración violeta (Gram positivo) y presencia de esporas.	<i>Bacillus</i> sp	TR1

Tabla 18.

Cepas Utilizadas en el Tratamiento n° 1 “TR1”

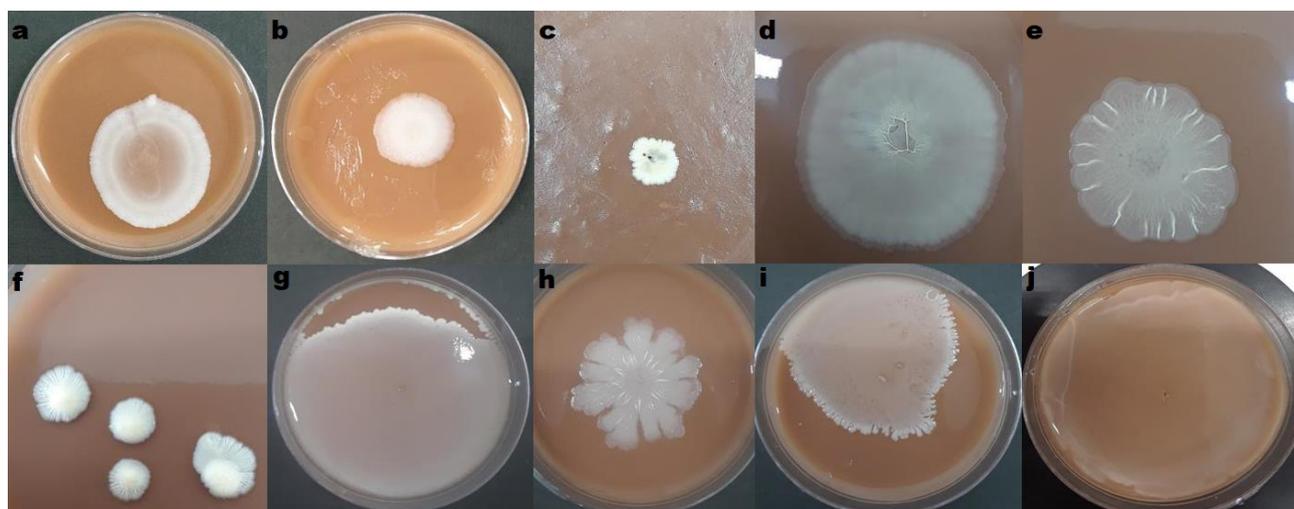


Figura 8.

Cepas de Bacillus sp Empleadas en la Elaboración del Tratamiento n° 1 “TR1”

Nota: **a.** Cepa n° 2 aislada de la muestra de tierra de la parcela n° 1 en agar tierra. **b.** Cepa n° 5 aislada de la muestra de tierra de la parcela n° 1 en agar tierra. **c.** Cepa n° 20 aislada de la muestra de tierra de la parcela n° 1 en agar tierra. **d.** Cepa n° 30 aislada de la muestra de tierra de la parcela n° 1 en agar papa dextrosa. **e.** Cepa n° 34 aislada de la muestra de tierra de la parcela 1 en agar tierra. **f.** Cepa n° 37 aislada de la muestra de tierra de la parcela n° 1 en agar tierra. **g.** Cepa n° 44 aislada de la muestra de tierra de la parcela n°1 en agar papa dextrosa. **h.** Cepa n° 46 aislada de la muestra de tierra de la parcela n° 1 en agar papa dextrosa. **i.** Cepa n° 49 aislada de la muestra de tierra de la parcela n° 1 en agar tierra. **j.** Cepa n° 87 aislada de la muestra de tierra de la parcela n° 7 en agar tierra.

Asimismo, las cepas de *Streptomyces* sp empleadas en la realización del tratamiento n° 2 “TR2” y sus características morfológicas culturales y microscópicas se detallan en la siguiente tabla:

Cepa Asilada	Características Macroscópicas Morfológicas y Culturales de la Colonia	Características Microscópicas de la cepa	Clasificación Taxonómica	Tratamiento a ser Incorporados
Cepa n° 80	Forma circular, tamaño grande (mayor de 3 mm), color pardo verdoso, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde entero y elevación convexa.	Forma filiforme o filamentosa, coloración violeta (Gram positivo) y ausencia de esporas.	<i>Streptomyces</i> sp	TR2
Cepa n°115	Forma circular, tamaño grande (mayor de 3 mm), color pardo grisáceo, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde entero y elevación convexa.	Forma filiforme o filamentosa, coloración violeta (Gram positivo) y ausencia de esporas.	<i>Streptomyces</i> sp	TR2

Tabla 19.

Cepas Utilizadas en el Tratamiento n° 2 “TR2”

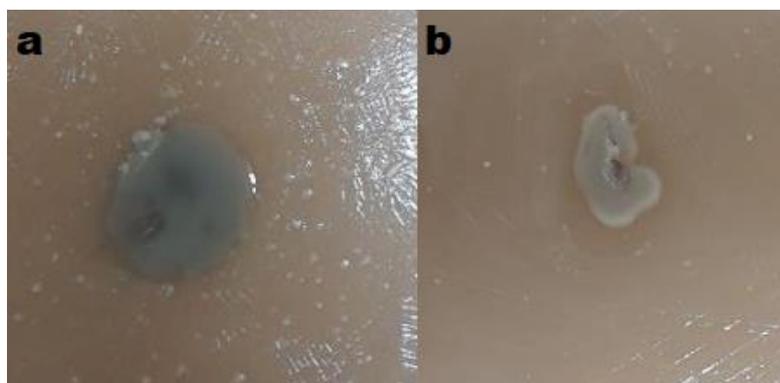


Figura 9.

Cepas de Streptomyces sp Empleadas en la Elaboración del Tratamiento 2 “TR2”

Nota: a. Cepa n° 80 aislada de la muestra de tierra de la parcela 4 en agar papa dextrosa. *c.* Cepa n° 115 aislada de la muestra de tierra de la parcela 10 en agar papa dextrosa.

Por otro lado, se obtuvieron resultados del recuento de colonias de tres cepas aisladas en el laboratorio (B1, B2 y B3), dos de *Bacillus* sp (B1 y B2) y una de *Streptomyces* sp (B3), luego de 12 h de incubación. Estos fueron, para la primera cepa de *Bacillus* sp (B1): 11×10^{-5} UFC/mL para la dilución 10^{-5} , 9×10^{-6} UFC/mL para la dilución de 10^{-6} y 7×10^{-7} UFC/mL para la dilución de 10^{-7} . Por otro lado, para la segunda cepa de *Bacillus* sp (B2), los datos obtenidos del recuento fueron: 17×10^{-5} UFC/mL para la dilución de 10^{-5} , 9×10^{-6} UFC/mL para la dilución de 10^{-6} y 6×10^{-7} UFC/mL para la dilución de 10^{-7} ; y por último, para la cepa de *Streptomyces* sp (B3), los datos obtenidos del recuento fueron: 15×10^{-5} UFC/mL para la dilución de 10^{-5} , 8×10^{-6} UFC/mL para la dilución de 10^{-6} y 7×10^{-7} UFC/mL para la dilución de 10^{-7} . Además, estos datos se encuentran descritos a detalle en la tabla 20.

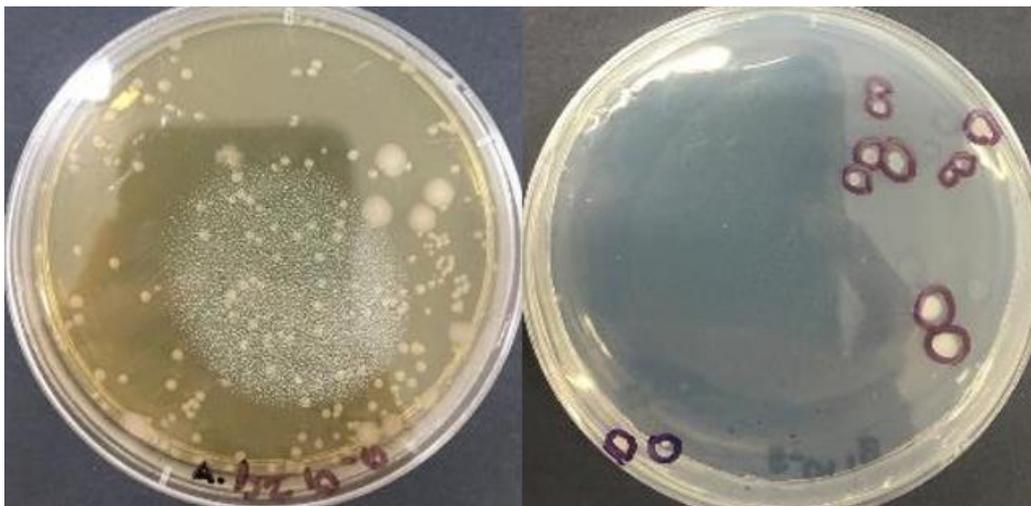


Figura 10.

Recuento de la Bacteria B2 a la dilución 10^{-6}

Cepa	Dilución	Recuento de Bacterias (UFC/mL)
<i>Bacillus</i> sp (B1)	10^{-5}	11×10^{-5}
<i>Bacillus</i> sp (B1)	10^{-6}	9×10^{-6}
<i>Bacillus</i> sp (B1)	10^{-7}	7×10^{-7}

<i>Bacillus</i> sp (B2)	10^{-5}	17×10^{-5}
<i>Bacillus</i> sp (B2)	10^{-6}	9×10^{-6}
<i>Bacillus</i> sp (B2)	10^{-7}	6×10^{-7}
<i>Streptomyces</i> sp (B3)	10^{-5}	15×10^{-5}
<i>Streptomyces</i> sp (B3)	10^{-6}	8×10^{-6}
<i>Streptomyces</i> sp (B3)	10^{-7}	7×10^{-7}

Tabla 20

Resultados del Recuento de Bacterias tras la Siembra de las Bacterias B1, B2 y B3 a las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7}

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS TR1 Y TR2

Por otro lado, a las muestras de tierra se les aplicó el tratamiento n° 1 “TR1” y el tratamiento n° 2 “TR2” y evidenciaron mantener la temperatura de 23 °C bajo condiciones de laboratorio, sin embargo, se observaron variaciones en el pH, durante los 21 días que duró la aplicación de ambos tratamientos, tal como lo indican las figuras 8 y 9.

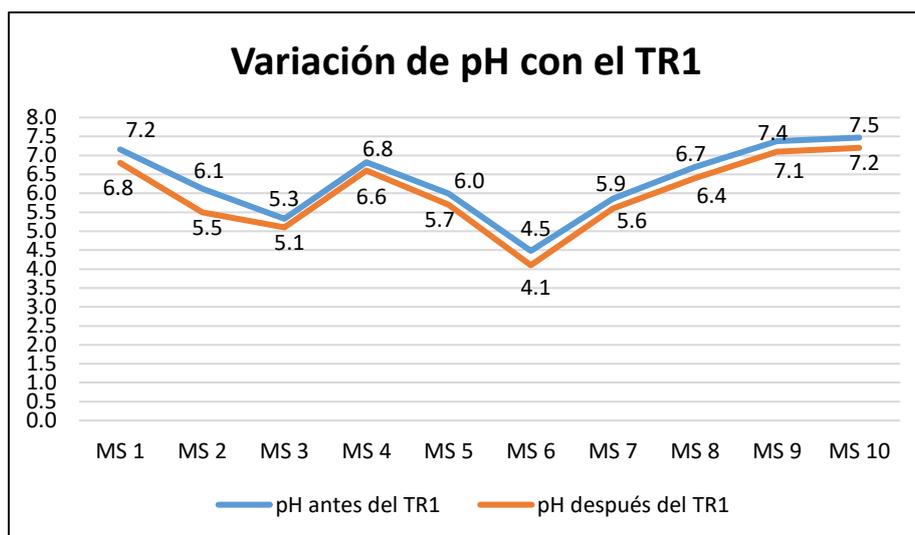


Figura 11.

Variación de pH Luego de la Aplicación del Tratamiento n° 1 “TR1”

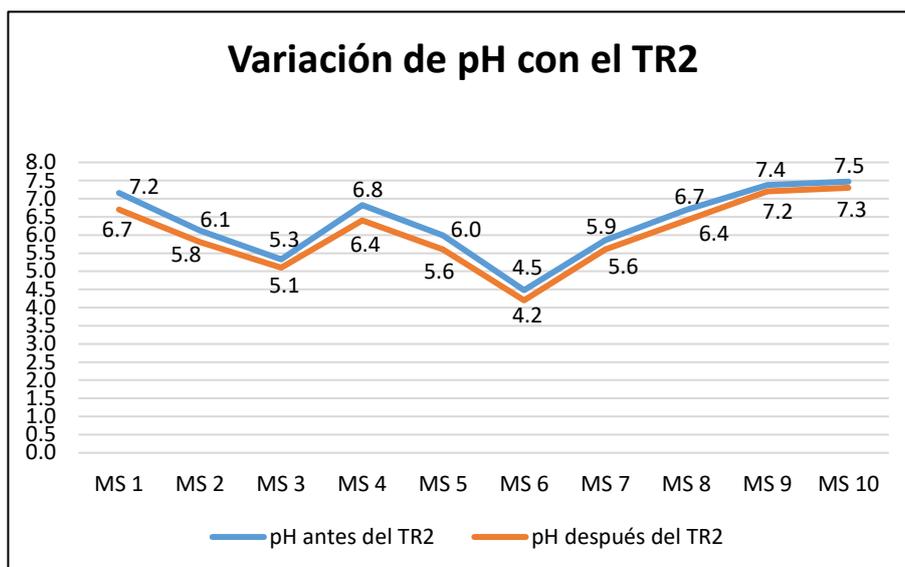


Figura 12.

Variación de pH Luego de la Aplicación del Tratamiento n° 2 “TR2”

Por otro lado, los informes de los análisis de las concentraciones de cadmio luego de la aplicación de los tratamientos “TR1” y “TR2” se adjuntaron en la sección “ANEXOS”, los cuales se evidencian en las figuras 13 y 14.

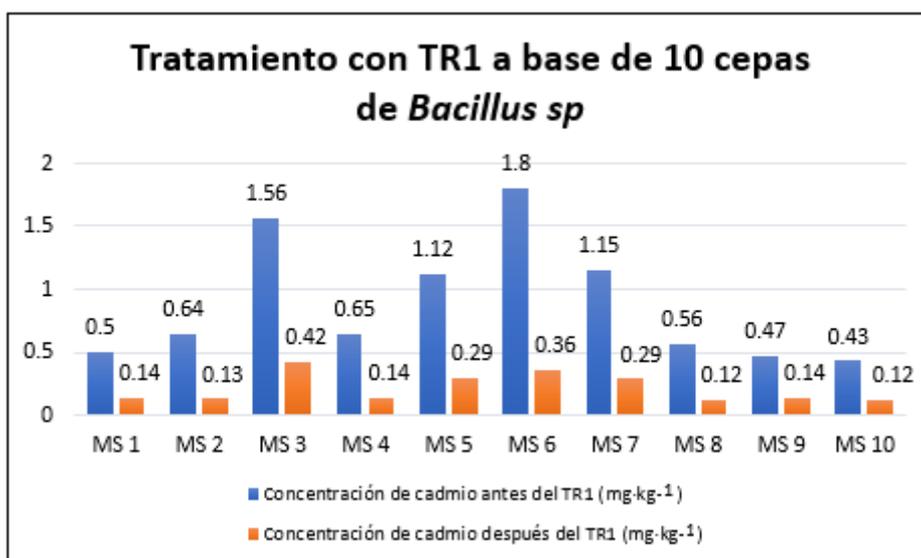


Figura 13.

Variación de Concentración de Cadmio (mg·kg⁻¹) luego de la Aplicación del Tratamiento n° 1 “TR1”

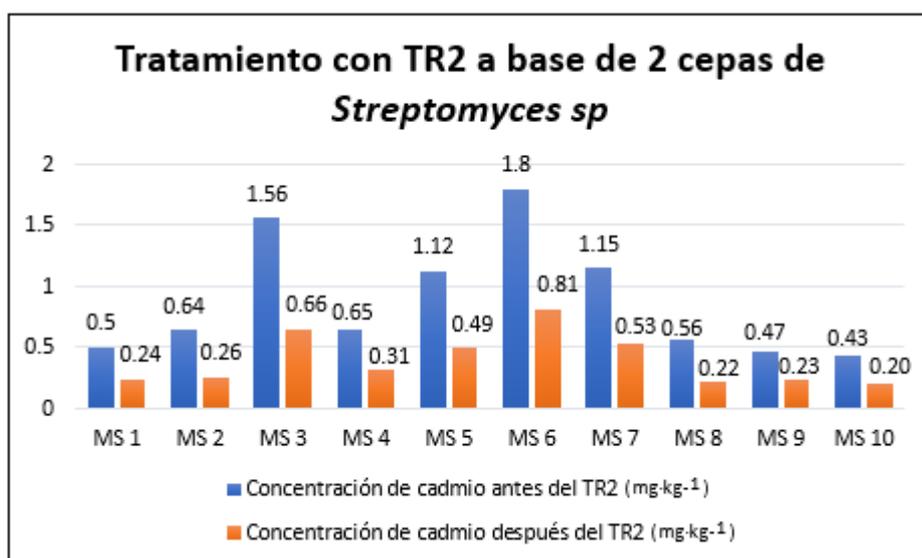


Figura 14.

Variación de Concentración de Cadmio (mg·kg⁻¹) luego de la Aplicación del Tratamiento n° 2 “TR2”

Con respecto a los resultados de las concentraciones finales de cadmio tras los tratamientos de biorremediación bacteriana “TR1” y “TR2”, a base de *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp respectivamente, se obtuvo el porcentaje de absorción de cadmio o de biorremediación por cada parcela al comparar la concentración inicial y final (luego de la aplicación de cada tratamiento). Por consiguiente, se evidenció una absorción de cadmio de hasta un 80% (valor de absorción máximo) de la concentración inicial de cadmio con el “TR1”, con un valor de absorción mínimo de disminución de 70% con un valor de disminución promedio de 75%. Por otro lado, el “TR2” evidenció una disminución de hasta un 60% de la concentración inicial (valor máximo) de cadmio con el “TR2”, con un valor de absorción mínimo de 51% con un valor de disminución promedio de 55%.

VII. DISCUSIONES

En el presente trabajo de investigación se evaluó la concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) presente en las diez parcelas estudiadas pertenecientes a la cooperativa agraria industrial “Naranjillo” en Leoncio Prado, Huánuco, Perú; estas muestras de tierra se analizaron mediante el método EPA 3050B “Digestión ácida de sedimentos, lodos y tierra” por el laboratorio ENVIROTEST acreditado ante INACAL (Instituto Nacional de Calidad), por lo cual se obtuvieron valores desde $0,43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $1,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ con un promedio de $0,89 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Asimismo, Arévalo *et. al* (2016) evaluaron las concentraciones de los siguientes metales: cadmio, níquel, plomo, hierro, cobre, zinc y manganeso en muestras de suelo de la región norte (Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas), región central (San Martín, Huánuco y Junín) y región sur (Cuzco). Ellos obtuvieron que las concentraciones de los diversos metales mostraron valores no fitotóxicos, es decir, que no fueron mayores que los límites establecidos para cada metal. Por consiguiente, se obtuvieron valores nulos de $0,00 (\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$ en la zona norte (San Ignacio, Cajamarca, en la zona central (El Dorado y Tocache, San Martín), (Huamalíes y Leoncio Prado, Huánuco) y zona sur (La Convención, Cuzco). Por otro lado, la mayor concentración de cadmio obtenida fue de en la zona norte (Morropón, Piura) con $0,53 (\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$. Además, Arévalo *et al.* obtuvo valores nulos en las provincias de Huamalíes y Leoncio Prado; sin embargo, Arévalo *et. al* no detallan las coordenadas geográficas de las ubicaciones de los puntos de muestreo y por ende no se puede contrastar y comparar con las ubicaciones de los puntos de muestreo del presente estudio ni saber si los puntos de muestreo de Arévalo *et al.* son próximos a los del presente estudio. Por otro lado, Cárdenas (2012) en su trabajo de investigación analizó la concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en: suelo, hojas, almendras y cascarilla de árboles de *T. cacao* del clon CCN 51 cultivados en 20 parcelas pertenecientes a la Cooperativa Agraria Industrial “Naranjillo”. Por consiguiente, obtuvo valores promedio de cadmio de 0,66 ppm en suelos, 2,84 ppm en las hojas, 1,55 ppm en las almendras y 2,04 ppm en las cascarillas. Con respecto

a los valores de cadmio en suelo, el mínimo obtenido fue de 0,35 ppm y el máximo de 1,82 ppm.; no obstante, el mínimo valor de cadmio obtenido en el presente estudio fue de 0,50 ppm, el máximo valor obtenido fue 1,56 ppm y el valor promedio fue de 0,88 ppm, mayor que el obtenido por Cárdenas (2012). Además, cabe recalcar que en el presente estudio se emplearon distintos puntos de muestreo con respecto a Cárdenas (2012), esto debido a que el personal de la cooperativa agraria industrial “Naranjillo” nos indicó cuáles eran las parcelas en las cuales se cultivaban los árboles de *T. cacao* donde se procesaban los granos de cacao para exportación internacional, y por ello se extrajeron las muestras de tierra de aquellas parcelas.

Además, en el presente trabajo de investigación se obtuvieron valores desde 0,43 mg·kg⁻¹ hasta 1,80 mg·kg⁻¹, teniendo los valores de 1,56 mg·kg⁻¹, 1,12 mg·kg⁻¹, 1,80 mg·kg⁻¹ y 1,15 mg·kg⁻¹ de las parcelas n° 3, 5, 6 y 7; respectivamente los cuales superan el límite máximo permisible de cadmio (1,00 mg·kg⁻¹) en suelos agrícolas destinados al cultivo de cacao que fue impuesto por la Unión Europea según la comisión del CODEX ALIMENTARIUS (2014). Asimismo, estos valores también superan el límite máximo permisible de contaminación de suelos por cadmio propuesto por la Agencia Ambiental Holandesa y Comisión de las Comunidades Europeas (CEE) (0,80 mg·kg⁻¹). No obstante, sólo los valores de concentración de cadmio obtenidos en las muestras de tierras de las parcelas n° 3 y 6 de 1,56 mg·kg⁻¹ y 1,80 mg·kg⁻¹, respectivamente; exceden el límite decretado por la normativa canadiense “Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health” publicada en el 2007 que señala como límite máximo permisible el valor de 1,4 mg·kg⁻¹ de cadmio en el suelo, límite de igual valor impuesto por el Ministerio del Ambiente “MINAM” en la normativa peruana mediante el Decreto Supremo n° 011 – 2017 del 2017 para suelos agrícolas.

En el presente trabajo de investigación también se realizó la caracterización físico – química de las muestras de tierra extraídas de las diez parcelas evaluadas de la cooperativa agraria industrial “Naranjillo” en las cuales, se obtuvieron resultados de los siguientes parámetros: tipo de suelo, pH, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de arcilla, concentración de calcio ($\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$), concentración magnesio ($\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$), concentración de fósforo (ppm), concentración potasio (ppm) y porcentaje de nitrógeno. En cuanto a la clase textural, Estévez *et al.* (2000) en su investigación evaluaron la retención y absorción del cadmio en tres muestras de suelo, de las cuales dos fueron de la clase textural “franco arenosa” y sólo uno de la clase textural “franco”. Asimismo, a estas muestras de tierra se les aplicó tres tratamientos, el primero consistía en $500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio, el segundo en $1,000\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de zinc y el tercero en $500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio y $1,000\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de zinc. Por consiguiente, Estévez *et al.* obtuvieron que la muestra de suelo de la clase textural “franco”, la cual poseía mayor cantidad de materia orgánica absorbió prácticamente la totalidad de las dosis de cadmio y zinc aplicadas sobre ella. Así, en dicho trabajo hubo una correlación positiva con respecto a la materia orgánica y la cantidad de cadmio, es decir, a mayor cantidad de materia orgánica, el suelo presentó mayor cantidad de cadmio. Por otro lado, el presente trabajo obtuvo mayores valores de cadmio en la parcela n° 3, 5, 6 y 7 las cuales eran de las clases texturales: franco arcilloso, franco limoso, franco arcilloso y franco, respectivamente; siendo así la parcela n° 6 de la clase textural franco arcilloso, la de mayor cantidad de cadmio con $1,8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, sin embargo, Estévez *et al.* obtuvo mayor absorción de cadmio en el suelo de tipo textural franco.

Además, en el presente trabajo de investigación se evaluó el tipo de correlación entre los parámetros físico – químicos y la concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), para hallar el tipo de relación que poseen entre ellos, con lo cual se obtuvo correlaciones positivas entre el porcentaje de materia orgánica, porcentaje de arcilla, concentración de calcio ($\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$), concentración

magnesio ($\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$), concentración de fósforo (ppm), concentración potasio (ppm) y porcentaje de nitrógeno con respecto a la concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$); sin embargo, se obtuvo una correlación negativa y a la vez muy significativa con respecto al pH y concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Por el contrario, Cárdenas (2012) en su trabajo de investigación obtuvo una correlación positiva no significativa entre los parámetros pH del suelo y la concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Durante la presente investigación, se aislaron 117 cepas en total, 14 de *Bacillus* sp y 3 de *Streptomyces* sp. Con respecto a *Bacillus*, se obtuvieron colonias con diferentes características culturales como forma circular a irregular, tamaño grande (mayor a 3 mm), color blanquesino a grisáceo, con presencia y ausencia de numerosos anillos concéntricos, ausencia de brillo, consistencia seca a mucoide, borde aserrado lobulado a con o sin pliegues y elevación plana a convexa. No obstante, Calvo (2010) en su trabajo de investigación donde aisló cepas de *Bacillus* sp de la rizosfera de *Solanum tuberosum* “Papa” y obtuvo colonias de *Bacillus* sp con las siguientes características culturales: consistencia seca y cremosa, la apariencia de los bordes de las colonias varía entre aserrada, lobulada, digitiforme y ondulada; las elevaciones de las colonias suelen ser planas o acuminadas. La gran mayoría presenta una superficie opaca, y la consistencia y tamaño es variable y con un anillo concéntrico y borde irregular en el centro. Así, en la presente investigación no se observaron colonias de *Bacillus* sp con bordes digitiformes, elevación acuminada (con terminación en punta) y superficie opaca; además en la presente investigación se observaron colonias con numerosos anillos concéntricos, lo cual Calvo (2010) señala que en su investigación observó la presencia de solamente un anillo concéntrico.

Por otro lado, en la presente investigación se aislaron 3 cepas de *Streptomyces* sp, obteniéndose las siguientes características culturales de estas: forma circular, tamaño grande (mayor de 3 mm), color pardo verdoso a grisáceo con o sin borde blanquesino, ausencia de brillo, consistencia mucoide, borde entero y elevación convexa. Sin embargo, Hidrin (2018) en su estudio, señala que las colonias de *Streptomyces* sp poseen un aspecto ceroso o polvoroso, de color blanco grisáceo variando del color crema al negro, forma filamentos ramificados aéreos componen un micelio. Por el contrario, en la presente investigación no se obtuvo colonias con aspecto ceroso o polvoroso, si no de consistencia mucoide tampoco colonias de color negro ni colonias con filamentos ramificados aéreos.

La presente investigación evaluó la capacidad biorremediadora de las bacterias *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp mediante el uso de tratamientos que incluyan a estos microorganismos, las cuales son alternativas económicas, eficaces y con buenos resultados a corto plazo a la problemática del elevado contenido de cadmio en suelos donde se cosecha *Theobroma cacao* “Cacao”, con lo cual con el tratamiento n° 1 “TR1” constituida por 10 cepas de *Bacillus* sp se obtuvo una absorción del 70 – 80% de cadmio, es decir, un promedio de 75% de absorción de cadmio. Por otro lado, Guo *et al.* (2010) aislaron una cepa de *Bacillus* sp de las hojas de *Solanum nigrum*, planta hiperacumuladora de cadmio, y luego inocularon con 10 mg·l⁻¹ de cadmio a muestras de suelo para posteriormente aplicarle un tratamiento con la cepa de *Bacillus* sp aislada, la fase experimental fue por 24 h y obtuvieron como resultado que *Bacillus* sp absorbió un 75,78% de cadmio. Sin embargo, en la presente investigación se obtuvo un promedio de absorción de 75% de cadmio al aplicar el tratamiento “TR1” compuesto por 10 cepas de *Bacillus* sp por 21 días, pero Guo *et al.* (2010) obtuvo un promedio de absorción de cadmio semejante de 75,78% al aplicar el tratamiento con una cepa de *Bacillus* sp por solamente un día.

Por otro lado, en la presente investigación también se realizó un segundo tratamiento “TR2” constituido por 2 cepas de *Streptomyces* sp, con la cual se obtuvo una absorción de un 51 – 60% de cadmio en las muestras de tierra evaluadas, es decir, un promedio de 55% de absorción de cadmio. No obstante, Revoredo (2018) evaluó la capacidad biorremediadora de 3 cepas de *Streptomyces* sp: AB5, X y C2, las cuales fueron inoculadas a semillas de plantas de *T. cacao* “Cacao”, sumergiendo dichas semillas en caldo TSB con las cepas mencionadas anteriormente y los suelos donde se sembrarían las semillas fueron inoculados con 100 y 200 ppm de cadmio. Por lo cual, sólo la cepa C2 de *Streptomyces* sp obtuvo poseer potencial biorremediador al absorber un 76,47% en el tratamiento de 100 ppm de cadmio y un 31,51% en el tratamiento con 200 ppm de cadmio. Así, en el presente estudio el tratamiento n° 2 “TR2” a base de 2 cepas de *Streptomyces* sp consiguió absorber solamente de un 51% a 60% de cadmio de las diferentes muestras de suelo, un porcentaje de absorción menor que el obtenido por Revoredo (2018), quien sólo uso una cepa de *Streptomyces* sp, la C2.

Con respecto al factor de contaminación y factor de riesgo ecológico del cadmio en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, Perú; estos fueron hallados mediante sus respectivas fórmulas. Por consiguiente, el factor de contaminación obtuvo un valor de $1,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ que representa un moderado factor de contaminación, el cual no representaría una afectación relevante en los ecosistemas de dicha provincia cacaotera del Perú; sin embargo, el valor promedio de concentración de cadmio obtenido en las diez parcelas fue de $0,88 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, el cual excede el límite establecido por la ley holandesa. Además, se obtuvo el valor de $1,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ el cual exceden los límites de concentración de cadmio en suelos de las leyes holandesa, ley canadiense, ley peruana y de la Unión Europea. Por otro lado, Charrupi *et al.* (2017) en su trabajo de investigación halló el factor de contaminación del cadmio de las provincias Nariño y Arauca, obteniendo un valor de $0,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ que representa un bajo factor de contaminación

para el primero (el cual poseía un valor promedio de concentración de cadmio de $0,62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y un valor de $1,68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ que representa un moderado factor de contaminación para el segundo (el cual poseía un valor promedio de concentración de cadmio de $1,35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Mientras que para el factor de riesgo ecológico del cadmio de la provincia de Leoncio Prado se obtuvo un valor de $33,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ representando un bajo riesgo ecológico para los ecosistemas comprendidos en dicha provincia. No obstante, el factor de riesgo ecológico del cadmio obtenido por Charrupi *et al.* (2017) para la provincia de Nariño fue $18,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, lo cual se interpreta como valor de bajo riesgo ecológico, para dicha provincia que poseía como concentración promedio de cadmio un $0,62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Asimismo, para la provincia de Arauca se obtuvo un valor de $40,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ del factor de riesgo ecológico, el cual equivale a un valor de moderado riesgo ecológico, provincia que poseía un valor promedio de concentración de cadmio de $1,35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

VII. CONCLUSIONES

- El pH presenta una correlación negativa con respecto a la concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), es decir, mientras más ácido sea el suelo, habrá mayor cantidad de cadmio en este.
- El tipo textural, la materia orgánica (M.O), el porcentaje de arcilla (%), el contenido de calcio (Ca^{+2}) ($\text{meq}/100\text{ g}$), el contenido de magnesio (Mg^{+2}) ($\text{meq}/100\text{ g}$), la concentración de fósforo (ppm), la concentración de potasio (ppm) y el contenido de nitrógeno (%) de los suelos presentaron poseer una correlación positiva con respecto a la concentración de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).
- El tipo textural “Franco Arcilloso” (FR.Ar) absorbe mayor cantidad de cadmio.
- Se aislaron e identificaron un total de 117 cepas, de las cuales 114 pertenecieron al género *Bacillus* y 3 pertenecieron al género *Streptomyces*.
- Se realizaron 2 tratamientos de biorremediación bacteriana, el primero “TR1” estuvo compuesto por 10 cepas de *Bacillus* sp y el segundo “TR2”, estuvo compuesto por 2 cepas de *Streptomyces* sp.
- El tratamiento “TR1” redujo de 72 a 80% la concentración inicial de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en muestras de tierra agrícola y el tratamiento “TR2” redujo de 51 – 60% la concentración inicial de cadmio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en muestras de tierra agrícola.
- El factor de contaminación del cadmio en Leoncio Prado, Huánuco posee un valor de $0,63\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ lo cual equivale a un factor bajo de contaminación que no representa un peligro para los ecosistemas de dicha provincia y el valor del factor de riesgo ecológico

del cadmio en Leoncio Prado, Huánuco posee un valor de $18,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ equivalente a un bajo riesgo ecológico que no afectará la integridad de los recursos biológicos de las parcelas muestreadas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios que analicen y evalúen los niveles de cadmio en las raíces, vástago, hojas y granos de *Theobroma cacao* “Cacao” en las parcelas mencionadas en el presente estudio y analizar si hay una absorción considerable del cadmio presente en el suelo.
2. Analizar la concentración de cadmio presente en los subproductos de *T. cacao* “Cacao”, tales como polvo de cacao, chocolates, licor de cacao, etc de las parcelas mencionadas en este estudio pertenecientes a la Cooperativa Agraria Industrial “Naranjillo”, para evaluar cuánta cantidad de cadmio es asimilada desde el suelo por estos subproductos y evaluar si estos productos cumplen con los nuevos límites permisibles de cadmio según el Reglamento n° 488/2014 de la Unión Europea.
3. Realizar la identificación de las especies de las cepas *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp utilizadas para los tratamientos “TR1” y “TR2”, mediante pruebas moleculares.
4. Aplicar los tratamientos “TR1” y “TR2” *in situ* para realizar la biorremediación de los suelos de las parcelas en las cuales se observaron las más altas concentraciones de cadmio (parcela n° 3, 5, 6 y 7).
5. Fabricar los tratamientos “TR1” y “TR2” a nivel industrial y comercializarlos a agricultores peruanos de diversos centros poblados, comunidades campesinas, cooperativas agrarias, etc.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abt, E.; Fong, J.; Gray, P. & Posnick, L. (2018). Cadmium and lead in cocoa powder and chocolate products in the U.S market [Cadmio y plomo en polvo de cacao y productos de chocolate en el mercado de U.S]. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 11(2), 92 – 102. <http://doi.org/10.1080/19393210.2017.1420700>
- Álvarez, J. R. (2018). *Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado* [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico de Leira]. Repositorio del Instituto Politécnico de Leira. <https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/3478>
- Árvalo, E., Obando, M. E., Zuñiga, L. B., Árvalo, C. O., Baligar, V. & He, Z. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología aplicada*, 15(2), 82 – 89. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>
- Asociación Naturland. (2000). *Agricultura orgánica en el trópico y subtropico: Guía de 18 cultivos*. Editorial de la Asociación Naturland. <http://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.naturland.de%2Fimages%2FSP%2FProductores%2Fcacao.pdf&cflen=306376&chunk=true>
- Barraza, F; Schreck, E.; Lévêke, T.; Uzu, G.; López, F.; Ruales, J.; Prunier, J.; Marquet, A.; Maurice, L. (2017). Cadmium bioaccumulation and gastric bioaccessibility in cacao: A

field of study in areas impacted by oil activities in Ecuador [Bioacumulación de cadmio y bioaccesibilidad gástrica en el cacao: Un campo de estudio en áreas impactadas por actividades petroleras en Ecuador]. *Environmental Pollution*, 229, 950 – 963. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.080>

Bécares, E. (2014). La biotecnología ambiental, ¿la cenicienta de la biotecnología? *Ambiociencia*, 12, 81 – 94. <http://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/ambioc/article/view/4943>

Bello, N. E. (2020). *Respuesta de cinco genotipos de cacao (Theobroma cacao L.) a cuatro dosis de cadmio bajo condiciones de vivero en Chanchamayo*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4566>

Berg, T. & Licht, D. (2002). International legislation on trace elements as contaminants in food: A review [Legislación internacional sobre oligoelementos como contaminantes en los alimentos: Una revision]. *Food Additives & Contaminants*, 19(10), 916 – 927. DOI: 10.1080/02652030210156359

Bergey, D. H. (1993). *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Editorial Sans Tache. <http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Flink.springer.com%2Fcontent%2Fpdf%2Fbfm%3A978-0-387>

Biodiversity International. (2019). *Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe*. Editorial de la Biodiversity International. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1505>

- Blasco, R. & Castillo, F. (2014). Acerca de la biotecnología. *Arbor*, 190 – 768.
<http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4011>
- Bravo, D., Pardo, S., Benavides, J., Rengifo, G., Braissant, O. & León, C. (2018). Cadmium and cadmium – tolerant soil bacteria in cacao crops from northeastern Colombia [Cadmio y bacterias cadmio – tolerantes en cultivos de cacao del noreste de Colombia]. *Journal of Applied Microbiology*. 124, 1175 – 1194. DOI: 10.1111/jam.13698
- Calvo, P. y Zuñiga, D. 2010. Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus spp.* aisladas de la rizosfera de papa (*Solanum Tuberosum*). *Ecología aplicada*. 9(1), 31 – 39. DOI: 10.21704/rea.v9i1-2.393
- Cárdenas, A. A. (2011). *Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo – Tingo María – Perú* [Tesis de Pregrado, Universidad Agraria de la Selva]. Repositorio de la Universidad Agraria de la Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/153>
- Cartagena, T. (2018). *Niveles de concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de cacao (Theobroma cacao L.) en el jardín interclonal de la Universidad Nacional de Ucayali*. [Tesis de Pregrado, Univerisad Nacional de Ucayali]. Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3677>

Castebianco, J. A. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. *La Granja: Revista de ciencias de la vida*, 27(1), 21 – 35. <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.02>

Chambi, L. J. (2010). *Evaluación de la presencia de metales pesados en suelos agrícolas y cultivos en tres micro-cuencas del Municipio de Poopó* [Tesis de Pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio de la Universidad Mayor de San Andrés. http://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fciencia.lasalle.edu.co%2Fcgi%2Fviewcontent.cgi%3Farticle%3D1717%26context%3Ding_ambiental_sanitaria&clen=4983937

Charrupi, N. y Martínez, D. C. (2017). *Estudio ambiental del cadmio y su relación con suelos destinados al cultivo de cacao en los departamentos de Arauca y Nariño* [Tesis de Pregrado, Universidad de la Salle]. Repositorio de la Universidad de la Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/718/

Chávez, E., He, Z. L., Stoffella, P. J., Mylavarapu, R. S., Li, Y. C. & Baligar, V. C. (2016). Chemical Speciation of Cadmium: An Approach to Evaluate Plant-available Cadmium in Ecuadorian Soils Under Cacao Production [Especiación química del cadmio: Un enfoque de evaluación de la disponibilidad de cadmio en plantas de suelos ecuatorianos productores de cacao]. *Chemosphere*. 150, 57 – 62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.02.013>

Chávez, E., He, Z. L., Stoffella, P. J., Mylavarapu, R.; Li, Y. & Baligar, V. C. (2016). Evaluation of soil amendments as a remediation alternative for cadmium –

contaminated soil under cacao plantations [Evaluación de tratamientos de suelo como una alternativa de remediación del suelo de las plantaciones de cacao contaminado por cadmio]. *Environ Sci Pollut Res.* 17, 17571 – 17580. DOI: 10.1007/s11356-016-6931-7

Comisión del CODEX ALIMENTARIUS. (2014). *Anteproyecto de niveles máximos para el cadmio en el chocolate y productos derivados del cacao*. Editorial de la FAO. <http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3a%2F%2Fwww.fao.org%2Ffao-who.codexalimentarius>

Comisión del CODEX ALIMENTARIUS. (2015). *Manual de procedimiento*. Editorial de la FAO. <http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3a%2F%2Fwww.fao.org%2F3%2Fi4354s%2Fi4354s.pdf&clen=3919504>

Comisión Europea. (2014, Mayo 13). *Reglamento (UE) N° 488/2014 de la comisión de 12 de Mayo de 2014 que modifica el reglamento (CE) n° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios*. Diario Oficial de la Unión Europea <http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3a%2F%2Fwww.boe.es%2Fdoue%2F2014%2F138%2FL00075-00079.pdf&clen=344854&chunk=true>

Decreto Supremo N° 011 – 2017 – MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo. (2017). <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-20017-minam>

Díaz, L. E., Mendoza, E.; Bravo, M. & Domínguez, N. (2018). Determinación de cadmio y plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*) proveniente de fincas de productores orgánicos del Cantón Vinces. *Espirales*, 2(15), 77 – 92. <https://doi.org/10.31876/re.v2i15.213>

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I. & Weigend, M. (2011). *Desarrollo de monografías botánicas (factsheets) para tres cultivos peruanos*. Editorial del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepo.sitorio.promperu.gob.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F1051%2FFactsheet_datos_botanicos_cacao_2011_keyword_principal.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&clen=706752

Echeverry, A. (2015). *Determinación cuantitativa y análisis de cadmio presente en chocolate colombiano con alto contenido de cacao* [Tesis de Maestría, Universidad del Quindío]. Repositorio de la Universidad de Quindío. <https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/4467>

Estévez, J., Andrade, M. L., Marcet, P. y Montero, M. J. (2000). Fijación y movilidad de cadmio y zinc en tres tipos de suelos ácidos de Galicia, España. *Ciencia del Suelo*, 18(1), 28 – 35. <https://dialnet.unirioja.es/info/textonodisponible>

Florida, N., Claudio, S. N. & Gómez, R. (2018). El pH y la absorción de cadmio en almendras de cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) en Leoncio Prado, Huánuco, Perú. *Folia Amazónica*, 27(1), 1 – 8. <https://doi.org/10.24841/fa.v27i1.438>

- García, L. F. (2010). *Catálogo de cultivares de cacao del Perú*. Editorial del MINAGRI.
http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.midagri.gob.pe%2Fportal%2Fdownload%2Fpdf%2Fdireccionesyoficinas%2Fdgca%2Fcultivares_cacao.pdf&cflen=3042803&chunk=true
- Glick, B. R. (2010). Using soil bacteria to facilitate phytoremediation [Uso de bacterias del suelo para facilitar la fitorremediación]. *Biotechnology Advances*, 28, 367 – 374. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2010.02.001
- Gramlich, A., Tandy, S., Andrés, C., Chincheros, J., Armengot, L., Schneider, M. & Schulin, R. (2016). Cadmium uptake by cocoa trees in agroforestry and monoculture systems under conventional and organic management [Absorción de cadmio por árboles de cacao en sistemas agroforestales y de monocultivo bajo manejo convencional y orgánico]. *Science of the Total Environment*, 580, 677 – 686.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.014>
- Guo, H., Luo, S., Chen, L., Xiao, X., Xi, Q., Wei, W., Zeng, G., Liu, C., Wan, Y., Chen, J. & He, Y. (2010). Biorremediation of Heavy Metals by Growing Hyperaccumulator Endophytic Bacterium *Bacillus* sp. L14 [Biorremediación de metales pesados por el crecimiento de la bacteria hiperacumuladora endofítica *Bacillus* sp L14]. *Bioresource Technology*, 101, 8599 – 8605. DOI: 0.1016/j.biortech.2010.06.085
- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach [Un índice de riesgo ecológico para el control de contaminación acuático: Un

enfoque sedimentológico]. *Water Research*, 14(8): 975 – 1001.
[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)

Hidrin, N., Goodfellow, M., Boiron, P., Moreno, M. & Serrano, J. A. (2001). Los Estreptomicines: Actualización y Revisión Didáctica. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 21(1), 36 – 38.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131525562001000100006&lng=es&tlng=es

Hoyos, J. (2018). *Determinación del Contenido de Cadmio en Almendras de Cacao (Theobroma cacao L.) Cultivado Bajo Tres Sistemas de Producción en San Alejandro – Ucayali*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3683>

Huamaní, H. A., Huauaya, M. A., Mansilla, L. G., Florida, N. y Neira, G. M. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. *Revista Acta Agronómica*, 61(4), 339 – 344. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169926831006>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2018, Octubre 12). *Identifican Oportunidades y Desafíos de Comercialización para los Productores de Cacao de las Américas*. <http://www.iica.int/es/eventos/el-cadmio-en-cacao-%E2%80%93-importancia-experiencias-y-soluciones>

INEI. (2018). *Producción Nacional: Informe Técnico N° 10 del mes de Agosto del 2018*. 1 – 59 Pp.

