



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICOS DE SEDIMENTOS DE LA CUENCA DEL RÍO PIURA

Rafael Sono-Mera

Piura, abril de 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Sono, R. (2018). *Interpretación de los resultados de análisis físico-químicos de sedimentos de la cuenca del río Piura* (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

**UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

NOMBRE Y APELLIDOS COMPLETOS

Título: “Análisis del transporte de sedimentos en vertedero de excedencias del proyecto Chaglla”

Año 2017, 103 páginas (1 tomo), 3 anexos, 4 CDs.

Asesor: Dr. Jorge Demetrio Reyes Salazar

RESUMEN

El modelo físico reducido del proyecto central hidroeléctrica Chaglla tiene como fin estudiar el comportamiento de las diversas estructuras que conforman el proyecto hasta la captación por medio de la bocatoma. La presente investigación tiene como objetivo principal analizar la factibilidad del transporte de sedimentos a través del vertedero de excedencias y de su utilización como estructura de descolmatación del embalse, a fin de reafirmar esta función dentro del diseño original.

Se desarrollaron una serie de ensayos hidráulicos programados para la evaluación cualitativa del funcionamiento de los túneles de vertedero, obteniendo resultados no satisfactorios, debido a que el volumen de sedimento purgado es muy inferior al volumen de sedimentos que ingresa anualmente a la presa y los caudales de limpieza no se comparan a los ofrecidos por la naturaleza en la cantidad de tiempo necesario. Se concluye entonces



Esta obra está bajo una licencia [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

No olvide citar esta obra.

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**Interpretación de los resultados de análisis físico-químicos de sedimentos
de la cuenca del río Piura**

**Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil**

Rafael Sono Mera

Asesor: Ing. Ana María Paulini Palacios de Silva

Piura, abril 2018

*A Dios por esta gran oportunidad;
a mis padres, a mis hermanos y a mis amigos
por el apoyo incondicional.*

Prólogo

La región Piura actualmente experimenta un crecimiento económico gracias al aumento de exportaciones de productos de índole agroindustrial, tales como el café, la uva, el cacao, el banano orgánico, etc. Esto ha originado el interés de inversionistas en las tierras de los principales valles existentes. Por lo tanto, se tiene en cuenta las grandes áreas de extensión del valle del río Piura que es donde se cultivan y cosechan la mayoría de estos productos.

Es importante resaltar el gran impacto económico del sector agroindustrial de la región, que se ve reflejado en la cantidad de mano de obra requerida, los diversos productos en el mercado, las modernas maquinarias utilizadas, etc. Todo esto viene de la mano de la gran productividad de los suelos del valle, por lo que es importante conocer la situación en la que se encuentran, así como sus orígenes de tipo químico y geológico. Esta información permitiría reconocer los tipos de suelos, conociendo cuáles son sus características, carencias y fortalezas.

Es por ello por lo que se ha elaborado una investigación de la química del suelo en puntos estratégicos de la Cuenca del río Piura, pues la calidad de estos es un factor influyente en los productos que se cultivan en dichos terrenos. Si bien es cierto, la cantidad de puntos que se presentan en esta tesis son pocos, se han elegido de una manera que sean representativos del valle, teniendo en cuenta la geología, geomorfología y potencial agroindustrial, así mismo que se ajusten al presupuesto planteado por el proyecto que financia este trabajo de investigación.

Para concluir, me gustaría expresar mi total agradecimiento a la Ing. Ana María Paulini Palacios de Silva por la asesoría correspondiente a mi tesis; al Ing. Wilfredo Castillo por brindarme su conocimiento en la materia y a mi mejor amiga Karen Inga Albañil por su apoyo incondicional. Así mismo agradezco a Innóvate Perú, por haber financiado el proyecto denominado: “Caracterización química de los sedimentos presentes en las zonas de expansión agroindustrial del noroeste del país; y monitoreo de su comportamiento ante el intemperismo actual y la acción hídrica” con código 395- PNICP-PIAP-2014, del cual forma parte esta tesis.

Resumen

El estudio del suelo es importante en muchos aspectos, fundamentalmente cuando se quieren evaluar y conocer su composición. Es por eso que se presenta un trabajo de estudio del suelo a nivel físico-químico. Para este, se estudiaron 12 puntos piloto objeto de estudio de la cuenca del río Piura. Inicialmente se realizaron calicatas de 30 cm de profundidad, las cuales fueron enviadas al laboratorio de agua y suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, para los ensayos físico-químicos. Con dichos resultados se creó una base de datos en ArcGIS para analizar y estimar los componentes de los diversos suelos, así como para comparar espacialmente los resultados.

Según la metodología establecida, que viene de la mano de un proyecto más grande, se realizaron dos fases exploratorias en distintos períodos del año para la toma de muestras. En dichos períodos se obtuvieron resultados en los que se observa el comportamiento del suelo como respuesta del clima, propiedades químicas, composición, alteraciones, etc. Una de las principales conclusiones fue que la materia orgánica es casi imperceptible en todo el año debido a la presencia de altas temperaturas que no ayudan a su conservación y que por el contrario, aceleran su descomposición.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Aspectos generales	3
1.1. Importancia del estudio del suelo.....	3
1.1.1. Definición	3
1.1.2. Propiedades físicas del suelo	4
1.1.2.1. Textura.....	4
1.1.2.2. Color	4
1.1.2.3. Permeabilidad	6
1.1.2.4. Consistencia.....	7
1.1.2.5. Porosidad	8
1.2. Concepto de cuenca y sub-cuenca.....	8
1.2.1. Definición	8
1.2.2. Tipos de cuenca	9
1.2.3. Partes de una cuenca.....	10
1.2.4. Efectos del clima.....	11
1.3. Química de los suelos.....	12
1.4. Usos más comunes referidos a la interacción agua-suelo	12
1.4.1. Casos de interacción agua-suelo	13
Capítulo 2. Marco teórico	15
2.1. Aspectos geológicos e hidrológicos generales	15
2.1.1. Subcuencas del río Piura.....	17
2.1.1.1. Subcuenca Chignia	17
2.1.1.2. Subcuenca Huarmaca	17
2.1.1.3. Subcuenca Pata-Pusmalca	18
2.1.1.4. Subcuenca Bigote	18
2.1.1.5. Subcuenca Corral del Medio	18
2.1.1.6. Subcuenca La Gallega	18
2.1.1.7. Subcuenca Charanal	18
2.1.1.8. Subcuenca Yapatara	18
2.1.1.9. Subcuenca Sáncor.....	19
2.2. Parámetros geomorfológicos.....	19
2.2.1. Área de la cuenca.....	19
2.2.2. Longitud, perímetro y ancho.....	20
2.2.3. Pendiente media o promedio de la cuenca (J)	21
2.2.4. Desnivel altitudinal (DA)	21

2.2.5. Tipos de sedimentos presentes	21
2.3. Introducción de Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	22
2.3.1. Generalidades	22
2.3.2. Concepto de SIG	24
2.3.3. Aplicaciones y usos del suelo.....	25
2.3.3.1. Cartografía automatizada	25
2.3.3.2. Infraestructura	25
2.3.3.3. Gestión territorial	25
2.3.3.4. Medio ambiente.....	27
2.3.4. Funciones de un SIG	27
2.3.4.1. Captura de datos	27
2.3.4.2. Manejo de datos	28
2.3.4.3. Visualización y consultas	29
2.3.4.4. Análisis espacial.....	29
2.3.4.5. Salidas de datos y presentación.....	29
2.4. Parámetros físico-químicos.....	29
2.4.1. Análisis de textura	29
2.4.2. Contenido de carbonatos	30
2.4.3. Materia orgánica.....	30
2.4.4. Fósforo disponible	31
2.4.5. Potasio disponible.....	31
2.4.6. pH.....	32
2.4.7. Conductividad eléctrica	32
Capítulo 3. Parte experimental	35
3.1. Antecedentes.....	35
3.2. Selección de puntos control	35
3.2.1. Ubicación de la zona de estudio	36
3.2.1.1. Límites.....	37
3.2.1.2. Distritos comprendidos en la cuenca del río Piura.....	37
3.2.1.3. Geología y geomorfología.....	37
3.2.1.4. Condiciones climáticas.....	38
3.3. Trabajo de campo.....	39
3.3.1. Fase exploratoria 1	39
3.3.1.1. Recolección de muestras	39
3.3.1.2. Elaboración de base de datos en GIS	44
3.3.1.3. Resultados de análisis físico-químico del suelo.....	44
3.3.2. Fase exploratoria 2	53
3.3.2.1. Recolección de muestras	53
3.3.2.2. Elaboración de base de datos en GIS	59
3.3.2.3. Resultados de análisis físico-químico del suelo.....	60
Capítulo 4. Interpretaciones de resultados	69
4.1. Interpretación de resultados fase exploratoria 1	69
4.1.1. Conclusiones fase 1	73
4.2. Interpretación de resultados fase exploratoria 2	74
4.2.1. Conclusiones fase 2	79
4.3. Comparación de las dos campañas	80

Conclusiones	85
Recomendaciones	87
Bibliografía	89
APÉNDICES	93
Apéndice A. Ensayos de análisis químico del suelo – fase exploratoria 1	95
Apéndice B. Ensayos de análisis químico del suelo – fase exploratoria 2	102

Índice de figuras

Figura 1	Denominación de los suelos según la textura.	5
Figura 2	Hoja de colores 10YR.	5
Figura 3	Subcuencas del río Piura.	17
Figura 4	Perímetro y área de la cuenca.	19
Figura 5	Longitud y perímetro de una cuenca.	20
Figura 6	Uso del SIG en la cartografía automatizada.	26
Figura 7	Uso del SIG en infraestructura.	26
Figura 8	Uso del SIG en gestión territorial.	27
Figura 9	Uso del SIG en medio ambiente	28
Figura 10	Ubicación de los puntos fase exploratoria 1.	39
Figura 11	Calicata del punto J.	41
Figura 12	Calicata del punto K.	41
Figura 13	Calicata del punto L.	41
Figura 14	Calicata del punto M.	42
Figura 15	Calicata del punto P.	42
Figura 16	Calicata del punto S.	42
Figura 17	Calicata del punto T.	42
Figura 18	Calicata del punto B.	43
Figura 19	Calicata del punto N.	43
Figura 20	Calicata del punto O.	43
Figura 21	Calicata del punto Q.	43
Figura 22	Calicata del punto R.	44
Figura 23	Textura.	46
Figura 24	Contenido de carbonatos.	47
Figura 25	Materia orgánica.	48
Figura 26	Fósforo disponible.	49
Figura 27	Potasio disponible.	50
Figura 28	pH.	51
Figura 29	Conductividad eléctrica.	52
Figura 30	Ubicación de los puntos fase exploratoria 2.	53
Figura 31	Calicata del punto TX2.	55
Figura 32	Calicata del punto N.	56
Figura 33	Calicata del punto O.	56
Figura 34	Calicata del punto P.	56
Figura 35	Calicata del punto S.	57
Figura 36	Calicata del punto Q.	57
Figura 37	Calicata del punto R.	57
Figura 38	Calicata del punto L.	58

Figura 39	Calicata del punto M.....	58
Figura 40	Calicata del punto B.	58
Figura 41	Calicata del punto J.....	59
Figura 42	Calicata del punto K	59
Figura 43	Textura.....	61
Figura 44	Contenido de carbonatos.	62
Figura 45	Materia orgánica.	63
Figura 46	Fósforo disponible.	64
Figura 47	Potasio disponible.....	65
Figura 48	pH.	66
Figura 49	Conductividad eléctrica.	67
Figura 50	Cuadro de barras de la textura- primera fase.....	69
Figura 51	Textura.....	70
Figura 52	Cuadro de barras de carbonatos - primera fase.....	71
Figura 53	Cuadro de barras de pH- primera fase.	71
Figura 54	Cuadro de barras de fósforo disponible y materia orgánica - primera fase.....	72
Figura 55	Cuadro de barras de potasio - primera fase.	73
Figura 56	Cuadro de barras de textura - segunda fase.	74
Figura 57	Cuadro de barras de carbonatos - segunda fase.....	75
Figura 58	Cuadro de barras de pH - segunda fase.	76
Figura 59	Cuadro de barras de fósforo - segunda fase.....	77
Figura 60	Cuadro de barras de potasio - segunda fase.....	78
Figura 61	Cuadro de barras de conductividad eléctrica - segunda fase.	78
Figura 62	Cuadro de barras de materia orgánica - segunda fase.....	79
Figura 63	Comparación de pH.	81
Figura 64	Comparación de carbonatos.....	81
Figura 65	Comparación de CE.....	82
Figura 66	Comparación de fósforo.	82
Figura 67	Comparación de potasio disponible.....	83
Figura 68	Cantidad de materia orgánica.	84

Índice de tablas

Tabla 1	Variación de permeabilidad según textura.....	6
Tabla 2	Variación de permeabilidad según estructura..	7
Tabla 3	Subcuencas del río Piura.....	17
Tabla 4	Textura.....	30
Tabla 5	Contenido de carbonatos.....	30
Tabla 6	Materia orgánica.....	31
Tabla 7	Fósforo disponible.....	31
Tabla 8	Potasio disponible.....	32
Tabla 9	pH.....	32
Tabla 10	Conductividad eléctrica.....	33
Tabla 11	Ubicación de los puntos de control de la primera jornada.....	39
Tabla 12	Ubicación de los puntos de control de la segunda jornada.....	40
Tabla 13	Ubicación de los puntos de control de la tercera jornada.....	40
Tabla 14	Descripción de puntos de control de la primera jornada.....	41
Tabla 15	Descripción de puntos de control de la segunda jornada.....	41
Tabla 16	Descripción de puntos de control de la tercera jornada.....	43
Tabla 17	Resultados químicos fase exploratoria 1.....	45
Tabla 18	Análisis mecánico.....	46
Tabla 19	Contenido de carbonatos.....	47
Tabla 20	Contenido de materia orgánica.....	48
Tabla 21	Fósforo disponible.....	49
Tabla 22	Potasio disponible.....	50
Tabla 23	pH.....	51
Tabla 24	Conductividad eléctrica.....	52
Tabla 25	Ubicación de los puntos de control de la primera jornada.....	53
Tabla 26	Ubicación de los puntos del control de la segunda jornada.....	54
Tabla 27	Ubicación de los puntos de control de la tercera jornada.....	54
Tabla 28	Ubicación de los puntos de control de la cuarta jornada.....	54
Tabla 29	Ubicación de los puntos de control de la quinta jornada.....	55
Tabla 30	Ubicación de los puntos de control de la sexta jornada.....	55
Tabla 31	Descripción de puntos de control de la primera jornada.....	55
Tabla 32	Descripción de puntos de control de la segunda jornada.....	56
Tabla 33	Descripción de puntos de control de la tercera jornada.....	56
Tabla 34	Descripción de puntos de control de la cuarta jornada.....	57
Tabla 35	Descripción de puntos de control de la quinta jornada.....	58
Tabla 36	Ubicación de los puntos de control de la sexta jornada.....	58
Tabla 37	Resultados químicos fase exploratoria 2.....	60

Tabla 38	Análisis mecánico.....	61
Tabla 39	Contenido de carbonatos	62
Tabla 40	Contenido de materia orgánica.	63
Tabla 41	Fósforo disponible.	63
Tabla 42	Potasio disponible.....	64
Tabla 43	pH.	65
Tabla 44	Conductividad eléctrica.	66
Tabla 45	Fósforo disponible y materia orgánica fase 1.....	73
Tabla 46	Fósforo disponible y materia orgánica fase 2.....	79

Introducción

La demanda de productos agroindustriales en la región Piura se ha incrementado considerablemente, por lo tanto, ha llevado a aumentar las exportaciones de los recursos naturales. Estos actualmente se colocan en mercados nacionales e internacionales. Como resultado, Piura es la cuarta región en términos de agroexportaciones y representa al 12 % del total nacional. (El Comercio, 2016).

El Valle del Medio y Bajo Piura cuenta con 34 mil hectáreas de suelo agrícola. Los productos más representativos en la agroexportación son el algodón, el mango y el limón, los cuales representan un ingreso de 10 % de la producción agrícola en la región de Piura. Asimismo, el Valle de San Lorenzo cuenta con 42 mil hectáreas de producción agrícola (mangos, banano orgánico y otros), que abastecen el mercado externo e interno. Este último brinda empleo permanente a 18 mil personas, entre productores y trabajadores agrícolas, generándose ingresos anuales por US\$ 150 millones. Por otro lado, el valle del alto Piura irriga 42 mil hectáreas cultivo, actualmente y con una alta probabilidad de incrementar. (Municipalidad distrital de Tambogrande, 2014).

Debido a ello, la Dirección Regional de Comercio Exterior realizó un estudio en el que hace un análisis del índice de crecimiento de las exportaciones en los últimos seis años, contados a partir de 2009 al 2014. Esa tendencia creciente de algunos de los principales productos del sector agroindustrial los posiciona de manera sostenida en los mercados exteriores. Tal es el caso de la uva, el banano orgánico, el mango, el pimiento piquillo, el café, el cacao, el limón y el aceite esencial de limón, siendo los principales productos de exportación. Esta situación ha provocado el interés por conocer sobre las características de los suelos en donde nacen estos productos.

Las características químicas de los suelos son de vital importancia en los sembríos porque permiten obtener una gran cantidad de beneficios, tales como: conocer la salinidad del suelo y posteriormente mejorarla con procesos químicos más económicos dependiendo la génesis de este; asimismo saber el nivel de elementos nutritivos como el potasio, el sodio, calcio y fósforo que son indispensables para el crecimiento de las plantas. De esta forma, se evitaría que los cultivos sean dañados por razones que se encuentran fuera de nuestro entendimiento. El bajo conocimiento de las características químicas del suelo y el alza de productos de agro exportación son los factores que han llevado a la realización de la presente investigación, ajustándose a algunos parámetros generales en cuanto a metodología que rigen el estudio denominado: “Caracterización química de los sedimentos presentes en las zonas de expansión agroindustrial del noroeste del país; y monitoreo de su comportamiento ante el intemperismo actual y la acción hídrica”.

Por todo lo expuesto anteriormente, se concluye que existe la necesidad de realizar un estudio de las características físico-químicas de la Cuenca del río Piura.

El primer capítulo de esta investigación contiene aspectos generales sobre el suelo y tipos de cuencas. Además, presenta información sobre la importancia del estudio del suelo, definición y tipos de las cuencas y la química presente en los suelos.

El segundo capítulo consiste en dar el marco teórico sobre los aspectos geológicos generales de la cuenca del río Piura, los sistemas de referencias utilizados para llevar a cabo esta tesis y el concepto de cada parámetro estudiado para su posterior interpretación química.

En el tercer capítulo se presenta la parte experimental de la tesis, donde se explica el método de selección de los puntos de control. De igual manera, se realizó la interpretación química de las dos fases exploratorias realizadas para su posterior contraste. Además, se llevó a cabo un análisis de agua en la segunda fase exploratoria, en la cual se analiza de forma breve su relación con el suelo.

Al final del presente estudio, se realizarán las respectivas conclusiones y recomendaciones del tema abordado. Lo mencionado quedará como una base para investigaciones posteriores.

Capítulo 1

Aspectos generales

1.1. Importancia del estudio del suelo

Su importancia nace porque es la parte fundamental de los ecosistemas terrestres. Contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan. En ella, se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona, por tanto, todo el desarrollo del ecosistema. Los suelos evolucionados, profundos, húmedos y permeables suelen contar con las lombrices de tierra, anélidos oligoquetos que son comedores de suelo y edafones que favorecen una mejor mezcla de las fracciones orgánicas y minerales y la fertilidad del suelo. El suelo tiene gran importancia porque interviene en el ciclo del agua y los ciclos de los elementos y en él tienen lugar gran parte de las transformaciones de la energía y de la materia de los ecosistemas. Además, como su regeneración es lenta, el suelo debe considerarse como un recurso no renovable y cada vez más escaso, ya que está sometido a constantes procesos de degradación y destrucción. (Flores, 2011).

El suelo es un recurso renovable, aunque no inagotable, ya que el excesivo uso del mismo lleva a su desgaste y su formación sobrepasa los límites humanos, es decir, su formación es lenta. La importancia del mismo radica que de él se obtiene lo que comemos, es el sustrato para la vida vegetal, la base de la pirámide alimenticia.

De igual manera el suelo es una gran reserva genética y regula el clima, gracias a la fijación de carbono. El suelo es la fuente de las materias primas pues nos permite la extracción de turba, grava, arena, arcilla, rocas, agua, etc. son una importante función económica del suelo. Asimismo, protege restos arqueológicos y actúan como una especie de testimonio también para sucesos catastróficos, impactos antrópicos, etc.

Es fuente de información geológica y geomorfológica puesto que es territorio de los paisajes actuales constituyen una herencia de procesos climáticos, geomorfológicos y edafológicos pasados.

1.1.1. Definición

La palabra “suelo” viene del latín “solum”, la cual, los antiguos etimologistas romanos la vinculaban con las palabras exiliado y exilio (ex-, fuera, solum = del suelo). Originalmente “Solum” también se refería a la planta del pie, pero después tomo el significado actual del latín solum, que significa suelo, tierra o parcela. (Navarro García & Navarro García, 2013).

Cuando se refiere a la génesis del suelo; este se forma por la descomposición de rocas por cambios bruscos de temperatura y la acción de la humedad, aire y seres vivos. El proceso mediante el cual los fragmentos de roca se hacen cada vez más pequeños, se disuelven o van a formar nuevos compuestos, se conoce como meteorización. Los productos rocosos de la meteorización se mezclan con el aire, agua y restos orgánicos provenientes de plantas y animales para formar suelos. Este proceso tarda muchos años, razón por la cual los suelos son considerados recursos naturales no renovables.

Los principales componentes del suelo son: materia orgánica viva y muerta, representada por restos de vegetales, por hongos, lombrices de tierra, insectos y otros animales y por el humus (material oscuro y pastoso que se ha formado durante siglos sobre el perfil del suelo); materia inorgánica, originada por el proceso de meteorización, produciendo así algo de fósforo, azufre y nitrógeno, los cuales determinan que un suelo sea fértil para un tipo de cultivo.

Por otro lado, se encuentra otro significado de suelo, en el cual se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

Dentro del marco de esta investigación, se tomará en cuenta el último significado ya que se le dará relevante importancia a las actividades antropogénicas, con las cuales día a día el suelo en su estado natural convive de manera directa con el hombre.

1.1.2. Propiedades físicas del suelo

1.1.2.1. Textura

El suelo está constituido por partículas de diferente tamaño. Conocer la granulometría es esencial para cualquier estudio del suelo. Para agrupar a los constituyentes del suelo según su tamaño se han establecido muchas clasificaciones. Básicamente todas aceptan los términos de grava, arena, limo y arcilla, pero difieren en los valores de los límites establecidos para definir cada clase. Definimos textura del suelo como la relación existente entre los porcentajes de las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla). Las combinaciones posibles de estos porcentajes pueden agruparse en unas pocas clases de tamaño de partículas o clases texturales. Se utilizan numerosos tipos de diagramas (circulares, de barras), pero el más ampliamente empleado es el triángulo de texturas o Diagrama textural. (Ver Figura 1)

1.1.2.2. Color

El color del suelo depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad. El color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado; el blanco y el gris indican presencia de cuarzo, yeso y caolín; y el negro y marrón indican materia orgánica. Cuanto

más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica.

El color del suelo puede proporcionar información clave sobre otras propiedades del medio edáfico. Por ejemplo, suelos de colores grisáceos y con presencia de "moteados o manchas" son síntomas de malas condiciones de aireación. Horizontes superficiales de colores oscuros tenderán a absorber mayor radiación y por consiguiente a tener mayores temperaturas que suelos de colores claros. La medición del color del suelo se realiza con un sistema estandarizado basado en la Tabla de Colores Munsell¹. En la Figura 2 se miden los tres componentes del color:

- Tono (hue) (En suelos es generalmente rojizo o amarillento)
- Intensidad o brillantez (chroma)
- Valor de luminosidad (value)

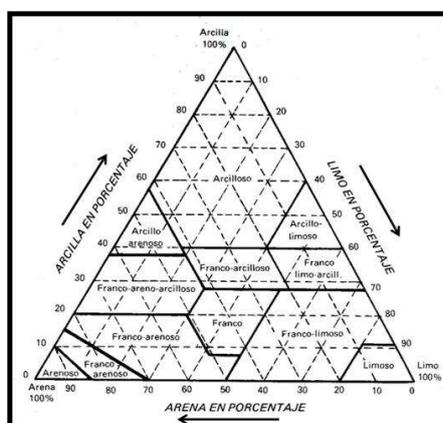


Figura 1. Denominación de los suelos según la textura.

Fuente: Textura de la fracción de tierra (FAO, 2009).

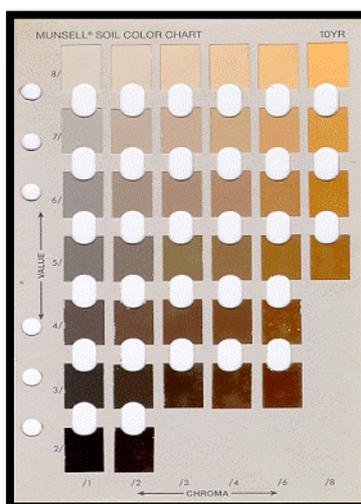


Figura 2. Hoja de colores 10YR.

Fuente: Tabla de colores Munsell (FAO, 2009).

¹ Se basa en una disposición ordenada en sólido tridimensional formado por tres ejes correspondientes al tono o matiz (la longitud de onda dominante del color y la cualidad que lo distingue de los demás), al valor o luminosidad (claridad u oscuridad) y a la saturación (intensidad o pureza).

1.1.2.3. Permeabilidad

Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire, y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura. Un estanque construido en suelo impermeable perderá poca agua por filtración. (FAO, 2007).

Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la filtración. Algunos suelos son tan permeables y la filtración tan intensa que para construir en ellos cualquier tipo de estanque es preciso aplicar técnicas de construcción especiales.

Muchos factores afectan a la permeabilidad del suelo. En ocasiones, se trata de factores en extremo localizados, como fisuras y cárcavas, y es difícil hallar valores representativos de la permeabilidad a partir de mediciones reales. Un estudio serio de los perfiles de suelo proporciona una indispensable comprobación de dichas mediciones. Las observaciones sobre la textura del suelo, su estructura, consistencia, color y manchas de color, la disposición por capas, los poros visibles y la profundidad de las capas impermeables como la roca madre y la capa de arcilla, constituyen la base para decidir si es probable que las mediciones de la permeabilidad sean representativas.

El suelo está constituido por varios horizontes, y que, generalmente, cada uno de ellos tiene propiedades físicas y químicas diferentes. Para determinar la permeabilidad del suelo en su totalidad, se debe estudiar cada horizonte por separado. La permeabilidad del suelo se relaciona con su textura y estructura. El tamaño de los poros del suelo reviste gran importancia con respecto a la tasa de filtración (movimiento del agua hacia dentro del suelo) y a la tasa de percolación (movimiento del agua a través del suelo). El tamaño y el número de los poros guardan estrecha relación con la textura y la estructura del suelo y también influyen en su permeabilidad.

- **Variación de la permeabilidad según la textura del suelo**

Por regla general, como se muestra a continuación, mientras más fina sea la textura del suelo, más lenta será la permeabilidad. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Variación de permeabilidad según textura.

Textura	Permeabilidad (cm/h)
Arenoso	5.00
Franco arenoso	2.50
Franco	1.30
Franco arcilloso	0.80
Arcilloso limoso	0.25
Arcilloso	0.05

Fuente: Conservación del suelo (Hudson, 2016).

- **Variación de la permeabilidad según la estructura del suelo**

La estructura puede modificar considerablemente las tasas de permeabilidad mostradas anteriormente de la forma siguiente. (Ver Tabla 2):

Tabla 2. Variación de permeabilidad según estructura.

Textura	Permeabilidad
Arenoso	De muy lenta a muy rápida
Franco arenoso	
En bloque	
Prismática	

Fuente: Conservación del suelo (Hudson, 2016).

1.1.2.4. Consistencia

La consistencia es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto. Dichas fuerzas dependen del contenido de humedades, por esta razón la consistencia se debe expresar en términos de seco, húmedo y mojado.

Se refiere a las fuerzas que permiten que las partículas se mantengan unidas; se puede definir como la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o amasada. Las fuerzas que causan la consistencia son: cohesión y adhesión.

La cohesión es debida a atracción molecular en razón, a que las partículas de arcilla presentan carga superficial, por una parte y la atracción de masas por las fuerzas de Van der Waals, por otra. (Navarro & Navarro, 2013) .Además de estas fuerzas, otros factores tales como compuestos orgánicos, carbonatos y óxidos de hierro y aluminio, son agentes que integran el mantenimiento conjunto de las partículas.

La cohesión entonces es la atracción entre partículas de la misma naturaleza.

Por lo tanto, la adhesión se debe a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta, excesivamente, la adhesión tiende a disminuir. El efecto de la adhesión es mantener unidas las partículas por lo cual depende de la proporción agua/aire.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se puede afirmar que la consistencia del suelo posee dos puntos máximos; uno cuando está en estado seco debido a cohesión y otro cuando húmedo que depende de la adhesión.

1.1.2.5. Porosidad

Como consecuencia de la textura y estructura del suelo tenemos su porosidad, es decir su sistema de espacios vacíos o poros. Los poros en el suelo se distinguen en: macroscópicos y microscópicos.

Los primeros son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. Los segundos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares.

Los terrenos arenosos son ricos en macro poros, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en microporos, y pueden manifestar una escasa aeración, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua.

Según los principios y fundamentos de la hidrología superficial (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006), la porosidad puede ser expresada con la relación:

$$V = \frac{V_e}{V}$$

Donde:

V_e : volumen de espacios vacíos, comprendiendo los que están ocupados por gases o líquidos.

V : volumen total de la muestra, comprendiendo sólidos, líquidos y gases.

La porosidad puede ser determinada por la fórmula:

$$P = \frac{S - S_a}{S} * 100$$

Donde:

P : porosidad en porcentaje del volumen total de la muestra.

S : densidad real del suelo; S_a : densidad aparente del suelo.

En líneas generales la porosidad varía dentro de los siguientes límites (Constantinidis, 2006):

- Suelos ligeros: 30 % – 45 %
- Suelos medios: 45 % – 55 %
- Suelos pesados: 50 % – 65 %
- Suelos turbosos: 75 % – 90 %

1.2. Concepto de cuenca y sub-cuenca

1.2.1. Definición

El término cuenca es usado para definir territorio en el que sus aguas llegan a un río mayor, un lago o un mar, se filtran o se evaporan. Una cuenca también es un valle o una zona hundido y rodeada de montañas. Existen básicamente dos tipos de conceptos de cuenca: hidrográfica e hidrológica.

La cuenca hidrográfica es una unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Esta familia de cuenca son unidades morfológicas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como parteaguas². El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes, pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja.

Por otro lado, la definición de cuenca hidrológica es más integral que la de cuenca hidrográfica. Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales que además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo; en otras palabras, se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica.

1.2.2. Tipos de cuenca

Existen varios tipos de cuencas según algunas características en común (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

- **Por su tamaño geográfico**

Las cuencas hidrográficas pueden ser:

- Grandes
- Medianas
- Pequeñas

Los conceptos de pequeñas cuencas o microcuencas pueden ser muy relativos cuando se desarrollen acciones, se recomienda entonces utilizar criterios conjuntos de comunidades o unidades territoriales.

- **Por su ecosistema**

Según el medio o el ecosistema en la que se encuentran, establecen una condición natural:

- Cuencas áridas (cuenca del río Cañete)
- Cuencas tropicales (cuenca del canal de Panamá)
- Cuencas frías (cuenca del Lago Titicaca)
- Cuencas húmedas

- **Por su objetivo**

Por su vocación, capacidad natural de sus recursos, objetivos y características, las cuencas pueden denominarse:

- Hidro energéticas
- Agua poblacional
- Agua para riego

² El parteaguas es igual a la línea divisoria, nombre con la que usualmente es conocida.

- Agua para navegación
- Uso ganadero
- De uso múltiple

- **Por su relieve**

Considerando el relieve y accidentes del terreno, las cuencas pueden denominarse:

- Cuencas planas,
- Cuencas de alta montaña
- Cuencas accidentadas o quebradas

- **Por la dirección de la evacuación de las aguas**

Existen tres tipos de cuencas:

- Exorreicas o abiertas: drenan sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuenca del río Rímac, en la vertiente del Pacífico.
- Endorreicas o cerradas: desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar. Por ejemplo, la cuenca del río Huancané, en la Vertiente del Titicaca.
- Arreicas: las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta patagónica central pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia. También son frecuentes en áreas del desierto del Sáhara y en muchas otras partes.

1.2.3. Partes de una cuenca

- **Subcuencas**
Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.
- **Microcuencas**
Es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; es decir, que una subcuenca está dividida en varias microcuencas.
- **Quebradas**
Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.
- **Cuenca alta**
Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.
- **Cuenca media**
Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido.

- **Cuenca baja o zonas transicionales**
Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales.
- **Zona de captación – transporte**
Es la porción de la cuenca que en principio se encarga de captar la mayor parte del agua que entra al sistema, así como de transportar el agua proveniente de la zona de cabecera. Esta zona puede considerarse como de mezcla ya que en ella confluyen masas de agua con diferentes características físico-químicas.
- **Zona de emisión**
Se caracteriza por ser la zona que emite hacia una corriente más caudalosa el agua proveniente de las otras dos zonas funcionales.
- **Divisoria de aguas**
La divisoria de aguas o *divortium aquarum* es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre cuencas hidrográficas y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. También se denomina “parteaguas”.
- **Río principal**
El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud. Tanto el concepto de río principal como el nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre el río principal y afluente. Sin embargo, la mayoría de cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura.

1.2.4. Efectos del clima

El Perú que se caracteriza por una gran variabilidad climática, consecuencia de su posición geográfica y una compleja topografía. Esta complejidad determina los regímenes pluviales y de temperaturas a nivel regional, lo que a su vez condiciona la dinámica de las cuencas hidrográficas de nuestro país. Para realizar una gestión apropiada de cada cuenca es importante conocer sus parámetros climáticos, así como su variabilidad natural y sus tendencias históricas. Todo esto es posible al comprender el balance hidrológico de cada cuenca y proyectar su evolución o comportamiento futuro. Estos puntos son muy importantes en materia de adaptación en gestión del agua. Los posibles impactos del cambio climático sobre las cuencas dependen de múltiples factores tales como la orografía de la región, su ubicación (zona costera o valle, etc.), sensibilidad climática o respuesta del régimen de temperatura y lluvia, local y regional, ante la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y especialmente por efectos antropogénicos tales como la urbanización, la deforestación, la contaminación del agua y la sobreexplotación de acuíferos, entre otros. Para una buena gestión del agua y preservación de las cuencas hidrográficas es importante y necesaria conocer la sensibilidad climática de la región, es decir la variabilidad climática natural y las tendencias de temperatura y de

precipitación como detonantes del régimen de escurrimientos y de gastos en la cuenca. (Belitskaya, 2000)

1.3. Química de los suelos

La química del suelo es de suma importancia para todo tipo de estudio que se haga en la ingeniería civil. Un estudio de suelos permite dar a conocer la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar. Esta investigación que hace parte de la ingeniería civil es clave en la realización de una obra para determinar si el terreno es apto para llevar a cabo la construcción de un inmueble u otro tipo de intervención. Sin embargo, la presente investigación se enfocará en la interpretación química de los sedimentos en la cuenca de Piura, con fines distintos a conocer la composición química del suelo como material constructivo, sino para saber la química de éste y las condiciones en las que se encuentra actualmente, desde un enfoque agroindustrial.

