



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

**“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y FISICOQUÍMICA DE LOS SUELOS DEL  
PÁRAMO EN LA RESERVA ECOLÓGICA ILLINIZAS PARA DETERMINAR SU  
CALIDAD MEDIANTE ESTADÍSTICA EN EL PERIODO 2020 - 2021”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros en  
Medio Ambiente

**Autores:**

Chisaguano Chisaguano Jimmy Israel

German Iza Jhonatan Paul

**Tutor:**

Ágreda Oña José Luis Ing.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Marzo - 2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jimmy Israel Chisaguano Chisaguano, con cédula de ciudadanía No. 050397908-0; y, Jhonatan Paul German Iza, con cédula de ciudadanía No. 050399993-0 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“Caracterización Mecánica y Fisicoquímica de los Suelos del Páramo en la Reserva Ecológica Illinizas para Determinar su Calidad Mediante Estadística en el Periodo 2020 - 2021”** siendo el Ingeniero José Luis Ágreda Oña, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 10 de marzo del 2021



Jimmy Israel Chisaguano Chisaguano  
Estudiante  
C.I. 050397908-0



Jhonatan Paul German Iza  
Estudiante  
C.I. 050399993-0



Firmado electrónicamente por:

**JOSE LUIS  
AGREDA ONA**

Ing. José Luis Ágreda Oña  
Docente Tutor  
C.I. 040133210-1

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHISAGUANO CHISAGUANO JIMMY ISRAEL**, identificado con cédula de ciudadanía **050397908-0** de estado civil **soltero** y con domicilio en Salcedo, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** – **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Caracterización Mecánica y Físicoquímica de los Suelos del Páramo en la Reserva Ecológica Illinizas para Determinar su Calidad Mediante Estadística en el Periodo 2020 - 2021”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad, según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Inicio de la carrera: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Finalización: Octubre 2020 – Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 26 de enero del 2021

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña

Tema: “Caracterización Mecánica y Físicoquímica de los Suelos del Páramo en la Reserva Ecológica Illinizas para Determinar su Calidad Mediante Estadística en el Periodo 2020 - 2021”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 10 días del mes de marzo del 2021.



Israel Jimmy Chisaguano Chisaguano

**EL CEDENTE**

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga

**LA CESIONARIA**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GERMAN IZA JHONATAN PAUL**, identificado con cédula de ciudadanía **050399993-0** de estado civil **soltero** y con domicilio en Machachi, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** – **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Caracterización Mecánica y Físicoquímica de los Suelos del Páramo en la Reserva Ecológica Illinizas para Determinar su Calidad Mediante Estadística en el Periodo 2020 - 2021”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad, según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Fecha de inicio de la carrera: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha de finalización: Octubre 2020 – Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 26 de enero del 2021

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña

Tema: “Caracterización Mecánica y Físicoquímica de los Suelos del Páramo en la Reserva Ecológica Illinizas para Determinar su Calidad Mediante Estadística en el Periodo 2020 - 2021”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

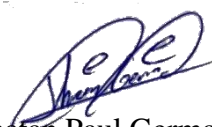
**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** Podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 10 días del mes de marzo del 2021.



Jhonatan Paul German Iza

**EL CEDENTE**

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga

**LA CESIONARIA**



## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

**“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y FISICOQUÍMICA DE LOS SUELOS DEL PÁRAMO EN LA RESERVA ILLINIZAS PARA DETERMINAR SU CALIDAD MEDIANTE ESTADÍSTICA EN EL PERIODO 2020 - 2021”**, de Chisaguano Chisaguano Jimmy Israel y German Iza Jhonatan Paul, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga 10 de marzo del 2021



Firmado electrónicamente por:

**JOSE LUIS  
AGREDA OÑA**

Ing. José Luis Ágreda Oña

**DOCENTE TUTOR**

CC: 040133210-1

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Chisaguano Chisaguano Jimmy Israel y German Iza Jhonatan Paul, con el título de Proyecto de Investigación: **“Caracterización Mecánica y Fisicoquímica de los Suelos del Páramo en la Reserva Ecológica Illinizas para Determinar su Calidad Mediante Estadística en el Periodo 2020 - 2021”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 10 de marzo del 2021



**Lector 1 (Presidente/a)**

PhD. Vicente De la Dolorosa Córdova

Yanchapanta

CC: 180163492-2



**Lector 2**

MSc. Kalina Marcela Fonseca Largo

CC: 172353445-7



**Lector 3**

Prof. Msc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

CC: 175873906-2

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios y mi patria por brindarme los recursos y para lograr esta meta, a mis padres que con sacrificio y trabajo duro por gracia además amor han hecho posible esto, a toda mi familia por su apoyo, siento que todos son parte de este paso importantísimo en mi vida, a todos mis amigos, compañeros y conocidos por su tiempo invertido de consejos.

*Jimmy Israel Chisaguano Chisaguano*

Agradezco a Dios por ser el dador de la vida y a mi Familia en especial a mis Padres Virgilio German y Blanca Iza por el apoyo incondicional, por los valores que me inculcaron, siempre me brindaron la confianza, además que me dieron fuerzas y palabras de aliento para poder cumplir un objetivo más en mi vida. A mis hermanos y hermanas, por brindarme su apoyo incondicional ante los momentos de adversidad. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

*Jhonatan Paul German Iza*

## **DEDICATORIA**

Agradezco primeramente a Dios y mi patria por todas las facilidades brindadas en el transcurso de mi formación tan soñada

A mis padres que jamás escatimaron o desconfiaron a pesar de todas las circunstancias su esfuerzo y sacrificio para darme lo que necesitaba en el tiempo adecuado.

A todos mis familiares ya que siempre aportaron con un granito de arena, cosas pequeñas que se volvieron indispensables en todo este proceso.

Y a mis amigos, compañeros y conocidos quienes me dieron consejos, me han apoyado, siento que jamás me dieron las espaldas en tiempos difíciles.

Este trabajo es el inicio de grandes anhelos y sueños que se van materializando.

*Jimmy Israel Chisaguano Chisaguano*

Han pasado muchos años dese que nací, desde ese momento e incluso antes que eso, ya estabas buscando maneras de ofrecernos lo mejor, has trabajado duro, y sin importar lo agotado de su trabajo siempre tenías una sonrisa que ofrecer a tu familia, el esfuerzo que ha hecho por mí y brindado han formado bases de gran importancia, ahora soy consciente de eso...

Muchas gracias madre.

*Jhonatan Paul German Iza*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO:** “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y FISICOQUÍMICA DE LOS SUELOS DEL PÁRAMO EN LA RESERVA ECOLÓGICA ILLINIZAS PARA DETERMINAR SU CALIDAD MEDIANTE ESTADÍSTICA EN EL PERIODO 2020 - 2021”.

**AUTORES:** Chisaguano Chisaguano Jimmy Israel  
German Iza Jhonatan Paul

**RESUMEN**

Se muestrearon los suelos en determinados puntos de la Reserva Ecológica Illinizas en rejilla de 100 metros a profundidad de arado “10 cm”, los análisis se los realizó en los laboratorios acreditados por el “Servicio de Acreditación Ecuatoriano”. Mediante el análisis estadístico realizado con la ayuda del Software InfoStat se procesaron los resultados, se estableció mediante las características mecánicas y fisicoquímicas la calidad de los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas, así como sus propiedades, obteniendo que el 21% del suelo son partículas de arena y el 79% partículas finas, lo que permite a pesar de tener el porcentaje de humedad de 96%, el límite líquido de 88 % y índice de plasticidad de 45 % los suelos no se compacten al punto de limitar el correcto desarrollo de las raíces, para los resultados de la caracterización fisicoquímica se determinó que el pH es de 5,67, los resultados obtenidos a través de la metodología de sólidos volátiles ayudó a determinar el porcentaje de la materia orgánica “M.O.” estableciendo que es del 22,75%. La concentración del aluminio es de 6,93 mg/kg indicando un nivel alto, la concentración de manganeso es de 6,50 ppm lo que indica un alto nivel, la concentración del magnesio es de 0,65 miliequivalentes “meq/100 gr” lo que indica un nivel medio, el hierro está en 1277 ppm indicando un alto nivel, el cobre tiene una concentración de 6,04 meq/100gr indicando un nivel alto, el calcio tiene una concentración de 14,25 meq/100gr lo que indica un nivel alto, el arsénico en promedio para el área de estudio es de 8,34 mg/kg, pero su valor más alto es 15 mg/kg considerado como tóxico, se debe prestar mucha atención a la determinación de la calidad y su relación directa con la influencia que tiene esta debido a factores biológicos, físicos y climáticos. Como conclusión en la determinación de la calidad del suelo de la Reserva Ecológica Illinizas se logró generar datos útiles para posteriores trabajos, estableciendo que los suelos del área son aptos para el desarrollo de la flora y la fauna, existen efectos negativos sobre el ecosistema ya que la infiltración de ciertos agentes químicos entre ellos el arsénico del agua subterránea son efectivos y estos están presentes en los suelos que son de origen volcánico.

**Palabras Clave:** Análisis, caracterización, calidad, datos, estadística.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “MECHANICAL CHARACTERIZATION AND PHYSICAL-CHEMISTRY OF THE SOILS IN THE ILLINIZAS ECOLOGICAL RESERVE TO DETERMINE ITS QUALITY THROUGH STATISTICS IN THE PERIOD 2020 – 2021”**

AUTHORS: Chisaguano Chisaguano Jimmy Israel  
German Iza Jhonatan Paul

**ABSTRACT**

Soils were sampled in certain points of the Illinizas Ecological Reserve in a grid of 100 meters at a plow depth of "10 cm", the analyzes were carried out in laboratories accredited by the "Ecuadorian Accreditation Service". Through the statistical analysis carried out with the help of the InfoStat Software, the results were processed, the quality of the soils of the Illinizas Ecological Reserve were established through the mechanical and physicochemical characteristics, as well as their properties, obtaining that 21% of the soil are particles of sand and 79% fine particles, which allows despite having a humidity percentage of 96%, a liquid limit of 88% and a plasticity index of 45% soils are not compacted to the point of limiting the correct development of the roots for the results of the physicochemical characterization, it was determined that the pH is 5.67, the results obtained through the volatile solids methodology helped to determine the percentage of organic matter "MO" establishing that it is 22.75% . The aluminum concentration is 6.93 mg / kg indicating a high level, the manganese concentration is 6.50 ppm which indicates a high level, the magnesium concentration is 0.65 milliequivalents "meq / 100 gr" which indicates a medium level, iron is at 1277 ppm indicating a high level, copper has a concentration of 6.04 meq / 100gr indicating a high level, calcium has a concentration of 14.25 meq / 100gr which indicates a high level, the arsenic on average for the study area is 8.34 mg / kg, but its highest value is 15 mg / kg considered toxic, much attention should be paid to determining the quality and its relationship direct with the influence that this has due to biological, physical and climatic factors. As a conclusion in determining the soil quality of the Illinizas Ecological Reserve, it was possible to generate useful data for later work, establishing that the soils of the area are suitable for the development of flora and fauna, there are negative effects on the ecosystem since the infiltration of certain chemical agents including arsenic from groundwater are effective and these are present in soils that are of volcanic origin.

**Keywords:** Analysis, characterization, quality, data, statistics.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	x
AGRADECIMIENTO .....	xi
DEDICATORIA.....	xii
ABSTRACT .....	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xx
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xxiii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	1
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	2
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. OBJETIVOS .....	4
5.1. Objetivo General.....	4
5.2. Objetivos Específicos .....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA .....	6
7.1. El Suelo.....	6
7.2. Composición del Suelo .....	7
7.3. Composición Química del Suelo .....	7

7.4.	Química del Suelo.....	7
7.5.	El Páramo.....	7
7.6.	Suelos de Paramo.....	8
7.7.	Física del Suelo.....	8
7.8.	El pH.....	8
7.9.	Física y Química de los Suelos del Páramo.....	8
7.9.1.	Material Parental.....	8
7.9.2.	Características Importantes de los Suelos del Páramo. ....	9
7.9.3.	La Meteorización. ....	9
7.9.4.	El Clima.....	10
7.9.5.	Vegetación. ....	10
7.9.6.	Relieve.....	10
7.9.7.	Materia Orgánica. ....	11
7.9.8.	Sólidos Volátiles (M.O.).....	11
7.9.9.	Metales Pesados.....	12
7.9.10.	Metales Pesados que Provocan Impactos Negativos en el Suelo de Estudio. ....	12
7.9.11.	Arsénico.....	13
7.9.12.	Aluminio.....	14
7.9.13.	El Hierro. ....	15
7.9.14.	El Manganeso. ....	16
7.9.15.	El Cobre (Cu).....	16
7.10.	La Interacción del Arsénico, el Hierro y el Manganeso en el Suelo .....	16
7.11.	Interacción del Agua y el Arsénico .....	17
7.12.	Los Micronutrientes del Suelo.....	17
7.12.1.	El Calcio. ....	17
7.12.2.	El Magnesio.....	18
7.13.	Interacción del Aluminio con los Micronutrientes .....	18



7.14. La Mecánica de Suelos .....	19
7.14.1. Estado Líquido.....	19
7.14.2. Estado Plástico.....	19
7.14.3. Método Propuesto por el Dr. Casa Grande.....	19
7.15. Límites del Dr. Atterberg.....	19
7.15.1. Límite Plástico.....	20
7.15.2. Índice de Plasticidad.....	20
7.15.3. Límite de Contracción o Líquido.....	20
7.15.4. Textura.....	20
7.16. El Suelo como Recurso Natural.....	20
7.17. Estadística.....	21
7.17.1. Estadística Descriptiva.....	21
7.17.2. Datos Estadísticos.....	21
7.17.3. Histogramas.....	22
7.17.3.1. Polígonos de Frecuencia.....	22
7.17.3.2. Ojivas o Polígonos de Frecuencias Acumulada.....	22
7.17.4. Análisis y Descripción de los Datos.....	22
7.17.5. Diagrama de Cajas.....	23
7.18. Marco Legal.....	23
7.18.1. Reglamento Ecuatoriano 097-A.....	23
7.18.2. Normativa del Ministerio del Ambiente de Perú:.....	27
7.18.3. Normas Para la Caracterización Mecánica de los Suelos.....	28
7.18.3.1. Artículo 1; Definición de Términos Específicos de este Estándar:.....	30
7.18.4. Normativa para la Caracterización Físicoquímica de los Suelos.....	39
7.18.4.1. Norma para el Análisis de pH. Suelo Agua 1:2,5, Establecida por el Iniap Quito.....	41
7.18.4.2. Norma para el Procedimiento Específico de Ensayo. Determinación de Ca y Mg Asimilables en los Suelos - Método Olsen modificado.....	44

7.18.4.3. Normativa para el Procedimiento Específico de Ensayo. Determinación de Fe, Cu, Mn Asimilables en los Suelos – Método Olsen Modificado. ....	51
7.18.4.4. Norma para la Medición de Arsénico con el Test de Arsénico Colorimétrico con Tiras de Ensayo, Reactivos 0,02 – 0,05 – 0,1 – 0,2 – 0,5 gm/As 0,1 – 0,5 – 1,0 – 3,0 mg/l As MQuant Merck. ....	52
8. METODOLOGÍAS/ DISEÑO EXPERIMENTAL .....	54
8.1. Metodologías .....	54
8.1.1. Para el cumplimiento de los objetivos establecidos se realizó las siguientes actividades. ....	54
8.2. Tipo de Investigación/Diseño Experimental .....	54
8.3. Enfoque.....	55
8.4. Métodos .....	55
8.4.1. Método Analítico. ....	55
8.4.3.1. Revisión Bibliográfica.....	55
8.4.2.1. De campo.....	55
8.4.2.2. Cartográfico.....	55
8.4.3. Metodología de Campo.....	60
8.4.4. Caracterización del Suelo de la Reserva Ecológica Illinizas. ....	62
8.4.4.1. Método Estándar Para el Límite Plástico. AST M D 4318-05 .....	63
8.4.4.2. Método de Cono Para Límite Líquido bs 1377-2:1990.....	68
8.4.4.3. Identificación de Sólidos Volátiles (Materia Orgánica).....	70
8.4.4.4. Metodología 7000b para el cálculo de contenido de Aluminio en el suelo .....	72
8.4.4.5. Metodología determinación de pH, suelo agua 1:2,5.....	77
8.4.4.6. Análisis de los Elementos con más Concentración de la Reserva Ecológica Illinizas. 80	
8.4.4.7. Medición de arsénico con el test colorimétrico con tiras de ensayo, reactivos 0,02 – 0,05 – 0,1 – 0,2 – 0,5 gm/As 0,1 – 0,5 – 1,0 – 3,0 mg/l As MQuant Merck. ....	88
8.5. Resultados.....	92

8.5.1. Resultado 1 .....	92
8.5.2. Resultado 2 .....	94
8.5.2.1. Método de Atterberg .....	94
8.5.2.2. Identificación de Sólidos Volátiles (Materia Orgánica).....	100
8.5.2.3. Resultados del método 7000b para el aluminio en el suelo .....	102
8.5.2.4. Resultados del análisis de pH. Suelo Agua 1:2,5 .....	103
8.5.2.5. Resultados del Análisis de los Elementos con más Concentración de la Reserva Ecológica Illinizas. ....	104
8.5.2.6. Resultados de la Medición de Arsénico en el Suelo. ....	105
8.5.3. Resultado 3. ....	106
8.5.3.1. Análisis estadístico de los Resultados del Método de Atterberg.....	107
8.5.3.2. Análisis estadístico del % de la materia orgánica .....	111
8.5.3.3. Análisis estadístico de los resultados del método 7000 b para el aluminio en el suelo .....	112
8.5.3.4. Análisis estadístico de los resultados del análisis de pH. Suelo Agua 1:2,5, ....	115
8.5.3.5. Análisis estadístico de los resultados para elementos con mayor concentración de la Reserva Ecológica Illinizas. ....	118
8.5.3.6. Análisis Estadístico de los Resultados de la Medición de Arsénico en el Suelo.	123
8.5.4. Discusión. ....	126
9. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .	127
9.1. Impactos Técnicos .....	127
9.2. Impactos Sociales .....	127
9.3. Impactos Ambientales .....	127
10. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	128
10.1. Cronograma de Actividades .....	130
Tabla 50 .....	130
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	132
12. REFERENCIAS .....	134

13. ANEXOS .....	142
------------------	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1; Beneficiarios Directos .....	2
Tabla 2 Beneficiarios Indirectos;.....	3
Tabla 3; Actividades y Sistemas de Tareas en Relación a los Objetivos .....	5
Tabla 4; Informe del Análisis de Arsénico .....	13
Tabla 5; Estudio Realizado Sobre el Análisis de la Concentración Final de As con Tukey al 5% y Porcentaje de Remoción de cada Tratamiento .....	14
Tabla 6; Progresión de la Solubilidad del “Al” Según el pH .....	15
Tabla 7; Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico ....	24
Tabla 8; Criterios de Calidad del Suelo .....	26
Tabla 9; Carta de Clasificación de Suelos .....	30
Tabla 10; Responsabilidades .....	43
Tabla 11; Terminología .....	44
Tabla 12; Ítems a Ensayar, Parámetros y Rangos de Aplicación .....	45
Tabla 13; Responsabilidades .....	47
Tabla 14; Valores de las Concentraciones Estándar.....	50
Tabla 15; Cuadro de interpretación del Ca y Mg .....	50
Tabla 16; Ítems a Ensayar, Parámetros y Rangos de Aplicación .....	51
Tabla 17; Parámetros para el uso de Términos.....	52
Tabla 18; Protocolos para el Correcto Manejo .....	53
Tabla 19; Equipos y Materiales .....	60
Tabla 20; Equipos y Materiales y Reactivos para el Análisis Mecánico de los Suelos .....	63
Tabla 21; Materiales y Reactivos .....	70
Tabla 22; Equipos y Suministros.....	73
Tabla 23; Equipos y Materiales .....	77
Tabla 24; Materiales Equipos y Reactivos para la Determinación de Ca, Mg, Fe, Cu y Mn	80
Tabla 25; Equipos y Materiales .....	89
Tabla 26; Coordenadas del Área Muestreada de Suelos .....	92
Tabla 27; Contenido de Humedad Norma – ASTM D 2216.....	95

Tabla 28; Límite Plástico – Norma ASTM D 4318 .....	95
Tabla 29; Limite Liquido – Norma ASTM D 4318 .....	95
Tabla 30; Resultados Mecánica del Suelo .....	96
Tabla 31; Análisis Granulométrico – Norma ASTM D 6913 .....	97
Tabla 32; Análisis Granulométrico – Norma ASTM D 6913 .....	97
Tabla 33; Análisis Granulométrico.....	98
Tabla 34; Análisis Granulométrico.....	99
Tabla 35; Análisis Granulométrico.....	100
Tabla 36; Resultados para la Identificación de Sólidos Volátiles .....	100
Tabla 37; Concentración de Aluminio .....	102
Tabla 38; Resultados de pH.....	103
Tabla 39; Resultado del Análisis de (Fe) (Mn) (Mg) (Cu) (Ca).....	104
Tabla 40; Resultados de la Concentración del Arsénico en el Suelo .....	106
Tabla 41; Análisis de las Frecuencias de los Parámetros de Atterberg.....	107
Tabla 42; Análisis de las Frecuencias de los Parámetros de Granulometría .....	109
Tabla 43; Análisis de las Frecuencias del % M.O.....	111
Tabla 44; Análisis de las Frecuencias de los Pisos Altitudinales .....	112
Tabla 45; Análisis de las Frecuencias de pH.....	115
Tabla 46; Análisis de la Frecuencia de los Grupos de (Fe) (Mn) (Mg) (Cu) (Ca) .....	118
Tabla 47; Análisis de la Varianza de los Pisos Altitudinales de (Fe) (Mn) (Mg) (Cu) (Ca).....	122
Tabla 48; Análisis de las Frecuencias del Arsénico .....	123
Tabla 49; Presupuesto.....	128
Tabla 50; Cronograma .....	130

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1; Perfil de los Páramos.....	9
Figura 2; Porcentaje de la Materia Orgánica del Suelo .....	12
Figura 3; Composición del Suelo .....	18
Figura 4; Esquema de las Fases del Suelo y de los Principales Constituyentes .....	21