- Jézéquel, K. & Lebeau, T. (2008). Soil bioaugmentation by free and immobilized bacteria to reduce potentially phytoavailable cadmium [Bioaumentación del suelo por bacteria libre e inmovilizada para reducir la potencial fitodisponibilidad del cadmio]. *Bioresource Technology*, 99, 690 – 698. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.02.002
- Kirkham, M. B. (2006). Cadmium in plants on polluted soils: effects of soils factors, hyperaccumulation and amendments [Cadmio en plantas de suelos contaminados: Efectos de los factores del suelo, hiperacumulación y mejoras]. *Geoderma*, 137(1), 19 – 32. DOI: 10.1016/j.geoderma.2006.08.024
- Kruszewski, B.; Obiedzinski, M. & Kowalska, J. (2018). Nickel, cadmium and lead levels in raw cocoa and processed chocolate mass materials from three different manufacturers [Niveles de níquel, cadmio y plomo en cacao crudo y masas procesadas de chocolate de tres fabricantes diferentes]. *Journal of Food Comission and Analysis*, 66, 127 – 135. DOI: 10.1016/J.JFCA.2017.12.012
- Maguiña, L. F. (2017). *Determinación de la capacidad fitorremediadora de Lupinus mutabilis Sweet “Chocho o tari” en suelos contaminados con cadmio (Cd)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio de la Universidad Ricardo Palma. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/910>
- Merck. (2005). *Microbiology Manual*. Editorial de Merck. <https://fdocuments.in/document/merck-microbiology-manual-12th.html>

MIDAGRI. (2020). *Observatorio de commodities: Cacao*. Editorial del MIDAGRI.
<http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/MIDAGRI/844>

MIDAGRI. (2021). *Observatorio de los precios internacionales y nacionales de los commodities: Mayo 2021*. Editorial del MIDAGRI.
<http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fcdn.www.gob.pe%2Fuploads%2Fdocument%2Ffile%2F1964532%2FObservatorio%2520de%2520los%2520precios%2520internacionales%2520y%2520nacionales%2520de%2520los%2520commodities%252C%2520mayo%25202021.pdf&clen=2056640&chunk=true>

MINAM. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. Editorial del MINAM.
<http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.minam.gob.pe%2Fcalidadambiental%2Fwpcontent%2Fuploads%2Fsites%2F2013%2F10%2FGUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOSfinal.pdf>

MINAGRI. (2004). *Manual de cultivo de cacao*. Editorial del MINAGRI.
<http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepositorio.midagri.gob.pe%2Fbitstream%2FMIDAGRI%2F372%2F1%2Fcacao%2520-%2520copia.pdf&clen=4668164>

MINAGRI. (2016). *Estudio del cacao en el Perú y en el Mundo: Un análisis de la producción y comercio*. Editorial del MINAGRI.
<http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/71>

MINAGRI. (2018). *Análisis de la cadena productiva del cacao*. Editorial del MINAGRI.

<https://repositorio.minagri.gob.pe/handle/MIDAGRI/66>

MINAM. (2019). *Mapa nacional de ecosistemas del Perú*. Editorial del MINAM.

<http://floodresilience.net/resources/item/mapa-nacional-de-ecosistemas-del-peru/>

Mendoza, K. L., Mostacero, J., López, S. E., Gil, A. E., De La Cruz, A. & Villena, L. (2021).

Cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L. "cacao" en la región San Martín (Lamas), Perú. *Manglar*, 18(2), 169 – 173.

<https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/239>

Mouafo, R. A, Boudjeko, T., Simao – Beaunoir, A. N., Lerat, S., Tsala, E., Monga, E &

Beaulieu, C. (2016). Morphological, physiological and taxonomic characterization of actinobacterial isolates living as endophytes of cacao pods and cacao seeds [Caracterización morfológica, fisiológica y taxonómica de cepas de actinobacteriales aisladas que habitan como endófitas en mazorcas y semillas de cacao]. *Microbes and Environments*, 36(2), 1 – 6. DOI: 10.1264/jsme2.ME15146

OMS. (2005). *Manual de bioseguridad en el laboratorio*. Editorial de la OMS.

http://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.who.int%2Ftopics%2Fmedical_waste%2Fmanual_bioseguridad_laboratorio.pdf&clen=1316547&chunk=true

- Pereira, R., Furtado, A. A., Silva, L., Mangabeira, P. A. O., Souza, J. O., Pirovani, C. P., Ahnert, D. & Baligar, V. C. (2017). Photosynthetic, antioxidative, molecular and ultrastructural responses of young cacao plants to Cd toxicity in the soil [Respuestas fotosintéticas, antioxidativas, moleculares y ultraestructurales de plantas jóvenes de cacao con toxicidad de Cd en el suelo]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 144, 148 – 157. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.06.006
- Prada, W. J. (2017). Aislamiento de bacterias presentes en el suelo de cultivo de cacao impactado con una concentración de cadmio a 18 ppm. *Revista Clic*, 1(1), 1 – 6. <https://1library.co/document/zp0r1k0q-aislamiento-bacterias-presentes-suelo-cultivo-impactado-concentracion-cadmio.html>
- Prieto, J., González, C., Román, A. & Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29 – 44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>
- Qinjie, G., Jun, D., Yunchuan, X., Qingfei, W. & Liqiang, Y. (2008). Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry assessment and a case study in parks of Beijing [Calculando índices de contaminación por metales pesados en la evaluación geoquímica y ecología en un caso de estudio en parques de Beijing]. *Journal of China University of Geosciences*, 19(3), 230 – 241. [https://doi.org/10.1016/S1002-0705\(08\)60042-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60042-4)

Quintero, M. L. & Díaz, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47 – 59.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131603542004000100004&lng=es&tlng=es

Ramtahal, G., Yen, C. I., Bekele, I., Bekele, F., Wilson, L., Maharaj, K. & Harrynanan, L. (2016). Relationships between cadmium in tissues of cacao trees and soils in plantations of Trinidad y Tobago [Relaciones entre el cadmio en tejidos de los árboles de cacao y los suelos de plantaciones de Trinidad y Tobago]. *Food and Nutrition Sciences*, 7(1), 37 – 43. DOI: 10.4236/fns.2016.71005

Resolución Ministerial N° 0451 – 2018 – MINAGRI. Lineamientos de muestreo para la determinación de niveles de cadmio en suelos, hojas, granos, y productos derivados del cacao. (2018). <https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/221785-451-2018-minagri>

Resolución Ministerial N° 007 – 2019 – MINAGRI. Protocolo de muestreo de suelos con cadmio en zonas cacaoteras. (2019). <https://www.gob.pe/institucion/sse/normas-legales/1098764-r-m-007-2019-minagri>

Revoredo, A. G. (2018). *Efecto del tratamiento con 3 Cepas de estreptomicetos en la acumulación de cadmio en plantas de Theobroma cacao L.* [Tesis de Pregado, Universidad Peruano Caetano Heredia]. Repositorio de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/1475>

- Rodríguez, H. S. (2017). *Dinámica del cadmio en suelos con niveles altos del elemento, en zonas productoras de cacao de Nilo y Yacopí, Cundinamarca*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62944>
- Priyalaxmi, R., Murugan, A., Raja, P. & Raj, K. D. (2014). Bioremediation of cadmium by *Bacillus safensis* (JX126862), a marine bacterium isolated from mangrove Sediments [Biorremediación del cadmio por *Bacillus safensis* (JX126862), una bacteria marina aislada de sedimentos de manglares]. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(12), 326 – 335. <http://www.ijcmas.com/vol-3-12/Rajesh>
- Siripornadulsil, S. & Siripornadulsil, W. (2013). Cadmium – Tolerant Bacteria Reduce the Uptake of Cadmium in Rice: Potential for Microbial Biorremediation [Bacteria cadmio - tolerante reduce la absorción de cadmio en arroz: Potencial de biorremediación] . *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 94, 94 – 103. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2013.05.002
- Universidad de La Salle. (2021). *Guía normas APA séptima edición 2020*. Editorial de la Universidad de La Salle. http://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fciencia.lasalle.edu.co%2Fcgi%2Fviewcontent.cgi%3Farticle%3D1010%26context%3Drecursos_bibliograficos&clen=757443
- Universidad EAFIT. (2020). *Guía de la norma APA: Elaboración y citación de bibliografías*. Editorial de la Universidad EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/15406>
- Velásque, M. (2017). *Determinación de Arsénico, Cadmio y Plomo en Barras de Chocolate Adquiridas en el Centro Comercial Polvos Azules de Lima Metropolitana en el Periodo*

Enero – Febrero 2016. [Tesis de Pregrado, Universidad Wiener]. Repositorio de la Universidad Wiener. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/708>

Villareal, M. F., Villa, E. D., Cira, L. A. & Estrada, M. I. (2017). The genus *Bacillus* as a biological control agent and its implications in the agricultural biosecurity [El Género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola]. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1), 95 - 130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>

Wong, A. (2017). *Determinación de cadmio (Cd) en el suelo de cultivo para cacao CCN – 51 mediante análisis de espectroscopía de absorción atómica*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/23213>

Wyszkowska, J., Borowik, A., Kucharski, M. & Kucharski, J. (2013). Effect of cadmium, copper and zinc on plants, soil microorganisms and soil enzymes [Efecto del cadmio, cobre y zinc en plantas, microorganismos del suelo y enzimas del suelo]. *Journal of Elementology*, 1, 769 – 796. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.4.455

Zarza, L. (2019, Febrero 28). *Historias del agua (6): El primer envenenamiento por cadmio en el mundo*. iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/historias-agua-6-primer-envenenamiento-cadmio-mund>

IX. ANEXOS

ESQUEMAS DE METODOLOGIA

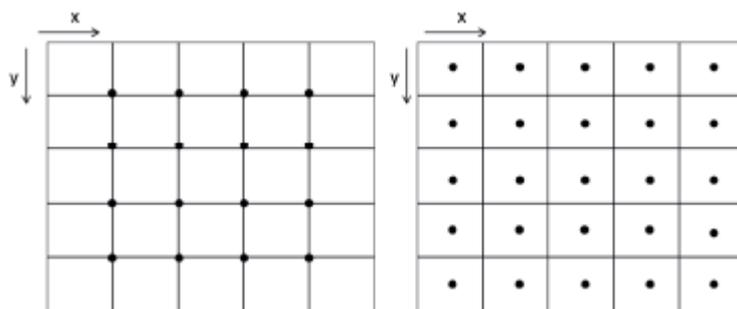


Figura 15.

Esquema de la Metodología de Recolección de Muestras de Tierra “Rejillas regulares” para Muestras con Distribución Uniforme Descrita en la “Guía para el Muestreo de Suelo, 2014, MINAM”.

Nota: Fuente <http://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.minam.gob.pe%2Fcalidadambiental%2Fwpcontent%2Fuploads%2Fsites%2F2013%2F10%2FGUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOSfinal.pdf> (MINAM, 2014)

IMÁGENES FOTOGRÁFICAS



Figura 16.

Delimitación de Puntos de Muestreo

Nota: **a.** Árbol de *Theobroma cacao* “Cacao” perteneciente a la parcela n° 4. **b.** Frutos de *T. Cacao* “Cacao” de la parcela n° 6. **c.** Delimitación del Área de Muestreo y Puntos de Muestreo. **d.** Georeferenciando el Primer Punto de Muestreo en la Parcela n° 1. **e.** Eliminación de la Hojarasca Dentro del Área de Muestreo. **f.** Registro de la Temperatura de la Parcela n° 3.



Figura 17.

Obtención de Muestras de Tierra

Nota: **a.** Registro del pH en la Parcela 4. **b.** Extracción de Muestra de Tierra Utilizando un Barreno de Acero Inoxidable en la Parcela 1. **c.** Recolección y Almacenamiento de Muestra de Tierra la Parcela n° 1. **d.** Registro del Peso de la Muestra de Tierra Recolectada en la Parcela n° 8. **e.** Almacenamiento de las Todas las Muestras de Tierra Recolectadas de Diferentes Parcelas. **f.** Término de la Recolección de Todas las Muestras de Tierra de las Parcelas Estudiadas.



Figura 18.

Preparación de Medios de Cultivo

Nota: **a.** Muestras de Tierra de la Parcela 1 llevadas al Laboratorio LA79 para su Procesamiento. **b.** Preparación del Agar Tierra en Base de Muestra de Tierra y de Agua Destilada. **c.** Filtración del Agua Resultante de la Mezcla de Tierra y Agua Destilada para Preparar Agar Tierra. **d.** Limpieza de Papas para la Preparación de Agar Papa Dextrosa. **e.** Extracto de Pulpa de Papa Sancochada Utilizada para la Preparación de Agar Papa Dextrosa. **f.** Medios de Cultivo y Tubos de Ensayo para Cepario en el Autoclave antes del Proceso de Esterilización.

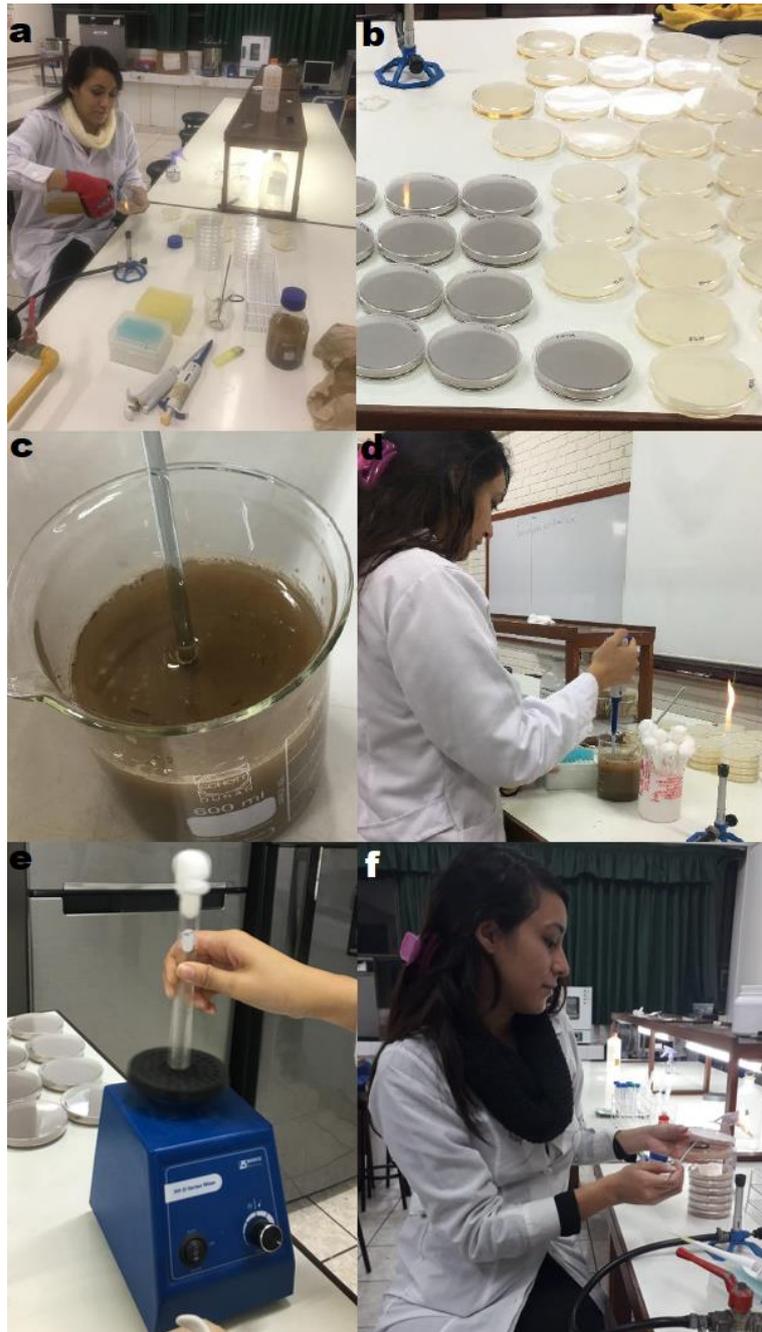


Figura 19.

Preparación y Siembra de Diluciones de Muestras de Tierra

Nota: **a.** Distribución de los Medios de Cultivo en Placas Petri frente a un Mechero de Bunsen. **b.** Placas Petri con Agar Tierra y Agar Papa Dextrosa Rotuladas. **c.** Muestra de Tierra Utilizada para hacer las Diluciones a Diferentes Concentraciones. **d.** Preparación de Diluciones hasta la Concentración 10^{-5} . **e.** Agitación de Diluciones Seriadas de la Muestra de Tierra en un Agitador Vórtex. **f.** Siembra de $100\ \mu\text{L}$ de cada Dilución en las Placas Petri.

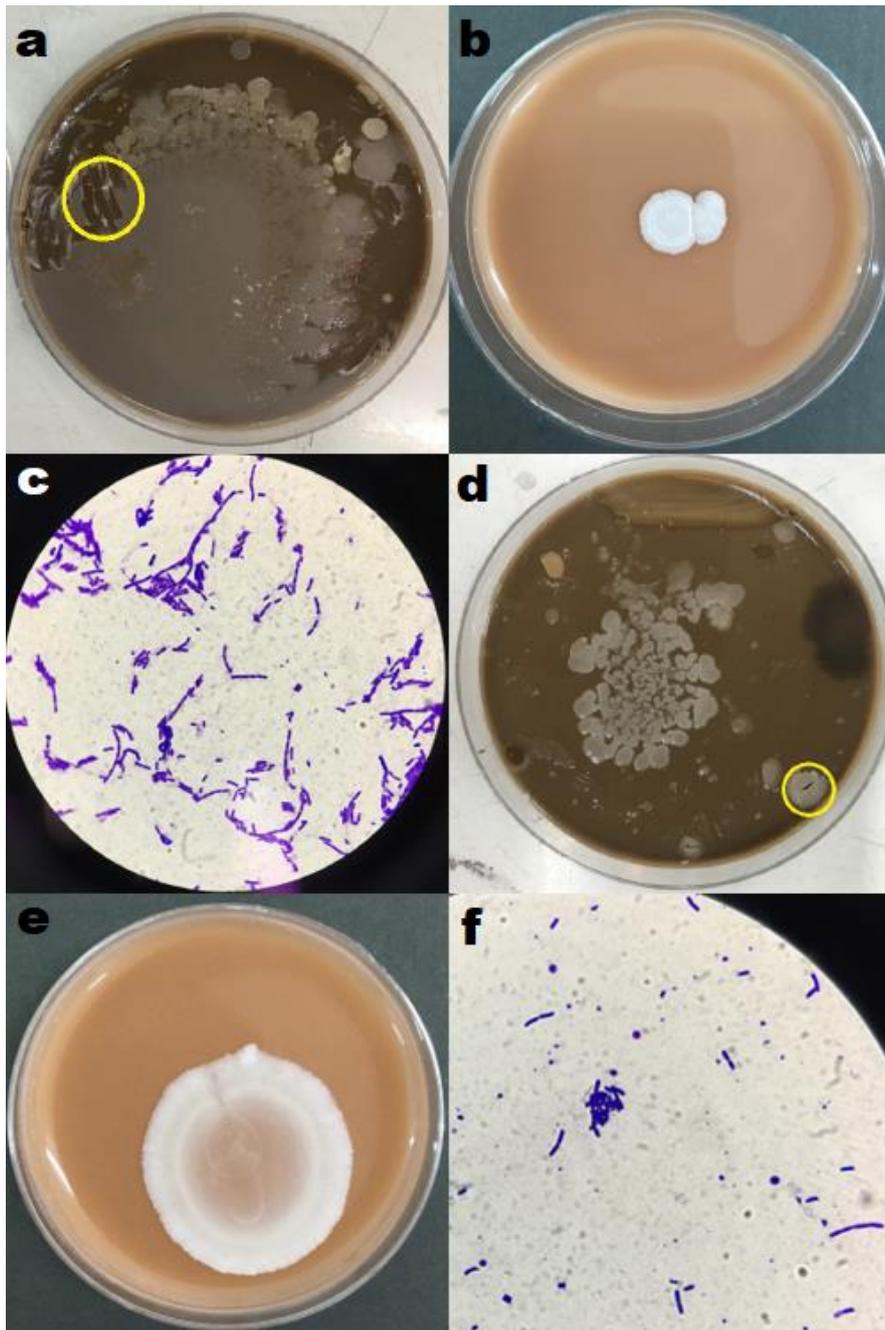


Figura 20.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 1 y 2

Nota: **a.** Cepa n° 1 Aislada de la Dilución 10^{-4} de Agua Destilada de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 1 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 1, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 2 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 2 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 2, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

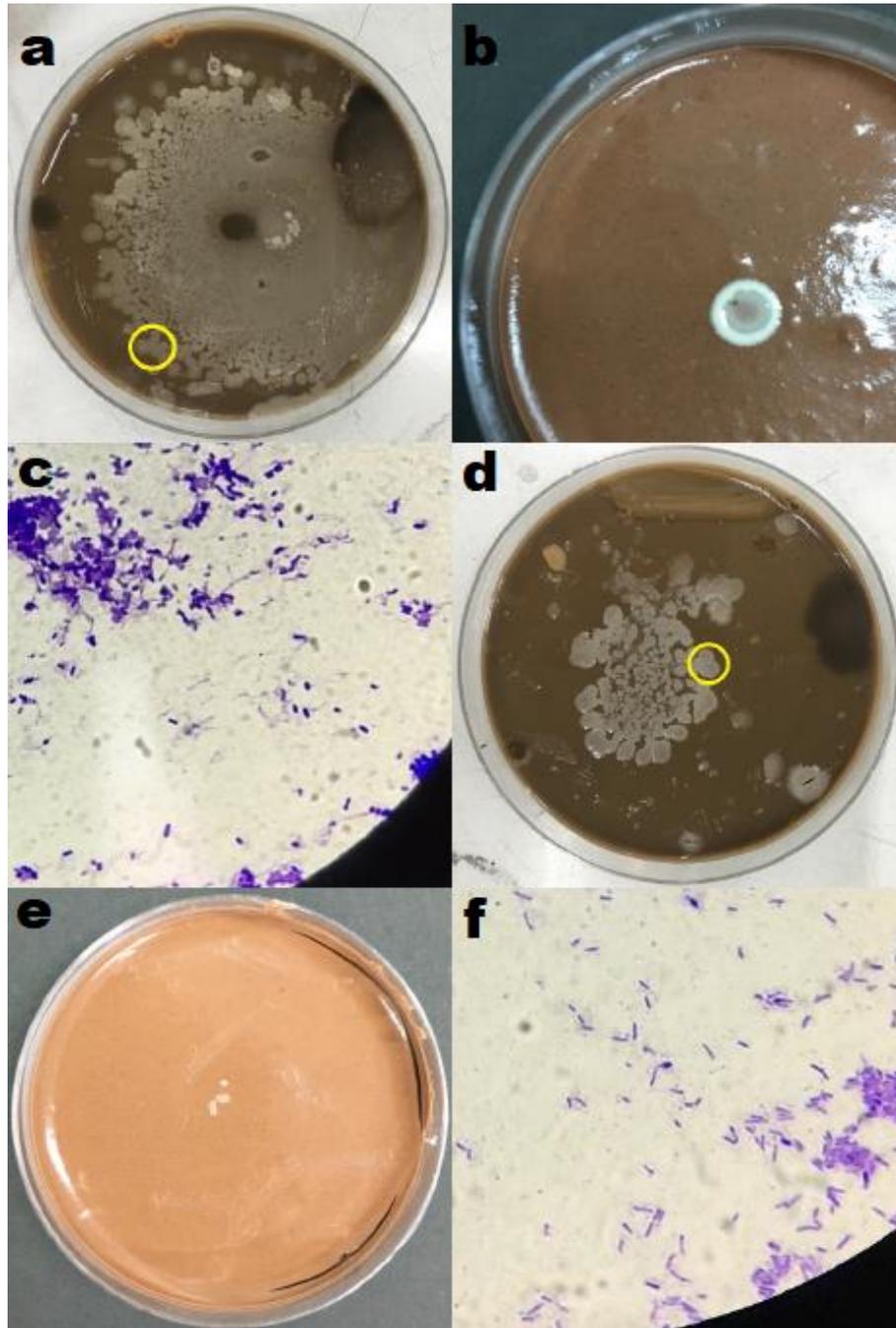


Figura 21.

Aislamiento e Identificación de las Cepas 3 y 4

Nota: **a.** Cepa n° 3 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 3 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 3, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 4 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 4 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 4, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

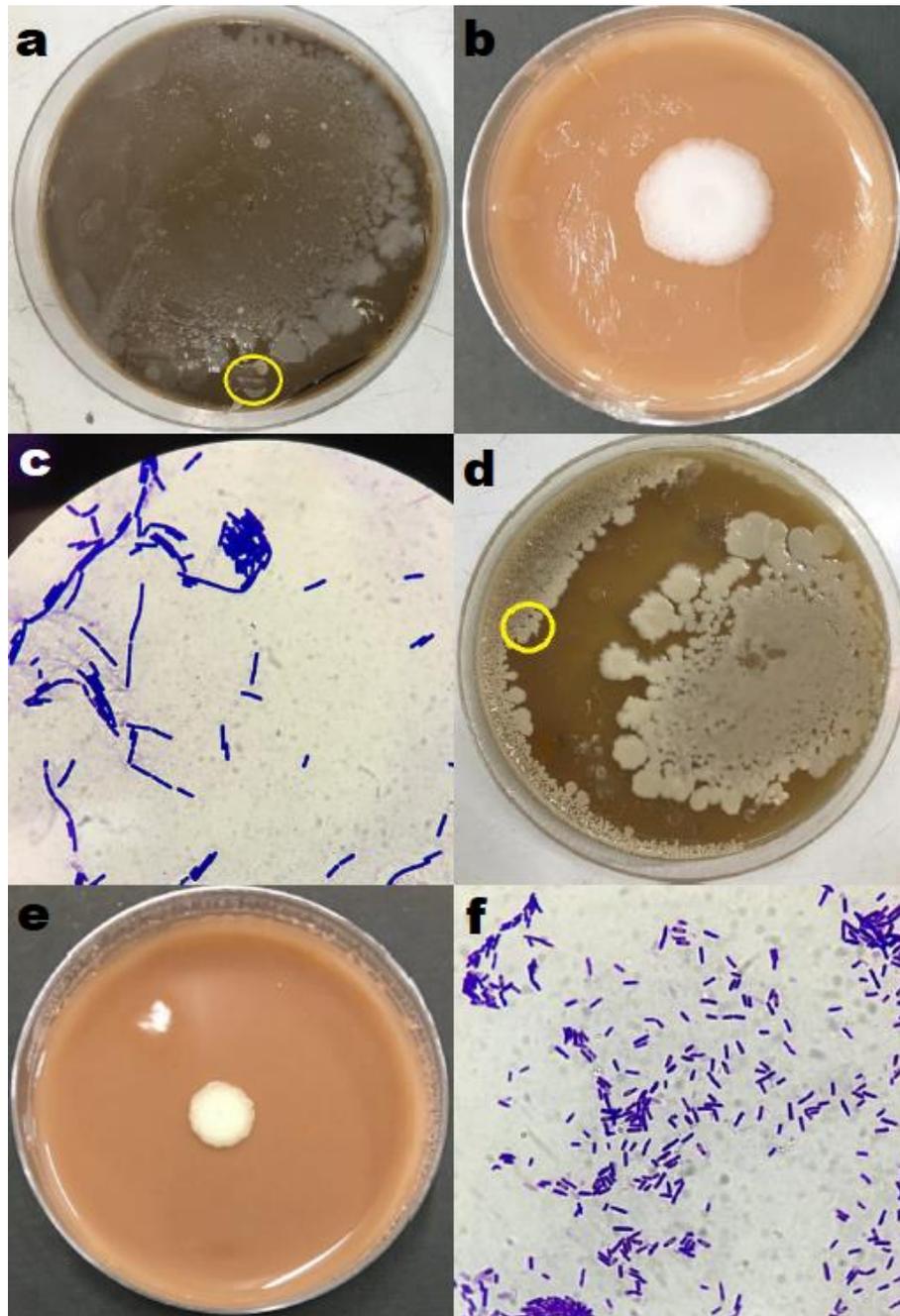


Figura 22.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 5 y 6

Nota: **a.** Cepa n° 5 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 5 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 5, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 6 de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 6 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 6, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

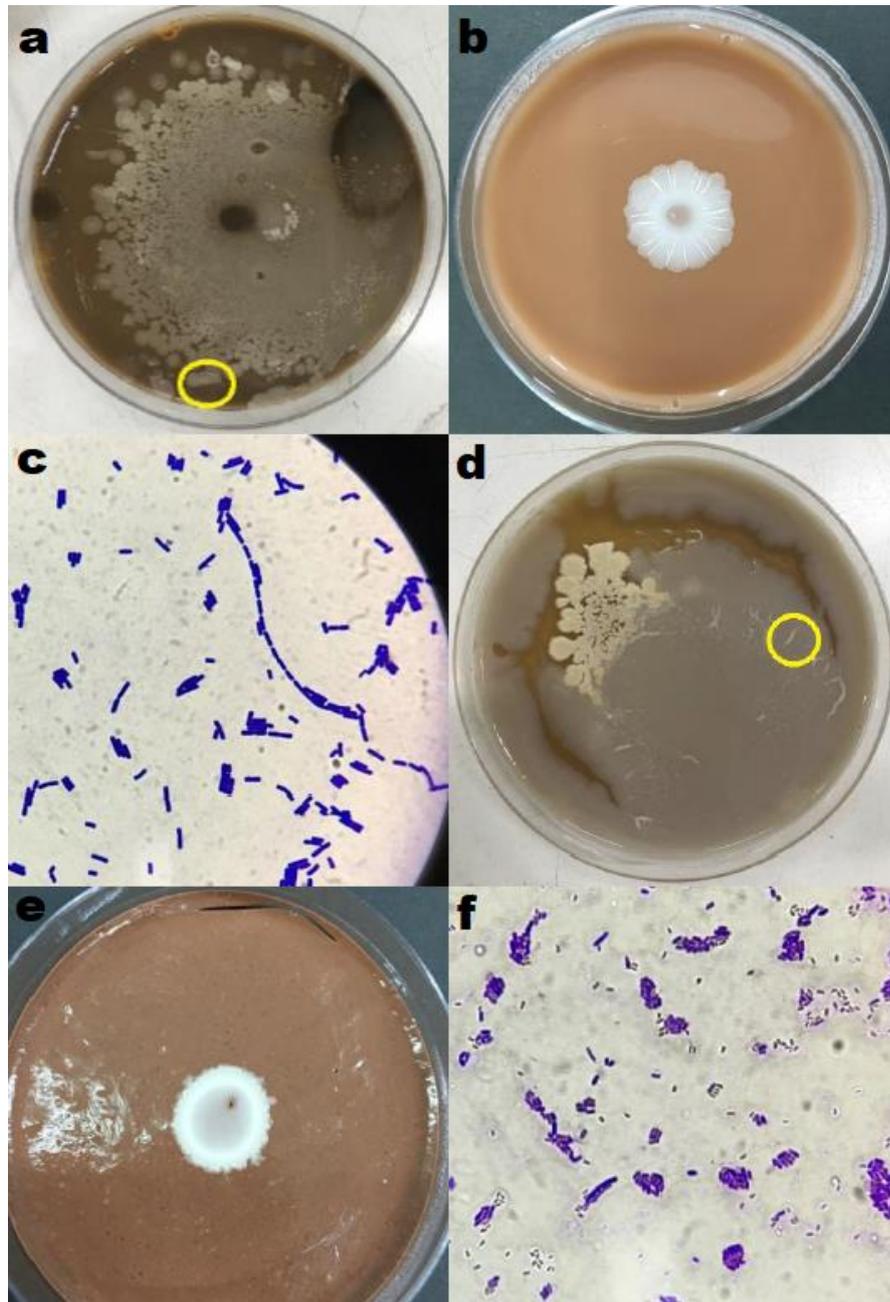


Figura 23.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 7 y 8

Nota: **a.** Cepa n° 7 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 7 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 7, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 8 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 8 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 8, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

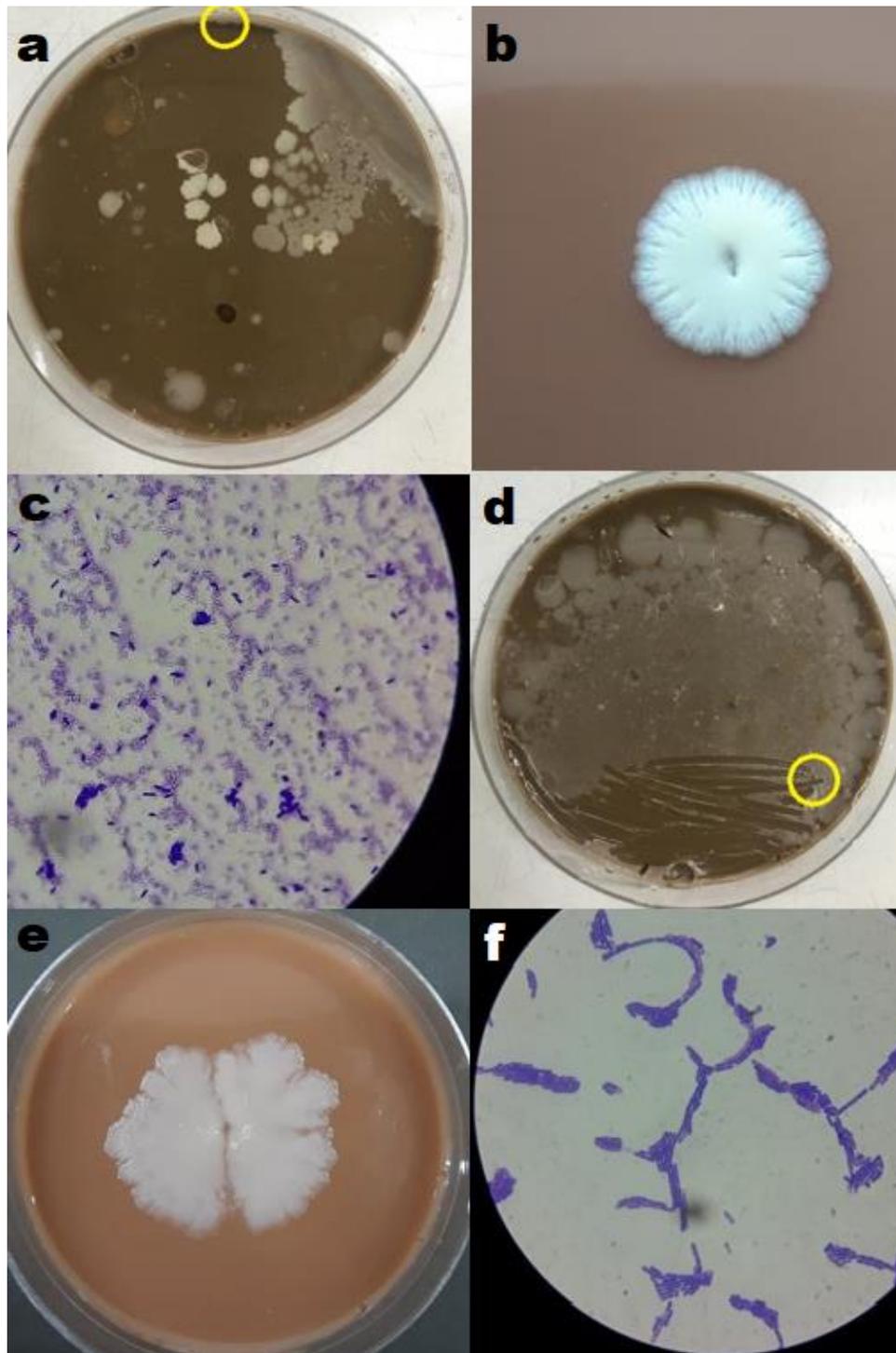


Figura 24.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 9 y 10

Nota: **a.** Cepa n° 9 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 9 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 9, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 10 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 10 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 10, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