La química es necesaria para la producción agrícola, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas, están en relación directa con los nutrimentos y las características de los suelos. El rendimiento de un cultivo es afectado por diversos factores, entre los que ocupa un lugar importante la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas en el suelo. Cuando estos nutrientes no están en cantidades adecuadas, hay necesidad de adicionar fertilizantes químicos o enmiendas para suplir las necesidades y corregir condiciones adversas. Desde este punto de vista, el análisis químico del suelo puede suministrar información muy valiosa. Nos permite clasificar los suelos en grupos afines, predecir las probabilidades de obtener respuesta positiva a la aplicación de elementos nutritivos, ayudar en la evaluación de la fertilidad del suelo y de igual manera determinar las condiciones específicas del suelo que pueden ser mejoradas. Sin embargo, no debe olvidarse que, en la producción de cultivos, interviene un conjunto de factores de gran importancia como: clima, variedades, control fitosanitario, manejo general y otras, que podrían limitar el desarrollo adecuado de una planta si no se encuentra en el grado óptimo requerido. De todas maneras, la eliminación de las deficiencias nutricionales se considera la más decisiva, responsable en la mayoría de los casos hasta aumentos de 50 % en el rendimiento. (CONADESUCA, 2015)

1.4. Usos más comunes referidos a la interacción agua-suelo

Un caso de interacción química agua-suelo muy remarcable es el que se da en el proceso de licuación, el cual sucede ante la presencia de un movimiento telúrico en un suelo cohesivo altamente saturado. Durante los terremotos, el movimiento del terreno puede causar una pérdida de la firmeza o rigidez del suelo que da como resultados el desplome de edificaciones, deslizamientos de tierra, daños en las tuberías, entre otros. Este fenómeno está principalmente, más no exclusivamente, asociado con suelos saturados poco cohesivos. El término licuación, incluye entonces todos los fenómenos donde se dan excesivas deformaciones o movimientos como resultado de transitorias o repetidas perturbaciones de suelos saturados poco cohesivos.

Algunos de los efectos de licuación del suelo son catastróficos, tales como la falla de grandes pendientes o presas, el desplome de edificios y puentes, el colapso parcial o total de muros de contención. Otros sin embargo son un poco menos dramáticos como largas

deformaciones de la superficie terrestre, el asentamiento y consecuente inundación de grandes áreas, etc. Aún estos efectos laterales en muchos terremotos causan daños de grandes proporciones a carreteras, vías férreas, tuberías y edificios.

1.4.1. Casos de interacción agua-suelo

A continuación, se hará referencia de algunos casos con los usos más comunes, mencionados anteriormente.

Caso del terremoto de Niigata, Japón en 1964

Se apreció lo importante que es tener un conocimiento de la interacción química entre el agua y suelo presente. El fenómeno de licuación de suelos ha sido una de las mayores causas de destrucción de estructuras e instalaciones en las áreas costeras de la Bahía de Osaka, y en especial en las áreas ganadas al mar e islas artificiales como Port Island y Rokko.

Se ha determinado que el asentamiento máximo ha sido de más de 3 metros y en algunos lugares paredes de muelle se han desplazado más de 5 metros lateralmente hacia el mar. La mayoría de las grúas de contenedores se descarrilaron y se dañaron como resultado del movimiento del suelo inducido por la licuación. Depósitos de arena y grava enlodaron áreas de patios de contenedores y vías vehiculares, sin embargo, hubo sólo daños ligeros en la parte central de las islas, en donde las construcciones en altura se construyeron sobre cimentación con pilotes y métodos de mejoramiento como drenaje de arena. (Lopera, 2009)

Caso de la interacción suelo-agua-raíz

La mayoría de las especies vegetales obtienen el agua del suelo. El agua se mueve a través del suelo, penetra al interior de las raíces y pasa al área de la planta desde donde casi la totalidad pasa a la atmósfera por el proceso de transpiración. En su conjunto, el agua del suelo, planta y atmósfera constituye un continuo en el que ésta se desplaza de acuerdo a gradientes de energía. El proceso es de naturaleza física en el sentido de que no utiliza en forma directa la energía metabólica de la planta.

El estado hídrico de las plantas, dentro de cierto límite, es el resultado del intercambio de agua entre dos fuentes principales, el agua del suelo y de la atmósfera. Si la planta pierde más agua a la atmósfera de la que absorbe, se produce un déficit hídrico. (Acevedo, 1979)

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Aspectos geológicos e hidrológicos generales

La Región Piura tiene un área superficial de 35 892.49 km², de la cual 12 216 km² pertenecen a la cuenca del río Piura, que comprende a cinco provincias: Piura, Morropón, Sechura, Ayabaca y Huancabamba.

El río Piura pertenece al sistema hidrográfico de la Gran Cuenca del Pacífico, tiene su origen a 3400 m.s.n.m. en las inmediaciones del cerro Parathón, inicialmente toma el nombre de quebrada de Parathón hasta unirse con la quebrada Cashapite, para dar origen a la quebrada Chalpa, que al unirse con la llamada Overall, dan origen al río Huarmaca. Este río mantiene su nombre hasta la localidad de Serrán; por su margen izquierda recibe el aporte del Chignia o San Martín. La unión del río Huarmaca con el Pusalca y el Pata dan origen al río Canchaque, que recorre con dirección noroeste hasta la confluencia con el río Bigote. (Condesan, 2007)

A partir de la unión de los ríos Canchaque y Bigote se denomina río Piura, que recorre con dirección noroeste hasta la localidad de Tambogrande, desde este punto hasta Curumuy recorre en dirección Oeste, para luego recorrer en dirección Sur – Oeste hasta la localidad de Catacaos donde se desvía de su cauce natural en dirección sur hasta la depresión que conforma la Laguna Ramón de 12 km² de espejo de agua denominada “La Niña”, esta laguna se conecta por el lado norte con la Laguna Ñapique de 8 km² de espejo de agua.

Cuando las dos lagunas se llenan durante el fenómeno de El Niño, el agua rebasa y se dirige hacia el oeste mediante un cauce natural, el cual conecta con la Laguna Las Salinas de 150 km² de espejo de agua, la que se conecta finalmente con el Estuario de Virrilá para desembocar en el Océano Pacífico.

El río Piura tiene una longitud aproximada de 295 km. Presenta una pendiente suave en un tramo de 248 km. Entre la desembocadura y la conexión con el río Huarmaca, las pendientes varían de la siguiente manera:

- Laguna Ramón – Ciudad de Piura 0.03 %
- Piura - Tambogrande 0.08 %
- Tambogrande - Malacasí 0.13 %
- Malacasí y confluencia Huarmaca – Chignia 0.35 %

- El tramo final de 32 km. tiene una pendiente promedio de 7.8 %. (Condesan, 2007)

La hidrología de la cuenca del río Piura tiene una especial importancia, debido a que es el centro de convergencia de todos los factores de riesgo ante una población vulnerable, especialmente cuando se da el fenómeno “El Niño”. Estos factores de riesgo están estrechamente vinculados con el manejo del recurso hídrico en los centros poblados, centros industriales, manejo del agua de riego en los terrenos de cultivos, etc.; servicio que ostentan los pobladores, organizaciones de usuarios, e instituciones vinculadas con el ordenamiento y la normatividad para el uso sostenido de este recurso.

Por otro lado, la cuenca del río Piura geológicamente está conformada por una amplia gama de rocas y suelos, con un rango comprendido entre el Precámbrico y el Cuaternario.

Las unidades estratigráficas más antiguas de la columna geológica constituyen el Zócalo Precámbrico y el del Paleozoico Inferior que conforman un complejo Metamórfico-ígneo desarrollado en varias fases de metamorfismo regional.

Rocas de edad Mesozoica del Triásico al Cretáceo se exponen en el sector sur y noreste del área, constituyendo parte las Cuencas de Ñaue y Lancones respectivamente; son de naturaleza sedimentaria, volcánicas y volcánico-sedimentarias depositadas, debido a que, en el Mesozoico, la región sufrió una transgresión sobre cuencas estructurales a diferentes niveles, de forma tal que la transgresión no se llevó a cabo sincrónicamente, sino progresivamente.

Después de la tectogénesis ocurrida en el cretáceo terminal o a principios del Terciario, la región sufrió una marcada denudación y gran parte de las cuencas volcánicas cenozoicas que conforman el Sector nororiental (Cuenca de Lancones) y Sur Occidental se desarrollaron.

Coincidente con la deposición en estos materiales en la Cuenca de Lancones, en la de Sechura, como consecuencia del efecto de subsidencia producida por los movimientos tafrogénicos que afectaron el área se produjeron ingresos progresivos de mar hacia el Este.

En la cuenca de Sechura, estos movimientos iniciados en el Eoceno Superior, cuyo desarrollo se tradujo en la emersión de la Cordillera de la Costa (representada por los Cerros de Illescas y las Islas Lobos de Tierra y Lobos de afuera) provocó una amplia zona de hundimientos y de acumulación clástica nació el Este (Depresión para Andina) limitada por el frente occidental de los Andes. (Castro, 2004)

Posterior a estos sucesos, el vulcanismo se restringió a ciertas áreas. En el Plio—Pleistoceno se acumularon conos de piroclásticos a lo largo de la falla de Huaypira, que deben ser contemporáneas a la sedimentación clástica con influencia volcánica que conforman la afloración Tambo Grande.

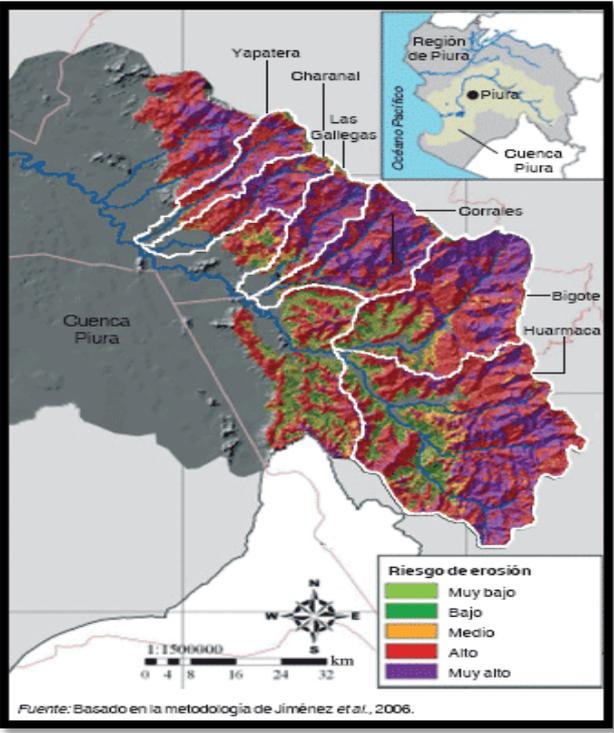
En el Cuaternario mientras la región Occidental de la cuenca ha estado sometida a movimientos eustáticos que han dado lugar a la formación de los tablazos marinos, en la región oriental, los cinturones orográficos estaban sometidos a efectos de glaciación (con formación de circos glaciares) y en las partes bajas se acumulaban materiales aluviales o fluviales. (Castro, 2004)

Posterior a estos sucesos, en la llanura costanera se han emplazado mantos de arena eólica durante un tiempo prolongado, persistiendo hasta la actualidad este proceso.

2.1.1. Subcuencas del río Piura

A continuación, en la Tabla 3 se hace una breve descripción de la formación de la cuenca del río Piura por las diversas subcuencas.

Tabla 3. Subcuencas del río Piura.

Descripción	Figura
<p>Según el libro “Para vencer la muerte” (Hocquenghem, 1988) destaca que la cuenca del río Piura, está constituida por nueve subcuencas: Huarmaca o San Martín, Pata, Puzmalca, Canchaque, Bigote, Corral del Medio, La Gallega, Yapatera y Charanal.</p> <p>Las subcuencas se encuentran ilustradas en la Figura 3.</p>	 <p>Fuente: Basado en la metodología de Jiménez et al., 2006.</p> <p>Figura 3. Subcuencas del río Piura.</p> <p>Fuente: Depósito de documentos de la FAO. Los bosques y el agua.</p>

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1.1. Subcuenca Chignia

Se ubica en el extremo sur de la cuenca, comprendida en el distrito de Huarmaca; el curso principal nace de la confluencia de las quebradas Ladrillo y San Martín, aguas abajo se denomina río Chignia hasta su confluencia con el río Huarmaca.

2.1.1.2. Subcuenca Huarmaca

La subcuenca Huarmaca también ubicada al extremo sur de la cuenca del río Piura, se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Huarmaca; su curso principal resulta de la unión de las Quebradas Cashapite y Overall; en la subcuenca del río Huarmaca se desarrollará a futuro las obras del Proyecto Especial Hidro energético Alto Piura.

2.1.1.3. Subcuenca Pata-Pusmalca

Está constituida por dos microcuencas, las cuales nacen en las partes altas de los distritos de San Miguel del Faique y Canchaque, desembocan en el río Canchaque frente a Serrán en el Distrito de Salitral.

2.1.1.4. Subcuenca Bigote

Es la de mayor extensión de la parte alta, comprende a los distritos de Canchaque, Lalaquí, San Juan de Bigote, Yamango, Huancabamba y Salitral; el curso principal nace de la confluencia de las Quebradas Pache y Payaca, aguas abajo recibe los aportes de las Quebradas San Lorenzo por la margen derecha y Singocate por la margen izquierda. Las aguas de esta subcuenca desembocan al río aguas abajo de Salitral; en su ámbito se encuentran las quebradas secas Jaguay, Mangamanga y Tabernas, las cuales desembocan directamente al río Piura, formando conos aluviales agrícolas que son regados con aguas del río Bigote.

2.1.1.5. Subcuenca Corral del Medio

Comprende a los distritos de Yamango, Chalaco y partes de los distritos de Buenos Aires, Santa Catalina de Mossa y Morropón. Su sistema hidrográfico comprende a dos ríos principales: Chalaco y Piscan. Antes de su desembocadura en el río Piura, se une con el río La Gallega. Al ámbito de la subcuenca Corral del Medio se le ha integrado la quebrada El Carrizo porque en su desembocadura las áreas agrícolas son abastecidas por el río Corral del Medio.

2.1.1.6. Subcuenca La Gallega

Comprende los distritos de Santo Domingo, Santa Catalina de Mossa, parte de Chalaco y Morropón. El curso principal del río se inicia de la confluencia de la quebrada Santo Domingo y el río Ñoma; antes de su desembocadura en el río Piura, se une con el río Corral de Medio. Al ámbito de esta subcuenca se le ha integrado la quebrada El Cerezo.

2.1.1.7. Subcuenca Charanal

Las Damas comprende a los distritos de Frías, Santo Domingo y Chulucanas. El río más importante de esta Subcuenca es el río Charanal, que nace en las alturas de Poclus con el nombre de la Quebrada Huaitaco, aguas abajo se denomina río San Jorge. Al desembocar al río Piura se tiende a unir con el río Las Damas, debido a que conforman un solo Valle que comparte las aguas para riego.

2.1.1.8. Subcuenca Yapatera

Comprende a los distritos de Frías y Chulucanas. El río principal nace en las inmediaciones del Cerro Cachiris, tomando el nombre inicial de río de Frías, desemboca en el río Piura cerca de la ciudad de Chulucanas. A este

ámbito de subcuenca se integra la quebrada Guanábano que desemboca directamente en el río Piura pero que comparte las aguas de riego con el río Yapatera.

2.1.1.9. Subcuenca Sáncor

Comprende a los distritos de Frías y Chulucanas. El río principal nace de la confluencia de las Quebradas Geraldo y Socha, desemboca en el río Piura cerca al poblado de Paccha.

2.2. Parámetros geomorfológicos

La geomorfología estudia y pretende cuantificar determinados rasgos de la superficie terrestre. La cuenca actúa como un colector que recibe las precipitaciones y las transforma en escurrimientos, esta función se realiza con ciertas pérdidas cuya interrelación con los factores hidrológicos, el clima y configuración del terreno es muy compleja.

A la fecha se ha comprobado la influencia de ciertos parámetros con respuestas hidrológicas en una cuenca, como lo son: área, forma, pendiente, elevación media, red de drenaje y cauce principal. Es conveniente aclarar que el carácter hidrológico tiende a formar características físicas propias. Aceptando esta interrelación se puede predecir una respuesta hidrológica en la cuenca, lo cual constituye una de las aplicaciones más importantes de la geomorfología.

2.2.1. Área de la cuenca

El área de la cuenca está definida por el espacio delimitado por la curva del perímetro. (Ver Figura 4). Esta línea se traza normalmente mediante fotointerpretación de fotografía aéreas en las que se aprecia el relieve (y por lo tanto las divisorias de aguas) o sobre un mapa topográfico en función las curvas de nivel representadas. Probablemente sea el factor más importante en la relación escorrentía-característica morfológica. En ocasiones, debido a que los métodos de estima de la escorrentía sólo son válidos si se aplican a áreas de características similares, es necesario tener que dividir las cuencas de gran tamaño, en las que la red de drenaje es muy compleja, en subcuencas o subsistemas de menor entidad, pero mayor homogeneidad.

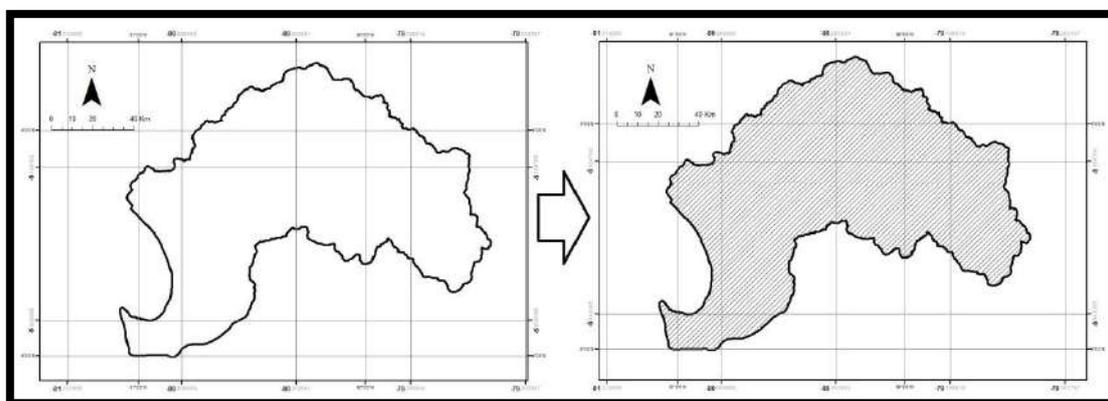


Figura 4. Perímetro y área de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

Para su cálculo se puede usar papel milimetrado o un planímetro, pero también es posible determinarla por medio de herramientas informáticas, para lo que es necesario disponer de una base cartográfica digital y de un SIG (ArcView, ArcGIS, etc.) o un programa de dibujo asistido por ordenador (ACAD, etc.). En este caso se hizo mediante el software ArcGIS.

2.2.2. Longitud, perímetro y ancho

La longitud L de la cuenca (Figura 5) viene definida por la longitud de su cauce principal, siendo la distancia equivalente que recorre el río entre el punto de desagüe aguas abajo y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba. Al igual que la superficie, este parámetro influye enormemente en la generación de escorrentía y por ello es determinante para el cálculo de la mayoría de los índices morfométricos. En cuanto al perímetro de la cuenca, P (Figura 5), informa sucintamente sobre la forma de la cuenca. Para una misma superficie, los perímetros de mayor valor se corresponden con cuencas alargadas mientras que los de menor valor lo hacen con cuencas redondeadas.

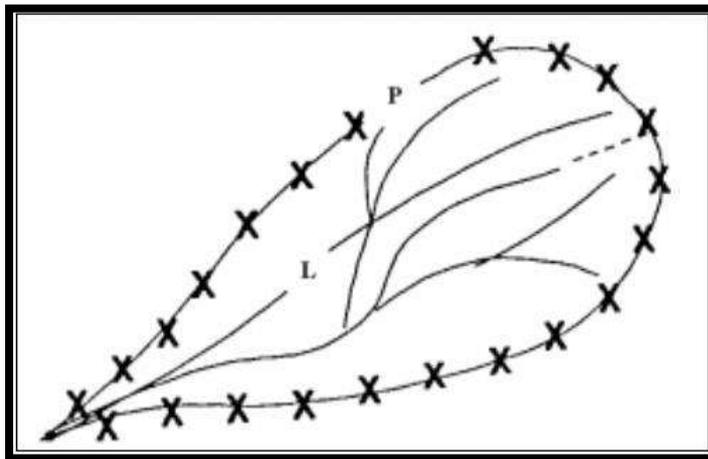


Figura 5. Longitud y perímetro de una cuenca.

Fuente: El río y la forma (Elliott 2010).

Finalmente, el ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L); se designa por la letra W de forma que:

$$w = \frac{A}{L}$$

Dónde:

A : superficie de la cuenca en km^2

L : longitud de la cuenca en km .

En cuanto al procedimiento a seguir para medir longitudes de líneas, también resulta sencillo. Al margen de las herramientas informáticas o específicas para medida en papel (curvímetros), un simple hilo o cordel fino que reproduzca lo más fielmente posible las sinuosidades del cauce o del perímetro exterior normalmente basta para determinarla con suficiente precisión. Las longitudes como unidad de

medida utilizan el km. En la presente tesis para realizar esta medida se hizo mediante el software ArcGIS.

2.2.3. Pendiente media o promedio de la cuenca (J)

Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo.

$$J = 100 * \frac{\sum L_i * E}{A}$$

Dónde:

J: pendiente media de la cuenca, L_i : longitud de cada una de las curvas de nivel (km).

E: equidistancia de las curvas de nivel (km) y A: superficie de la cuenca (km^2).

2.2.4. Desnivel altitudinal (DA)

Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca (HM) y la más baja (hm); es decir ($DA = HM - hm$). Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

2.2.5. Tipos de sedimentos presentes

Los puntos de estudio que posteriormente se describirán a detalle, se encuentran en la cuenca Geológica de Lancones, y su respectivo drenaje se describe a continuación:

- **Gravas:** Sedimentos provenientes de la erosión y meteorización de rocas volcánicas y volcanosedimentarias, fragmentos subangulosos de diámetro que varían desde 2 mm a 256 mm. Se encuentran en los depósitos fluviales y aluviales formando extensas áreas de canteras.
- **Arenas:** Sedimentos de grano medio a fino, de alto contenido de sílice y aluminio. Se observan en depósitos fluviales formados por los ríos y constituyen extensas áreas agrícolas.
- **Limos:** sedimento fino se encuentra in situ al lugar como también transportados por los agentes erosivos y son los principales constituyentes en áreas agrícolas por retener partículas de minerales que son la principal fuente de alimentación de las plantas.
- **Arcillas:** Las rocas volcánicas en su mayoría se componen de plagioclasas que constituyen a las arcillas, están en su clasificación se diferencia por el porcentaje de sodio, potasio y aluminio que proporcionan ciertos minerales al suelo, también retienen a los minerales de hierro que dan aspecto de coloración rojiza y amarillenta en algunas áreas de suelo poco compacto.

2.3. Introducción de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

2.3.1. Generalidades

Tradicionalmente la cartografía se ha representado sobre papel utilizando para su estudio todo el conjunto de técnicas introducidas en el tema anterior por no existir otro medio mejor. Esta cartografía, aunque muy adecuada para determinados usos por su facilidad de transporte y manejo, presenta ciertos inconvenientes (Universidad de Murcia, 2006):

- Los datos originales se simplifican para hacer el mapa legible (generalización), de este modo muchos detalles locales se pierden.
- Las áreas grandes quedan divididas entre varias hojas que, si han sido realizadas por diferentes autores presentarán información diferente en sus bordes.
- Resulta complejo e inexacto combinar información de diferentes mapas, especialmente si están a diferente escala.
- Se trata de documentos estáticos, ya que por su elevado coste tardan muchos años en ser actualizados, y fundamentalmente son cualitativos y resulta difícil representar medidas cuantitativas salvo que se utilicen isoclinas lo que implica una discretización importante de los valores.
- Disparidad de criterios entre hojas y entre ediciones.

A partir de mediados del siglo XX se producen un conjunto de fenómenos que llevan al desarrollo de la cartografía digital:

- Se incrementan tanto la demanda como la disponibilidad de datos espaciales y de técnicas para su análisis.
- La necesidad de controlar los cambios acelerados que sufre la superficie terrestre debido a procesos de naturaleza dinámica convierte a los mapas en papel en herramientas completamente inadecuadas debido a su naturaleza estática.
- El trabajo en diversas líneas de investigación básica y aplicada en ciencias de la tierra y medioambientales suele requerir la combinación de varios mapas representando diferentes propiedades para una misma zona y en diferentes períodos de tiempo, así como la incorporación de bases de datos temáticas.
- El conjunto de desarrollos tecnológicos globalmente denominados tecnologías de la información han permitido manejar grandes volúmenes de datos espaciales a muy bajo coste.
- Desarrollo de herramientas de digitalización y automatización de la cartografía.
- Desarrollo de programas y herramientas destinados a la integración y análisis de la misma, especialmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Disponibilidad de información espacial a intervalos regulares de tiempo (imágenes de satélite).
- Reducción del coste del hardware (ley de Moore) con lo que los SIG y la teledetección dejan de ser privativos de grandes centros de investigación o la administración.
- Aparición de CD y desarrollo de internet con lo que desaparecen los costes de almacenamiento y distribución de información digital.

Las diferencias fundamentales entre cartografía en papel y cartografía digital son:

- Mientras que la cartografía en papel tiene un carácter estático, la cartografía digital es dinámica en el sentido de que es mucho más sencillo, tanto desde el punto de vista tecnológico como económico, su actualización.
- La información debe estar perfectamente estructurada y sin ambigüedades para que los programas la puedan interpretar. Los ordenadores no pueden deducir la información eliminada o modificada por los procesos de generalización que puedan haberse utilizado. Un ejemplo habitual son las curvas de nivel cortadas para introducir una etiqueta de texto.
- Se introduce el concepto de capa como fichero, o parte de un fichero, que contiene información espacial de una sola variable (en algunos casos un fichero puede almacenar varias capas). Se reserva el término mapa para una combinación de capas preparadas para su visualización o impresión. No debe mezclarse información de diferentes tipos en una misma capa.

A lo largo de los años, tres tipos de programas se han utilizado tradicionalmente para el manejo de datos espaciales:

- Programas de CAD (Diseño Asistido por Ordenador). Permiten dibujar puntos, líneas y áreas en pantalla a partir de un sistema de coordenadas definido por el usuario. Se han utilizado sobre todo en arquitectura, ingeniería y diseño. Podían emplearse también, aunque de forma limitada, para hacer mapas.
- Programas de cartografía automática. Programas para crear mapas en impresoras de texto utilizando diferentes caracteres para simbolizar diferentes entidades o valores de variables.
- Programas para teledetección. Permitían generar mapas como nuevas imágenes obtenidas a partir de las imágenes originales captadas por el satélite. Hasta principios de la década de los noventa requerían hardware específico por la escasa potencia de los ordenadores personales.

Todos estos programas, junto con otros como los programas de gestión de bases de datos o las aplicaciones estadísticas, empiezan a converger a principios de los setenta hacia un nuevo tipo de aplicación informática, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) orientados a la codificación, gestión y cartografía de variables y entidades espaciales.

Los SIG se han desarrollado por tanto a partir de la confluencia de conceptos, ideas, métodos de trabajo, terminología e incluso prejuicios aportados por profesionales procedentes de diferentes campos. La interacción de estos profesionales ha supuesto que el desarrollo no haya seguido siempre la misma dirección y que aparezcan incluso perspectivas bastante diferentes de lo que es un SIG. Por ejemplo, pensando en la importancia que se otorga al tiempo aparecerían en un extremo los cartógrafos y en el otro los ecólogos. Para los primeros el tiempo no tiene importancia mientras que los segundos estudian procesos que ocurren en el espacio, pero a una velocidad relativamente alta.

2.3.2. Concepto de SIG

En general, un Sistema de Información (SI) consiste en la unión de información en formato digital y herramientas informáticas (programas) para su análisis con unos objetivos concretos dentro de una organización (empresa, administración, etc.). Un SIG es un caso particular de SI en el que la información aparece georreferenciada es decir incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica (generalmente UTM). Cuando se habla de Sistemas de Información, suele pensarse en grandes sistemas informáticos que prestan apoyo a empresas u organismos de cierta envergadura. Este apoyo implica (Universidad de Murcia, 2006):

- El almacenamiento de la información relativa al capital de la empresa y a todas las transacciones.
- Permitir la consulta de datos particulares con cierta facilidad y desde diferentes puntos.
- Analizar estos datos para obtener un mejor conocimiento de las vicisitudes que atraviesa la empresa.
- Ayudar en la toma de decisiones importantes.

Si pensamos en el SIG de una región, este contendrá información ambiental y socioeconómica de manera que podamos consultar las características de un determinado espacio o cuales son las áreas que cumplen con el conjunto de criterios recomendables para, por ejemplo, instalar un parque eólico. De este modo un SIG se convierte en una herramienta fundamental para llevar a cabo estudios de Ordenación del territorio o valoración de impacto ambiental. Más adelante se expondrán algunos ejemplos de consultas, análisis y tomas de decisión basados en SIG.

Podríamos considerar, en sentido amplio que un SIG está constituido por:

- Bases de datos espaciales en las que la realidad se codifica mediante unos modelos de datos específicos.
- Bases de datos temáticas cuya vinculación con la base de datos cartográfica permite asignar a cada punto, línea o área del territorio unos valores temáticos.
- Conjunto de programas que permiten manejar estas bases de datos de forma útil para diversos propósitos de investigación, docencia o gestión.
- Conjunto de ordenadores y periféricos de entrada y salida que constituyen el soporte físico del SIG. Estas incluyen tanto el programa de gestión de SIG cómo otros programas de apoyo. Debido a los requerimientos de velocidad, almacenamiento y memoria RAM de un SIG, generalmente es preferible destinar un ordenador en exclusiva a la implementación del SIG, bien sea actuando como servidor o como ordenador personal.
- Comunidad de usuarios que pueda demandar información espacial.
- Administradores del sistema encargados de resolver los requerimientos de los usuarios bien utilizando las herramientas disponibles o bien produciendo nuevas herramientas.

2.3.3. Aplicaciones y usos del suelo

Las aplicaciones son diversas pero las relacionadas íntegramente con el suelo se encuentran explicadas a continuación: (UNJFSC, 2008).

2.3.3.1. Cartografía automatizada

La cartografía automatizada constituye una nueva vertiente de la cartografía, que retoma sus conceptos y principios fundamentales (como ciencia de la comunicación de información geográfica y como ciencia de la investigación de la realidad geográfica a partir de modelos cartográficos), pero que, al incorporar la noción de gestión de bases de datos geográficos, impulsa el quehacer cartográfico, confiriéndole nuevas posibilidades como herramienta dinámica de representación, análisis y síntesis de la realidad geográfica (Franco, 1994). Por ello, las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía (Universidad de Murcia, 2006). (Ver Figura 6).

2.3.3.2. Infraestructura

Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y administración de redes de electricidad, gas, agua, teléfono, alcantarillado, etc. En este caso, los sistemas SIG almacenan información alfanumérica de servicios relacionados con las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de realizar un análisis de redes. Así mismo, los SIG permiten analizar el tipo de suelo presente en las infraestructuras para saber si corresponde a las cimentaciones requeridas.

La elaboración de mapas, así como la posibilidad de realizar una consulta combinada de información, ya sea gráfica o alfanumérica, son las funciones más comunes para estos sistemas, también son utilizados en trabajos de ingeniería, inventarios, planificación de redes, gestión de mantenimiento, entre otros. (Ver Figura 7).

2.3.3.3. Gestión territorial

Son aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de entidades territoriales y permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y suministran herramientas para el análisis espacial de la información. Facilitan labores de mantenimiento de infraestructura, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Tienen la facilidad de generar documentos con información gráfica y alfanumérica. (Ver Figura 8).

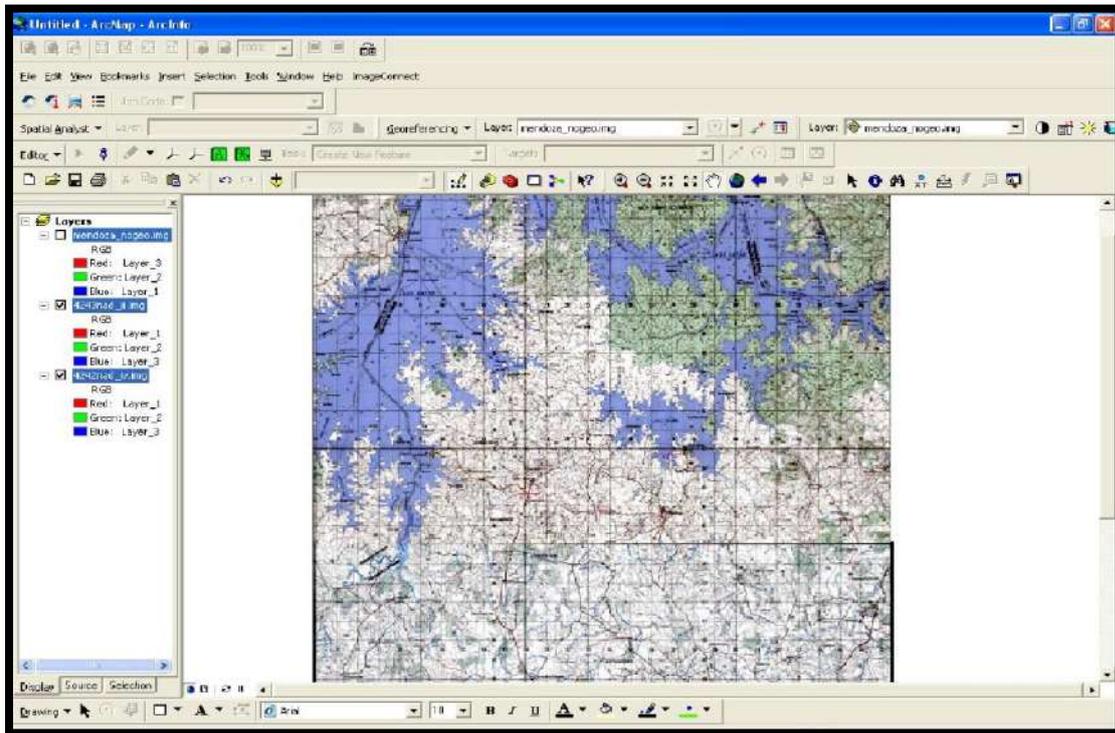


Figura 6. Uso del SIG en la cartografía automatizada.