Figura 5; Diagrama de Caja.....	23
Figura 6; Ubicación del Área de Investigación .....	57
Figura 7; Ubicación de la Reserva Ecológica Illinizas .....	58
Figura 8; Ubicación del Área de Muestreo.....	59
Figura 9; Sistema de Rejilla de 100 m.....	60
Figura 10; Cuarteo de los Suelos.....	61
Figura 11; Rollos de 3.2mm .....	68
Figura 12; Calibración del Penetrómetro de Cono .....	69
Figura 13; Carta de Plasticidad SUCS.....	94
Figura 14; Análisis Estadístico % Humedad, % L.l y I.P.....	108
Figura 15; Análisis Estadístico de % Partículas de Arena y % de Partículas Finas .....	110
Figura 16; Análisis Estadístico % M.O. ....	111
Figura 17; Análisis Estadístico para la Concentración de Al, de los Pisos Altitudinales (4065-4100 msnm).....	113
Figura 18; Análisis Estadístico para la Concentración de Al, de los Pisos Altitudinales (4119 – 4141 msnm).....	113
Figura 19; Análisis Estadístico para la Concentración de Al, de los Pisos Altitudinales (4159 – 4205 msnm).....	114
Figura 20; Análisis Estadístico de la Concentración del Al en Toda la Zona de Estudio ...	115
Figura 21; Análisis Estadístico del pH en la Zona de Estudio .....	116
Figura 22; Análisis Estadístico del pH en el Piso Altitudinal de (4100-4065 msnm).....	117
Figura 23; Análisis Estadístico del pH en el Piso Altitudinal de (4205-4159 msnm).....	117
Figura 24; Análisis Estadístico del pH en el Piso Altitudinal de (4141-4119 msnm).....	118
Figura 25; Análisis Estadístico de (Fe) (Mn) (Mg) (Cu) (Ca).....	119
Figura 26; Análisis Estadístico Concentración de Arsénico .....	124
Figura 27; Concentración del Arsénico en los Pisos Altitudinales (4100-4065 msnm).....	124
Figura 28; Concentración del Arsénico en los Pisos Altitudinales (4141-4119 msnm).....	125
Figura 29; Concentración del Arsénico en los Pisos Altitudinales (4205-4159 msnm).....	125

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1; Conversión de las Unidades de Calcio .....	48
Ecuación 2; Conversión de las Unidades de Magnesio .....	48
Ecuación 3; Calculo del % de M.O. ....	101

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Aval de Traducción.....	142
Anexo 2. Cotización para el Análisis de Arsénico .....	143
Anexo 3. Resultados del análisis de Aluminio en 5 muestras .....	144
Anexo 4. Visita “IN SITU” .....	149
Anexo 5. Resultados INIAP .....	151
Anexo 6. Fase de Laboratorio .....	152
Anexo 7. Resultados de los Límites de Atterberg .....	157
Anexo 8. Hoja SMSDS Aluminio .....	159
Anexo 9. SMSDS Arsénico .....	160

## **1. INTRODUCCIÓN**

La caracterización mecánica y fisicoquímica de los suelos del páramo en la Reserva Ecológica Illinizas es indispensable para determinar su calidad, a pesar de ello existe carencia de dichas investigaciones. Los factores que acentúan la problemática en el área de estudio son naturales, entre los más importantes se pueden señalar; el origen volcánico de los suelos, la acumulación de material piroclástico, el clima; factores físicos y biológicos. En el área de estudio tienden a concentrarse de una manera perjudicial metales como el arsénico, el hierro, el cobre y aluminio que son dañinos para la salud del propio ecosistema y los seres vivos, que se favorecen de sus servicios entre ellos el agua potable para la comunidad de Toacaso. En la presente investigación se consideró el reglamento Ecuatoriano 097-A en la cual se establece tanto el procedimiento para el establecimiento correcto de los puntos de muestreo y las tablas para los límites permisibles en el suelo del arsénico, pH, etc. Con la gestión y búsqueda de laboratorios se logró la caracterización mecánica con el método de Casagrande, para la caracterización fisicoquímica se usó varias metodologías, entre las más importantes está, el porcentaje de materia orgánica con el método de secado en la mufla, para determinar la concentración de aluminio mediante la espectrofotometría de absorción atómica y Olsen Modificado para el contenido de micronutrientes y macronutrientes en el suelo. El eje complementario es el análisis estadístico con el uso del Software InfoStat como una herramienta que conduce al cumplimiento del objetivo principal del proyecto ya que cubre las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio de los resultados de manera concreta sobre la calidad del suelo del área de estudio.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En todo el cinturón tropical, en los tres continentes que tienen territorio sobre la línea ecuatorial (Suramérica, África y Oceanía) existen los páramos, estos destacan por estar cubiertos de pajonales, flora y fauna única, tanto en Latinoamérica, África u Oceanía la importante capacidad de regulación hídrica es el valor más notable (Hofstede et al., 2003). En el centro del Ecuador se encuentran áreas protegidas muy importantes, una de ellas es la Reserva Ecológica Illinizas, esta es de vital importancia ya que es el hogar de una gran biodiversidad de especies exóticas de fauna y de flora, ayuda a mitigar el cambio climático debido a sus características mecánicas y fisicoquímicas además cumple con la recolección, filtración y regulación del agua que llega por lluvias, neblinas y deshielos, posteriormente genera agua dulce, pero estas aguas han sido catalogadas por su contaminación de agentes químicos, de entre ellos el arsénico es el químico más contaminante en el proceso de filtración del agua



potable para sectores aledaños, resaltando que de 15 efluentes identificadas una de ellas tiene más del valor permitido según las normas internacionales. Llegando a concentraciones de 0,70 ppm de arsénico, por lo que ha causado acumulación del metaloide en los cultivos y enfermedades como el cáncer en los habitantes (La Hora, 2018; El Comercio, 2019; Dr. Ma. Alarcón et al., 2012; Cabrera et al., 2010; Imbago & Oña, 2019) las vertientes nacientes contribuyen de manera significativa a los ríos Toachi y Pilatón que dan funcionamiento a la hidroeléctrica con el mismo nombre, esta se encarga de producir energía eléctrica para las provincias aledañas de Santo Domingo, Pichincha y Cotopaxi, entre otros aspectos positivos, sin embargo existe carencia de información y por ende no es posible aplicar planes de mitigación, remediación y recuperación para lograr preservar de forma integral esta Reserva. La investigación generará datos para dar las pautas, para facilitar y agilizar futuros proyectos de investigación, y de trabajos similares, ayudando en la validación de los mismos por parte de estudiantes, profesores e interesados, destacando además que se dará continuidad con investigaciones desarrolladas por colegas, enmarcados al análisis profundo de la capacidad de adsorción y desorción del arsénico de estos suelos.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

**Tabla 1**

Beneficiarios Directos

<b>PROVINCIA: Cotopaxi</b>	<b>Población</b>	<b>% Hombres</b>	<b>% Mujeres</b>
<b>Tingo la Esperanza</b>	4051	51.37 %	48.63 %
<b>El Corazón</b>	19877	51.96%	48.03%
<b>Sigchos</b>	20772	49.27%	50.73%
<b>Guasaganda</b>	3879	52%	48%
<b>PROVINCIA: Pichincha</b>	<b>Población</b>	<b>% Hombres</b>	<b>% Mujeres</b>
<b>Aloag</b>	8850	52.95%	47.05%

<b>Chaupi</b>	1322	50.38%	49.62%
<b>PROVINCIA:</b>			
	<b>Población</b>	<b>%Hombres</b>	<b>% Mujeres</b>
<b>Santo Domingo</b>			
<b>Santa María del Toachi</b>	5615	51.35%	48.65%
<b>San José de Alluriquin</b>	9725	52.34%	47.66%
<b>Total</b>	<b>74092</b>		<b>100%</b>

**Elaborado por;** Autores.

**Tomado de;** (INEC, 2010-2015).

**Tabla 2**

Beneficiarios Indirectos

<b>Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente</b>	
<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
<b>201</b>	<b>323</b>
<b>Total: 524 habitantes</b>	

**Elaborado por;** Autores.

**Tomado de;** (INEC, 2010-2015).

#### **4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Los páramos del mundo están siendo destruidos por la actividad humana, ello ha perjudicado beneficios tales como la hidrología, y diversidad, en la actualidad el 30% de todos los páramos están completamente transformados o degradados (Hofstede et al., 2003). La contaminación existente de los páramos Andinos se debe a factores naturales, así como a los antropogénicos siendo esta problemática muy común, cabe señalar que en el área de estudio las condiciones naturales son la problemática ya que es un área muy bien protegida, siendo muy limitado el permiso para el ingreso de personas particulares sin previa autorización. La mayoría de los suelos de los páramos de la provincia de Cotopaxi son de origen volcánico, la presencia de

material piroclástico es un factor que da a inferir la alta concentración de agentes químicos contaminantes, entre ellos el arsénico (Smedley et al., 2002; Becerra-Ramírez, 2013; González et al., 2013).

La Reserva Ecológica Illinizas tiene una superficie total de 149900 hectáreas, distribuidas dentro de un rango altitudinal de 800 a 5265 msnm. Los valores más importantes que posee y por los cuales se considera su protección son, la abundante biodiversidad que alberga, aproximadamente 221 especies exclusivas y otras en peligro de extinción, la alta capacidad que tiene de producir agua para 20 mil habitantes según (MAE, 2007; Dirección de Áreas Naturales / Plan estratégico SNAP, 1998). En las partes altas de esta reserva es donde nacen los principales afluentes de la sub-cuenca del río Toachi y del Pilatón, ayuda a regular el clima siendo un importante sumidero de los GEI y atractivo turístico para 345000 extranjeros y 767000 visitantes nacionales (MAE, 2016). Las condiciones naturales del entorno y orígenes del suelo son factores para la efectiva presencia de agentes químicos, como por ejemplo el arsénico en las aguas subterráneas y un trastorno en la integridad de dicho ecosistema (Imbago & Oña, 2019), estos antecedentes dan como resultado la necesidad de caracterizar estos suelos y para ello se aplicará el método de Atterberg con el cual se propone realizar la caracterización mecánica enmarcado a la preservación del entorno, por lo que no se profundizará en estudios mecánicos que generen datos para la correcta y efectiva construcción de infraestructuras, la caracterización fisicoquímica será en base exclusivamente de los siguientes metales; manganeso, hierro y aluminio ya que estos interactúan con el arsénico haciéndolo peligroso para el entorno. El pH permitirá identificar la acidez y los sólidos volátiles el porcentaje de materia orgánica del suelo además estos factores ayudan a la retención, movilidad, disponibilidad en todas las facetas del Arsénico y posterior infiltración en aguas subterráneas (Mínguez & Casermeiro, 2015). Finalmente se analizará los resultados y se generarán datos con la ayuda del Software InfoStat ya que es de fácil acceso, trabaja con datos numéricos y dispone de licencias estudiantiles, con dicho Software se determinara la calidad de los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas de forma concreta (Balzarini et al., 2008).

La carencia de investigaciones que caractericen los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. *Objetivo General***

- Analizar de forma mecánica y fisicoquímica los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas para determinar su calidad mediante estadística en el periodo 2020-2021.

### 5.2. *Objetivos Específicos*

- Establecer las muestras de los suelos del área de estudio.
- Examinar las muestras tomadas de forma mecánica y fisicoquímica mediante el análisis de laboratorio en un tiempo determinado.
- Determinar la calidad de los suelos del área de estudio en base a los datos obtenidos mediante modelos estadísticos arrojados por el Software InfoStat.

## 6. **ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

**Tabla 3**

Actividades y Sistemas de Tareas en Relación a los Objetivos

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados de actividad</b>	<b>Medio de verificación</b>
<b>O.1.- Establecer las muestras de los suelos del área de estudio establecido.</b>	1. Determinar el área de estudio.	Área favorable.	Mapa de ubicación.
	2. Tomar la muestras en el área de estudio.	Muestras de los suelos.	Anexos.
	3. Almacenar y etiquetar las muestras.	Transporte favorable de las muestras.	Anexos.
<b>O.2.- Examinar las muestras tomadas de forma mecánica y fisicoquímica mediante el análisis de laboratorio en un tiempo determinado.</b>	1. Elegir el laboratorio certificado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano, y planificar el trabajo autónomo en la Universidad Salache CEYPSA.	Proformas.	Anexos.

---

	2. Transporte de las muestras hacia el laboratorio.	Fecha tentativa de la entrega de resultados.	Anexos.
	3. Recepción de resultados de los suelos analizados.	Resultados de los análisis.	Anexos.
<b>O.3.-Determinar la calidad de los suelos del área de estudio en base a los datos obtenidos mediante modelos estadísticos arrojados por el Software InfoStat.</b>	1. Explorar y exportar los resultados obtenidos.	Tabla de resultados.	Valores cuantitativos
	2. Realizar la estadística de los resultados en el Software InfoStat.	Interpretación de la estadística obtenida.	Diagramas y gráficos.
	3. Dar a conocer la calidad de los suelos estudiados.	Validación de resultados.	Conclusiones.

---

Elaborado por; Autores.

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

### 7.1. El Suelo

Es un cuerpo natural tridimensional, que forma parte de un ecosistema y que está en equilibrio con el medio ambiente, procedente de la meteorización física y química de la roca preexistente y sobre la que se asienta la vida de cada uno de los seres vivos, el estudio debe comenzar en el campo, observando de forma precisa y detallada, el suelo en su conjunto, como y el medio en el que se encuentra (Moreno Caselles et al., 2000; Grisolia & Ortega, 2012). Tiene como límite superior la atmósfera y un límite inferior difícil de ser definido. En general, el suelo pasa de forma gradual en su límite inferior a roca dura o materiales saprolíticos (Porta et al., 2003).

Los suelos son concebidos como cuerpos naturales independientes, cada uno tiene una morfología única, resultante de una particular combinación del clima, de los organismos vivos, de la roca madre, del relieve y de la edad (Fadda, 2017).

### **7.2. Composición del Suelo**

De manera breve se establece que el suelo está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos y por ende se desarrolla la vida como tal, se desarrollan las actividades humanas y las diversas interacciones en escalas macro, meso y microscópicas. La estructura del suelo viene dada especialmente por la infiltración del agua edáfica que produce una cierta meteorización química y a la actividad orgánica que le da su estructura de capas o mejor conocida como horizontes (Sabroso & Pastor, 2004).

### **7.3. Composición Química del Suelo**

La composición química de un suelo viene determinada, en buena parte por el tipo de material originario (roca), puesto que es el material base a partir del cual se forma el suelo. Junto a este material se va añadiendo, en el transcurso del tiempo que dura la formación de un suelo, materia orgánica procedente de organismos vivos. El contenido mineral de un suelo es el que determina su fertilidad (Sabroso & Pastor, 2004).

### **7.4. Química del Suelo**

La fase sólida está formada por los componentes inorgánicos (minerales) y orgánicos (materia orgánica) del suelo. Estas partículas sólidas dejan entre sí, una serie de huecos (poros, cámaras, galerías, grietas y otros), donde se hallan las fases líquida y gaseosa. La fase líquida del suelo está constituida principalmente por agua, que puede llevar en su seno sustancias disueltas o en suspensión y la fase gaseosa está formada por aire, constituyendo la atmósfera del suelo. Asimismo, en el suelo se pueden encontrar raíces y microorganismos que ocupan estos huecos (Moreno et al., 2000; Porta et al., 2003).

### **7.5. El Páramo**

Los páramos son ecosistemas biodiversos ubicados sobre los 3000 msnm, aunque sus límites dependen de la región donde se localice, generalmente se ubican sobre la línea de bosques continuos o bosques andinos y por debajo de las nieves de las cumbres de las elevaciones (Hofstede y Mena, 2006). Este ecosistema está presente en regiones tropicales de Centroamérica, Sudamérica, Asia, África y Oceanía, “En América el páramo se extiende desde Costa Rica hasta Perú con una distribución continua en las cumbres de la cordillera de los Andes desde Venezuela hasta el Norte de Perú” (Mena et al., 2000)

## **7.6. Suelos de Paramo**

El suelo del páramo, generalmente de color oscuro, está fuertemente asociado con la materia orgánica (que es la mayor responsable de la alta capacidad para retener agua), cuya acumulación se ve favorecida por las bajas temperaturas, formando complejos muy fuertes entre la parte mineral y la parte orgánica. Los suelos de una buena parte de los páramos se formaron a partir de materiales de origen glaciar y volcánico (rocas y cenizas volcánicas) modificados por los factores de formación hasta llegar a constituir lo que reconocemos hoy como suelo. En comparación con los suelos de otros lugares, los suelos del páramo son relativamente jóvenes. Para entenderlo mejor, nos referimos primero a la formación de los suelos en general. El origen (génesis) de los suelos tiene que ver con: los procesos que le otorgaron las características y propiedades que poseen. Los factores que condicionaron la forma en la que actuaron estos procesos (Llambí et al., 2012).

## **7.7. Física del Suelo**

El estado físico del suelo tiene un sistema heterogéneo, polifásico y disperso, abarca fases como la sólida la cual está constituida por una fracción mineral y orgánica, en esta se encuentra la textura, estructura, color, etc. La fase líquida está relacionada con las diversas sustancias disueltas en agua. Fase gaseosa (BAYER, 1973).

## **7.8. El pH**

Es una de las propiedades físico-químicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica. También determina la concentración de Iones tóxicos, la capacidad de intercambio catiónico y diversas propiedades importantes que en últimas apuntan a la fertilidad del suelo (Carvajal, 1997).

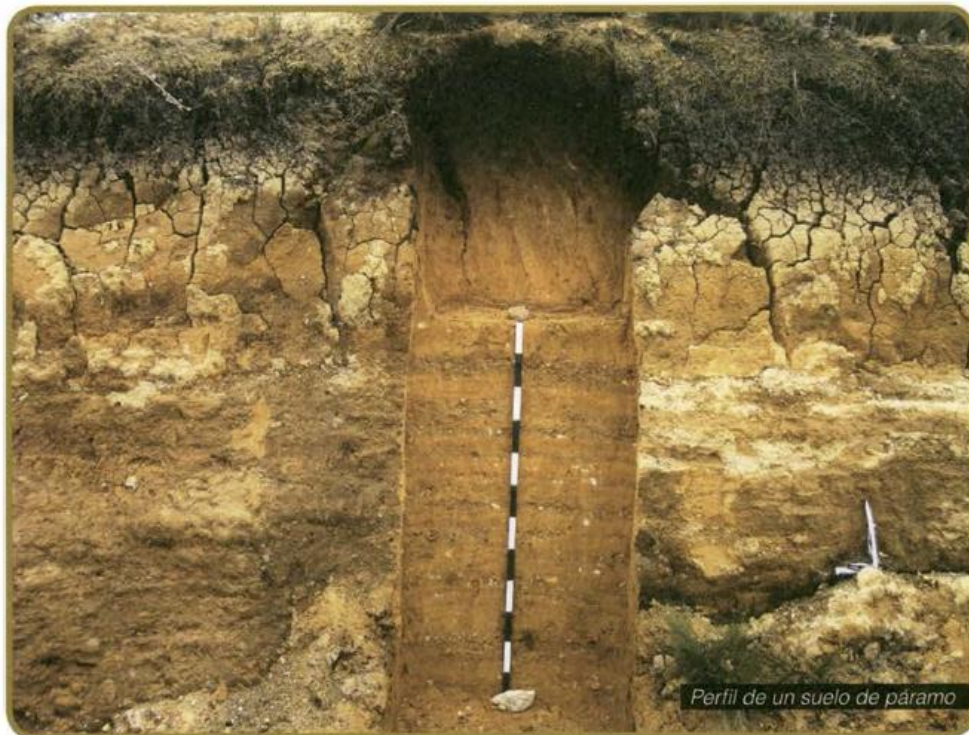
## **7.9. Física y Química de los Suelos del Páramo**

### **7.9.1. Material Parental.**

La Cordillera de los Andes geológicamente, está formada por rocas que han sido expulsadas en forma de lava. Muchas de estas rocas que constituyen la cordillera, han sido fragmentadas y arrastradas por la acción de los glaciares, los cuales además han esculpido muchos de los paisajes de la región, un ejemplo son los valles en forma de "u". Todas estas rocas y fragmentos de roca son los materiales que dan origen al suelo (Llambí et al., 2012).

**Figura 1**

Perfil de los Páramos



**Nota;** Los suelos, en general, se forman por la meteorización de la roca (material parental). Tomado del libro de Ecología, hidrología y suelos de páramos, por Borja Pablo 2012.

### **7.9.2. Características Importantes de los Suelos del Páramo.**

Existe una gran diversidad de tipos de páramos, hay una gran diversidad de tipos de suelos. Sin duda esta diversidad no es tanta como la que se tendría en zonas bajas y más templadas debido principalmente al clima frío que hace más lentos los procesos de descomposición química de las rocas y formación de nuevos minerales. La mayoría de los suelos de páramo son relativamente jóvenes y escasamente desarrollados. No existe un único suelo de páramo, pero existen propiedades típicas de estos suelos. En distintas zonas, los suelos de páramos pueden cambiar e incluso pueden hacerlo dentro de un mismo lugar, respondiendo a condiciones de vegetación, topografía, posición en el paisaje, condiciones de humedad, etc. (Llambí et al., 2012).

### **7.9.3. La Meteorización.**

Es el proceso físico-químico de alteración de las rocas, a partir del cual se forman nuevos minerales. Este material meteorizado, con el tiempo, se va transformando y evolucionando junto con la materia orgánica producida por la vegetación y otros organismos que se establecen



sobre él. La velocidad con la que se dan estos cambios y transformaciones depende de la intensidad con la que actúan los siguientes factores de formación del suelo: Material parental, Clima: con mucha influencia en el páramo (temperatura, precipitación, radiación y vientos). Organismos vivos: principalmente la vegetación. Relieve y Tiempo (Llambí et al., 2012).

#### **7.9.4. El Clima.**

Afecta en gran manera para que las características morfológicas y físicas de estos suelos estén fuertemente determinadas por estas condiciones. La velocidad con la que se puede formar un suelo está condicionada por las lluvias (En los páramos las lluvias pueden ir desde los 500 a 3000 mm/año), la temperatura (que puede variar entre 15 a 20°C en el día), la radiación y los vientos. Estas condiciones favorecen la acumulación y descomposición muy lenta de la materia orgánica (Llambí et al., 2012).

#### **7.9.5. Vegetación.**

Junto con el clima, la vegetación constituye uno de los factores formadores más activos en el páramo. Dentro del grupo de los organismos vivos, los líquenes son de los primeros en colonizar ambientes rocosos y "crear" sustrato que eventualmente será aprovechado por plantas cuyas raíces, al desarrollarse entre las rocas, contribuyen a su ruptura y desintegración de la materia orgánica, aunque debido a las condiciones severas del clima en este ecosistema, su acción es muy lenta. Existe una relación importante entre el tipo de suelo (sus características) y la vegetación, debido a que la principal fuente de materia orgánica en estos suelos es la que proviene de las plantas y sus raíces. Al morir, estas aportan al suelo materia orgánica que se descompone lentamente, debido a las bajas temperaturas y elevada humedad. Los animales excavadores (lombrices, insectos) mezclan y trituran el material del suelo y los microorganismos contribuyen a la descomposición (Llambí et al., 2012).