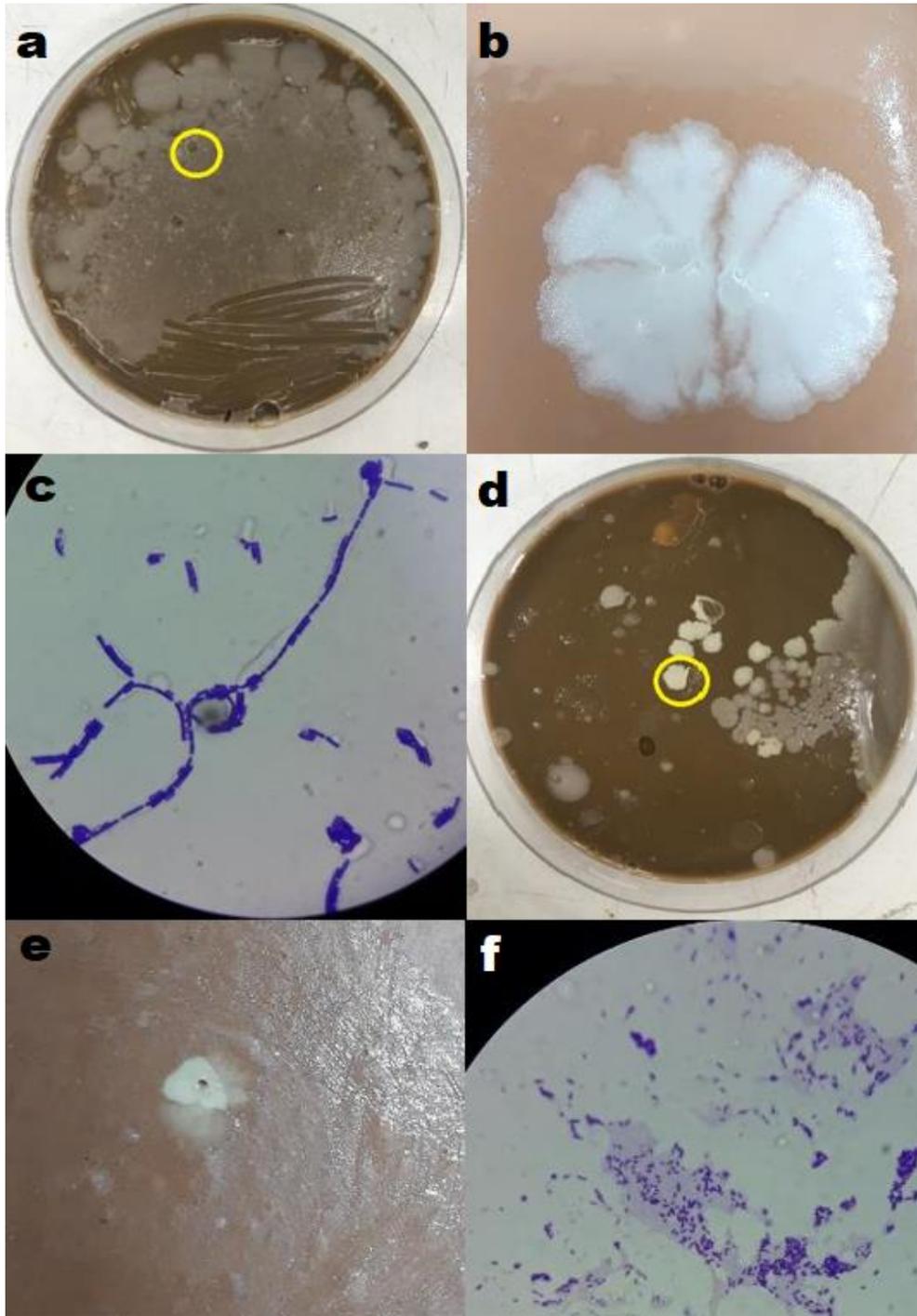


Figura 25.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 11 y 12

Nota: **a.** Cepa n° 11 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 11 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 11, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 12 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 12 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 12, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

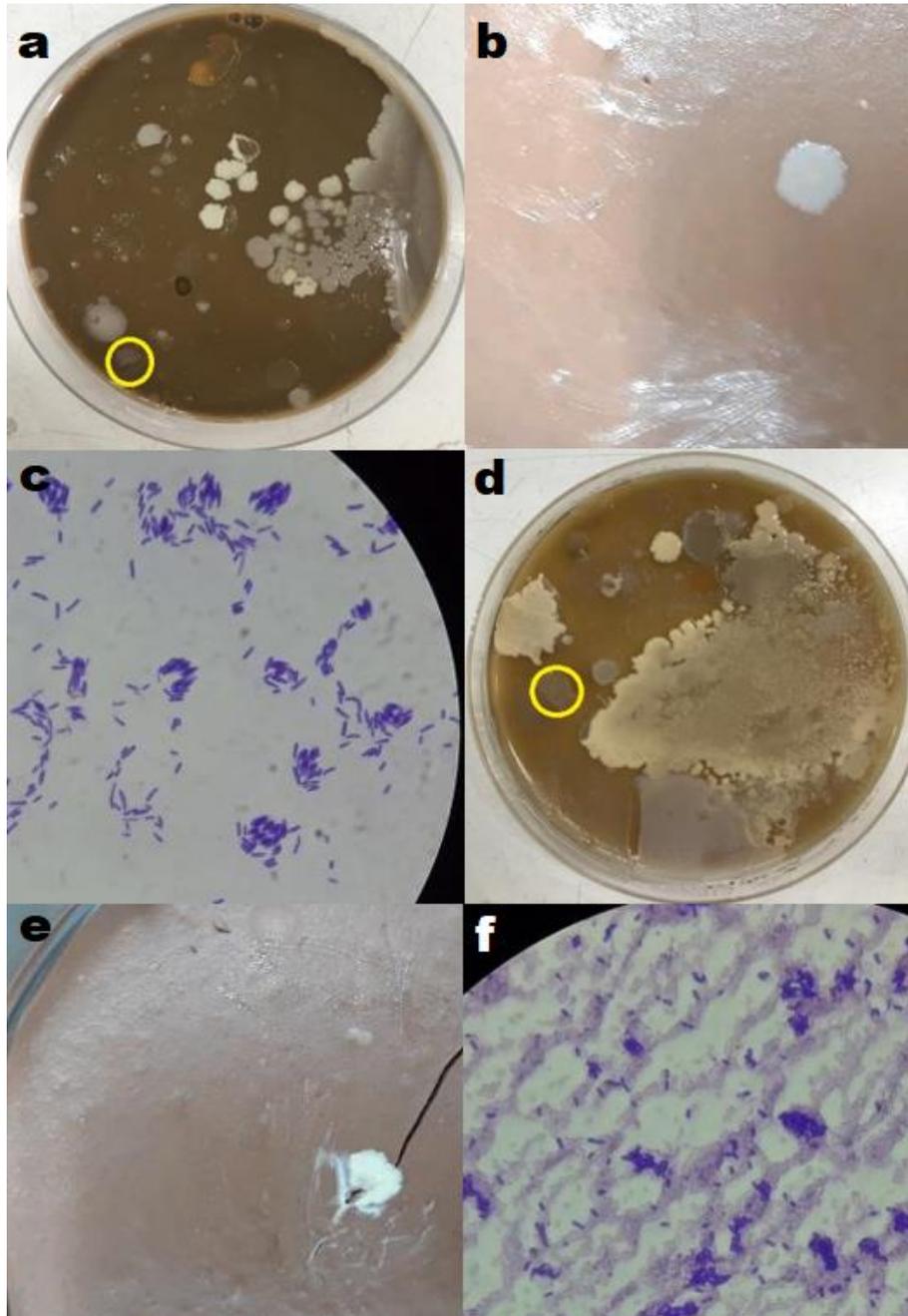


Figura 26.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 13 y 14

Nota: **a.** Cepa n° 13 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 13 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 13, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 14 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 14 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 14, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

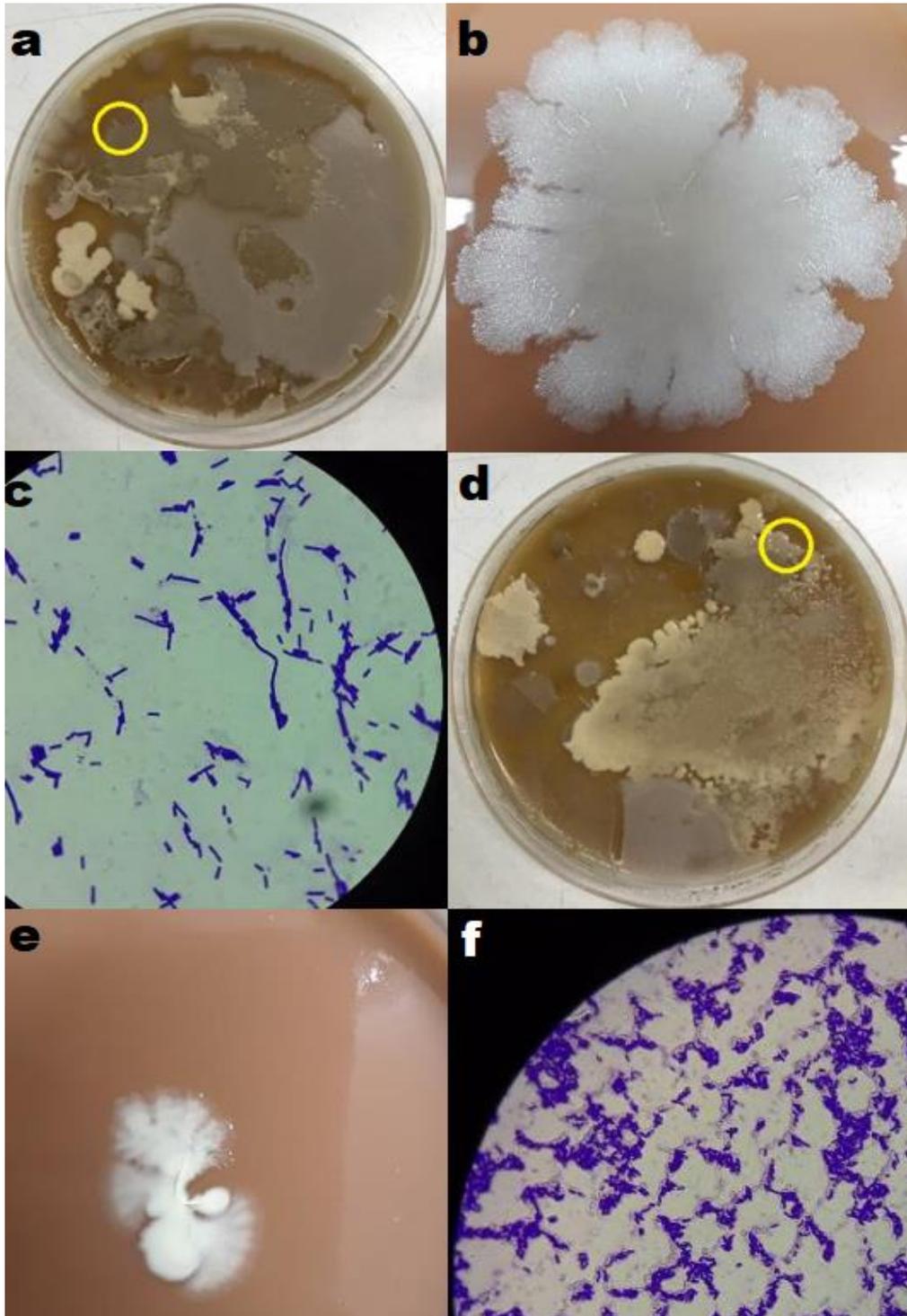


Figura 27.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 15 y 16

Nota: **a.** Cepa n° 15 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 15 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 15, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 16 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 16 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 16, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

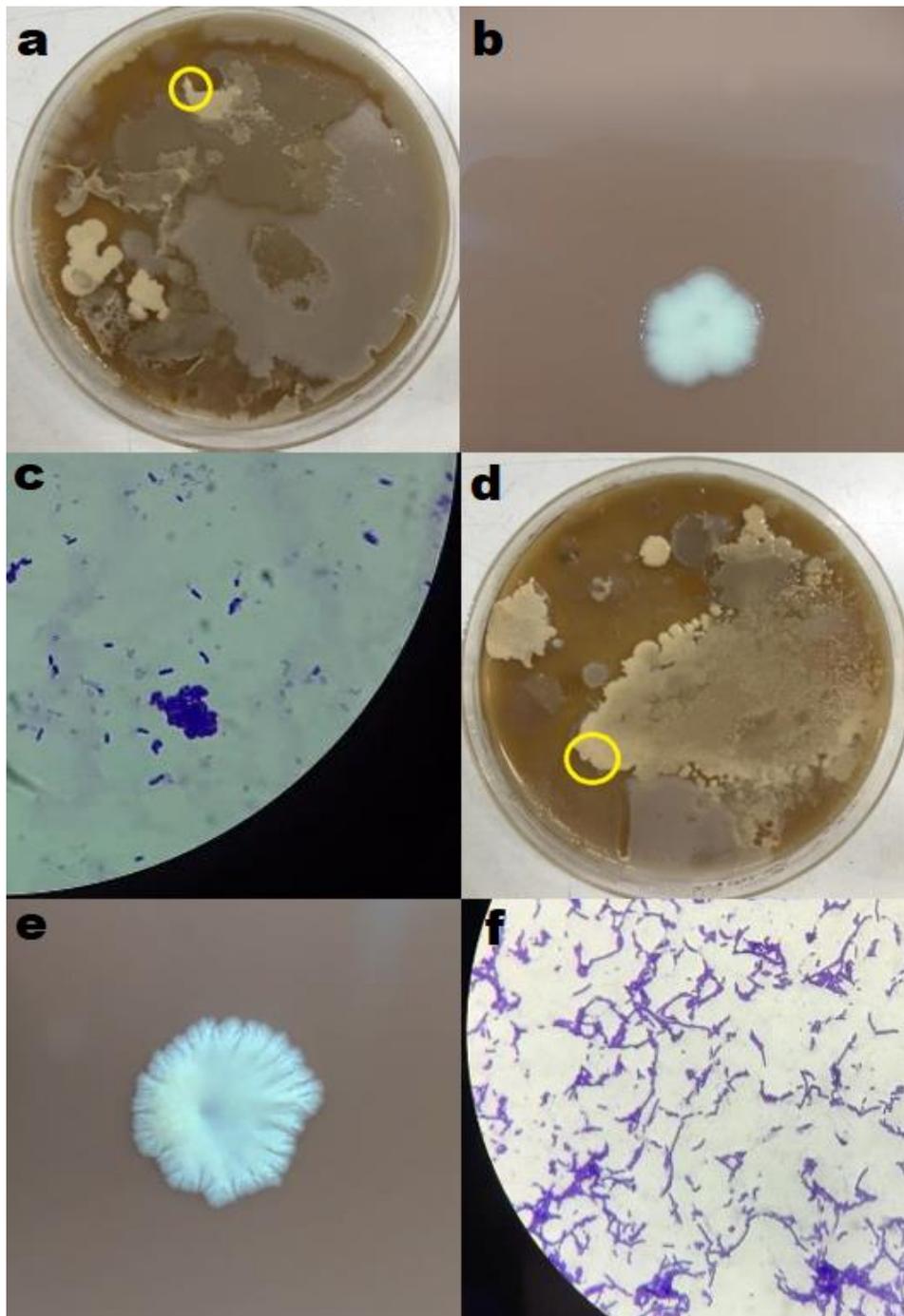


Figura 28.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 17 y 18

Nota: **a.** Cepa n°17 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 17 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 17, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 18 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 18 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 18, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

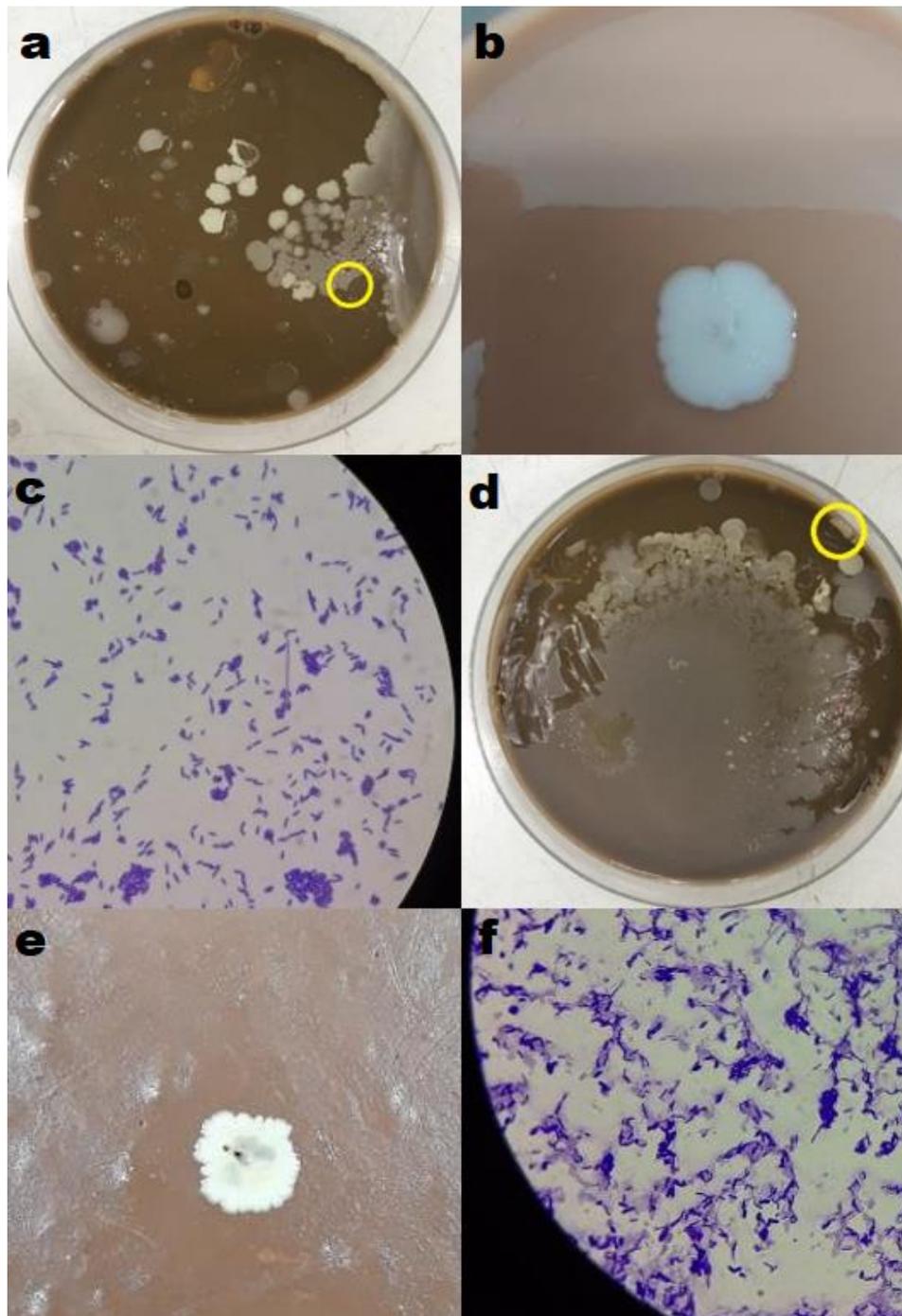


Figura 29.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 19 y 20

Nota: **a.** Cepa n° 19 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 19 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 19, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 20 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 20 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 20, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

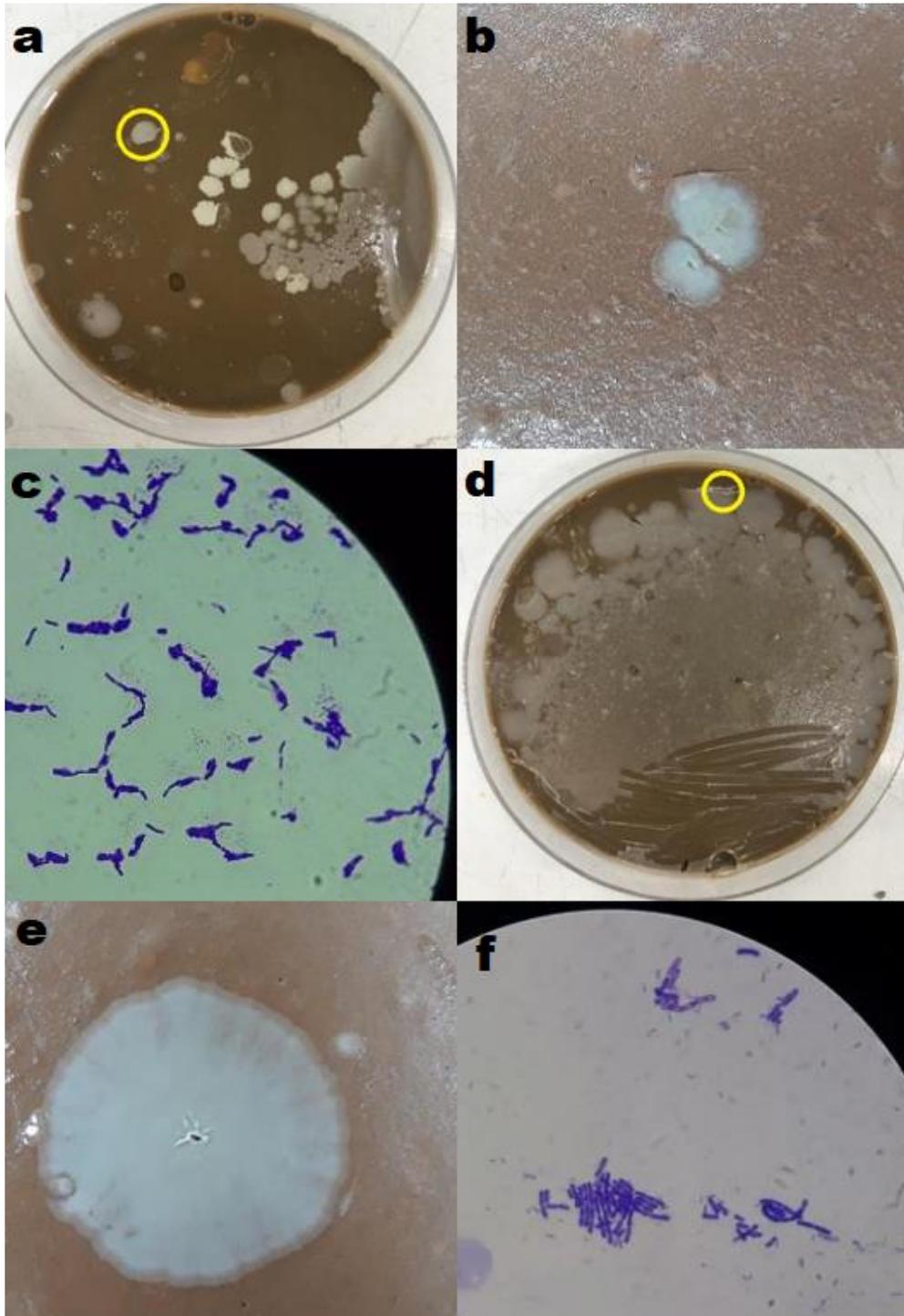


Figura 30.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 21 y 22

Nota: **a.** Cepa n° 21 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 21 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 21, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 22 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 22 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 22, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

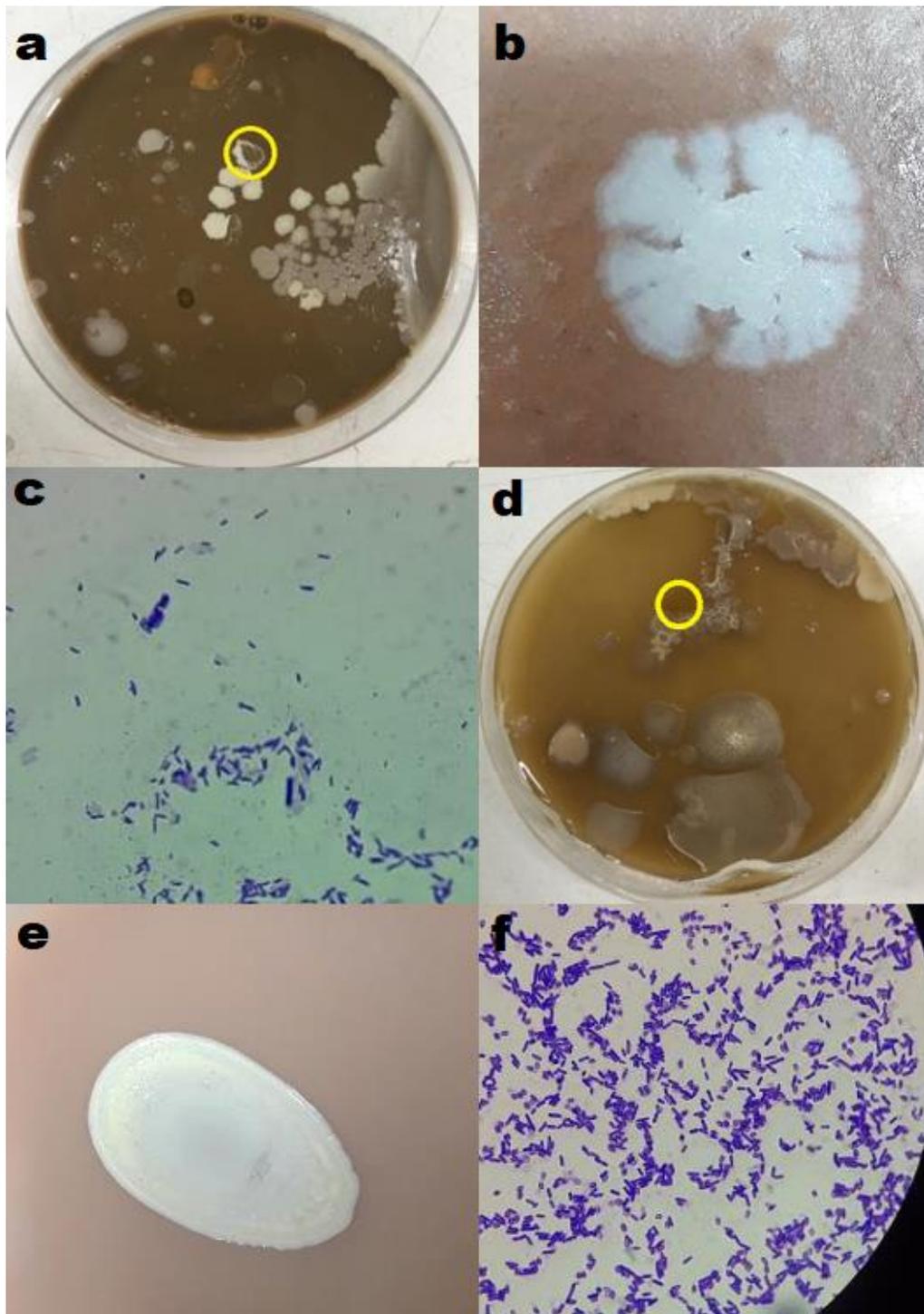


Figura 31.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 23 y 24

Nota: **a.** Cepa n° 23 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 23 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 23, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 24 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 24 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 24, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

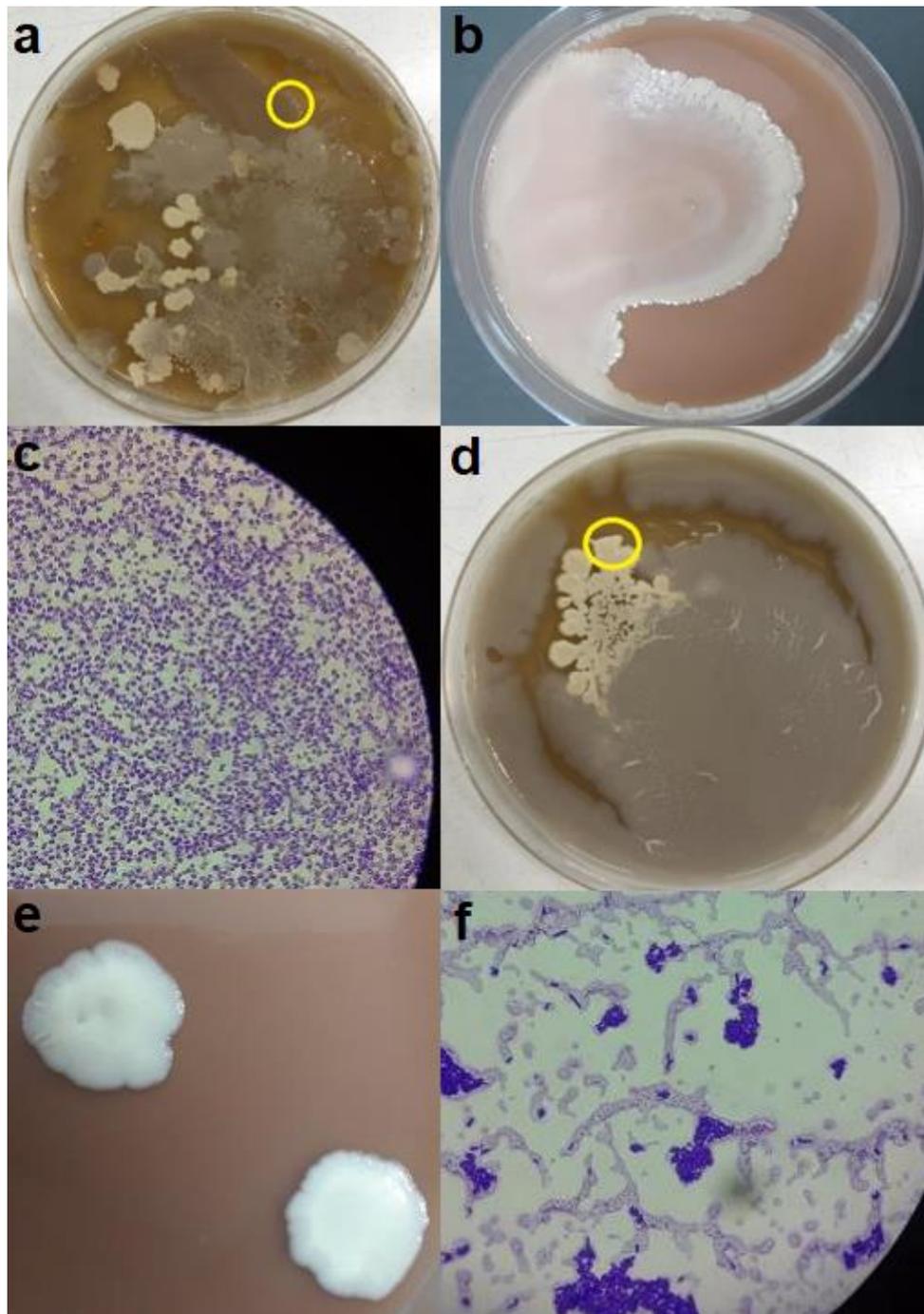


Figura 32.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 25 y 26

Nota: **a.** Cepa n° 25 de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 25 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 25, Esporas de *Bacillus sp* observadas a 100x. **d.** Cepa n° 26 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 26 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 26, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

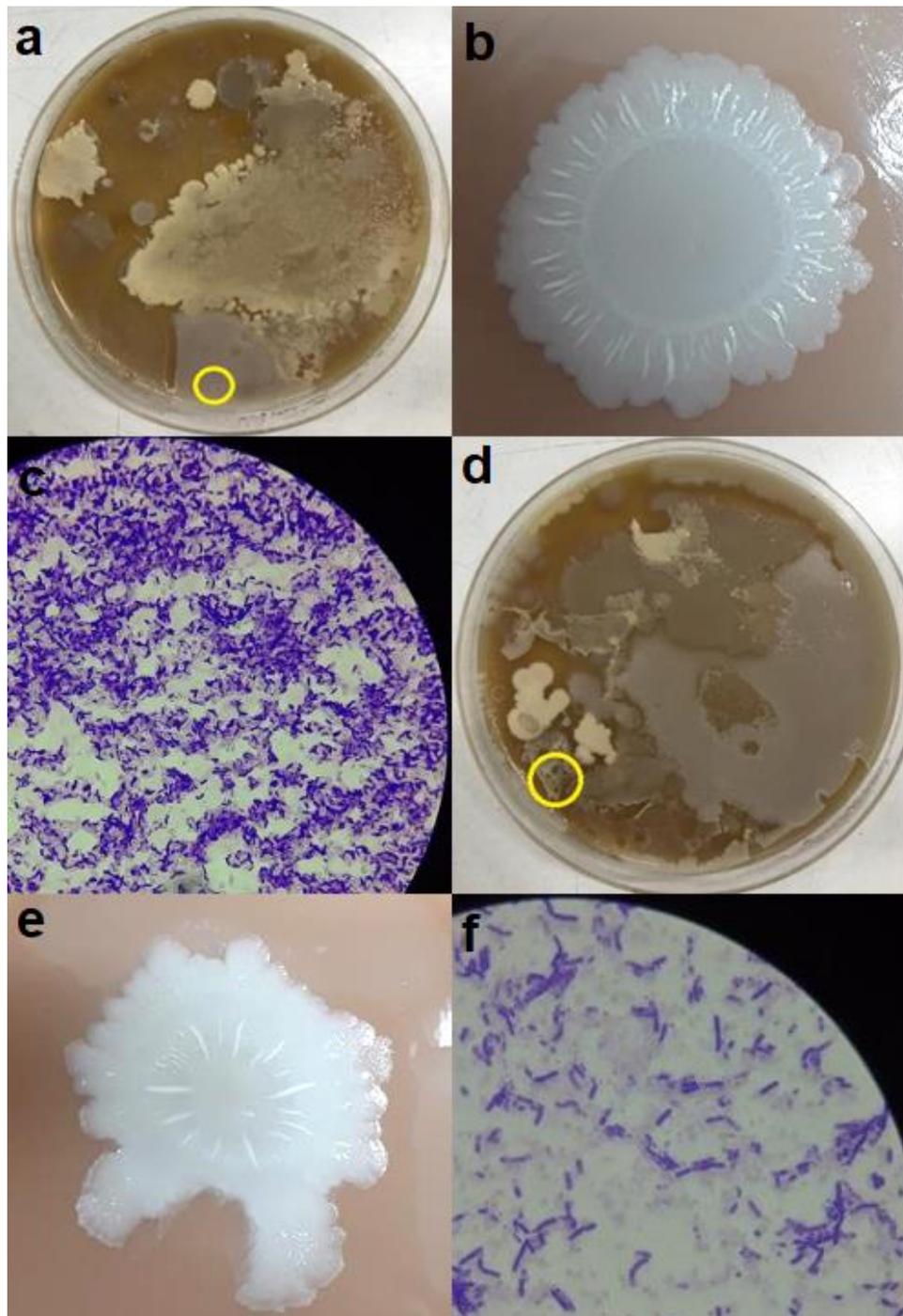


Figura 33.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 27 y 28

Nota: **a.** Cepa n° 27 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 27 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 27, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 28 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 28 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 28, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

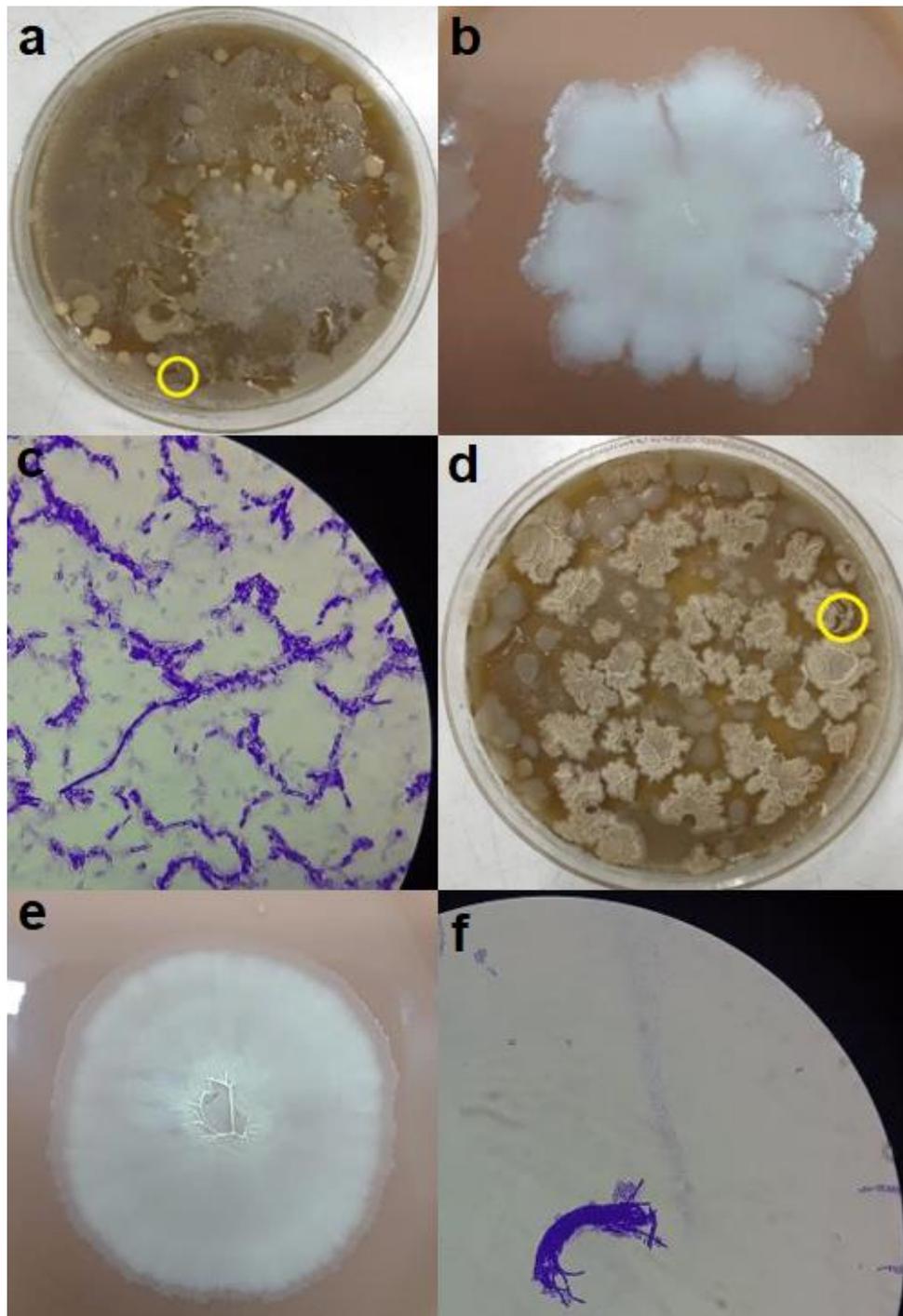


Figura 34.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 29 y 30

Nota: **a.** Cepa n° 29 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 29 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 29, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 30 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 30 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 30, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

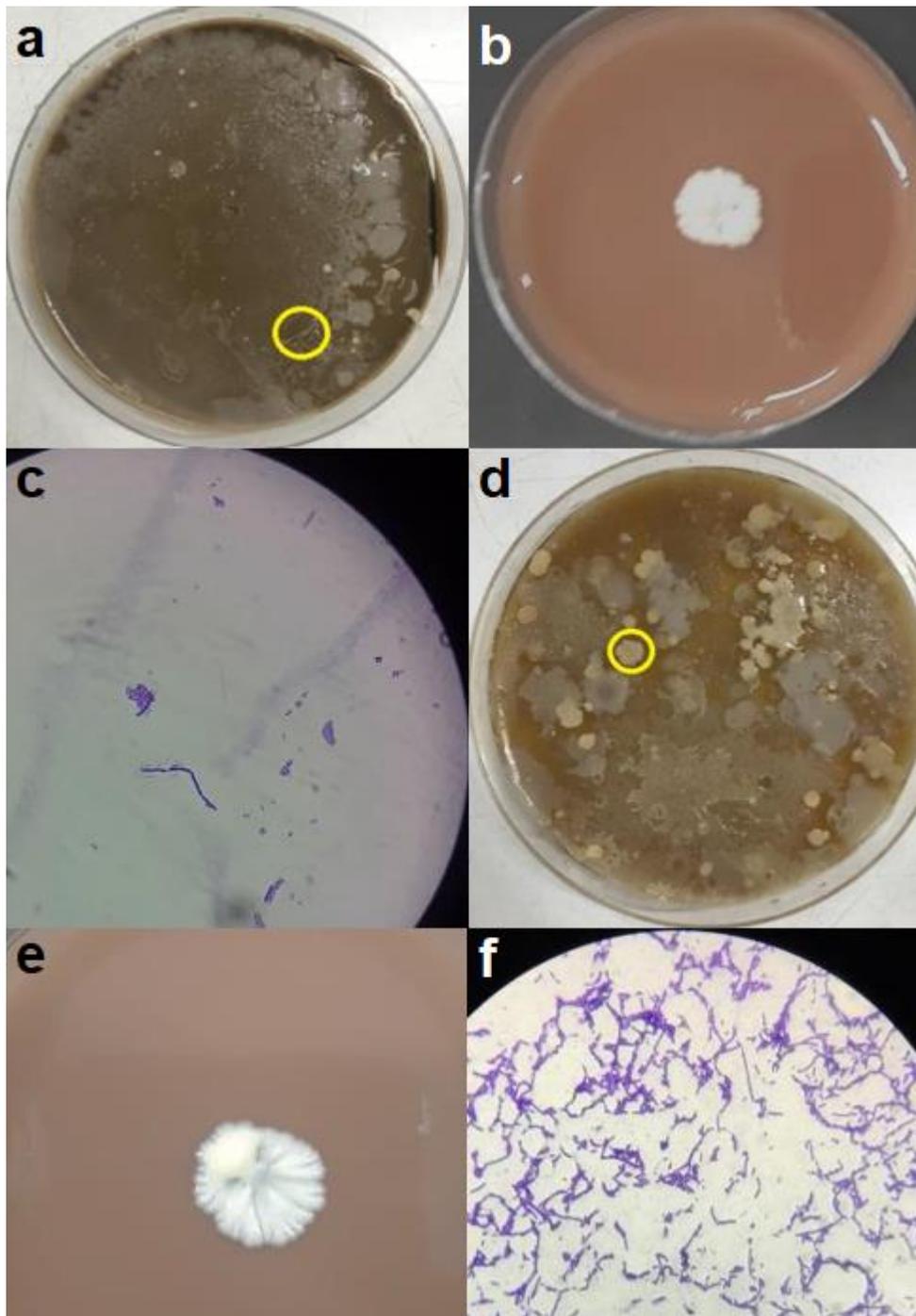


Figura 35.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 31 y 32

Nota: **a.** Cepa n° 31 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 31 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 31, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 32 de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 32 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 32, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