Fuente: Green Map. (noviembre de 2012). Green Map. Recuperado el octubre de 2015, de <http://www.greenmap.org/greenhouse/es/node/2969>.

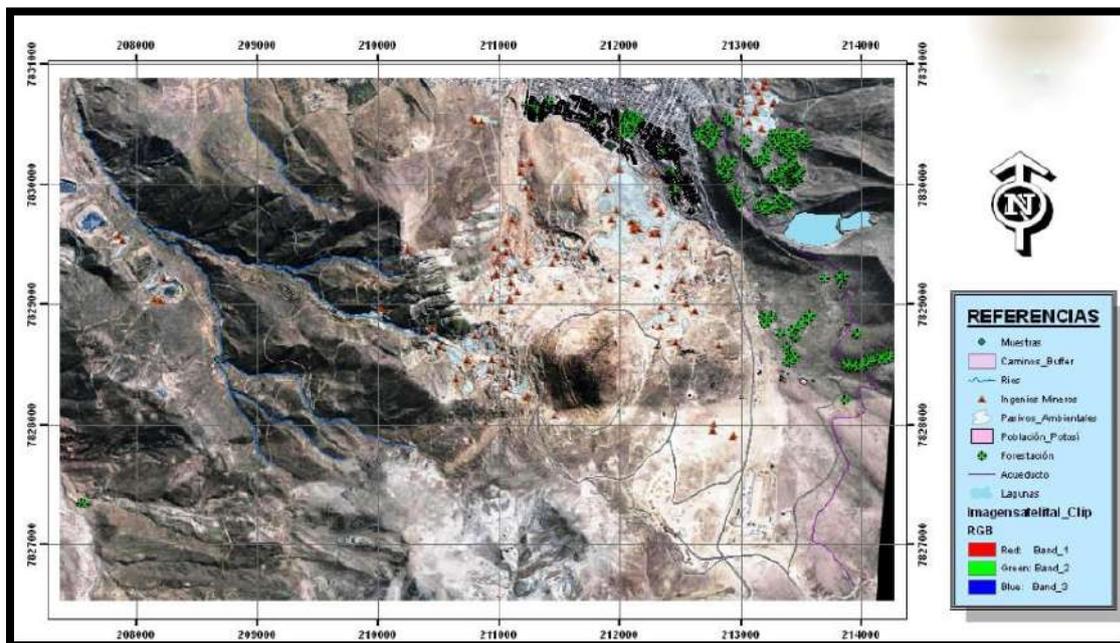


Figura 7. Uso del SIG en infraestructura.

Fuente: UNJFSC, S. d. (4 de Marzo de 2008). Sistemas de Información Geográfica UNJFSC. Recuperado el 01 de Febrero de 2016, de Sistemas de Información Geográfica UNJFSC: <https://sites.google.com/site/sisdeinfo geografica unj fsc /sectores-aplicables-sig>.

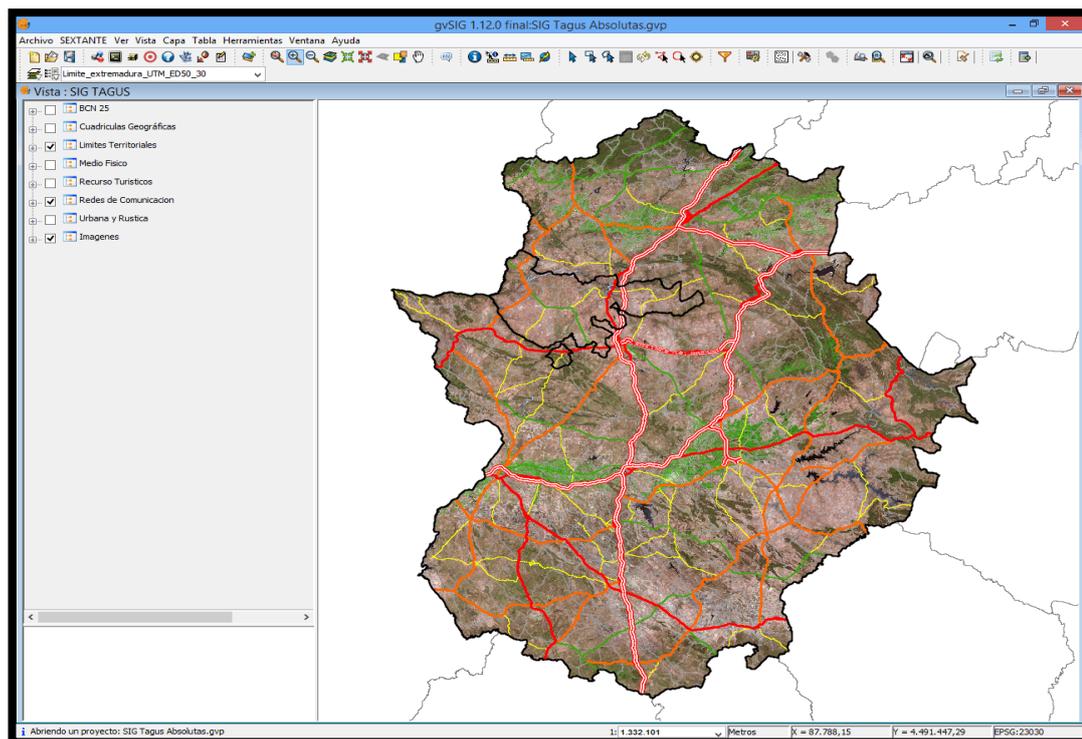


Figura 8. Uso del SIG en gestión territorial.

Fuente: UNJFSC, S. d. (4 de Marzo de 2008). Sistemas de Información Geográfica UNJFSC. Recuperado el 01 de Febrero de 2016, de Sistemas de Información Geográfica UNJFSC: <https://sites.google.com/site/sisdeinfgeograficaunjfsc/sectores-aplicables-sig>.

2.3.3.4. Medio ambiente

Son aplicaciones implementadas por instituciones de medio ambiente, que facilitan la evaluación del impacto ambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y medidas del caso. Facilitan una ayuda fundamental en trabajos tales como reforestación, explotaciones agrícolas, estudios de representatividad, caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc. (Ver Figura 9).

2.3.4. Funciones de un SIG

2.3.4.1. Captura de datos

Este tipo de programas tiene una gran cantidad y variedad de funciones para la construcción de la base de datos geográfica, las cuales, básicamente, consisten en procesar y transformar los datos de distintas fuentes al formato de datos del SIG. Como en todo software consiste básicamente en programas codificados que se cargan en la computadora para hacerla funcionar.

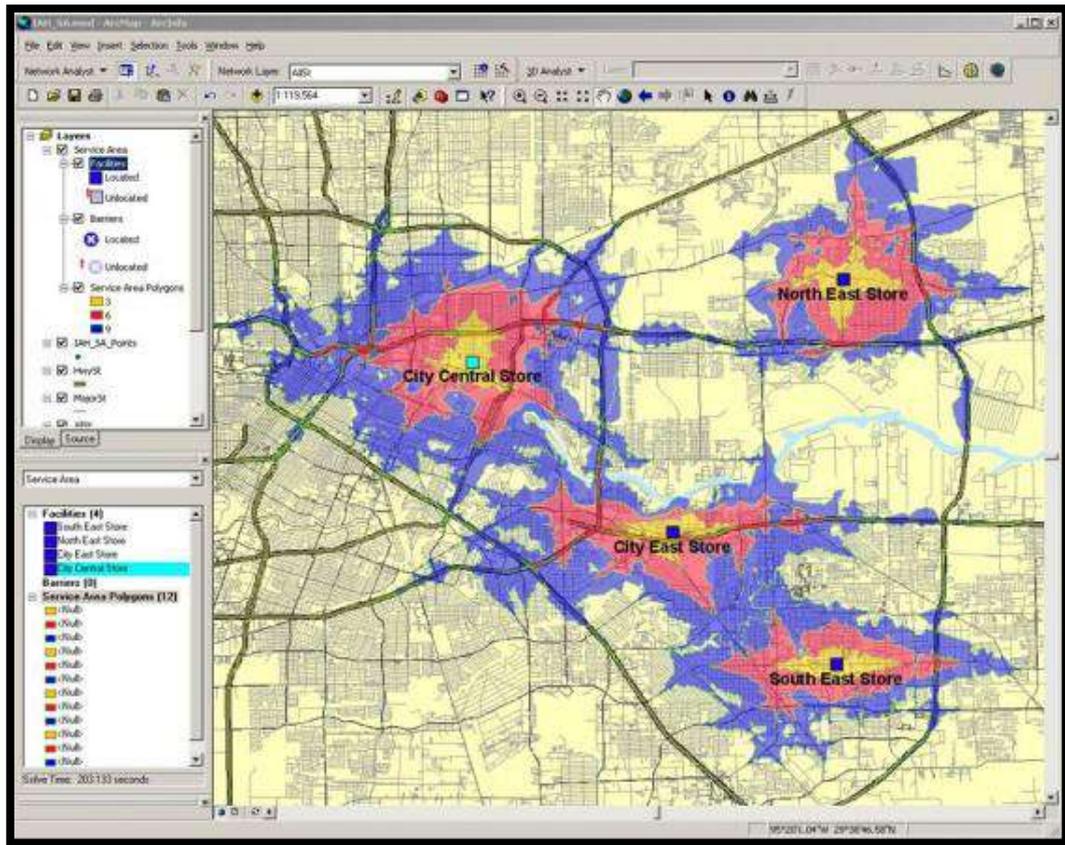


Figura 9. Uso del SIG en medio ambiente.

Fuente: Instituto superior de medio ambiente. (Febrero de 2013). Instituto superior de medio ambiente. Recuperado el 2 de Julio de 2015, de <http://www.ismedioambiente.com/wp-content/uploads/2013/12/SIG-Aplicados-al-medio-ambiente-an%C3%A1lisis-de-redes-network-analyst-560x445.jpg>

2.3.4.2. Manejo de datos

Estos conjuntos de funciones están orientadas al almacenamiento y gestión de la base de datos geográfica, la cual posee aspectos geométricos, topológicos y descriptivos de los datos. Son funciones que permiten administrar las estructuras de datos e interactuar con los sistemas de administración de bases de datos relacionales (RDBMS).

- Proyección y transformación de coordenadas
- Operaciones cartográficas básicas
- Creación y administración de la base de datos.

Una vez adquiridos los datos, los ficheros de la base de datos se encuentran en la memoria (RAM) de la unidad central de proceso, estando, pues, inmediatamente disponibles para los cálculos y manipulaciones. Debido a la gran cantidad de datos que contienen esos ficheros, habitualmente se almacenan en unidades de discos duros rápidos y otras veces se almacenan fuera de línea en cinta magnética u otros soportes, como los discos flexibles.

2.3.4.3. Visualización y consultas

Los SIG ofrecen un importante conjunto de herramientas para la interacción del usuario con los datos geográficos digitales. Entre este tipo de funciones se destacan: herramientas de pantalla (ampliar, reducir, mover), manejo de simbología (colores, tramas, tamaños, espesores), clasificación de elementos sobre la base de variables determinadas (mapas temáticos), creación y generación de textos y consulta de información asociada a los elementos (identificar).

2.3.4.4. Análisis espacial

Las funciones de análisis espacial constituyen el grupo de funciones características de los SIG y posibilitan procesar los datos geográficos para la obtención de nuevos conjuntos de datos que sirvan, a través de mapas o reportes, de soporte a la toma de decisiones.

Las funciones de análisis espacial incluyen:

- Consultas a la base de datos.
- Reclassificación.
- Superposición de distintos conjuntos de datos.
- Interpolación de datos puntuales.
- Análisis de proximidad.
- Determinación de caminos óptimos.
- Generación de modelos digitales del terreno (DEM).
- Análisis hidrológicos, etc.

2.3.4.5. Salidas de datos y presentación

Estos conjuntos de funciones están dirigidas a mostrar los datos y resultados de los análisis a los usuarios finales. Los resultados (información) pueden ser presentados como tablas, reportes, gráficos estadísticos y mapas y a través de distintos soportes, como copias impresas, archivos digitales, pantalla de PC, imágenes, video, etc.

2.4. Parámetros físico-químicos

2.4.1. Análisis de textura

El análisis de textura del suelo es un indicador del potencial de fertilidad del suelo, determinan el tipo de cultivo a sembrar, siendo los suelos de textura media los que se adecuan a la mayoría de los cultivos comerciales. Condiciona igualmente el tipo de fertilizante a emplear, los fraccionamientos que se deben efectuar, el manejo del agua de riego para evitar pérdidas por lixiviación en suelos sueltos, etc. Para la determinación de los niveles de nutrientes de un suelo, sobre todo de fósforo y potasio, se tiene muy en cuenta la textura. La siguiente tabla nos muestra los diferentes grupos textuales que nos permiten determinar los niveles de nutrientes de los suelos. (Ver Tabla 4).

2.4.2. Contenido de carbonatos

Los carbonatos, expresados como CaCO_3 , son sales muy poco solubles (0,0013 g / 100 ml H_2O) que se encuentran naturalmente en varias formas y en varios grados de concentración en el suelo. Su presencia juega un papel fundamental en la estructura del suelo si se encuentra en concentraciones moderadas. Se utiliza como enmienda para neutralizar el pH de suelos ácidos y para suministrar el nivel de calcio (Ca) para la nutrición de las plantas. Sin embargo, puede resultar problemático si su concentración llega a exceder la capacidad de adsorción en el suelo formando complejos insolubles con otros elementos.

Estos componentes son difíciles de asimilar por las plantas llevando a su acumulación. Cantidades excesivas de calcio puede por ello restringir la disponibilidad de fósforo, boro y hierro para las plantas. (Ver Tabla 5).

Tabla 4. Textura.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
TEXTURA GRUESA	TEXTURA MEDIA	TEXTURA FINA
Arena	Franco	Franco – Arcilloso
Arenoso – Franco	Franco – Arcilloso – Arenoso	Franco – arcillo – limoso
Franco - Arenoso	Franco – Limoso	Arcillo – limoso
	Limoso	Arcilloso
	Arcillo - Arenoso	

Fuente: Interpretación de análisis de suelos (Garrido Valero, 1994).

Tabla 5. Contenido de carbonatos.

Clase	Calcáreo total CaCO_3 (%)
Bajo	< 1
Medio	1 – 5
Alto	> 5

Fuente: Interpretación de análisis de suelos (Garrido Valero, 1994).

2.4.3. Materia orgánica

La materia orgánica que contiene el suelo procede tanto de la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, como de la actividad biológica de los organismos vivos que contiene: lombrices, insectos de todo tipo, microorganismos, etc.

La descomposición de estos restos y residuos metabólicos da origen a lo que se denomina humus. En la composición del humus se encuentra un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, etc., en constante estado de degradación y síntesis.

El humus, por tanto, abarca un conjunto de sustancias de origen muy diverso, que desarrollan un papel de importancia capital en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos. A su vez, la descomposición del humus en mayor o menor grado produce una serie de productos coloidales que, en unión con los

minerales arcillosos, originan los complejos organominerales, cuya aglutinación determina la textura y estructura de un suelo.

Cabe resaltar que, en Piura, por lo general, no hay humus. Estos coloides existentes en el suelo presentan además carga negativa, hecho que les permite absorber cationes H^+ y cationes metálicos tales como: Calcio (Ca^{+2}), Magnesio (Mg^{+2}), Potasio (K^+) y Sodio (Na^+), e intercambiarlos en todo momento de forma reversible; debido a este hecho, los coloides también reciben el nombre de complejo absorbente. (Ver Tabla 6).

2.4.4. Fósforo disponible

El nivel del fósforo en los análisis de suelos da una medida de la capacidad del suelo para suministrar fósforo a la solución del suelo. El análisis del suelo no indica la cantidad total del fósforo en el suelo porque la cantidad de fósforo disponible es mucho menor que la cantidad total. Asimismo, el nivel del fósforo en los análisis de suelos tampoco es el nivel del fósforo en la solución del suelo, porque dicha concentración de fósforo es generalmente muy baja y no representa apropiadamente la cantidad de fósforo que las plantas potencialmente pueden absorber durante la temporada de crecimiento. El nivel de fósforo en los análisis de suelos es, en realidad, un índice que ayuda a predecir los requerimientos de los fertilizantes fosfatados de los cultivos.

Las recomendaciones para la aplicación de fertilizantes se determinan sobre la base de ensayos de campo en muchos suelos y cultivos. (Ver Tabla 7).

Tabla 6. Materia orgánica.

Clase	Materia orgánica (%)
Bajo	< 2
Medio	2 - 4
Alto	> 4

Fuente: Interpretación de análisis de suelos (Garrido Valero, 1994).

Tabla 7. Fósforo disponible.

Clase	Fósforo P (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7 - 14
Alto	> 14

Fuente: Interpretación de análisis de suelos (Garrido Valero, 1994).

2.4.5. Potasio disponible

El potasio del suelo se encuentra en forma no disponible o no asimilable en los minerales del suelo. Estos son: las micas, feldespatos, etc. En forma disponible se encuentra tanto formando parte del complejo de cambio del suelo (potasio cambiante), como en la solución del suelo (potasio soluble).

La suma de ambas formas constituye el potasio disponible para la planta. El potasio en la solución del suelo se encuentra en cantidades relativamente pequeñas en comparación con la cantidad absorbida en el complejo de cambio del suelo. El

potasio es absorbido por las plantas en su forma catiónica K^+ , la absorción en el suelo está relacionada a la concentración de otros cationes, como es el caso del Mg^{+2} , por problemas de competencia iónica, por la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor carga. (Ver Tabla 8.)

Tabla 8. Potasio disponible.

Clase	Potasio K (ppm)
Bajo	< 100
Medio	100 - 240
Alto	> 240

Fuente: Interpretación de análisis de suelos (Garrido Valero, 1994).

2.4.6. pH

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo es ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo.

El valor del pH en el suelo oscila entre 5.1 (fuertemente ácido) a 9.5 (muy alcalino). Los suelos fuertemente ácidos (< 5.5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (> 8.5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos. Para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6.5. (Ver Tabla 9).

Tabla 9. pH.

Reacción del suelo (pH)	
Fuertemente ácido	5.10 – 5.50
Moderadamente ácido	5.51 – 6.00
Ligeramente ácido	6.01 – 6.50
Neutro	6.51 – 7.30
Ligeramente alcalino	7.31 – 7.80

Fuente: Interpretación de análisis de suelos (Garrido Valero, 1994).

2.4.7. Conductividad eléctrica

El agua químicamente pura (sin sales) es mala conductora de la electricidad, por lo que tiene una alta resistividad (baja CE). A medida que se incrementan las sales, la resistividad baja, consecuentemente, la CE se incrementa. Este es el fundamento de la medición de las sales en suelos y aguas. La conductividad eléctrica se incrementa a medida que la concentración de sales aumenta.

CE bajas son evidencia de que la velocidad de movimiento de elementos nutritivos es baja o de que algunos de ellos están ausentes. Por ello, CE por debajo de 0,6 dS/m (mmho/cm) señala pobreza de elementos nutritivos. Los suelos normales suelen dar cifras que puede llegar a 4 dS/m (mmho/cm), y en suelos más densos hasta 6 dS/m sin que sea causada por exceso de sales nocivas. Pero para seguridad,

cuando el análisis arroja valores mayores de 4 dS/m, es recomendable efectuar pruebas en el extracto de saturación, más aún si el pH también es elevado.

Los valores que se usan para definir el nivel de sales del suelo (para valores de Porcentaje de Sodio Intercambiable [PSI] del suelo, menores de 15 se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Conductividad eléctrica.

C.E Según respuesta de los cultivos (dS/m)	
Muy ligeramente salino	< 2
Ligeramente salino	2 – 4
Moderadamente salino	4 – 8
Fuertemente salino	8 – 16
Extremadamente salino	> 16

Fuente: Interpretación de análisis de suelos (Garrido Valero, 1994).

Capítulo 3

Parte experimental

3.1. Antecedentes

Los agricultores de la cuenca del río Piura están organizados en cuatro juntas de usuarios: Medio y Bajo Piura, Alto Piura, San Lorenzo y Sechura. Estas juntas no cuentan con información hídrica completa y no se tiene datos físico-químico del suelo, por lo que se ha tomado la información disponible del Proyecto “Caracterización química de los sedimentos presentes en las zonas de expansión agroindustrial del Noroeste del país; y monitoreo de su comportamiento ante el intemperismo actual y la acción hídrica”. Este proyecto fue elaborado y es ejecutado por el Instituto de Hidráulica, Hidrología, e Ingeniería Sanitaria (IHHS) de la Universidad de Piura y además cuenta con el financiamiento del Programa Nacional de Innovación por la Competitividad y Productividad.

Uno de los objetivos principales de este proyecto es estudiar la diversidad de los suelos de la zona noroeste del país y evocar conclusiones que lleven a futuros estudios sobre el aprovechamiento de este recurso. Es por esto, que la metodología a seguir en esta tesis está basada en la misma del proyecto, siendo uno de los productos de la investigación total. En dicho proyecto se estudiaron suelos de la cuenca del río Piura y la del Chira teniendo como objeto de estudio 20 puntos de control, asignados como parte de la investigación, ya que según el presupuesto planteado alcanzaba para ese número de muestras. Bajo un previo estudio se designó que 12 puntos fueran para el estudio de la cuenca del río Piura y los otros 8 para la otra cuenca, de tal manera, que por lo menos se tengan muestras significativas de los suelos de toda la región. En el siguiente apartado se presentarán los criterios de la selección de puntos, que es parte de la metodología planteada para cumplir los objetivos.

3.2. Selección de puntos de control

Para la selección de los 12 puntos de control, que forman parte de la investigación de esta tesis, se tuvo como criterio las zonas más representativas de los suelos de la cuenca del río Piura, tales como geología del área de estudio, existencia de la variabilidad espacial, actividades antropogénicas de la zona y potencial de inversión agroindustrial. Es importante mencionar que estos puntos son muy pocos en comparación a los que deberían ser, ya que debido a la diversidad geomorfológica de los suelos de la cuenca se deberían tener aproximadamente varios puntos por cada tipo de formación geológica para la correcta caracterización del suelo.

Antes de explicar todo el proceso de análisis de los puntos de estudios, es importante mencionar que se contó con un total de 24 000 soles designados para los ensayos químicos del suelo por campaña realizada, por lo que se ajustó el total de puntos para la investigación del proyecto y por ende para la tesis, justificándose como una de las mayores incidencias el costo por ensayo realizado. Además, como se mencionará en los párrafos posteriores, se realizaron tres campañas de campo, de las cuales dos son objeto de este estudio.

Inicialmente se realizó una primera elección de puntos teóricos, en la que se utilizaron cartas nacionales en formato *shape* para observar algunas características del suelo con la información propia de los mismos. Los *shapes* utilizados fueron: Ayabaca (10-d), Sullana (10-c), Las Lomas (10-c), Morropón (11-d) y Piura (11-b). Gracias a estos se pudieron georeferenciar como iniciales los puntos de estudio en los que luego se convertirían en los puntos reales de las muestras a analizar, ya que, debido a la inaccesibilidad de algunos puntos, se hicieron ligeros cambios en las coordenadas en cada campaña trabajada.

Para la ubicación de las muestras se optó por el Sistema de Coordenadas Universal transversal de Mercator (UTM), pues son las más utilizadas y con estas se ha trabajado en las 2 fases exploratorias realizadas en los meses de mayo y diciembre, respectivamente. Se eligieron estos dos meses, pues representaban el inicio de los dos períodos en la cual los productores se basan para las cosechas: (período seco y período húmedo) y así apreciar la variación de las características del suelo ante el cambio del clima en el tiempo transcurrido. En ambas fases se ha procurado obtener muestras de los mismos puntos, pero por diversas razones, como por ejemplo porque los dueños de los terrenos no querían que se corra el riesgo de malograr las cosechas o por no tener la facilidad de llegar al mismo lugar por condiciones climáticas o de terreno, en algunas ocasiones no se coincide con la coordenada exacta. Si bien es cierto no son coordenadas del punto real, ambas muestras podrían pertenecer a la misma formación geológica por lo que se pueden analizar las mismas características, aunque podrían tener algunas variaciones en la composición que se explican en las interpretaciones.

Posteriormente se procedió a extraer muestras de suelo de los 12 puntos de control, haciendo calicatas de 30 cm x 30 cm de área y 30 cm de profundidad promedio, y de 1 kg de masa de suelo (medidas pedidas por el laboratorio de Agua y Suelo de la Universidad Nacional Agraria La Molina, mismo que elaboró los ensayos físico-químicos). Dichas muestras fueron cuidadosamente embolsadas y etiquetadas con códigos para diferenciar y no confundir ninguna característica del sustrato. Así mismo, en los viajes de campo realizados se observó y determinaron características propias y geológicas de los puntos objetos de estudio.

3.2.1. Ubicación de la zona de estudio

La cuenca del río Piura, se sitúa en la región de Piura, en el norte del Perú, entre los 0 m.s.n.m y 3600 m.s.n.m., geográficamente, se encuentra entre los 9 473 103.60 m – 503 690.84 m longitud Oeste y 439 008.10 m– 9 368 115 m, latitud Sur. (Condesan, 2007)

3.2.1.1. Límites

- Este –Noreste: Vertientes altas del río Huancabamba.
- Sur –Suroeste: Vertientes altas de los ríos Ñaupe, Santa Rosa, Quebrada Piedra Blanca.
- Oeste –Noroeste: Vertientes altas del río Chira.
- Suroeste: Océano Pacífico.
- Sureste: Lagunas Ramón, y Ñapique y el Desierto de Sechura.

3.2.1.2. Distritos comprendidos en la cuenca del río Piura

La Región Piura tiene 35 2892.49 km² de superficie, de la cual 12 216 km² pertenecen a la cuenca del río Piura, que comprende a cinco provincias.

- Provincia de Piura: Piura, Castilla, Catacaos, La Arena, La Unión, Cura Mori, El Tallán y Tambogrande.
- Provincia de Morropón: Chulucanas, Buenos Aires, Chalaco, La Matanza, Santo Domingo, Santa Catalina de Mossa, Morropón, San Juan de Bigote, Salitral y Yamango.
- Provincia de Sechura: Sechura, Bernal, Rinconada Llicuar, Bellavista de la Unión, Cristo Nos Valga y Vice.
- Provincia de Ayabaca: Frías.
- Provincia de Huancabamba: Canchaque, Huarmaca, San Miguel del Faique y Lalaquíz.

3.2.1.3. Geología y geomorfología

La cuenca del Río Piura geológicamente está conformada por una amplia gama de rocas de edad comprendida entre el Precámbrico y el Cuaternario. En el área de la costa hay predominancia de formaciones terciarias superficiales donde sobresalen los tablazos marinos, así como los depósitos aluviales y eólicos recientes.

Desde el punto de vista tectónico, la cuenca del río Piura participa del estilo tectónico propio del noroeste peruano en el que está inmersa el área en estudio al encontrarse dentro de bloques fallados provocados por movimientos tensionales, gravitacionales (falla de gravedad), los que son controlados por pilares que se atenúan hacia el sur en la parte baja de la cuenca.

Debido a los fenómenos de geodinámica externa que se producen en la parte alta de la cuenca y al carácter y naturaleza de las rocas, se produce un gran acarreo de sólidos en solución, suspensión y carga de fondo que ocasionan una erosión general importante en el área de estudio. Situación que se acentúa durante los eventos climáticos que en forma intermitente ocurren en la región, causando daños en la agricultura e infraestructura instalada como puentes, canales, diques, etc.

El reconocimiento geológico en el área de estudio ha permitido verificar la existencia de acciones de interferencia negativa dentro del cauce del río Piura provocados por acción del hombre, siendo los más notables el emplazamiento de la Presa Los Ejidos y el estrangulamiento del cauce del río a la altura del Puente Cáceres, los que han generado fenómenos de hidráulica fluvial que se traduce en problemas sedimentológicos, así como focalización y dirección de los fluidos durante los periodos intermitentes de avenidas.

El sistema tributario conformado por ríos secundarios y quebradas drenan a un colector principal que es el río Piura aportando gran cantidad de sedimentos a la parte baja de la cuenca, entre éstos tenemos:

- Quebrada Carneros -Tambogrande.
- Río Yapatera-Chulucanas.
- Río Corrales-Morropón.
- Río Bigote-Salitral.
- Río Seco-Malacasí.
- Ríos Huarmaca, Pusalca, Pata – Serrán.

3.2.1.4. Condiciones climáticas

Las condiciones variadas del clima, suelos y geomorfología han dado lugar a diferentes tipos de ambientes caracterizados por la presencia de vegetación indicadora en cada una de ellas. En este sentido, el trabajo de campo ha permitido la identificación de trece zonas de vida, distribuidas en cuatro pisos altitudinales.

De las trece zonas de vida, el desierto superárido – Tropical es la más seca de la cuenca en el área de estudio. Las lluvias no llegan a constituir volúmenes significativos para el desarrollo agropecuario, salvo en algunos años excepcionales. En esta zona se encuentra instalada la mayor población y la concentración de diversas actividades productivas que están modificando dicha unidad bioclimática, especialmente de aquellas áreas que son accesibles y ello ocurre en la cuenca baja del río Piura. Según Koppen, el clima de la cuenca del río Piura, corresponde a subtropical caracterizado por pluviosidad moderada y altas temperaturas.

El régimen de las precipitaciones es irregular durante el año y varía directamente con la altitud, concentrándose entre enero y abril. En años normales la precipitación en el bajo y medio Piura es cercana a cero; sin embargo, en años muy húmedos influenciados por el fenómeno del niño las precipitaciones son de elevada magnitud y larga duración. En Alto Piura las precipitaciones se concentran entre enero y abril disminuyendo el resto del año, tanto en años muy húmedos como en años normales.

3.3. Trabajo de campo

3.3.1. Fase exploratoria 1

Mapa de ubicación de los puntos estudiados en la fase exploratoria 1.

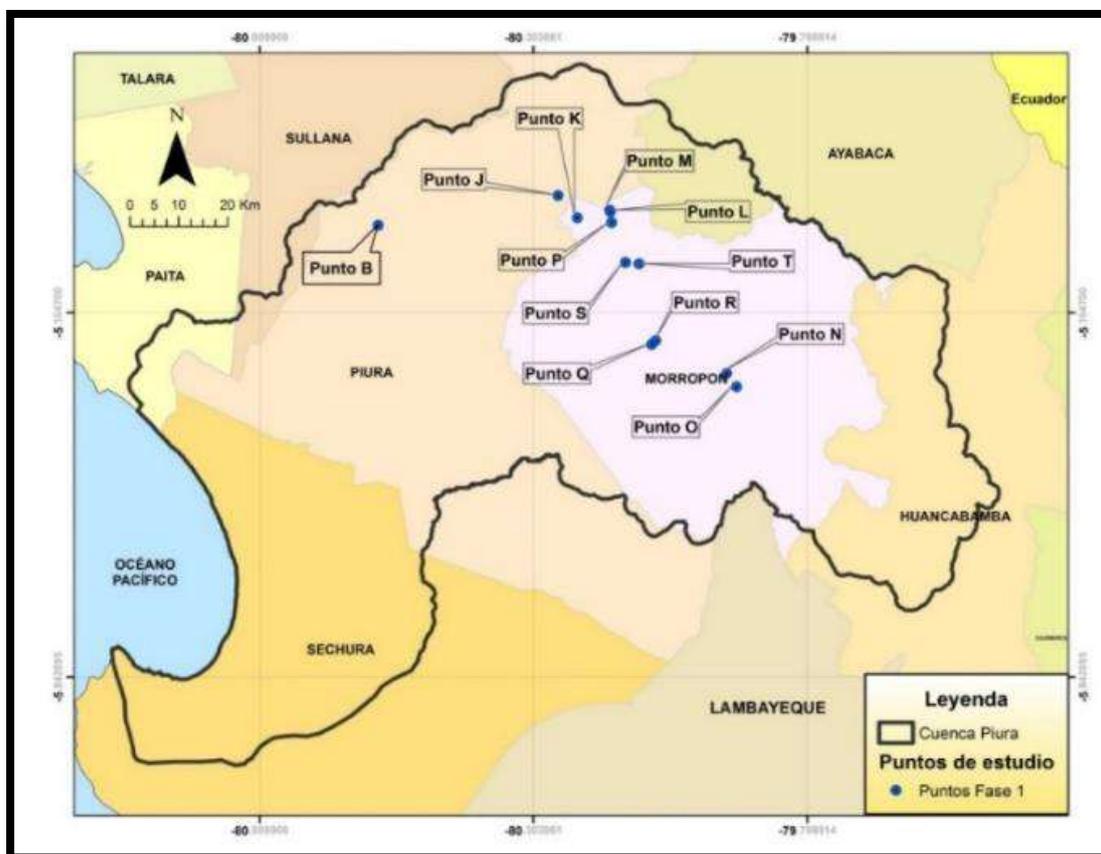


Figura 10. Ubicación de los puntos fase exploratoria 1.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1. Recolección de muestras

A. Primera jornada

La primera jornada de esta expedición se realizó el día 07 de noviembre del 2015. Allí se tomaron muestras pertenecientes al Valle San Lorenzo, los cuales pertenecen a la cuenca geológica Lancones. La ubicación total de los puntos se ubica en el mapa que se muestra en la Figura 10. La ubicación de los puntos se encuentra en la Tabla 11.

Tabla 11. Ubicación de los puntos de control de la primera jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto J	582223	9453129	Malingas con vegetación
Punto K	586151	9448551	Malingas sin vegetación

Fuente: Elaboración propia.

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotos. (Ver Tabla 14).

B. Segunda jornada

En la segunda jornada, realizada el día 20 de noviembre del 2015, se tomaron muestras pertenecientes al Valle del Alto Piura, los cuales pertenecen a la cuenca geológica Lancones. La ubicación total de los puntos se ubica en el mapa que se muestra en la Figura 10. Las coordenadas de los puntos en esta jornada se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Ubicación de los puntos de control de la segunda jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto L	592833	9450085	Al sur del Sáncor
Punto M	592947	9449786	Al norte del Sáncor
Punto P	593182	9447572	Pampa de Sáncor
Punto S	595988	9439349	Al norte de Chapica-Yapatera
Punto T	598810	9439094	Al sur de Chapica

Fuente: Elaboración propia.

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotografías. (Ver Tabla 15).