#### **7.9.6. Relieve.**

Existen importantes diferencias entre las propiedades de los suelos ubicados en las zonas planas y las depresiones mismas desarrolladas en pendientes. En las partes planas y mucho más en las depresiones, el agua puede acumularse más fácilmente, lo que permite que el suelo posea una mayor humedad, favoreciendo la presencia de plantas como musgos y almohadillas, las cuales, al morir, contribuyen a aumentar el contenido de materia orgánica. Además, la humedad elevada retarda el proceso de descomposición de la materia orgánica porque hay menos aire en el suelo, sobre todo cuando este permanece casi saturado. Mientras menor es la pendiente, mayor es la profundidad del suelo y el contenido de humedad (Llambí et al., 2012).

### **7.9.7. Materia Orgánica.**

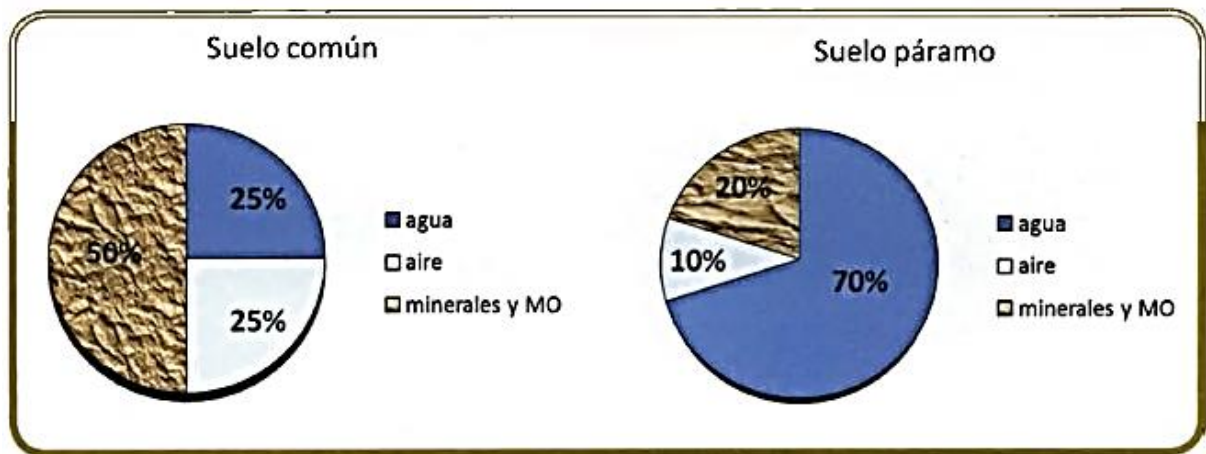
La M.O. está conformada por M.O. viva y muerta. La parte muerta está formada por restos de animales y de vegetales más o menos descompuestos debido a la acción que ejercen sobre ella los microorganismos del suelo. Cuando la materia orgánica se descompone se liberan los elementos minerales contenidos en ella, que pasan de nuevo a disposición de las plantas. El contenido de materia orgánica varía, por lo general, del 1 al 6% en peso. Los suelos de regiones muy ácidas suelen tener menos del 1% de materia orgánica y los de regiones muy húmedas suelen sobrepasar el 6%. Cuando el contenido en materia orgánica sobrepasa el 20% se habla de suelos orgánicos (Porta et al., 2003).

### **7.9.8. Sólidos Volátiles (M.O.).**

El carbono orgánico proviene de los seres vivos. Lo podemos encontrar formando distintos compuestos en el suelo que se pueden agrupar según su grado de transformación: materia orgánica fresca (MOF); la componen constituyentes orgánicos de bajo, medio y elevado peso molecular, desde los polisacáridos a la celulosa y lignina la denominada materia orgánica del suelo (MOS) o humus del suelo, se refiere a la MOF en estado evolucionado y en equilibrio con los factores ecológicos del medio. Esta materia orgánica del suelo (MOS) puede estar a su vez constituida por la materia orgánica humificada (MOH) y materia orgánica no humificada (MONH). Esta última sería los restos de MOF que no han sido plenamente transformados por los organismos y todavía no han sido completamente incorporados. Básicamente, se distinguen dos grupos de métodos para la determinación de carbono en suelos: los que se fundamentan en reacciones redox, oxidado por vía húmeda el carbono orgánico y los que se basan en la combustión seca, valorando después el dióxido de carbono liberado o la pérdida de peso de la muestra. El método aquí descrito, de combustión seca oxida toda la materia orgánica a CO<sub>2</sub>. La pérdida de peso se asocia con la pérdida de MO quedando solo los restos minerales. El método tiene alguna interferencia como la pérdida de algunas sustancias volátiles que no son M.O. (Rodríguez et al., 2015).

Figura 2

Porcentaje de la Materia Orgánica del Suelo



**Nota;** En un suelo normal, el 50 % de su volumen corresponde a minerales y (MO), el 50% restante lo constituye el espacio poroso del cual la mitad (25%) aproximadamente está ocupado por agua. Los suelos de páramo pueden tener hasta el 90% de su volumen como espacio poroso. Tomado del libro de Ecología, hidrología y suelos de páramos, por Borja Pablo 2012.

#### 7.9.9. Metales Pesados.

Según la tabla periódica, es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn) (LONDOÑO 2016; SHIMADA, 2005; CONCON 2009).

#### 7.9.10. Metales Pesados que Provocan Impactos Negativos en el Suelo de Estudio.

Los metales pesados tienen origen natural y antropogénico. Los metales pesados de origen natural o geogénicos, pasan de la roca madre al suelo, por emisiones volcánicas “presentes en el material piroclástico” y lixiviados de mineralizaciones los porcentajes más altos de metales de dicho origen en los suelos, se dan para Cr, Mn y Ni, mientras que Co, Cu, Zn y Pb presentan menor cantidad y son mínimos los contenidos en As, Cd y Hg (Bowen, 1979). El arsénico se halla de manera natural en la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos (Abollino et al., 2002). En los páramos de origen volcánico existen depósitos de As de la corteza terrestre se encuentran en forma de piritita, galena, calcopiritita, y esfalerita. Existen altas concentraciones en depósitos de azufre como por ejemplo As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, AsS, FeAsS, FeAs<sub>2</sub> (Mínguez & Casermeiro, 2015).

### 7.9.11. Arsénico.

Es un metaloide (presenta propiedades intermedias entre los metales y no metales) que aparece de manera natural y ubicua en el medio ambiente. Lo podemos encontrar de diferentes formas (compuestos inorgánicos y orgánicos), tanto en estado sólido como líquido (Sanz, 2001). El contenido medio de la corteza terrestre es de 2,5 mg kg<sup>-1</sup>, aunque en algunas zonas geográficas su concentración puede ser más alta. Aparece normalmente combinado con más de 150 elementos diferentes (cobre, plomo, azufre, níquel, hierro, cobalto, zinc, etc). Los compuestos de arsénico inorgánico son más tóxicos que los compuestos orgánicos. Aparecen sobre todo en aguas (su principal vía de transporte en el ambiente), donde se encuentran principalmente en sus dos estados de oxidación: As (III) y As (V), en forma de pentóxido de arsénico (As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) o trióxido de arsénico (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). (WHO, 2003).

La exposición al arsénico inorgánico por la ingesta es pequeña, salvo en regiones donde el arsénico inorgánico produce contaminación de aguas de bebida, pudiendo originar envenenamientos crónicos (Sanz, 2001). El contenido de arsénico es muy variable, aunque las mayores concentraciones se han encontrado en aguas subterráneas. En muchas partes del mundo hay numerosas áreas con aguas subterráneas que tienen contenidos de arsénico mayores de 50 µg/l, superando las directrices de 10 µg/l para el agua de bebida. (WHO, 2003).

En la universidad Salesiana de Quito se realizó un estudio de las aguas del sector de estudio

**Tabla 4**

Informe del Análisis de Arsénico

<b>Informe de resultados</b>	<b>Unidad</b>	<b><u>T<sub>o</sub></u></b>	<b>Método de valoración</b>
<b>Parámetros</b>		<b>LSA 18-798</b>	
<b>Arsénico</b>	µg/l	9,95	SM, 3114 B
<b>Arsénico</b>	mg/l	0,0099	SM, 3114 B

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** (Imbago & Oña, 2019).

**Tabla 5**

Estudio Realizado Sobre el Análisis de la Concentración Final de As con Tukey al 5% y Porcentaje de Remoción de cada Tratamiento

Concentración inicial de As (mg/l). Base Límite permisible de As (mg/l)	Tratamiento	Concentración Final As (mg/l)	Rango	Remoción (%)	P valor	C.V.	Significancia
0,70	T1	0,22	A	68,55	0,165	5,69	*
	T2	0,35	A B	43,36			
	T4	0,36	A B	48,04			
	T3	0,58	A	1,12			
	T0	0,70		0.0			

Obtenido de; (Imbago & Oña, 2019).

#### 7.9.12. Aluminio.

Tiene un peso atómico 13, pertenece al grupo IIIA del sistema periódico, tiene poca resistencia mecánica. El aluminio es demasiado reactivo para ser encontrado en forma libre, se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio de silicato es decir que constituye el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre y conforma cerca del 8% de su peso. En condiciones ligeramente acidas o neutra ( $\text{pH} > 6$ ), el aluminio se libera a partir de formas insolubles, con lo cual se incrementa su disponibilidad de causar toxicidad a los seres vivos (Johnson et al., 1997; Bulanova et al., 2004). La concentración de aluminio se incrementa a medida que se profundiza en el perfil de suelo (Wilcke et al., 2000).

La solubilidad y disponibilidad del aluminio, en las fases sólida y líquida del suelo, están controladas principalmente por la composición química del material parental del suelo, por la presencia de minerales ricos en el elemento, por las propiedades fisicoquímicas del tipo de compuesto de aluminio que se formen como resultante del proceso de hidrólisis, por el pH del suelo y por la presencia de M.O. en el suelo (Casierra & Medina, 2007).

**Tabla 6**

Progresión de la Solubilidad del “Al” Según el pH

<b>Metal Pesado</b>	<b>Reacción Química</b>	<b>pH Suelo</b>	<b>Solubilidad “Al”</b>
$\text{Al}^{+3} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}(\text{OH})^{+2} + \text{H}^+$	4.0 – 4.5	
$\text{Al}(\text{OH})^{+2} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}(\text{OH})_2^{+1} + \text{H}^+$	4.5 – 5.5	Aumenta
$\text{Al}(\text{OH})_2^{+1} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}^+$	5.5 – 7.5	Baja o Ninguna
$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+$	7.5 – 9.0	
$\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}(\text{OH})_5^- + \text{H}^+$	9.0 – 9.5	Aumenta
$\text{Al}(\text{OH})_5^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}(\text{OH})_6^- + \text{H}^+$	9.5 – 10.0	

**Nota;** De la tabla 6 puede concluirse que la solubilidad del Aluminio es bastante baja dentro del rango de pH entre 5,5 a 7,5 donde es precipitado y permanece respectivamente insoluble como  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Por debajo de pH 5.5 y sobre pH 7.5, las concentraciones de aluminio aumentan rápidamente. Tomado de Adaptación de plantas a toxicidad de aluminio y manganeso en suelos ácidos por Jose G. Salinas.

### 7.9.13. El Hierro.

Es el cuarto elemento más abundante de la corteza terrestre (5%) es un metal maleable, tena de color gris plateado y magnético. En el suelo puede encontrarse en forma ferrosa (de fácil asimilación para las plantas) o en forma férrica (poco soluble), los factores más incidentes para la disponibilidad de Fe son; el elevado pH del suelo y la presencia de bicarbonato, que es sostenida por la caliza activa del suelo. Las condiciones mencionadas provocan la baja movilidad y la poca solubilización de los hidroxilos de Fe en los suelos, generalmente insolubles (Mata, 2015).

Los óxidos de Fe son los óxidos metálicos más abundantes del suelo (Schwertmann y Taylor, 1989). Los óxidos y los oxihidróxidos de hierro influyen en las propiedades de los suelos

altamente meteorizados. Estos minerales se presentan en cristales muy pequeños y se pueden agregar, dispersar a través del suelo o revestir a otros minerales. Los óxidos de hierro se emplean como indicadores de la pedogénesis (Schwertmann, 1985), además, se usan para determinar sus propiedades inherentes como son hábito de cristalización, cristalinidad y sustitución isomórfica (Heck y Mermut, 1999), propiedades que pueden indicar las condiciones de medio ambiente en las cuales se formaron, por ejemplo, el área de sustitución de aluminio puede reflejar la actividad de este elemento en la solución del suelo (Prasetyo y Gilkes, 1994).

#### **7.9.14. El Manganeso.**

Es un elemento metálico dentro de los de transición del sistema periódico y como cualquiera de ellos tiene unas propiedades específicas. El Manganeso es un compuesto muy común que puede ser encontrado en todas partes, de forma natural se halla en forma de sólidos en el suelo y pequeñas partículas en el agua. Los efectos del manganeso se manifiestan sobre el medio natural, la flora y la fauna y el hombre, este se oxida con facilidad en el aire para formar una capa castaña de óxido. El manganeso es un metal bastante reactivo. Aunque el metal sólido reacciona lentamente, el polvo metálico reacciona con facilidad y en algunos casos, muy vigorosamente. Cuando se calienta en presencia de aire u oxígeno, el manganeso en polvo forma un óxido rojo,  $Mn_3O_4$ . Con agua a temperatura ambiente se forman hidrógeno e hidróxido de manganeso (II),  $Mn(OH)_2$ . En el caso de ácidos, y a causa de que el manganeso es un metal reactivo, se libera hidrógeno y se forma una sal de manganeso (II). El manganeso reacciona a temperaturas elevadas con halógenos, azufre, nitrógeno, carbono, silicio, fósforo y boro (*Manganeso (Mn) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente*, 2000).

#### **7.9.15. El Cobre (Cu).**

El Cobre (Cu) es un micronutriente esencial para las plantas, ya que es requerido para completar su ciclo de vida, incluyendo la producción de semillas viables. Este elemento en el suelo se presenta principalmente como calcopirita, en combinaciones orgánicas y como catión intercambiable en los coloides del suelo. El Cu en el suelo no siempre se encuentra totalmente disponible para ser absorbido por las plantas (SOBITEC PERÚ, 2017).

### ***7.10. La Interacción del Arsénico, el Hierro y el Manganeso en el Suelo***

En ambientes aeróbicos, los arseniatos son las especies estables y se encuentran fuertemente adsorbidos sobre arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, y materia orgánica. En suelos ricos en hierro, puede precipitar como arseniato de hierro. En condiciones reductoras,

los Arsenitos predominan. Los compuestos de As presentes en el suelo dependen directamente del tipo y concentración de los componentes adsorbentes, de manera que los arseniatos de Fe y Al son compuestos que predominan en los suelos ácidos, y son menos solubles que los arseniatos de Ca, mayormente presentes en los suelos alcalinos y calcáreos. (Mandal & Suzuki, 2002). Las especies orgánicas de arsénico también se pueden encontrar en suelos, aunque su concentración suele suponer menos del 5% del arsénico total. Estas especies pueden proceder de procesos de biometilación de las especies orgánicas, llevados a cabo por los microorganismos presentes en el suelo, constituyendo lo que podría ser un mecanismo importante de movilización de arsénico (García, 2013).

### ***7.11. Interacción del Agua y el Arsénico***

La concentración de arsénico en las aguas naturales está controlada por procesos de interacción sólido-solución. Existen dos categorías fundamentales de procesos geoquímicos de interacción agua-suelo, que controlarán la movilización de arsénico en el agua: Reacciones de adsorción-desorción y Reacciones de precipitación-disolución de la fase sólida (Lillo, 2003).

### ***7.12. Los Micronutrientes del Suelo***

Los micronutrientes del suelo forman parte de los nutrientes esenciales, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas como parte de diversos sistemas enzimáticos de las plantas. Aquellos esenciales para las plantas son boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn), Magnesio (Mg) (Cerveñasky et al., 2020). Especialmente en la Reserva Ecológica Illinizas los elementos con mayor concentración son el Ca, Mg y Cu (INIAP, 2021).

#### **7.12.1. El Calcio.**

El contenido medio de calcio en la corteza terrestre es 3,64%, el quinto elemento más abundante. El contenido en calcio de los diferentes tipos de suelo varía ampliamente dependiendo principalmente de los materiales de origen y del grado en que la meteorización y la lixiviación han influenciado el proceso de edificación. La meteorización de los minerales primarios ricos en calcio depende fundamentalmente de la presencia de hidrogeniones y agentes quelantes, que liberan el calcio de la estructura de los minerales, causando la disolución de los mismos. Igualmente, los protones son capaces de desplazar al calcio de sus posiciones en los coloides del suelo, favoreciendo su lixiviación bajo condiciones de clima húmedo (Makeyev y Berkgaut, 1989).



### 7.12.2. El Magnesio.

El magnesio (Mg) es un constituyente común de muchos minerales, llegando a comprender el 2% de la corteza terrestre. El Mg está presente de forma divalente ( $Mg^{2+}$ ) en la naturaleza. El Mg se localiza dentro de los minerales arcillosos de los suelos o está asociado con el intercambio de cationes en la superficie de las arcillas. El Mg no intercambiable puede provenir de la capa de octaedros de las arcillas, así como del material ubicado entre estas capas (Mikkelsen, 2010).

**Figura 3**

Composición del Suelo



**Nota;** El esquema presentado es para suelos de uso agrícola, pero se debe considerar que el suelo de la Reserva Ecológica Illinizas tiene alto contenido de minerales y residuos de las plantas del lugar. Tomado de la revista de informaciones agronómicas, por Robeert Mikkelsen 2010.

### 7.13. Interacción del Aluminio con los Micronutrientes

El aluminio soluble ( $Al^{3+}$ ) es el factor más limitante para el crecimiento y la producción de los cultivos en suelos ácidos (Tang et al., 2002; Álvarez et al., 2005; Liao et al., 2006; Cristancho et al., 2010); conlleva a la disminución de la solubilidad del fósforo y del molibdeno, y al descenso de la concentración de macronutrientes en la solución del suelo (Rout et al., 2001).

Un pH bajo de los suelos restringe el crecimiento de las plantas debido a una mezcla de factores incluyendo la poca disponibilidad de los principales nutrientes, especialmente el Ca, Mg (Kochian et al., 2004), y/o la toxicidad de manganeso o aluminio. Sin embargo, es este último factor, en su forma  $Al^{3+}$  el que más limita la producción agrícola (Tang et al., 2002; Álvarez et al., 2005; Liao et al., 2006; Cristancho et al., 2010).

#### **7.14. La Mecánica de Suelos**

Es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica (Terzaghi, 1950).

##### **7.14.1. Estado Líquido.**

Condición del suelo en la que este se deforma por la sola acción de la gravedad, o bajo la acción de tensiones de cortante muy bajas, de manera que su comportamiento corresponde al de un fluido viscoso, y su resistencia al cortante es inferior a 2 kPa ( $2 \times 10^{-2}$  kg/cm<sup>2</sup>). (ICONTEC, 2012).

##### **7.14.2. Estado Plástico.**

Condición del suelo en la que este responde a los esfuerzos cortantes con deformaciones no recuperables; corresponde a una resistencia al cortante en el intervalo 2 kPa - 170 kPa. (ICONTEC, 2012).

##### **7.14.3. Método Propuesto por el Dr. Casa Grande.**

El Dr. Casagrande propone determinar los límites del Dr. Atterberg empleando una base de metal adecuado para el rebote de la cazuela hecha de bronce esta tiene un peso de alrededor de 2.2 kg, el ranurador o acanalador, mango de calibre de 1 cm. de preferencia tipo media luna, espátulas y recipientes de aluminio, cerámica para tratar los suelos en cada límite propuesto. Además un laboratorio adecuado con los equipos y herramientas necesarias, muestras tamizadas y listas, de preferencia mercurio para la medición del volumen de los recipientes a emplearse para ciertos parámetros y agua destilada (Guevara, 2015; Atterberg, 1911; Casagrande, 1932).

#### **7.15. Límites del Dr. Atterberg**

Pueden definirse como los límites de los contenidos de humedad que caracterizan los cuatro estados de consistencia de un suelo de grano fino: estado sólido, estado semisólido, estado

plástico y estado semilíquido o viscoso. El contenido de agua, en porcentaje en el que la transición de estado sólido a semisólido tiene lugar, se define como límite de contracción. El contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a plástico es el límite plástico, y de estado plástico a líquido, es el límite líquido. (Braja, 1985; Atterberg, 1911).

#### **7.15.1. Límite Plástico.**

Contenido de agua en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo. (Das, 1985).

#### **7.15.2. Índice de Plasticidad.**

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo. (Das, 1985).

#### **7.15.3. Límite de Contracción o Líquido.**

Contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida de agua. (Das, 1999).

#### **7.15.4. Textura.**

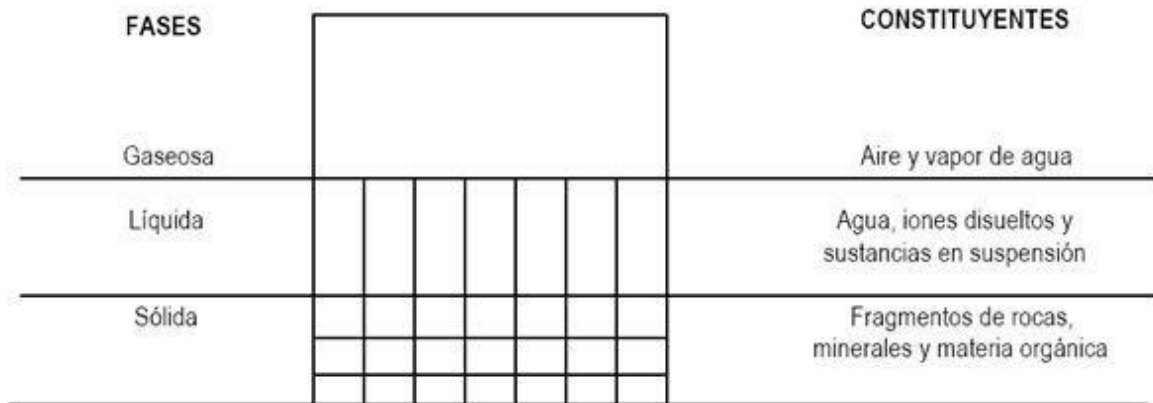
La textura es la distribución de las partículas del suelo, expresada en porcentaje. Estas partículas son: la arena (2 - 0.02 mm), el limo (0.02 - 0.002 mm) y la arcilla (0.002). Esta característica influye sobre la velocidad de infiltración del agua, la facilidad de preparación o laboreo del suelo, el drenaje, etc. La textura del suelo viene dada por el porcentaje existente en el mismo de cada uno de los fragmentos rocosos y minerales (Ing. Agr. Rucks et al., 2004).