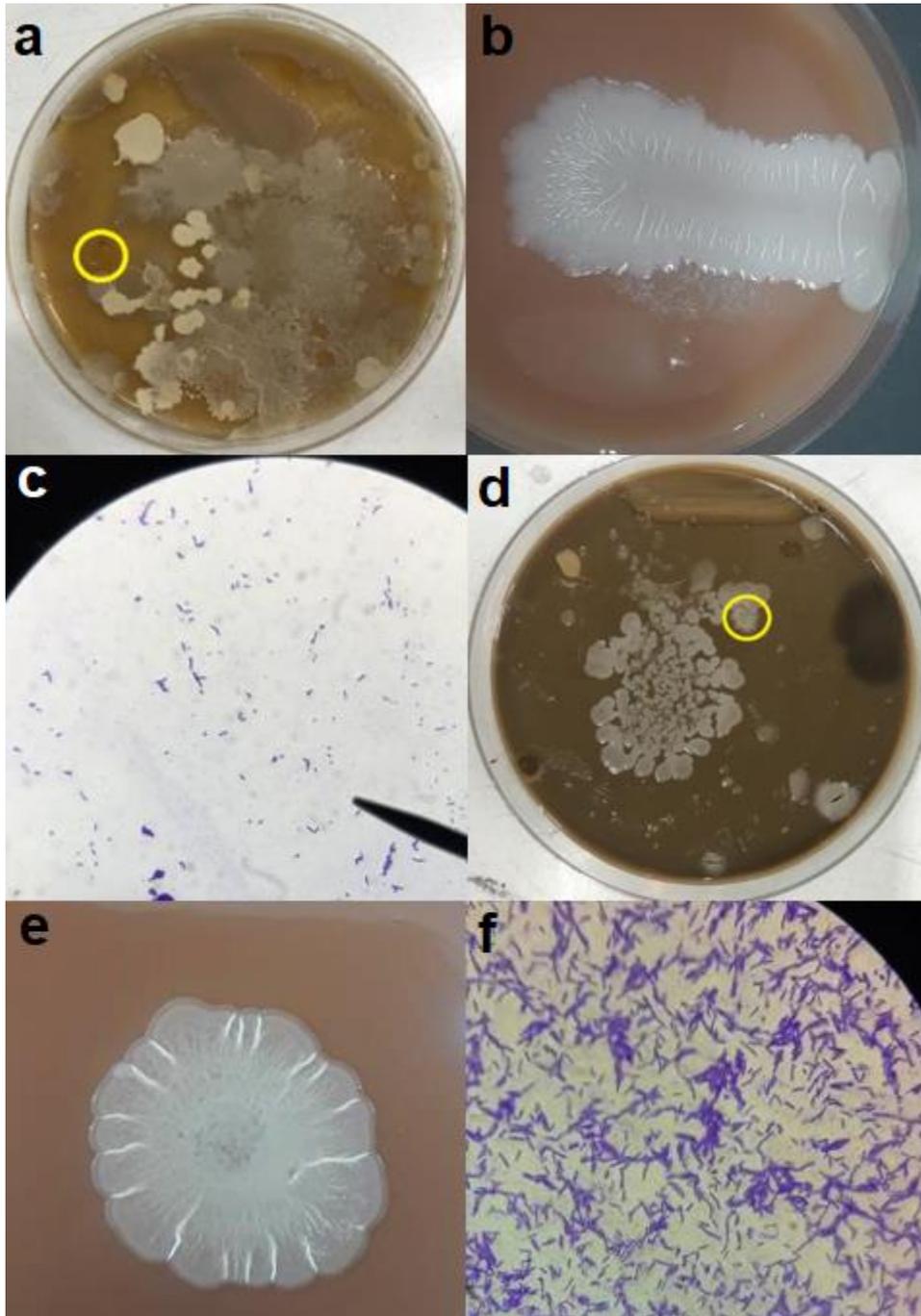


Figura 36.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 33 y 34

Nota: **a.** Cepa n° 33 Aislada en de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 33 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 33, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 34 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 34 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 34, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

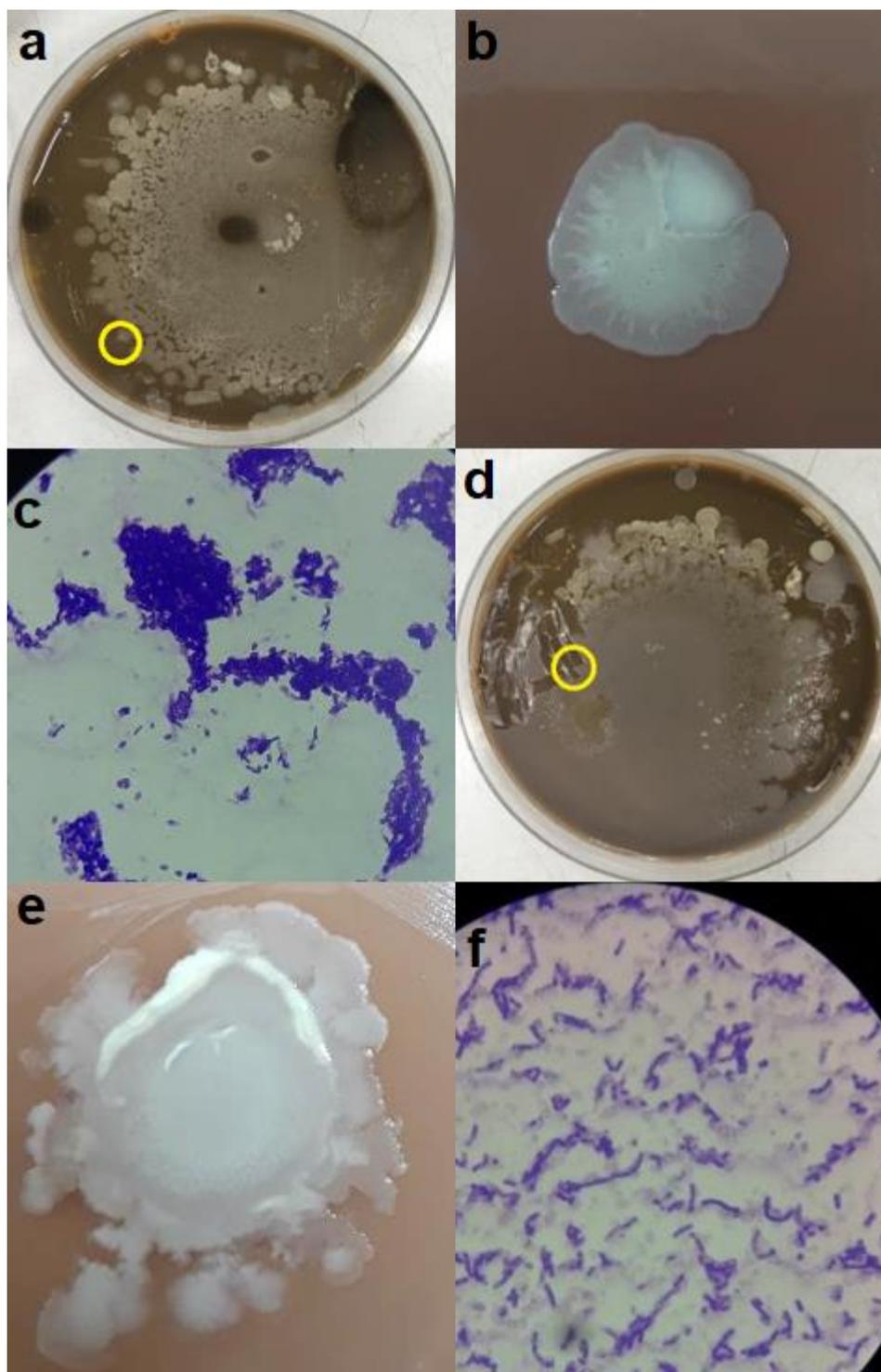


Figura 37.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 35 y 36

Nota: **a.** Cepa n° 35 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 35 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa 35, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 36 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 36 Aislada Agar Tierra. **f.** Cepa n° 36, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

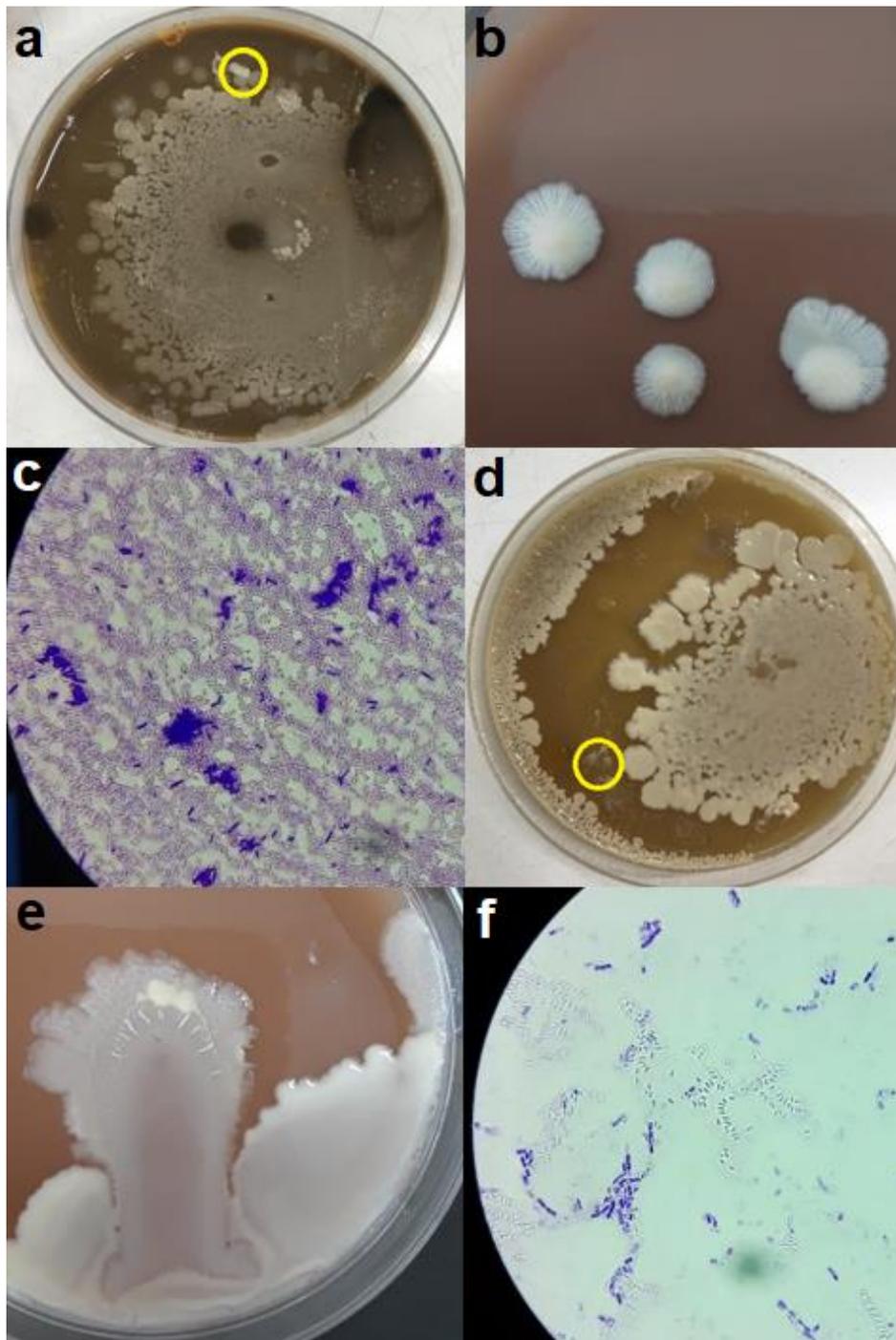


Figura 38.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 37 y 38

Nota: **a.** Cepa n° 37 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 37 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 37, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 38 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 (Circulo Amarillo) en Agar Papa Dextrosa. **e.** Cepa n° 38 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 38, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

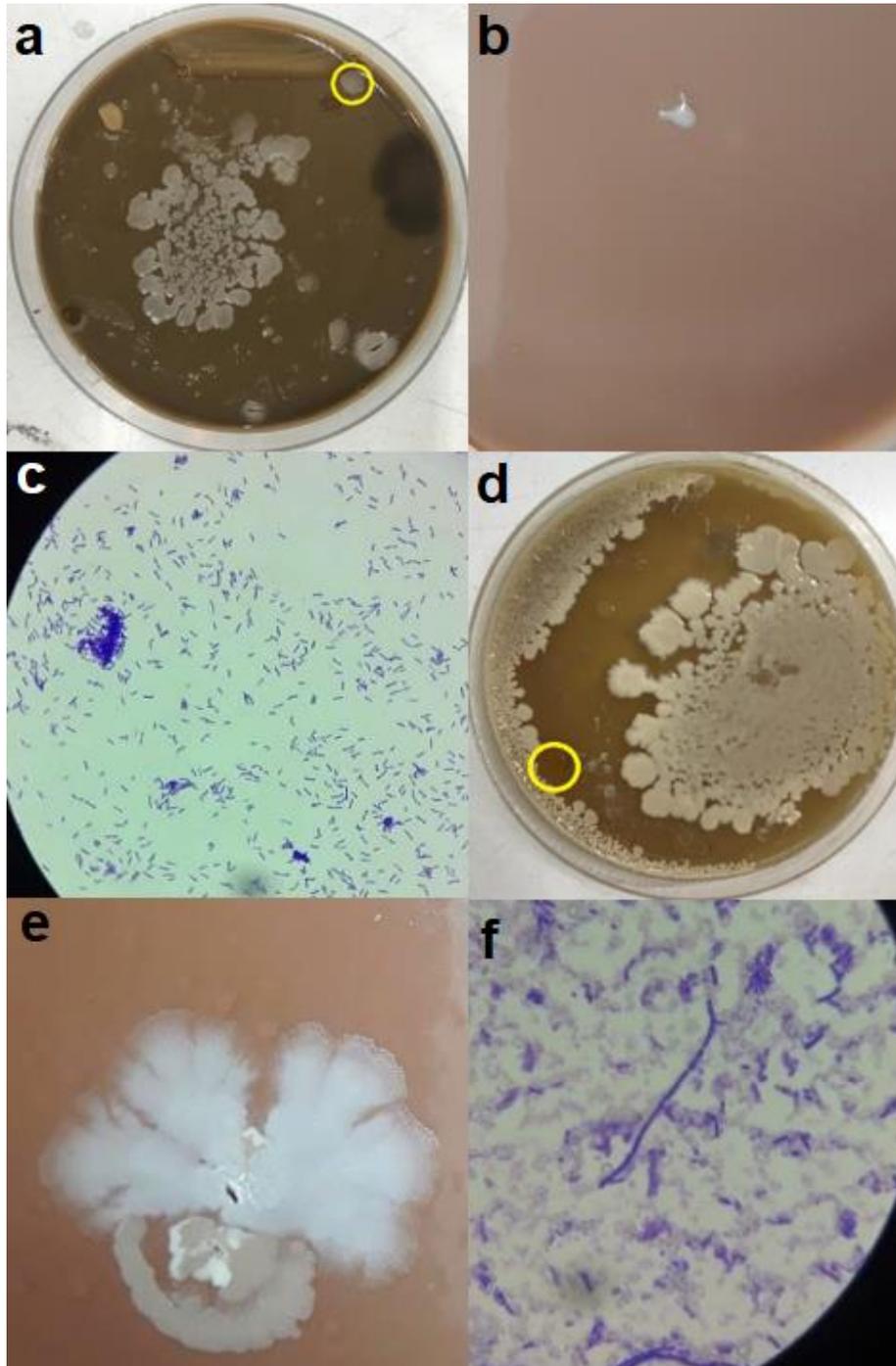


Figura 39.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 39 y 40

Nota: **a.** Cepa n° 39 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 39 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 39, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 40 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 40 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 40, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

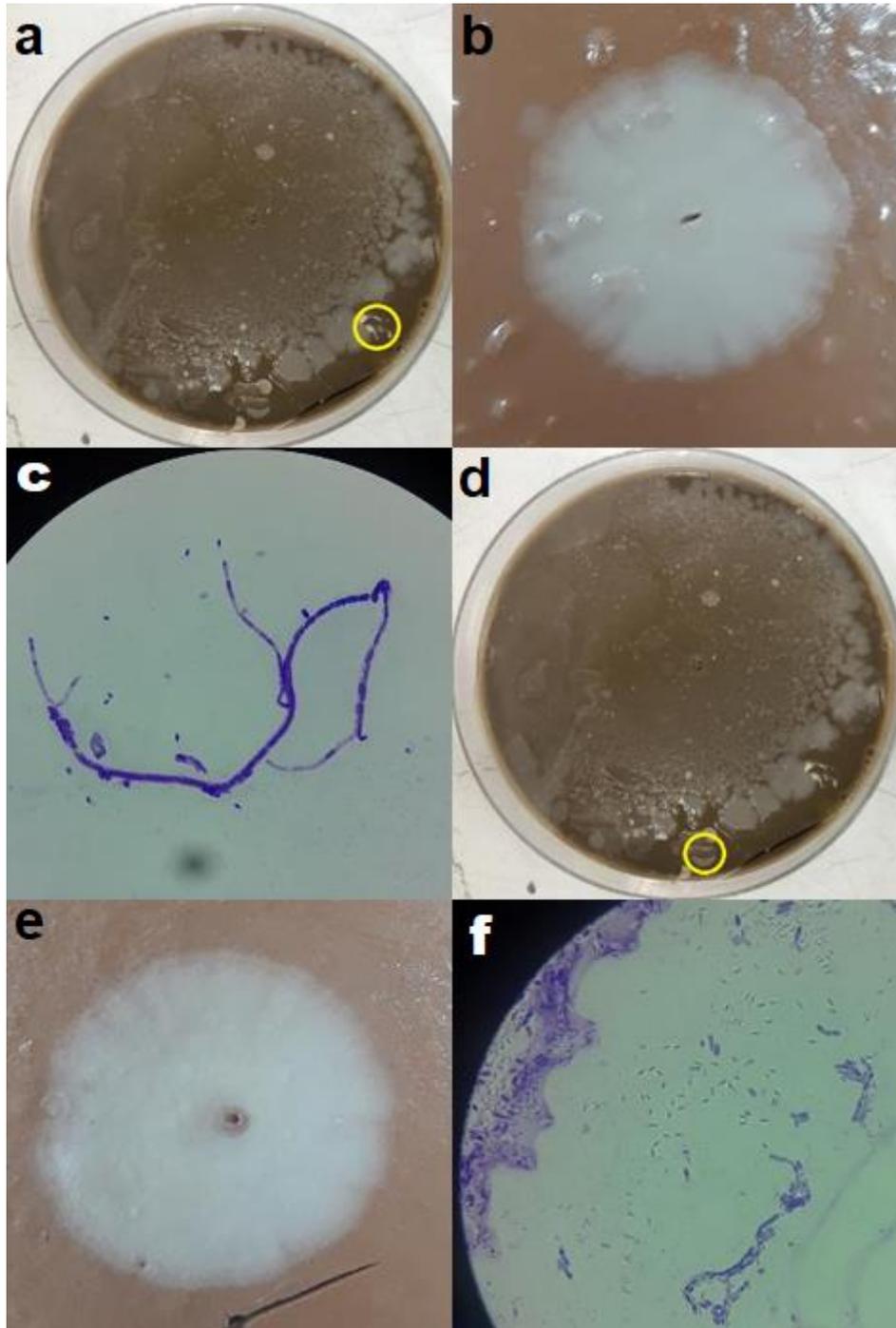


Figura 40.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 41 y 42

Nota: **a.** Cepa n° 41 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 41 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 41, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 42 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 42 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 42, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

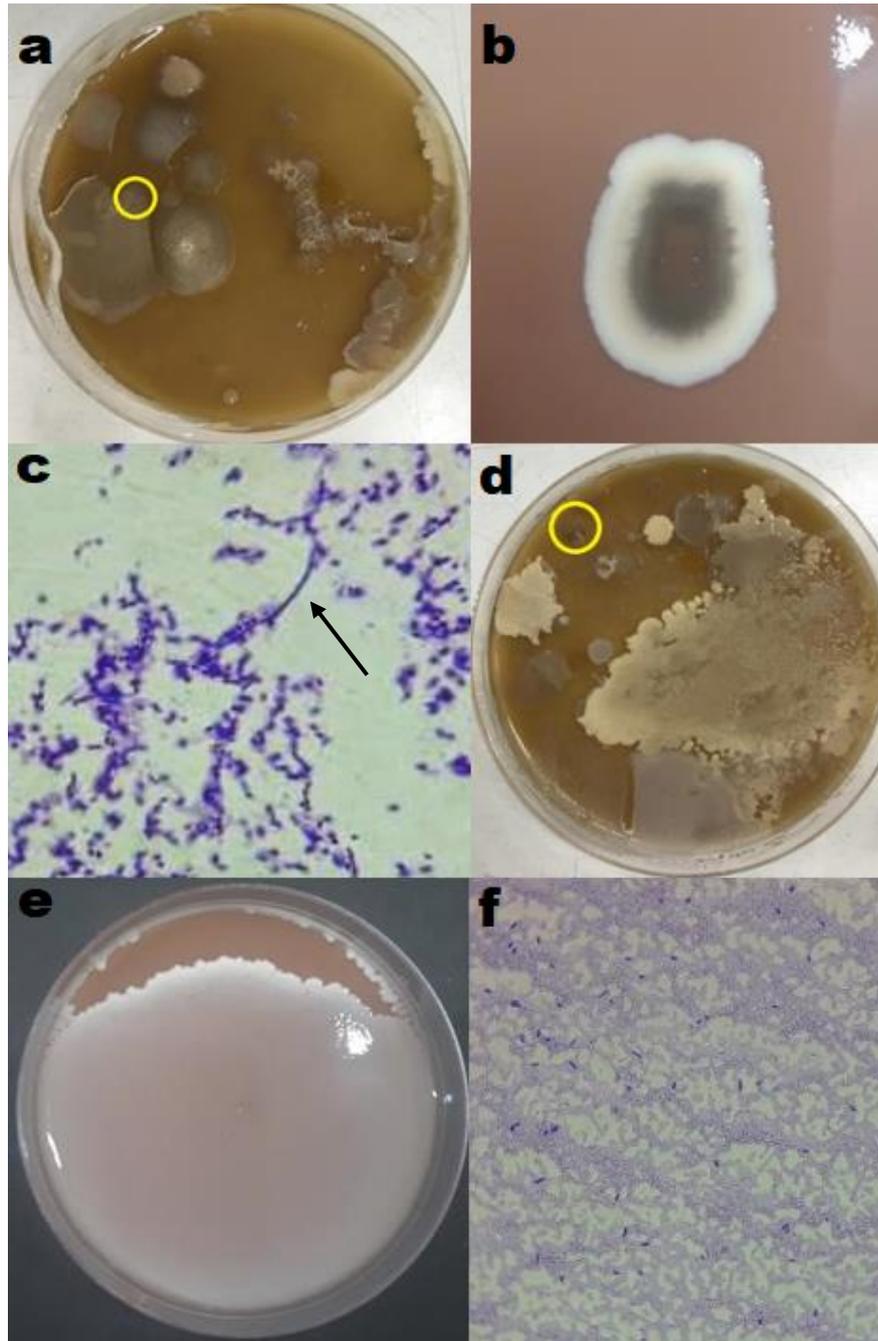


Figura 41.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 43 y 44

Nota: **a.** Cepa n° 43 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 43 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 43, Bacteria Perteneciente al Género *Streptomyces* observado a 100x (Flecha). **d.** Cepa n° 44 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 44 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 44, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

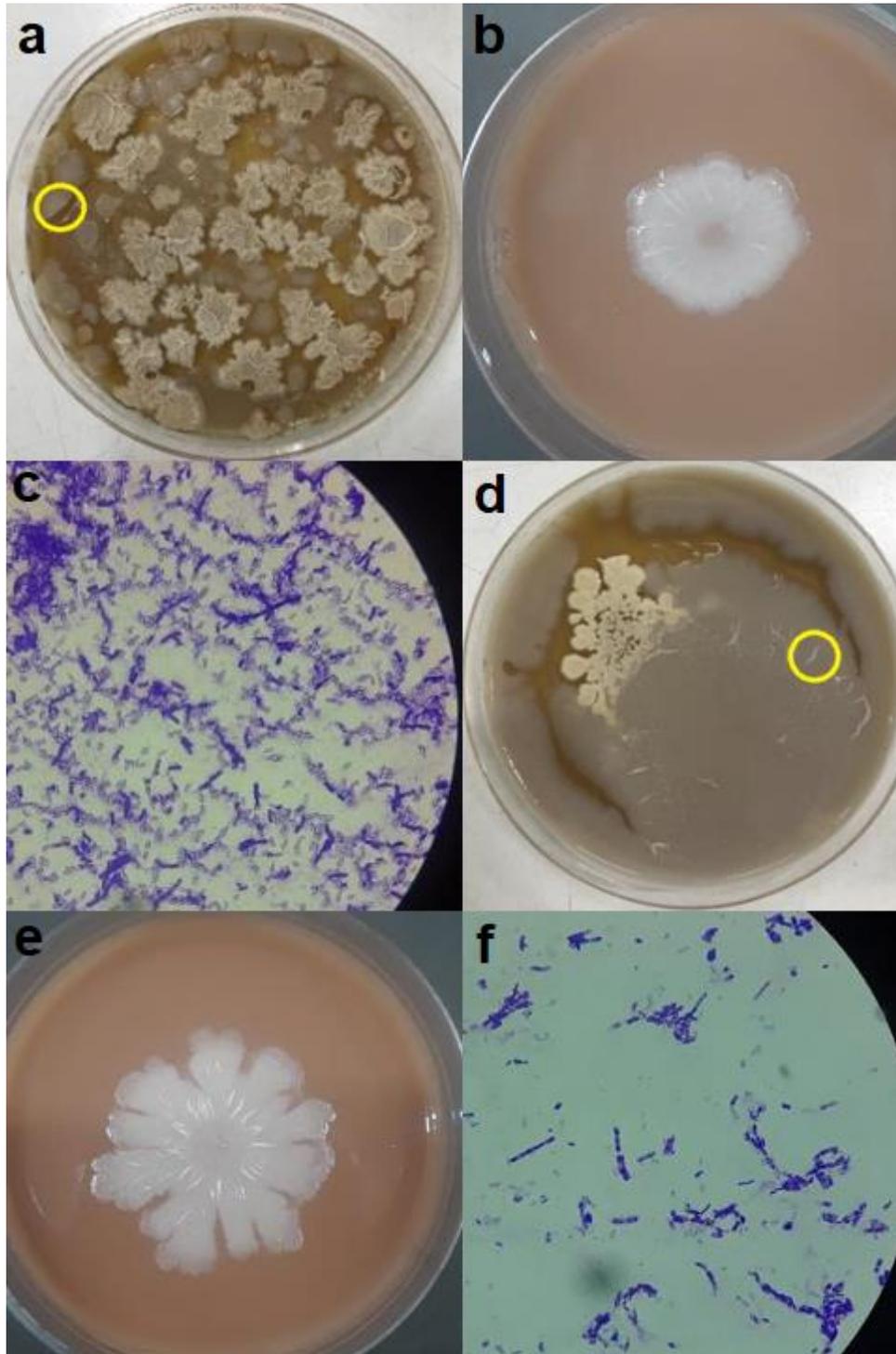


Figura 42.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 45 y 46

Nota: **a.** Cepa n° 45 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 45 en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 45, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 46 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 46 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 46, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

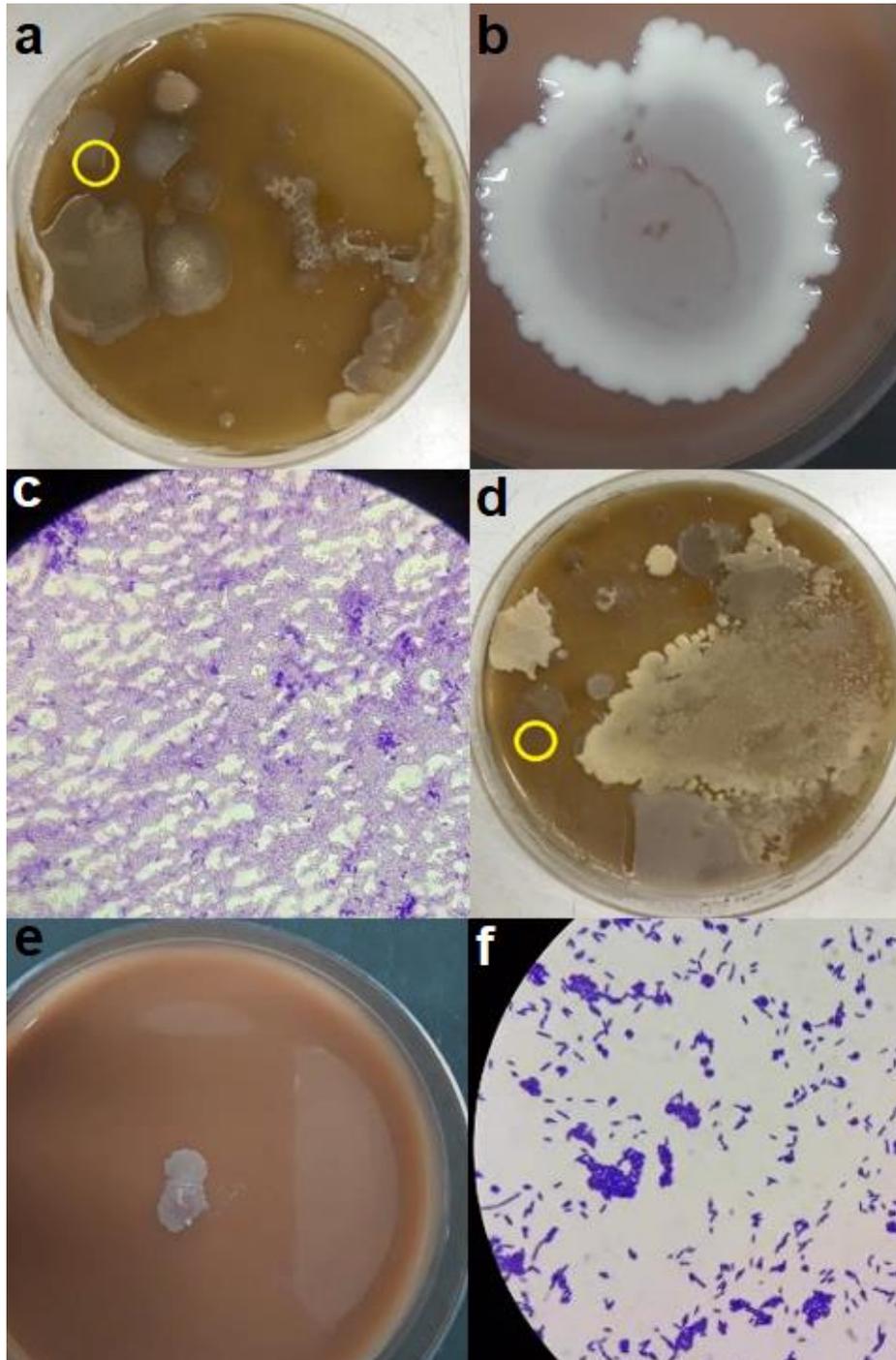


Figura 43.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 47 y 48

Nota: **a.** Cepa n° 47 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 47 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 47, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 48 Aislada de la Dilución 10^{-4} de Agua Destilada y de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 48 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 48, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

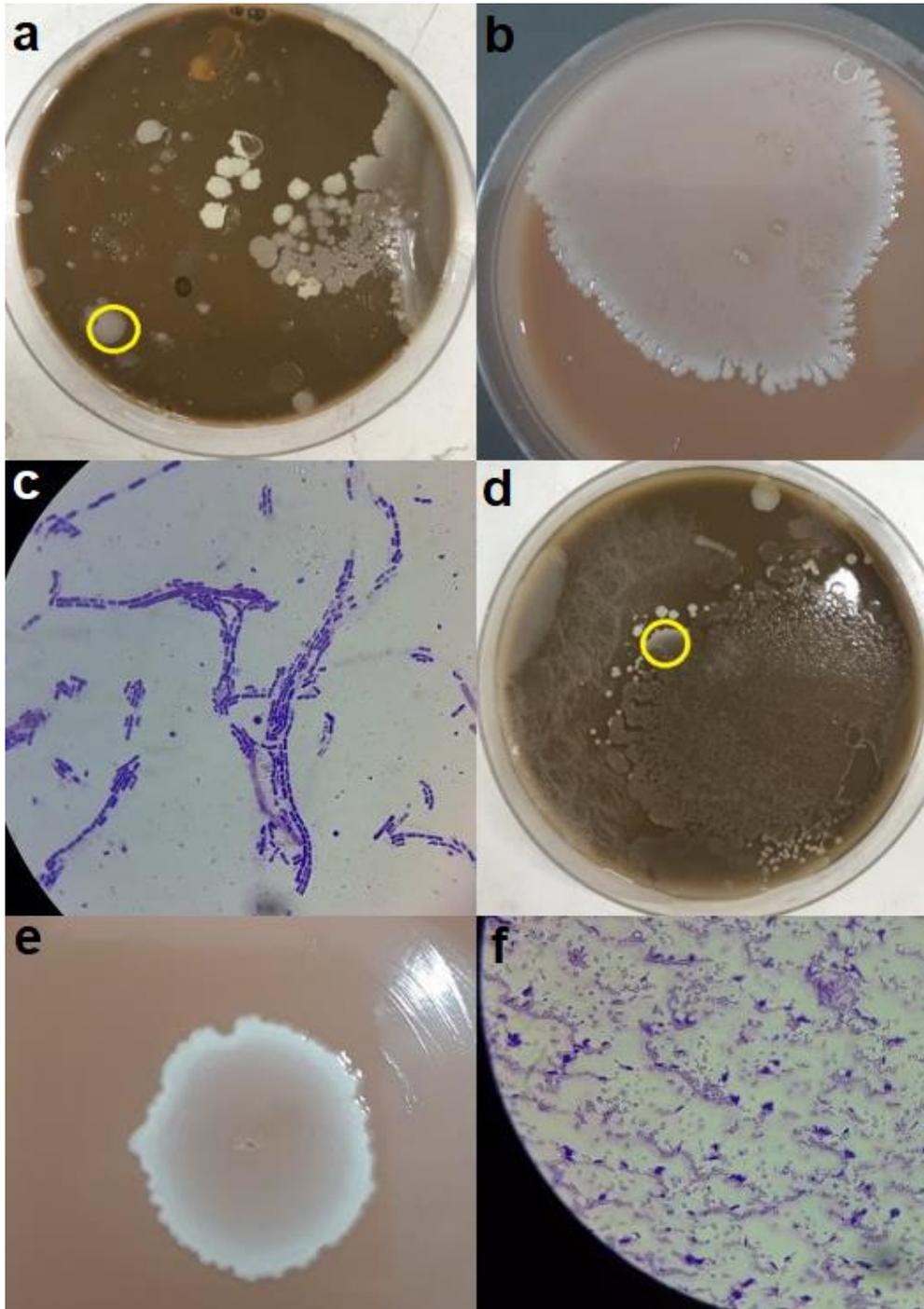


Figura 44.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 49 y 50

Nota: **a.** Cepa n° 49 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 49 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 49, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 50 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 50 Aislada en Agar Tierra **f.** Cepa n° 50, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

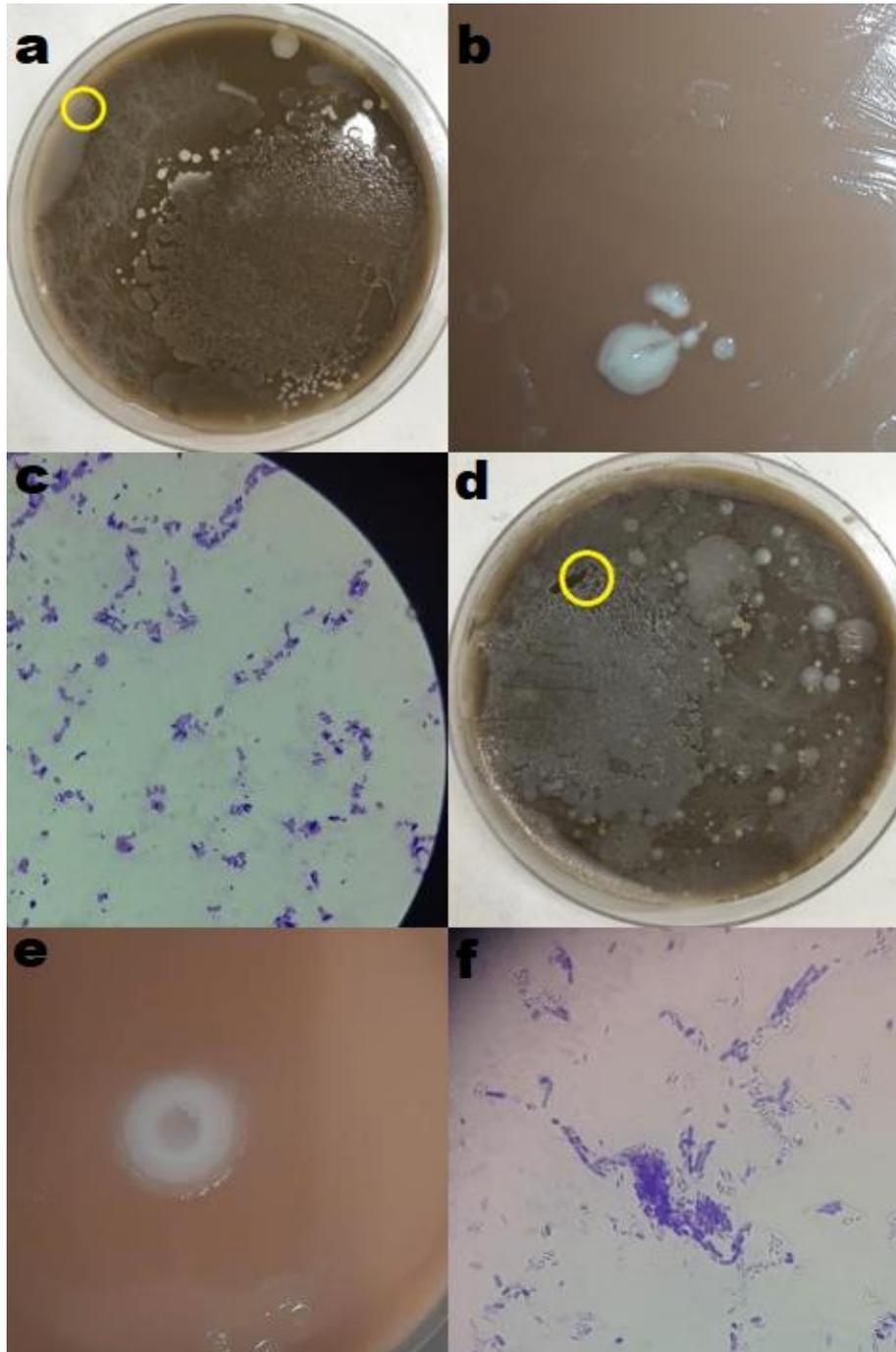


Figura 45.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 51 y 52

Nota: **a.** Cepa n° 51 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 51 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 51, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 52 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 52 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 52, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

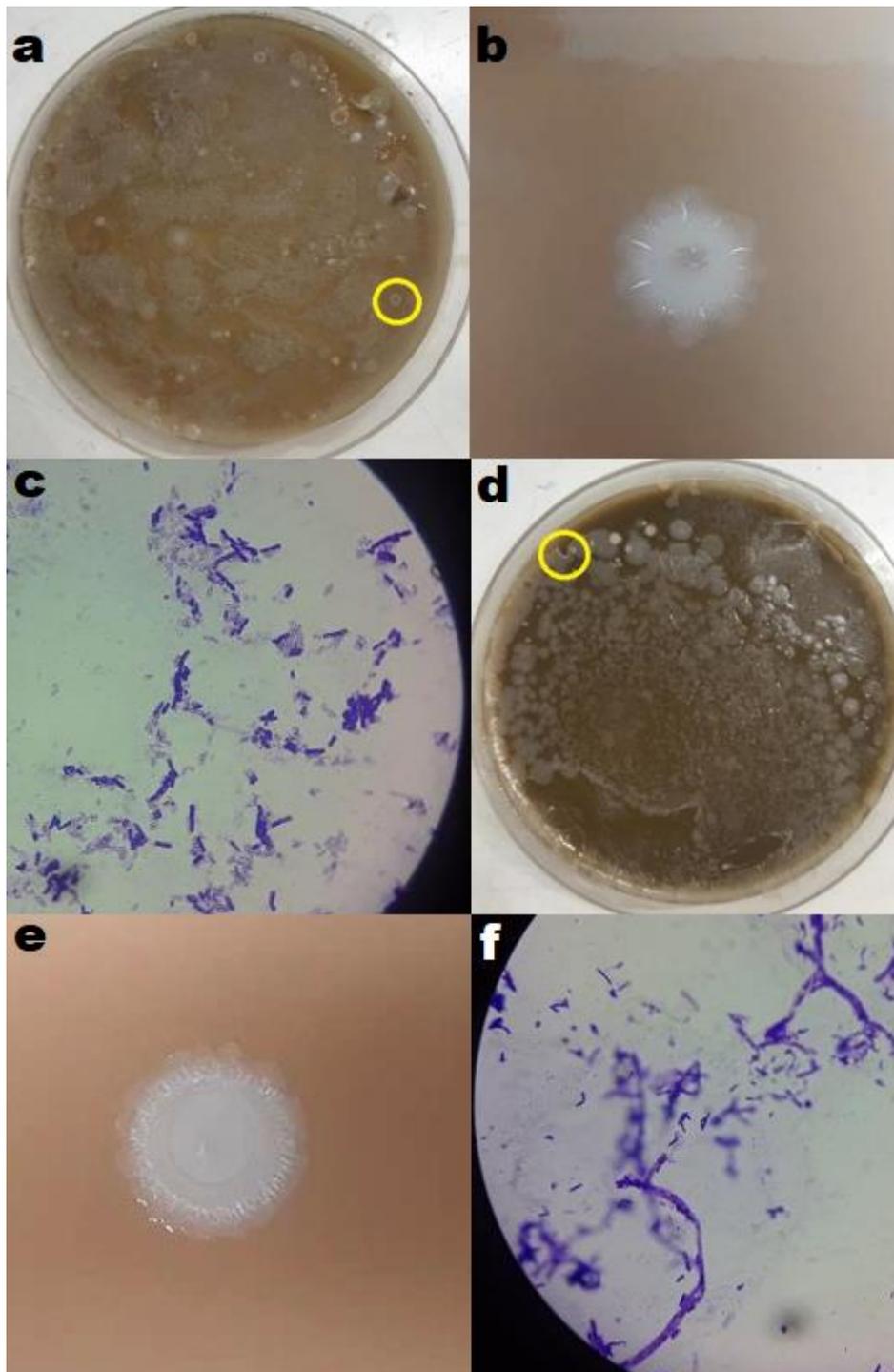


Figura 46.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 53 y 54

Nota: **a.** Cepa n° 53 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 53 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 53, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 54 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 54 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 54, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