C. Tercera jornada

En la tercera jornada, realizada el día 26 de noviembre del 2015, se tomaron cuatro muestras pertenecientes al Valle del Alto Piura y una muestra perteneciente al Valle del Medio Piura, los cuales pertenecen a la cuenca geológica Lancones. La ubicación total de los puntos se ubica en el mapa que se muestra en la Figura 10. Las coordenadas de los puntos en esta jornada se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Ubicación de los puntos de control de la tercera jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto B	545501	9447050	Caserío las cañas
Punto N	616629	9416555	Distrito de Buenos Aires-cacao
Punto O	618636	9413785	Buenos Aires-Lejos de ciudad
Punto Q	601327	9422514	Caserío Tierras duras
Punto R	602186	9423315	La matanza-fuera de la ciudad

Fuente: Elaboración propia.

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotografías. (Ver Tabla 16).

Tabla 14. Descripción de puntos de control de la primera jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto J Este punto se tomó en una zona virgen, no explorada, pero en donde había crecido vegetación producto de lluvias recientes. Se observó la presencia de sales y minerales, así como presencia de agregados de tamaño medio. El terreno era duro y compacto, por lo que tardó más de lo previsto realizar la calicata. Contenía materia orgánica en su interior, así como fósiles debido la presencia del mar en el pasado. (Ver Figura 11) 	 <p data-bbox="932 757 1270 813">Figura 11. Calicata del punto J. Fuente: Elaboración propia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto K El punto K fue estudiado en una zona cercana a una zona de cultivo. La profundidad de la calicata fue de 50 cm. En esta se pudo observar un contenido medio de humedad y materia orgánica. A pesar de que se encontraba cerca de una zona de cultivo, no fue muy visible el contenido de sales y minerales, pero si se rescataba la presencia de arcillas y limos. (Ver Figura 12). 	 <p data-bbox="932 1328 1270 1379">Figura 12. Calicata del punto K. Fuente: Elaboración propia.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Descripción de puntos de control de la segunda jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto L El punto L se encuentra ubicado al sur del caserío de Sáncor. Este suelo presenta grietas que van de 2 cm a 4 cm de abertura, se observa figuras geométricas producto de estas estructuras que hace que el suelo sea de baja compactación. Es un suelo árido. La calicata L posee una profundidad de 40 cm y se encuentra constituido por arenas, limos, arcillas y materia orgánica (raíces). (Ver Figura 13). 	 <p data-bbox="932 1977 1270 2033">Figura 13. Calicata del punto L. Fuente: Elaboración propia.</p>

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto M El punto M está ubicado en el caserío de Sáncor. El suelo presenta grietas de 3 cm aproximadamente dándole baja consistencia. Alto contenido de materia orgánica debido a la presencia de raíces y desechos de animales. Se encuentra conformada por arenas, limos y arcillas. Es un suelo árido La muestra que se tomó tuvo una profundidad de 30 cm. (Ver Figura 14). 	 <p data-bbox="884 573 1235 633">Figura 14. Calicata del punto M. Fuente: Elaboración propia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto P El punto P se ubicó en la carretera que dirige hacia el caserío de Sáncor. El suelo es muy compacto y se encuentra conformado principalmente por fragmentos de gravas, arenas, limos y arcillas. La profundidad de la calicata fue de 40 cm, observando en el perfil bajo contenido de materia orgánica formado por raíces. (Ver Figura 15). 	 <p data-bbox="884 1057 1235 1122">Figura 15. Calicata del punto P. Fuente: Elaboración propia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto S El punto S se ubica cerca del caserío Yapatara, aledaño a cultivos de arroz. El suelo se encuentra conformado principalmente por limos, arenas de grano fino y arcillas que permiten su alta compactación. La calicata que se realizó tuvo una profundidad de aproximadamente 40 cm, observando en el perfil raíces de diferentes tamaño y grosor. (Ver Figura 16). 	 <p data-bbox="884 1527 1235 1592">Figura 16. Calicata del punto S. Fuente: Elaboración propia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto T El punto T se encuentra en el caserío de Chapica, aledaño a unos cultivos de arroz. Este suelo presenta un alto nivel de compactación, formado por arenas, limos, arcillas y materia orgánica. A una distancia de 3 metros se observó una calicata con presencia de la napa freática, muy cerca de la superficie. La profundidad a la que se tomó la muestra de este punto fue de 30 cm con un alto porcentaje de humedad debido a la presencia de riego en la zona. (Ver Figura 17). 	 <p data-bbox="884 1953 1235 2018">Figura 17. Calicata del punto T. Fuente: Elaboración propia.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Descripción de puntos de control de la tercera jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto B El punto B se tomó cerca de la carretera del caserío San Rafael, aledaño a fundos de cultivo de uva de mesa y banano orgánico. Este suelo es árido y está conformado por material eólico, constituido principalmente por arena (de grano fino a medio), limos y arcillas. Se observan pequeños afloramientos de material calcáreo. La profundidad de la muestra tomada fue de 30 cm. (Ver Figura 18). 	 <p data-bbox="927 692 1273 752">Figura 18. Calicata del punto B. Fuente: Elaboración propia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto N Se encuentra ubicado en el distrito de Buenas Aires, cerca al río Piura. Este suelo es árido y se encuentra conformado por gravas, arenas, limos y arcillas que forman parte de las terrazas formadas por el Río Piura donde se ha desarrollado la actividad agrícola. La profundidad de la calicata fue de 25 cm. (Ver Figura 19). 	 <p data-bbox="927 1122 1273 1182">Figura 19. Calicata del punto N. Fuente: Elaboración propia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto O El punto O se encuentra ubicada cerca del distrito de Buenos Aires, aledaño a cultivos. Es un suelo compacto que estaba conformado por arenas, limos, arcillas y un alto contenido de materia orgánica. La profundidad de la calicata era de 20 cm. (Ver Figura 20). 	 <p data-bbox="927 1525 1273 1585">Figura 20. Calicata del punto O. Fuente: Elaboración propia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto Q El punto Q se ubicó a lado de la carretera Piura-Morropón, aledaño a cultivos de uva. El suelo se encuentra conformado por fragmentos de gravas subangulares, arena de grano medio a fino, arcillas, limos y un alto contenido de materia orgánica. La profundidad de la calicata fue de 30 cm. (Ver Figura 21). 	 <p data-bbox="927 1933 1273 1993">Figura 21. Calicata del punto Q. Fuente: Elaboración propia.</p>

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto R El punto R se encuentra ubicado en el caserío La Matanza, aledaño a cultivos de mango. Este es un suelo compacto conformado por arenas, limos, arcillas y un alto contenido de materia orgánica. La profundidad de la calicata es de 20 cm. (Ver Figura 22). 	 <p data-bbox="890 636 1235 696">Figura 22. Calicata del punto R. Fuente: Elaboración propia.</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.2. Elaboración de base de datos en GIS

Para la elaboración de la data en GIS, se tuvo como criterio las zonas más representativas de los suelos de la cuenca del río Piura. Se tomó un total de 12 puntos, las cuales variaban según el tipo de suelo, las características físicas y químicas del área. Así mismo los puntos fueron georreferenciados con un GPS navegador dando las coordenadas en el sistema UTM, el cual fue utilizado a lo largo de toda la investigación.

Se elaboraron mapas con los resultados de los respectivos estudios químicos, utilizando información de *shapes* provenientes de Cartas Nacionales, las cuales fueron adquiridas del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Cada *shape* contiene una tabla de atributos con información importante tales como: cotas, nombres importantes, tipos de suelo, etc. Es así, como con información de los resultados químicos se pudo completar la información a utilizar.

Los puntos fueron ubicados con sus coordenadas respectivas y ubicados dentro de la cuenta tal como se muestra en el mapa de ubicación de los puntos estudiados en la fase exploratoria 1. (Ver Figura 10).

3.3.1.3. Resultados de análisis físico-químico del suelo

Todas las muestras fueron enviadas al Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Todos los resultados obtenidos se encuentran en el Apéndice A.

En la tabla 17 se muestra la equivalencia entre los nombres dados a cada punto para la presente investigación, y los códigos de Laboratorios; así como un resumen de los resultados obtenidos.

A. Ensayos de análisis químico del suelo – fase exploratoria 1

Tabla 17. Resultados químicos fase exploratoria 1.

Nombre	Código de lab.	CE (dS/m) 1:1	Análisis mecánico				pH 1:1	MO (%)	P (ppm)	K (ppm)	CaCO ₃ (%)
			Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura					
Punto B	8118.00	0.27	77.12	18.92	3.98	Arena franca	8.37	0.18	4.34	105.38	0.65
Punto J	8094.00	0.33	85.12	11.44	3.44	Arena Franca	6.98	0.48	5.22	112.69	0.17
Punto K	8085.00	16.78	58.12	40.44	1.44	Franco arenoso	7.31	0.19	3.93	273.83	0.31
Punto L	8119.00	0.46	41.12	34.92	23.96	Franco	7.76	0.18	5.75	182.55	0.67
Punto M	8120.00	0.30	37.12	41.92	20.96	Franco	7.98	0.18	3.60	199.15	3.46
Punto N	8121.00	0.43	29.12	42.92	17.96	Franco	8.10	0.87	12.64	841.40	0.23
Punto O	8122.00	17.16	25.12	68.92	5.96	Franco limoso	6.23	0.73	11.65	1241.36	ND
Punto P	8123.00	2.74	59.12	24.92	15.96	Franco arenoso	6.42	0.18	6.57	292.09	ND
Punto Q	8124.00	0.18	57.12	25.92	16.96	Franco arenoso	6.46	0.35	12.91	443.11	ND
Punto R	8125.00	0.21	77.12	16.92	5.96	Arena franca	7.07	0.40	9.85	456.38	0.15
Punto S	8126.00	1.14	51.12	32.92	15.96	Franco	8.06	1.39	5.65	265.53	0.79
Punto T	8127.00	1.14	55.12	26.92	17.96	Franco arenoso	8.39	0.35	5.50	302.04	0.38

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

B. Análisis de variables

- **Textura**

Conocer el tipo de suelo con el que se trabaja es imprescindible. De su textura dependen sus propiedades físicas, las cuales determinan, en gran medida, su productividad.

Dentro del valle de la cuenca del río Piura se encuentran valores de: arena con un porcentaje máximo de 85.12 % y mínimo de 25.12 %; limo con un porcentaje máximo de 68.92 % y mínimo de 11.44 %; y arcilla con un porcentaje máximo de 23.96 % y mínimo de 1.44 %. Existe un total de tres puntos de tipo franco, dos puntos de tipo arena franca, franco arenoso y franco arenoso, y un punto de tipo franco limoso, arena franca y franco. Se puede acotar que los predominantes serían las arenas a lo largo del valle, pero la textura también depende de las otras dos cantidades de limo y arcilla. Por lo tanto, debido a la gran variabilidad de puntos cercanos (tales como el punto R y S, ambos pertenecientes a Chulucanas y con texturas distintas), no se puede uniformizar los rangos antes mencionados. (Ver Figura 23).

En el apéndice A se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 18, se muestra un consolidado del análisis mecánico para los puntos evaluados.

Tabla 18. Análisis mecánico.

Nombre	Análisis Mecánico			
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
Punto B	77.12	18.92	3.98	Arena franca
Punto J	85.12	11.44	3.44	Arena franca
Punto K	58.12	40.44	1.44	Franco arenoso
Punto L	41.12	34.92	23.96	Franco
Punto M	37.12	41.92	20.96	Franco
Punto N	29.12	42.92	17.96	Franco
Punto O	25.12	68.92	5.96	Franco limoso
Punto P	59.12	24.92	15.96	Franco arenoso
Punto Q	57.12	25.92	16.96	Franco arenoso
Punto R	77.12	16.92	5.96	Arena franca
Punto S	51.12	32.92	15.96	Franco
Punto T	55.12	26.92	17.96	Franco arenoso

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

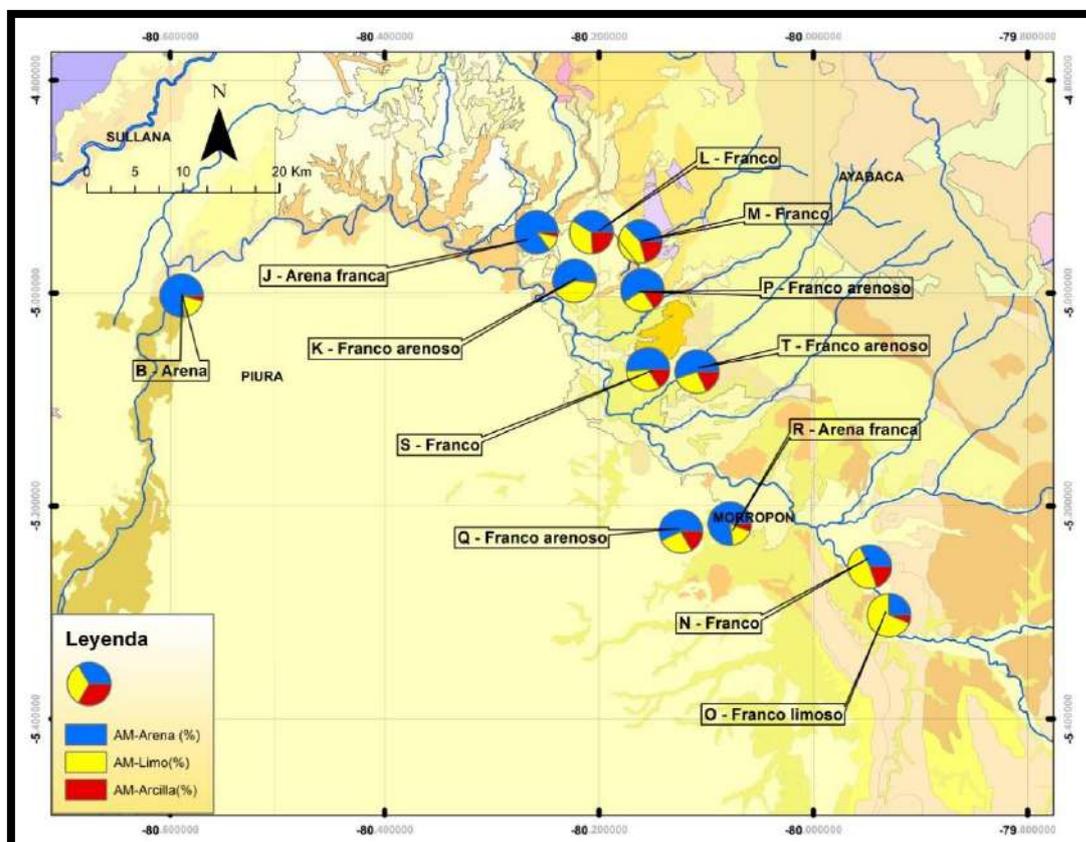


Figura 23. Textura.
Fuente: Elaboración propia.

- **Cantidad de carbonatos**

Son compuestos que reaccionan a los ácidos, produciendo un burbujeo al desprenderse el dióxido de carbono. Estos permiten identificar algunas rocas sedimentarias, que pueden ser el material parental de los suelos, bien algún proceso de acumulación de sales o quizá por el uso de agua de riego salina. Los carbonatos más comunes son de calcio y le siguen los de sodio y magnesio. En este caso se han estudiado y se presentan a continuación los carbonatos expresados en CaCO_3 (%).

En el apéndice A se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 19, se muestra un consolidado de la cantidad de carbonatos para los puntos evaluados.

Tabla 19. Contenido de carbonatos.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto M	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto T
CaCO_3 (%)	0.65	0.17	0.31	0.67	3.46	0.23	ND	ND	ND	0.15	0.79	0.38

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

La cantidad de carbonatos varía desde ND en los puntos M y O, pertenecientes al distrito de Morropón; al igual que los puntos P y Q pertenecientes al distrito de Chulucanas; y llega hasta el valor de 3.46 % en el punto M que pertenece al distrito de Las Lomas-Tambogrande, siendo este el valor más alto. La distribución con las cantidades respectivas se muestra a continuación: (Ver Figura 24).

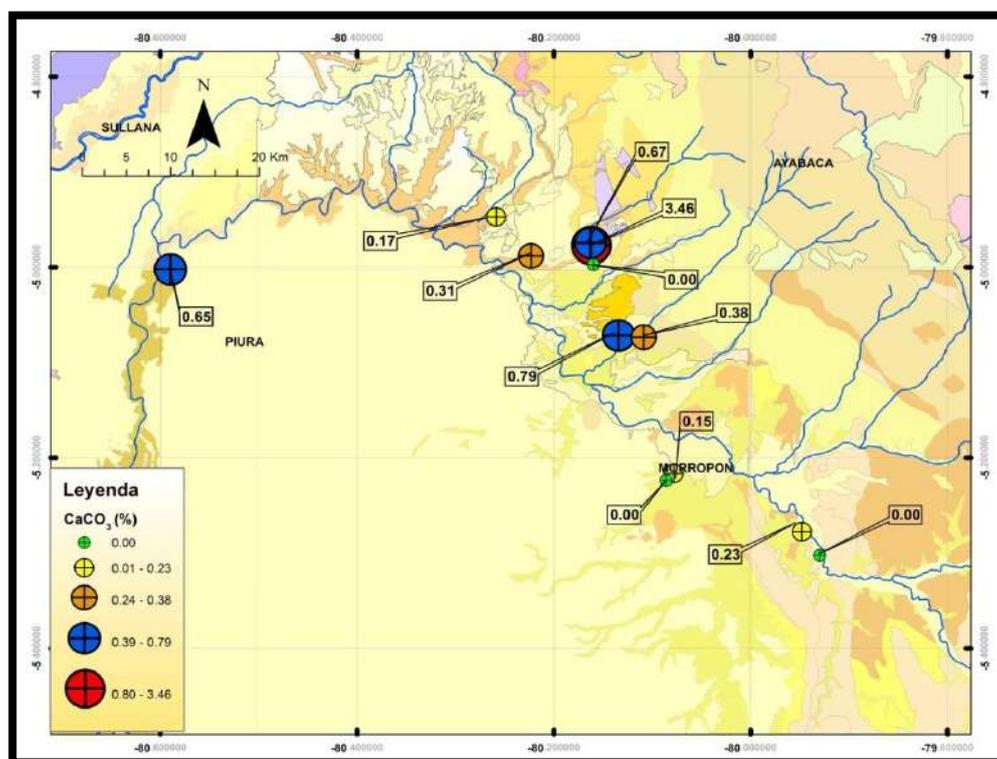


Figura 24. Contenido de carbonatos.

Fuente: Elaboración propia.

- **Materia orgánica (MO)**

Los valores más bajos con un porcentaje de 0.18 se encuentran en los puntos B, L, M y P, mientras que el mayor se encuentra en el punto S. Como se puede observar todos los resultados obtenidos se encuentran por debajo de 2 % considerándose con materia orgánica baja.

En el apéndice A se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 20, se muestra un consolidado del contenido de materia orgánica para los puntos evaluados.

Tabla 20. Contenido de materia orgánica.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto M	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto T
MO (%)	0.18	0.48	0.19	0.18	0.18	0.87	0.73	0.18	0.35	0.40	1.39	0.35

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

El siguiente mapa muestra la distribución de cantidad de materia orgánica presente en la cuenca. (Ver Figura 25).

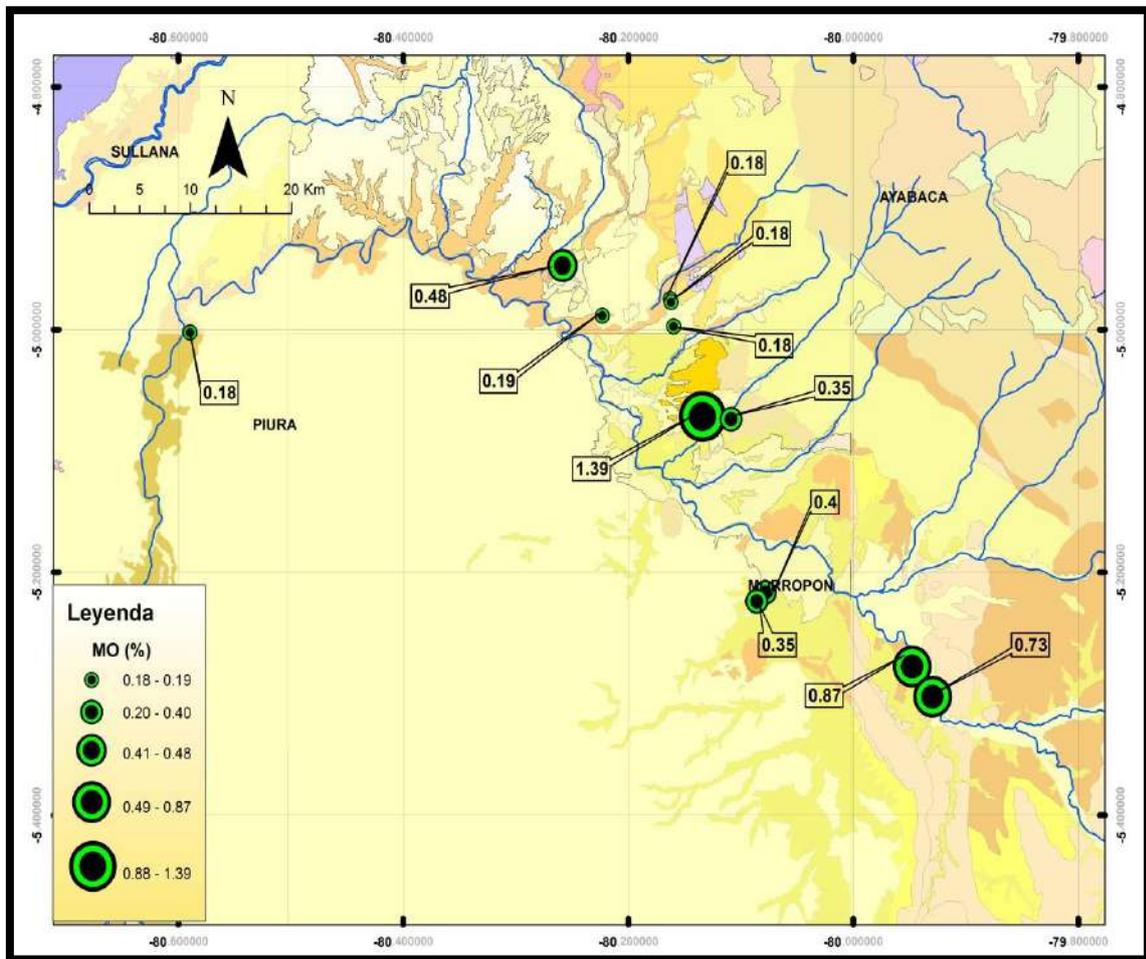


Figura 25. Materia orgánica.
Fuente: Elaboración propia.

- **Fósforo disponible**

El fósforo es un macro-elemento esencial para el crecimiento de las plantas porque participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos.

Se puede observar que el punto Q es el valor más alto con 12,91 ppm, mientras que el punto más bajo es el punto M con 3,60 ppm. Por lo general los valores se encuentran en un rango bajo, lo que se puede explicar por la época en que se tomaron las muestras, que fue antes de las cosechas donde no recibían ningún fertilizante para la nutrición del suelo y las plantas.

En el apéndice A se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 21, se muestra un consolidado del fósforo disponible para los puntos evaluados.

Tabla 21. Fósforo disponible.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto M	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto T
P(ppm)	4.34	5.22	3.93	5.75	3.60	12.64	11.65	6.57	12.91	9.85	5.65	5.50

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

Según los puntos analizados tenemos como valores más bajos el Punto K y Punto M con un valor de 3.93 ppm y 3.60 ppm, respectivamente. Para dichos puntos se necesitará la aplicación de un fertilizante para sus cultivos, si es que también tuviera pocas bases solubles en su suelo, así como materia orgánica en cantidades muy pequeñas. El siguiente mapa muestra la distribución de cantidad de fósforo presente en la cuenca: (Ver Figura 26).

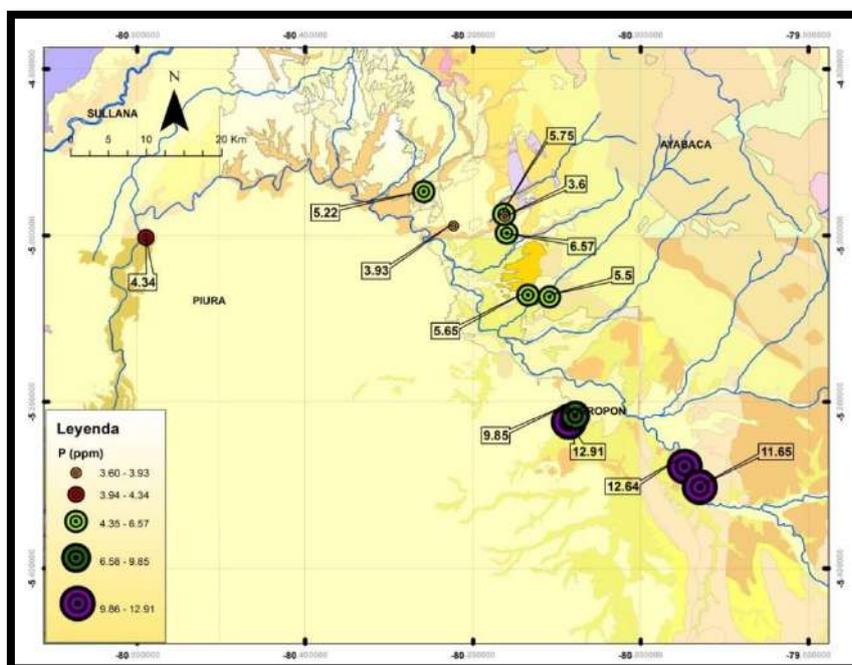


Figura 26. Fósforo disponible.

Fuente: Elaboración propia.

- **Potasio disponible**

Las plantas absorben grandes cantidades de potasio, pero siempre en forma de ion. El potasio disponible en el suelo es un aporte por lo general al contenido en minerales y materia orgánica. Dentro de la zona de estudio se han encontrado los siguientes valores mostrados en la tabla 22 y que serán interpretados posteriormente.

En el apéndice A se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 22, se muestra un consolidado del potasio disponible para los puntos evaluados.

Tabla 22. Potasio disponible.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto M	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto T
K (ppm)	105.38	112.69	273.83	182.55	199.15	841.40	1241.36	292.09	443.11	456.38	265.53	302.04

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

En la Figura 27 se muestra la distribución del potasio disponible dentro de la cuenca, lo que nos dará una idea de las cantidades de potasio que puede ser liberado fácilmente del suelo. Asimismo, se rescata la presencia de minerales, micas y feldespatos presentes en la cuenca. (Ver Figura 27).

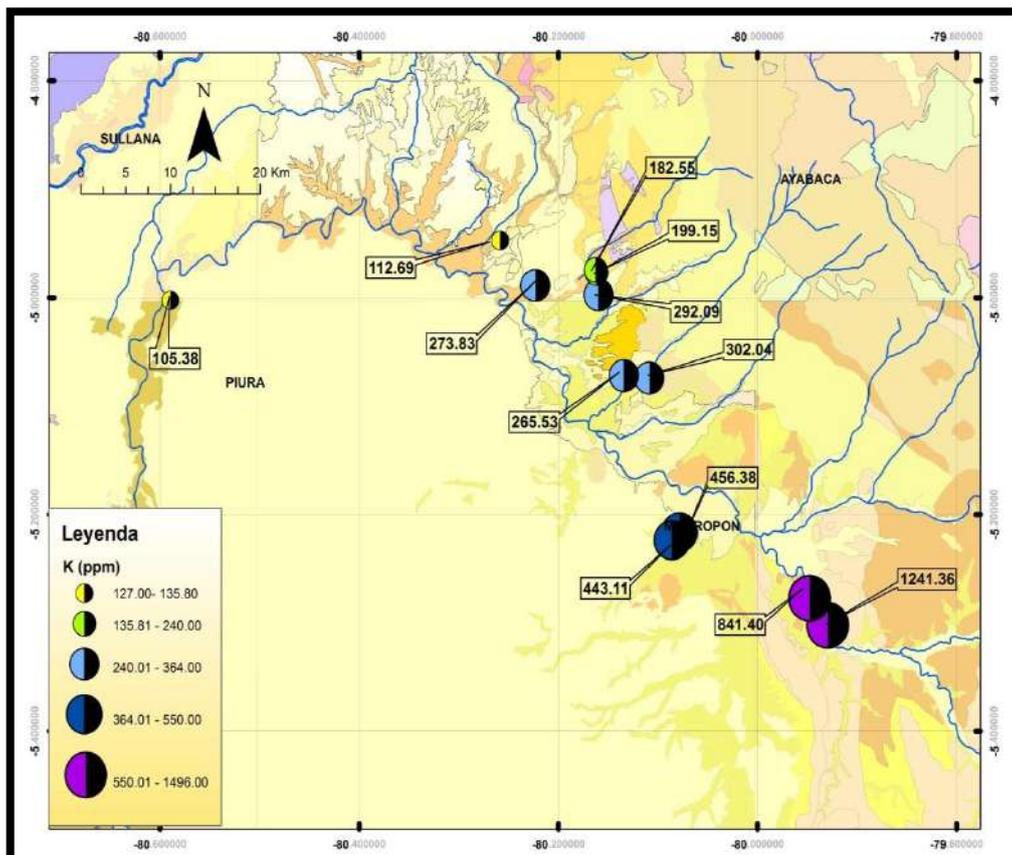


Figura 27. Potasio disponible.

Fuente: Elaboración propia.

- **pH**

Dentro de esta cuenca tenemos valores que oscilan desde 6.23 en el punto O hasta 8.39 unidades de pH en el punto T. Tal variabilidad se puede otorgar a la diversidad de suelos pertenecientes a las formaciones existentes en el valle, con diversas cantidades de sales que aumentan y varían el pH.

En el apéndice A se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 23, se muestra un consolidado del pH para los puntos evaluados.

Tabla 23. pH.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto M	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto T
Ph 1:1	8.37	6.98	7.31	7.76	7.98	8.10	6.23	6.42	6.46	7.07	8.06	8.39

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

Siendo el valor de mínimo de 6.23 en el Punto O se corre el riesgo de que el suelo se encuentre ligeramente alcalino, lo que puede perjudicar a algunos cultivos. Este valor, junto con el promedio será analizado en el apartado de interpretación. (Ver Figura 28).

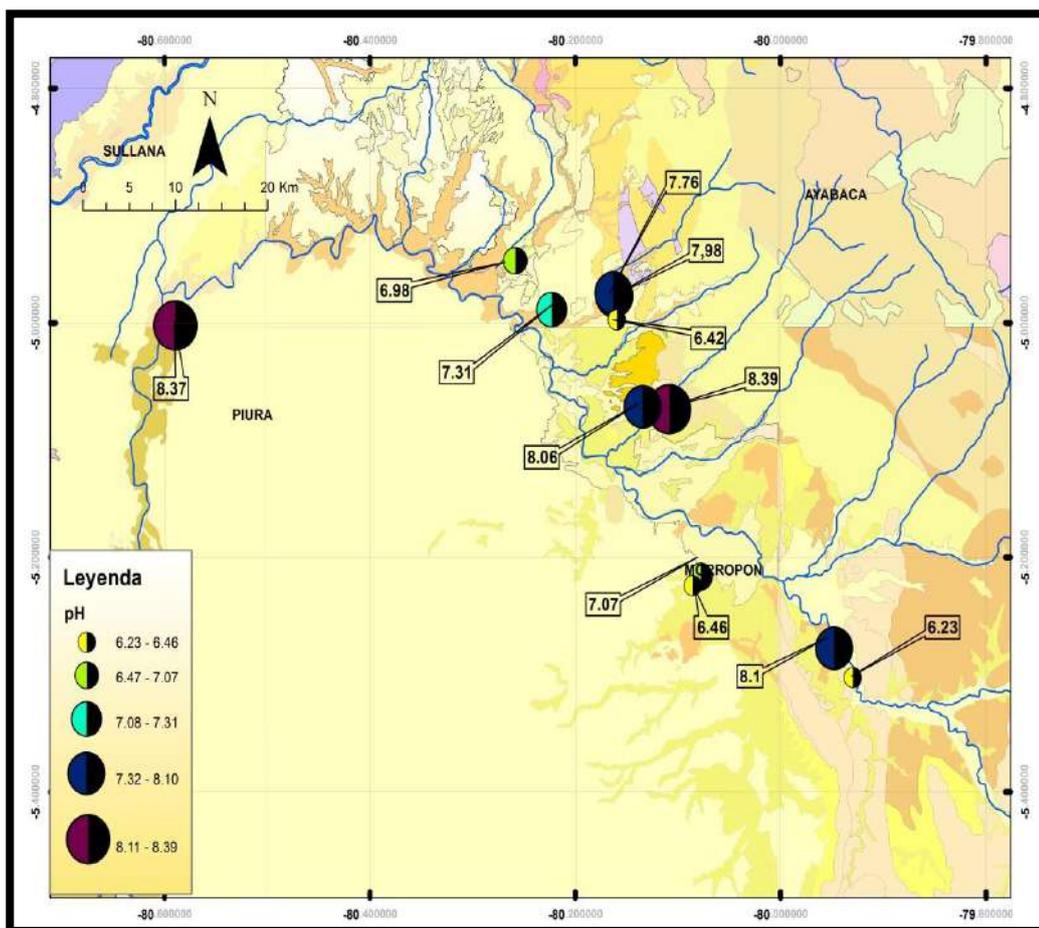


Figura 28. pH.
Fuente: Elaboración propia.

- **Conductividad eléctrica (CE)**

La medida de la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, o la medida de la conductividad eléctrica de una disolución nutritiva recirculante (DNR), son dos aspectos bien conocidos por quienes se dedican al estudio y a la caracterización de suelos.

En el apéndice A se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 24, se muestra un consolidado de la conductividad eléctrica para los puntos evaluados.

Tabla 24. Conductividad eléctrica.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto M	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto T
CE dS/m Relación 1:1	0.27	0.33	16.78	0.46	0.30	0.43	17.16	2.74	0.18	0.21	1.14	1.14

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

La conductividad eléctrica posee un valor máximo en el Punto O de 17.16 dS/m y uno mínimo en el Punto R de 0.21 dS/m, correspondientes al distrito de Morropón y Chulucanas, respectivamente.

Los valores de conductividad eléctrica deberán ser analizados junto con el pH y la cantidad de sodio intercambiable para definir la salinidad del suelo. (Ver Figura 29).