### ***7.16. El Suelo como Recurso Natural***

En la **figura 4** se puede observar que la fase sólida es la predominante en el suelo, ocupando entre el 50-60% del volumen total, mientras que las fases líquida y gaseosa se sitúan entre el 25-30% y el 15-20%, respectivamente.

**Figura 4**

Esquema de las Fases del Suelo y de los Principales Constituyentes

**Obtenido de:** (Moreno et al., 2000).**7.17. Estadística**

Es la ciencia que utiliza conjuntos de datos numéricos para obtener, a partir de ellos, inferencias basadas en el cálculo de probabilidades. Es una herramienta que sirve como aplicación en la ciencia, esta ayuda por el aporte de métodos para sintetizar, representar y establecer conclusiones sobre el comportamiento de datos, ayudando a los profesionales a comprender la información que se genera en la investigación teórica o aplicada, toda vez que se genera cuantiosa información cuantitativa (Salazar & Del Castillo, 2018; Newbold et al., 2008).

**7.17.1. Estadística Descriptiva.**

Es la parte de la estadística que permite analizar todo un conjunto de datos, de los cuales se extraen conclusiones valederas, únicamente para ese conjunto. Para realizar este análisis se procede a la recolección y representación de la información obtenida (Salazar & Del Castillo, 2018). En este caso se aplicará a los resultados obtenidos de los análisis de los suelos para el pH, Arsénico, Manganeseo, Aluminio, Hierro total y los límites de Atterberg realizados en el laboratorio (Levin et al., 2010).

**7.17.2. Datos Estadísticos.**

Existen muchos gráficos estadísticos, en este caso se ha de usar acorde a la variable que se esté estudiando. Los principales gráficos estadísticos los podemos resumir en: “Diagramas de barras o columnas; Diagramas lineales; Diagramas de dispersión; Histogramas; Polígonos de frecuencia; Ojivas (Salazar & Del Castillo, 2018).

### **7.17.3. Histogramas.**

En esencia es un gráfico compuesto por una sucesión de rectángulos adyacentes, cada uno de los cuales representa a una categoría, con la condición de que el área de cada uno de ellos es igual o variables, en el caso estudiado será para comparar el pH y la solubilidad del Al en los suelos. La variable de estudio está situada en el eje horizontal y la frecuencia de clase (absoluta, relativa o porcentual) se ubica en el eje vertical. Cuando los intervalos de clase son similares para todas las categorías, la altura de cada rectángulo es igual a la frecuencia de clase (Salazar & Del Castillo, 2018).

#### ***7.17.3.1. Polígonos de Frecuencia.***

Es un diagrama que representa las variables cuantitativas continuas. Es en un diagrama de segmentos rectos relacionados en los puntos generados al situar en el plano en cada marca de clase con su correspondiente frecuencia ( $x$ ,  $f$ ). La variable de estudio se sitúa en el eje horizontal (representada por las marcas de clase) y la frecuencia de clase; absoluta relativa o porcentual en el eje vertical. El gráfico culmina con el cierre del polígono en el eje horizontal, para el resultado se crean marcas de clase inmediatas anterior a la primera y posterior a la última, con frecuencias cero y con ancho de intervalo igual a las categorías que anteceden o suceden. La principal característica de los polígonos de frecuencia es que el área que se encuentra bajo ellos y el eje horizontal es igual o proporcional al total de observaciones del estudio (Salazar & Del Castillo, 2018).

#### ***7.17.3.2. Ojivas o Polígonos de Frecuencias Acumulada.***

Es un diagrama representativo de estudios estadísticos con variable cuantitativa continua; constituye un gráfico de tipo lineal que forma una línea poligonal abierta. Está representado por los segmentos rectos que se unen secuencialmente en los puntos que se generan al relacionar los límites inferior o superior de cada categoría con las respectivas frecuencias acumuladas “menor que” o “mayor que” (Salazar & Del Castillo, 2018; Anderson et al., 2008).

### **7.17.4. Análisis y Descripción de los Datos.**

Una vez resumida la información proporcionada por un estudio estadístico a través de tablas estadísticas o distribuciones de frecuencias y gráficos estadísticos acordes a la naturaleza del estudio. Se procede a describir a un conjunto de datos categorizados o no, mediante el cálculo de medidas, tales como promedios o medidas de centralización que nos brindan información sobre el valor o valores que se ubican generalmente en el centro de los datos ordenados; medidas de variabilidad o dispersión, que proporcionan información referente a cuán disperso

se hallan los datos frente a una medida de tendencia central, esto nos faculta a determinar si las medidas anteriores son o no representativas del estudio y medidas de forma que contribuirán a informarnos sobre cómo los datos se encuentran frente a estudios referentes tales como la distribución normal (Salazar & Del Castillo, 2018; Mason et al., 2013).

#### 7.17.5. Diagrama de Cajas.

Es un gráfico utilizado para representar una variable cuantitativa. El gráfico es una herramienta que permite visualizar a través de los cuartiles, como es la distribución, su grado asimétrico, los valores extremos, la posición de la mediana, etc. Se compone de:

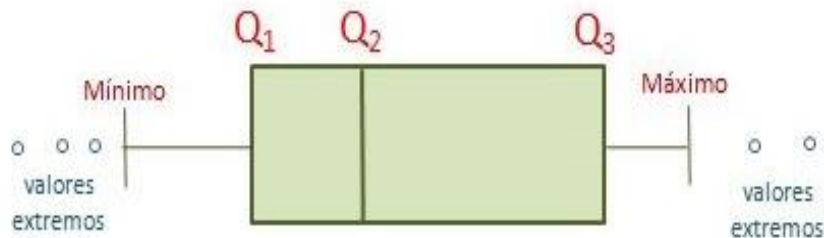
Un rectángulo (caja) delimitado por el primer y tercer cuartil ( $Q_1$  y  $Q_3$ ). Dentro de la caja una línea indica dónde se encuentra la mediana (segundo cuartil  $Q_2$ ).

Dos brazos, uno que empieza en el primer cuartil y acaba en el mínimo, y otro que empieza en el tercer cuartil y acaba en el máximo.

Los datos atípicos (o valores extremos) que son los valores distintos que no cumplen ciertos requisitos de heterogeneidad de los datos (Requena, 2014).

**Figura 5**

Diagrama de Caja



**Nota;** Este diagrama es muy útil para comparar una variable en diferentes grupos. Obtenido del universo de las fórmulas, elaborado por Bernat Requena Serra 2014.

### 7.18. Marco Legal

#### 7.18.1. Reglamento Ecuatoriano 097-A.

La Norma de calidad ambiental pertinentes al recurso suelo y a los parámetros de remediación para suelos contaminados – TULSMA Libro VI (Anexo 2) vigente a nivel nacional tiene como objetivo fundamental “la preservación de la salud de los seres humanos y vigilar la integra calidad ambiental del recurso suelo, a fin de conservar las adecuadas funciones naturales de

los ecosistemas, frente a las actividades industriales con potencial uso de los recursos para modificar la integridad de la naturaleza, (Ministerio del Ambiente, 2015).

La presente norma se ha emitido para la prevención y control de la contaminación del suelo y tiene aplicación para los siguientes usos del suelo: agrícola, pecuario, forestal, urbano, minero, recreativo, **de conservación**, industrial y comercial. El segundo objetivo de este es definir criterios de calidad de un suelo.

**Tabla 7**

Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Criterio de calidad</b>
<b>Arsénico</b>	As	mg/l	0,1

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Reglamento Ecuatoriano 097-A

### **Artículo 3 Definiciones.**

**1 Las Actividades Potencialmente Contaminantes del Suelo.** Son Aquellas actividades de origen antrópico que, ya sea por el manejo de sustancias peligrosas o la generación de residuos, podrían contaminar al suelo;

**2 Adsorción.** Se entiende por adsorción la fijación de una especie molecular o iónica (adsorbato) sobre la superficie de una sustancia sólida (adsorbente). Es un fenómeno de superficie complejo, en el que se produce fuerzas de interacción molecular físico-químicas, entre el adsorbato y el adsorbente.

**3 Área Natural Protegida.** Superficie definida geográficamente que haya sido designada por la ley u otra norma jurídica dictada por los órganos competentes de la Función Ejecutiva, cualquiera sea su categoría de manejo, a fin de cumplir los objetivos de conservación definidos por la ley o norma.

**4 Calidad Ambiental del Suelo.** Conjunto de características cualitativas y/o cuantitativas que le permiten al suelo funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa, y que posibilita su utilización para un propósito específico en una escala amplia de tiempo.

**5 Caracterización del Suelo.** Determinación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, que definen su calidad ambiental.

**6 Caracterización en Base Seca.** Es el ensayo realizado directamente sobre la matriz sólida de un suelo o residuo con el fin de determinar su composición química.

**7 Caracterización Vía Lixiviado.** Es el ensayo químico en el cual se obtiene un líquido representativo de un residuo sólido a través de un ensayo de lixiviación.

**8 Conservación del Suelo.** El uso y el manejo óptimo del suelo como recurso para conllevar el conjunto de características que le posibiliten funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte.

**9 Contaminante del Suelo.** Sustancia que, en cualquier estado físico o formas, que al incorporarse o interactuar en el suelo, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad ambiental.

**10 Daño Ambiental.** Es el impacto negativo en las condiciones ambientales dentro de un determinado espacio, provocado por el desarrollo de proyectos, que llevan a un desequilibrio en las funciones de los ecosistemas y alteran la provisión de servicios de estos y su aporte a la sociedad.

**11 Degradación.** Pérdida de calidad ambiental del suelo debida a contaminación por sustancias nocivas, deterioro de la estructura física, modificación de la composición química, alteración de procesos biológicos o uso inapropiado del recurso.

**12 Ecosistema.** Conjunto natural de componentes físicos y biológicos de un entorno, interrelacionados e interdependientes.

**13 Escorrentía.** Caudal superficial de aguas, procedentes de precipitaciones por lo general que corren sobre o cerca de la superficie en un corto periodo de tiempo.

**14 Límites Máximos Permisibles.** Valores límites de contaminación de suelos determinados para cada parámetro.

**15 Lixiviado.** Líquido que percola a través de los residuos, formado por el agua proveniente de precipitaciones pluviales o escorrentías. El lixiviado puede provenir además de la humedad de los residuos, por reacción o descomposición de los mismos y que arrastra residuos sólidos disueltos o en suspensión y contaminantes que se encuentran en los mismos residuos.

**16 Muestra.** Son pequeñas porciones particulares de un suelo para identificar su calidad de carácter ambiental, tomadas en base al acuerdo de muestreo preestablecido.

**17 Muestra Compuesta.** Conjunto de varias submuestras representativas de un área de suelo.

**18 Muestreo sistemático.** También llamado muestreo regular, se basa en un patrón geométrico específico donde las muestras son tomadas a intervalos regulares a lo largo de ese patrón. Útil para cubrir en forma fácil y uniforme un sitio.



**19 Salinización.** Proceso de acumulación de sales solubles en el suelo.

**20 Submuestra.** Alícuota de suelo con características homogéneas que conformarán una muestra compuesta.

**21 Sorción.** Concentración o movimiento de los contaminantes de una fase a otra.

#### **Artículo 4. Criterios de Calidad de Suelo y Criterios de Remediación**

**1 Caracterización Inicial del Suelo.** - La calidad inicial del suelo presentado por el proponente, como parte del Estudio de Impacto Ambiental, constituirá el valor referencial respecto al cual se evaluará una posible contaminación del suelo, en función de los parámetros señalados en la tabla 1 “Tabla 8 según el trabajo realizado. En caso de evidenciar valores superiores a los establecidos en la Tabla 8, de origen natural, estos se considerarán como línea base inicial antes de la implementación del proyecto.

**Tabla 8**

Criterios de Calidad del Suelo

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
<b>Parámetros Generales</b>		
<b>pH</b>		6 a 8
<b>Arsénico</b>	mg/kg	12
<b>Cobre</b>	mg/kg	25

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Reglamento Ecuatoriano 097-A

**2 Criterios de Calidad del Suelo.** - Los criterios de calidad del suelo son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas. Los criterios de calidad del suelo constan en la Tabla 8.

#### **Artículo 4 Muestreo y Análisis de Suelos.**

**1 De la Toma de Muestras para Caracterización de Suelos.** Se tomará una muestra compuesta por cada 100 hectáreas, formada por 15 a 20 submuestras georreferenciadas, cada una con un peso no inferior a 0.5 kg tomadas a una profundidad entre 0 a 30 cm. Las

submuestras serán mezcladas y homogeneizadas para obtener una muestra compuesta representativa del suelo, de la cual se tomará un peso de entre 0.5 y 1.0 kg, que servirá para realizar los análisis requeridos. Para los proyectos, obras o actividades menores a 100 hectáreas, se tomará una muestra compuesta bajo las condiciones detalladas en el párrafo que antecede. Para ejecutar el muestreo, se trazará una cuadrícula sobre el área del proyecto, y dentro de ella se tomarán las submuestras de forma aleatoria hasta completar el número señalado.

#### **Artículo 4.6 De los Métodos Analíticos**

1. Los análisis físicos, químicos y microbiológicos requeridos, deben ser realizados por laboratorios acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano o el que lo reemplace, y siguiendo las metodologías estipuladas y validadas para cada caso. Los parámetros requeridos por la presente norma serán determinados en base seca de muestras de suelo.

##### **7.18.2. Normativa del Ministerio del Ambiente de Perú:**

**1 Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (Perú. Ministerio del Ambiente, 2014).

**2 Georreferenciación:** Es el procedimiento técnico-científico por el cual se define la localización espacial de un objeto, en un sistema de coordenadas y datum determinado (Perú. Ministerio del Ambiente, 2014).

**3 GPS:** Sistema de posicionamiento Global o, NAVSTAR GPS (NAVigation System and Ranging – Global Positioning System, sistema de navegación y determinación de alcance, y sistema de posicionamiento mundial’) es el sistema que permite determinar la posición geográfica en cualquier parte del mundo de un objeto, persona o nave y funciona mediante una red de satélites en órbita sobre el planeta (Perú. Ministerio del Ambiente, 2014).

**5 Calidad de Suelos.** Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una

capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas (Perú. Ministerio del Ambiente, 2014).

**6 Riesgos de suelos contaminados.** Es la probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, además en base a un estudio o investigación realizada se puede cuantificar con cifras casi exactas la probabilidad de contraer enfermedades a lo largo de la vida del individuo por la exposición a un compuesto en este caso los metales pesados, de igual manera en los organismos que constituyen los ecosistemas. La calidad de los suelos y del agua se ven afectados, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en el futuro (Perú. Ministerio del Ambiente, 2014; Guía para determinar los riesgos a la salud por suelos potencialmente contaminados, 2017).

### **7.18.3. Normas Para la Caracterización Mecánica de los Suelos.**

**NORMA ASMD 2487. 00.** Práctica Estándar para Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

#### **1. Alcance**

1.1 Esta práctica describe un sistema para clasificación mineral y orgánica-mineral de suelos para propósitos de ingeniería basados en determinación de laboratorio de características como tamaño de las partículas, límite líquido e índice plástico y será usado cuando se requiera una clasificación precisa.

Nota 1 – El uso de este estándar resultara en una clasificación simple, símbolo de grupo y nombre de grupo excepto cuando un suelo contiene de 5 a 12 % de finos o cuando el ploteo de los valores de límite líquido e índice plástico caen dentro del área rayada de la carta de plasticidad. En estos dos casos, un doble símbolo es usado, por ejemplo GP-GM, CL-CM. Cuando los resultados de los ensayos de laboratorio indican que el suelo es cerrado a otro grupo de clasificación, la condición de frontera puede ser indicada con dos símbolos separados por una plica. El primer símbolo será uno basado en este estándar, por ejemplo, CL/CH, GM/SM, SC/CL. Los símbolos de frontera son particularmente usados cuando el valor del límite líquido de suelos arcillosos es cerrado a 50. estos suelos pueden tener características expansivas y el uso de un símbolo de frontera (CL/CH, CH/CL) alertará al usuario de las clasificaciones asignadas, del potencial expansivo.

1.2 La porción del símbolo de grupo de este sistema está basado en ensayos de laboratorio efectuados en la porción de una muestra de suelo que pasa la malla de 3 pulg. (75 mm)

1.3 Como un sistema de clasificación, este estándar está limitada a suelos naturales.

1.4 Este estándar es para aplicación cualitativa solamente.

**NORMA D 2216. Método** de Ensayo para Determinación en el Laboratorio del Contenido de Humedad de Suelos y Rocas.

## **1 Terminología**

**Definiciones** –Excepto como se lista abajo, todas las definiciones están de acuerdo con la Terminología D 653.

**1.1 Arcillas** – es el suelo que pasa por la malla U.S. estándar # 200 (75  $\mu$ m) diseñada para exhibir plasticidad (propiedades similares a la masilla) en el rango de contenido de agua y que muestra potencial resistencia el momento de sacado al aire. Para clasificación, una arcilla es un suelo de grano fino, o la porción de grano fino de un suelo, con un índice de plasticidad igual o mayor que 4, y el ploteo de índice plástico versus límite líquido cae en o arriba de la línea “A”

**1.2 Gravass** – Son las partículas de roca que pasan la malla de 3 pulg. (75 mm) y son retenidas en una malla U.S. estándar # 4 (4.75 mm) con las siguientes divisiones: Gruesa – pasando la malla 3 pulg. (75 mm) y retenida en la malla de  $\frac{3}{4}$  pulg. (19 mm), fina pasa la malla de  $\frac{3}{4}$  pulg. (19 mm) y es retenida en la malla # 4 (4.75 mm).

**1.3 Arcilla orgánica** – La unidad de arcilla es aquella con suficiente contenido orgánico como para influenciar las propiedades del suelo para su clasificación, el suelo deberá ser clasificado como una arcilla excepto cuando, su valor de limite liquido después de secado al horno sea menor de 75 % del valor de limite liquido anterior al secado del horno.

**1.4 Limo orgánico** – El limo debe tener el suficiente contenido orgánico como para influenciar las propiedades del suelo consiguiente puede decirse que el suelo es un limo, excepto cuando su valor de límite líquido después de secado al horno sea menor de 75 % de su valor de límite líquido antes de secarlo al horno.

**1.5 Turba** – un suelo compuesto de corteza vegetal en varias etapas de descomposición, usualmente con olor orgánico, un color café oscuro a negro, una consistencia esponjosa y una textura en el rango de fibroso a amorfo.

**1.6 Arena** – Son las partículas de roca que pasan una malla # 4 (4.75 mm) y es retenida en una malla U.S. estándar # 200 (75  $\mu$ m) con las siguientes subdivisiones: Gruesa la que pasa la malla # 4 (4.75 mm) y es retenida en la malla # 10 (2.0 mm). Media la que pasa a través de la

malla # 10 (2.0 mm) y es retenida en la malla # 40 (425  $\mu\text{m}$ ) Fina, la que pasa la malla # 40 (425  $\mu\text{m}$ ) y es retenida en la malla # 200 (75  $\mu\text{m}$ )

**1.7 Limo** – Es el suelo que pasa la malla U.S. estándar # 200 (75  $\mu\text{m}$ ) que no es plástica o ligeramente plástica y que exhibe poca o ninguna resistencia después del secado al aire.

Para clasificación, un limo es un suelo de grano fino o la porción de grano fino de un suelo, con un índice de plasticidad menor que 4 o si el ploteo de índice de plasticidad versus límite líquido cae debajo de la línea “A”.

**7.18.3.1. Artículo 1; Definición de Términos Específicos de este Estándar:**

**1 Coeficiente de curvatura, Cc** – la relación  $(D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ , donde D60, D30, y D10 son los tamaños de partículas correspondientes a 60, 30 y 10 % de finos en la curva de distribución de tamaños de partículas acumulada, respectivamente.

**2 Coeficiente de uniformidad, Cu** – la relación  $D_{60}/D_{10}$ , donde D60 y D10 son los diámetros de las partículas correspondientes a 60 y 10 % de finos en la curva de distribución de tamaños de partículas acumulada, respectivamente.

**3 Resumen.**

3.1 Como se ilustra en la Tabla 9, este sistema de clasificación identifica tres divisiones mayores de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos. Estas tres divisiones se subdividen en un total de 15 grupos de suelos básicos.

3.2 Basado en resultados de observación visual y ensayos de laboratorio prescritos, un suelo es catalogado de acuerdo al grupo de suelo básico, asignando un símbolo(s) de grupo, nombre y clasificado. Las cartas de flujo, **Tabla 9** para suelos de grano fino, pueden ser usadas para asignar el símbolo(s) y nombre de grupo apropiado.

**Tabla 9**

Carta de Clasificación de Suelos

Criterios para asignar símbolos de grupo y nombres de grupo usando Ensayos de Laboratorio				Clasificación de Suelo	
				Símbolo grupo	Nombre grupo
Suelos de grano grueso	Gravas	Gravas limpias	$1 \leq C_c \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$\geq 4$		

<b>Más del 50% retenido en Malla No. 200</b>	Más 50% fracción gruesa retenido en Malla	Menos del 5% de finos	Cu < 41> Cc > 3	<b>GP</b>	Grava mal graduada
	No. 4	Gravas con finos	Finos clasific. como ML o MH	<b>GM</b>	Grava limosa
		Más del 12% de finos	Finos clasific. Como CL o CH	<b>GC</b>	Grava arcillosa
	Arenas	Arenas limpias Cu $\geq 6$	$1 \leq Cc \leq 3$	<b>SW</b>	Arena bien graduada
	50% o más de gruesos	Menos del 5% de finos	Cu < 61 < CC < 3	<b>SP</b>	Arena mal graduada
	Fracción pasa la malla No. 4	Arenas con finos	Finos clasific. como ML o MH	<b>SM</b>	Arena limosa
		Más del 12% de finos	Finos clasific. Como CL o CH	<b>SC</b>	Arena arcillosa
<b>Suelos de grano fino</b>	Limos y arcillas	Inorgánicos IP > 7	en o sobre línea "A"	<b>CL</b>	Arcilla lean
	Límite líquido menor de 50		IP < 4 o ploteo bajo línea "A"	<b>ML</b>	Limo arenoso

<b>50% o más pasa Malla No. 200 Orgánico LL secado al horno</b>			horno < 0.75	<b>OL</b>	Arcilla orgánica
		LL	No secado Limo Orgánico		
	Limos y arcillas Inorgánicos	IP ploteado en o sobre línea A		<b>CH</b>	Arcilla fa
	LL 50 o más	IP ploteado	bajo línea "A"	<b>MH</b>	Limo elástico
		Orgánico	LL secado al horno < 0.75	<b>OH</b>	Arcilla orgánica
		LL	no secado Limo orgánico		
<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Matriz primaria	Orgánica, color Negro, olor orgánico		<b>PT</b>	Turba

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Reglamento *ASTM D 2216*

$Cu = D60 / D10$      $Cc = (D30)^2 / D10 \times D60$  Si el suelo contiene 15% de arena, adicione "con arena" al nombre del grupo. Si el suelo contiene 15% de grava, se adiciona "con grava" al nombre del grupo. Arenas y gravas con 5 a 12 % de finos requerirán doble símbolo. Si los finos son orgánicos se adiciona "con finos orgánicos" al nombre del grupo. Si el suelo contiene 15 a 29 % pasando # 200, se adiciona "con arena" o "con grava" Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  pasando # 200 predominantemente arenoso o gravoso.