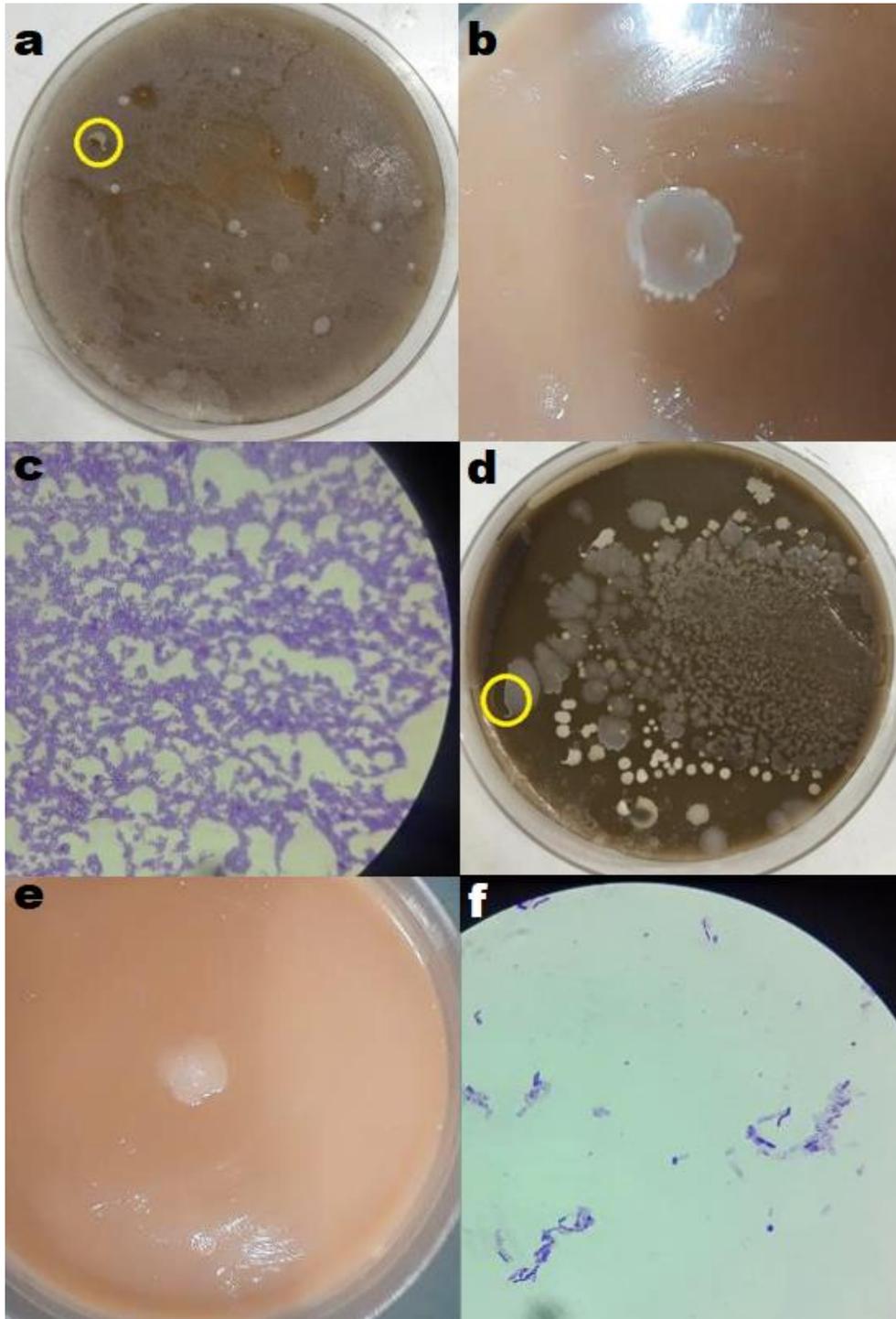


Figura 47.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 55 y 56

Nota: **a.** Cepa n° 55 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 55 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 55, Esporas de *Bacillus* sp. observada a 100x. **d.** Cepa n° 56 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 56 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 56, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

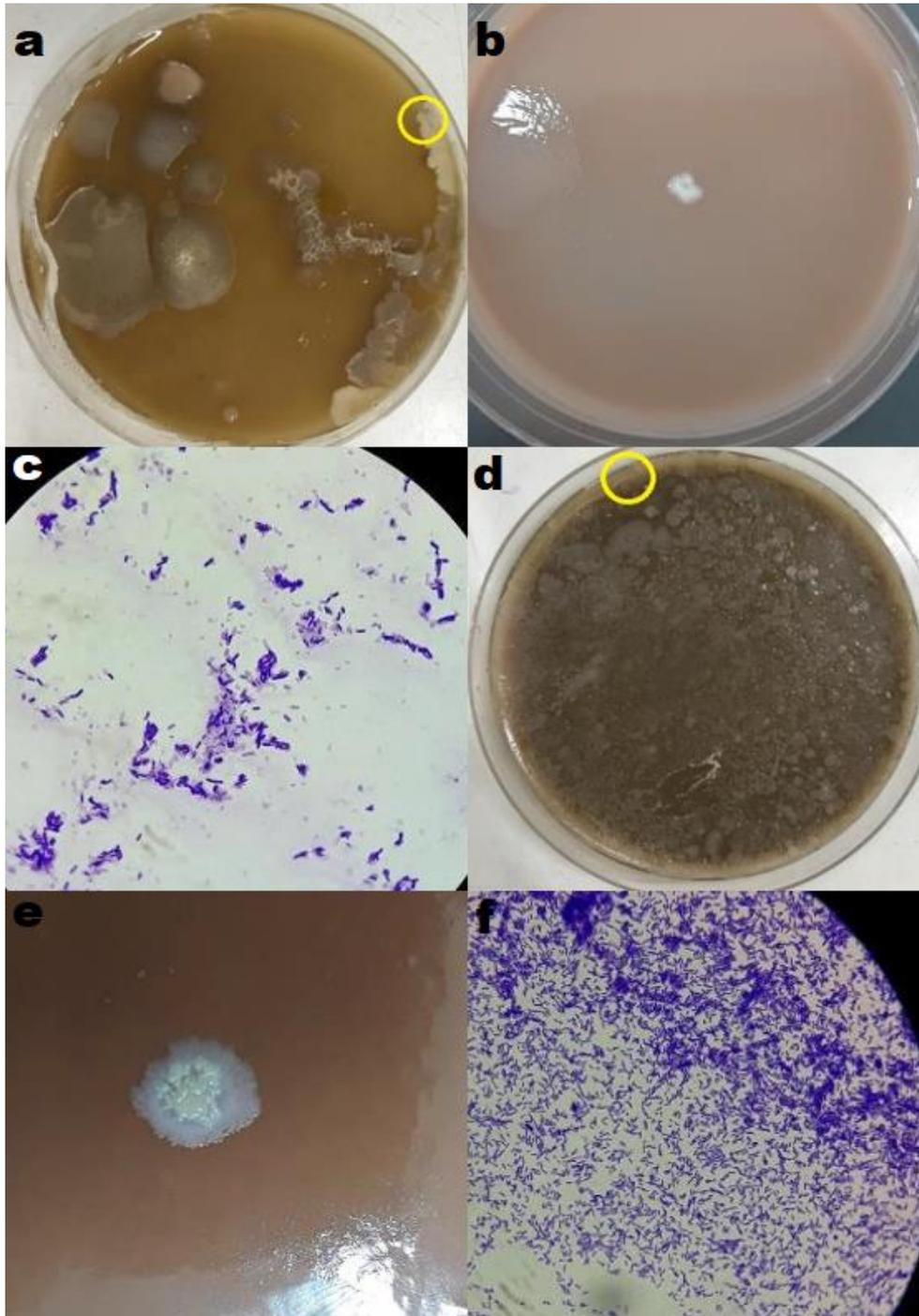


Figura 48.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 57 y 58

Nota: **a.** Cepa n° 57 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 1 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 57 Aislada Agar Tierra. **c.** Cepa n° 57, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 58 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 58 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 58, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

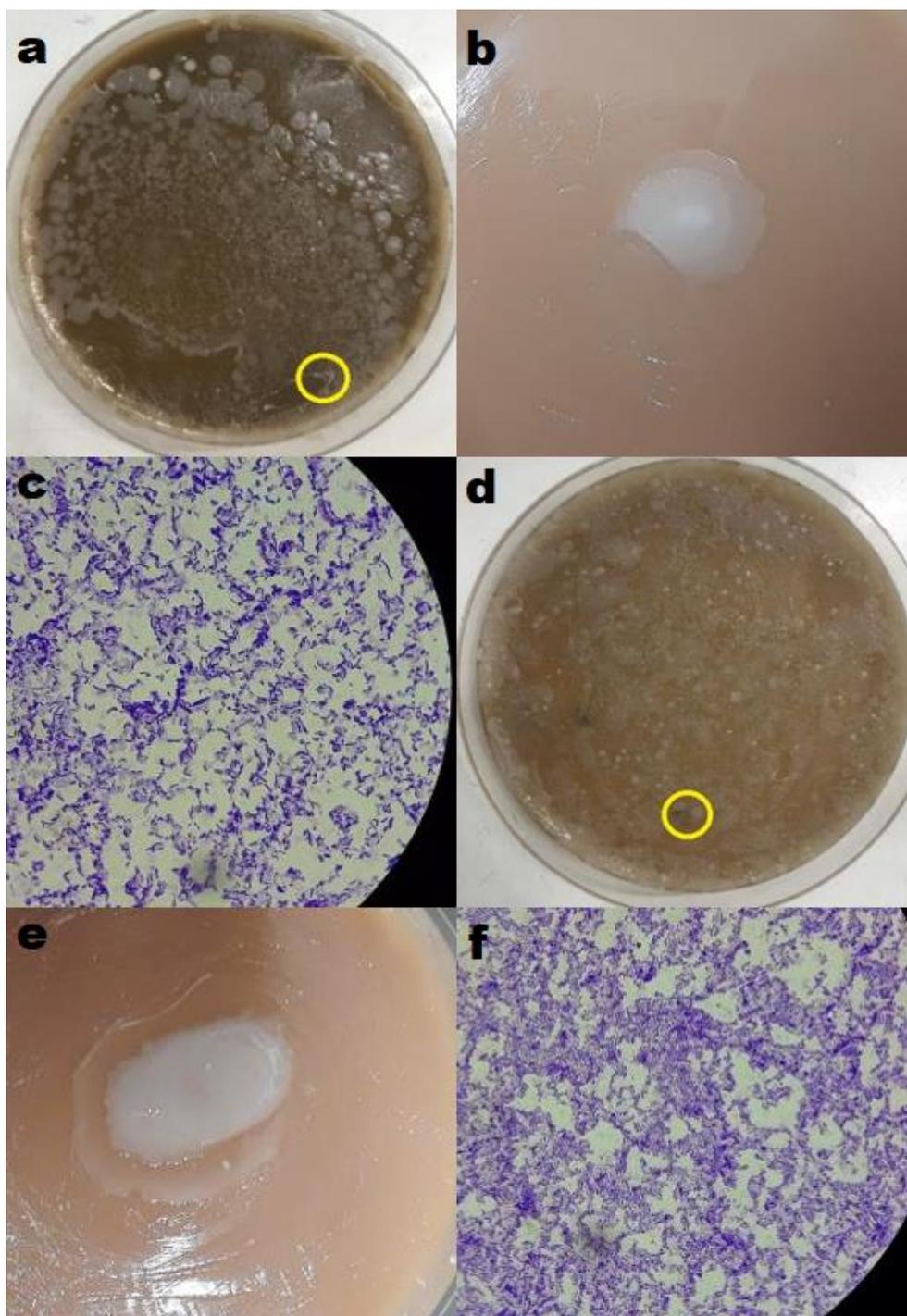


Figura 49.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 59 y 60

Nota: **a.** Cepa n° 59 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 59 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 59, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 60 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 60 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 60, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

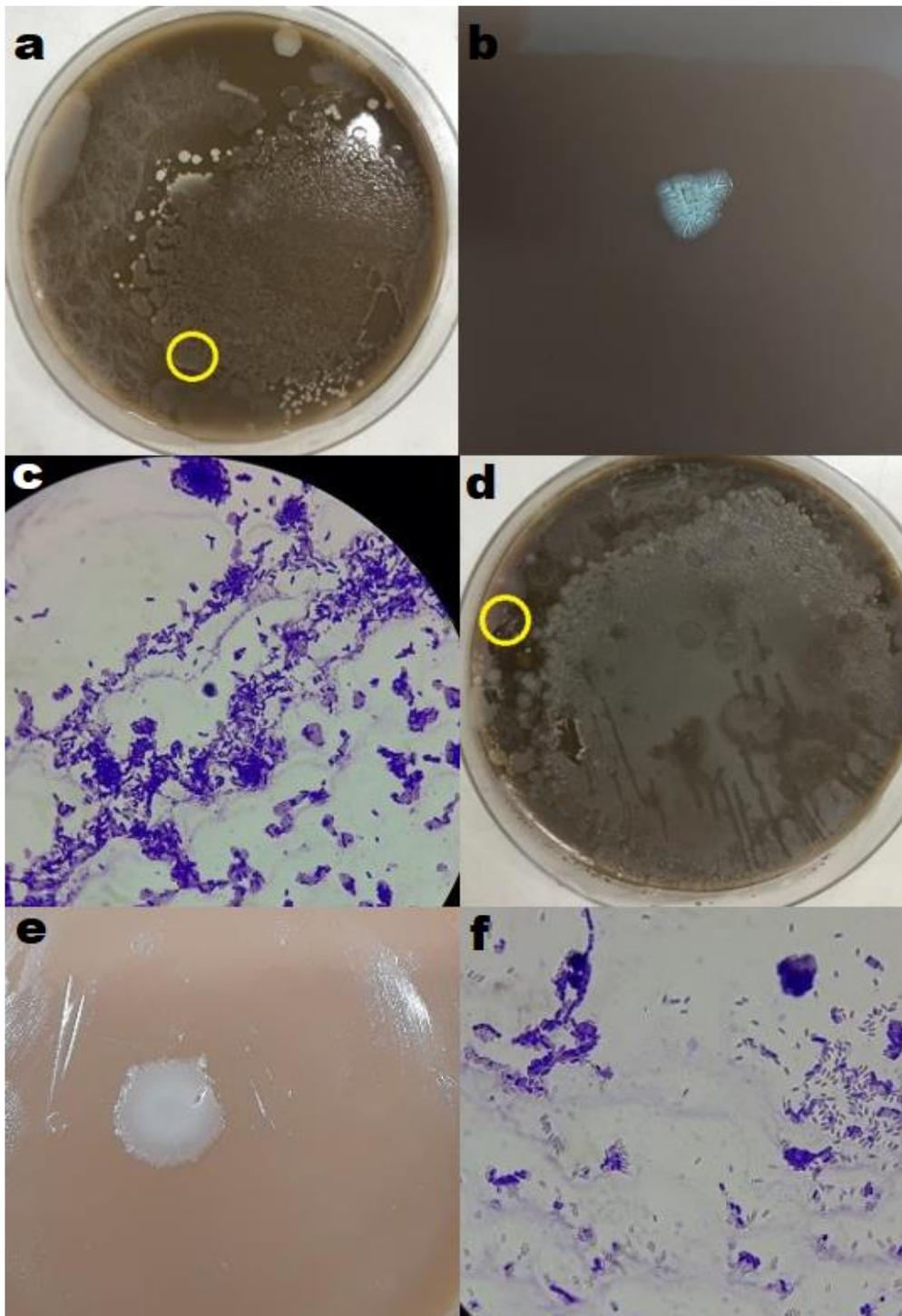


Figura 50.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 61 y 62

Nota: **a.** Cepa n° 61 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 61 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 61, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 62 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 62 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 62, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

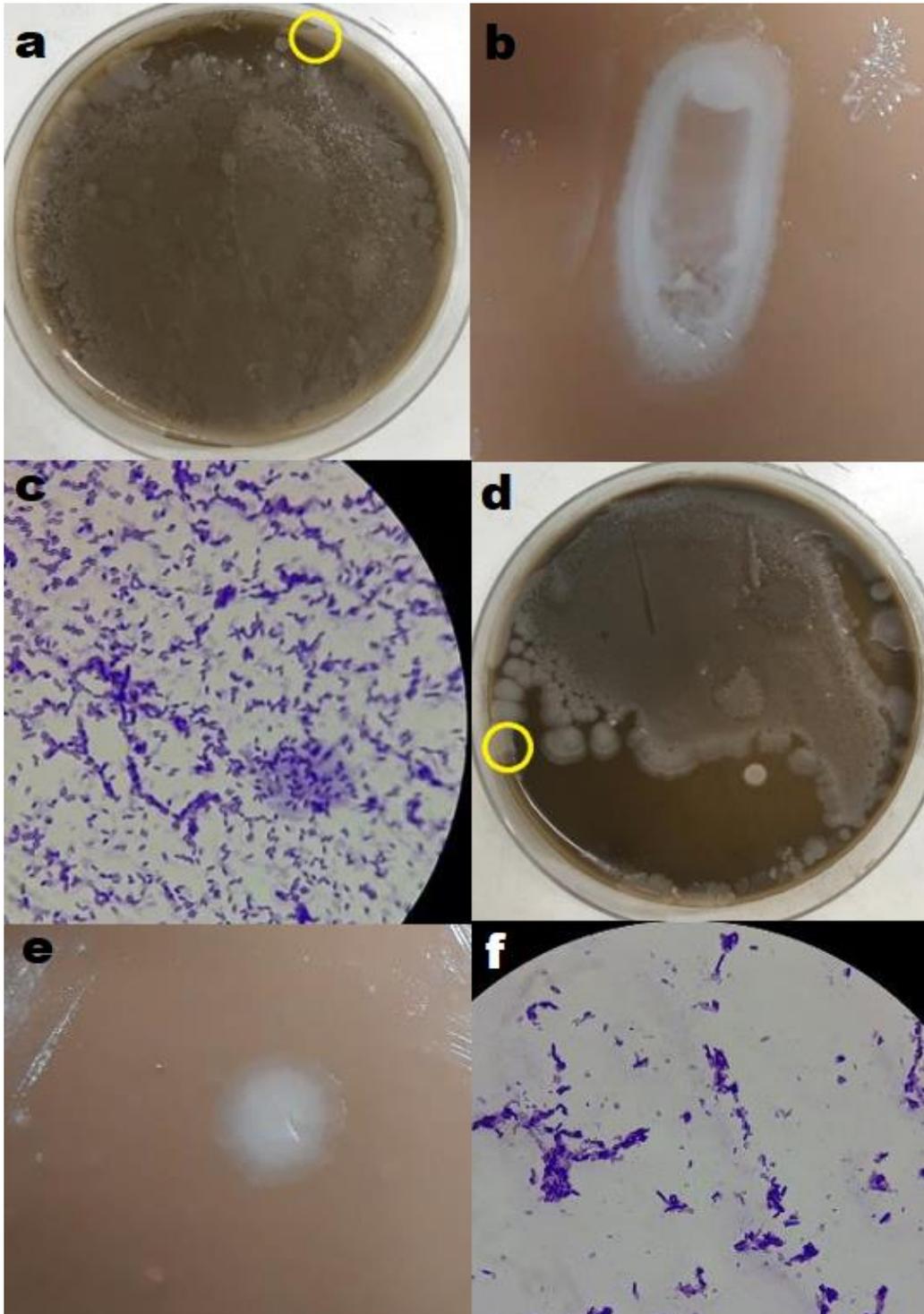


Figura 51.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 63 y 64

Nota: **a.** Cepa n° 63 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 63 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 63, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 64 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 64 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 64, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

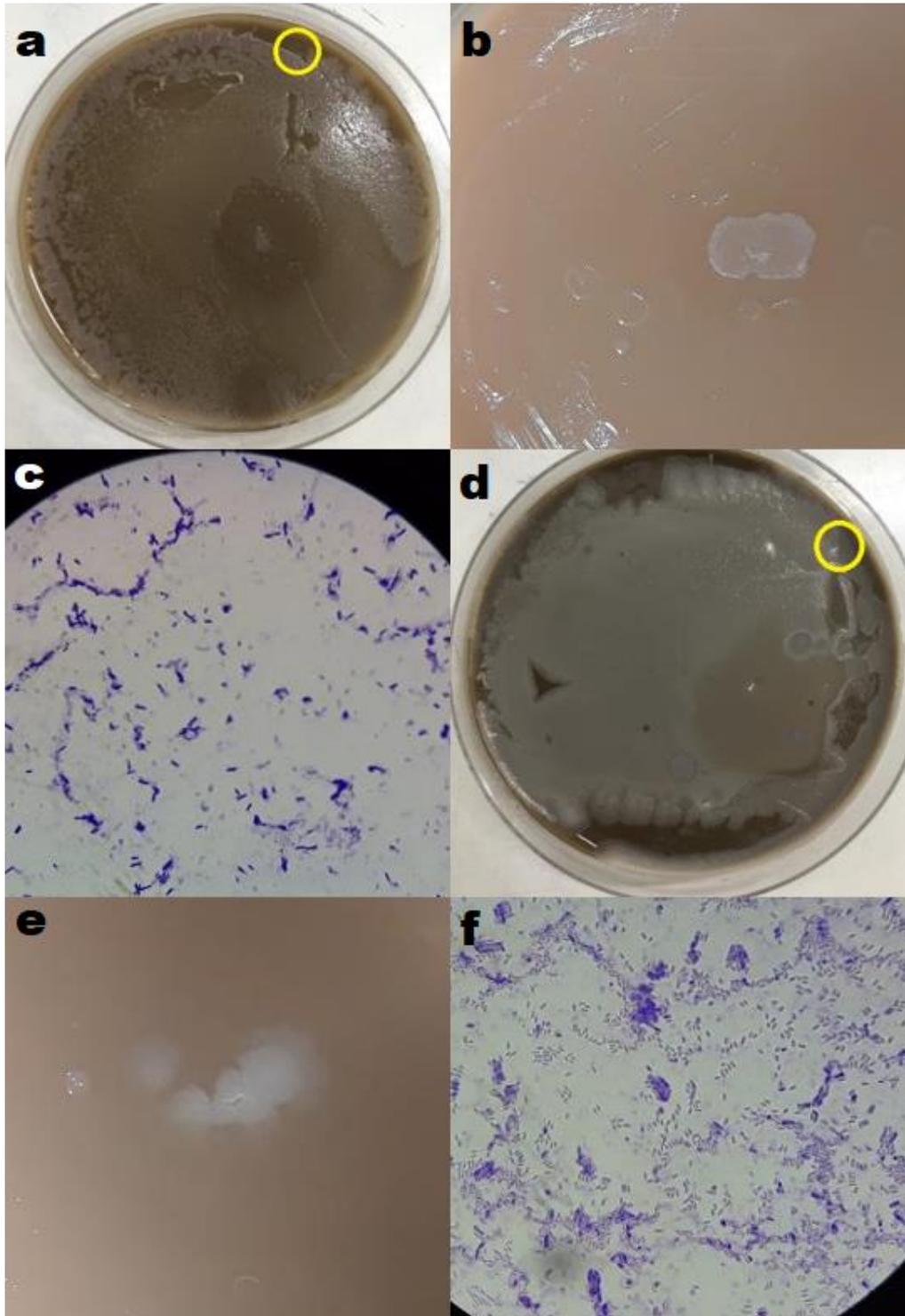


Figura 52.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 65 y 66

Nota: **a.** Cepa n° 65 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 65 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 65, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 66 Aislada de la Dilución 10^{-5} de Agua Destilada y de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 66 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 66, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

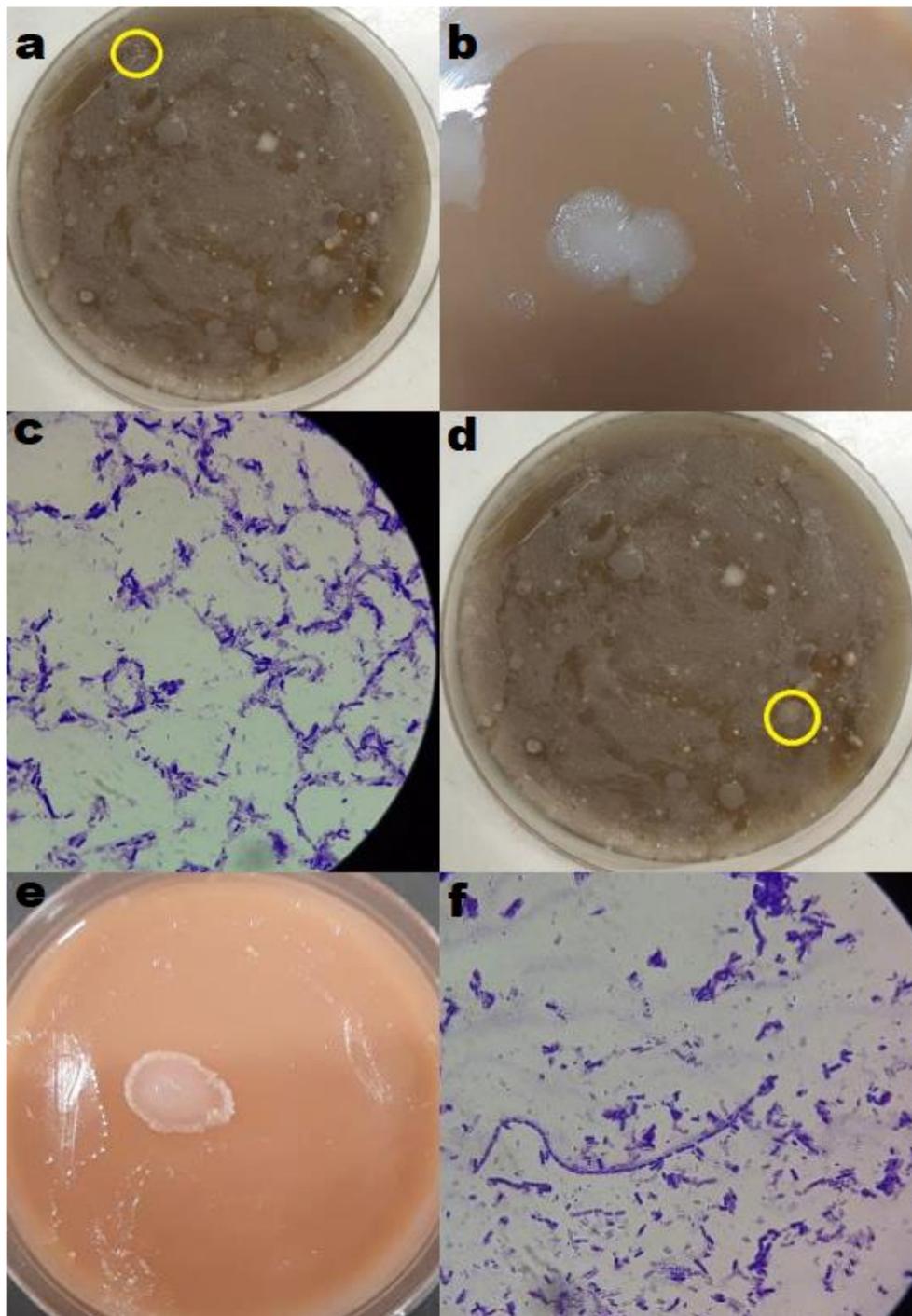


Figura 53.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 67 y 68

Nota: **a.** Cepa n° 67 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 67 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 67, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 68 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 68 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 68, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

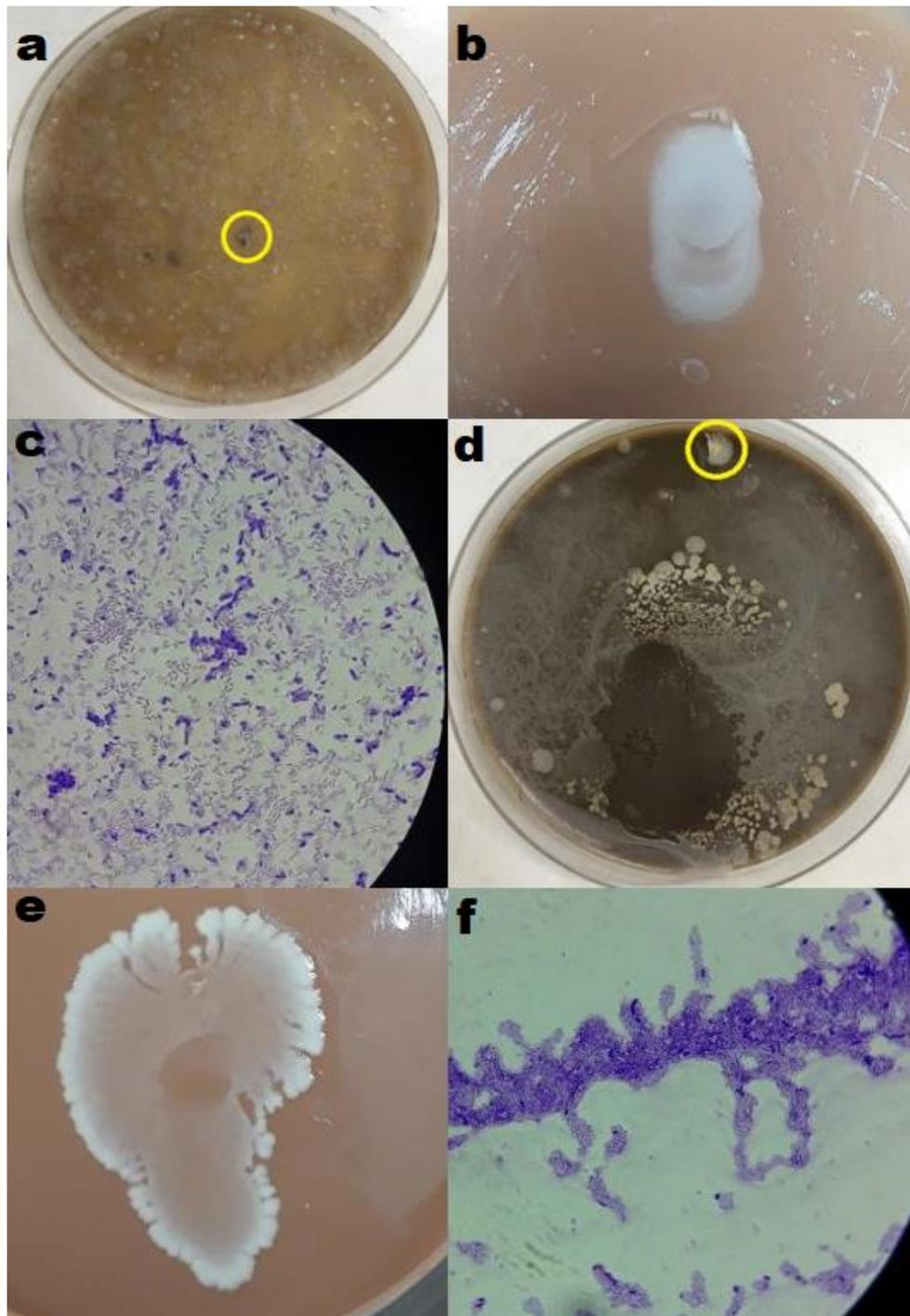


Figura 54.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 69 y 70

Nota: **a.** Cepa n° 69 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 69 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 69, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 70 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 70 Aislada Agar Tierra. **f.** Cepa n° 70, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

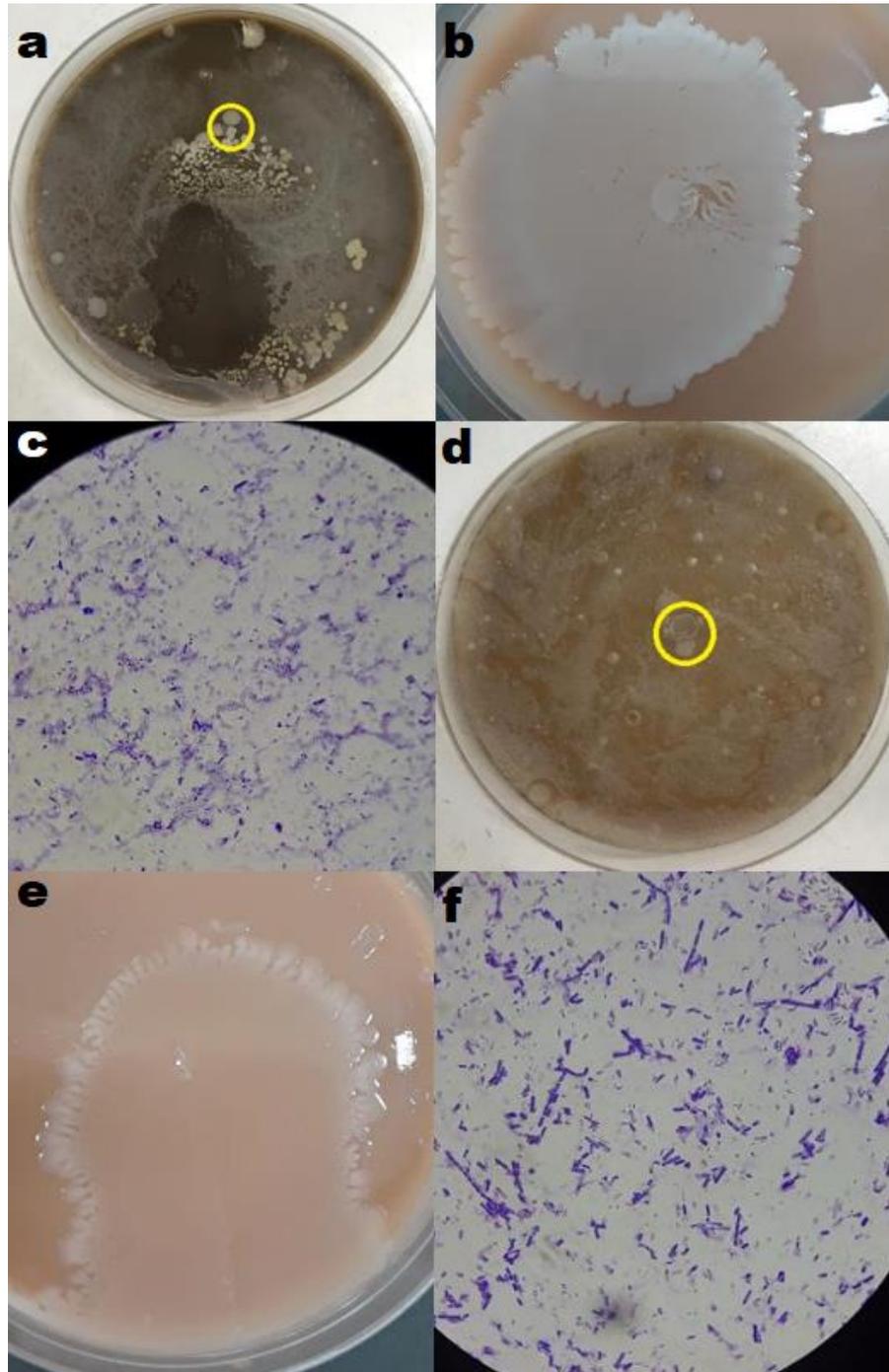


Figura 55.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 71 y 72

Nota: **a.** Cepa n° 71 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 2 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 71 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 71, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 72 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 72 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 72, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

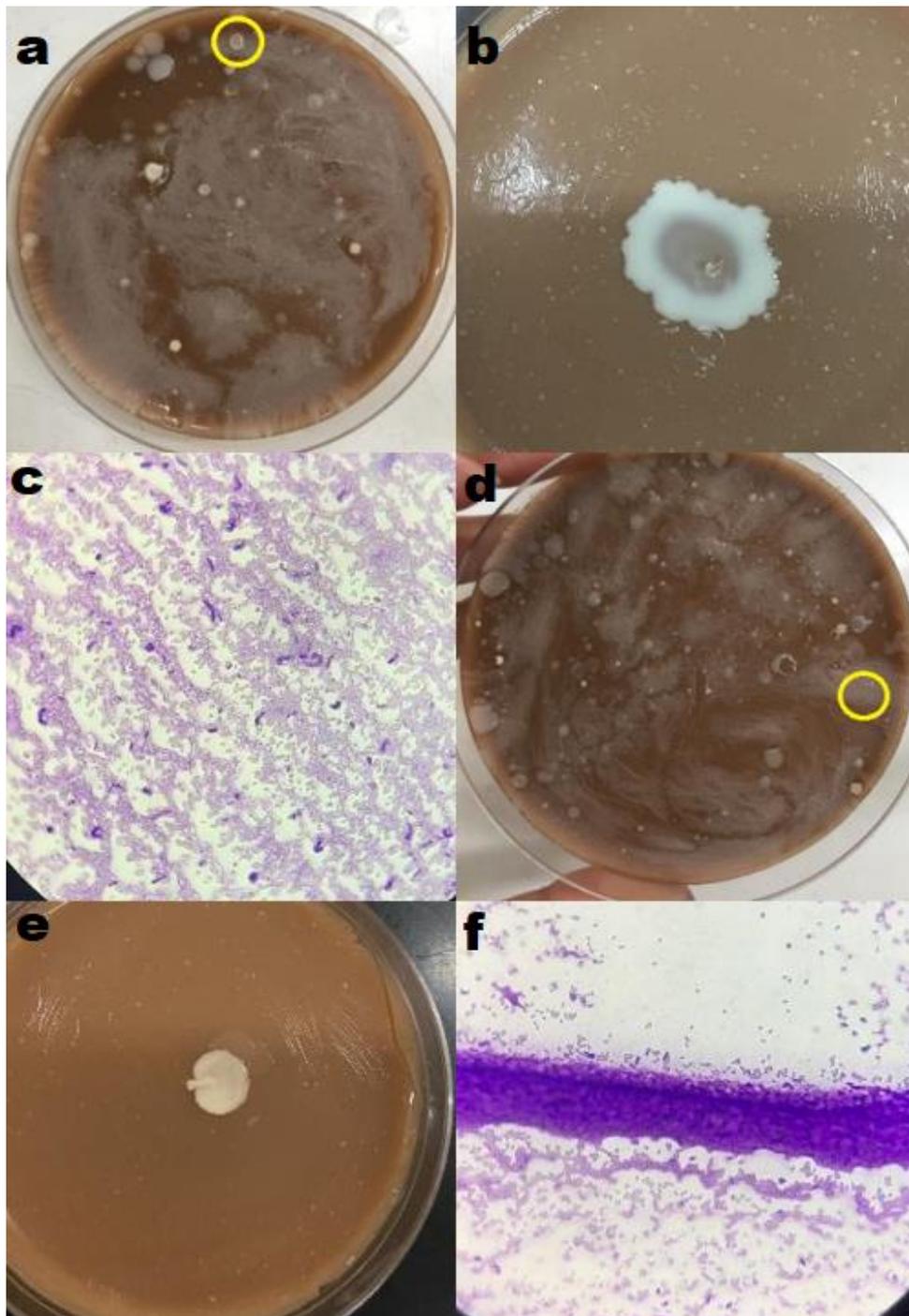


Figura 56.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 73 y 74

Nota: **a.** Cepa n° 73 de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 73 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 74, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 75 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 74 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 74, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