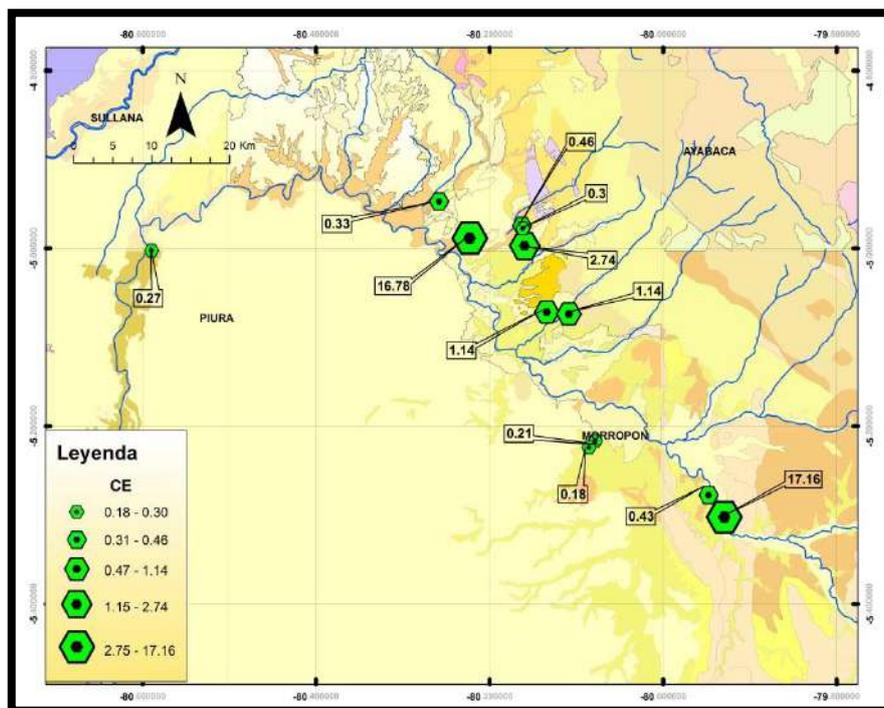


Figura 29. Conductividad eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Fase exploratoria 2

Mapa de ubicación de los puntos estudiados en la fase exploratoria 2:

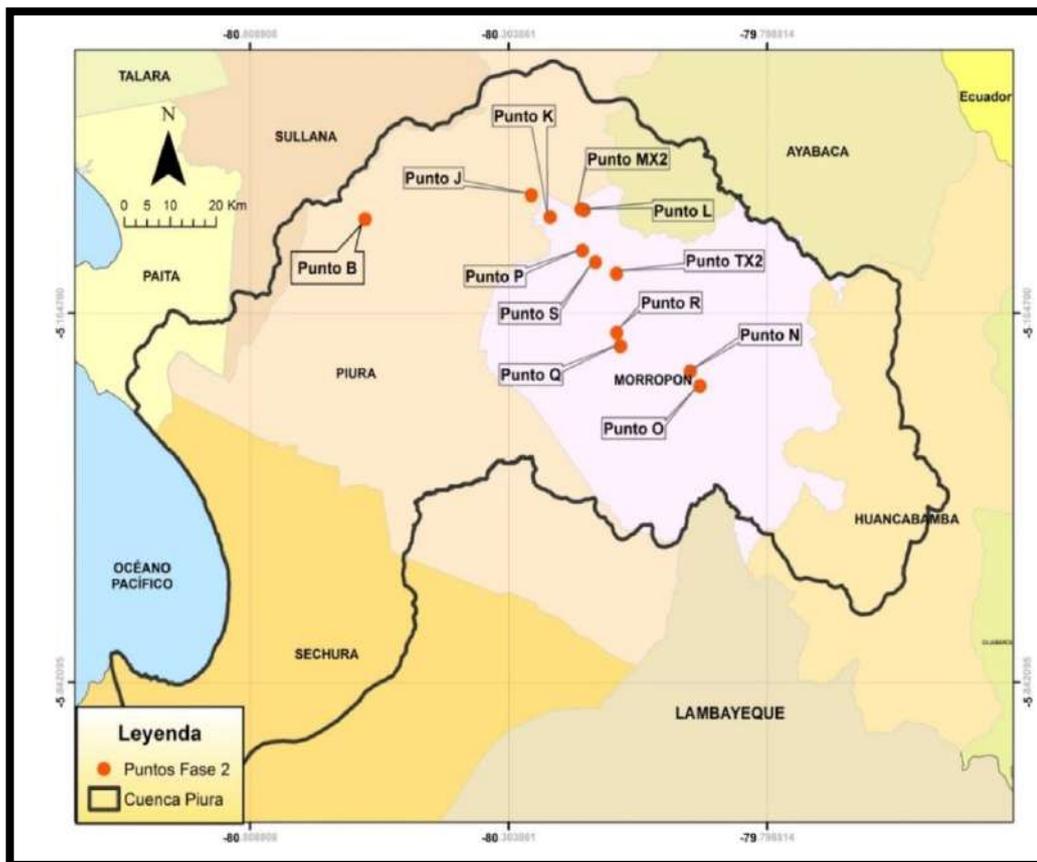


Figura 30. Ubicación de los puntos fase exploratoria 2.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.1. Recolección de muestras

Se analizaron 12 puntos a lo largo de la cuenca del río Piura para describir las características químicas.

A. Primera jornada

La primera jornada se realizó el día 17 de enero del 2016. Esta consistió en ir a un solo punto ubicado dentro de la Cuenca de Piura. La ubicación total de los puntos se indica en el mapa que se muestra en la Figura 30. Las coordenadas del punto TX2 en esta jornada se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Ubicación de los puntos de control de la primera jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto TX2	600556	9437059	Al sur de Chapica

Fuente: Elaboración propia.

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotografías. (Ver tabla 31).

B. Segunda jornada

La segunda jornada de esta expedición se realizó el día 18 de enero del 2016, donde se tomaron muestras pertenecientes a la cuenca de Piura. La ubicación total de los puntos se indica en el mapa que se muestra en la Figura 30. Los puntos estudiados serán N y O. Las coordenadas de los puntos en esta jornada se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26. Ubicación de los puntos del control de la segunda jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto N	616458	9417193	Distrito de Buenos Aires
Punto O	618565	9141210	Distrito de Buenos Aires

Fuente: Elaboración propia

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotos. (Ver tabla 32).

C. Tercera jornada

En la tercera jornada, realizada el día 21 de enero del 2017, se tomaron muestras pertenecientes a la cuenca de Piura. La ubicación total de los puntos se indica en el mapa que se muestra en la Figura 30. Los puntos que se estudiarán serán P y S, cuyas coordenadas que los definen son la Tabla 27.

Tabla 27. Ubicación de los puntos de control de la tercera jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto P	593174	9441733	Pampa de Sáncor
Punto S	595988	9439349	Al norte de Chapica – Yapatera

Fuente: Elaboración propia

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotografías. (Ver Tabla 33).

D. Cuarta jornada

En la cuarta jornada, realizada el día 23 de enero del 2016, se tomaron dos muestras pertenecientes a la cuenca del río Piura. La ubicación total de los puntos se indica en el mapa que se muestra en la Figura 30. Los puntos estudiados serán Q y R. Las coordenadas de los puntos en esta jornada se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Ubicación de los puntos de control de la cuarta jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto Q	600570	9425043	Caserío Tierras duras
Punto R	601387	9422336	La matanza

Fuente: Elaboración propia.

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotografías. (Ver Tabla 34).

E. Quinta jornada

La quinta jornada se realizó el día 25 de enero del 2016. Aquí se hicieron dos calicatas separadas por 400 metros aproximadamente. En áreas de utilidad diferente, un punto se ubica en tierras eriazas y otro está dentro de terrenos de sembrío de mango. La ubicación total de los puntos se indica en el mapa que se muestra en la Figura 30. Las coordenadas de los puntos en esta jornada se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29. Ubicación de los puntos de control de la quinta jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto L	592878	9450133	Al sur de loma La Mesita
Punto MX2	593581	9449926	Cerca de las Cañas

Fuente: Elaboración propia.

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotografías. (Ver Tabla 35).

F. Sexta jornada

En la sexta jornada, realizada el día 26 de enero del 2016, se tomaron tres muestras pertenecientes a la cuenca del río Piura. Los puntos estudiados serán B, J y K. La ubicación total de los puntos se indica en el mapa que se muestra en la Figura 30. Las coordenadas de los puntos en esta jornada se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30. Ubicación de los puntos de control de la sexta jornada.

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte	Referencia
Punto B	546141	9448142	Caserío las Cañas
Punto J	582122	9452997	Malingas con vegetación
Punto K	586158	9448560	Malingas sin vegetación

Fuente: Elaboración propia.

Después de las localizaciones de la jornada, se presenta una descripción de las calicatas realizadas con sus respectivas fotografías. (Ver tabla 36).

Tabla 31. Descripción de puntos de control de la primera jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto TX2 Se ubica cerca de cultivos de mango donde se ha desarrollado un suelo de grano fino a medio, compuesto por arenas, limos y arcillas. El origen procede de la meteorización y erosión de las rocas volcánicas por formar parte de la cuenca Lancones, donde se desarrolló una intensa actividad tectónica posteriormente. Este punto a estudiar es un nuevo punto y se encuentra muy cerca del punto T que fue estudiado en la primera campaña, pero no se puede hacer referencia a este, ya que el uso del suelo es distinto, pues el punto T fue tomado en suelos eriazos, mientras este último ha sido tomado dentro de un fundo con sembríos de mango, tamarindo, naranjas y papayas. La calicata de muestreo se ubicó en El Fundo Javier que comprende 16 Ha. (Ver Figura 31). 	 <p>Figura 31. Calicata del punto TX2.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Descripción de puntos de control de la segunda jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> • Punto N El suelo contiene abundante materia orgánica y es aledaño a suelos con hojas de banano y raíces de pequeñas plantas que crecen en los surcos de riego. La litología está representada por gran porcentaje de limos y en menor cantidad los limos y arenas. El porcentaje de humedad es elevado por la presencia de un el nivel alto de la napa freática. (Ver Figura 32). 	 <p data-bbox="839 696 1193 723">Figura 32. Calicata del punto N.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Punto O Se ubica en el caserío Lindero el Ala, carretera a Canchaque, la calicata se realizó cerca a zonas de cultivo de banano, maíz, limón y mango. Estas áreas forman parte de los depósitos fluviales del río Piura. El suelo está formado de abundante materia orgánica, limos, arcillas y arenas. La presencia del alto nivel de la napa freática hace posible la permanente humedad del suelo. (Ver Figura 33). 	 <p data-bbox="839 1256 1193 1283">Figura 33. Calicata del punto O.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Descripción de puntos de control de la tercera jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> • Punto P La calicata se ubica en tierras eriazas, suelo muy compacto con alto contenido de limos y arcillas y la presencia de pequeños fragmentos de gravas. El contenido de materia orgánica está formado por raíces secas muy finas. (Ver Figura 34). 	 <p data-bbox="855 1935 1206 1962">Figura 34. Calicata del punto P.</p>

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto S El punto S, por ubicarse en áreas de afloramientos de la formación Yapatera constituidos por fragmentos de gravas subangulares, presenta un terreno duro y compacto. En la calicata se observa, la litología del suelo conformado por limos, arcillas y arenas, con un abundante contenido de materia orgánica provenientes de hojas y raíces secas de los cultivos y cosechas pasadas. (Ver Figura 35). 	 <p data-bbox="890 779 1241 808">Figura 35. Calicata del punto S.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Descripción de puntos de control de la cuarta jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto Q El suelo está conformado por arenas de grano medio a fino, limos y arcillas, el contenido de materia orgánica está formado por raíces de plantas de maíz con diámetro de 2 mm aproximadamente, la consolidación del suelo es moderada por presentar un alto contenido de arenas no compactas. (Ver Figura 36). 	 <p data-bbox="922 1417 1273 1447">Figura 36. Calicata del punto Q.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto R El punto R se ubica cerca al fundo de uva El Iqueño. El suelo se conforma de limos, arcillas y arenas. Su litología presenta un suelo más compacto y de buen drenaje. (Ver Figura 37). 	 <p data-bbox="922 1865 1273 1895">Figura 37. Calicata del punto R.</p>

Fuente: Elaboración propia.

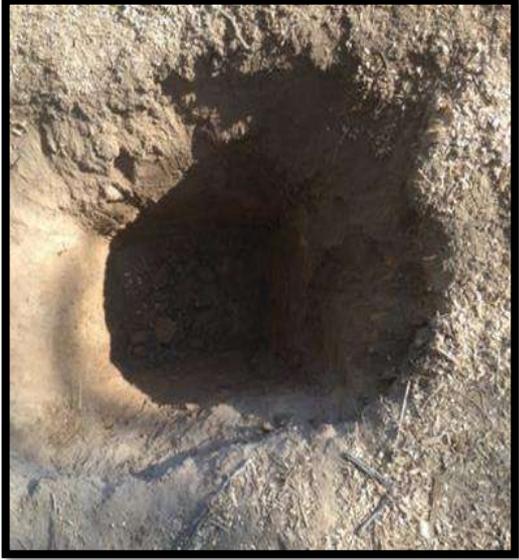
Tabla 35. Descripción de puntos de control de la quinta jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto L El punto L forma parte de un terreno de 30 Ha perteneciente a la comunidad campesina de Sancor. Todas son tierras eriazas con un suelo muy compacto, constituido por arenas, limos y arcillas; sedimentos finos producto de la erosión de rocas volcánicas. (Ver Figura 38). 	 <p data-bbox="852 663 1203 689">Figura 38. Calicata del punto L.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto MX2 El punto M se ubicó cerca de sembríos de mango, maíz y plantaciones de ciruelas. El suelo es muy compacto, formado por arenas, limos, un alto contenido de arcillas y materia orgánica constituida a su vez por raíces y hojas secas. (Ver Figura 39). 	 <p data-bbox="852 1099 1203 1126">Figura 39. Calicata del punto M.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Ubicación de los puntos de control de la sexta jornada.

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto B El punto B se tomó cerca de la carretera del caserío San Rafael, aledaño fundos de cultivo de uva de mesa y banano orgánico. El suelo está conformado por material eólico, constituido principalmente por arena (de grano fino a medio), limos y arcillas. Cerca al punto se observan pequeños afloramientos poco consolidados constituidos por material calcáreo. Las muestras tomadas, en comparación a la campaña pasada, no han tenido alguna variación relevante. La profundidad de la muestra tomada fue de 35 cm. (Ver Figura 40). 	 <p data-bbox="852 1933 1203 1960">Figura 40. Calicata del punto B.</p>

Descripción	Figura
<ul style="list-style-type: none"> Punto J El punto J se realizó en el caserío de Malingas zona donde se cultiva banano orgánico y mango. El suelo está formado por un alto contenido de silicatos, característico en un suelo arcilloso, y se encontraba con un acentuado índice de humedad. La profundidad de la muestra tomada fue de 30 cm. (Ver Figura 41). 	 <p data-bbox="890 786 1238 817">Figura 41. Calicata del punto J.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Punto K El punto K se ubica en el caserío de Malingas dentro en una zona cercana a una zona de cultivo de mango. La profundidad de la calicata fue de 40 cm, en la cual se pudo observar un suelo deshidratado acompañado con materia orgánica, a pesar de que se encontraba cerca a zona de cultivo, no fue muy visible el contenido de sales y minerales, pero si se rescata la presencia de arcillas y pequeños limos. (Ver Figura 42). 	 <p data-bbox="884 1406 1244 1435">Figura 42. Calicata del punto K</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.2. Elaboración de base de datos en GIS

Al igual que la primera fase, se tuvo como criterio las zonas más representativas de los suelos de la cuenca del río Piura. Se tomaron un total de 12 puntos, las cuales variaban según el tipo de suelo, las características físicas y químicas del área. Esta vez se tomó como referencia los 12 puntos de la primera fase. Aunque en algunos casos no se pudo ingresar al mismo punto, se sustituyeron en zonas muy cercanas a los primeros, considerando que no varíen las condiciones iniciales.

El mapa con los 12 puntos pertenecientes a la cuenca del río Piura de esta fase se observan en el mapa ubicación de los puntos estudiados en la fase exploratoria 2. (Ver Figura 30).

3.3.2.3. Resultados de análisis físico-químico del suelo

Todas las muestras fueron enviadas al Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Todos los resultados obtenidos se encuentran en el Apéndice B.

En la tabla 37 se muestra la equivalencia entre los nombres dados a cada punto para la presente investigación, y los códigos de Laboratorios; así como un resumen de los resultados obtenidos.

A. Ensayos de análisis químico del suelo – fase exploratoria 2

Tabla 37. Resultados químicos fase exploratoria 2.

Nombre	Código de lab.	CE (dS/m) 1:1	Análisis mecánico				pH 1:1	MO (%)	P (ppm)	K (ppm)	CaCO ₃ (%)
			Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura					
Punto B	9074.00	0.23	94.40	1.28	4.32	Arena	7.82	0.08	25.57	69.80	0.20
Punto J	9075.00	0.35	60.40	31.28	8.32	Franco arenoso	7.36	0.52	22.18	73.40	0.08
Punto K	9076.00	8.64	56.40	39.28	4.32	Franco arenoso	7.44	0.53	15.79	584.00	1.63
Punto L	9071.00	1.00	34.40	37.28	28.32	Franco arcilloso	7.80	0.64	19.64	131.20	1.15
Punto MX2	9072.00	0.69	40.40	39.28	20.32	Franco	7.65	2.50	35.90	346.00	0.21
Punto N	8871.00	0.78	19.68	65.28	15.04	Franco limoso	7.52	1.21	24.25	120.00	0.24
Punto O	8872.00	0.85	15.68	61.28	23.04	Franco limoso	8.07	2.15	26.32	128.20	0.75
Punto P	8878.00	7.31	36.40	55.28	8.32	Franco limoso	5.99	0.40	32.90	218.00	ND
Punto Q	8873.00	0.12	85.68	9.28	5.04	Arena franca	7.41	0.15	21.90	147.80	0.27
Punto R	8874.00	0.42	52.40	39.28	8.32	Franco arenoso	6.45	1.96	31.96	384.00	ND
Punto S	8875.00	0.44	56.40	37.28	6.32	Franco arenoso	7.46	0.87	8.37	122.00	0.24
Punto TX2	8870.00	1.40	23.68	63.28	13.04	Franco limoso	7.49	4.37	21.84	888.00	0.63

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

B Análisis de variables

• Textura

Dentro del valle de la cuenca del río Piura se encuentran valores de: arena, con un porcentaje máximo de 94.4 % y mínimo de 15.68 %; Limo, con un porcentaje máximo de 65.28 % y mínimo de 1.28 %; y Arcilla, con un porcentaje máximo de 28.32 % y mínimo de 4.32 %. El elevado porcentaje en arenas ahora dio como resultado una nueva clase textura en el Punto B, resultando tener como textura arena. Como se muestra en el mapa, este punto se encuentra rodeado de depósitos eólicos y aluviales con altos contenidos de

arenas. De igual manera, el punto presenta grandes cantidades de arcillas debido a que se encuentra dentro de una litología con alto contenido de arcilla como es el caso de Volcánica Lancones. (Ver Figura 43).

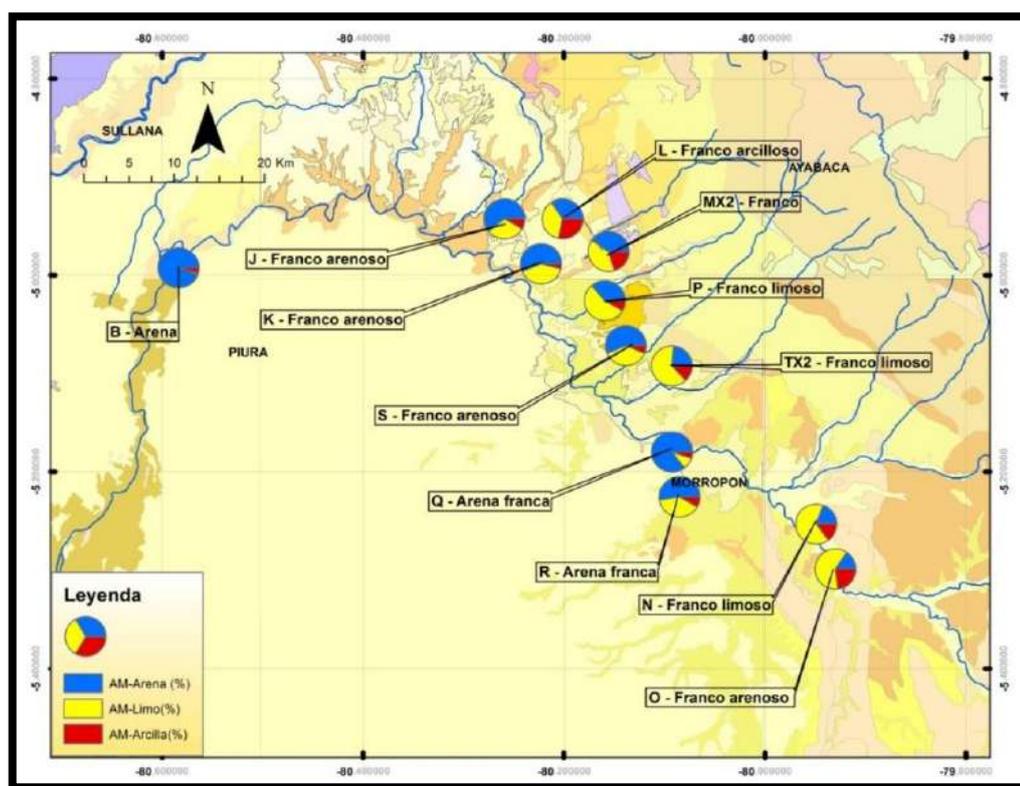


Figura 43. Textura.

Fuente: Elaboración propia.

En el apéndice B se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 38, se muestra un consolidado del análisis mecánico para los puntos evaluados.

Tabla 38. Análisis mecánico.

Nombre	Análisis mecánico			Textura
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	
Punto B	94.40	1.28	4.32	Arena
Punto J	60.40	31.28	8.32	Franco arenoso
Punto K	56.40	39.28	4.32	Franco arenoso
Punto L	34.40	37.28	28.32	Franco arcilloso
Punto MX2	40.40	39.28	20.32	Franco
Punto N	19.68	65.28	15.04	Franco limoso
Punto O	15.68	61.28	23.04	Franco limoso
Punto P	36.40	55.28	8.32	Franco limoso
Punto Q	85.68	9.28	5.04	Arena franca
Punto R	52.40	39.28	8.32	Franco arenoso
Punto S	56.40	37.28	6.32	Franco arenoso
Punto TX2	23.68	63.28	13.04	Franco limoso

Fuente: Elaboración propia.

- **Cantidad de carbonatos**

Los carbonatos forman parte de la composición las estructuras geológicas y de origen orgánico de naturaleza caliza, como tobas calcáreas, espeleotemas, estromatolitos, oncolitos, etc. En este caso se han estudiado y se presentan a continuación los carbonatos expresados como carbonato de calcio.

La cantidad de carbonatos varía desde ND en los puntos P y R, pertenecientes a los distritos de Las Lomas y Chulucanas respectivamente; y llega hasta el valor de 1.63 % en el punto K que pertenece al distrito de Las Lomas-Tambogrande, siendo este el valor más alto. La ausencia de carbonatos en los puntos P y R se puede explicar porque ambas zonas proceden de rocas metamórficas donde la mayoría son óxidos y no carbonatos. En el mapa se muestra una distribución por rangos para visualizar mejor el contenido de este parámetro. (Ver Figura 44).

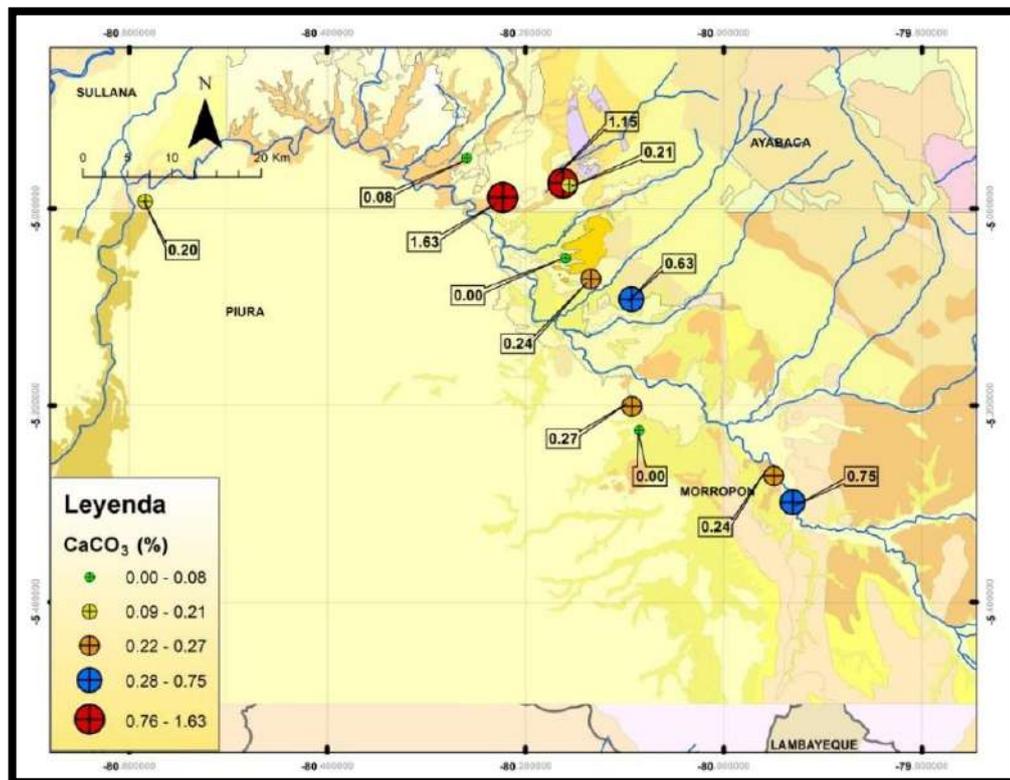


Figura 44. Contenido de carbonatos.

Fuente: Elaboración propia.

En el apéndice B se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 39, se muestra un consolidado de la cantidad de carbonatos para los puntos evaluados.

Tabla 39. Contenido de carbonatos

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto MX2	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto TX2
CaCO ₃ (%)	0.20	0.08	1.63	1.15	0.21	0.24	0.75	ND	0.27	ND	0.24	0.63

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

- **Materia orgánica (MO)**

Los valores en esta segunda fase aumentan, debido a la nutrición del suelo por parte de los productores que utilizan fertilizantes de tipo orgánico para ayudar al desarrollo de la planta.

En este parámetro el valor mínimo pertenece al punto B del distrito de Piura con una cantidad de 0.08 %, entendiéndose este bajo valor por su ubicación, el cual está dentro de depósitos aluviales donde la cantidad de arena existente no permite que la materia orgánica se degrade y coexista con algunos organismos y de esta manera enriquezcan al suelo. El valor máximo que se da en el punto M es justificable debido a las plantaciones de mango, uva y ciruelo que tenían alrededor. A continuación, se muestra un mapa con las diferentes cantidades de materia orgánica: (Ver Figura 45).

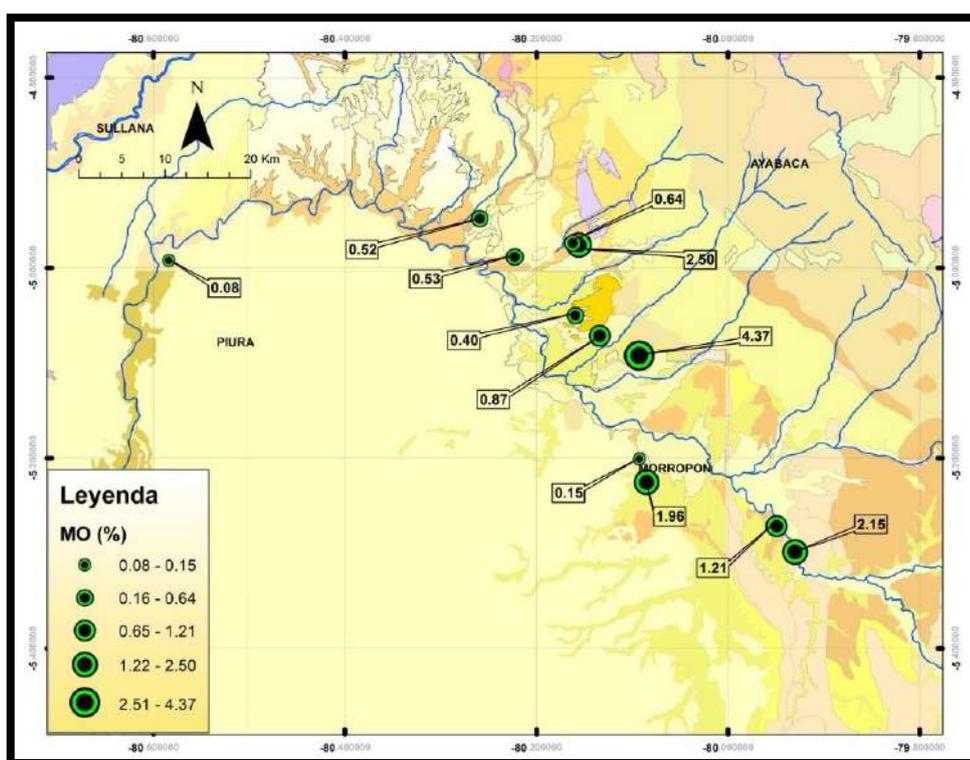


Figura 45. Materia orgánica.

Fuente: Elaboración propia.

En el apéndice B se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 40, se muestra un consolidado del contenido de materia orgánica para los puntos evaluados.

Tabla 40. Contenido de materia orgánica.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto MX2	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto TX2
MO (%)	0.08	0.52	0.53	0.64	2.50	1.21	2.15	0.40	0.15	1.96	0.87	4.37

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

- **Fósforo disponible**

Los valores van desde 8.37 ppm en el punto S hasta 35.90 ppm en el punto MX2. Al igual que en la materia orgánica, se ve una ligera alza en los valores. Por lo general los productores usan diversos fertilizantes para la nutrición de la planta, por lo tanto, es normal que se vea un alza en los elementos de tipo nutricional como es el fósforo.

En el apéndice B se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 41, se muestra un consolidado del fósforo disponible para los puntos evaluados.

Tabla 41. Fósforo disponible.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto MX2	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto TX2
P (ppm)	25.57	22.18	15.79	19.64	35.90	24.25	26.32	32.90	21.9	31.96	8.37	21.84

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

Según los puntos analizados, se tiene como cantidad de fosforo más baja al Punto S con un valor de 8.37 ppm. A pesar de la diferencia con los demás puntos, sigue sin necesitar un fertilizante para llevar a cabo sus cultivos, sin embargo, si no tuviera bases solubles en su suelo, así como materia orgánica, tendría que aplicarse un abono más adecuado. Entonces todos los valores de fósforo se encuentran en un rango adecuado para nutrir de forma satisfactoria al suelo, sin necesidad de hacer un intercambio catiónico. (Ver Figura 46).

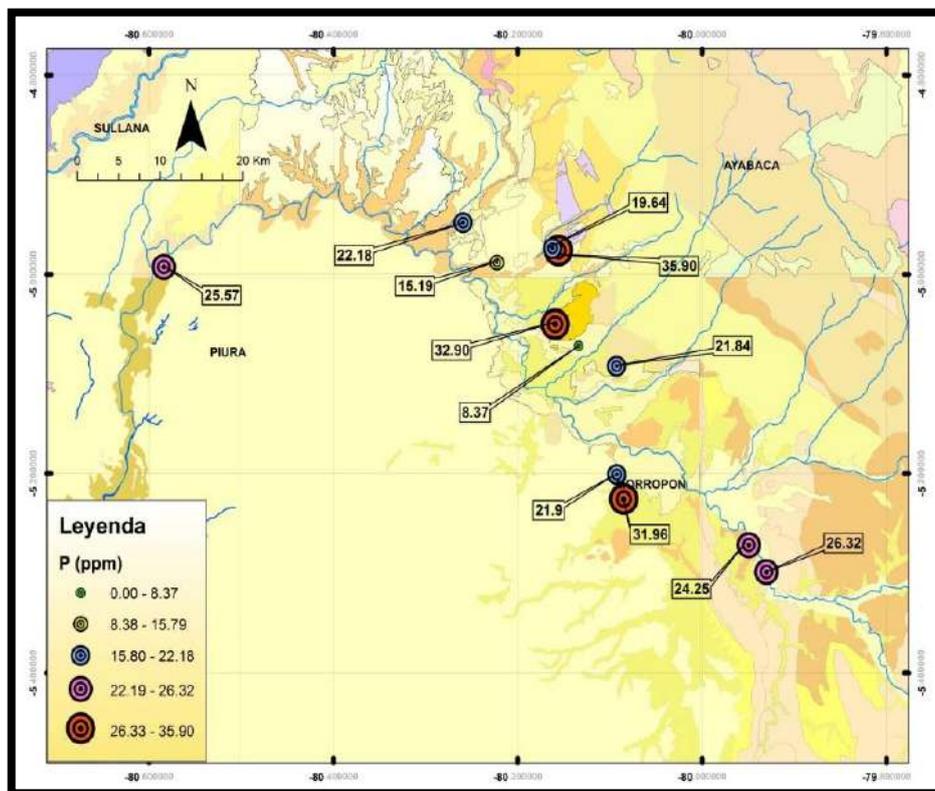


Figura 46. Fósforo disponible.

Fuente: Elaboración propia.

- **Potasio disponible**

Dentro de los valores se tienen valores excesivamente altos como en el caso del punto T con 888 ppm, siendo anómalos, pues para valores como estos los suelos presentarían una gran cantidad de feldespatos y presentando una coloración y rasgos físicos distintos a los que se observaron en campo.

En el apéndice B se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 42, se muestra un consolidado del potasio disponible para los puntos evaluados.

Tabla 42. Potasio disponible.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto MX2	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto TX2
K (ppm)	69.80	73.40	584.00	131.20	346.00	120.00	128.20	218.00	147.80	384.00	122.00	888.00

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

El potasio disponible es el que puede ser aprovechado por las plantas sin necesidad de que se encuentre en una fase de intercambio catiónico para que pueda ser aprovechado. Como se observa en la tabla, el suelo se encuentra disponible en cantidades considerables en la mayoría de los puntos con mayor énfasis en el punto TX2 (888.00 ppm), donde existen diversas cantidades de plantas como plantas de uva, mango, naranjas y limones para los cuales el dueño del fundo donde se encuentra este punto utiliza fertilizantes a base de potasio. (Ver Figura 47).