3.3 Basado en los resultados de la observación y ensayos de laboratorio, un suelo es catalogado de acuerdo a los grupos de suelo básico, asignando un símbolo (s) y nombre de grupo, y por medio de eso clasificado. Las siguientes cartas, tabla 9 para suelos de grano fino, para suelos de grano grueso, pueden ser usadas para asignar el símbolo(s) y nombre de grupo apropiado.

#### 4 Significado y Uso

4.1 Este estándar clasifica los suelos de algún lugar geográfico dentro de categorías que representan el resultado de ensayos de laboratorio prescritos para determinar las características de tamaño de las partículas, el límite líquido y el índice plástico.

4.2 La asignación del nombre de un grupo y símbolo(s) con la información descriptiva requerida en la Práctica D 2488 puede ser usada para describir un suelo para ayudar en la evaluación de sus propiedades significativas para uso en ingeniería.

4.3 Varios grupos de este sistema de clasificación han sido divisados para correlación en una ruta general con el comportamiento de ingeniería de suelos. Este estándar proporciona un primer paso en cualquier investigación de campo o de laboratorio para propósitos de ingeniería geotécnica.

4.4 Este estándar también puede ser usado como una ayuda en el adiestramiento de personal en el uso de la Práctica D 2488.

4.5 Este estándar puede ser usado en combinación de la practica D 4083 cuando se trabaje con suelos congelados.

**Nota;** Sin resistir las declaraciones sobre precisión y tendencia contenidas en este estándar: la precisión de este método de ensayo es dependiente de la competencia del personal ejecutándose y la conveniencia del equipo y facilidades usadas. Las agencias que reúnen el criterio de la Práctica D 3740 son generalmente consideradas capaces de competencia y ensayos objetivos. Los usuarios de este método de ensayo están precavidos de la confianza con la Práctica D 3740 no hace por sí misma garantizar ensayos confiables. Los ensayos confiables dependen de varios factores; la Práctica D 3740 proporciona un medio para evaluar algunos de estos factores.

**5 Procedimiento para Clasificación de Suelos de Grano Fino (50 % o más por peso seco pasando la malla No. 200 (75  $\mu$ m))**

5.1 El suelo es una arcilla inorgánica si la posición ploteada del índice de plasticidad versus límite líquido, cae en o arriba de la línea "A" el índice de plasticidad es mayor que 4, y la presencia de materia orgánica no influencia el límite líquido.

El límite líquido y el limite plástico son determinados con el material que pasa la malla No. 40(425  $\mu$ m).

5.2 Clasifique el suelo como arcilla magra, CL, si el límite líquido es menor de 50. Clasifique el suelo como arcilla gruesa, CH, si el límite líquido es 50 o mayor.

**Nota;** En casos donde el límite líquido exceda 60, la carta de plasticidad puede ser expandida para mantener la misma escala en ambos ejes y extender la línea "A" a la pendiente indicada.



5.3 Clasifique el suelo como arcilla limosa, CL-ML, si la posición ploteada del índice de plasticidad versus límite líquido cae en o arriba de la línea "A" y el índice de plasticidad está en el rango de 4 a 7. Ver área identificada como CL-ML.

5.4 El suelo es un limo inorgánico si la posición ploteada del índice de plasticidad versus límite líquido, cae debajo de la línea "A" o el índice de plasticidad es menor que 4, y la presencia de materia orgánica no influencia el límite líquido.

5.5 Clasifique el suelo como un limo, ML, si el límite líquido es menor de 50.

5.6 Clasifique el suelo como un limo elástico, MH, si el límite líquido es 50 o mayor.

5.7 El suelo es una arcilla o limo orgánico si la materia orgánica está presente en cantidad suficiente para influenciar el límite líquido.

5.8 Si el suelo tiene un color oscuro y un olor orgánico cuando húmedo y seco, un segundo ensayo de límite líquido será efectuado en un espécimen de ensayo el cual ha sido secado al horno a  $110 \pm 5$  C para un peso constante, típicamente toda la noche.

5.9 El suelo es un limo orgánico o arcilla orgánica si el límite líquido después desecado al horno es menor a 75 % del límite líquido del espécimen original establecido antes de secarlo al horno (ver Procedimiento B o Practica D 2217).

5.10 Clasifique el suelo como un limo orgánico o arcilla orgánica, OL, si el límite líquido (sin secarlo al horno) es menor de 50%. Clasifique el suelo como un limo orgánico, OL, si el índice de plasticidad es menor de 4, o la posición ploteada del índice plástico versus límite líquido cae debajo de la línea "A". Clasifique el suelo como una arcilla orgánica, OL, si el índice plástico es 4 o mayor y la posición ploteada de índice plástico versus límite líquido cae en o arriba de la línea "A", Ver área identificada como OL (o CL-ML).

5.11 Clasifique el suelo como una arcilla orgánica o limo orgánico, OH, si el límite líquido (sin secarlo al horno) es 50 o mayor. Clasifique el suelo como un limo orgánico, OH, si la posición de ploteo del índice plástico versus límite líquido cae debajo de la línea "A". Clasifique el suelo como una arcilla orgánica, OH, si la posición de ploteo del índice plástico versus límite líquido cae en o por encima de la línea "A". Ver área identificada como OH.

5.12 Si menos del 30 % pero 15 % o más del espécimen de ensayo es retenido en la malla No. 200 (75  $\mu$ m), las palabras "con arena" o "con grava" (el que sea predominante) será adicionada al nombre del grupo. Por ejemplo, arcilla pobre con arena, CL; limo con grava, ML. Si el porcentaje de arena es igual al de grava, use "con arena." 11.5 Si el 30 % o más del espécimen de ensayo es retenido en la malla # 200 (75  $\mu$ m), se debe adicionar las palabras "arenoso" o "gravoso" al nombre del grupo. Se debe adicionar la palabra "arenosa" si el 30 % o más del

espécimen de ensayo es retenido en la malla # 200 (75  $\mu\text{m}$ ) si la porción de grano grueso es predominantemente arena. Se adiciona la palabra “gravosa” si el 30 % o más del espécimen de ensayo es retenido en la malla # 200 (75  $\mu\text{m}$ ) y la porción de grano grueso es predominantemente grava. Por ejemplo, si la arcilla pobre arenosa, CL; arcilla gruesa gravas, CH; limo arenoso, ML. Si el porcentaje de arena es igual al de grava, use “arenosa” (Howard, 1984; ASTM D2216-10, 2010).

**NORMA ASTM D 4318-05.** Este método tiene normativas para cada país del mundo principalmente los influenciados por los Estados Unidos de Norteamérica, país del cual tomaremos la norma para este ensayo. El ensayo está dentro de las normas de la ASTM institución que norma los procedimientos que se realizan en los diferentes materiales. Los procedimientos de ensayo para el límite líquido y el límite plástico se encuentran bajo una misma norma designada D 4318-05. Existen dos métodos estandarizados por medio de los cuales se puede obtener el límite líquido de un suelo.

**NORMA Límite Plástico BS 1377-2:1990.** El cono debe permanecer por un periodo de 5 segundos y se toma la lectura en el micrómetro. Se anota la diferencia entre lecturas para obtener la penetración del cono. Se levanta el cono y limpiar cuidadosamente evitando rayones. Si existe una diferencia menor a 0.5 mm entre las lecturas de la primera y la segunda prueba, se toma el promedio de las mismas para establecer la penetración de cono para dicha muestra. Si por el contrario la diferencia de lecturas es mayor a 0.5 mm, pero menor a 1 mm se ensaya una tercera muestra. Si el rango de variación entre las muestras no excede 1 mm se promedian las tres lecturas de manera que dicho promedio sea la penetración del cono para la muestra. Si el rango de variación de las tres penetraciones es mayor a 1 mm se deberá volver a ensayar la muestra luego de mezclar el suelo, por tanto, se debe repetir todo el procedimiento antes descrito. Después de determinar la penetración del cono, se debe determinar el contenido de humedad para dicho suelo, se tomará entonces 10 g de suelo del área penetrada por el cono. Este proceso se debe repetir por lo menos tres veces más usando la misma muestra de suelo, pero variando su contenido de humedad. Es recomendable ensayar primero la muestra de suelo con menor contenido de humedad. El agua que se debe aumentar a la muestra debe ser tal que se obtenga valores de penetración entre 15 mm y 25 mm, distribuida de manera conveniente en los cuatro ensayos o más que se realicen. Si durante el proceso se ensayó se deja la muestra por un tiempo prolongado, hay que mantener la humedad de la misma tapándola con un trapo húmedo. Para obtener el límite líquido de la muestra se hace al igual que en el procedimiento

con la copa de Casagrande un gráfico, pero en este caso las dos escalas son lineales. Se saca la humedad de las muestras, se grafica dichas humedades en las abscisas de un plano coordenado, mientras en las ordenadas se grafica las dimensiones en mm de la penetración del cono. Se traza la línea que más se aproxime a los puntos dibujados, de esta línea se toma el punto cuya ordenada sea igual a 20 mm, y el correspondiente contenido de humedad será el límite líquido de nuestro suelo.

Al igual que para el procedimiento usando la copa de Casagrande existe un método para determinar el límite líquido del suelo por medio de una fórmula usando solo un dato del ensayo antes mencionado (ASTM D 4318, 20017).

**NORMA SUCS.** De acuerdo al SUCS el suelo se clasifica en dos grandes grupos.

Suelos gruesos que son grava y arena, tienen un porcentaje de finos menor al 50%, esto es. El símbolo del grupo comienza con los prefijos G o S. G para gravas y S para arenas.

Suelos finos son suelos cuyo % de finos es del 50% o más, esto es. Los símbolos de este grupo comienzan con M para limos, C para las arcillas y O para suelos orgánicos, el símbolo PT es usado principalmente para turbas (peat), y otros suelos altamente orgánicos.

Se establecen así los seis grandes grupos gravas, arenas, limos, arcillas, orgánicos y muy orgánicos. Ahora se debe diferenciar las características de los subgrupos. Otros símbolos usados dentro de esta clasificación son:

- W bien graduado
- P pobremente graduado
- L baja plasticidad
- H alta plasticidad

El criterio para diferenciar la grava de la arena es puramente granulométrico, si más del 50% de la fracción gruesa se retiene en el tamiz número 4 se trata de una grava, caso contrario el suelo será una arena. Los suelos finos se subdividen en base a su plasticidad y al contenido orgánico.

En todo suelo grueso la cantidad de finos influye en su comportamiento mecánico, a menos que sea menor al 5%. Si el porcentaje de finos en las gravas es menor al 5% se tiene una baja influencia de la parte fina de los suelos, la nomenclatura de estos suelos depende en gran medida del coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura. Si se cumplen estas limitaciones se dice que el suelo es bien graduado por lo tanto el uso de del sufijo W, si por lo contrario no cumple esta normativa se usa el sufijo P. Ahora si el porcentaje de fino es mayor

al 12% se tiene una gran influencia de la parte fina en el suelo, por lo tanto, la designación de símbolos para estos suelos se basa en los criterios de plasticidad, por ejemplo, gravas con limo GM o gravas con arcilla GC.

Existe también la posibilidad de encontrarnos con suelos muy característicos como por ejemplo aquellos cuyos datos estén en la frontera entre los limos y las arcillas, presentándose así la grava arcillo limosa cuyo doble símbolo es GC-GM.

Otros casos especiales se presentan cuando el porcentaje de finos de la muestra está en un rango del 5 al 12% de aquí se derivan cuatro clasificaciones posibles:

GW-GM grava bien gradada con limo

GW-GC grava bien gradada con arcilla

GP-GM grava mal gradada con limo

GP-GC grava mal gradada con arcilla

Este mismo criterio se aplica para la clasificación de la arena, los símbolos característicos de estos suelos son:

- SW arena bien gradada
- SP arena mal gradada
- SM arena limosa
- SC arena arcillosa
- SC-SM arena arcillo limosa
- SW-SM arena bien gradada con limo
- SW-SC arena bien gradada con arcilla
- SP-SM arena mal gradada con limo
- SP-SC arena mal gradada con arcilla

En cuanto a la clasificación de los suelos finos, esta se basa en propiedades como el límite líquido y el límite plástico, de acuerdo a los valores obtenidos se traza un punto en la carta de plasticidad obteniendo así el símbolo correspondiente para dicho suelo (Bennert et al., 2000; ASTM D4318-17e1, 2017)

**NORMA ASM D 6913.** Este método tiene variaciones para distintos tipos y condiciones de suelo. Tomando en cuenta lo complejo que puede ser la prueba.

## 1 Alcance

1.1 Los suelos están formados por partículas con diferentes formas y tamaños. Este método de prueba se utiliza para separar partículas en rangos de tamaño y para determinar

cuantitativamente la masa de partículas en cada rango estos datos se combinan para determinar la distribución del tamaño de partículas (gradación). Este método de prueba utiliza un criterio de tamiz de abertura cuadrada para determinar la gradación de un suelo entre 3 pulgadas. Tamices (75 mm) y n<sup>2</sup> 200 (75 um).

1.2 Los términos, suelo y materiales se usan indistintamente en toda la norma.

1.3 Por lo general, si el tamaño máximo de partículas es igual o menor a 4,75 mm (tamiz No. 4), entonces es aplicable el tamizado de un solo conjunto. Además, si el tamaño máximo de partícula es mayor que 4,75 mm (tamiz No. 4) e igual o menor a que 9,5 mm (tamiz 3,8 pulg), entonces es aplicable el tamizado de un solo conjunto o el tamiz compuesto. Finalmente, si el tamaño máximo de partículas es igual o mayor que 19,0 mm (tamiz de ¾ in), se aplica el tamizado compuesto.

1.4 Método A: porcentaje (en masa) que pasa cada tamaño de tamiz se registra al 1% más cercano. Este método debe ser utilizado cuando se realiza el tamizado compuesto. Para casos de disputas el método A es el método árbitro.

1.5 Método B: porcentaje (en masa) que pasa cada tamaño de tamiz se registra al 0,1% más cercano. Este método solo es aplicable para el tamizado de un solo tamiz y cuando el tamaño máximo de partículas es igual o menor que el tamiz No. 4 (4,74mm).

1.6 Este método de prueba no cubre en ningún detalle, la obtención de la muestra. Se supone que la muestra se obtiene utilizando métodos apropiados y es representativa.

1.7 Procesamiento de la muestra; se proporcionan 3 procedimientos (húmedo, secado, al aire y secado al horno) para procesar la muestra y obtener una muestra. El procedimiento seleccionado dependerá del tipo de muestra, el tamaño máximo de partículas en la muestra, el rango de tamaños de partículas, las condiciones iniciales del material, la plasticidad del material, la eficiencia y la necesidad de otras pruebas en la muestra.

1.8 Este método de prueba generalmente requiere dos o tres días para completarse, dependiendo del tipo y tamaño de las muestras y el tipo de suelo.

1.9 Se debe dejar el claro que dicha normativa no pretende abarcar todos los problemas de seguridad, ya que existen muchos, asociados con su uso. Es responsabilidad del personal responsable de esta norma establecer prácticas en condiciones adecuadas de seguridad, salud y determinar si es o no viable aplicar medidas a las limitaciones reglamentarias antes del uso.

## **2. ÁREA DONDE SE RECOLECTO LAS MUESTRAS**

2.1 Esta norma internacional fue desarrollada de acuerdo con los principios reconocidos internacionalmente sobre la normalización establecida en la decisión sobre principios para el

desarrollo de normas, guías y recomendaciones internacionales emitidas por el comité de obstáculos técnicos al comercio (OTC) de la organización mundial del comercio (ASTM D 6913, 2009).

#### **7.18.4. Normativa para la Caracterización Fisicoquímica de los Suelos.**

**1 Método 7000b Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama.** El método es simple, rápido y aplicable a una gran cantidad de muestras ambientales que incluyen, entre otras, agua subterránea, muestras acuosas, extractos, desechos industriales, suelos, lodos, sedimentos y desechos similares. Con la excepción de los análisis de componentes disueltos, todas las muestras requieren digestión antes del análisis (Universidad Nacional Heredia, 2016).

**1.1 Se ha de revisar la hoja de seguridad Aluminio MSDS en la parte de anexos.**

**1.2 Seguridad.** Este método no aborda todos los problemas de seguridad asociados con su uso. El laboratorio es responsable de mantener un ambiente de trabajo seguro y un archivo de conocimiento actualizado de las regulaciones de OSHA con respecto al manejo seguro de los químicos enumerados en este método. Un archivo de referencia de hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS) debe estar disponible para todo el personal involucrado en estos análisis Ver Hoja de seguridad Aluminio MSDS **anexo (7)**

**1.3 Equipo y Suministros. Espectrofotómetro de absorción atómica:** Canal simple o doble, canal simple o doble instrumento de haz que tiene un monocromador de rejilla, un detector de fotomultiplicador, rendijas ajustables, un rango de longitud de onda de 190 a 800 nm y provisiones para una computadora o interfaz gráfica.

**1.3.1 Quemador:** Recomendado por el fabricante del instrumento en particular. debería ser usado. Para ciertos elementos se necesita el quemador de óxido nitroso. Bajo ninguna circunstancia debe usarse un quemador de acetileno-aire con una llama de acetileno-óxido nitroso.

**1.3.2 Lámparas de cátodo hueco:** Se prefieren las lámparas de un solo elemento. También se pueden utilizar lámparas de descarga sin electrodos cuando estén disponibles. Pueden utilizarse otros tipos de lámparas que cumplan los criterios de rendimiento de este método

**1.3.3 Pantalla gráfica y registrado:** Se recomienda un registrador para trabajos con llama, que habrá un registro permanente y que cualquier problema con el análisis, como deriva, atomización incompleta, pérdidas durante la carbonización, cambios en la sensibilidad, pico de señal, etc., se puede reconocer fácilmente

**1.3.4 Pipetas - Clase A o microlitros con puntas desechables.** Los tamaños pueden variar de 5 a 100  $\mu\text{L}$  según sea necesario. Las puntas de pipeta deben comprobarse como una posible fuente de contaminación cuando se sospeche contaminación o cuando el laboratorio reciba una nueva fuente o lote de puntas de pipeta. La precisión de las pipetas variables debe verificarse diariamente. Las pipetas de clase A se pueden utilizar para medir volúmenes iguales o superiores a 1 ml.

**1.3.5 Válvulas reductoras de presión:** Se deben mantener los suministros de combustible y oxidante a presiones algo superiores a la presión de funcionamiento controlada del instrumento mediante válvulas adecuadas.

**1.3.6 Cristalería:** Toda la cristalería, polipropileno o fluorocarbono (PFA o TFM) Los recipientes, incluidos los frascos de muestras, los matraces y las pipetas, deben lavarse en la siguiente secuencia: ácido clorhídrico 1: 1, agua del grifo, ácido nítrico 1: 1, agua del grifo, detergente, agua del grifo y agua de reactivo. (El ácido crómico no debe usarse como agente de limpieza para cristalería si se va a incluir cromo en el esquema analítico). Si se puede documentar a través de un programa de control de calidad analítico activo usando muestras enriquecidas y blancos de método, ciertos pasos en el procedimiento de limpieza no son necesarios para las muestras de rutina, estos pasos pueden eliminarse del procedimiento. También se deben documentar los procedimientos de limpieza alternativos.

#### **1.4 Reactivos y estándares**

En todas las pruebas se deben utilizar productos químicos de grado reactivo o de grado metálico traza. A no ser que se indique lo contrario, se pretende que todos los reactivos se ajusten a las especificaciones del Comité de Reactivos Analíticos de la Sociedad Química Estadounidense, cuando dichas especificaciones estén disponibles. Se pueden usar otros grados, siempre que se compruebe primero que el reactivo es de pureza suficientemente alta para permitir su uso sin disminuir la precisión de la determinación. Todos los reactivos deben analizarse para demostrar que los reactivos no contienen analitos mediana en o por encima del límite más bajo de cuantificación.

**1.4.1 Agua de reactivo:** todas las referencias al agua en el método se refieren al agua de reactivo, a menos que se especifique lo contrario. El agua del reactivo debe estar libre de interferencias.

**1.4.2 Ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$**  - Utilice un ácido espectrogrado certificado para uso AA. Prepare un 1: 1 dilución con agua añadiendo el ácido concentrado a un volumen igual de agua. Si el

blanco del método no contiene analitos en mediana en o por encima del límite más bajo de cuantificación, entonces se puede usar el ácido.

**1.4.3 Ácido clorhídrico (1: 1), HCl:** utilice un ácido espectrogrado certificado para uso AA. Prepare una dilución 1: 1 con agua agregando el ácido concentrado a un volumen igual de agua. Si el blanco del método no contiene analitos diana en o por encima del límite más bajo de cuantificación, entonces se puede usar el ácido.

**1.4.4 Combustible y oxidante:** el acetileno de alta pureza es generalmente aceptable. El aire puede ser suministrado desde una línea de aire comprimido, un compresor de laboratorio o un cilindro de aire comprimido y debe estar limpio y seco. También se requiere óxido nitroso para determinadas determinaciones. También se recomienda un filtro centrífugo en las líneas de aire comprimido para eliminar las partículas.

**1.4.5 Soluciones estándar de metal:** las soluciones estándar de stock se preparan a partir de metales, óxidos o sales no higroscópicas de alta pureza de grado reactivo analítico utilizando agua de reactivo y ácido nítrico o clorhídrico redestilado. Deben evitarse los ácidos sulfúrico o fosfórico, ya que producen un efecto adverso sobre muchos elementos. Las soluciones madre se preparan a concentraciones de 1000 mg del metal por litro. También se pueden usar soluciones estándar disponibles comercialmente. Cuando se usan metales puros (especialmente alambre) para la preparación de estándares, se deben usar procedimientos de limpieza, como se detalla en el Capítulo Tres, para asegurar que las soluciones no se vean comprometidas. La estabilidad de los estándares se verificará mediante el uso de los protocolos de CC como se especifica en este método. La comparación de los ICV y CCV diarios con la curva de calibración permite preparar los estándares según sea necesario (USEPA, 2007).

*7.18.4.1. Norma para el Análisis de pH. Suelo Agua 1:2,5, Establecida por el Iniap Quito.*

**1. OBJETO**

Establecer los lineamientos técnicos para la determinación de pH en muestra de suelos agrícolas.