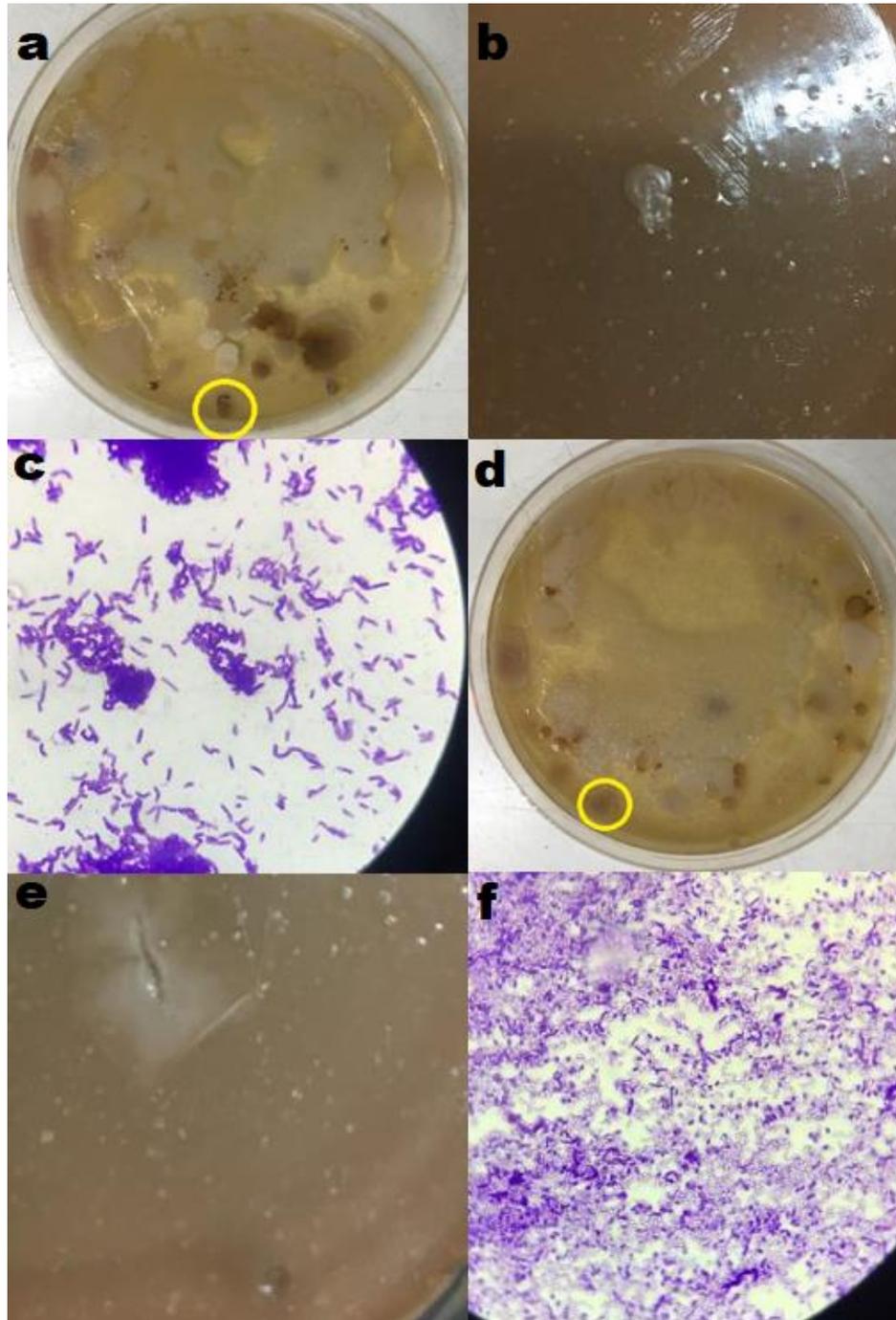


Figura 57.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 75 y 76

Nota: **a.** Cepa n° 75 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 4 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 75 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 75, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 76 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 4 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 76 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 76, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

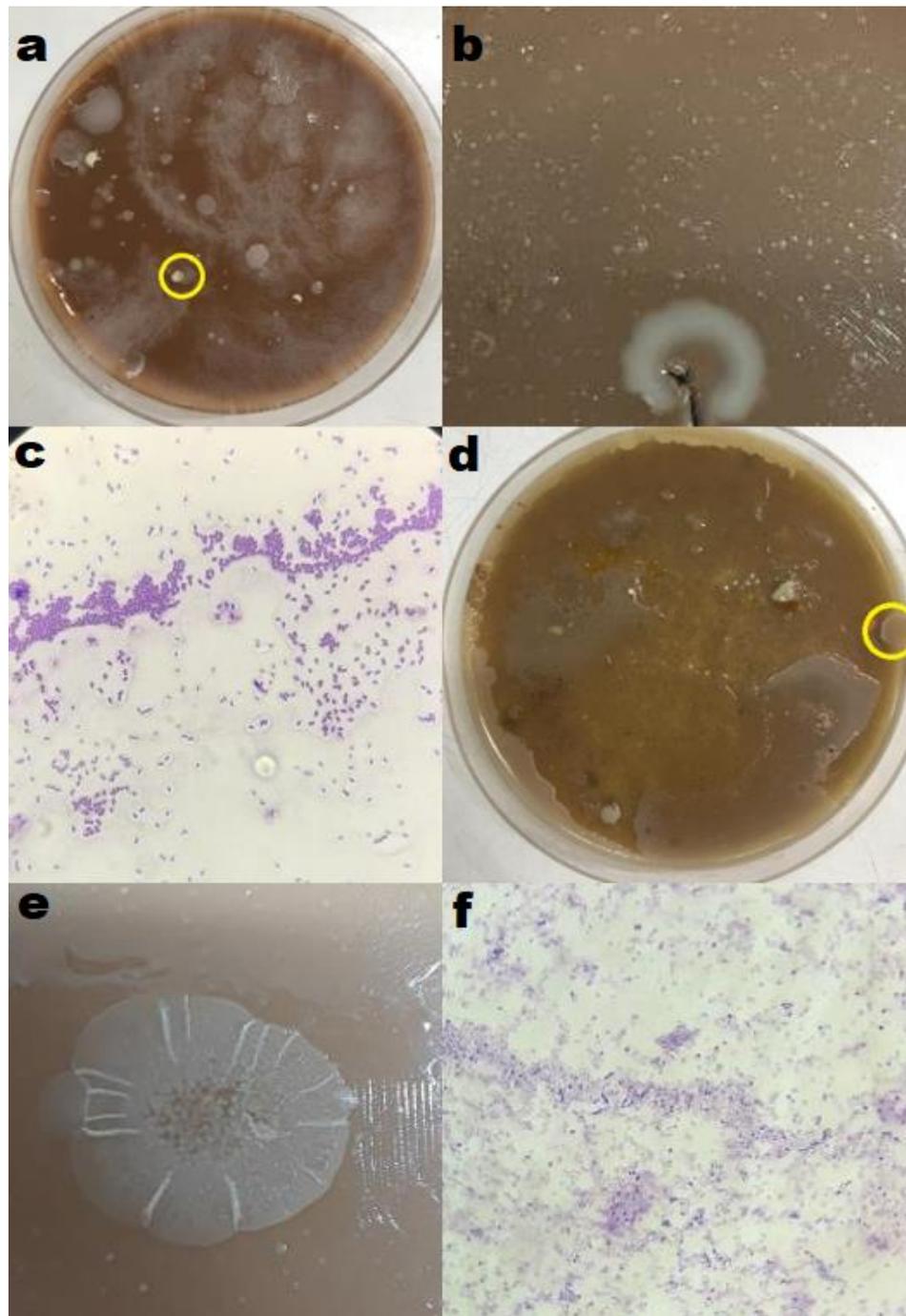


Figura 58.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 77 y 78

Nota: **a.** Cepa n° 77 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 77 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 77, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 78 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 4 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 78 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 79, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

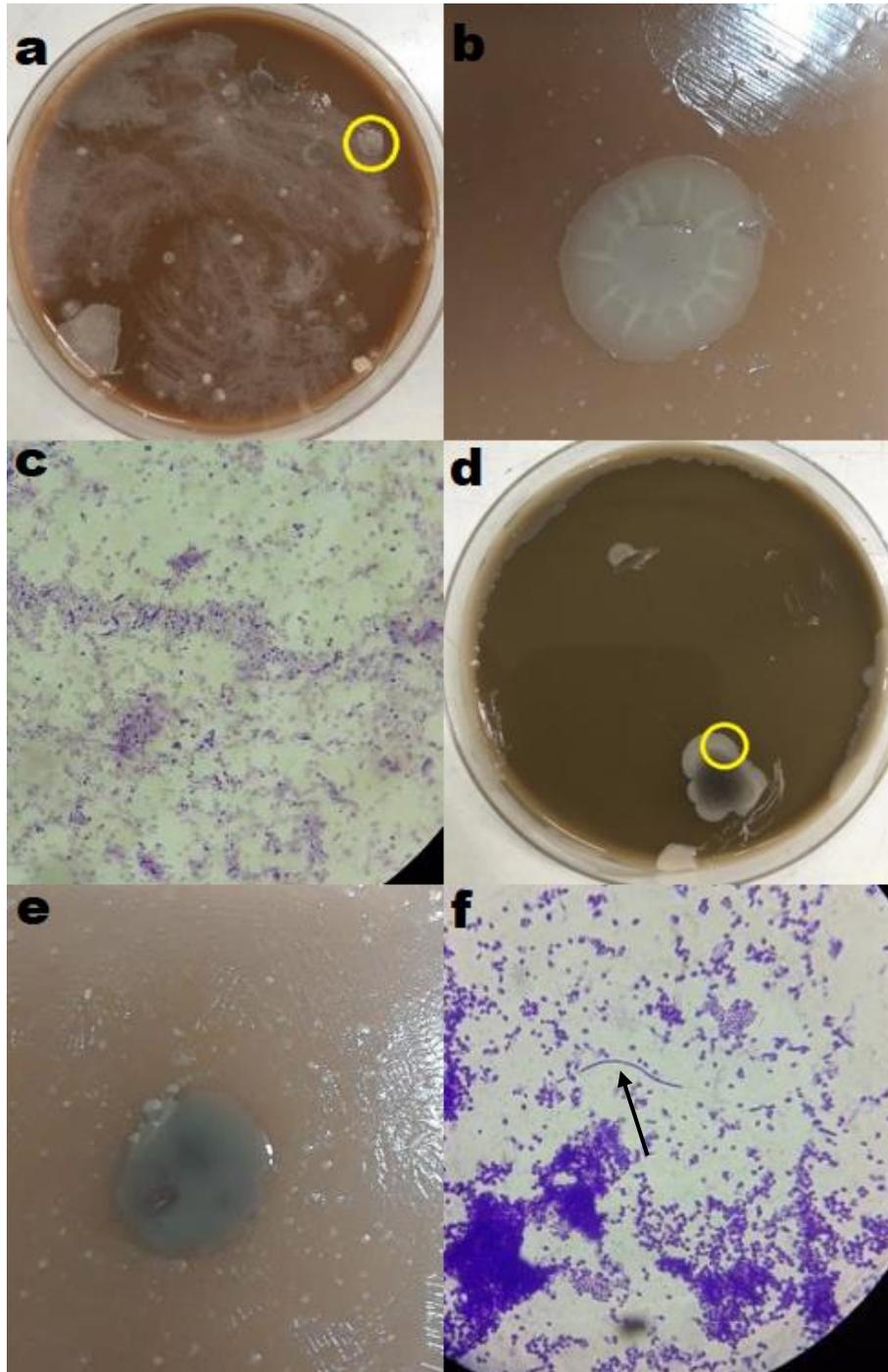


Figura 59.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 79 y 80

Nota: **a.** Cepa n° 79 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 79 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 79, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 80 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 4 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 80 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 80, Bacteria Perteneiente al Género *Streptomyces* observado a 100x (Flecha).

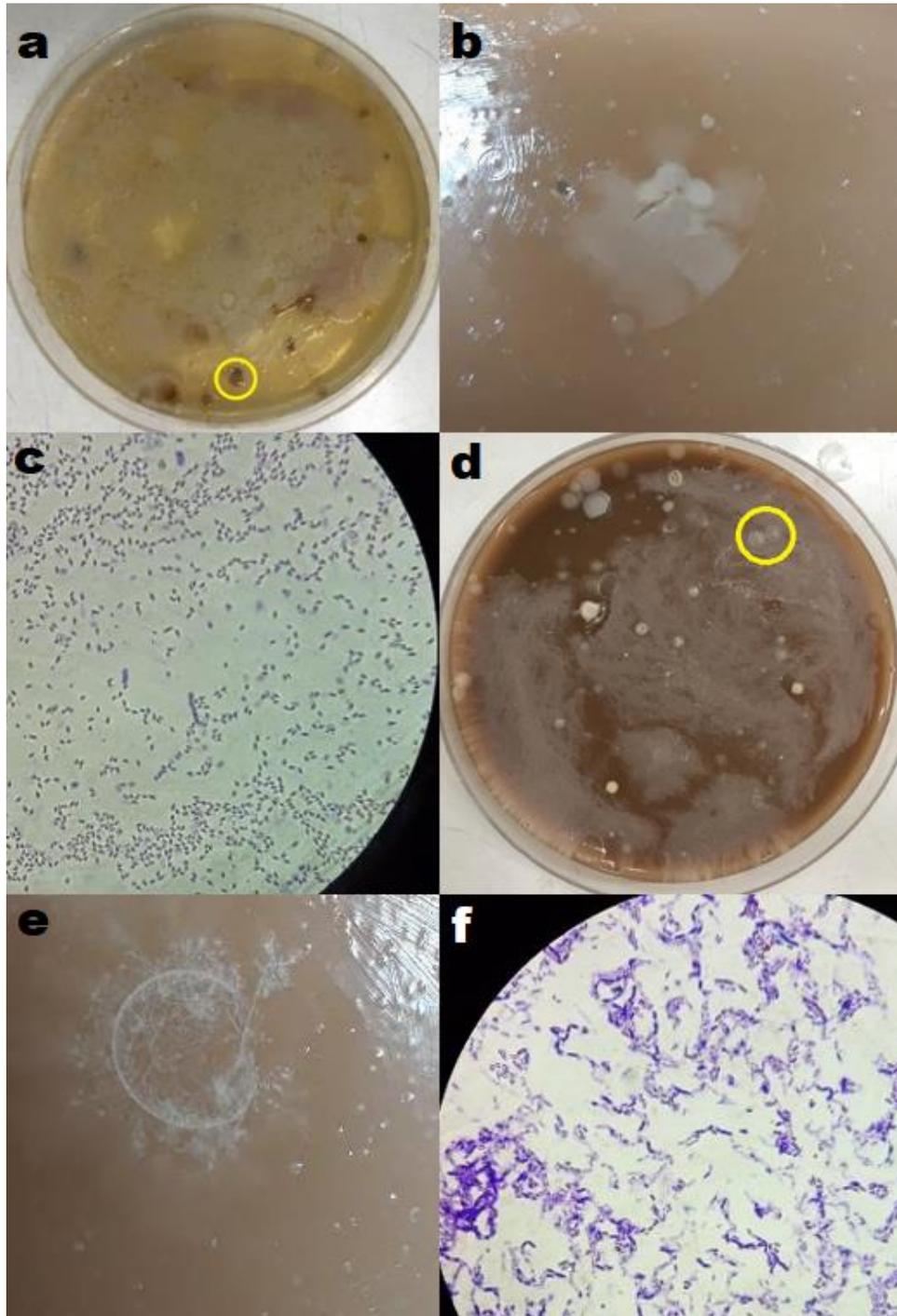


Figura 60.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 81 y 82

Nota: **a.** Cepa n° 81 Aislada de la Dilución 10^{-3} de Agua Destilada y de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 4 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 81 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 81, Esporas de *Bacillus* sp observadas a 100x. **d.** Cepa n° 82 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 82 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 82, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

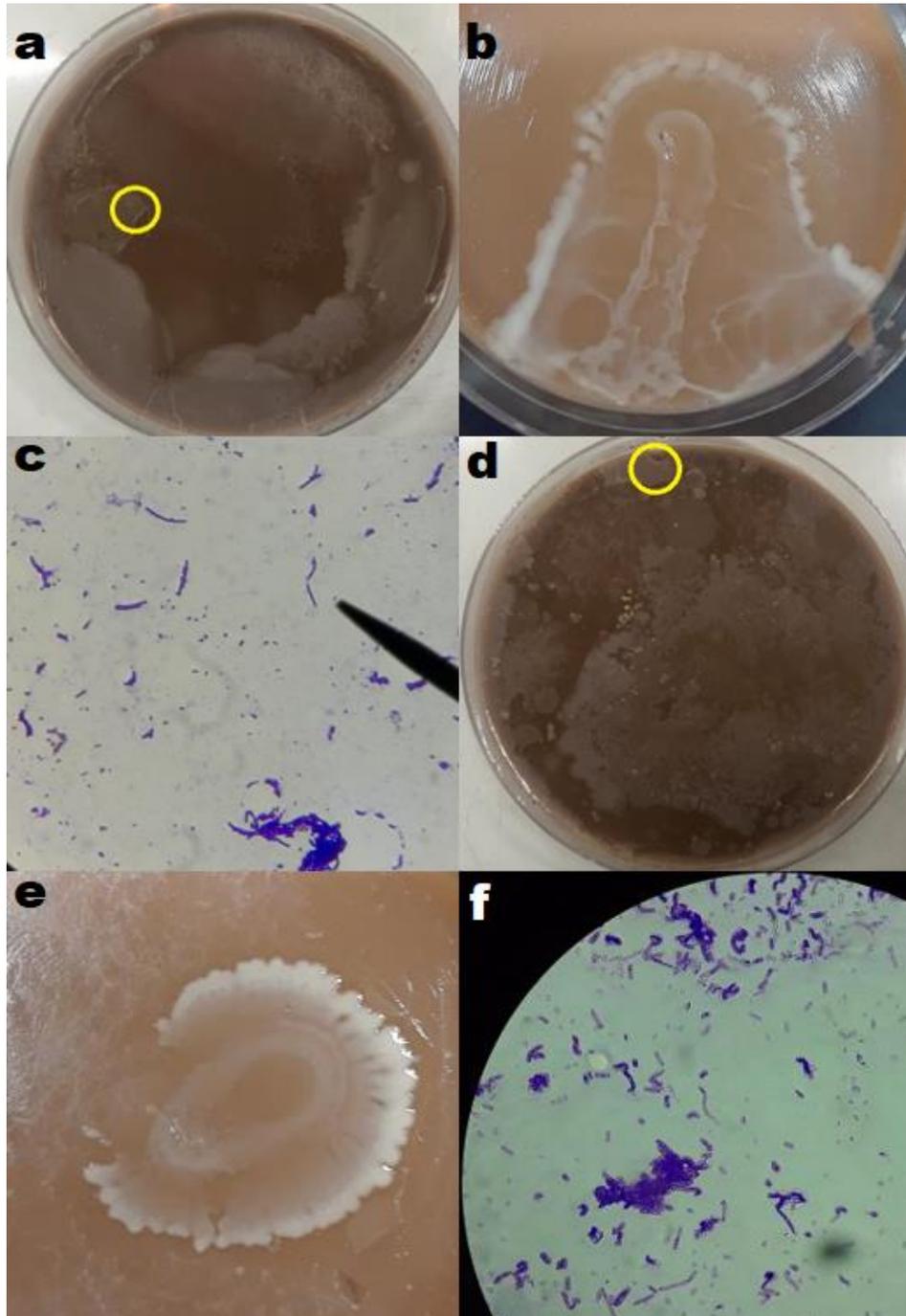


Figura 61.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 83 y 84

Nota: **a.** Cepa n° 83 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 83 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 83, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 84 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 84 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 84, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

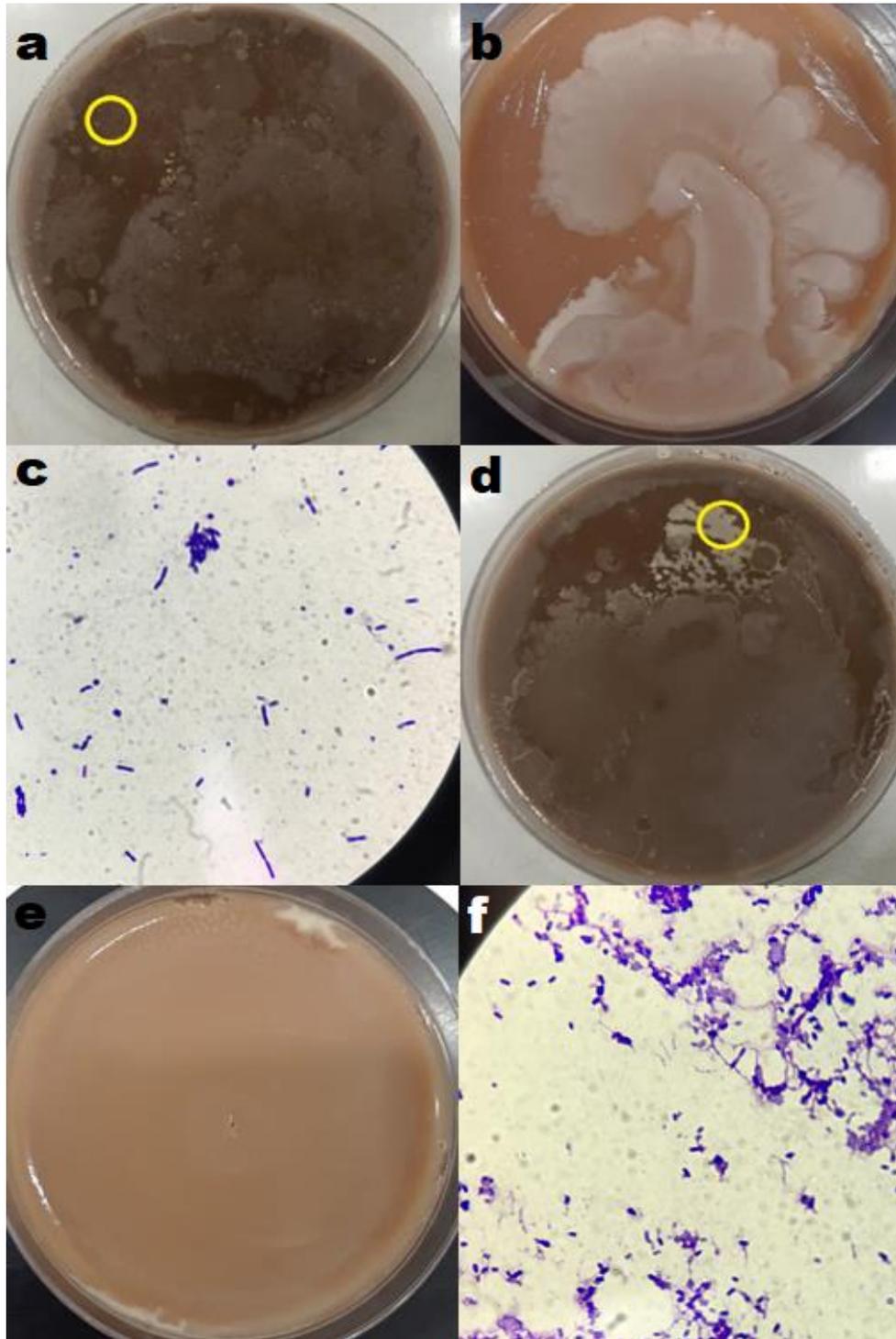


Figura 62.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 85 y 86

Nota: **a.** Cepa n° 85 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 85 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 85, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 86 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 86 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 86, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

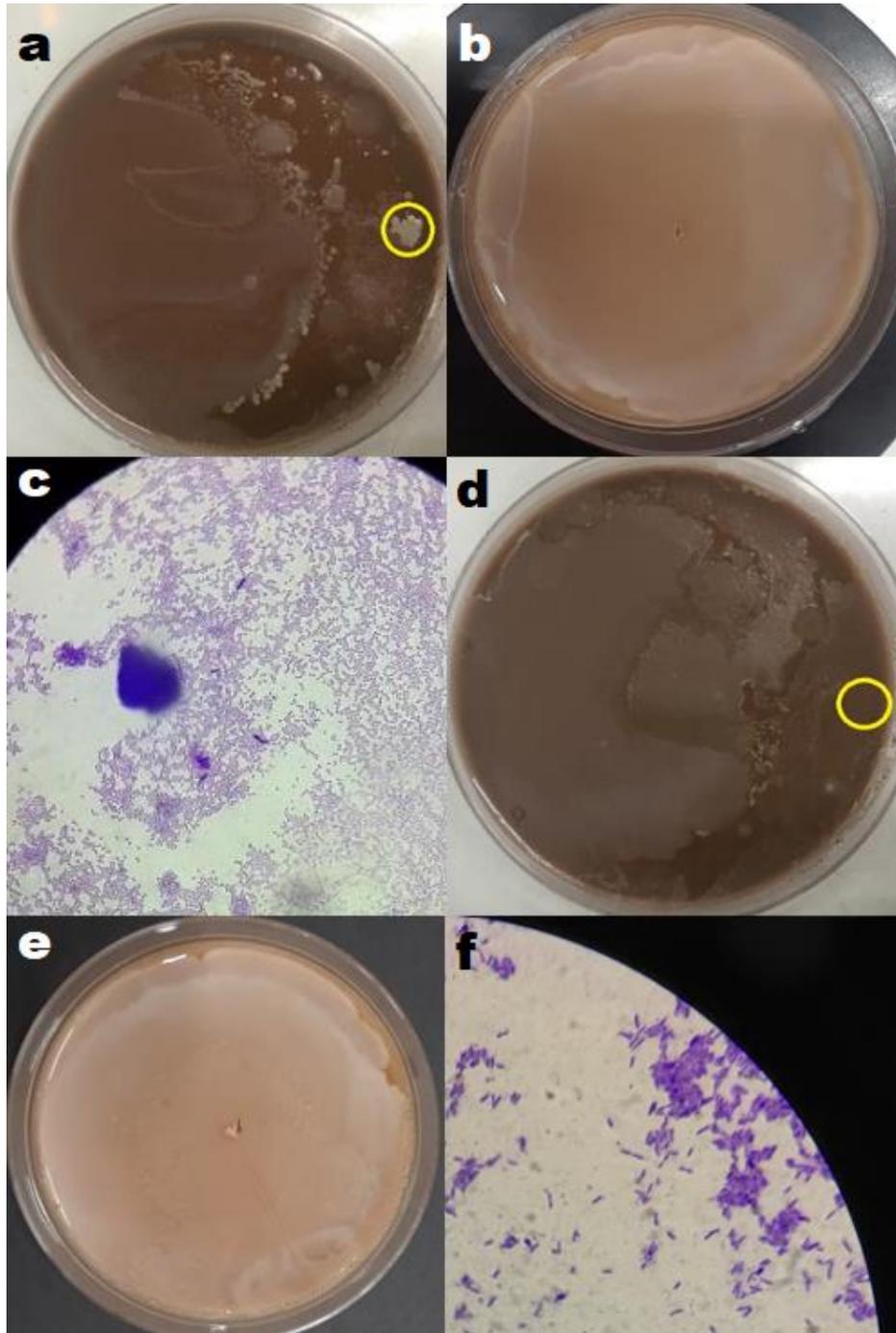


Figura 63.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 87 y 88

Nota: **a.** Cepa n° 87 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 87 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 87, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 88 Aislada de la Dilución 10^{-4} de Agua Destilada y de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 88 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 88, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

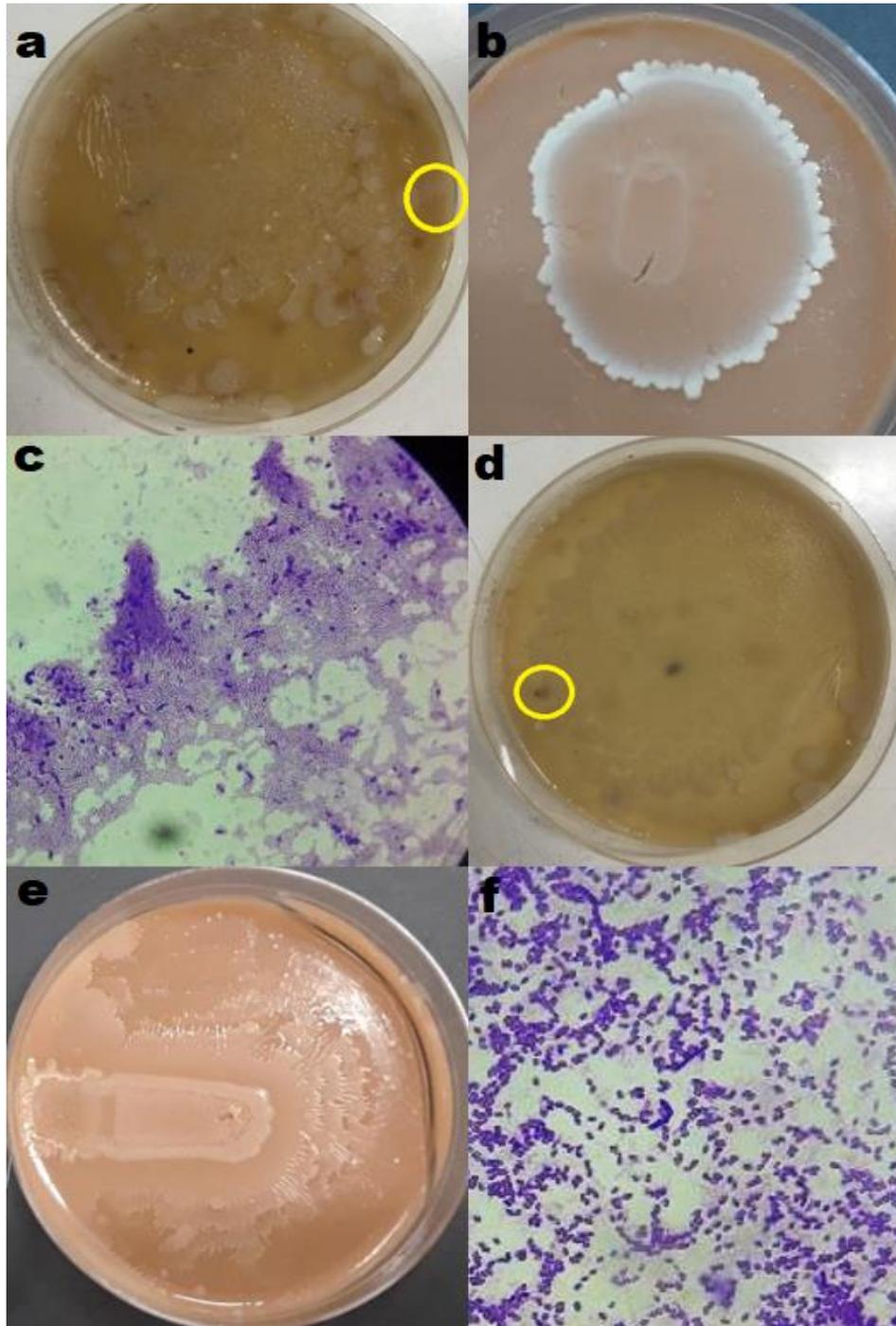


Figura 64.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 89 y 90

Nota: **a.** Cepa n° 89 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 5 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 89 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 89, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 90 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 5 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 90 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 90, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

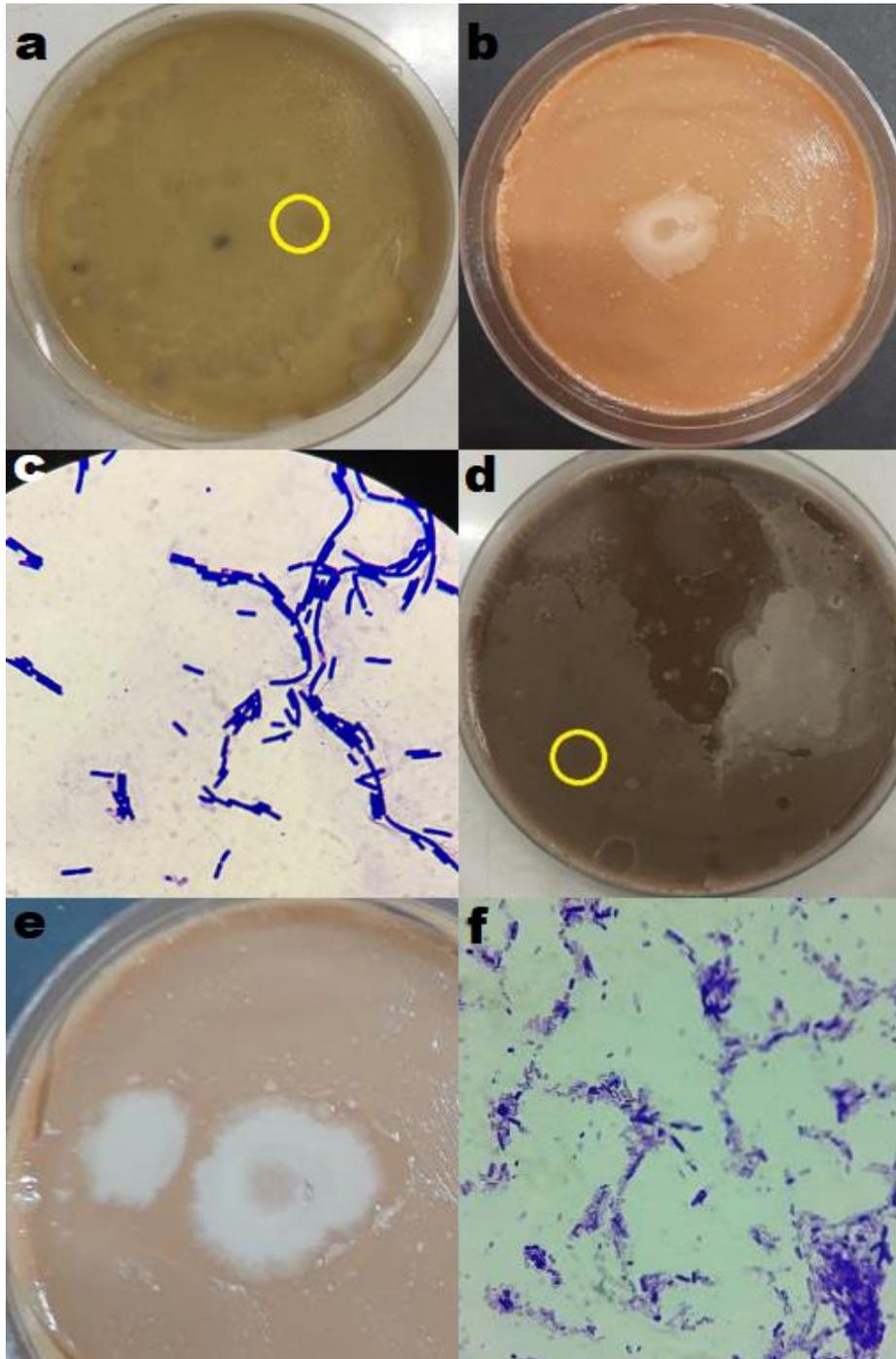


Figura 65.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 91 y 92

Nota: **a.** Cepa n° 91 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 5 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 91 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 91, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 92 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 92 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 92, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

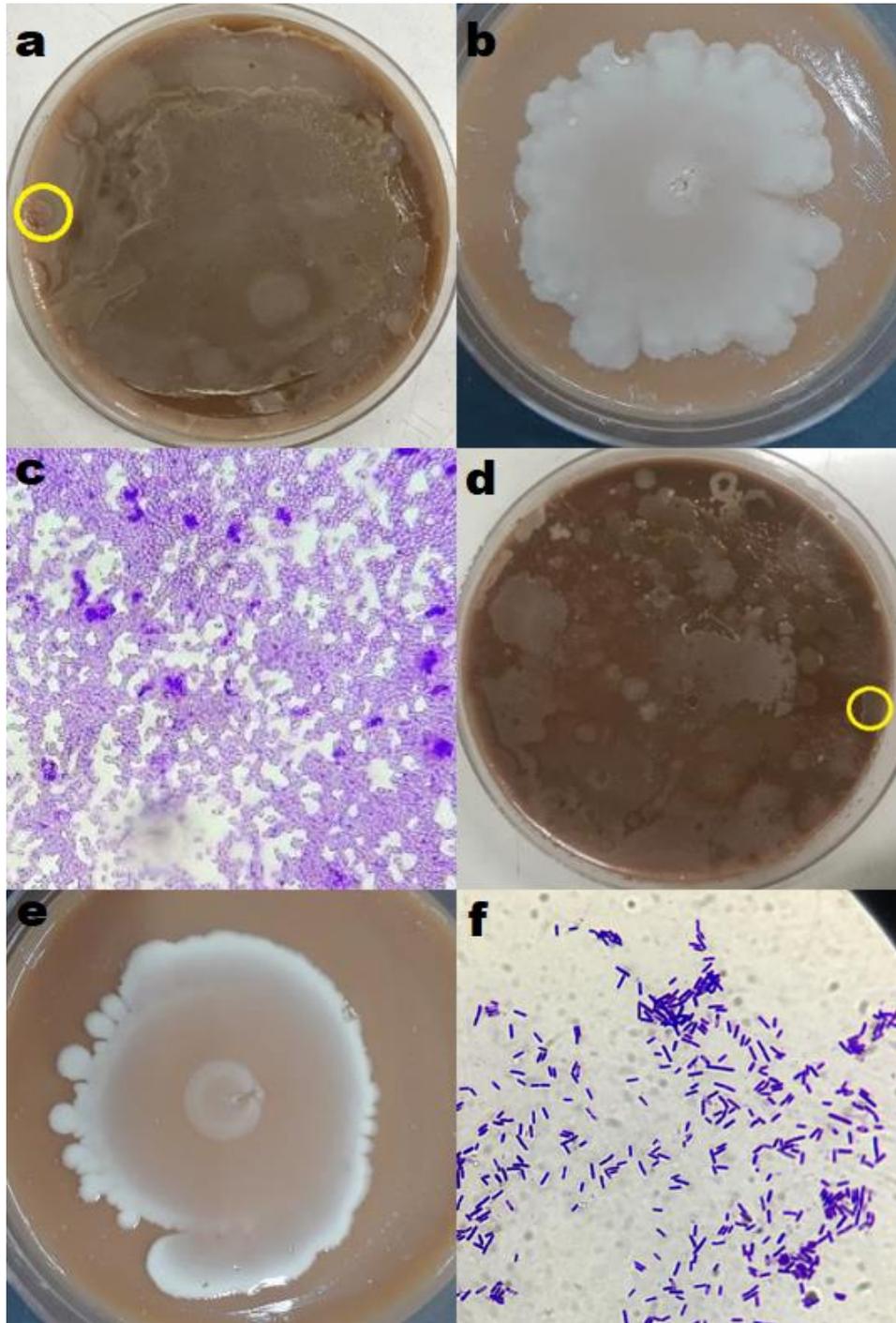


Figura 66.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 93 y 94

Nota: **a.** Cepa n° 93 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 6 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 93 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 93, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 94 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 94 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 94, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

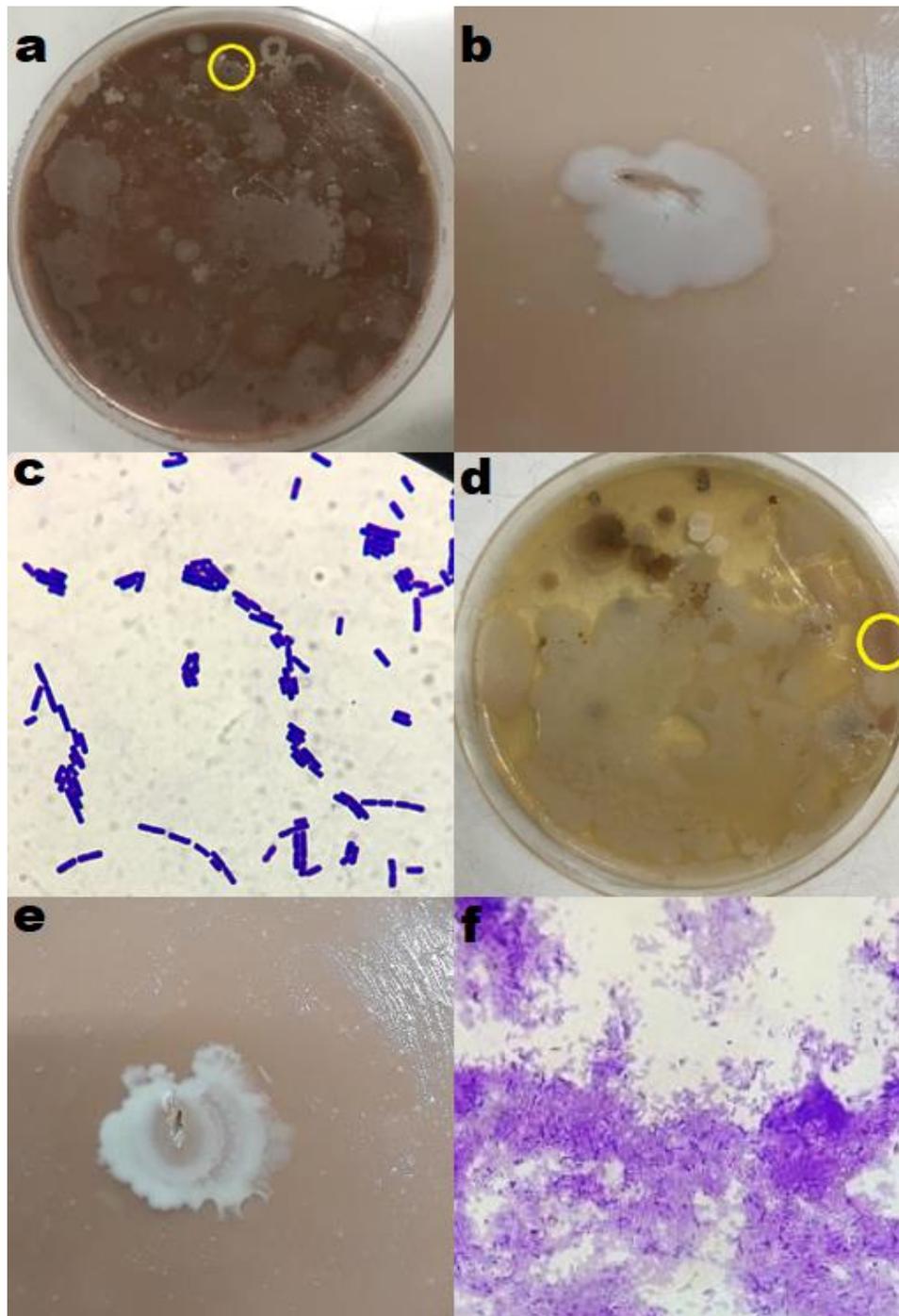


Figura 67.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 95 y 96

Nota: **a.** Cepa n° 95 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 95 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 95, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 96 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 4 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 96 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 96, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