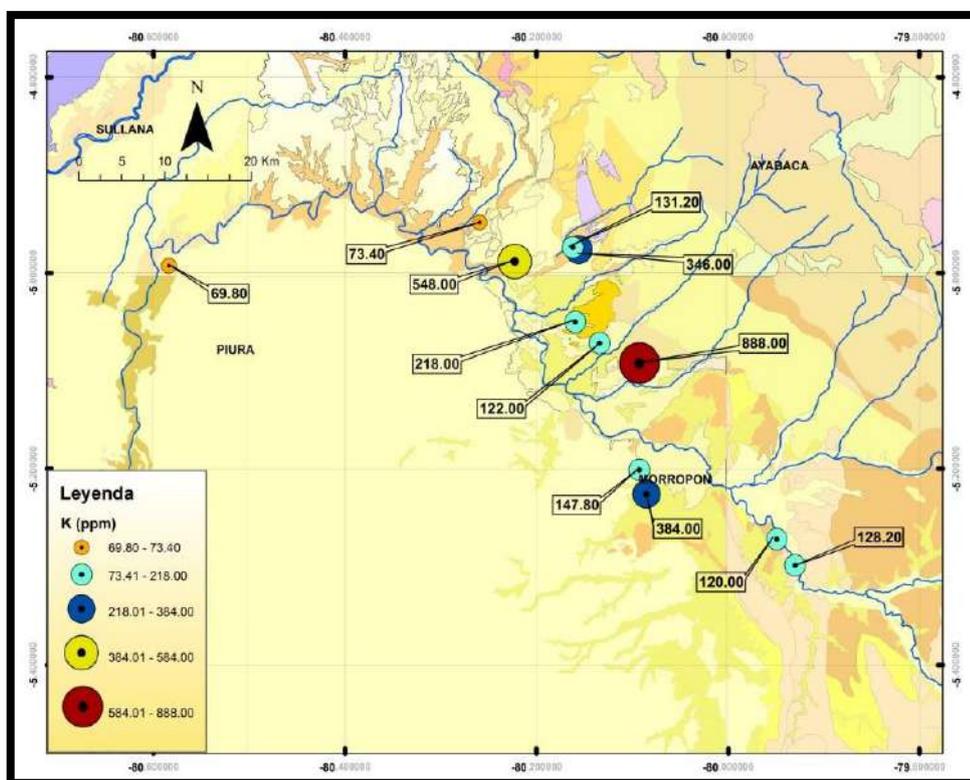


Figura 47. Potasio disponible.

Fuente: Elaboración propia.

- **pH**

Dentro de esta cuenca tenemos valores que oscilan desde 5.99 en el punto P hasta 8.07 unidades de pH en el punto O.

En el apéndice B se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 43, se muestra un consolidado del pH para los puntos evaluados.

Tabla 43. pH.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto MX2	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto TX2
pH 1:1	7.82	7.36	7.44	7.80	7.65	7.52	8.07	5.99	7.41	6.45	7.46	7.49

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

Dentro de todos los puntos, los más importantes son P y R, ya que teniendo valores por debajo de 6.50 hacen que el suelo sea ácido, y si a ello le sumamos la cantidad de sales disueltas que podrían encontrarse en estos lugares, es probable que ambos suelos necesiten una enmienda por lavado. Para los valores más altos como en el punto O de 8.07, se debe prever que, con un pH tan superior, los sulfatos se hallan de nuevo disponibles, ya que condiciones tan alcalinas solo se dan en presencia de alto porcentaje de sales de sodio y los fosfatos sódicos son solubles en agua. La distribución de pH a lo largo de la cuenca de Piura se encuentra a continuación: (Ver Figura 48).

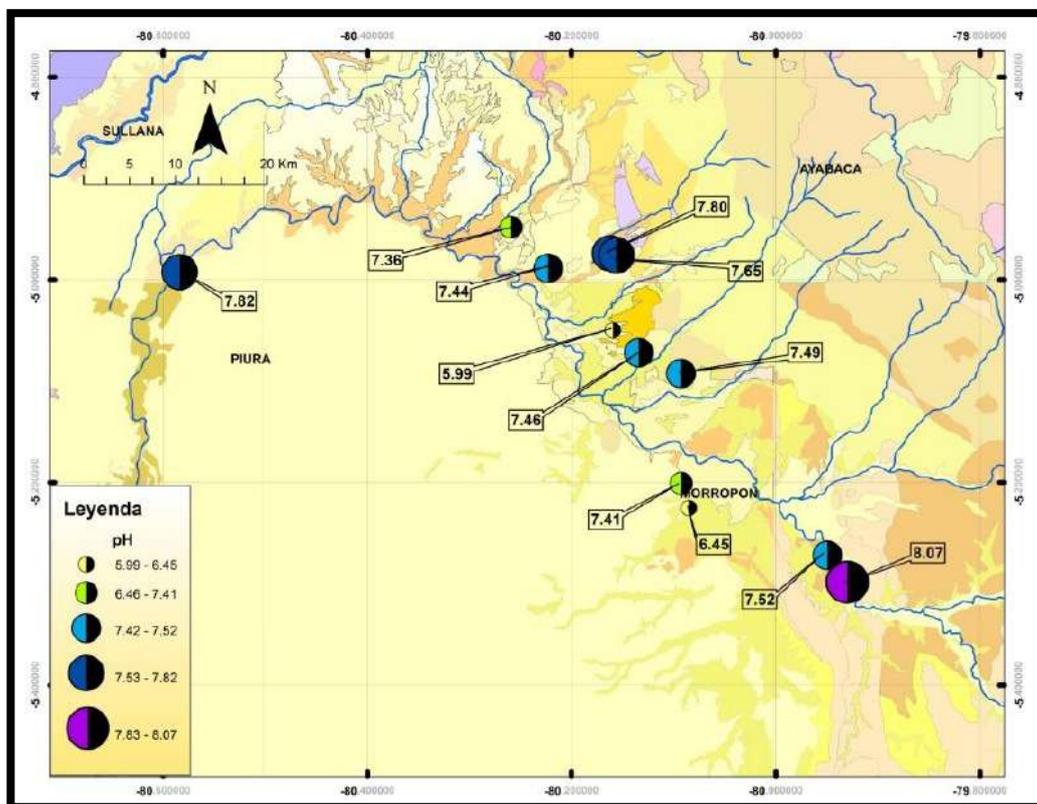


Figura 48. pH.

Fuente: Elaboración propia.

- **Conductividad eléctrica (CE)**

En cuanto a la conductividad eléctrica los valores bajos indican poca presencia de sales en los suelos, teniendo una parte ventajosa pues no se presentaría problemas de salinización de los suelos. Tendría que tomarse en cuenta la parte desventajosa en cuanto a que en valores por debajo de 2 dS/m indicarían pobreza nutricional.

En el apéndice B se pueden observar los resultados de todos los parámetros analizados en los 12 puntos. A continuación, en la Tabla 44, se muestra un consolidado de la conductividad eléctrica para los puntos evaluados.

Tabla 44. Conductividad eléctrica.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto MX2	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto TX2
CE dS/m 1:1	0.23	0.35	8.64	1.00	0.69	0.78	0.85	7.31	0.12	0.42	0.44	1.40

Fuente: Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).

La conductividad eléctrica posee un valor máximo en el Punto K de 8.64 dS/m, y uno mínimo en el Punto Q de 0.12 dS/m, correspondientes al distrito de Lomas Tambogrande y Chulucanas, respectivamente. Además, sin considerar los dos puntos más altos de 8.64 dS/m y 7.31 dS/m, se puede decir que el valor promedio de todos los puntos es poco variable con una cantidad de 0.63 dS/m. Además, es bajo, por lo que podemos decir que la conductividad de sales estará muy limitada en casi toda la zona de estudio. Por el contrario, en los dos puntos de alta conductividad el terreno se encontrará más enriquecido y su saturación de bases probablemente sea más alta. (Ver Figura 49).

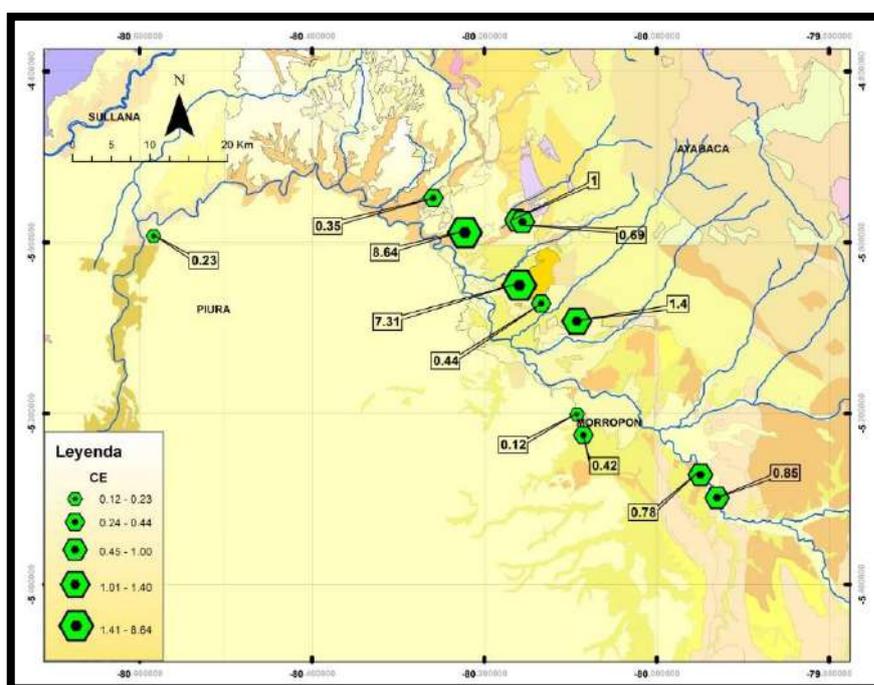


Figura 49. Conductividad eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4 Interpretaciones de resultados

4.1. Interpretación de resultados fase exploratoria 1

Dentro de los resultados, se puede observar que, de los puntos estudiados en la cuenca, se presenta una amplia variedad de texturas, en las cuales tenemos: franco arenoso, franco, arenas francas y franco arcillosos. (Ver Figura 50).

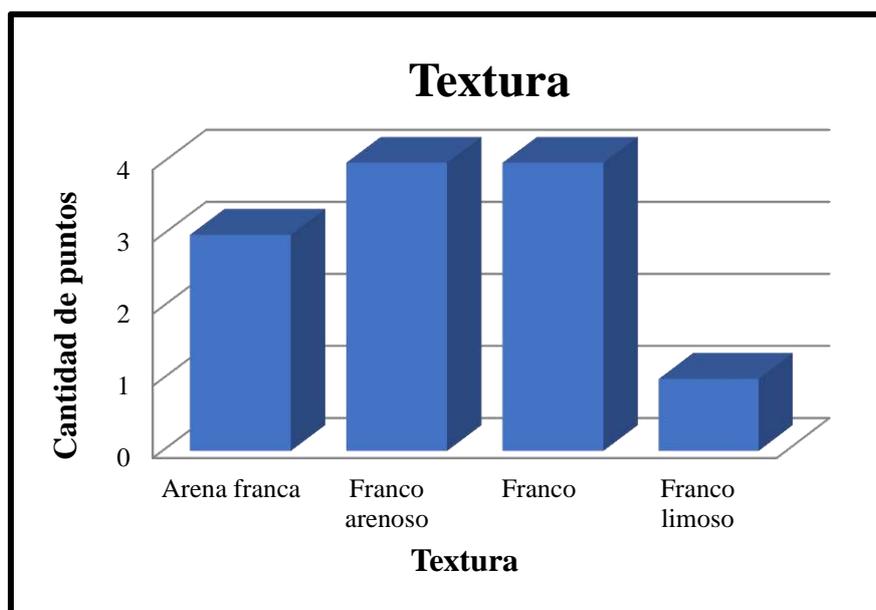


Figura 50. Cuadro de barras de la textura- primera fase.
Fuente: Elaboración propia.

Debido a que en la mayoría de los puntos predominan las arenas, con un porcentaje promedio de 54.37 %, se puede acotar que gracias a estas el terreno consigue una buena aireación y permeabilidad. Por otro lado, se debe tener en cuenta que podría presentarse un problema de retención de agua y una deficiente capacidad de almacenamiento de nutrientes. (Ver Figura 50).

Los suelos francos y francos limosos son muy deseables para la mayor parte de los usos. Tienen la arcilla suficiente para tener cantidades adecuadas y nutrientes que aseguran un óptimo crecimiento vegetal, pero no tanta como para presentar dificultades de aireación o causar problemas en las operaciones del cultivo. Contienen suficiente limo para formar

gradualmente más arcilla y para liberar nutrientes cuando se meteorizan. Tal es el caso de los puntos M, L, N y S (francos), y el punto O (franco limoso). (Ver Figura 51).

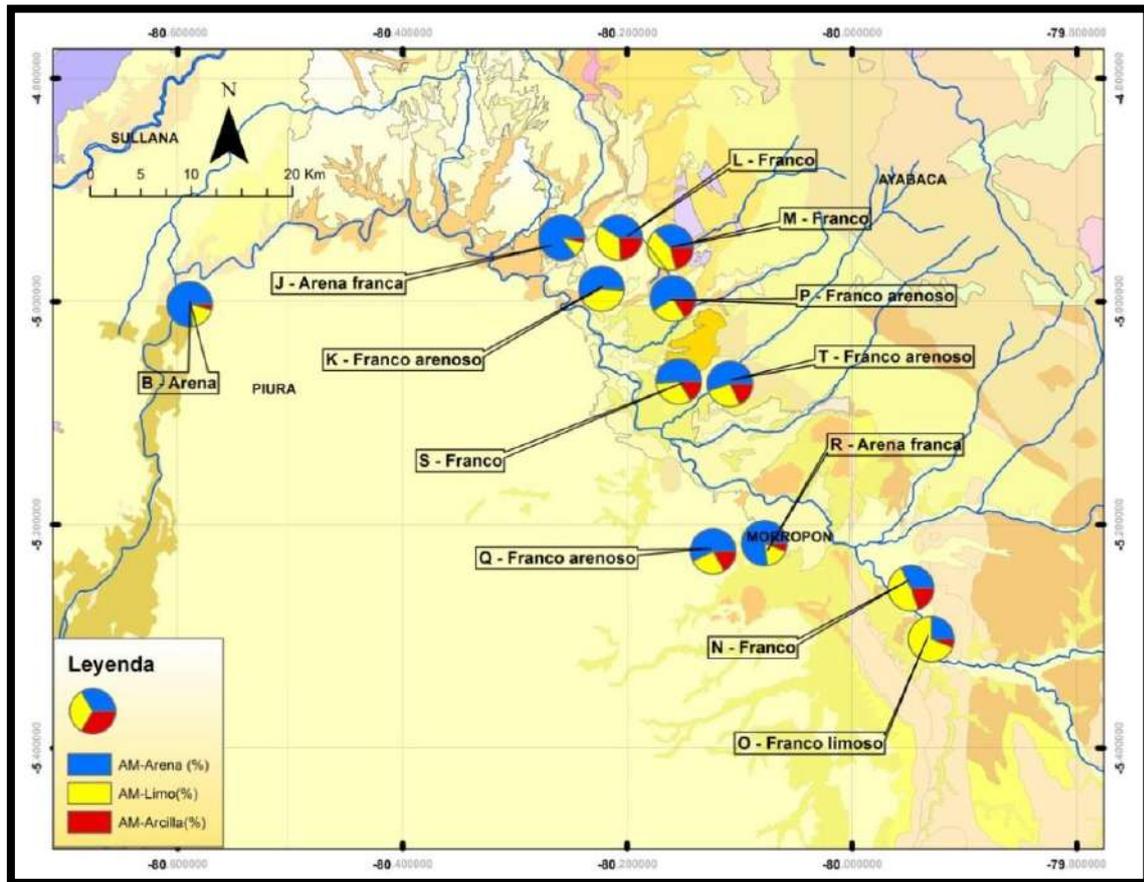


Figura 51. Textura.

Fuente: Elaboración propia.

Según los requerimientos de productos como el mango, la palta, el limón y la uva, que crecen en suelos con texturas franco arenosas, se podría cultivar en los puntos K, P, Q y T que presentan este tipo de textura. (Ver Figura 51).

El promedio de la cantidad de carbonatos es de 0.30 % (sin contar el punto M). Los valores resultan muy bajos debido a que los puntos se encuentran ubicados en la zona media y alta de la cuenca donde es muy inusual hallar la presencia de carbonatos.

Por otro lado, existe un elevado valor correspondiente al punto M. Esto se podría explicar porque la muestra se tomó en un lugar desértico y árido debido a que no se relaciona con agua de riego o de lluvia, en consecuencia, a la sequía en los últimos años. Gracias a esta situación se puede decir que el agua en su totalidad se ha evaporado y los carbonatos se han precipitado en el suelo. Además, durante la práctica se hizo in situ la prueba de ácido clorhídrico tomando una pequeña fracción del suelo, el cual reaccionó de manera efervescente al entrar en contacto con este, por lo que era de esperarse su alto contenido de carbonatos (%). (Ver Figura 52).

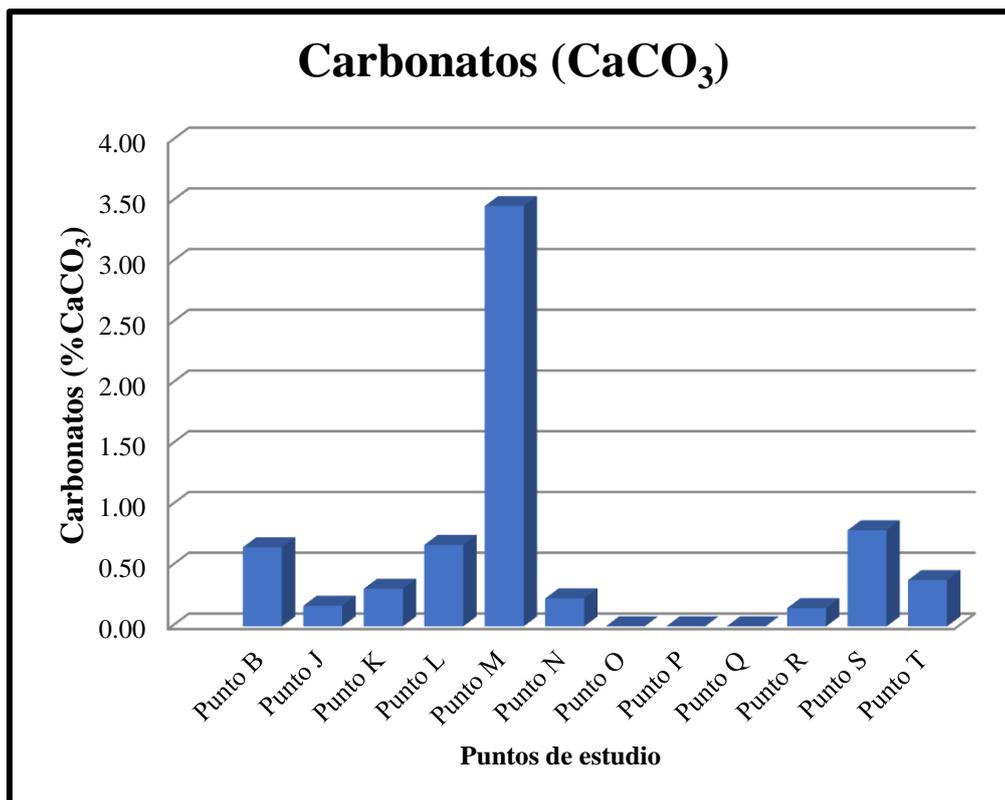


Figura 52. Cuadro de barras de carbonatos - primera fase.

Fuente: Elaboración propia.

Según la Figura 53, teniendo un valor promedio de 7.43 unidades de pH, se puede decir que la mayoría de los puntos se encuentra en un suelo ligeramente alcalino, teniendo como rango de 7.40 a 7.80 para este tipo de suelos. Se debe tener en cuenta que con un alto contenido de sales solubles el suelo se puede convertir en salino, presentando como problema la disponibilidad limitada de agua para las plantas que se cosechan.

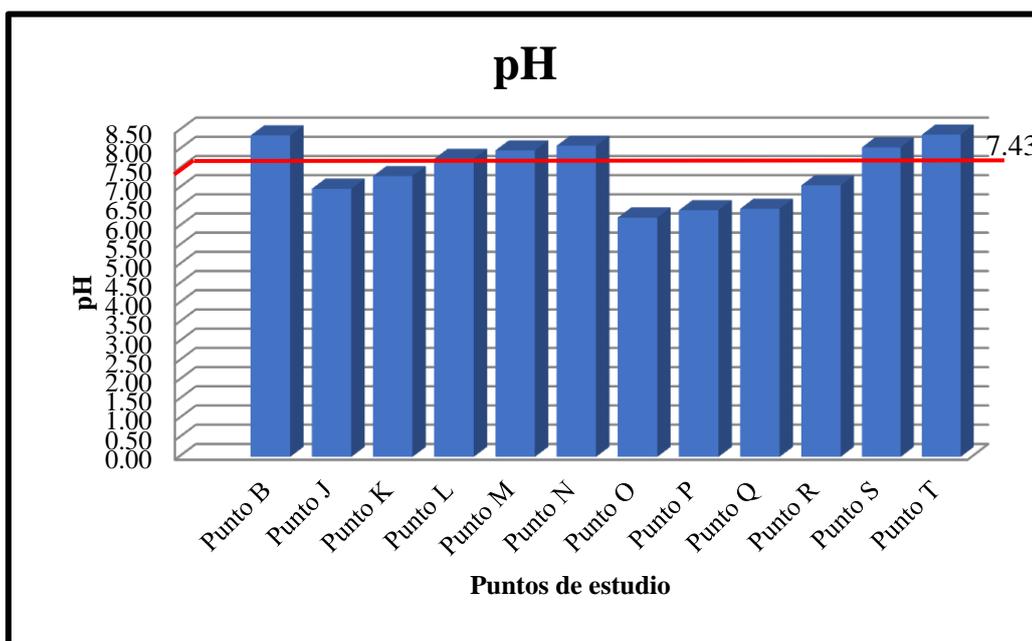


Figura 53. Cuadro de barras de pH- primera fase.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de pH próximos a 7.50 u 8.00, tales como los puntos B, L, M, N, S y T (Ver Figura 53), se puede decir que presentarán una presencia de sales solubles en exceso ya que suelen estar acostumbrados a estar floculados en presencia de un exceso de sales, pero pueden dispersarse si estas son eliminadas y persiste una cantidad apreciable de Na^+ absorbido por el suelo. Esta presencia de sales solubles en exceso no es del todo dañina, ya que significa también la abundancia de nutrientes, por lo tanto, estas pueden ser eliminadas por lavado considerando un buen drenaje y abundante suministro de agua.

En la Figura 53, también se observa que el punto O tiene el valor más bajo de pH con un valor de 6.23, seguido el punto P con 6.42. Ello los hace apropiados para el cultivo de cacao que requiere un pH entre 5.10 a 6.50. Tales puntos se encuentran ubicados en la parte alta de la cuenca Piura (Alto Piura). De esta forma se comprueba la realidad de esta zona, pues la mayoría de productores en el departamento de Piura se encuentra introduciendo al mercado este producto.

El fósforo disponible en el suelo se encuentra por lo general en compuestos orgánicos y en minerales. Por lo tanto, en la gráfica se puede apreciar que los valores más altos son proporcionales con los valores altos de MO tales como los puntos N, O y S. De los cuales se podría usar este elemento presente en el terreno como un factor de fertilidad, pues el fósforo es uno de los principales elementos fertilizantes. (Ver Figura 54 y Tabla 45).

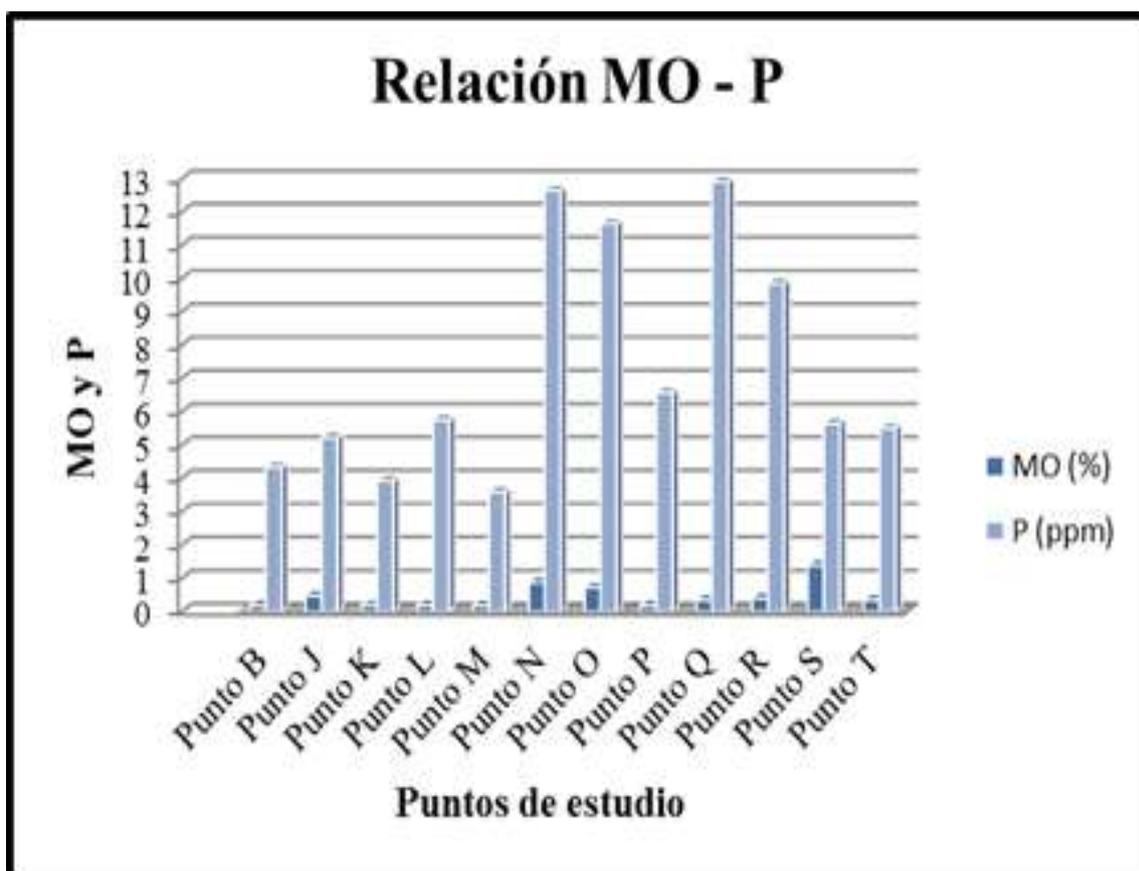


Figura 54. Cuadro de barras de fósforo disponible y materia orgánica - primera fase.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Fósforo disponible y materia orgánica fase 1.

Nombre	P (ppm)	MO (%)
Punto B	4.34	0.18
Punto J	5.22	0.48
Punto K	3.93	0.19
Punto L	5.75	0.18
Punto M	3.60	0.18
Punto N	12.64	0.87
Punto O	11.65	0.73
Punto P	6.57	0.18
Punto Q	12.91	0.35
Punto R	9.85	0.40
Punto S	5.65	1.39
Punto T	5.50	0.35

Fuente: Elaboración propia.

El potasio al ser deficiente en los puntos K y S, evaluando el drenaje y la cantidad de materia orgánica, necesitaría ayuda de un fertilizante para poder cultivar productos como el mango, el limón y el cacao. Para el caso de los puntos N y O ubicados en la zona de las Lomas-Tambogrande y Morropón, se explicaría su alto contenido de potasio por la existencia de rocas metamórficas con altas cantidades de feldspatos y micas, que luego productos del metamorfismo se convierten en arcillas expansivas, que son las que generalmente mucho potasio en su interior. (Ver Figura 55).

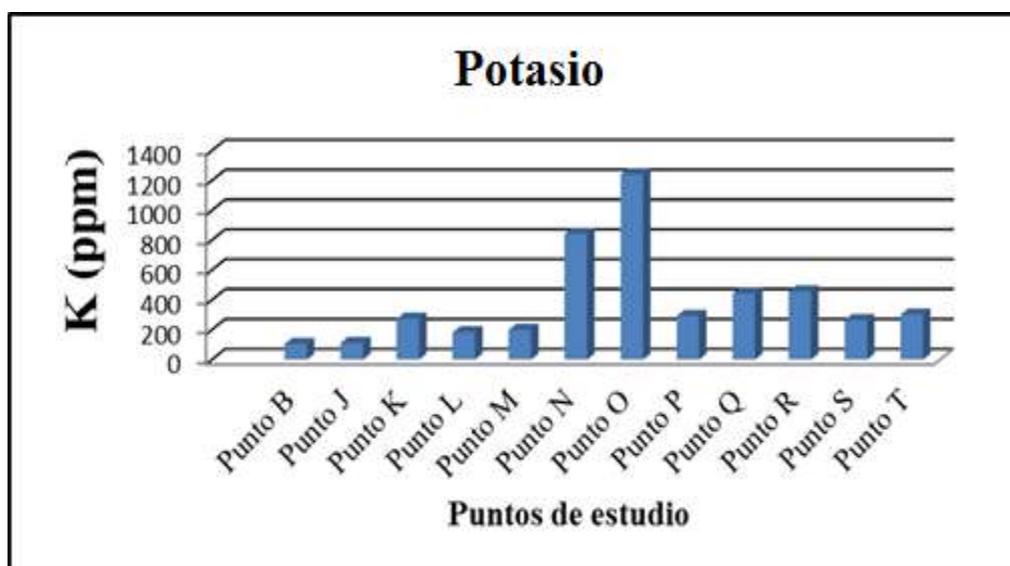


Figura 55. Cuadro de barras de potasio - primera fase.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. Conclusiones fase 1

Como la mayoría de los puntos estaban sin cultivar y además eran eriazos, los valores bajos de materia orgánica se justifican debido a que no hay vegetación cercana y, además, con las altas temperaturas que el suelo soporta, la degradación de la materia orgánica es acelerada, extinguiéndola casi por completo.

Los suelos que tienen una textura de clase media son los más efectivos para los cultivos principales, tales como: el mango, el limón, la palta y la uva; ya que contienen granos finos que son mejores para aprovechar los nutrientes y también granos gruesos que ayudan en el drenaje del agua. Dichos puntos son K, P, Q y T.

Para esta campaña en promedio el pH tiene un valor de 7.43, por lo tanto, se puede considerar que los valores entran dentro de lo normal para la zona de estudio, pues oscilan entre 7.50 y 8.00. Considerando que existen valores un poco bajos como en el caso de los puntos O, P Y Q, los cuales entran en el rango de pH neutros. Se espera que se puedan sacar al máximo provecho pues los cultivos como el mango, la uva, el cacao y la palta aceptan en promedio pH desde 5.60 hasta 7.50.

En esta primera campaña de campo se puede observar, debido a los valores de fósforo y potasio que en su mayoría se obtuvieron bajos, que los suelos eriazos sí necesitan de fertilizantes para aprovecharlos en los cultivos principales, en la zona de estudio.

4.2. Interpretación de resultados fase exploratoria 2

Dentro de resultados, podemos observar que, de los puntos estudiados en la cuenca, se presenta una amplia variedad de texturas, en las cuales tenemos: arena, franco arenoso, franco arcilloso, franco, franco limoso, arena franca. (Ver Figura 56).

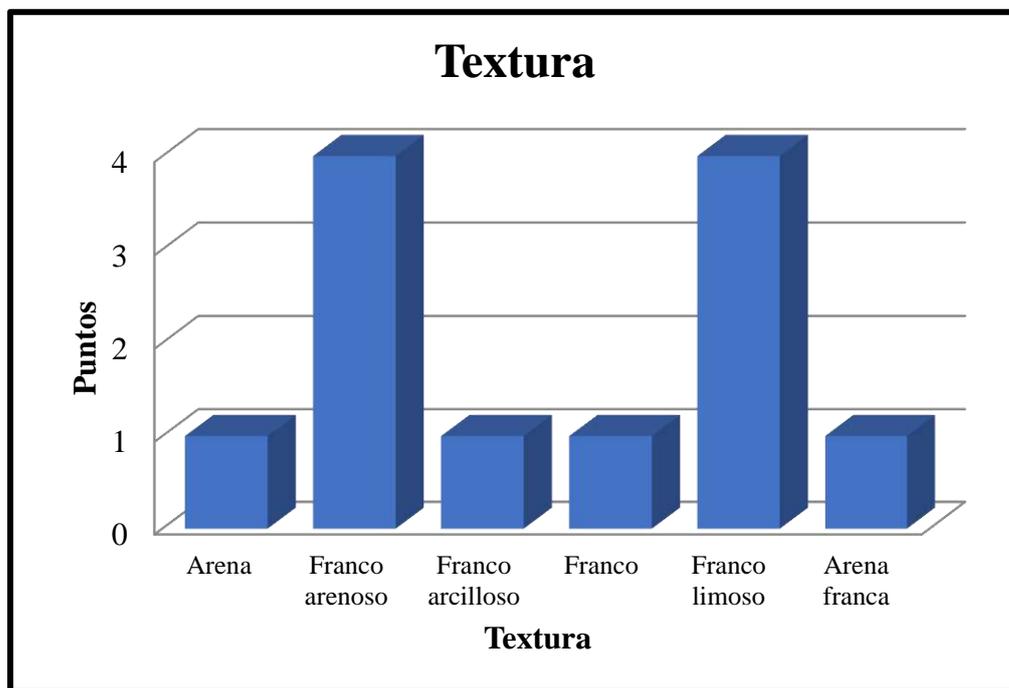


Figura 56. Cuadro de barras de textura - segunda fase.

Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de limo se encuentran constantes a lo largo de los puntos de estudio, excepto en el punto A que se encuentra ubicado en una zona donde prevalecen las arenas eólicas, por lo tanto, se le atribuye un gran porcentaje de arenas tal y como salió en el análisis, con un valor de 94.4 %. (Ver Figura 56).

De los 12 puntos, 8 son franco arenoso y franco limoso, por lo cual podemos decir que son de textura media, es decir, se adecuan a la mayoría de cultivos agroexportables por su óptima cantidad de arena y limo, lo que permite una buena aireación dado por parte de las arenas y una buena retracción de nutrientes dada por los limos (Ver Figura 56).

Según los requerimientos de productos como el mango, la palta, el limón y la uva, que crecen en suelos con texturas francos arenosos, se podría cultivar en los puntos K, P, Q y T que presentan este tipo de textura.

Debido a su textura franco arenosa los productos como el mango, la palta, el limón y la uva se pueden cultivar en los puntos J, K, R y TX2. Por otro lado, solo podría crecer mango y limón en el punto L por su textura franco arcillosa.

En cuanto a los carbonatos, se observa que dos puntos tienen un valor ND de carbonatos, que son los puntos P y R, por lo tanto, se puede deducir que no se verán influenciados en su pH, pues estos tienden a elevar este último parámetro volviéndolo más alcalino. Una desventaja de no presentar carbonatos podría ser que los suelos tengan pH bajos, es decir, sean suelos neutros o ácidos y necesiten de un requerimiento de caliza para llegar al pH adecuado, según sea el requerimiento del cultivo potencial a sembrar. (Ver Figura 57).