**2. ALCANCE**

El presente procedimiento es de aplicación para la determinación de pH en suelos agrícolas de cualquier tipo.

**Normativa utilizada en la elaboración**

- PGC/LA/01, Procedimiento General "Gestión de la Documentación".



- EPA 9045 D.
- Metodología unificada Red de laboratorios de Suelos del Ecuador, Catálogo INIAP cuarta aproximación Quito-2009.

### **3. POLÍTICAS**

- Todos los documentos elaborados, como parte del SGC, deben ser administrados por el Departamento de Calidad.
- Todos los documentos se distribuyen en formato pdf.
- Los documentos emitidos por el Laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas puede usarse como referencia para otros documentos concretos, indicando los apartados y no repetir su contenido.

### **4. DEFINICIONES**

- pH. - Es una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución. Se define como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno (H<sup>+</sup>).
- Muestras de control interno. - Analito con concentraciones conocidas

#### **4.1 Abreviaturas**

**SGC:** Sistema de Gestión de Calidad y Competencia Técnica. basado en los requisitos de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025.

**DL:** Director de Laboratorios

**RC:** Responsable de Calidad

**RT:** Responsable Técnico NA: No aplica

**ml:** Mililitros

**g:** Gramo

#### **4.2 Nivel de riesgo y calificación. Instrucciones de Seguridad**

El presente procedimiento no requiere la utilización de sustancias químicas peligrosas, sin embargo, es necesario tomar las precauciones debidas para la manipulación como uso de guantes y de mandil.

### 4.3 Responsabilidades

**Tabla 10**  
**Responsabilidades**

<b>Cargo</b>	<b>Responsabilidad</b>	<b>Autoridad</b>
<b>RT</b>	Planificación de análisis	Evaluar de los resultados de los análisis
<b>A</b>	Ejecutar los análisis	

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Norma Para el Análisis de pH. Suelo Agua 1:2,5,

### DESCRIPCIÓN

## 5. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

### 5.1 Equipos

- Balanza analítica Scientech, código SFNEM/030 o similar
- Potenciómetro de mesa Mettler Toledo/Seven Multi código SFA/ EM/025 o similar
- Electrodo de vidrio

### 5.2 Materiales

- Vasos plásticos de 50 ml
- Varillas de agitación de vidrio
- Papel absorbente
- Agua destilada

### 5.3 Reactivos

- Soluciones buffer pH: 4-7 y 10.

### 5.4 Materiales de Referencia

Se cuenta con material de referencia Código SFA/MRC005, con valor de propiedad de 5,68 unidades de pH.

### 5.5 Condiciones Ambientales

- El método de referencia no establece condiciones ambientales específicas.
- Se consideran las condiciones definidas en las soluciones buffer que están en un rango de 5 a 50 °C.
- Las condiciones ambientales se controlan de acuerdo a lo establecido.

### 5.6 Informe de Resultados

Los resultados se expresan en valor de pH, y se reportan en el informe con dos cifras decimales.

**Tabla 11**  
Terminología

<b>Reacción</b>	<b>pH</b>	
Moderadamente ácido	5,1 – 6,5	
Neutro	6,6 – 7,3	
Moderadamente alcalino	7,4 – 8,5	
Fuertemente alcalino (suelos sódicos)	Mayor de 8,5	
<b>pH</b>	<b>ELEMENTO</b>	
Ac ácido	<b>B</b>	Bajo
N Neutro		
Lac Liger ácido	<b>M</b>	Medio
LAl Liger alcalino		
PN Prac. Neutro	<b>A</b>	Alto
Al Alcalino		
	<b>T</b>	Tóxico

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Norma Para el Análisis de pH. Suelo Agua 1:2,5 (INIAP, 2000).

*7.18.4.2. Norma para el Procedimiento Específico de Ensayo. Determinación de Ca y Mg Asimilables en los Suelos - Método Olsen modificado.*

## **1 OBJETO**

Definir un procedimiento para cuantificar Ca y Mg asimilables en muestras de suelo.

## **2 ALCANCE**

El presente procedimiento es aplicado por el Laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas para cuantificar Ca y Mg asimilables utilizando el extracto de suelo obtenido mediante Olsen modificado.

Tabla 12

## 3. Ítems a Ensayar, Parámetros y Rangos de Aplicación

<b>Analito</b>	<b>Rango (cmol/kg)</b>
<b>Calcio</b>	3,12 – 12,50
<b>Magnesio</b>	0,62 – 2,50

**Obtenido de;** Norma Específico de Ensayo Determinación de Ca y Mg Asimilables en Suelos- Método Olsen Modificado

#### 4. REFERENCIAS

##### 4.1 Normativa utilizada en la elaboración

- Metodología unificada Red de laboratorios de Suelos del Ecuador, Catálogo INIAP cuarta aproximación Quito-2009.

##### 4.2 Definiciones

- **Métodos espectrofotométricos:** Es un conjunto de técnicas instrumentales que permiten comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de analito, vs. una gama de soluciones que contienen una cantidad conocida del mismo analito.
- **Absorción atómica:** Es un método instrumental que está basado en la atomización del analito en matriz líquida, utilizando un nebulizador para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama, en donde la muestra es desolvatada y expuesta a una energía a una determinada longitud de onda emitida ya sea por una lámpara de cátodo hueco construida con el mismo analito a determinar o una lámpara de descarga de electrones.
- **Longitud de onda:** Es la distancia real recorrida por la onda, es decir, es la distancia desde el inicio de un ciclo completo de una onda hasta su final. La longitud de onda se la representa con la letra griega  $\lambda$ , y su unidad dentro del SI es el metro (m), sin embargo, para aplicaciones analíticas espectrofotométricas se utiliza el submúltiplo nanómetro (nm).

##### 4.3 Abreviaturas

**SGC:** Sistema de Gestión de Calidad y Competencia Técnica, basado en los requisitos de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025.

**DL:** Director de Laboratorios

**RC:** Responsable de Calidad

**RT:** Responsable Técnico **NA:** No aplica

**g:** Gramos

**ml:** Mililitro

**l:** Litro

**ppm:** Partes por millón

**cmol/kg:** centimol por kilogramo

**A<sub>λ</sub>:** Absorbancia

**λ:** Longitud de onda

**nm:** Nanómetros

#### **4.4 Políticas**

- Todos los documentos elaborados, como parte del SGC, deben ser administrados por el Departamento de Calidad.
- Todos los documentos se distribuyen en formato pdf.
- Los documentos emitidos por el Laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas puede hacer referencia a otros documentos concretos, indicando los apartados, no repitiendo su contenido.

#### **4.5 Normas de Seguridad. Nivel de riesgo y calificación. Instrucciones de Seguridad**

El presente procedimiento utiliza sustancias químicas peligrosas, por lo que es indispensable la utilización del equipo de protección personal completo (mandil, guantes, gafas y respirador con doble filtro para ácidos y vapores orgánicos) y Sorbona cuando se maneje dicha sustancia.

##### **4.5.1 Condiciones ambientales**

- El método de referencia no establece condiciones ambientales específicas. Se consideran las condiciones en los manuales de los equipos de absorción atómica entre 10-35°C.
- La identificación de la muestra debe mantener los criterios establecidos en el instructivo INT/SFA/09
- Verificar de acuerdo al instructivo INT/SFA/02, Instructivo "Uso y Verificación de Equipo de Absorción Atómica".

**Tabla 13**

## Responsabilidades

<b>Cargo</b>	<b>Responsabilidad</b>	<b>Autoridad</b>
<b>RT</b>	Planificación de análisis	Evaluar resultados de los análisis
<b>A</b>	Ejecutar los análisis	

**Obtenido de;** Norma Específico de Ensayo Determinación de Ca y Mg Asimilables en Suelos-Método Olsen Modificado

## 5. DESCRIPCIÓN GENERAL

El calcio (Ca) y magnesio (Mg) son macronutrientes, es decir son elementos que son requeridos en grandes cantidades por las plantas. El calcio estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, interviene en la activación de varios sistemas de enzimas, y ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos de la planta. Por otra parte, el magnesio está muy asociado con el calcio y el potasio, favorece la absorción del fósforo, participa como activador enzimático, y es el elemento constituyente principal de la molécula de clorofila, fundamental en la fotosíntesis. El presente método cuantifica el Ca y Mg asimilables mediante espectrofotometría de absorción atómica, partiendo del extracto de suelo obtenido con Olsen modificado.

### 5.1 Tratamiento de Resultados. Incertidumbre asociada

#### 5.1.1 Cálculos

Para obtener la concentración del Ca y Mg en las muestras de suelo en cmol/kg, que es igual a meq/100 ml, se deberá considerar los siguientes factores:

##### a) Factor de dilución 1:

Éste factor de dilución proviene de la relación 25 ml de extractante / 2,5 g de muestra de suelo utilizado para obtener el extracto de suelo. Es igual a 10

##### b) Factor de dilución 2:

Éste factor de dilución proviene de la dilución de la muestra con agua y con óxido de lantano (25 ml total/ 1 ml de alícuota), el mismo que es igual a 25.

- **Factor para convertir los ppm en meq/100 ml:**

Los datos que se obtienen del espectrofotómetro de absorción atómica se encuentran en ppm, es decir en mg/l, y para convertir ésta unidad a meq/100 ml se realizan los siguientes cálculos de conversión:

### Ecuación 1

Conversión de las Unidades de Calcio

$$1 \frac{mgK}{l} \times \frac{1l}{1000ml} \times \frac{1meqK}{20mgk} \times \frac{100ml}{100ml} = 0,005 \frac{meqCa}{100ml}$$

### Ecuación 2

Conversión de las Unidades de Magnesio

$$1 \frac{mgK}{l} \times \frac{1l}{1000ml} \times \frac{1meqK}{12mgk} \times \frac{100ml}{100ml} = 0,00833 \frac{meqMg}{100ml}$$

Cálculo para determinar la concentración de Ca y Mg en la muestra de suelo:

Tomando en consideración los factores antes expuestos, para calcular la concentración de K, Ca y Mg asimilables en las muestras de suelo, se puede proceder de las dos maneras siguientes:

a) Correr la curva de calibración ingresando en el equipo las concentraciones de; 62.5 - 125.0 - 187.5 y 250 ppm para Ca y 7.5 - 15.0 - 22.5 y 30.0 ppm para Mg, y luego multiplicar los resultados obtenidos del espectrofotómetro por los siguientes factores:

Para Ca = 0.05, que resulta de multiplicar el factor de dilución y el factor de conversión de unidades (10 x 0.005)

Para Mg = 0.0833, que resulta de multiplicar el factor de dilución y el factor de conversión de unidades (10 x 0.00833).

b) Correr la curva de calibración ingresando en el equipo las concentraciones de; 3. J 2 - 6.25 - 9.38 y 12.50 meq/100 ml para Ca y 0.62 - 1.25 - 1.87 y 2.50 meq/ 100 ml para Mg, con la finalidad de reportar directamente el valor proporcionado por el espectrofotómetro.

Los resultados así obtenidos, se anotan en el cuaderno correspondiente a "Datos Metales", en el cual se deberá asentar la sumilla del analista responsable del análisis. Posteriormente, los resultados deberán anotarse tanto física como electrónicamente en el "Registro de Resultados de Muestras de Suelo".

## 5.2 Aseguramiento de la Calidad

Los controles de calidad del método se realizan utilizando las siguientes actividades:

- Corridas con una muestra control interno.
- Medida de estándar
- Curva de calibración.

### **5.3 Informe de Resultados**

Los resultados de Ca y Mg asimilables serán expresados en cmol/kg (cmol/kg = meq/ 100 ml), y se reportarán en el informe con 2 cifras decimales. Adicionalmente se colocará en el informe de resultados el cuadro de interpretación indicado en el Anexo IV.

## **6. ANEXOS**

### **6.1 Preparación de la solución extractora de Olsen modificado.**

- Pesar en una cápsula de porcelana 84,6 g de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y 7,44 g de EDTA.
- Trasvasar cuantitativamente la mezcla de reactivos a un balón aforado de 2 l.
- Disolver los reactivos con agua destilada tipo I y llenar de agua el balón hasta cerca de la línea de aforo.
- Ajustar el pH a 8.5 disolviendo lentejas de hidróxido de sodio con ayuda de agitación magnética.
- Aforar con agua tipo I y homogenizar la solución.

### **6.2 Elaboración de estándares para las curvas de calibración**

#### a) Elaboración del blanco

- Colocar en un tubo de ensayo de 25 ml perfectamente limpio 1 ml de solución extractora de Olsen modificado con una pipeta automática.
  - Añadir 4 ml de óxido de lantano al 1% con un dispensador automático.
  - Añadir 20 ml de agua tipo I y homogenizar la solución en el vortex.
- #### b) Elaboración de la solución madre para todos los metales
- Preparar 200 ml de solución madre de la siguiente manera: Tomar 10 ml de estándar de K de 1000 ppm con pipeta volumétrica; tomar 50 ml de estándar de Ca de 1000 ppm con pipeta



volumétrica y tomar 65 ml de estándar de Mg de 1000 ppm con pipeta volumétrica, aforar con la solución Olsen modificado.

c) Elaboración de los estándares para todos los elementos

- Colocar en balones aforados de 100 ml perfectamente limpios, la siguiente cantidad de solución madre con la ayuda de pipetas volumétricas:

**Tabla 14**

Valores de las Concentraciones Estándar

No. Estándar	Concentración del estándar de Ca (cmol/kg)	Concentración del estándar de mg (cmol/kg)	Volumen de solución madre en ml
1	0	0	0
2	3,12	0,62	25
3	6,25	1,25	50
4	9,38	1,87	75
5	12,50	2,50	0

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** La Norma para “Procedimiento Específico de Ensayo Determinación de Ca y Mg Asimilables n Suelos-Método Olsen Modificado”

**Tabla 15**

Cuadro de interpretación del Ca y Mg

Parámetro	Ca (ppm)	Mg (ppm)
<b>Bajo</b>	1 - 4	0 - 1
<b>Medio</b>	4 - 6	1 - 3

---

**Alto**                      > 15                      > 6

---

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** La Norma para “Procedimiento Específico de Ensayo Determinación de Ca y Mg Asimilables n Suelos-Método Olsen Modificado”<sup>3</sup> (INIAP, 2000)

**7.18.4.3. Normativa para el Procedimiento Específico de Ensayo. Determinación de Fe, Cu, Mn Asimilables en los Suelos – Método Olsen Modificado.**

**1. Objeto**

Definir un procedimiento para cuantificar Fe, Cu, y Mn asimilables en muestras de suelo.

**2. Alcance**

El presente procedimiento es aplicado por el laboratorio de suelos, foliares y aguas para cuantificar Fe, Cu, y Mn asimilables utilizando el extracto de suelo.

**Tabla 16**

3. Ítems a Ensayar, Parámetros y Rangos de Aplicación

<b>Analito</b>	<b>Rango (mg/kg)</b>
<b>Cobre</b>	7,50 – 30,00
<b>Hierro</b>	125,0 – 500,0
<b>Manganeso</b>	7,50 – 30,00

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** La Norma para “Procedimiento Específico de Ensayo Determinación de Ca y Mg Asimilables n Suelos-Método Olsen Modificado”

**4. Referencia**

Suelos agrícolas de las diferentes regiones del Ecuador en un rango de:

**Normativa utilizada en la elaboración**

- Metodología Unificada de la Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador, Catálogo INIAP cuarta aproximación Quito-2009.

**5. Descripción General**

Todos los documentos elaborados, como parte del SGC, deben ser administrados por el Departamento de Calidad.

Todos los documentos se distribuyen en formato pdf.

Los documentos emitidos por el Laboratorio de Suelos, Foliares y Aguas puede hacer referencia a otros documentos concretos, indicando los apartados, no repitiendo su contenido.

**a) Materiales de Referencia**

- Se cuenta con material de referencia código SFA/MRI002

**b) Condiciones ambientales**

- El método de referencia no establece condiciones ambientales específicas. Las condiciones en los manuales de los equipos de absorción atómica entre 10-35°C.

**c) Aseguramiento de la Calidad**

Los controles de calidad del método se realizan utilizando las siguientes actividades:

- Corridas con una muestra control interno.
- Medida de estándar
- Curva de calibración.

**d) Informe de Resultados**

Los resultados en mg/kg, y se reportan en el informe con dos cifras decimales para Cu, Mn y con una cifra decimal para Fe.

**Tabla 17**

Parámetros para el uso de Términos

Parámetro	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
<b>Bajo</b>	0- 20	0 - 5	0 - 1
<b>Medio</b>	21 - 40	6 - 15	1,1 - 4
<b>Alto</b>	> 41	> 16	> 4,1

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** La Norma para “Procedimiento Específico de Ensayo Determinación de Fe, Mn y Cu Asimilables en Suelos-Método Olsen Modificado” (Kloster et al., 2007; US EPA, 2015; INIAP, 2000).

**7.18.4.4. Norma para la Medición de Arsénico con el Test de Arsénico Colorimétrico con Tiras de Ensayo, Reactivos 0,02 – 0,05 – 0,1 – 0,2 – 0,5 gm/As 0,1 – 0,5 – 1,0 – 3,0 mg/l As MQuant Merck.**

1. El test debe contar con las tiras para el ensayo, reactivos como lo cita el nombre.

**DESCRIPCIÓN**

- a) Generalmente el numerado de catálogo es de 117927, exclusivo para la realizar pruebas de arsénico.

b) **Visión general:** Las tiras reactivas de arsénico son adecuadas para medir el arsénico en agua, extractos de suelo, productos farmacéuticos, muestras biológicas preparadas y alimentos líquidos. Dentro de esta prueba de arsénico MQuant®, las tiras reactivas se utilizan en combinación con reactivos adicionales. El arsénico se libera de la muestra agregando zinc en polvo, un ácido sólido y, para la eliminación de los iones sulfuro que interfieren, un agente oxidante. En la zona de reacción de la tira reactiva se forma un tinte marrón amarillento. La concentración de arsénico (III) y arsénico (V) se miden semicuantitativamente por comparación visual de la zona de reacción de la tira reactiva con los campos de una escala de colores.

**Nota;** No utilice nuestra prueba de arsénico MQuant® (117917) para mediciones de concentraciones más altas.

**Tabla 18**

Protocolos para el Correcto Manejo

<b>Información de seguridad según GHS</b>	
P305 + P351 + P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quítese las lentes de contacto, si lleva y es fácil de hacer. Continúe enjuagando.	
<b>Palabra clave</b>	Advertencia
<b>Clase de almacenamiento</b>	10-13 Otros líquidos y sólidos
<b>Información de almacenamiento y envío</b>	
<b>Almacenamiento</b>	Conservar entre + 15 ° C y + 25 ° C.
<b>Información de transporte</b>	
<b>Declaración (ferrocarril y carretera) ADR, RID</b>	ONU 3316 Chemie-Testsatz, 9, II
<b>Declaración (transporte aéreo) IATA-DGR</b>	UN 3316 EQUIPO QUÍMICO, 9, II
<b>Declaración (transporte por mar) Código IMDG</b>	UN 3316 EQUIPO QUÍMICO, 9, II

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Norma para la medición de arsénico con el test de arsénico colorimétrico con tiras de ensayo.

## **8. METODOLOGÍAS/ DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **8.1. Metodologías**

Las metodologías empleadas en la caracterización fisicoquímica y mecánica de suelos de la Reserva Ecológica Illinizas están relacionadas con el cumplimiento de los objetivos propuestos en la misma. La fase de laboratorio está regulada por la normativa pertinente de cada análisis realizado. El análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa InfoStat ya que este brinda los gráficos y resultados.

#### **8.1.1. Para el cumplimiento de los objetivos establecidos se realizó las siguientes actividades.**

- Se planificó con el grupo de trabajo y el tutor la salida a la Reserva Ecológica Illinizas presupuestando los gastos mismos que fueron solventados por los integrantes. previamente se estableció el número de muestras en base al Reglamento Ecuatoriano 097-. Por último, se procedió con la cadena de custodia de cada muestra y su respectivo análisis.
- Se procedió a buscar las proformas en los laboratorios de suelos acreditados por el “Servicio de Acreditación Ecuatoriano”, además se realizó la gestión para el ingreso a los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado en Salache CEYPSA. Una vez elegido los laboratorios se transportó las muestras hasta los mismos. Una vez establecida la fecha de entrega de los resultados se procedió a la recepción de los mismos.
- Una vez receptado los análisis se procedió a explorar y exportar para realizar la investigación propuesta, con los resultados cuantitativos y el uso del Software InfoStat se realizó el respectivo análisis estadístico, posterior a ello se verificó la calidad del área de estudio.

### **8.2. Tipo de Investigación/Diseño Experimental**

Esta investigación se trabaja con muestras aleatorias estas contienen las variables a ser estudiadas estas y serán sometidas a experimentos y análisis en laboratorios acreditados por el SAE con el fin de obtener datos con el mínimo margen de error para posteriormente caracterizarla y compararla mediante estadística.

Los datos que resultaron con un margen fuera del rango aceptable se compararon y se estableció que puede ser un factor externo o del laboratorio al momento de realizar los análisis.

### **8.3. Enfoque**

Se emplea el enfoque cuantitativo ya que la caracterización mecánica y fisicoquímica genera datos y el análisis se harán en base resultados numéricos y análisis estadísticos de estos, para finalmente determinar la calidad del suelo estudiado.

### **8.4. Métodos**

#### **8.4.1. Método Analítico.**

En el trabajo de investigación se emplea análisis científicos de las variables del suelo para determinar su calidad mediante el empleo de la estadística.

**8.4.2. Método Descriptivo.** En el presente proyecto de investigación mediante los análisis obtenidos se establece la orientación que se centra en la caracterización de la calidad del suelo.

#### **8.4.3. Técnicas.**

##### **8.4.3.1. Revisión Bibliográfica.**

Mediante la revisión bibliográfica de estudios similares en el suelo de los Páramos se puede refutar y aseverar los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y mecánica de los suelos del área de estudio, se indaga la normativa legal vigente para cada análisis. Con el fin de obtener datos relevantes de suelos similares al de estudio se revisó bibliografía variada y calificada.

##### **8.4.2.1. De campo.**

Es necesario mediante la visita “IN SITU” proceder a tomar las muestras en el Área de investigación para que el muestreo se recolecto en su entorno y en lo más posible estado natural.