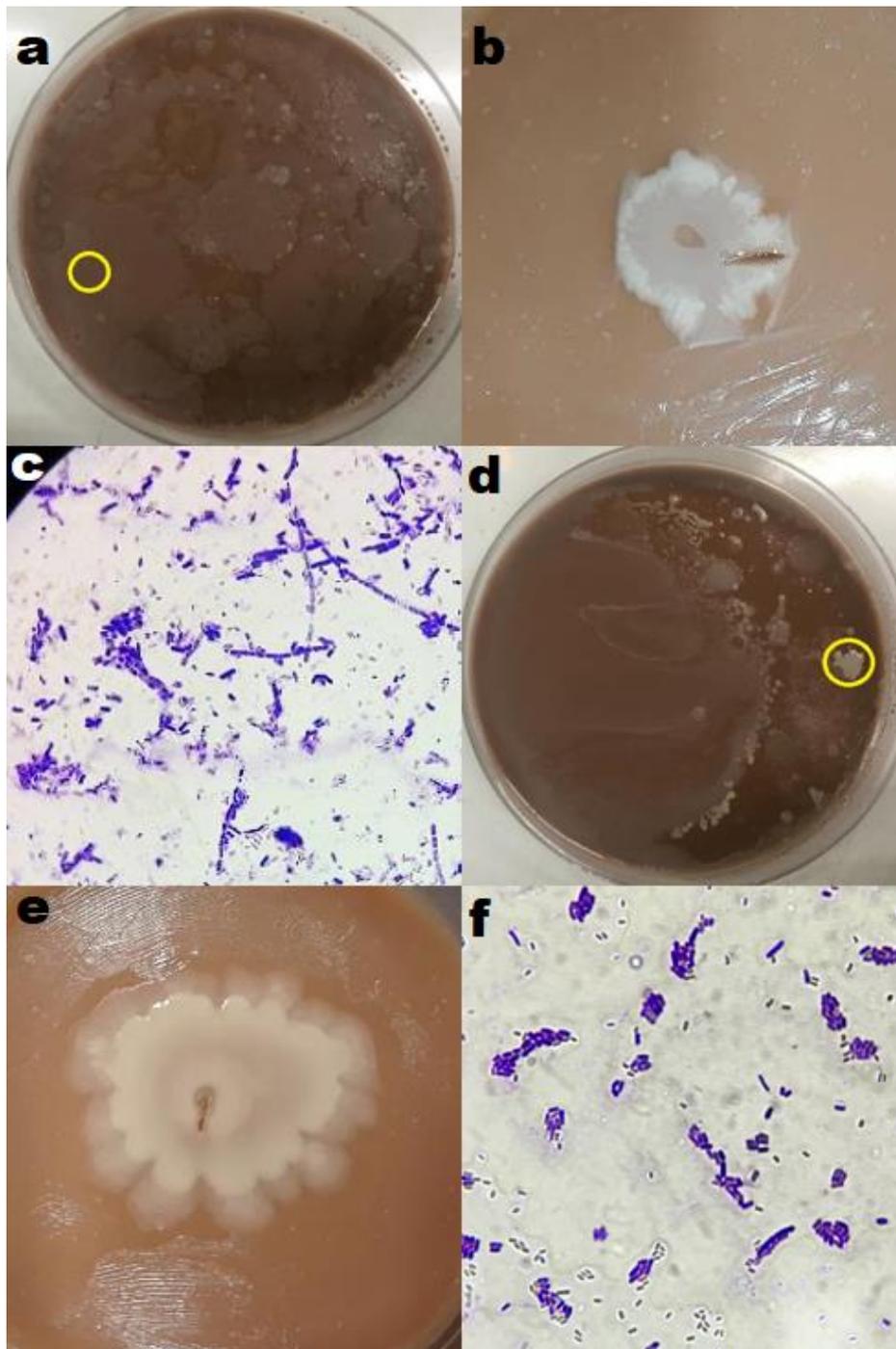


Figura 68.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 97 y 98

Nota: **a.** Cepa n° 97 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 97 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 97, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 98 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 7 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 98 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 98, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

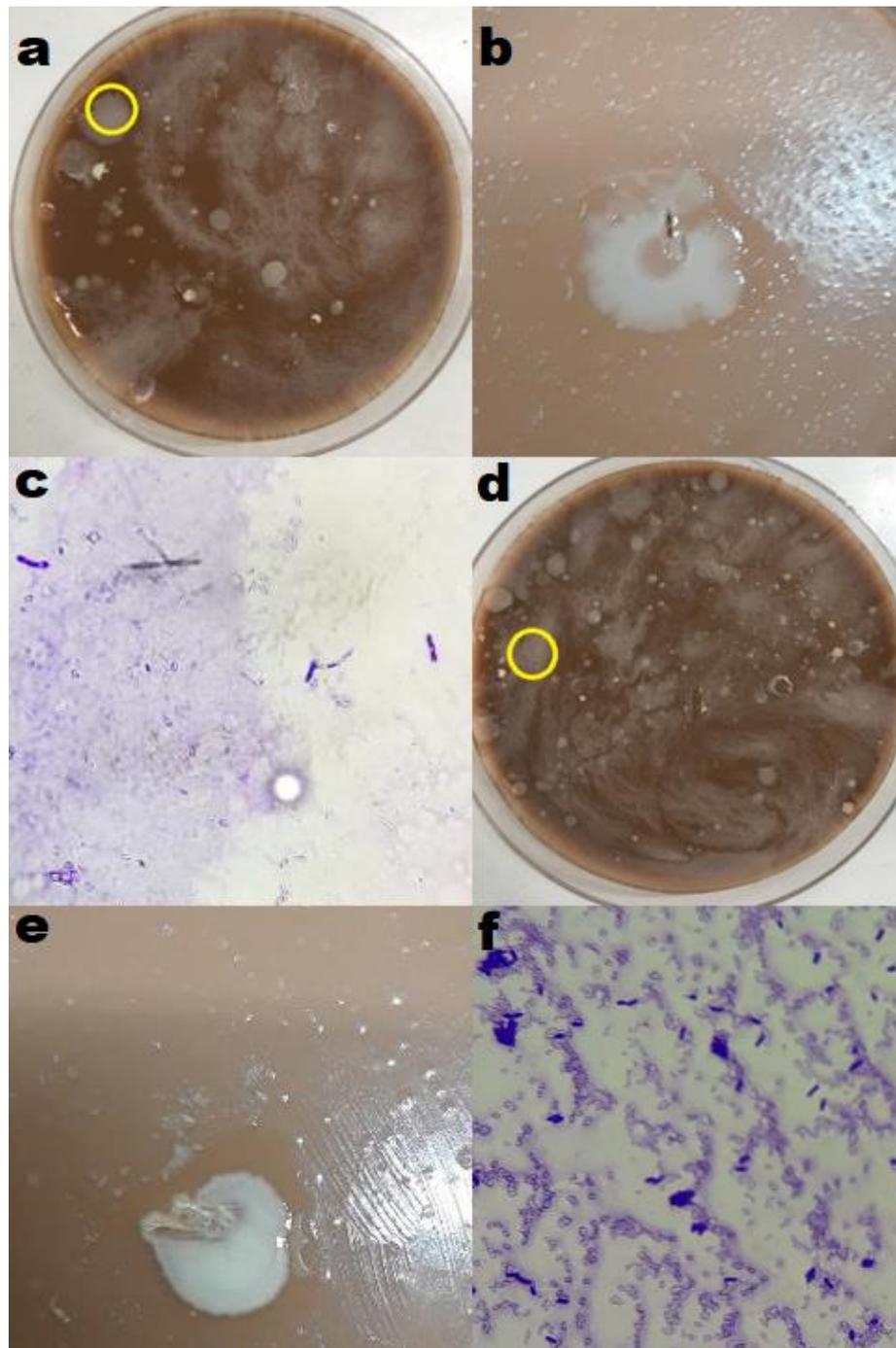


Figura 69.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 99 y 100

Nota: **a.** Cepa n° 99 Aislada de la Dilución 10^{-5} de Agua Destilada y de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 99 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 99, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 100 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 100 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 100, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

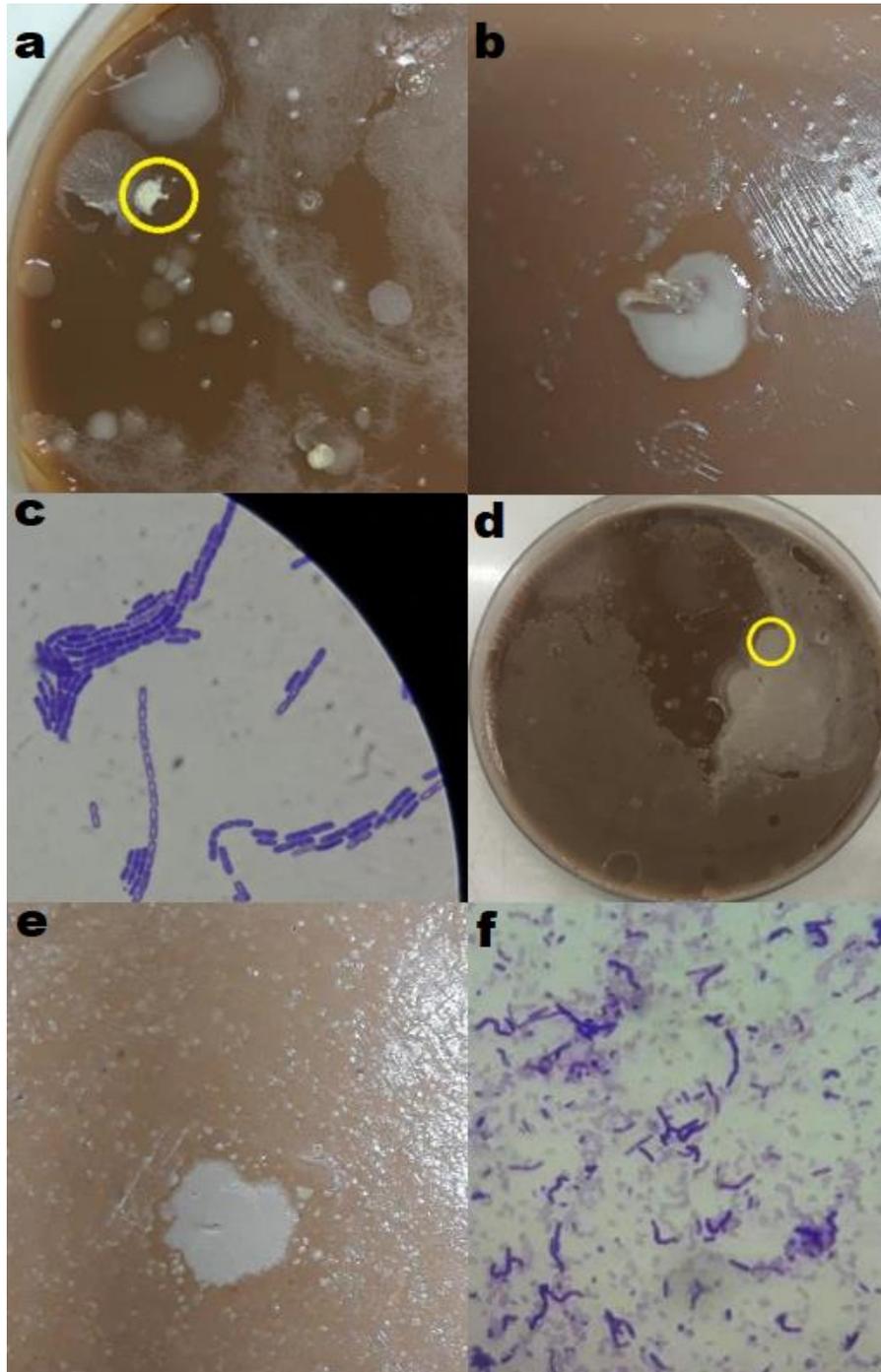


Figura 70.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 101 y 102

Nota: **a.** Cepa n° 101 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 3 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 101 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 101, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 102 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 9 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 102 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 102, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

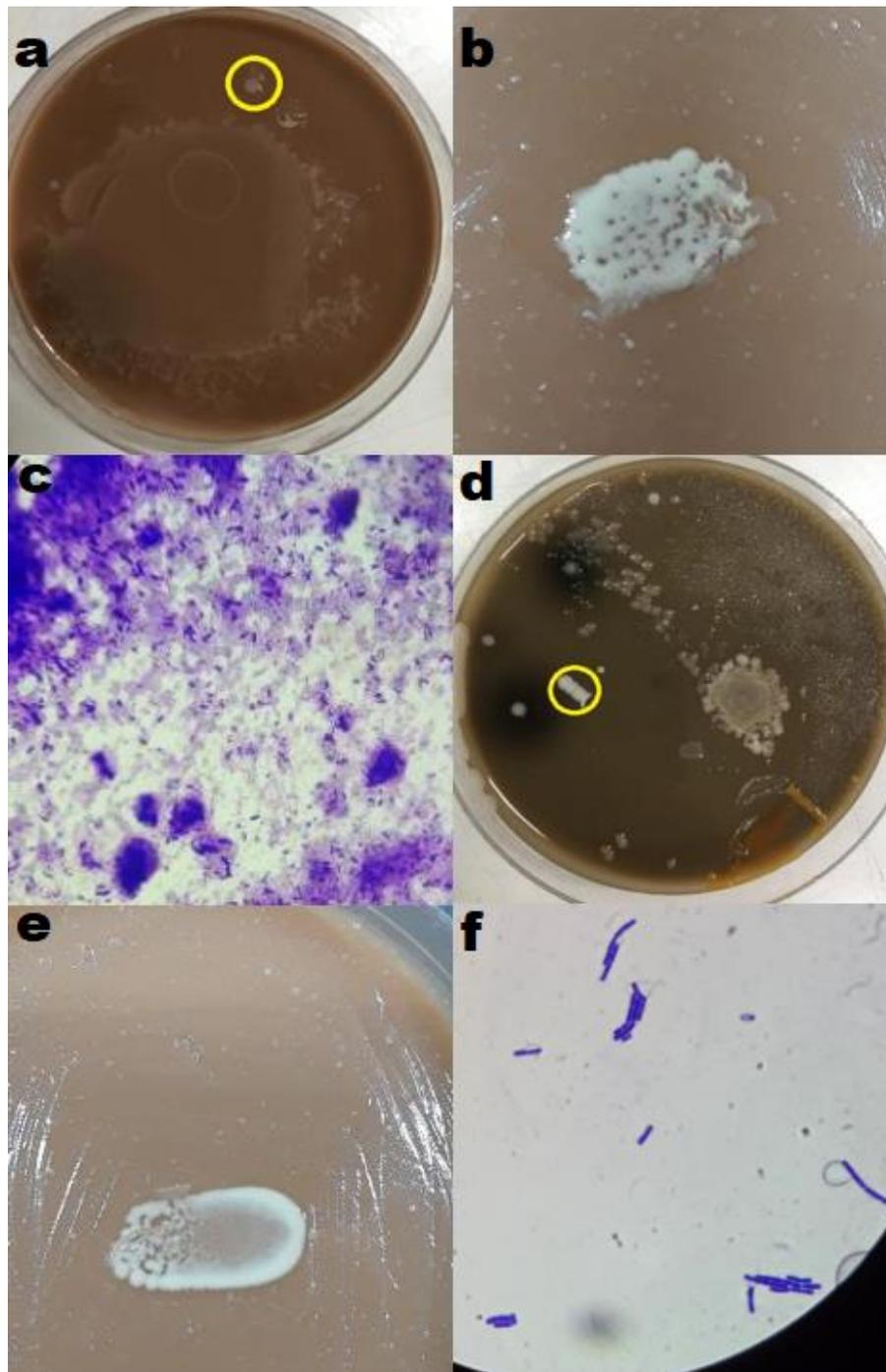


Figura 71.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 103 y 104

Nota: **a.** Cepa n° 103 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 8 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 103 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 103, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 104 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 9 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 104 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 104, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

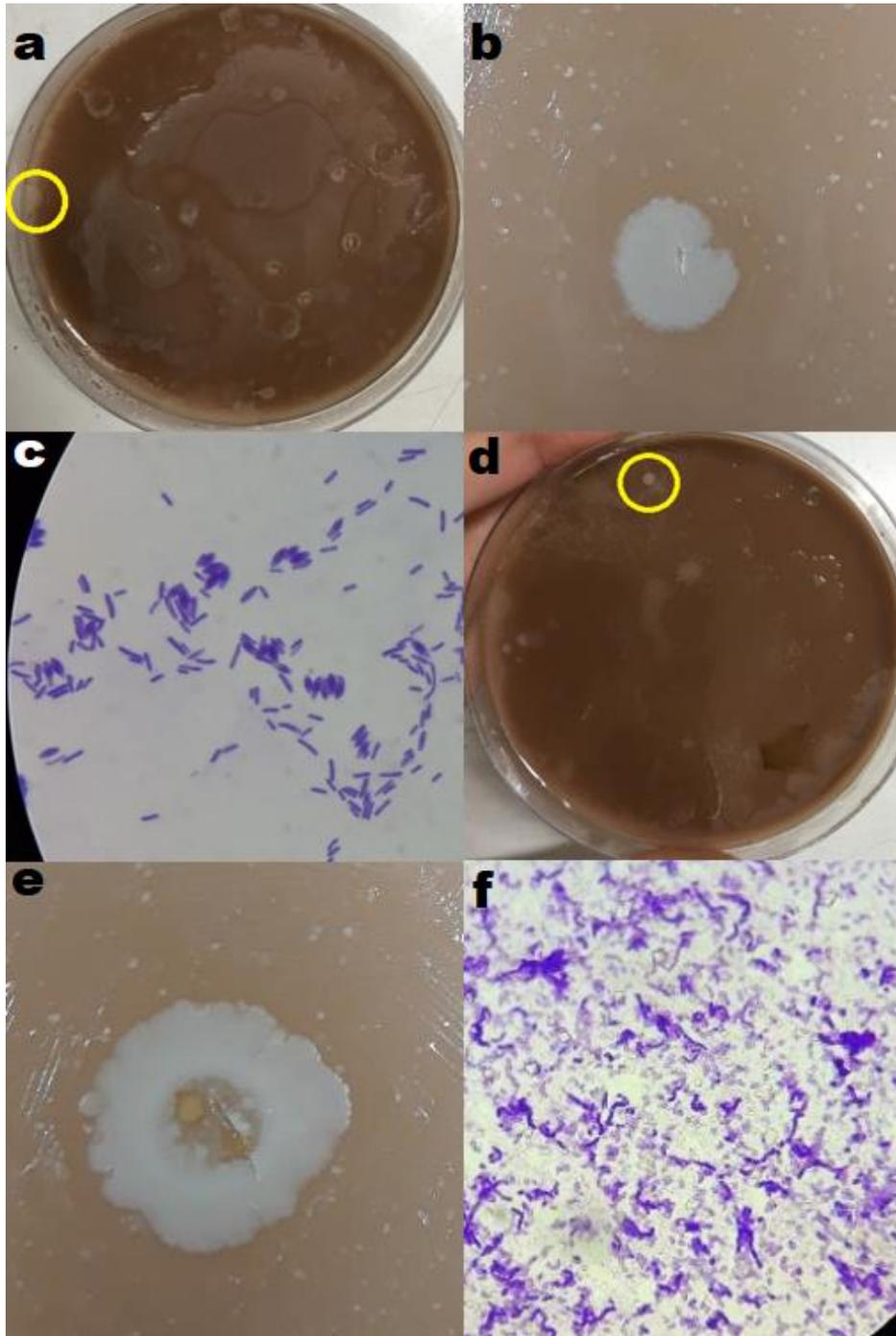


Figura 72.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 105 y 106

Nota: **a.** Cepa n° 105 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 8 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 105 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 105, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 106 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 8 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 106 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 106, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

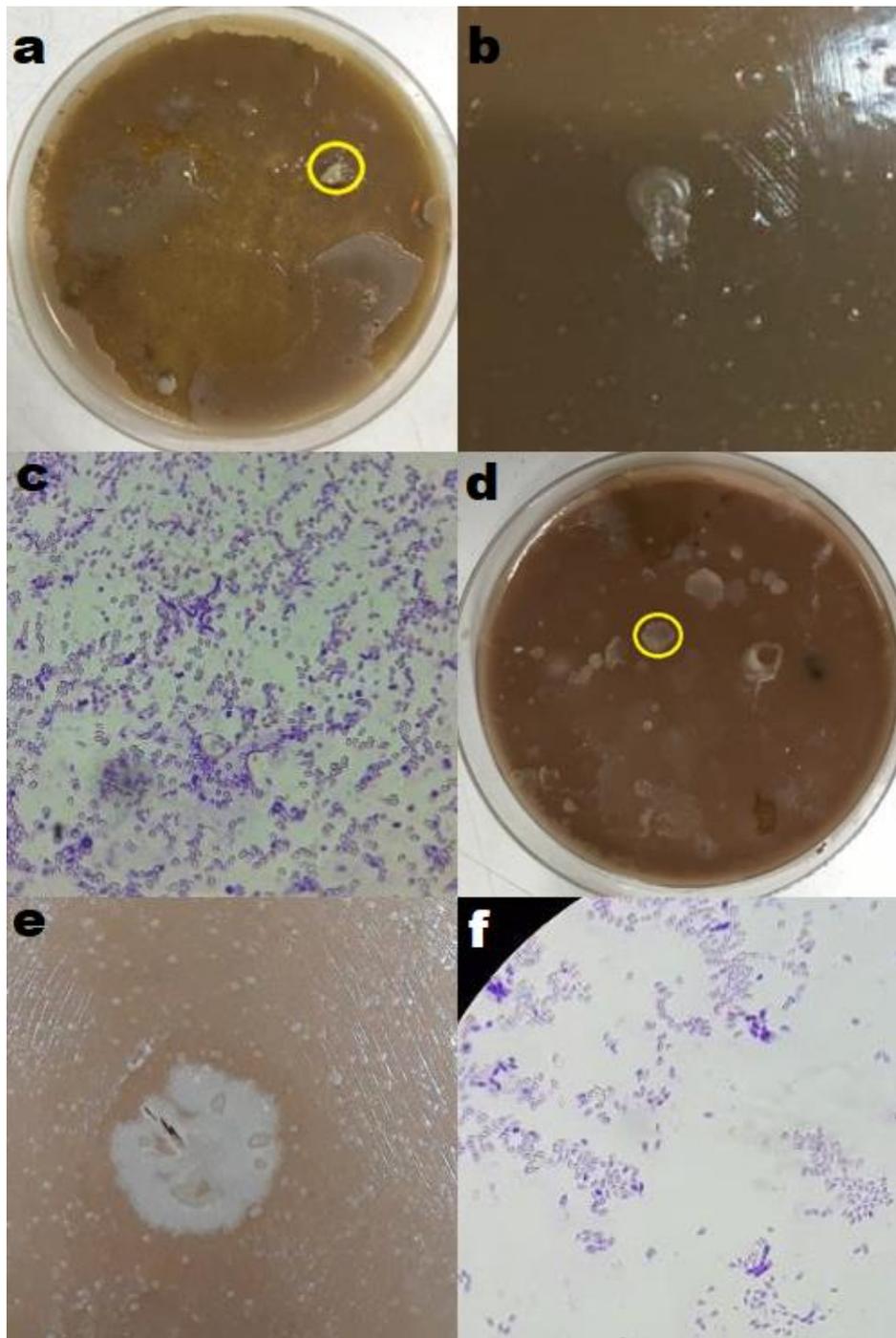


Figura 73.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 107 y 108

Nota: **a.** Cepa n° 107 Aislada de la Dilución 10^{-4} de Agua Destilada y de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 9 en Agar Papa Dextrosa (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 107 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 107, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 108 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 9 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 108 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 108, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

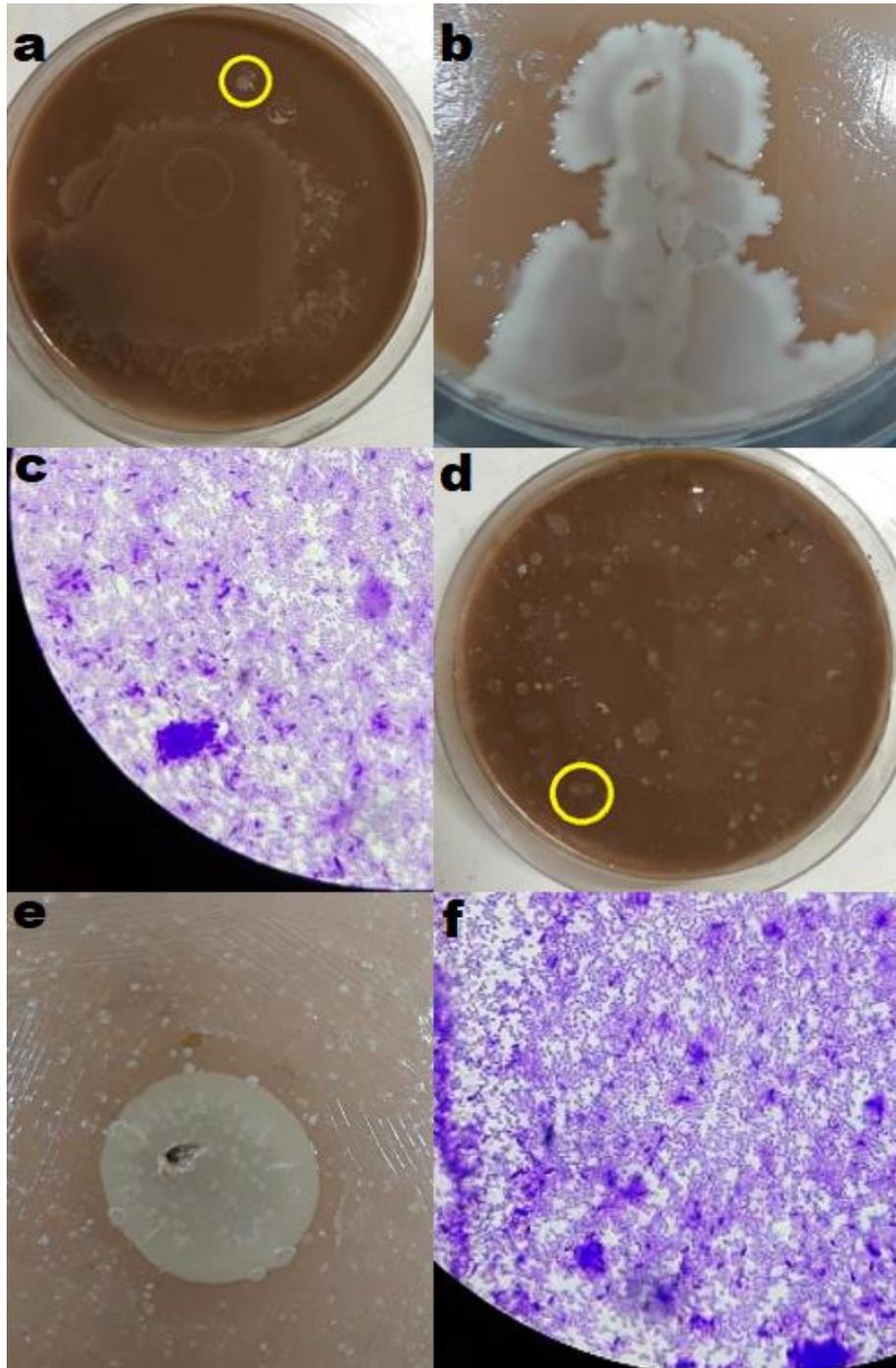


Figura 74.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 109 y 110

Nota: **a.** Cepa n° 109 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 8 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 109 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 109, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 110 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 8 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 110 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 110, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

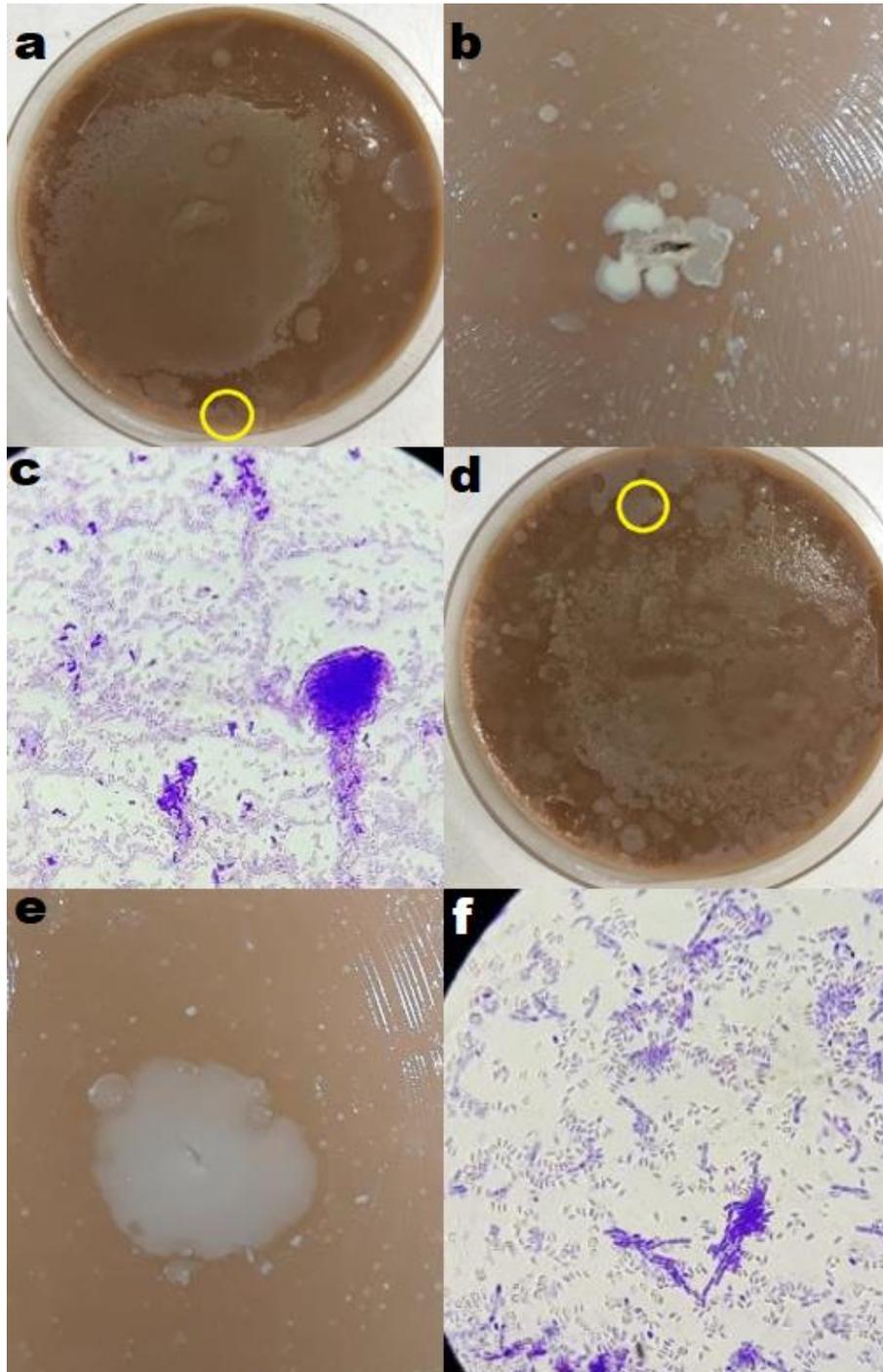


Figura 75.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 111 y 112

Nota: **a.** Cepa n° 111 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 6 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 111 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 111, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 112 Aislada de la Dilución 10^{-3} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 9 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **e.** Cepa n° 112 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 112, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

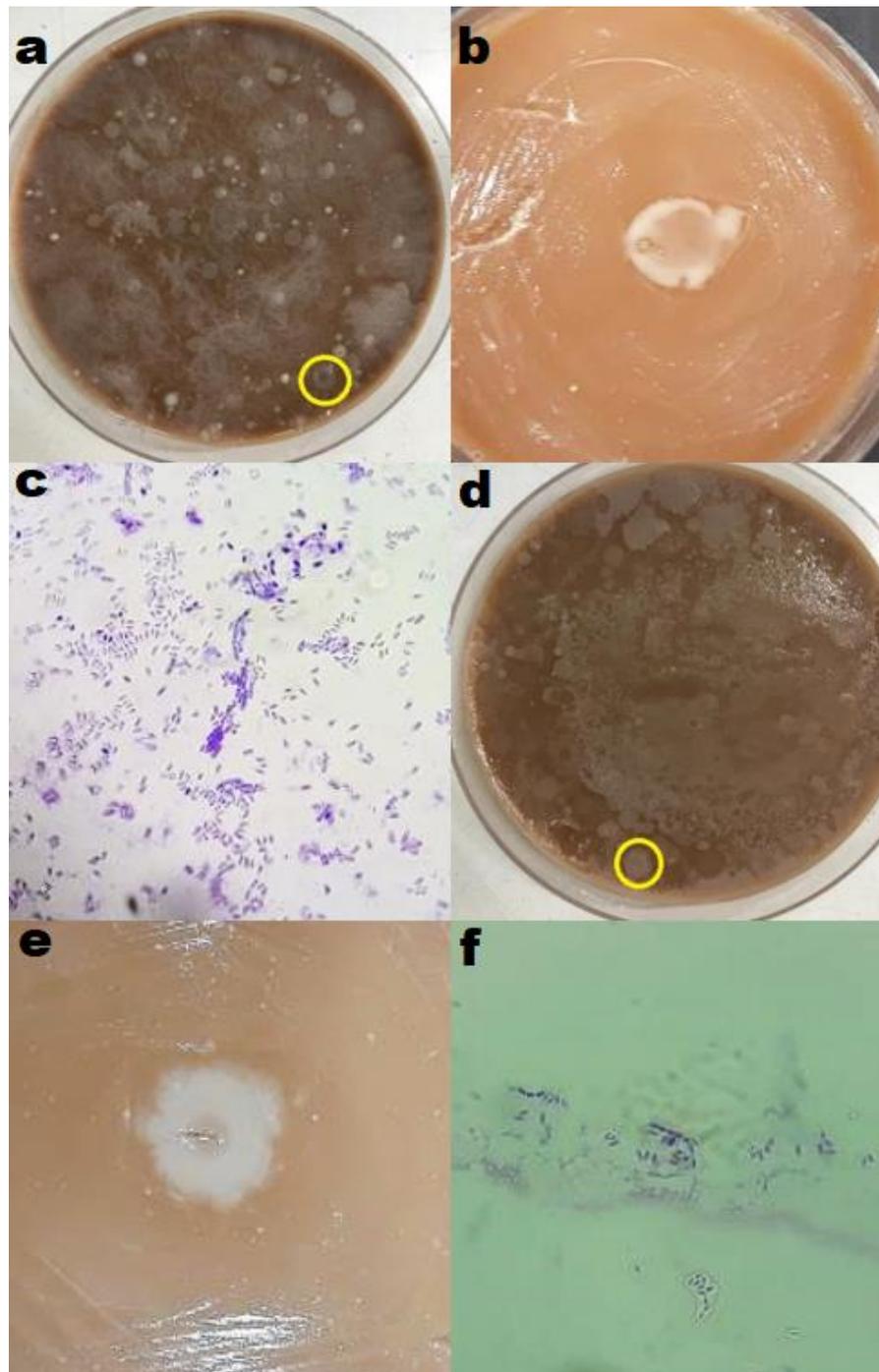


Figura 76.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 113 y 114

Nota: **a.** Cepa n° 113 de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 9 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 113 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 113, Bacilo Grampositivo observado a 100x. **d.** Cepa n° 114 Aislada de la Dilución 10^{-4} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 10 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 114 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 114, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

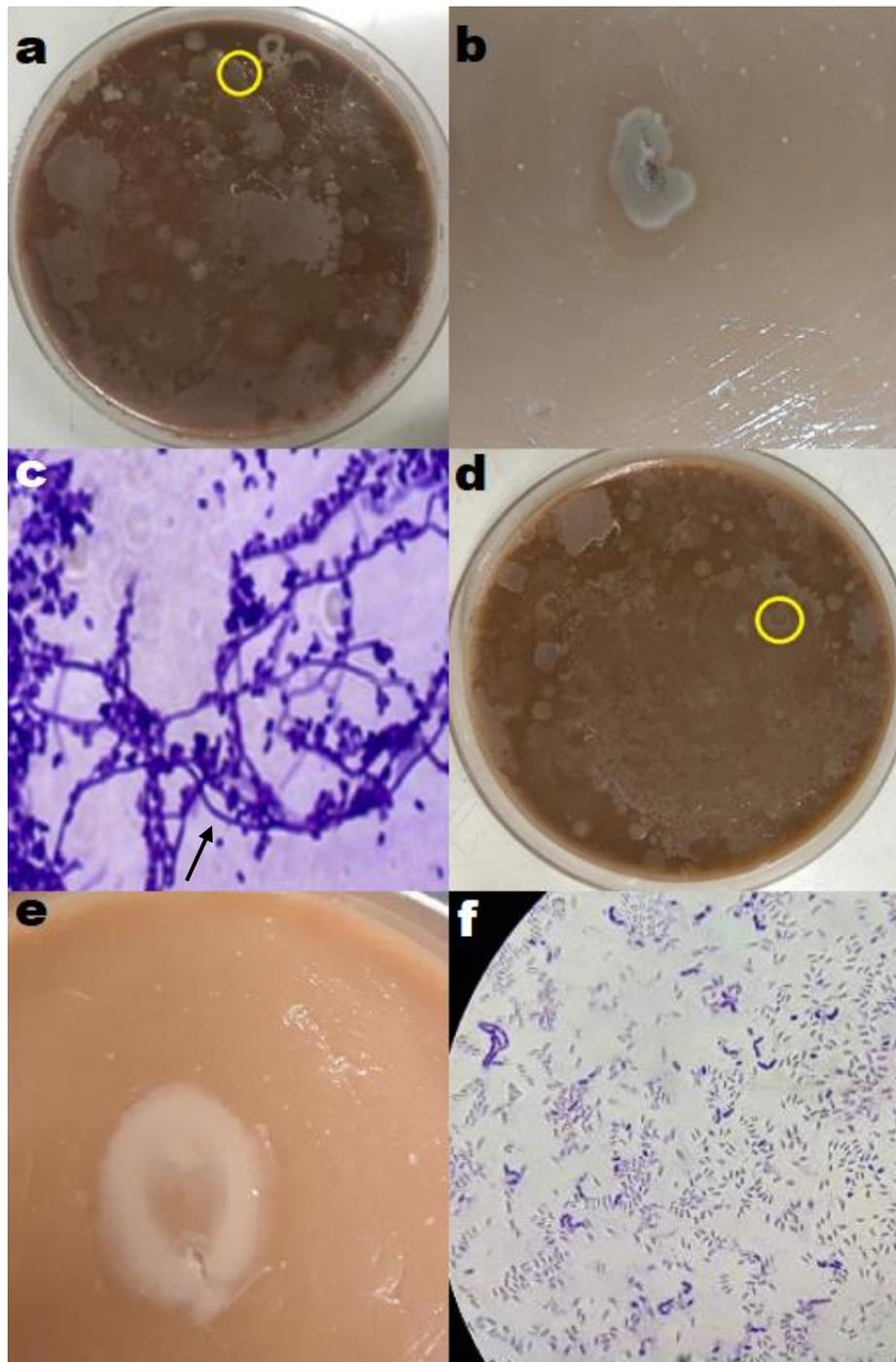


Figura 77.