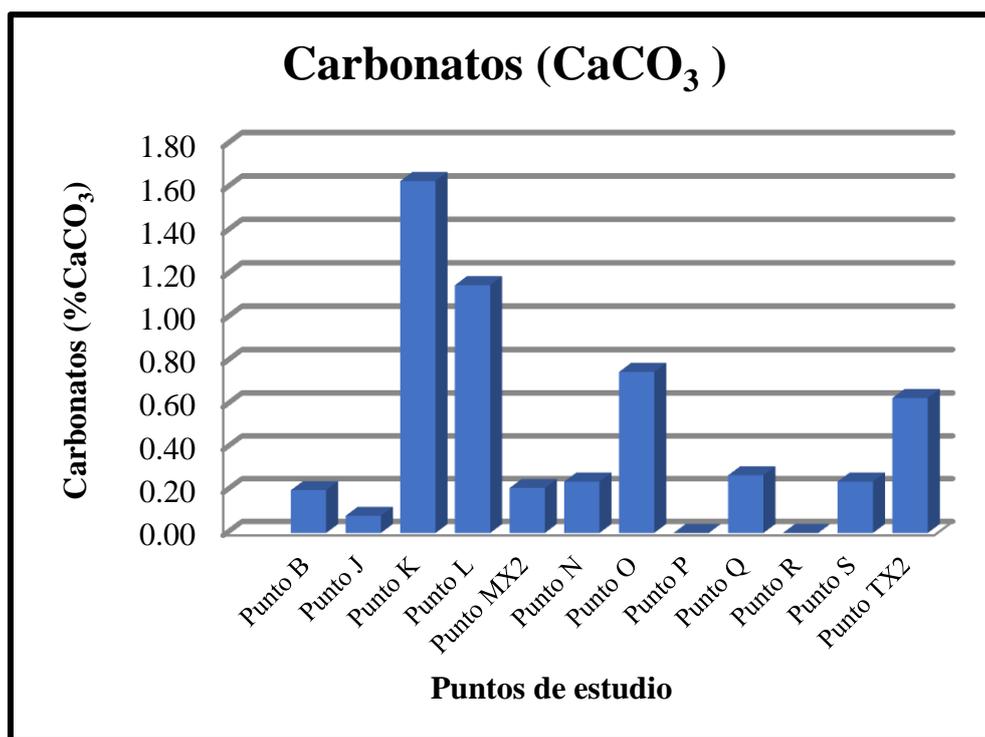


Figura 57. Cuadro de barras de carbonatos - segunda fase.

Fuente: Elaboración propia.

Una justificación de los puntos P y R sufran una ausencia de carbonatos es por su ubicación geográfica, ya que se encuentran en la parte alta de la cuenca donde es característico que el contenido de carbonato sea muy bajo inclusive llegando al valor ND como es el caso dado. (Ver Figura 57).

El promedio de la cantidad de CaCO_3 con un valor de 0.45 % se puede considerar no calcáreo ya que entra en el rango de < 1.00 %; siendo este el límite de la calificación de contenido de carbonatos considerados bajos, según las especificaciones del libro “Interpretación de análisis de suelos” (Garrido Valero 1994). (Ver Tabla 5).

Los puntos K y M tiene un alto contenido porque en sus formaciones tienen alto contenido de calcita el cual es el principal contenido de los carbonatos.

Los valores de pH son los siguientes. (Ver Figura 58):

Según la Figura 58, teniendo un valor promedio de 7.37 unidades de pH, se puede decir, al igual que en la campaña 1, que la mayoría de los puntos se encuentra en un suelo ligeramente alcalino, siendo este un rango de 7.40 a 7.80, por lo que se debería tener en cuenta sus condiciones de drenaje como sales solubles y conductividad eléctrica.

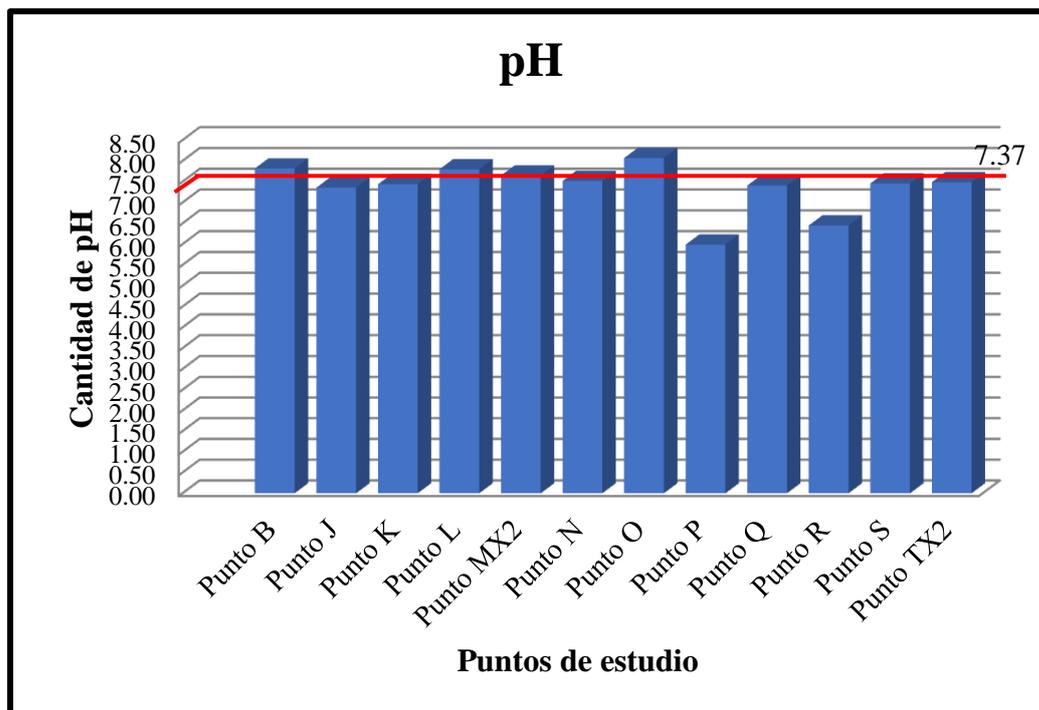


Figura 58. Cuadro de barras de pH - segunda fase.

Fuente: Elaboración propia.

Para los puntos B, L y O, que tienen valores que sobrepasan el valor de 7.80, es decir, son alcalinos con valores de 7.82, 7.80 y 8.07, respectivamente, se deberían considerar algunas enmiendas para disminuir estos valores, aunque la mayoría de los puntos se encuentran entre 7.50 y 8.00, pH considerado característico a lo largo del valle. (Ver Figura 58).

Para los valores de fósforo disponible en esta segunda campaña se ha obtenido un promedio de 23.89 ppm, el cual es considerado un valor alto para todas las 12 muestras analizadas. Según estos resultados, el alza de fósforo disponible se puede considerar un poco anómala, ya que la concentración de fósforo en la solución es prácticamente la misma, tanto si el suelo está seco como húmedo (Thompson & Troeh, 1980). Para esta fase de exploración donde no hubo un cambio con la humedad del suelo, es decir, en ambos

periodos se ha considerado seco; se puede acotar que se debe posiblemente al aumento de potasio cambiante existente en la interfaz del suelo. (Ver Figura 59).

Los promedios de los valores correspondientes al potasio resultan 222.16 ppm, el cual, corresponde a una clase alta, favoreciendo a los productos frutales tales como el mango, limón, banano, etc. (Dirección regional de comercio exterior y turismo, 2014) (Ver Figura 60).

El punto TX2, que presenta el punto más alto de potasio, con un valor de 736.93 ppm; se caracteriza por contener plantas de mango, limón, tamarindo y naranja, por lo cual, requiere de fertilizantes potásicos haciendo que el suelo tenga este componente de una manera disponible para el provecho y nutrición de la planta. (Ver Figura 60).

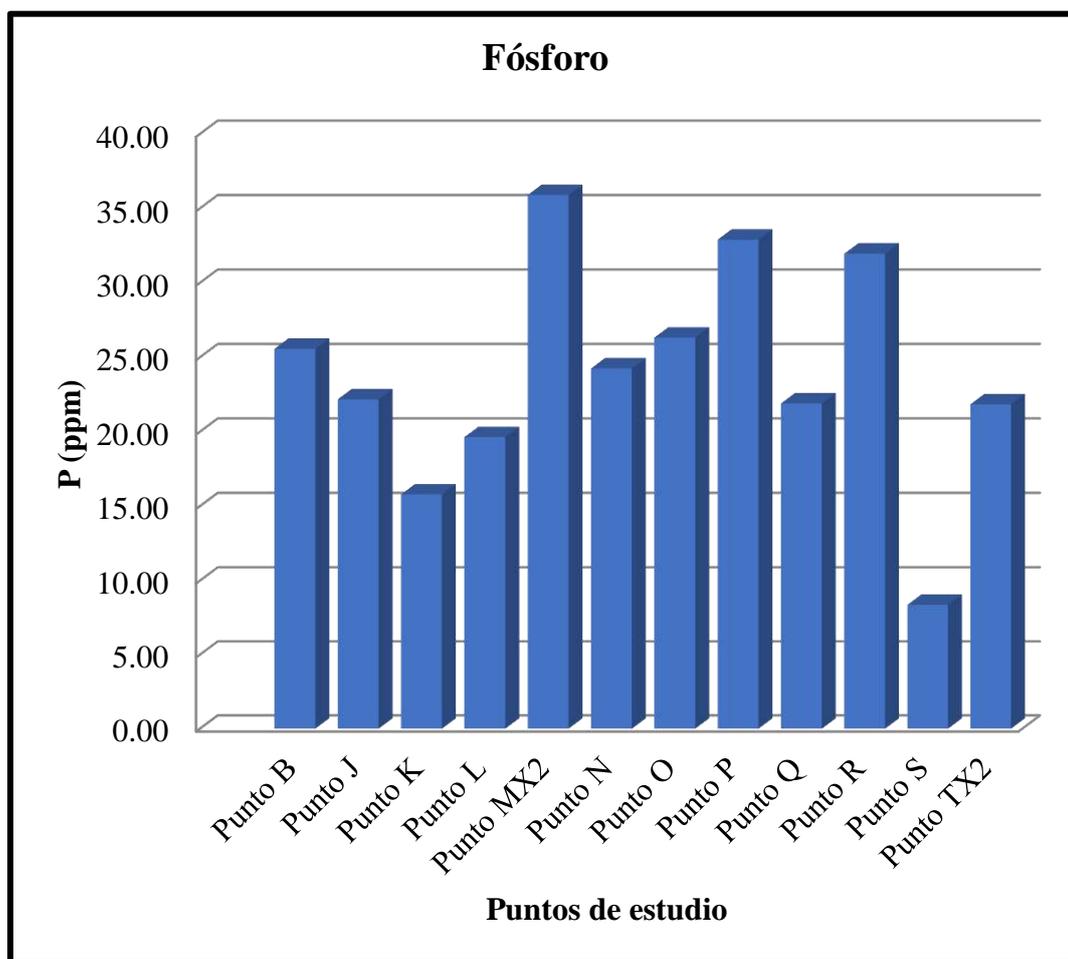


Figura 59. Cuadro de barras de fósforo - segunda fase.
Fuente: Elaboración propia.

En su mayoría los valores de la conductividad eléctrica han disminuido y eso probablemente se deba a un lavado de sales previos en los puntos cultivados, pues para el productor es una técnica que ayuda al provecho de las tierras en el caso donde existen cultivos, pero los valores son disminuidos, por lo que se puede pensar que debido al intemperismo se han podido desintegrar algunos minerales presentes en el suelo disminuyendo el valor de sales totales. (Ver Figura 61).

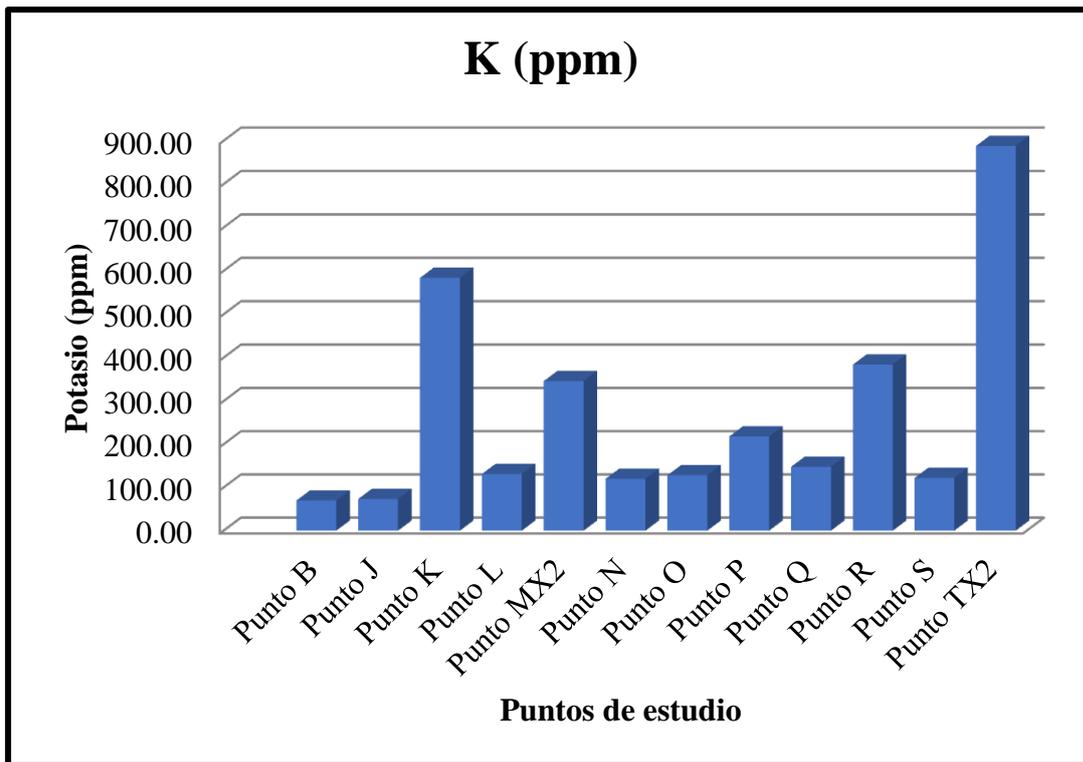


Figura 60. Cuadro de barras de potasio - segunda fase.
Fuente: Elaboración propia.

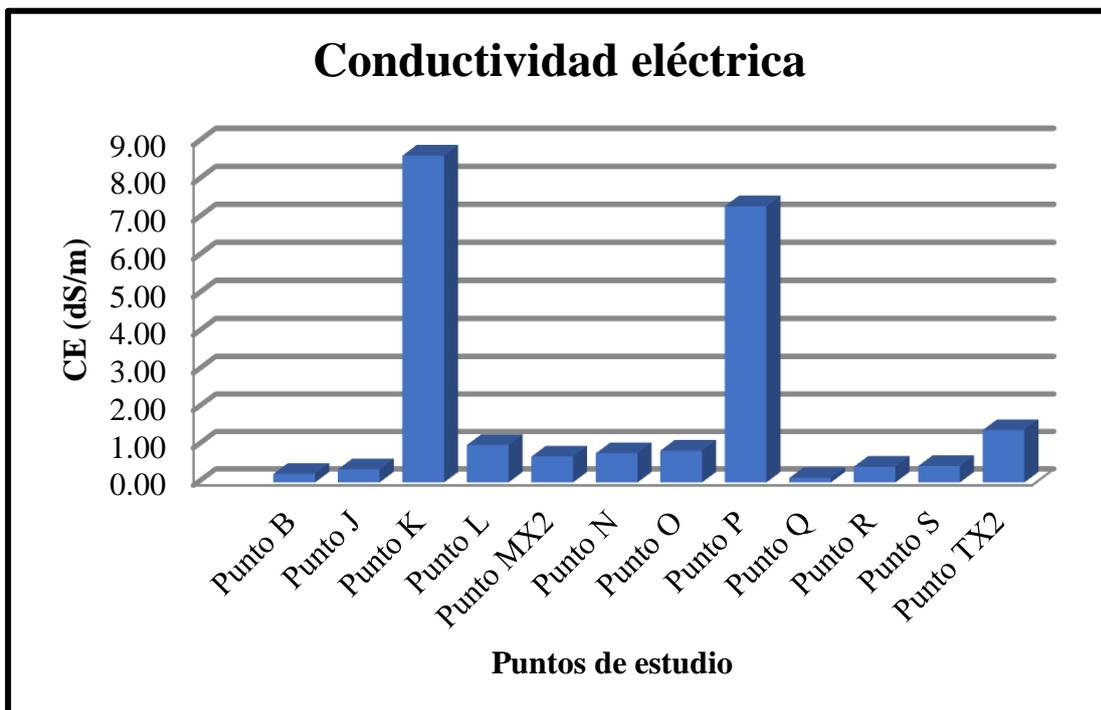


Figura 61. Cuadro de barras de conductividad eléctrica - segunda fase.
Fuente: Elaboración propia.

Los puntos más altos como el punto MX2 o R y TX2 corresponde a puntos cultivados, es decir, justifican su asenso por la existencia de nutrientes orgánicos agregados a los cultivos dentro de los terrenos. Se debe aclarar que aún con un aumento de materia orgánica, los valores se encuentran dentro del rango de valores bajos lo que es

característico en la zona de estudio por las altas temperaturas como se ha mencionado anteriormente. (Ver Figura 62).

La mayoría de valores de MO en esta campaña sigue siendo de clase baja debido a que la temperatura aumenta y genera que se degrade con facilidad la materia orgánica, teniendo como promedio un valor de 1.28. Para este tipo de valores sería recomendable que posteriormente cuando se cultive se apliquen fertilizantes que contengan materia orgánica o se aplique en forma directa la misma, como compost1, estiércol, etc. (Ver Figura 62).

Los valores de fósforo para esta campaña, teniendo un promedio de 23.89 ppm, se pueden ubicar dentro del rango de clase alta, según su disponibilidad. Como en su mayoría sus puntos de estudio son suelos eriazos, se puede concluir que se estos se encuentran bien dotados de este nutriente, por lo que sería recomendable cultivar algunos productos típicos del valle sin la necesidad de utilizar grandes cantidades de fertilizantes fosforados. (Ver tabla 46). El fósforo presenta niveles bajos, medios y altos en esta fase exploratoria.

Tabla 46. Fósforo disponible y materia orgánica fase 2.

Nombre	Punto B	Punto J	Punto K	Punto L	Punto MX2	Punto N	Punto O	Punto P	Punto Q	Punto R	Punto S	Punto TX2
P (ppm)	25.57	22.18	15.79	19.64	35.90	24.25	26.32	32.09	21.90	31.96	8.37	21.84
MO (%)	0.08	0.52	0.53	0.64	2.50	1.21	2.15	0.40	0.15	1.96	0.87	4.37

Fuente: Análisis de suelo Salinidad y Sodicidad (Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).



Figura 62. Cuadro de barras de materia orgánica - segunda fase.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1. Conclusiones fase 2

La cantidad de carbonatos está fuertemente influenciada por su ubicación, pues a pesar de que ahora existen puntos cultivados, este no ha subido mucho con respecto a la primera campaña, es decir, que la parte media y alta de la cuenca contiene valores de calcita relativamente bajos.

En esa campaña los valores de pH en su mayoría se mantienen entre 7.50 y 8.00, como en la primera campaña, reafirmando que estos valores son característicos de la zona. A la vez, se puede decir que los cultivos principales, según los requerimientos de pH, sí se podrían desarrollar de una forma óptima.

En el caso de los valores de fósforo su promedio es mayor a 14 ppm, por ende son valores muy altos (Ver Tabla 7). Debido a esto se debe tener en cuenta que dichas anomalías probablemente dependan de factores como la toma de la muestra, formas en las que se realizó el ensayo, instrumentos utilizados, etc. Por lo tanto, no se puede afirmar que estos valores sean representativos de la zona de estudio, ya que podrían generar una idea equivocada acerca de la realidad de suelo.

Respecto a la materia orgánica en esta segunda fase, se puede concluir que se siguen manteniendo valores bajos, a pesar de haber aumentado en promedio con un valor de 1.28 %. El aumento de estos valores coincide con los puntos de estudio que se encontraban cultivados y que, por lo tanto, es probable que hayan sido nutridos con la ayuda de compuestos orgánicos para su mejor desarrollo. Por otro lado, se confirma la condición de valores de materia baja por la acelerada descomposición de la misma.

El descenso de los valores de la CE se puede justificar por la existencia de un lavado previo al suelo en los puntos donde se encontraban cosechas, pues el productor probablemente ha realizado este lavado eliminando sales superficiales para la optimización de los cultivos. De otra forma, se puede decir que también debido a la meteorización del suelo, algunos minerales o sales han quedado desintegrados.

4.3. Comparación de las dos campañas

Se realizó un contraste entre los resultados de las dos campañas, donde hubo ciertas variaciones en las ubicaciones entre la primera y segunda campaña. Sin embargo, estas pequeñas diferencias en las ubicaciones no son significativas.

- **Cantidades de pH**

En ambas campañas, el valor de pH tiene un promedio de 7.43 y 7.37 para la primera y segunda, respectivamente, los cuales son muy parecidos debido a que las circunstancias para ambas fases fueron similares, es decir, se encontraban en estado seco. Es importante mencionar que para el inicio de la segunda campaña se esperaba una temporada de lluvias, que se hubiera correspondido con el mes de diciembre. De haber ocurrido este fenómeno, el estado del suelo se hubiera alterado y variado un poco, y, en consecuencia, algunas características químicas como es el caso del pH.

Un aspecto importante que se debe tener en cuenta para comparar ambas fases exploratorias es la desviación estándar pues es la que indica la variabilidad entre los resultados de una misma fase. Para la investigación se tienen valores de variabilidad en cuanto al pH como 0.79 y 0.58, justificándose la reducción en el segundo grupo de datos debido a la existencia de cultivos dentro de los suelos estudiados en los puntos J, K, N, O, Q, R y TX2; donde es entendible que el agricultor o productor establezca los suelos según los requerimientos del producto a cosechar. Por lo tanto, los valores de pH tienden a ser similares. (Ver Figura 63).

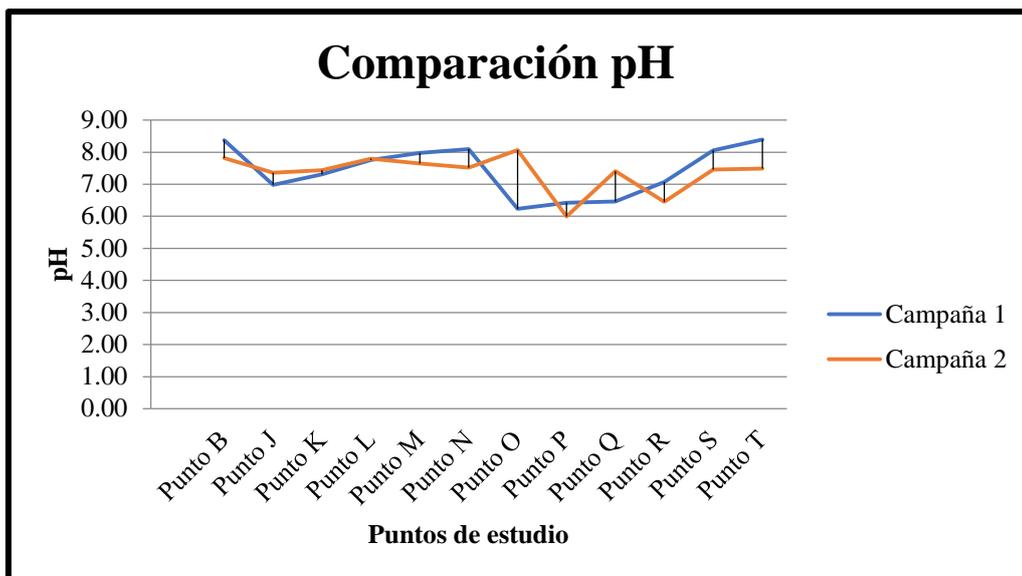


Figura 63. Comparación de pH.
Fuente: Elaboración propia.

- **Cantidad de carbonatos**

Para el contenido de carbonatos se observa que en 5 puntos (K, L, O, Q y T) se han incrementado sus valores, lo que probablemente indicaría que ha existido una remoción del suelo por parte de los propietarios de los terrenos, aumentando ligeramente este valor.

Para ambas campañas, los valores son considerados como valores bajos ($< 1\%$), presentando un promedio de 0.57% y 0.45% , con lo cual es de esperarse que no tendrán una influencia significativa en las variaciones de pH existente en los puntos de estudio. (Ver Figura 64).

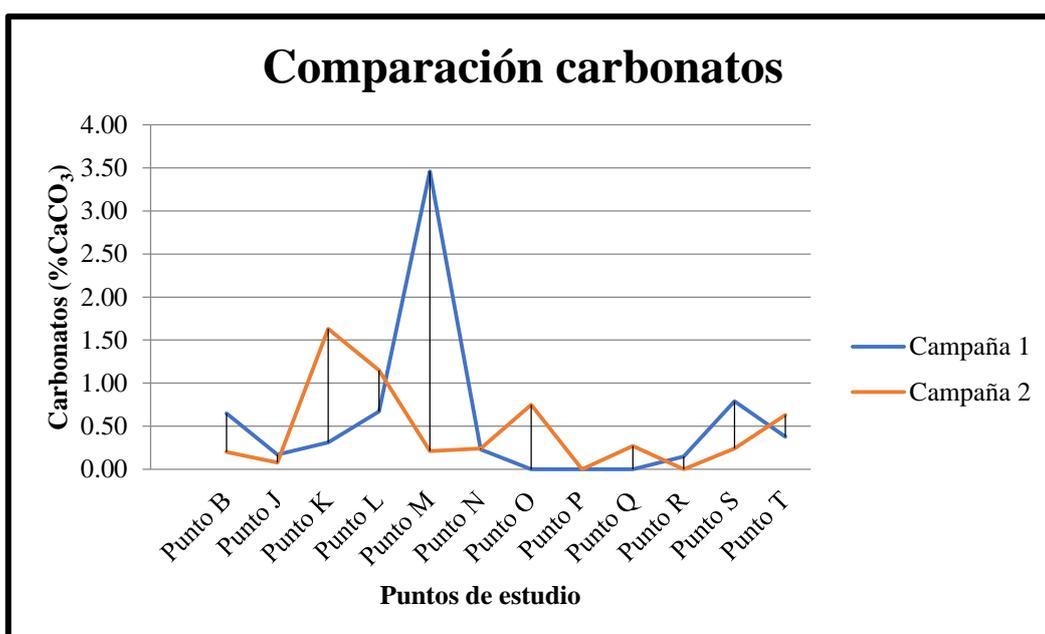


Figura 64. Comparación de carbonatos.
Fuente: Elaboración propia.

- **Valores de conductividad eléctrica**

En cuanto a la comparación de la conductividad eléctrica, se puede decir que los valores disminuyen en promedio, teniendo para la primera campaña un valor de 3.43 dS/m, pasando en la segunda campaña a un valor de 1.85 dS/m. Los promedios de ambas fases presentaron valores muy ligeramente salinos. Esta disminución de las sales se puede justificar por un mejoramiento del suelo al momento de ser cultivado, ya que la mitad de los puntos se encontraron en la segunda fase con cosechas, donde el agricultor realizó un lavado previo del suelo, eliminando las sales más superficiales. (Ver Figura 65).

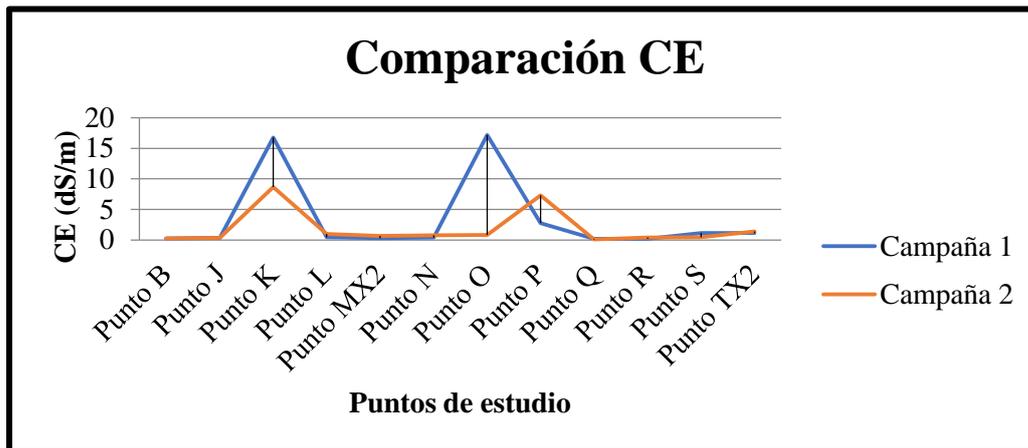


Figura 65. Comparación de CE.

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparación de fósforo disponible**

En cuanto a la comparación de fósforo disponible, es observable que todos los valores aumentan; teniendo un promedio inicial de 7.30 ppm pasando a uno de 23.89 ppm. Esto era esperarse pues con el paso del tiempo, para suelos el caso de los suelos que están sometidos al intemperismo, se genera cierto tipo de minerales que se encuentran en el suelo, tales como los feldspatos se convierten en arcillas, aumentando la disponibilidad del fósforo en dichos terrenos. Para el caso de los valores que se encuentran cultivados, el alza de fósforo disponible se justifica por la nutrición del suelo que el productor le provoca a este con la aplicación de fertilizantes fosforados. (Ver Figura 66).

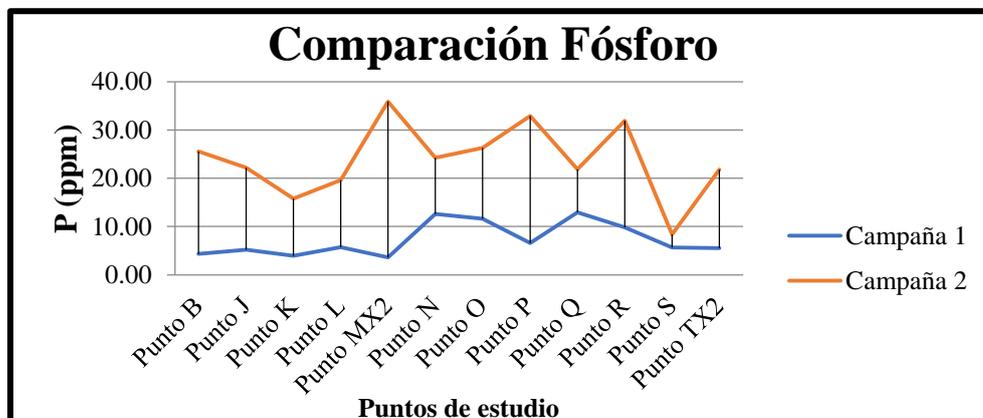


Figura 66. Comparación de fósforo.

Fuente: Elaboración propia.

- **Cantidad de potasio disponible**

Normalmente lo que podría ocurrir es que la cantidad de potasio disponible aumente con el paso del tiempo, no que disminuya como en algunos puntos de la segunda campaña, pues ocurriría que la cantidad de feldespatos y ortoclasas que contienen potasio no disponible pasen a un estado disponible que sirva para el aprovechamiento de las plantas. En este caso, estos valores se han disminuido y pueden explicarse debido a que en los lugares de sembríos la planta ya ha absorbido el potasio disponible en la zona de dichos puntos. (Ver Figura 67).

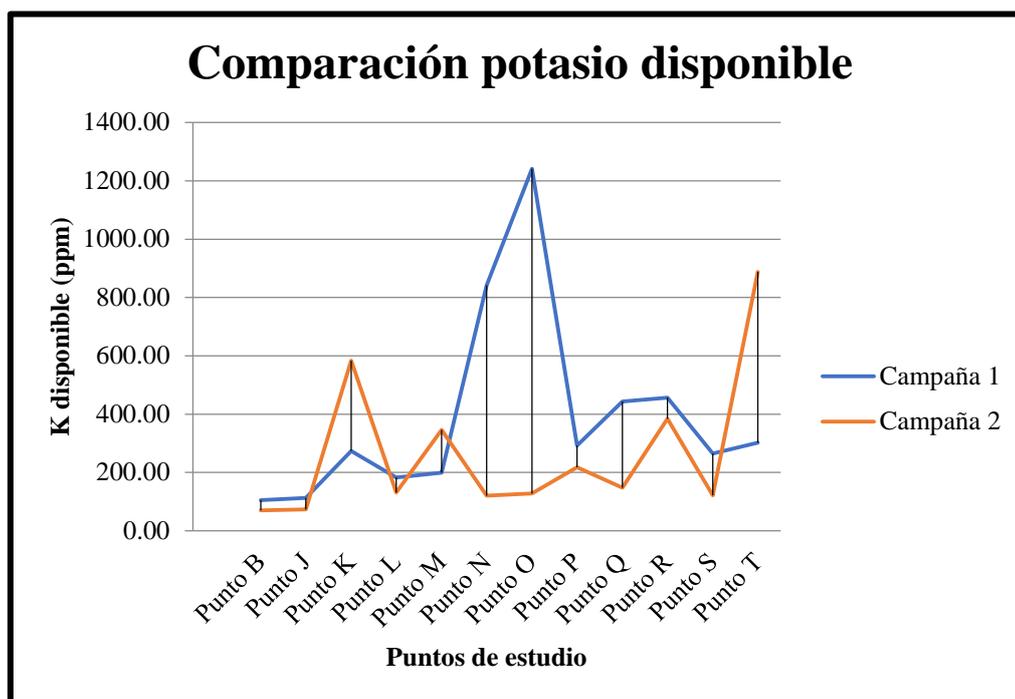


Figura 67. Comparación de potasio disponible.

Fuente: Elaboración propia.

- **Cantidad de materia orgánica**

Comparando ambas campañas se tiene que la mayoría de los valores aumentan en este parámetro, exceptuando el punto Q y S, bajando de valores de 0.30 % a 0.15 % y de 1.39 % a 0.87 %, respectivamente. Este descenso en ambos puntos de muestreo se puede dar debido a las altas temperaturas registradas, ya que estas aceleran la descomposición de la materia orgánica llegando en algunos casos a extinguirlas con el paso del tiempo. Para los otros valores en los que es visible su aumento, aunque de manera moderada, se espera que haya ocurrido por la nutrición del suelo con abonos orgánicos, ya sea por tratarse de los suelos cultivados o por la vegetación existente que rodea los terrenos muestreados para los que no se encuentran en esta condición.

Es importante mencionar que se tiene que en promedio la materia orgánica ha aumentado 2.78 veces pasando de un valor de 0.46 % a 1.28 %, ambos porcentajes considerados en el rango de clase baja (< 2 %). Dichos valores corresponden a una zona donde el clima es caluroso durante gran parte del año, ayudando a la descomposición de la materia orgánica, por lo que no se puede tener valores altos de materia orgánica sin ayuda de fertilizantes o vegetación. (Ver Figura 68).