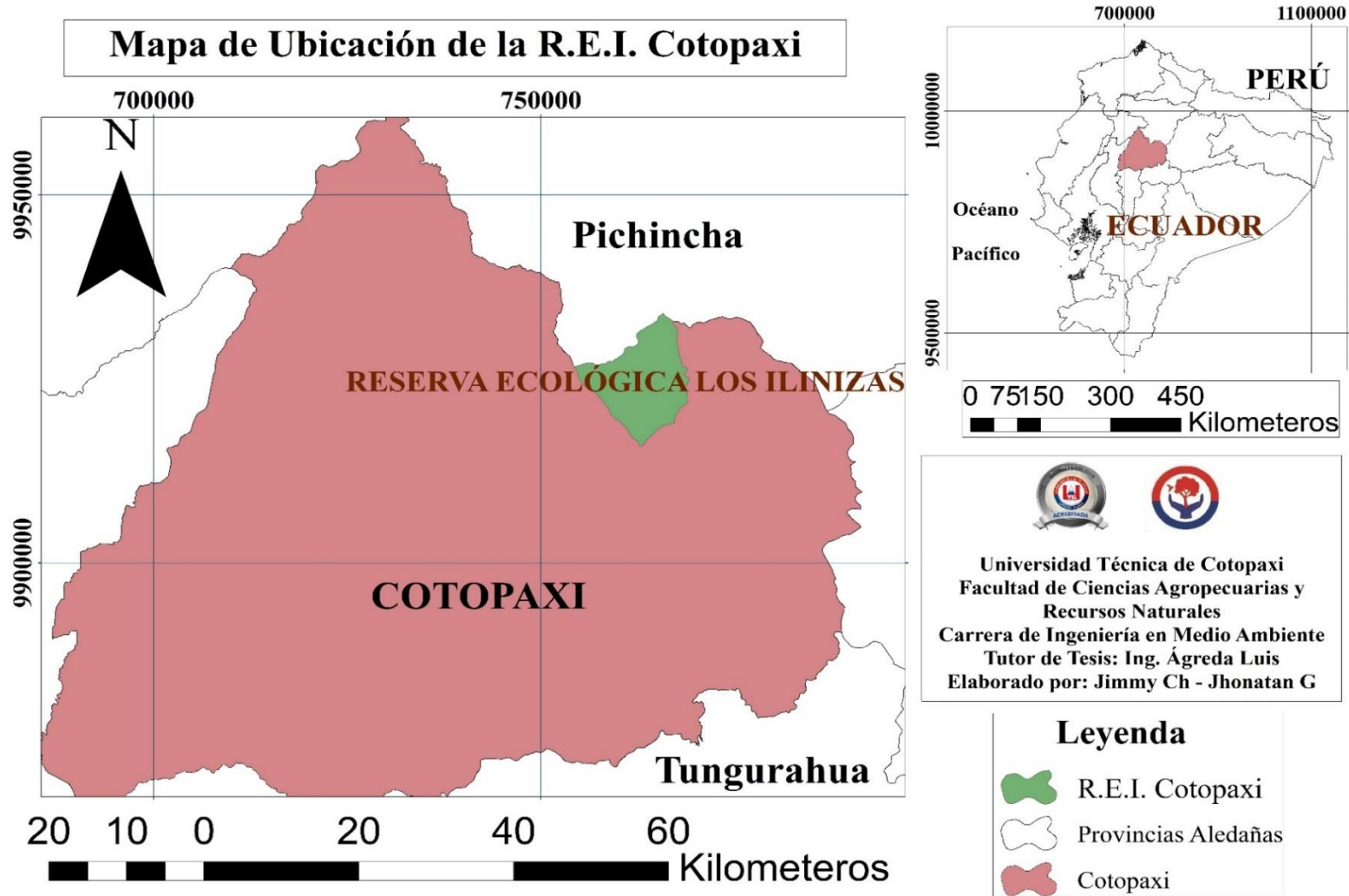
##### **8.4.2.2. Cartográfico.**

Con el empleo de mapas cartográficos de manera dinámica se expone la variación de alturas en el área de Investigación y recolección de muestras, con el objetivo de obtener las características. La aplicación de este método nos permitió utilizar los archivos digitales descargables del territorio ecuatoriano de la página del Sistema de Información Nacional (SNI) y específicamente de la provincia de Cotopaxi para realizar la ubicación geográfica del sector en estudio; La Reserva Ecológica Illinizas, se encuentra ubicado en el Ecuador entre las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi y Pichincha entre los Puntos al Norte x; 755208 y; 9975855 Sur x; 762494 y; 9916281 Este x; 787263 y; 9925975 Oeste x; 729001 y; 9963598. Con una extensión de 500 hectáreas aproximadamente, con un rango altitudinal que va desde

los 2800 msnm hasta los 4210 msnm. El área de estudio está ubicada en la parte predominante de provincia de Cotopaxi, en la Parroquia San Juan de Pastocalle en las coordenadas Norte x; 756102 y; 9925455 Sur x; 756150 y; 9925048 Este x; 756318 y; 9925325 Oeste x; 755993 y; 9925340 el sector de estudio fue elegido por la problemática que estas aguas presentan en el proceso de infiltración del Arsénico en los efluentes de aguas domésticas y el deterioro paulatino de la integridad del ecosistema estudiado.

**Figura 6**

Ubicación del Área de Investigación





**Figura 7**

Ubicación de la Reserva Ecológica Illinizas

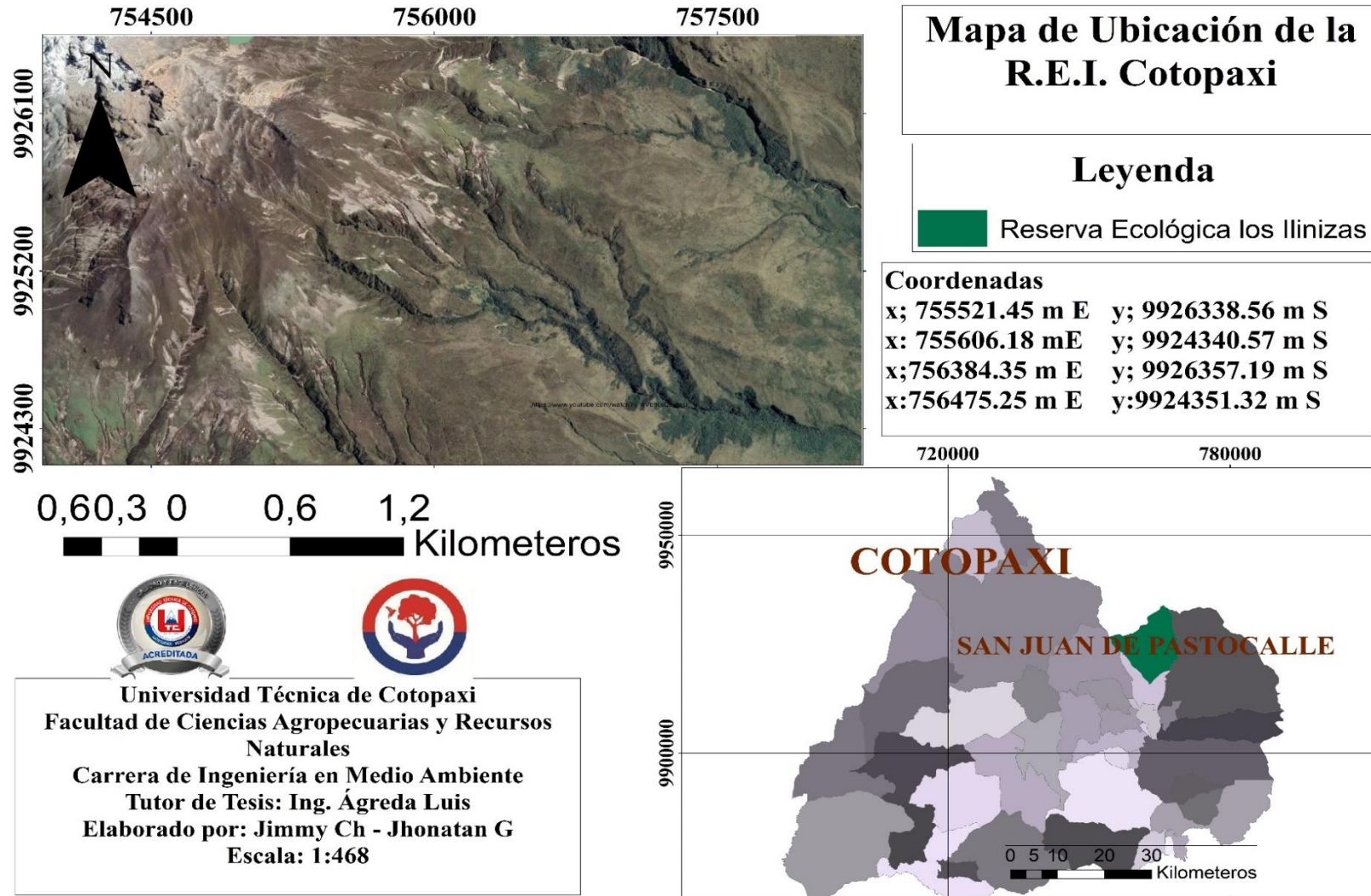
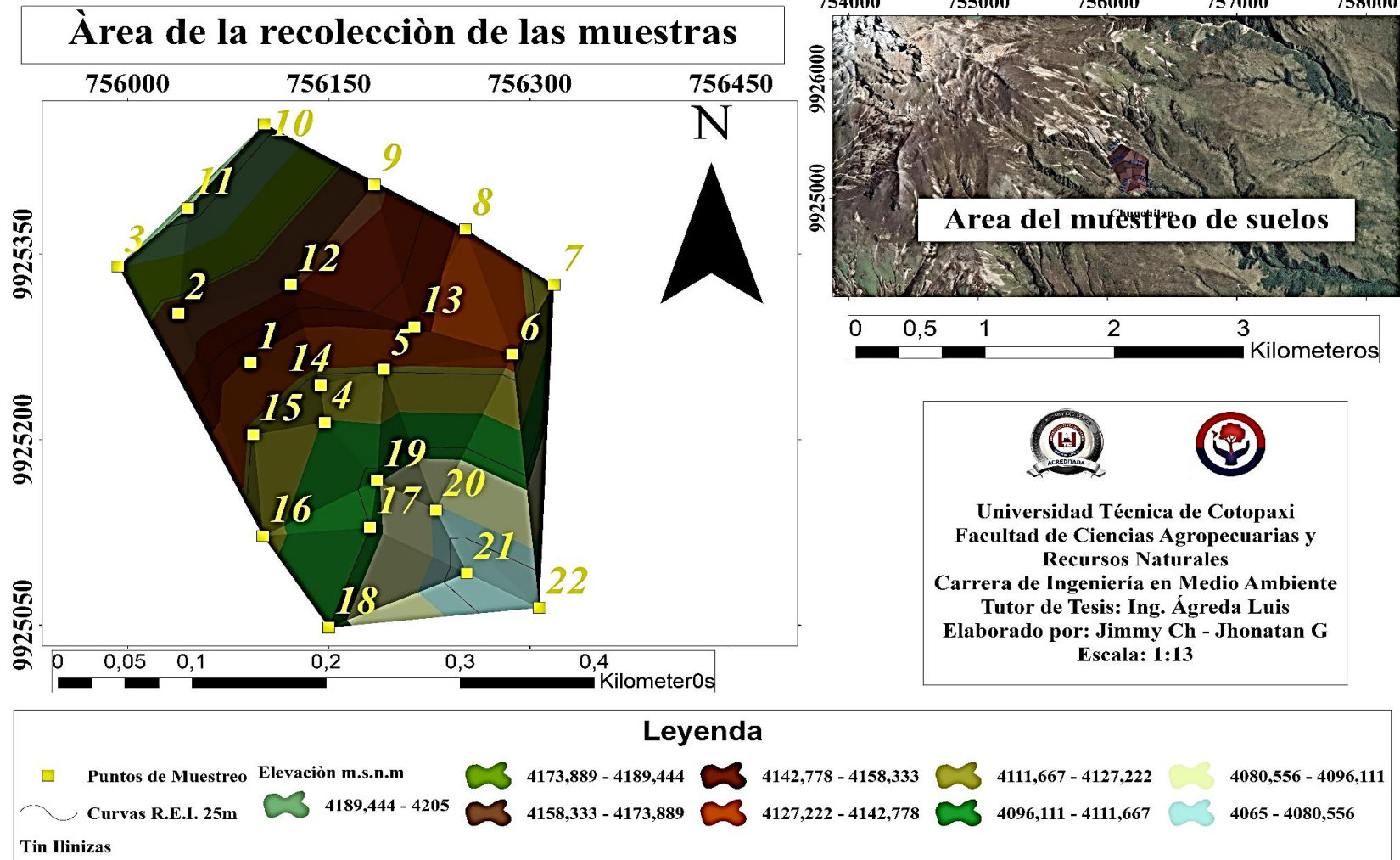


Figura 8

Ubicación del Área de Muestreo

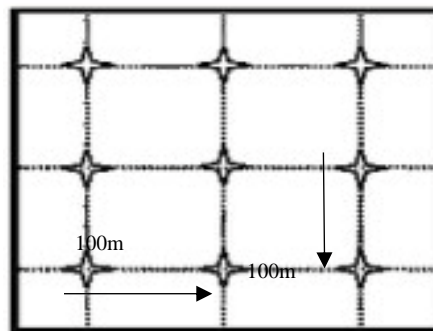


### 8.4.3. Metodología de Campo

**Fase de Investigación de Campo.** En primera instancia se muestreo el suelo de la Reserva Ecológica Illinizas de manera sistemática como lo establece el Acuerdo Ministerial 097-A. Previo al muestreo de los suelos se elaboró la cadena de custodia, en el cual se procedió a documentar la obtención de muestras, se estableció los medios de su transporte, la conservación y entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas de análisis mecánica y físico-químico. En rejillas de 100 metros como se muestra en la **figura 9**. Se procedió a tomar 22 muestras en los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas, la altitud de los suelos muestreados varía de 4205 – 4065 m.s.n.m.

**Figura 9**

Sistema de Rejilla de 100 m.



**Nota;** debido a la gran extensión de terreno que representa la Reserva Ecológica Illinizas se ha considerado muestrear en el sistema de rejilla cada 100 m. pero lo recomendable es de 10 a 20 m.

**Tabla 19**

Equipos y Materiales

**Fundas ziploc**



---

### Muestras de suelo



---

### Balanza de mano



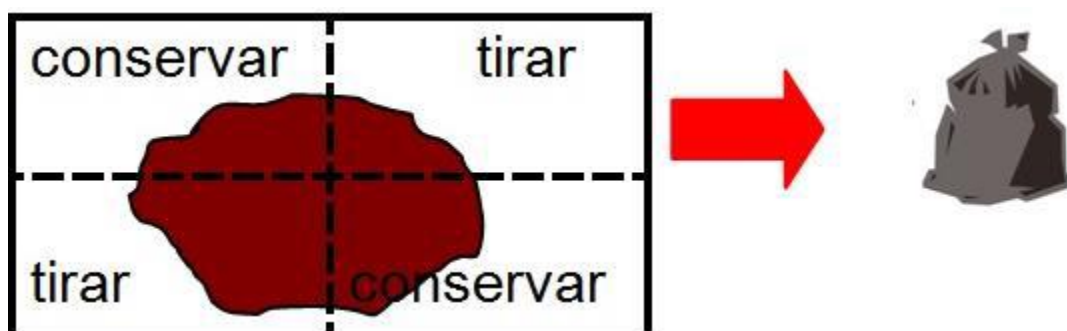
---

El elaborado por; Autores

En las fundas ziploc se procedió a tomar 4 kilos de suelo con la ayuda de una balanza de mano, resaltando la aplicación del método de cuarteo para obtener los mejores resultados.

### Figura 10

Cuarteo de los Suelos



**Nota;** El cuarteo se realiza cuando el muestreo supera los 2 kg. Éste consiste en mezclar la muestra compuesta, luego se divide en cruz, eliminando dos partes opuestas.

Finalmente se identificó la muestra compuesta mediante una tarjeta donde se colocó la fecha del muestreo, la altura y coordenadas previamente georreferenciadas con la ayuda del G.P.S. resaltando el previo establecimiento de parámetros para todas las muestras; toma de las

muestras a profundidad de arado de 10cm, identificado con el nombre de Reserva Ecológica Illinizas y la numeración de los puntos del 1 al 22.

#### **8.4.4. Caracterización del Suelo de la Reserva Ecológica Illinizas.**

##### **MEDIANTE EL MÉTODO DE CASAGRANDE.**

**Esto ensayo se realizó en base a la normativa ASTM D 4318-05 – 2216.** De la fracción que pasa el tamiz #40, se toma una cantidad de muestra, la que es mezclada con una espátula añadiendo agua si es preciso hasta que adopte una consistencia suave y uniforme. Hay que tener cuidado al agregar agua ya que en los suelos finos cantidades mínimas de agua producen un cambio significativo de estado de consistencia. Colocando una porción de esta mezcla en la copa de Casagrande, en un espesor de aproximadamente 10 mm, se procede a cortar la muestra mediante el ranurador, con una sola pasada. Se acciona la copa de Casagrande, contando el número de golpes necesario para que la parte inferior de la ranura se cierre 3mm. La ranura se cerró por flujo de suelo más no por deslizamiento del mismo. De la parte donde se genera la ranura se tomó una porción de suelo para determinar el contenido de humedad. Se repitió el proceso, variando su contenido de humedad para obtener muestras cuyo número de golpes esté comprendido entre 25 a 35, 20 a 30, 15 a 25. Para obtener el valor del límite líquido se procedió a secar los contenidos de humedad de cada muestra. Se dibujó estos valores en escala aritmética, así como el número de golpes de cada uno, los cuales irán en escala logarítmica en las abscisas. Se traza la línea que más se ajuste a los datos del ensayo. El valor de la ordenada correspondiente al punto cuya abscisa es 25 y cruce con la línea trazada será el valor del límite líquido. El segundo método que se utiliza para obtener el límite líquido se lo realiza de manera muy similar, la diferencia radica en la utilización de una fórmula para obtener el límite líquido. En este procedimiento se trata de acercarse con el ensayo hasta el número exacto de golpes para el límite líquido (25) este ensayo es conocido como el ensayo de un punto.

**8.4.4.1. Método Estándar Para el Límite Plástico. ASTM D 4318-05**

**Tabla 20**

Equipos y Materiales y Reactivos para el Análisis Mecánico de los Suelos

---

**Aparato de límite líquido, copa  
de Casagrande y ranurador  
plano**



**Placa de vidrio esmerilado**



---

**Espátula metálica**



---

**Cápsulas para mezclado y el contenido de humedad**



---

**Tamiz #40**



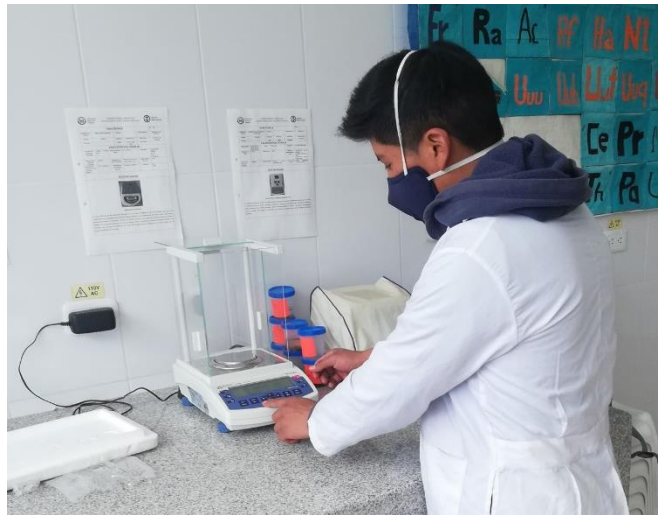
---

**Tamices diferentes medidas**



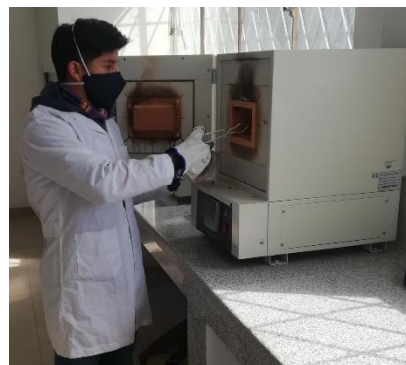
---

**Balanza**



---

**Horno**





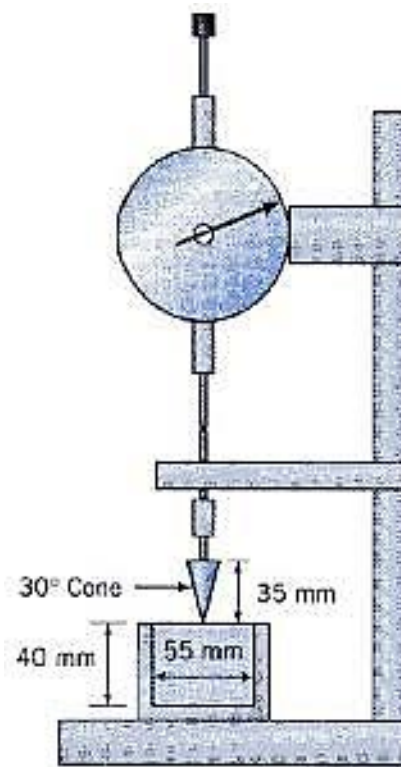
---

**Muestras de suelo**

---

**Agua destilada**

---

**Aparto de límite líquido,  
penetrómetro de cono**

---

**Cono de acero inoxidable**



---

**Recipientes de 55mm de diámetro y 40 mm de alto**



---

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de la Normativa ASMD;** 6913 - 2487. 00 - 4318-05.

La preparación para este ensayo es la misma que para el límite líquido, se preparó la muestra de suelo para poder llevar a cabo los dos ensayos. De la fracción de suelo que pasa el tamiz #40 se toma aproximadamente 15 gramos, se añadió agua hasta tener una pasta de consistencia suave y uniforme. Con esta mezcla se formó una masa elipsoidal, la cual se pone sobre el vidrio para formar un rollo de 3.2 mm de diámetro con la presión de los dedos, el tiempo de amasado no deberá ser superior a los 2 min. Se repitió este proceso 5 veces hasta que el cordón cilíndrico no presentó fisuras al llegar al diámetro indicado, 3.2 mm de diámetro, se tomó como válido aquel cilindro.

**Figura 11**

Rollos de 3.2mm



Este procedimiento se repitió hasta tener dos porciones de suelo con fisuras, de 6 gr mínimo. Para calcular el límite plástico se obtiene el contenido de humedad de las muestras, se realiza un promedio entre las humedades, el cual se tomó como el límite plástico del suelo. **Obtenido de;** Práctica de Laboratorio por Ernesto Guevara.

#### **8.4.4.2. Método de Cono Para Límite Líquido bs 1377-2:1990.**

El límite líquido es el contenido de humedad determinado de manera empírica en el cual el suelo pasa de un estado líquido a un estado plástico. Para poder realizar este ensayo se procedió a preparar la muestra de suelo bajo las mismas condiciones que para los ensayos anteriores, es decir se debe usar solamente la porción de suelo que pase el tamiz # 40.