Aislamiento e Identificación de las Cepas n° 115 y 116

Nota: **a.** Cepa n° 115 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 10 en Agar Papa Dextrosa (Círculo Amarillo). **b.** Cepa n° 115 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 115, Bacteria Pertenece al Género *Streptomyces* observado a 100x (Flecha). **d.** Cepa n° 116 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 10 en Agar Tierra (Círculo Amarillo). **e.** Cepa n° 116 Aislada en Agar Tierra. **f.** Cepa n° 116, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

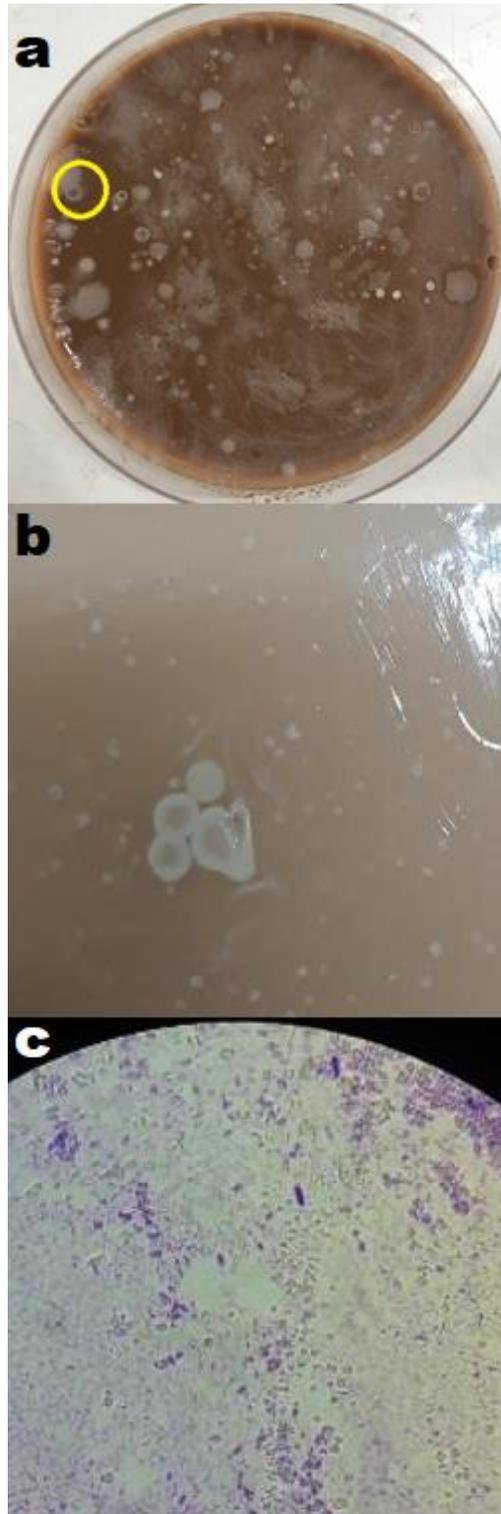


Figura 78.

Aislamiento e Identificación de la Cepa n° 117

Nota: **a.** Cepa n° 117 Aislada de la Dilución 10^{-5} de la Muestra de Tierra de la Parcela n° 10 en Agar Tierra (Circulo Amarillo). **b.** Cepa n° 117 Aislada en Agar Tierra. **c.** Cepa n° 117, Bacilo Grampositivo observado a 100x.

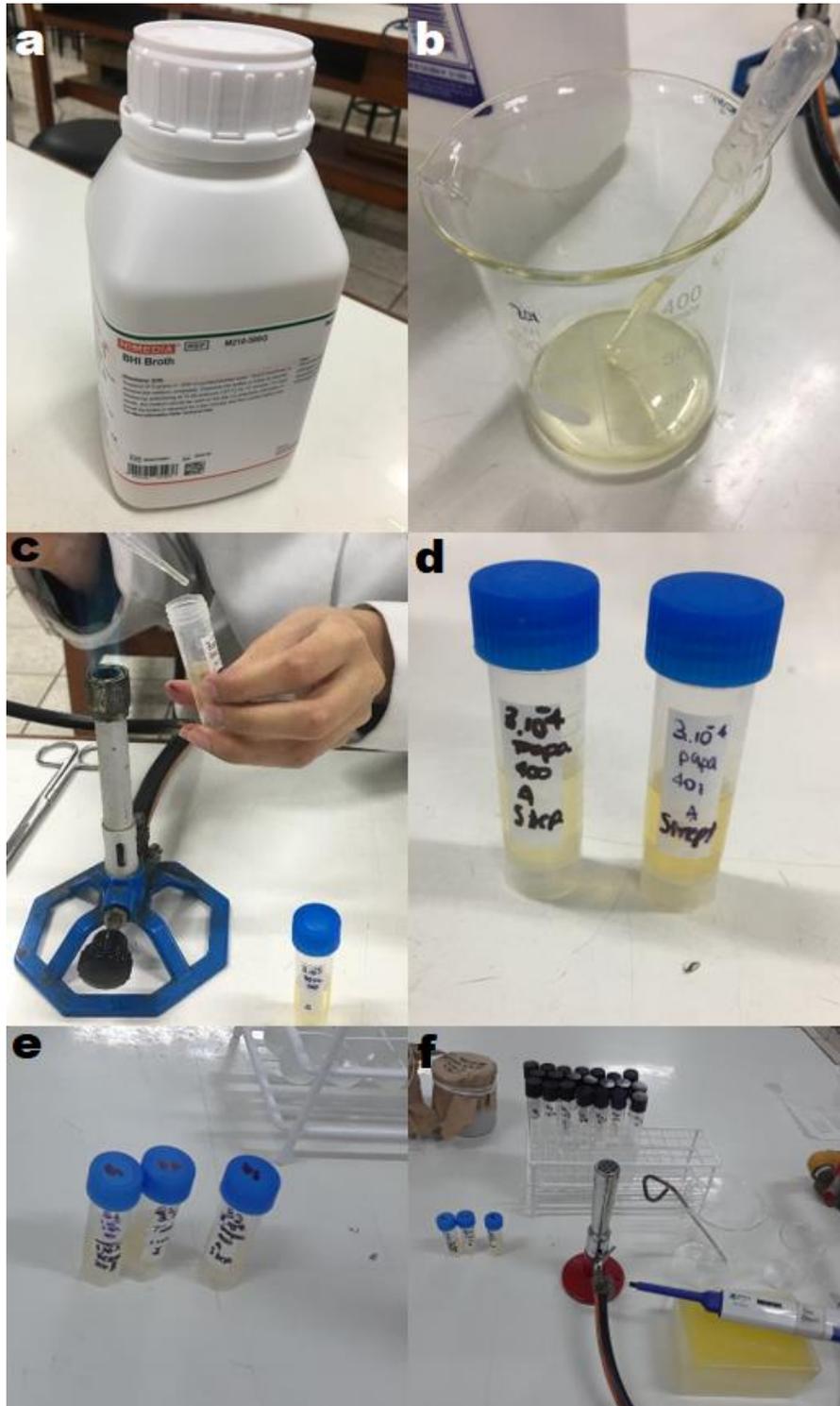


Figura 79.

Preservación de Cepas Usadas en los Tratamientos “TR1” y “TR2” y Materiales para Siembra de Bacterias y Recuento Bacteriano

Nota: **a.** Caldo BHI Utilizado en la Preservación de Cepas. **b.** Glicerina Utilizada en la Preservación de Cepas. **c.** Preservación de Cepas a Utilizarse en los Tratamientos “TR1” y “TR2” en Caldo BHI y 20% de Glicerina. **d.** Cepa 80 perteneciente al Género *Streptomyces* (B3) Preservada en Caldo BHI con Glicerina. **e.** Cepas B1, B2 y B3 Preservadas en Caldo BHI con Glicerina para su Posterior Uso en el Recuento de bacterias. **f.** Materiales Empleados en la Siembra de las Cepas B1, B2 y B3 para el Recuento Bacteriano.

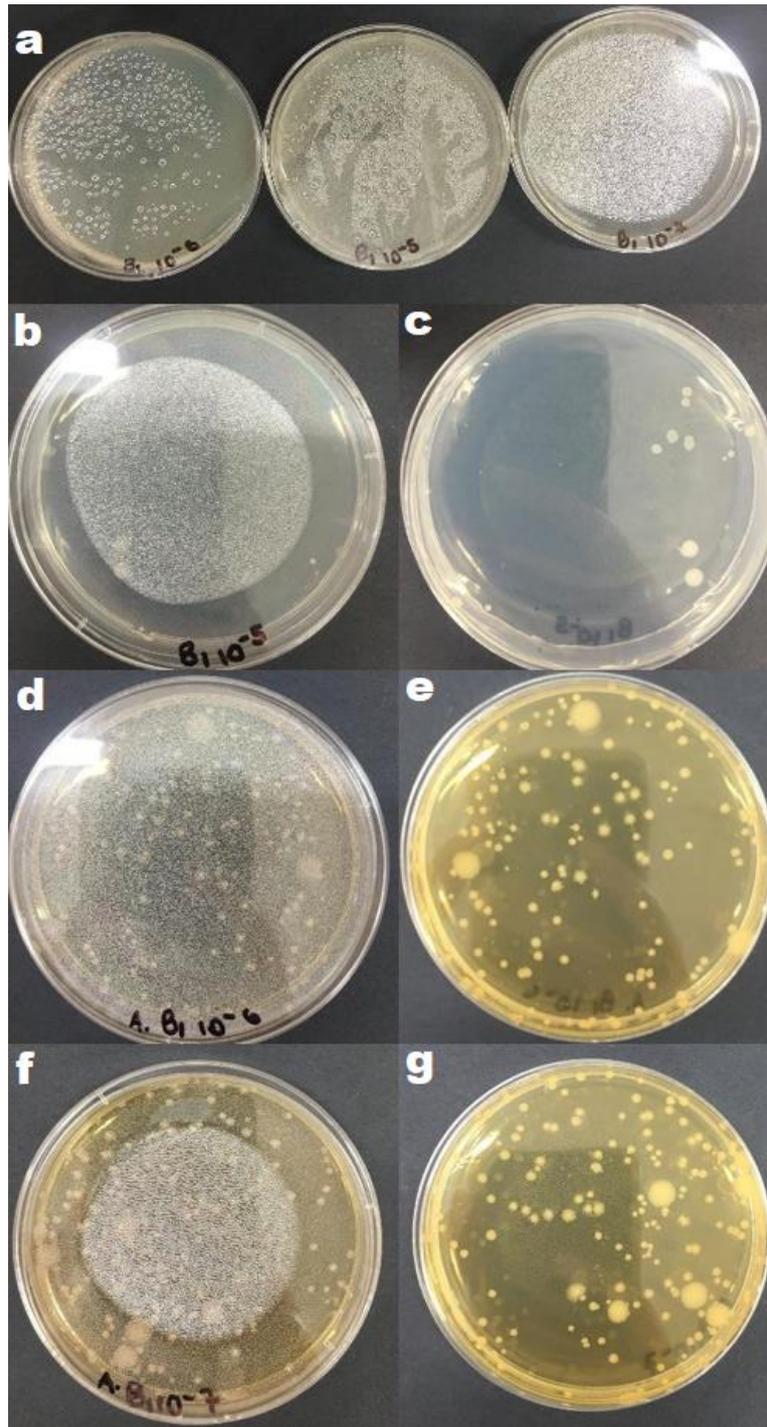


Figura 80.

Recuento Bacteriano de la Cepa B1 a las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7}

Nota: **a.** Resultados de la Siembra de la Cepa B1 en el Medio Agar "Plate Count" a las Concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} para su Posterior Recuento en UFC/ml. **b.** Resultado de la Cepa B1 a la Concentración 10^{-5} . **c.** Colonias de la Cepa B1 a la Concentración 10^{-5} . **d.** Resultado de la Cepa B1 a la Concentración 10^{-6} . **e.** Colonias de la Cepa B1 a la Concentración 10^{-6} . **f.** Resultado de la Cepa B1 a la Concentración 10^{-7} . **g.** Colonias de la Cepa B1 a la Concentración 10^{-7} .

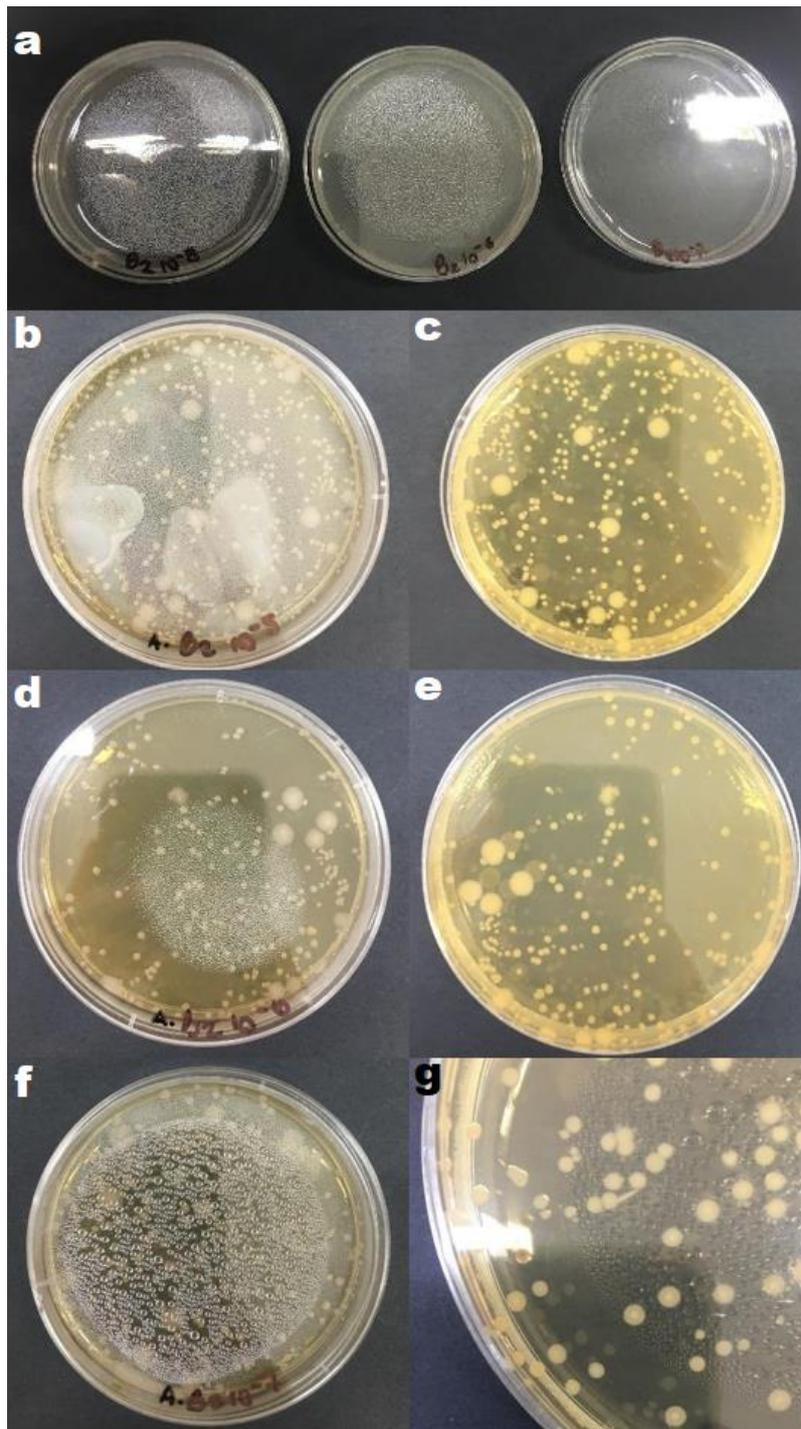


Figura 81.

Recuento Bacteriano de la Cepa B2 a las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7}

Nota: **a.** Resultados de la Siembra de la Cepa B2 en el Medio Agar “Plate Count” a las Concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} para su Posterior Recuento en UFC/mL. **b.** Resultado de la Cepa B2 a la Concentración 10^{-5} . **c.** Colonias de la Cepa B2 a la Concentración 10^{-5} . **d.** Resultado de la Cepa B2 a la Concentración 10^{-6} . **e.** Colonias de la Cepa B2 a la Concentración 10^{-6} . **f.** Resultado de la Cepa B2 a la Concentración 10^{-7} . **g.** Colonias de la Cepa B2 a la Concentración 10^{-7} .

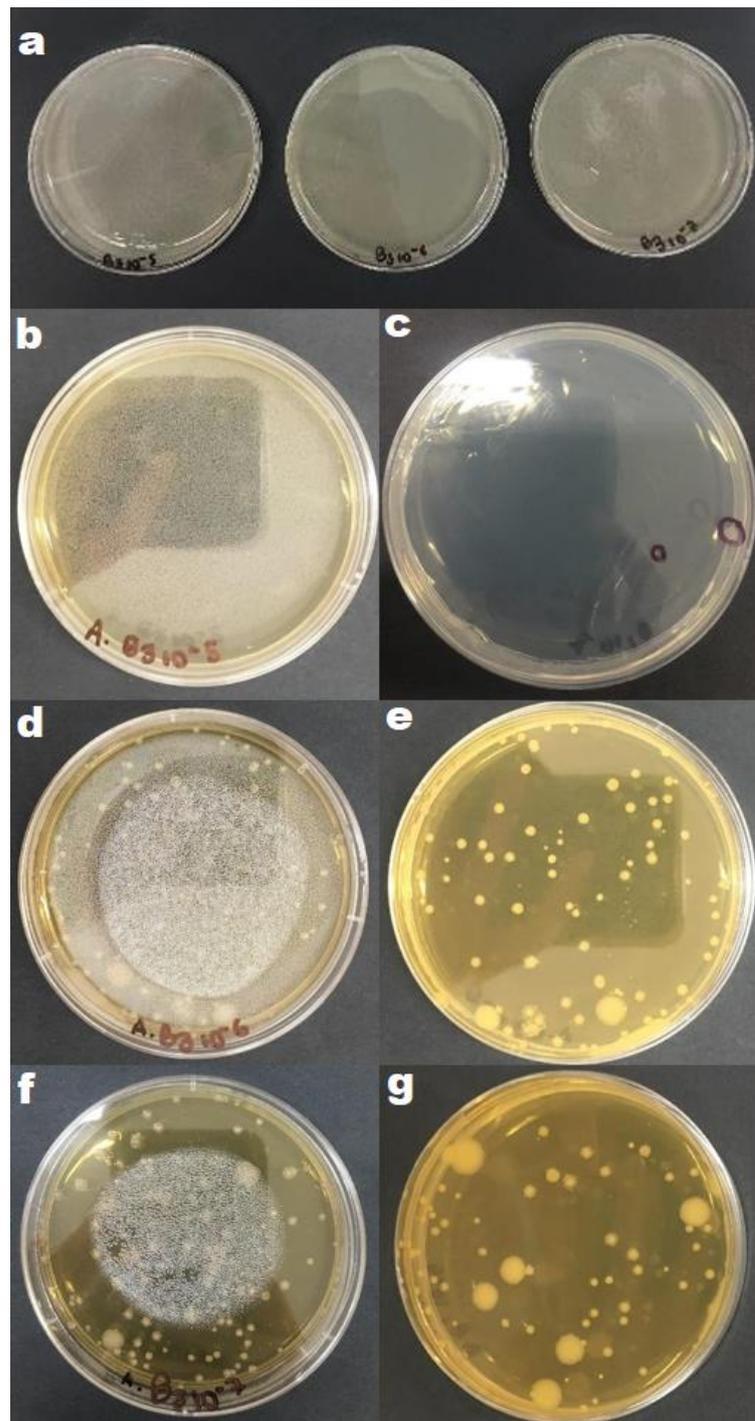


Figura 82.

Recuento Bacteriano de la Cepa B3 a las concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7}

Nota: **a.** Resultados de la Siembra de la Cepa B3 en el Medio Agar "Plate Count" a las Concentraciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} para su Posterior Recuento en UFC/ml. **b.** Resultado de la Cepa B3 a la Concentración 10^{-5} . **c.** Colonias de la Cepa B3 a la Concentración 10^{-5} . **d.** Resultado de la Cepa B3 a la Concentración 10^{-6} . **e.** Colonias de la Cepa B3 a la Concentración 10^{-6} . **f.** Resultado de la Cepa B3 a la Concentración 10^{-7} . **g.** Colonias de la Cepa B3 a la Concentración 10^{-7} .

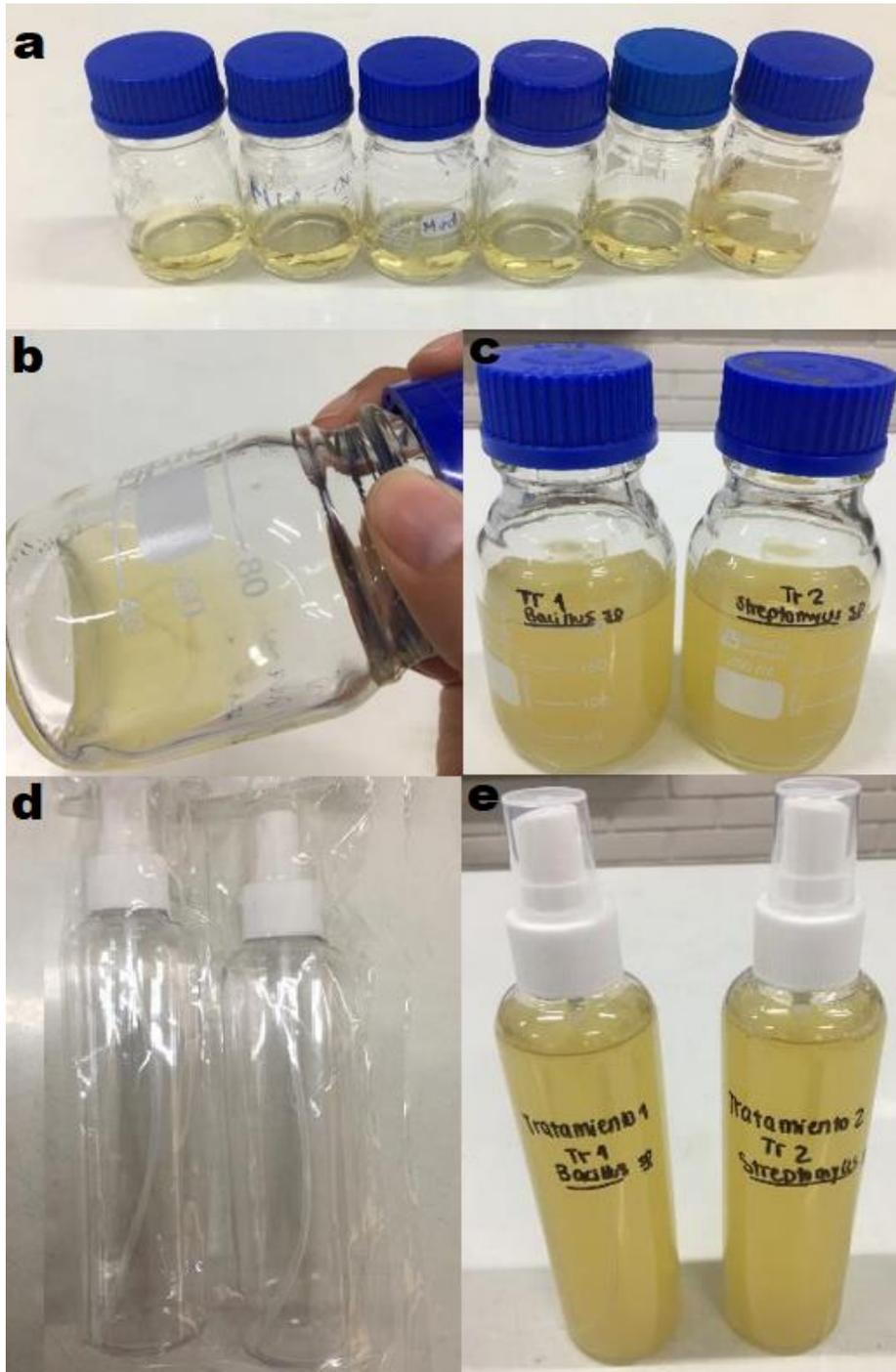


Figura 83.

Preparación de los Tratamientos “TR1” y “TR2”

Nota: **a.** Frascos de Dilución con Agar Nutritivo antes de ser Esterilizados, donde se Inocularán las 10 Cepas de *Bacillus* sp para el Tratamiento “TR1” y 2 cepas de *Streptomyces* sp para el Tratamiento “TR2”. **b.** Frasco de Dilución con una Cepa de *Bacillus* sp que se Empleará en la Realización del “TR1”, luego de ser llevada a la Estufa por 24 horas a 37 °C. **c.** “TR1” con las Cepas de *Bacillus* sp incorporadas y la “TR2” con las Cepas de *Streptomyces* sp incorporadas. **d.** Dispensores Estériles donde se Colocarán los Tratamientos “TR1” y “TR2” para su posterior Aplicación en las Muestras de Tierra. **e.** Dispensores Estériles con los Tratamientos “TR1” y “TR2” listos para su Aplicación a las Muestras de Tierra.

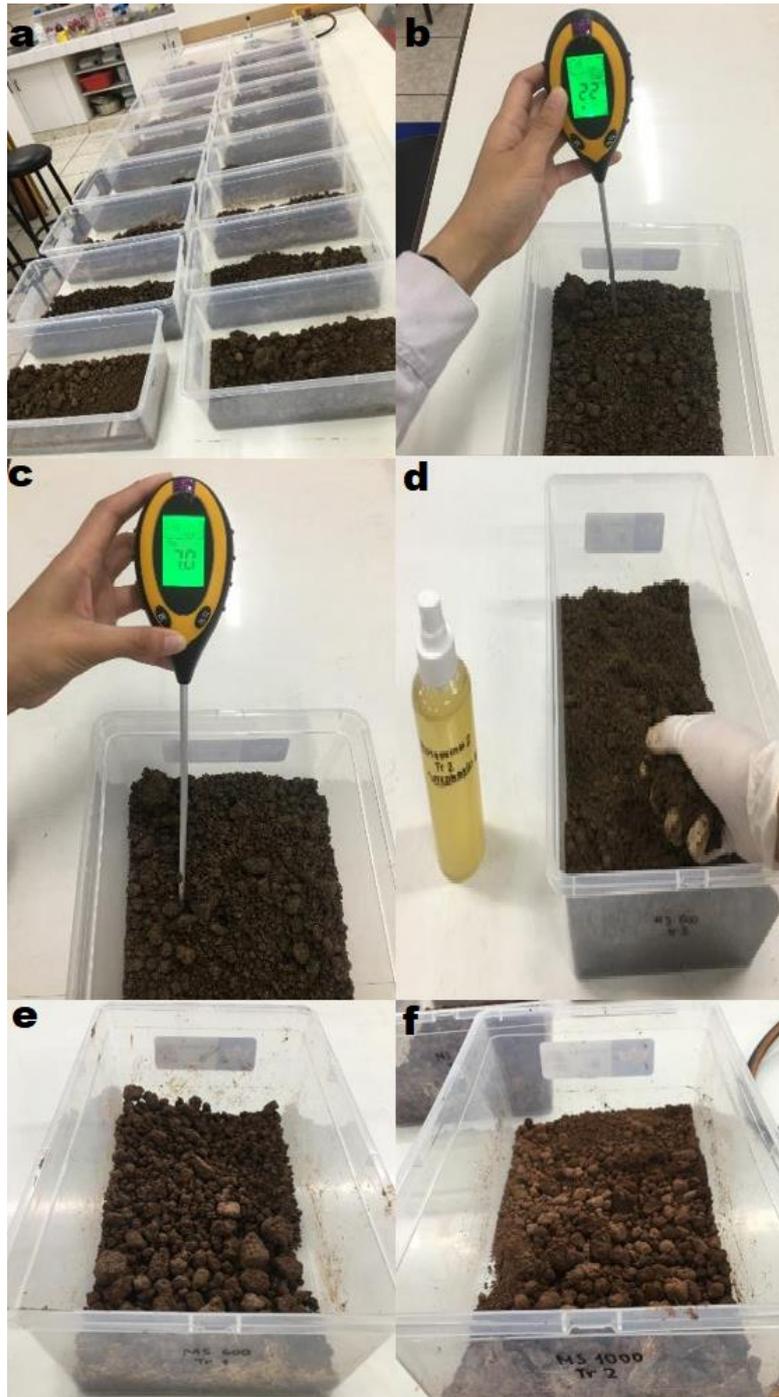


Figura 84.

Aplicación de los Tratamientos “TR1” y “TR2”

Nota: **a.** Muestras de Tierra Dispuestas en el Laboratorio para la Aplicación de los Tratamientos “TR1” y “TR2”. **b.** Medición de la Temperatura (°C) en Condiciones de Laboratorio de una Muestra de Tierra. **c.** Medición del pH en Condiciones de Laboratorio de una Muestra de Tierra. **d.** Aplicación del Tratamiento “TR2” en la Muestra de Suelo MS 500 Correspondiente a la Parcela n° 5, removiendo la Tierra para que el Tratamiento se Distribuya Uniformemente en toda la Muestra. **e.** Muestra de Suelo MS 600 Perteneciente a la Parcela n° 6 a la cual se le Aplicó el Tratamiento “TR1”. **f.** Muestra de Suelo MS 1000 Perteneciente a la Parcela n° 10 a la cual se le Aplicó el Tratamiento “TR2”.

GLOSARIO Y TÉRMINOS DE REFERENCIA

Bacteria: Organismo procariota unicelular presente en la mayoría de ecosistemas. Existen múltiples especies de bacterias, unas causan fermentaciones, otras enfermedades y otras son beneficiosas para la salud y el medio ambiente. Algunas especies pueden vivir en condiciones realmente extremas de temperatura y presión.

ECA: Estándar de calidad ambiental que representa un límite estándar de calidad ambiental que representa un límite máximo permisible de una sustancia y que varía según la sustancia o contaminante. De superarse los ECA para Suelo, las personas naturales y jurídicas deberán ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

Espectrofotometría de Absorción Atómica: Método de la química analítica que permite medir y determinar la concentración de un elemento particular en una muestra sólida o líquida.

Materia Orgánica: Producto de los diversos ciclos de vida de los seres vivos, cuyos cuerpos liberan residuos y sustancias que, al descomponerse, conforman una masa diversa, abundante en nutrientes y altamente aprovechable otros seres vivos como los microorganismos o las plantas.

Metal pesado: Elemento químico que posee una densidad mayor de 4 g/cm³ a 7 g/cm³, número atómico superior 20 y se encuentran comprendidos entre el cobre (Cu) y el mercurio (Hg). Los metales pesados se encuentran libres y de forma natural en algunos ecosistemas y pueden variar en su concentración. Sin embargo, hay una serie de elementos que en alguna de sus formas pueden representar un serio problema medioambiental principalmente por su exposición por causas antropogénicas.

Toxicidad: Cantidad de una sustancia que, bajo ciertas condiciones, conlleva a efectos perjudiciales. Indica la potencia de una sustancia venenosa más no la afección producida por ésta y se expresa como la cantidad de la sustancia en mg/kg de peso vivo que origina efectos biológicos determinados, en un tiempo dado y en un ser vivo determinado.

pH: Mide la actividad de los H⁺ libres en la solución del suelo (acidez actual) y de los H⁺ fijados sobre el complejo de cambio (acidez potencial). La acidez total del suelo es la suma de las dos y el pH puede variar desde 0 a 14 y de acuerdo con esta escala los suelos se clasifican en: Suelos ácidos (pH inferior a 6,5), suelos neutros (pH entre 6,6 y 7,5) y suelos básicos (pH superior a 7,5).



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Districto : HUANUCO

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Provincia : TINGO MARIA

Proyecto : 3925

Fecha : 14/01/2020

Bolt.: 3925

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺				Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
046	MS 100	7.16	0.48	1.40	2.34	5.4	64	20	70	10	Fr.L.	10.24	9.26	0.82	0.05	0.11	0.00	10.24	10.24	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Lab	Número de Muestra Claves	N %
046	MS 100	0.16

Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Distrito : TINGO MARIA

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Bolt.: 3925

Provincia : TINGO MARIA
 Proyecto :
 Fecha : 14/01/2020

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺				Al ⁺³ + H ⁺
047	MS 200	6.12	0.58	0.00	4.00	14.1	81	22	56	22	Fr.L.	20.48	9.72	1.20	0.08	0.18	0.00	11.18	11.18	55

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N
Lab	Claves	%
047	MS 200	0.26

Mg. Babilig La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION



Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Distrito : TINGO MARIA

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Provincia : TINGO MARIA

Proyecto :

Fecha : 14/01/2020

Bolt.: 3925

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Bases	Suma de Bases %		
	Claves	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺			Al ⁺³ + H ⁺	
048	MS	300	5.33	0.31	0.00	1.79	7.9	105	22	40	38	Fr.Ar.	21.92	13.30	2.63	0.11	0.25	0.20	16.49	16.29	74

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N
Lab	Claves	%
048	MS 300	0.18

Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Distrito :

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Provincia : TINGO MARIA

Proyecto :

Fecha : 14/01/2020

Bolt.: 3925

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases				
	Arena %	Limo %							Ca ⁺²	Mg ⁺²			K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺						
049	MS	400	6.82	0.42	0.30	1.86	5.0	56	64	30	6	Fr.A.	8.00	5.91	1.82	0.05	0.22	0.00	8.00	8.00	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra	
Lab	Claves
049	MS 400
	N %
	0.12

Ing. Bráulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Distrito :

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Provincia : TINGO MARIA

Proyecto :

Fecha : 14/01/2020

Bolt.: 3925

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺				Al ⁺³ + H ⁺
050	MS 500	5.99	0.32	0.00	2.07	2.8	63	28	66	6	Fr.L.	8.80	5.98	1.18	0.06	0.13	0.20	7.55	7.35	84

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra	
Lab	Claves
050	MS 500
	N %
	0.11



Ing. *Raulo La Torre Martínez*
Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Distrito :

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Provincia : TINGO MARIA

Proyecto :

Fecha : 14/01/2020

Bolt.: 3925

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases			
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²				K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
051	MS 600	4.48	0.49	0.00	2.90	5.3	157	22	40	38	Fr.Ar.	23.20	10.80	2.35	0.19	0.24	0.85	14.43	13.58	59

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N %
Lab	Claves	
051	MS 600	0.23



Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION



Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Districto : HUANUCO

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Provincia : TINGO MARIA

Proyecto : 3925

Fecha : 14/01/2020

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
	Arena	Limo							Arcilla	Arena	%			Limo	%	Arcilla	%				Ca ⁺²
052	MS	700	5.86	0.56	0.00	1.86	4.8	100	30	46	24	Fr.	16.32	10.40	0.58	0.05	0.17	0.15	11.36	11.21	69

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N %
Lab	Claves	
052	MS 700	0.14



Ing. Brailio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION



Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Distrito :

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Provincia : TINGO MARIA

Proyecto :

Fecha : 14/01/2020

Bolt.: 3925

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases			
	Claves	Claves							Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²				K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
053	MS 800		6.69	0.47	1.10	2.76	3.7	86	22	54	24	Fr.L.	18.08	12.20	0.87	0.06	0.18	0.00	13.31	13.31	74

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Lab	Número de Muestra	
	Claves	N %
053	MS 800	0.24

Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION



Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Distrito : TINGO MARIA

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Bolt.: 3925

Proyecto :

Fecha : 14/01/2020

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g					Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			

054	MS 900	7.38	0.62	5.50	1.38	2.5	126	22	62	16	Fr.L.	13.12	12.32	0.60	0.06	0.14	0.00	13.12	13.12	100
-----	--------	------	------	------	------	-----	-----	----	----	----	-------	-------	-------	------	------	------	------	-------	-------	-----

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N
Lab	Claves	%
054	MS 900	0.13

Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CLAUDIA DE LOS RIOS SILVA

Departamento : HUANUCO

Distrito :

Referencia : H.R. 71382-01C-20

Provincia : TINGO MARIA

Proyecto :

Fecha : 14/01/2020

Bolt.: 3925

Lab	Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases		
	Claves	MS							Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺				Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
055	MS	1000	7.47	0.49	4.50	1.52	3.3	69	26	60	14	Fr.L.	14.40	13.35	0.80	0.05	0.20	0.00	14.40	14.40	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N
Lab	Claves	%
055	MS 1000	0.11

Bráulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

INFORME DE ENSAYO N° 193137
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193137-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8981972.00 E 0390566.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,50

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193138
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193138-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985305.00 E 0389446.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,64

Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. =Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma –Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193139
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193139-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N 8985981.00 E 0389269.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	1,56

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

FIN DEL INFORME

INFORME DE ENSAYO N° 193140
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193140-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985917.00 E 0389126.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,65

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193141 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193141-01
Código de Cliente	MS0105
Fecha de Muestreo	29/05/2019
Hora de Muestreo (h)	10:00
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985857.00 E 0388962.00
Tipo de Producto	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	1,12

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.



Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

FIN DEL INFORME

INFORME DE ENSAYO N° 193142
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193142-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985935.00 E 0389638.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	1,80

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "–" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.

Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193143
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193143-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986549.00 E 0389353.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	1,15

Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. =Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193144
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193144-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986378.00 E 0389430.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	1,56

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

**INFORME DE ENSAYO N° 193145
CON VALOR OFICIAL**

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193145-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986620.00 E 0389574.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,47

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193146
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 06/06/2019
Fecha de Ensayo : 06/06/2019 al 20/06/2019
Fecha de Emisión : 20/06/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193146-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	29/05/2019		
Hora de Muestreo (h)	10:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986528.00 E 0389675.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,43

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "----" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193346 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

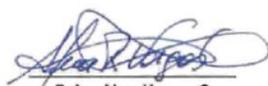
Código de Laboratorio	193346-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 898 1972.00 E 0390566.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,14

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

FIN DEL INFORME

INFORME DE ENSAYO N° 193347
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Rios Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

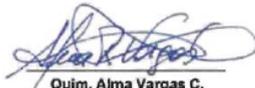
Código de Laboratorio	193347-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8981972.00 E 0390566.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,24

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193348
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193348-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985305.00 E 0369466.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,13

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "--" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193349
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193349-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985305.00 E 0389466.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,26

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193350 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193350-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985981.00 E 0389269.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,42

Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

FIN DEL INFORME

INFORME DE ENSAYO N° 193351 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193351-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985981.00 E 0389269.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,66

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

FIN DEL INFORME

INFORME DE ENSAYO N° 193352
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193352-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985917.00 E 0389126.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,14

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "--" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193353
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Precedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193353-01
Código de Cliente	MS0105
Fecha de Muestreo	27/11/2019
Hora de Muestreo (h)	11:00
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985917.00 E 0389126.00
Tipo de Producto	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,31

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "--" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Ó.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193354
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

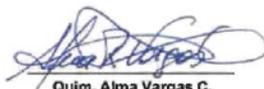
Código de Laboratorio	193354-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985857.00 E 0388962.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,29

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "----". = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193355 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
 Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
 Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
 Referencia : Cotización N° 1571-19
 Proyecto : Reservado por el Cliente
 Procedencia : Reservado por el Cliente
 Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
 Cantidad de Muestra : 1
 Producto : Suelo
 Fecha de Recepción : 27/11/2019
 Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
 Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193355-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N 8985857.00 E 0388962.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,49

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "----" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.



Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
 El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
 El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
 El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
 Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

FIN DEL INFORME

INFORME DE ENSAYO N° 193356
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Rios Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Rios
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

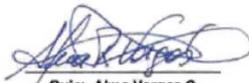
Código de Laboratorio	193356-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985935.00 E 0389638.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,36

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "--" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.G.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

FIN DEL INFORME

INFORME DE ENSAYO N° 193357
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193357-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8985935.00 E 0389638.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,81

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "–"= No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193358
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193358-01
Código de Cliente	MS0105
Fecha de Muestreo	27/11/2019
Hora de Muestreo (h)	11:00
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986549.00 E 0389353.00
Tipo de Producto	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,29

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193359
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193359-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986549.00 E 0389353.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,53

Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. =Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193360
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193360-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986378.00 E 0389430.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,12

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 674

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193361
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193361-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986378.00 E 0389430.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,22

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quim. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193362
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

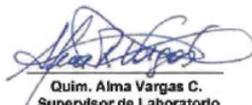
Código de Laboratorio	193362-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986620.00 E 0389574.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,14

Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: *EPA*: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193363
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

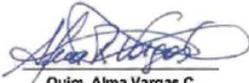
Código de Laboratorio	193363-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986620.00 E 0389574.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,23

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "–"= No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193364
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	193364-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986528.00 E 0389675.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES) (Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,12

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 193365
CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CLAUDIA DE LOS RÍOS SILVA
Dirección : Calle Condesa de Lemos N° 183 Urb. San Miguelito – San Miguel
Solicitado Por : Claudia de los Ríos Silva
Referencia : Cotización N° 1571-19
Proyecto : Reservado por el Cliente
Procedencia : Reservado por el Cliente
Muestreo Realizado Por : Claudia de los Ríos
Cantidad de Muestra : 1
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 27/11/2019
Fecha de Ensayo : 27/11/2019 al 11/12/2019
Fecha de Emisión : 11/12/2019

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

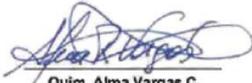
Código de Laboratorio	193365-01		
Código de Cliente	MS0105		
Fecha de Muestreo	27/11/2019		
Hora de Muestreo (h)	11:00		
Ubicación Geográfica (WSG 84)	N 8986528.00 E 0389675.00		
Tipo de Producto	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales (ICP-AES)(Peso Seco)			
Cd Cadmio	mg/kg PS	0,04	0,20

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">"= Mayor al rango de trabajo. "–"= No Analizado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev.4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils./ Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis.


Quím. Alma Vargas C.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánico
C.Q.P N° 574

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe del ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de ENVIROTEST S.A.C.

****FIN DEL INFORME****