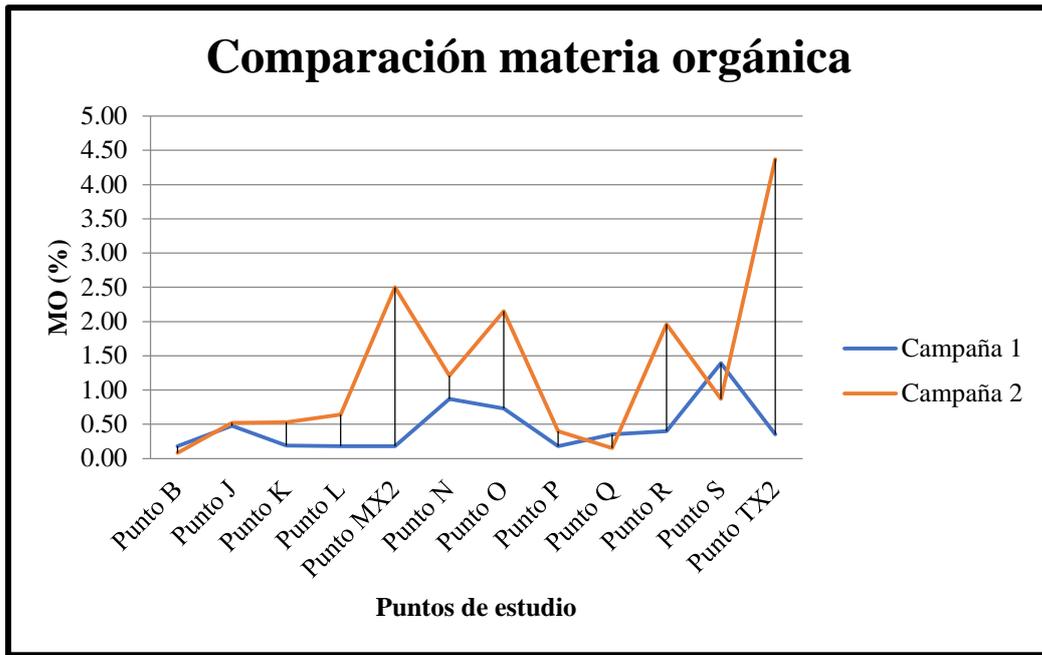


Figura 68. Cantidad de materia orgánica.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

- El presente análisis constituye un punto de partida en el conocimiento de las formaciones geológicas de la cuenca del río Piura, con fines agrícolas. Servirá como base para futuras investigaciones, que con un mayor número de muestras lograría una representatividad de toda la cuenca.
- La metodología aplicada sirve para el estudio químico de otras cuencas, ya que se puede tener una data completa de los sedimentos de los valles que significan una gran productividad para nuestro país, teniendo en cuenta las características de geología, principales productos de exportación, nivel de productividad de suelo, impacto antropogénico, etc.
- Un factor influyente de los regímenes estudiados para analizar los sedimentos es el clima, ya que la diversidad de climas presentes en la zona conlleva a que estos suelos sufran ciertas circunstancias que alteran muchas veces su composición física y química. Por ejemplo, en todos los puntos de la zona de estudio la materia orgánica es casi imperceptible con un promedio de 0.87 % ya que las elevadas temperaturas ayudan a la degradación de la misma.
- Existe gran cantidad de suelo erizado en la cuenca del Piura. En la presente investigación se ha podido comprobar que este suelo tiene propiedades químicas que lo convierten en suelos aprovechables, y que, con un buen tratamiento se puede llegar a desarrollar de manera óptima y a explotarse con los cultivos originales del valle y la región.
- Respecto a la fase exploratoria 1, se concluye que los parámetros de valores bajos como el conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), potasio (K), fósforo (P) y carbonatos (expresados como CaCO_3), se deben a que los suelos no han sido cultivados como es en el caso de los puntos B, L, M y N, también se debe a que los trabajos de laboreo ya habían terminado, por lo tanto la planta ya habían absorbido casi todos los nutrientes aplicados por los agricultores, como es en el caso de los puntos J, K, O, P, Q, R, S y T. Por ello, es importante evaluar las condiciones iniciales del suelo si se desea cultivar posteriormente ciertos tipos de productos como son: el mango, la uva, el limón, el banano, etc.
- Para la fase exploratoria 2, se puede agregar que el aumento de valores como el potasio, la materia orgánica, el fósforo y la cantidad de carbonato en los puntos K, MX2 y TX2, se encuentra fuertemente ligado a los abonos potásicos y fosforados.

Asimismo, ocurre con la cantidad de materia orgánica y sales que sirven como nutrición para el suelo y posteriormente, para el aprovechamiento de las plantas.

- Los SIG han facilitado la interpretación de resultados al permitir ver gráficamente y de forma georreferenciada los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros evaluados.
- Los suelos de la zona estudiada son aptos para diversos cultivos, sin embargo, muchos de ellos necesitan de algunos complementos para que se desarrollen de manera apropiada. El contar con una adecuada caracterización química del suelo, que permita conocer los valores de: salinidad, conductividad eléctrica, niveles de potasio, calcio magnesio, etc.; permitirá a los agricultores y empresas agroexportadoras, planificar sus cultivos (conociendo de antemano qué enmiendas deberán colocar) y mejorar el rendimiento del suelo.

Recomendaciones

- Es importante conocer la química del suelo, por lo que se recomienda hacer un análisis de este, previo a los cultivos de los productos que se quieran cultivar, ya que conocer las condiciones iniciales en las que se encuentra el suelo podría llevar a una optimización y mejoramiento de este recurso vital para el desarrollo de las plantas.
- Es indispensable realizar un muestreo adecuado, ya que factores externos de contaminación, humedad y pérdidas de la muestra, pueden influir en los valores totales obtenidos, cambiando la realidad en los puntos de la zona de estudio.
- En cuanto a la interpretación de resultados, es importante tener en cuenta la forma del muestreo, los métodos utilizados en el ensayo químico, pues existen errores de laboratorio que pueden afectar en la toma de la muestra; así como las condiciones climáticas en las que se encuentre el suelo. Estos tres factores son importantes al momento de emitir un análisis en la zona de estudio.
- Existen muchas hectáreas de terrenos sin cultivar a lo largo del valle, debiéndose esta situación a muchos factores, tales como poca inversión, escasez de agua para los regadíos, condiciones climáticas adversas, etc. Por ello, es importante conocer las condiciones de estos suelos, pues podrían ser de mucho beneficio para las comunidades aledañas, por lo que se recomienda seguir una investigación a fondo, de manera que se cree una data rescatable que sirva de base para conocer bien la realidad actual.
- Debido a que este año se produjo el Fenómeno El Niño costero, se debe tener en cuenta para futuras investigaciones este tipo de eventos naturales, ya que, con el agua de lluvia, los suelos lavan algunos nutrientes y se arrastran otros debido a la inclinación de la cuenca, trayendo consigo nuevas propiedades para éste.

Bibliografía

- Acevedo, E. (1979). Interacciones suelo-agua-raiz en el proceso de absorción de agua por las plantas. *Boletín Técnico 44 Facultad Agrónoma Universidad de Chile*, 17-25.
- Aguilar Alínquer, B. (2013). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. Málaga: ic editorial.
- Belitskaya, V. D. (2000). Variabilidad climática y sus efectos. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)*, 40.
- Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*. México D. F.: Limusa.
- Casas Flores, R. (2011). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. Madrid: Paraninfo.
- Castro, J. V. (2004). *Dilatancia y ángulo de fricción efectivo de la arena eólico de Piura con el ensayo de corte directo*. Lima.
- CONADESUCA. (julio de 2015). *Análisis de suelo y agua*. Recuperado el 10 de agosto de 2015, de http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114360/2.-_Nota_Julio_2015.pdf
- Condesan. (5 de 10 de 2007). Recuperado el 10 de agosto de 2015, de Cuencas Andinas : <http://www.condesan.org/cuencasandinas/piura.htm>
- Constantinidis, C. (2006). *Recuperación y riego*. Bolonia: Edagricole.
- Corral, L. (enero de 2008). Recuperado el 03 de octubre de 2015, de Cartografía y SIG: <http://www.luisangelcorral.es/wp-content/uploads/2015/09/SIG-Tagus.png>
- De la Rosa, D. (2008). *Evaluación Agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible*. México D. F.: Ediciones Mundi-Prensa.
- Dirección regional de comercio exterior y turismo. (2014). *Catálogo exportador de la región Piura*. Recuperado el 4 de octubre de 2015, de <http://www.regionpiura.gob.pe/documentos/grde/catalogo1.pdf>

- El Comercio. (03 de febrero de 2016). Minería informal pone en riesgo agroexportación en Piura. *El Comercio*.
- Elliott, S. (2010). *El río y la forma*. Santiago de Chile: RIL editores.
- FAO. (2007). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 6 de septiembre de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/010/a1598s/a1598s12.htm>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de los suelos*. Recuperado el 10 de junio de 2016, de <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Flores, R. C. (2011). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. Madrid: Paraninfo.
- Ford Foundation. (2009). *Medición de clima laboral*. Recuperado el 2017, de https://sptf.info/images/medicion_del_clima_laboral.pdf
- Franco, S. (2003). *Principios básico de cartografía y cartografía automatizada*. México D. F.
- Garrido Valero, S. (1994). *Interpretación de análisis de suelos*. Madrid: Rivadeneyra.
- GissGeek. (agosto de 2012). *Tecnología espacial en un sólo blog*. Recuperado el 8 de septiembre de 2015, de http://2.bp.blogspot.com/-0pSM-MxJQ5s/VZTmlBIPcvI/AAAAAAAAAEw0/S3GSQ5WzMDI/s1600/basemaps_sandiego_airports2.png
- Green Map. (noviembre de 2012). *Green Map*. Recuperado el octubre de 2015, de <http://www.greenmap.org/greenhouse/es/node/2969>
- Hocquenghem, A. M. (1988). *Pare vencer la muerte*. Piura: Lluvia editores.
- Hudson, N. (2016). *Conservación del suelo*. Madrid: Reverté S. A.
- Inclam-Alternativa, C. (15 de Noviembre de 2012). *Instituto Nacional del Agua*. Recuperado el 09 de setiembre de 2015, de Instituto Nacional del Agua: <http://www.ana.gob.pe:8088/media/23194/11%20a%20infr.%20hidr%C3%A1ulica%20hidraulica%20v5.pdf>
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2006). *Norma OS.100. Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria*. Lima: INDOCOPI.
- Instituto internacional de investigación sobre políticas alimentarias. (2009). *Bioenergía y agricultura: promesas y retos*. Washington: Teri.
- Instituto superior de medio ambiente. (Febrero de 2013). *Instituto superior de medio ambiente*. Recuperado el 2 de Julio de 2015, de <http://www.ismedioambiente.com/wp-content/uploads/2013/12/SIG-Aplicados-al-medio-ambiente-an%C3%A1lisis-de-redes-network-analyst-560x445.jpg>

- Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina. (2015). *Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad*. Lima.
- Lopera, C. E. (2 de octubre de 2009). *Escuela de ingeniería de Antioquia*. Recuperado el 10 de septiembre de 2015, de <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/licuacion/licuacion.htm>
- Martinez, H. E., Fuentes, E. J., & Acevedo, H. E. (2008). *Carbono orgánico y propiedades del suelo*. México D. F.: Palmares.
- Ministerio de Salud. (2012). *Metodología para el estudio del clima organizacional* . Recuperado el 2017, de http://www.minsa.gob.pe/dgsp/clima/archivos/metodologia_clima.pdf
- Ministerio de vivienda, c. y. (04 de Enero de 2016). *PLAN DE GESTIÓN DE LA OFERTA* . Obtenido de http://www.ana.gob.pe:8088/media/11040/volumenitomo11resumen_ejecutivochira.pdf
- Municipalidad distrital de Tambogrande. (2014). *Informe agrícola anual*.
- Navarro, S., & Navarro, G. (2013). *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Navarra: MUNDI-PRENSA.
- Órgano de difusión del foro de los recursos hídricos (Chimborazo). (2007). *Gestión integrada de cuencas hidrográficas*. Riobamba: EcoCiencia.
- Sociedad Geográfica de Lima. (2011). *Global water partnership*. Recuperado el 2015, de http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Tecnología espacial en su sólo blog*. (agosto de 2013). Recuperado el 10 de febrero de 2015, de http://2.bp.blogspot.com/-0pSM-MxJQ5s/VZTmlBIPcvI/AAAAAAAAAEw0/S3GSQ5WzMDI/s1600/basemaps_sandiego_airports2.png
- Tempfli, K., Kerle, N., & Janssen, L. y. (2008). *Principles of Remote Sensing. Cuarta Edición*. . Facultad de Ciencias de la Información Geográfica y Observación de la Tierra, Universidad de Twente: Enschede.
- Thompson , L., & Troeh, F. (2008). *Los suelos y su fertilidad*. España: Reverté.
- UNJFSC, S. d. (4 de Marzo de 2008). *Sistemas de Información Geográfica UNJFSC*. Recuperado el 01 de Febrero de 2016, de *Sistemas de Información Geográfica UNJFSC*: <https://sites.google.com/site/sisdeinfgeograficaunjfsc/sectores-aplicables-sig>
- Villalobos J., F., Mateos, L., Orgaz, F., & Fereres, E. (2009). *Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola*. México D.F.: Ediciones Mundi-Prensa.

APÉNDICES

APENDICE A. Ensayos de análisis químico del suelo – fase exploratoria 1

A continuación se muestra los Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad realizados en el Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina en la fase exploratoria 1:

A.1. Código de laboratorio 8118 – punto B



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH

LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008118

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Piura
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 25 de Junio del 2015

Número de muestra		CE	Análisis Mecánico				pH	MO	P	K ₂ O	CaCO ₃	Cationes						PSI
Lab.	Campo	dS/m Relación 1:1	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	Relación 1:1	%	ppm	ppm	%	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ +H ⁺	PSI	
8118	PA-B	0.27	77.12	18.92	3.96	Arena franca	8.37	0.19	4.34	127.00	0.65	13.00	11.98	1.17	0.23	0.24	1.73	

MUESTRA		Saturación %	pH Suelo / Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (mg/l)					ANIONES SOLUBLES (mg/l)					Yeso Soluble %	Boro Soluble ppm	
Lab.	Campo	%			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	SUMA	%	ppm
8118	PA-B	30.60	7.74	0.37	2.13	0.36	0.10	1.25	3.84	0.98	0.36	0.00	2.54	0.12	3.89	0.02	0.00



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



A.2. Código de laboratorio 8094 – punto J



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH

LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



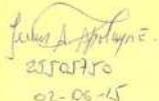
Nº 008094

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : La Oroya - Tambogrande
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 02 de Junio del 2015

Número de muestra		CE	Análisis Mecánico				pH	MO	P	K ₂ O	CaCO ₃	Cationes						PSI
Lab.	Campo	dS/m Relación 1:1	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	Relación 1:1	%	ppm	ppm	%	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ +H ⁺	PSI	
8094	LO-TB-J	0.33	85.12	11.44	3.44	Arena franca	5.98	0.48	5.22	135.80	0.17	18.90	6.28	1.27	0.08	0.26	0.97	

MUESTRA		Saturación %	pH Suelo / Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (mg/l)					ANIONES SOLUBLES (mg/l)					Yeso Soluble %	Boro Soluble ppm	
Lab.	Campo	%			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	SUMA	%	ppm
8094	LO-TB-J	26.00	7.41	0.83	3.68	0.59	0.80	3.35	8.61	4.03	1.75	0.00	2.75	0.08	8.65	<0.024	0.14



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



A.3. Código de laboratorio 8085 – punto K



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n, Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008095

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Las Lomas - Tambogrande
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 02 de Junio del 2015

Número de muestra	CE dS/m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cambiales						PS
		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Cl ⁻ TOTAL	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ H ⁺	
8095	10.78	58.12	40.44	1.44	Franco arenoso	7.31	0.18	3.93	330.00	0.31	15.80	7.15	2.67	0.89	1.16	-	6.50

LAB	MUESTRA	Campo	Saturación %	pH Suelo: Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (mg/l)					ANIONES SOLUBLES (mg/l)					Yodo Soluble %	Boro Soluble ppm	
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻			SUMA
8095	LO-TB-K		33.00	7.48	21.06	82.89	23.73	6.12	84.17	206.90	184.92	16.64	0.00	4.06	0.02	205.64	0.02	0.05

Elizabeth Monterrey Porras
25.50.37.70
02-06-15

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



A.4. Código de laboratorio 8119 – punto L



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n, Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008119

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Las Lomas - Tambogrande
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 25 de Junio del 2015

Número de muestra	CE dS/m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cambiales						PS
		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Cl ⁻ TOTAL	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ H ⁺	
8119	0.46	41.12	34.92	23.96	Franco	7.70	0.18	5.75	220.00	0.67	30.00	20.92	3.37	0.45	0.47	-	1.77

LAB	MUESTRA	Campo	Saturación %	pH Suelo: Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (mg/l)					ANIONES SOLUBLES (mg/l)					Yodo Soluble %	Boro Soluble ppm	
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻			SUMA
8119	LO-TB-L		42.36	7.55	11.33	0.90	0.21	0.03	2.17	3.31	1.05	0.58	0.00	1.62	0.36	3.39	0.02	0.26

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



A.5. Código de laboratorio 8120 – punto M



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008120

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Las Lomas - Tambogrande
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 25 de Junio del 2015

Número de muestra		CE dS/m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cationes					PSI	
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						CE TOTAL	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺		Al ³⁺ +H ⁺
8120	LO-TB-M	0.30	37.12	41.62	20.86	Francos	7.88	0.18	3.60	240.00	3.45	28.80	21.46	4.00	0.40	0.54	-	1.86

MUESTRA		Saturación %	pH Suelo : Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (meq/l)				ANIONES SOLUBLES (meq/l)					Yeso Soluble %	Yeso Insoluble ppm		
Lab.	Campo				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻			NO ₃ ⁻	
8120	LO-TB-M	40.30	7.69	0.37	1.19	0.26	0.07	2.38	3.87	0.53	0.23	0.00	3.14	0.00	3.89	0.02	0.28



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



A.6. Código de laboratorio 8121 – punto N



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008121

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Morropon
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 25 de Junio del 2015

Número de muestra		CE dS/m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cationes					PSI	
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						CE TOTAL	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺		Al ³⁺ +H ⁺
8121	MO-N	0.43	39.12	42.82	17.66	Francos	8.10	0.87	12.84	1,014.00	0.23	18.10	7.90	2.82	0.22	2.20	-	1.66

MUESTRA		Saturación %	pH Suelo : Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (meq/l)				ANIONES SOLUBLES (meq/l)					Yeso Soluble %	Yeso Insoluble ppm		
Lab.	Campo				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻			NO ₃ ⁻	
8121	MO-N	49.66	7.90	0.80	1.28	0.93	1.04	1.96	5.19	0.26	0.90	0.00	3.19	0.30	5.16	0.02	0.48



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



A.7. Código de laboratorio 8122 – punto O



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008122

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Morropón
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 25 de Junio del 2015

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cambiates						PSI
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	CO ₃ TOTAL	
8122	MO-O	17.16	25.12	68.92	5.96	Francos limoso	6.23	0.73	11.93	1,496.00	-	23.40	5.95	5.48	0.54	1.26	0.10	4.03

MUESTRA		Saturación %	pH Suelo: Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (meq/l)					ANIONES SOLUBLES (meq/l)					Yeso Soluble %	Boro Soluble ppm	
Lab.	Campo				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃			SUMA
8122	MO-O	49.30	8.75	26.22	25.50	100.00	5.97	131.74	263.21	128.34	131.92	0.00	2.02	1.26	263.53	0.24	1.13

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



A.8. Código de laboratorio 8123 – punto P



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008123

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Chulucanas
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 25 de Junio del 2015

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cambiates						PSI
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	CO ₃ TOTAL	
8123	CHU - P	2.74	59.12	24.92	15.96	Francos arenoso	6.42	0.16	6.57	352.00	-	17.00	5.92	2.70	0.48	0.98	0.50	4.87

MUESTRA		Saturación %	pH Suelo: Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (meq/l)					ANIONES SOLUBLES (meq/l)					Yeso Soluble %	Boro Soluble ppm	
Lab.	Campo				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃			SUMA
8123	CHU - P	39.20	8.71	3.48	11.55	8.75	0.97	14.35	35.22	29.17	3.56	0.00	1.22	1.80	35.74	0.02	0.22

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO



A.9. Código de laboratorio 8124 – punto Q



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008124

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Chulucanas
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 25 de Junio del 2015

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cationes						PSI
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺ H ⁺	PSI	
8124	CHU - Q	0.18	57.12	25.92	16.96	Francos arenosos	8.48	0.35	12.91	534.00	-	18.70	7.85	2.34	0.27	1.25	0.10	2.31

MUESTRA		Saturación %	pH Suelo / Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (meq/l)					ANIONES SOLUBLES (meq/l)					Yeso Soluble %	Boro Soluble ppm	
Lab	Campo				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻			SUMA
8124	CHU - Q	32.80	7.16	0.25	0.75	0.50	0.12	1.30	2.88	0.68	0.74	0.00	1.12	0.08	2.61	0.02	0.58

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO



A.10. Código de laboratorio 8125 – punto R



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008125

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROCEDENCIA : Chulucanas
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 25 de Junio del 2015

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cationes						PSI
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺ H ⁺	PSI	
8125	CHU - R	0.21	77.12	16.92	5.96	Arena franca	7.07	0.46	9.85	550.00	0.15	14.00	4.27	1.74	9.20	1.12	-	2.77

MUESTRA		Saturación %	pH Suelo / Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (meq/l)					ANIONES SOLUBLES (meq/l)					Yeso Soluble %	Boro Soluble ppm	
Lab	Campo				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻			SUMA
8125	CHU - R	25.60	7.15	0.34	0.75	0.18	0.34	1.17	2.44	0.42	0.82	0.00	1.10	0.13	2.46	0.06	0.61

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO



A.11. Código de laboratorio 8126 – punto S



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



N° 008126

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola

A.12. Código de laboratorio 8127 – punto T



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



N° 008127

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola

A.13. Métodos seguidos en el análisis – fase exploratoria 1

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS

1. Análisis Mecánico: Textura por el Método de Hidrómetro.
2. Conductividad eléctrica: C. E. Lectura de extracto de relación suelo agua 1:1 y extracto de la pasta saturada.
3. pH. Método de potenciómetro, relación suelo-agua 1:1 y en la pasta saturada.
4. Calcáreo total: Método gaso-volumétrico.
5. Materia orgánica: Método de Walkley y Black % M.O. = %C x 1,724
6. Nitrógeno total: Método Micro Kjeldahl.
7. Fósforo: Método de Olsen Modificado, Extracto, NaHCO₃ 0.5M, pH = 8.5
8. Potasio Disponible: Extracto Acetato de Amonio 1N, pH 7.0
9. Capacidad de Intercambio Catiónico: Acetato de Amonio 1N pH 7.0
10. Cambiables: Determinaciones en extracto Amónico.
 - Ca²⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Mg²⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - K⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Na⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
11. Iones Solubles
 - a. Cationes Solubles:
 - Ca²⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Mg²⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - K⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Na⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - b. Aniones Solubles:
 - Cl⁻ : Volumétrico; Nitrato de Plata.
 - CO₃²⁻ : Volumétrico; Ácido Clorhídrico.
 - HCO₃⁻ : Volumétrico; Ácido Clorhídrico.
 - SO₄²⁻ : Turbidimétrico; Sulfato de Bario.
 - NO₃⁻ : Colorimétrico.
12. Yeso Soluble: Solubilización con agua y precipitación con acetona.
13. Boro Soluble: Colorimétrico, Método de la Curcumina.

INTERPRETACIÓN

<p>C.E. (Sales) Según respuesta de los cultivos (ds/m)</p> <p>Muy ligeramente Salino : < 2 Ligeramente Salino : 2 - 4 Moderadamente Salino : 4 - 8 Fuertemente Salino : 8 - 16 Extremadamente Salino : > 16</p>	<p>DISPONIBLES</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Clase</th> <th>Materia Orgánica</th> <th>Calcáreo Total CaCO₃%</th> <th>Fósforo P (ppm)</th> <th>Potasio K (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo</td> <td>< 2%</td> <td>< 1%</td> <td>< 7%</td> <td>< 100</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>2 - 4%</td> <td>1 - 5%</td> <td>7 - 14%</td> <td>100 - 240</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>> 4%</td> <td>> 5%</td> <td>> 14%</td> <td>> 240</td> </tr> </tbody> </table>	Clase	Materia Orgánica	Calcáreo Total CaCO ₃ %	Fósforo P (ppm)	Potasio K (ppm)	Bajo	< 2%	< 1%	< 7%	< 100	Medio	2 - 4%	1 - 5%	7 - 14%	100 - 240	Alto	> 4%	> 5%	> 14%	> 240	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">CIC Efectiva</th> <th style="text-align: center;">Reacción del Suelo (pH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">< 5 meq/100 gr</td> <td style="text-align: center;">Muy baja</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5 - 10</td> <td style="text-align: center;">Baja</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10 - 15</td> <td style="text-align: center;">Medio</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15 - 20</td> <td style="text-align: center;">Alto</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">> 20</td> <td style="text-align: center;">Muy alto</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">5.1 - 5.5 Fuertemente ácido. 5.6 - 6.0 Moderadamente ácido. 6.1 - 6.5 Ligeramente ácido. 6.6 - 7.3 Neutro. 7.4 - 7.8 Ligeramente alcalino. 7.9 - 8.4 Moderadamente alcalino.</p>	CIC Efectiva	Reacción del Suelo (pH)	< 5 meq/100 gr	Muy baja	5 - 10	Baja	10 - 15	Medio	15 - 20	Alto	> 20	Muy alto
Clase	Materia Orgánica	Calcáreo Total CaCO ₃ %	Fósforo P (ppm)	Potasio K (ppm)																														
Bajo	< 2%	< 1%	< 7%	< 100																														
Medio	2 - 4%	1 - 5%	7 - 14%	100 - 240																														
Alto	> 4%	> 5%	> 14%	> 240																														
CIC Efectiva	Reacción del Suelo (pH)																																	
< 5 meq/100 gr	Muy baja																																	
5 - 10	Baja																																	
10 - 15	Medio																																	
15 - 20	Alto																																	
> 20	Muy alto																																	

EQUIVALENCIAS
 1 mmhos/cm = 1 ds/m
 1 cmol(+)/kg = 1 meq/100gr

* CIC: Capacidad Intercambiable de Cationes.

APENDICE B. Ensayos de análisis químico del suelo – fase exploratoria 2

A continuación se muestra los Análisis de suelo- Salinidad y Sodicidad realizados en el Laboratorio de análisis de agua, suelo y medio ambiente de la Universidad Nacional Agraria La Molina en la fase exploratoria 2:

B.1. Código de laboratorio 9074 – punto B

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ H ⁺	
9074	PA_B Prof. 30cm	0.22	94.40	1.26	4.32	Arena	7.82	0.08	25.57	69.90	0.20	5.88	9.51	0.48	0.14	0.08	-

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROYECTO : Caracterización Química de los Sedimentos Presentes en las Zonas de Expansión Agroindustrial del Noroeste del País; y Monitoreo de su Comportamiento Ante el Intemperismo Actual y la Acción Hídrica
 PROCEDENCIA : Piura
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 11 de Enero del 2016

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO

Facultad de Ing. Agrícola

B.2. Código de laboratorio 9075 – punto J

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ H ⁺	
9075	LO-TB-J Prof. 30cm	0.35	60.40	31.28	8.32	Francisco arenoso	7.38	0.52	22.16	73.40	0.08	12.00	9.65	1.70	0.11	0.13	-

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROYECTO : Caracterización Química de los Sedimentos Presentes en las Zonas de Expansión Agroindustrial del Noroeste del País; y Monitoreo de su Comportamiento Ante el Intemperismo Actual y la Acción Hídrica
 PROCEDENCIA : Las Lomas Tambogrande
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 11 de Enero del 2016

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
 JEFE DE LABORATORIO

Facultad de Ing. Agrícola

B.3. Código de laboratorio 9076 – punto K



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 009076

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIÉRREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola

B.4. Código de laboratorio 9071 – punto L



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 009071

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIÉRREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola

B.5. Código de laboratorio 9072 – punto MX2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 009072

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO



B.6. Código de laboratorio 8871 – punto N

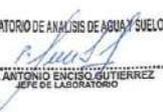


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008871

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO



B.7. Código de laboratorio 8872 – punto O



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008872

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
PROYECTO : "Caracterización Química de los Sedimentos Presentes en las Zonas de Expansión Agroindustrial del Noroeste del País y Monitoreo de su Comportamiento Ante el Intemperismo Actual y la Acción Hídrica"
PROCEDENCIA : Moropón
RESP. ANÁLISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 08 de Enero del 2016

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	
												Cmol (+) / Kg					
8872	MO-O Prof. 30cm	0.85	15.66	61.28	23.04	Francos limoso	8.07	2.15	26.32	128.20	0.75	34.72	5.87	4.33	0.24	0.28	-

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIÉRREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de
Ing. Agrícola

B.8. Código de laboratorio 8878 – punto P



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 008878

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
PROYECTO : "Caracterización Química de los Sedimentos Presentes en las Zonas de Expansión Agroindustrial del Noroeste del País y Monitoreo de su Comportamiento Ante el Intemperismo Actual y la Acción Hídrica"
PROCEDENCIA : Las Lomas
RESP. ANÁLISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 08 de Enero del 2016

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	
												Cmol (+) / Kg					
8878	LO-P Prof. 30cm	7.31	35.40	55.28	8.32	Francos limoso	5.99	0.40	32.90	218.00	-	24.64	5.78	1.92	0.64	0.41	0.26

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIÉRREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de
Ing. Agrícola

B.9. Código de laboratorio 8873 – punto Q



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



N° 008873

ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROYECTO : "Caracterización Química de los Sedimentos Presentes en las Zonas de Expansión Agroindustrial del Noroeste del País y Monitoreo de su Comportamiento Ante el Intemperismo Actual y la Acción Hídrica"
 PROCEDENCIA : Chulucanas
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 08 de Enero del 2016

Número de muestra	CE	Análisis Mecánico	pH	M.O.	P	K	CaCO ₃	Cationes Cambiables					
								Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	
Lab.	Campo	ds / m Relación 1:1	Relación 1:1	%	ppm	ppm	%	cmol total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺
		Arena %						Cmol (+) / Kg					
		Limo %											
		Arcilla %											
		Textura											
8873	CHU-QN Prof. 30cm	0.12	7.41	0.15	21.90	147.80	0.27	13.82	3.36	0.56	0.12	0.31	-

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola

B.10. Código de laboratorio 8874 – punto R



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



N° 008874

ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD DE PIURA
 PROYECTO : "Caracterización Química de los Sedimentos Presentes en las Zonas de Expansión Agroindustrial del Noroeste del País y Monitoreo de su Comportamiento Ante el Intemperismo Actual y la Acción Hídrica"
 PROCEDENCIA : Chulucanas
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 08 de Enero del 2016

Número de muestra	CE	Análisis Mecánico	pH	M.O.	P	K	CaCO ₃	Cationes Cambiables					
								Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	
Lab.	Campo	ds / m Relación 1:1	Relación 1:1	%	ppm	ppm	%	cmol total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺
		Arena %						Cmol (+) / Kg					
		Limo %											
		Arcilla %											
		Textura											
8874	CHU-RN Prof. 30cm	0.42	6.45	1.96	31.96	304.00	-	22.24	9.47	1.17	0.13	0.90	1.04

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola

B.11. Código de laboratorio 8875 – punto S



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 008875

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIÉRREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola

B.12. Código de laboratorio 8870 – punto TX2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 008870

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



ING. ANTONIO ENCISO GUTIÉRREZ
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola

B.13. Métodos seguidos en el análisis – fase exploratoria 2

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS

1. Análisis Mecánico: Textura por el Método de Hidrómetro.
2. Conductividad eléctrica: C. E. Lectura de extracto de relación suelo agua 1:1 y extracto de la pasta saturada.
3. pH. Método de potenciómetro, relación suelo-agua 1:1 y en la pasta saturada.
4. Calcáreo total: Método gaso-volumétrico.
5. Materia orgánica: Método de Walkley y Black % M.O.= %C x 1,724
6. Nitrógeno total: Método Micro Kjeldahl.
7. Fósforo: Método de Olsen Modificado, Extracto, NaHCO₃ 0,5M, pH = 8.5
8. Potasio Disponible: Extracto Acetato de Amonio 1N, pH 7,0
9. Capacidad de Intercambio Catiónico: Acetato de Amonio 1N pH 7,0
10. Cambiables: Determinaciones en extracto Amónico.
 - Ca²⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Mg²⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - K⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Na⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
11. Iones Solubles
 - a. Cationes Solubles:
 - Ca²⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Mg²⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - K⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Na⁺ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - b. Aniones Solubles:
 - Cl⁻ : Volumétrico; Nitrato de Plata.
 - CO₃²⁻ : Volumétrico; Ácido Clorhídrico.
 - HCO₃⁻ : Volumétrico; Ácido Clorhídrico.
 - SO₄²⁻ : Turbidimétrico; Sulfato de Bario.
 - NO₃⁻ : Colorimétrico.
12. Yeso Soluble: Solubilización con agua y precipitación con acetona.
13. Boro Soluble: Colorimétrico, Método de la Curcumina.

INTERPRETACIÓN

C.E. (Sales)
Según respuesta de los cultivos (dS/m)

Muy ligeramente Salino : < 2
Ligeramente Salino : 2 - 4
Moderadamente Salino : 4 - 8
Fuertemente Salino : 8 - 16
Extremadamente Salino : > 16

DISPONIBLES

Clase	Materia Orgánica	Calcáreo Total CaCO ₃ %	Fósforo P (ppm)	Potasio K (ppm)
Bajo	< 2%	< 1%	< 7%	< 100
Medio	2 - 4%	1 - 5%	7 - 14%	100 - 240
Alto	> 4%	> 5%	> 14%	> 240

CIC Efectiva

< 5 meq/100 gr	Muy baja
5 - 10	Baja
10 - 15	Medio
15 - 20	Alto
> 20	Muy alto

Reacción del Suelo (pH)

5.1 - 5.5	Fuertemente ácido.
5.6 - 6.0	Moderadamente ácido.
6.1 - 6.5	Ligeramente ácido.
6.6 - 7.3	Neutro.
7.4 - 7.8	Ligeramente alcalino.
7.9 - 8.4	Moderadamente alcalino.

EQUIVALENCIAS
 1 mmhos/cm = 1 ds/m
 1 cmol(+)kg = 1 meq/100gr

* CIC: Capacidad Intercambiable de Cationes.