El equipo que se debe usar es el siguiente

El procedimiento a seguir en este ensayo es bastante simple, este ensayo se traducirá de la manera más acertada de la norma británica, obteniendo así un documento valedero para su utilización.

#### **Procedimiento:**

- 1) Se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 300 g y se lo coloca dentro de las cápsulas de mezclado.
- 2) Se mezcla durante un periodo de 10 min usando una espátula. Se añadió más agua a la muestra de tal manera que la primera lectura del ensayo nos de cerca de los 15mm.

- 3) Se colocó una porción de suelo dentro de las cápsulas con una paleta, teniendo cuidado de que no quede aire atrapado en el recipiente. Se enrasa el recipiente con una espátula, para obtener una superficie lisa.
- 4) Una vez que la muestra de suelo se encontró bajo la base del penetrómetro, se ajustó el cono de manera que solamente la punta del mismo toque la superficie de la muestra, una manera de asegurarnos de esto es mediante pequeños movimientos de la cápsula, evidenciándose así marcas del cono en la superficie de la muestra. Se encero el micrómetro.
- 5) Se suelta el cono por un periodo de 5 segundos y se tomó la lectura en el micrómetro. Se anota la diferencia entre lecturas para obtener la penetración del cono.
- 6) Se levantó el cono y limpiar cuidadosamente evitando rayones.
- 7) Se añadió un poco de suelo húmedo a la cápsula, evitando que burbujas de aire queden atrapadas, se enraso la muestra y se repitió los pasos anteriores.
- 8) Se tomó el promedio ya que existió diferencias menores a 0.5 mm de lecturas entre la primera y la segunda prueba.
- 9) Después de determinar la penetración del cono, se debe determinar el contenido de humedad para dicho suelo, se tomó entonces 10 g de suelo del área penetrada por el cono.

**Figura 12**

Calibración del Penetrómetro de Cono



**Obtenido de;** Ensayo de determinación L.I por Jorge Henan.

### **Límite de Contracción**

El límite de contracción es la barrera entre el estado semisólido y el sólido.

El límite de contracción se lo puede definir como la humedad a la cual el suelo no presenta cambio de volumen.

Para determinar esta propiedad física del suelo se sigue el ensayo ASTM D 427, en el cual al igual que en los ensayos anteriores, se toma una muestra de suelo con partículas menores al tamiz #40, se debe adherir agua si es necesario para obtener una masa de suelo cuyo contenido de agua sea aproximadamente igual al límite líquido. Se llena un molde previamente pesado y del cual su volumen es conocido por medio de una resta se obtiene el peso húmedo del suelo. Se hace secar la muestra de suelo por medio de un horno a temperatura de 110 grados Celsius durante seis horas. Se saca la muestra y se toma su volumen mediante el método de Arquímedes al igual que el peso seco del suelo.

La relación de contracción indica el cambio de volumen que sufre el suelo con la variación de su contenido de humedad, debe notarse que es importante el conocer el cambio de volumen de la muestra ya que para cada ensayo le corresponde una relación diferente.

### **SUCS “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos”**

La forma original del SUCS fue propuesta por Casagrande en 1942 durante la segunda guerra mundial. Ya que en la actualidad este método es ampliamente usado en el campo de la ingeniería a pesar de una serie de limitaciones encontradas se empleó y para poder hacer uso de este sistema se tomó en cuenta que: La clasificación se basa en el material que pasa el tamiz 2.5 o 75 mm, excluyendo lo retenido en este tamiz, pero calculando su porcentaje en el suelo. La fracción gruesa es igual al porcentaje retenido en el tamiz 200, esto es  $100 -$ , igual a. La porción de finos es igual al porcentaje que pasa el tamiz 200. Grava es igual al porcentaje que se retiene en el tamiz número 4.

#### **8.4.4.3. Identificación de Sólidos Volátiles (Materia Orgánica).**

**Tabla 21**

Materiales y Reactivos

**Crisoles**



**Balanza****Mufla****Pinzas****Desecador**

---

## Suelo



---

**Elaborado por;** Autores

Para este análisis con las 22 muestras de la Reserva Ecológica Illinizas, se procede a pesar los crisoles vacíos (M0) en una balanza de precisión de 0,1 mg. Cuando los crisoles están húmedos se deben dejar a 400°C durante dos horas. Transcurrido este período de tiempo, cuando la mufla se puede abrir, usando guantes resistentes a la temperatura y pinzas, se sacan los crisoles y se dejan en un desecador hasta que alcanzan temperatura ambiente ya que dicha humedad afecta en el peso de los crisoles. Se pesaron aproximadamente 20 gramos de suelo seco al aire en cada crisol (M1). Se introdujo los crisoles con las muestras de suelo en el horno mufla y se procedió a programar la siguiente curva de temperaturas para alcanzar los 400°C de forma escalonada: 15 minutos 100°C, 15 minutos 200°C, 15 min 300°C y, finalmente, 16 horas a 400°C. Finalizado la programación, se dejó los crisoles en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente. Finalmente se realizó una nueva pesada (M2) de los crisoles en la balanza de precisión de 0,1 mg, **mirar la tabla 36.**

#### ***8.4.4.4. Metodología 7000b para el cálculo de contenido de Aluminio en el suelo***

Según la normativa citada se debe proceder a trabajar bajo la guía de la hoja SMSDS del Aluminio.

En la espectrofotometría de absorción atómica de aspiración directa, se aspira una muestra y atomizado en una llama, un haz de luz de una lámpara de cátodo hueco o una lámpara de descarga sin electrodos se dirige a través de la llama hacia un monocromador y hacia un detector que mide la cantidad de luz absorbida. La absorción depende de la presencia de átomos en estado fundamental no excitados libres en la llama. Debido a que la longitud de onda del haz de luz es característica únicamente del metal que se determina, la energía luminosa absorbida por la llama es una medida de la concentración de ese metal en la muestra. Este principio es la base de la espectrofotometría de absorción atómica.

La seguridad es responsabilidad del responsable, así como la adecuación que tenga el laboratorio, la actualización de los archivos en base a la OSHA con respecto al manejo seguro de químicos. Revisar **Anexo (7)**

**Tabla 22**

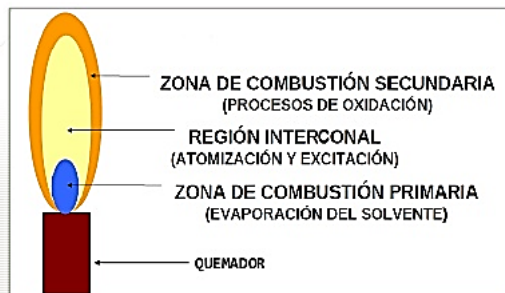
Equipos y Suministros

**Espectrofotómetro de absorción atómica**



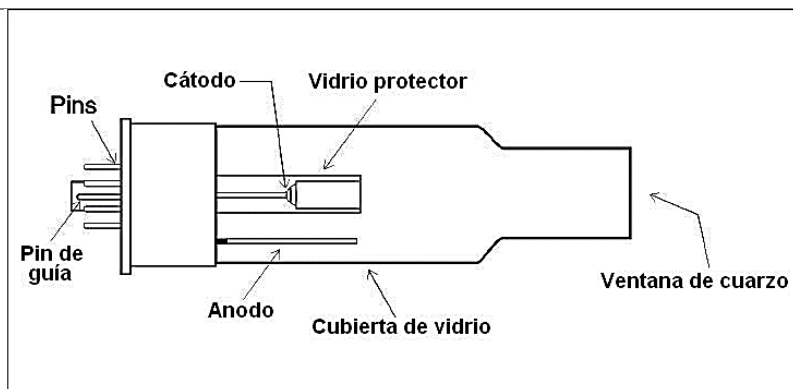
**Quemador de óxido nítrico**

**ESTRUCTURA DE LA LLAMA**



- El tamaño y aspecto de cada región depende del tipo de combustible oxidante y de su relación.
- La temperatura máxima se localiza a 1 cm de la zona de combustión primaria de la llama

**Lámparas de cátodo hueco**





**Pipetas - Clase A o  
microlitros con puntas  
desechables**



**Válvulas reductoras  
de presión**



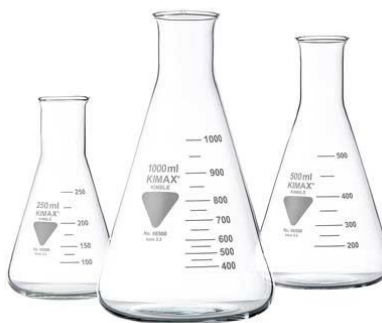
**Cristalería;  
polipropileno o  
fluorocarbono**



**frascos de muestras**



---

**Matraces**

---

**Pipetas**

---

**Reactivos**

---

**Ácido clorhídrico**

---

**Agua común**

---

**Ácido nítrico**

---

**Detergente**

---

**Elaborado por;** Autores

**Nota;** Se debe trabajar en lo más posible con los materiales establecidos por la normativa correspondiente.

**Procedimiento.** – Aluminio. Se realiza en base a la normativa **7000b**

Se disuelve 1.000 g de aluminio metálico en HCl diluido con suavidad se calienta y diluye a 1 L con agua reactiva.

Se Solubiliza o hasta conseguir digerir la muestra y hacer corrección de fondo

Elegir y preparar la lámpara adecuada para el análisis, calentar la lámpara durante un mínimo de 15 minutos.

Se ajusta y alinea el equipo, colocando el monocromador en la longitud de onda correcta, seleccionando el ancho de rendija del monocromador adecuado y ajustando la corriente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Se enciende la llama y regula el flujo de combustible y oxidante, ajustando la velocidad de flujo del quemador y del nebulizador para un porcentaje máximo de absorción y estabilidad.

**Equilibra el fotómetro**

Se ejecuta una serie de estándares del elemento bajo análisis, se construye una curva de calibración trazando las concentraciones de los estándares frente a las absorbancias. Se

configura el corrector de curva del instrumento de lectura directa para leer la concentración adecuada.

Se construye la curva de calibración y establece el corrector de curva o estándares de calibración, se deben preparar utilizando el mismo tipo de ácido. o combinación de ácidos y en la misma concentración que resultará en las muestras después del procesamiento, comenzando con el blanco de calibración y trabajando hacia el más alto estándar, se aspira las soluciones y registra las lecturas. Se repite la operación con los estándares de calibración y las muestras un número suficiente de veces para asegurar una lectura promedio para cada solución. Siempre se requieren curvas de calibración.

Se aspira las muestras y determina las concentraciones directamente o de la curva de calibración. Los estándares deben procesarse cada vez que se procesa una muestra o una serie de muestras.

#### 8.4.4.5. Metodología determinación de pH, suelo agua 1:2,5.

**Tabla 23**

Equipos y Materiales

**Balanza analítica Scientech, código  
SFNEM/030**



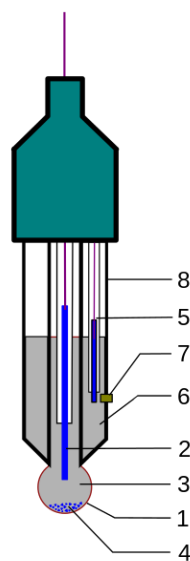
**Balanza analítica**

- Mín. 50 mg
- Máx. 250 – 300 g
- $\pm 0,1$  mg
- Para química analítica
- Control de condiciones externas

**Potenciómetro de mesa Mettler  
Toledo/Seven Multi código SFA/  
EM/025**



---

**Electrodos de vidrio**

---

**Materiales**

---

**Vasos plásticos de 50 ml****Varillas de agitación de vidrio**

---

**Papel absorbente**

---

**Agua destilada**

---

**Reactivos**

---

**Soluciones buffer pH: 4-7 y 10**

---

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido;** Norma pH en agua (1;2,5)

Par este procedimiento se estableció previamente la normativa y seguidamente. Se procedió a pesar 10 g de suelo en el vaso plástico de 50 ml. Se agrega 25 ml de agua destilada y se mezcla manualmente durante 5 minutos con ayuda de una varilla de agitación.

Se deja en reposo durante 60 minutos aproximadamente, se recomienda agitar enérgicamente con la varilla de vidrio la suspensión, se lava el electrodo con agua destilada, para introducir en la zona media del sobrenadante (cuidando de no apoyar el electrodo en las paredes) y se

realiza la medición. Se lava el electrodo con agua destilada antes de cada medición. El equipo corrige variaciones de temperatura. Para registrar los datos el resultado que se genera por lectura directa de potenciómetro se procede con los cálculos como se establece en la normativa correspondiente.

#### ***8.4.4.6. Análisis de los Elementos con más Concentración de la Reserva Ecológica Illinizas.***

El análisis se realiza en base a la normativa establecida para Procedimiento Específico de Ensayo Determinación de Ca y Mg Asimilables en Suelos-Método Olsen Modificado

**Tabla 24**

Materiales Equipos y Reactivos para la Determinación de Ca, Mg, Fe, Cu y Mn

---

**Espectrofotómetro de absorción  
atómica**



---

**Balanza analítica**



---

**Agitador magnético**



**Vortex****Plancha de calentamiento****Agitador orbital****Potenci6metro****Sorbona**



---

**Balón aforado de 50, 100, 200,  
1000 y 2000 ml**



---

**Pipetas volumétricas de 1, 2, 3, 4,  
5, 10, 20, 50 y 100 ml**



---

**Dispensador automático de 25  
ml**



---

**Tubos de ensayo y gradillas**



---

**Pipeta automática de 100 - 1000**

**$\mu\text{l}$**

**Pipeta automática de 1 - 10 ml**

**Puntas para pipetas de 1000  $\mu\text{l}$  y**

**10 ml**



---

**Papel aluminio**



---

**Agua destilada**



---

**Reactivos**

---

**Óxido de lantano G.R.**



---

**Ácido clorhídrico concentrado**  
**G.R.**



---

**Estándar comercial de 1000 ppm**  
**de K**  
**Estándar comercial de 1000 ppm**  
**de Mg**  
**Estándar comercial de 1000 ppm**  
**de Ca**



---

**Estándar comercial de 1000 ppm**  
**de Fe, Cu y Mn y Zn**



---

**Bicarbonato de sodio**

---

**EDTA**

---

**Hidróxido de sodio G.R**

---

**Agua común**

---

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido;** Norma 7000b

**Procedimiento**

- Elaborar el blanco y los siguientes estándares. Para K: 12.5 - 25.0- 37.5 y 50.0 ppm  
Para Ca: 62.5 - 125.0 - 187.5 y 250 ppm  
Para Mg: 7.5 - 15 - 22.5 y 30.0 ppm
- Se coloca en un tubo de ensayo 1 ml del extracto de suelo con una pipeta automática.
- Se añaden 9 ml de agua tipo I y 15 ml de óxido de lantano al 1 %.
- Se agita la mezcla contenida en el tubo con el vortex.

- Se coloca la lámpara y cargar en el software del espectrofotómetro de absorción atómica el método del elemento a determinar.
- Se debe encender el quemador y encerrar el equipo con el blanco.
- Para realizar la curva de calibración en el equipo, ingresando como cero el blanco.
- Se debe leer las absorbancias de las muestras y determinar la concentración del analito en ppm.

**Para realizar Tratamiento de Resultados. Se debe revisar Incertidumbre asociada en la normativa citada.**

- Aforar los balones a 100 ml con solución extractora de Olsen modificado y homogeneizar las soluciones.
- El estándar 1 es el blanco de calibración de la curva.
- El estándar 5 es la misma solución madre para todos los metales.
- Almacenar las soluciones estándar en frascos plásticos perfectamente limpios y bien etiquetados en refrigeración, por un tiempo máximo de un mes.

d) Elaboración de los estándares para todos los elementos

- Colocar en un tubo de ensayo de 25 ml perfectamente limpio 1 ml de cada estándar con una pipeta automática.
- Añadir 4 ml de óxido de lantano al 1 % con un dispensador automático.
- Añadir 20 ml de agua tipo I y homogenizar la solución.
- **Revisar la tabla 12 - 15 para la interpretación del Ca y Mg**

**El Procedimiento Específico de Ensayo Determinación de Fe, Cu, Mn Asimilables en Suelos – Método Olsen Modificado**

- **Revisar la normativa y la tabla 24 para proceder con la;** descripción, materiales, reactivos
- **Revisar en la Normativa los Materiales de Referencia y las Condiciones Ambientales.**

### **Procedimiento.**

#### **Se elabora los siguientes estándares**

Para Fe: 12.5 - 25.0 - 37.5 y 50.0 ppm

Para Cu: 0.75 - 1.50 - 2.25 y 3.00 ppm

Para Mn: 0.75 - 1.50 - 2.25 y 3.00 ppm

- Se enciende la lámpara y se carga en el software del espectrofotómetro de absorción atómica el método del elemento a determinar.
- Se enciende el quemador y se encera el equipo con el blanco, que es una solución extractora de Olsen modificado.
- Se realiza la curva de calibración en el equipo tomando como cero de la curva el blanco.
- Se leen las absorbancias de las muestras y se determina la concentración del analito en mg/kg.

**Nota;** A menudo se presenta el caso en el que se realiza una dilución en una muestra, para ello se utiliza la solución extractora de Olsen modificado como solvente.

#### **Preparación de la solución extractora de Olsen modificado.**

- Se pesa en una cápsula de porcelana 84,6 g de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y 7.44 g de EDTA.
- Se trasvasa cuantitativamente la mezcla de reactivos a un balón aforado de 2 l.
- Se disolvió los reactivos con agua destilada tipo I y se procede a llenar de agua el balón hasta cerca de la línea de aforo.
- Se ajusta el pH a 8.5 disolviendo lentejas de hidróxido de sodio con ayuda de agitación magnética.
- Se afora con agua tipo I y homogeneizar la solución.

#### **Elaboración de estándares para la curva de calibración**

##### **a) Elaboración de la solución madre para todos los metales**

- Se prepara 1000 ml de solución madre de la siguiente manera: Se toma 50 ml de estándar de Fe de 1000 ppm con pipeta volumétrica; se toma 3 ml de estándar de Cu de 1000 ppm con pipeta volumétrica y 3 ml de estándar de 1000 ppm de Mn con pipeta volumétrica, aforar con agua tipo I.

b) **La elaboración de los estándares para todos los elementos**

- Se coloca en balones aforados de 200 ml perfectamente limpios, la siguiente cantidad de solución madre con la ayuda de pipetas volumétricas:
- Se afora los balones a 200 ml con solución extractora de Olsen modificado y homogenizar las soluciones.
- El estándar les el blanco de calibración de la curva (solución Olsen modificado)
- El estándar 5 es la misma solución madre para todos los metales.
- Se almacenan las soluciones estándar en frascos plásticos perfectamente limpios y bien etiquetados en refrigeración, por un tiempo máximo de un mes.

**Para el cálculo se;**

- a) Se corre la curva de calibración ingresando en el equipo las concentraciones de 12.5 - 25.0 - 37.5 y 50.0 ppm para Fe; 0.75 - 1.50 - 2.25 y 3.00 ppm para Cu y 0.75 1.50 - 2.25 y 3.00 ppm para Mn, y luego multiplicar los resultados obtenidos del espectrofotómetro por el factor de dilución de 10, que resulta de la preparación del extracto de suelos con Olsen modificado
- b) Se corre la curva de calibración ingresando en el equipo las concentraciones de 125 - 250 - 375 - 500 ppm para Fe; 7.5 - 15.0 - 22.5 - 30.0 para Cu; y 7.5 - 15.0 - 22.5 - 30.0 para Mn, con la finalidad de reportar directamente el valor proporcionado por el espectrofotómetro.

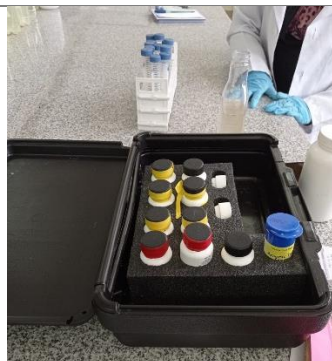
**8.4.4.7. Medición de arsénico con el test colorimétrico con tiras de ensayo, reactivos 0,02 – 0,05 – 0,1 – 0,2 – 0,5 gm/As 0,1 – 0,5 – 1,0 – 3,0 mg/l As MQuant Merck.**

En la universidad técnica de Cotopaxi en los laboratorios de la facultad CAREN, Salache previo a la respectiva gestión, se procedió a preparar los siguientes materiales, reactivos y equipos para determinar en contenido natural del arsénico presente en el suelo del área de estudio.

Tabla 25

## Equipos y Materiales

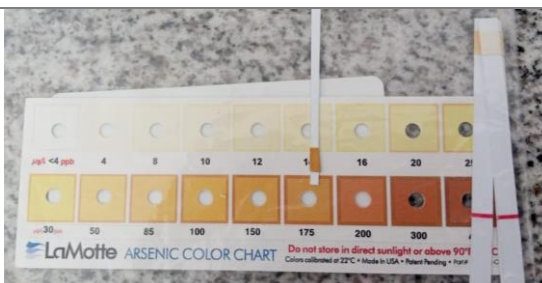
**MQuant Merck “test  
colorimétrico con tiras de  
ensayo”**



**Agua destilada**



**Tiras de ensayo para determinar  
el arsénico**



**Balanza analítica**





---

**Suelos**



**Matraces Erlenmeyer 250 ml**

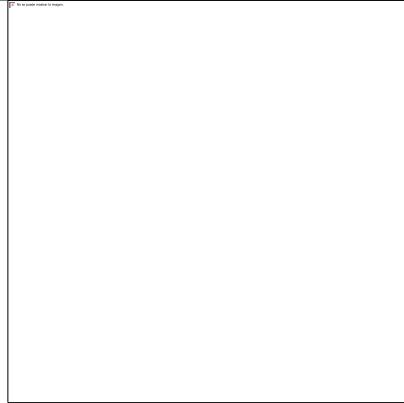


**Agitador**



---

**Tubos Falcon 15 ml**



---

**Centrifuga**



---

**Frasco hermético**



---

**Elaborado por;** Autores.

1. Se procedió a verter el agua destilada en los Matraces Erlenmeyer de 250 mililitros, en cada ensayo se usó 1000 miligramos de las muestras de suelo.
2. Una vez que se obtuvo el reactivo se procedió con la ayuda del agitador a la mezcla por 24 horas a 250 rpm ya que, es un tiempo considerable para que la mezcla este homogeneizada.
3. En el siguiente proceso se vertió nuevamente una vez agitado en los tubos de ensayo. Con la ayuda de la centrifuga se procedió a separar el suelo “adsorbente” del agua destilada, durante 15 minutos, para determinar el arsénico total en el líquido sobrenadante.
4. Una vez realizado todos los pasos se procedió a medir la concentración del arsénico con la ayuda de un frasco herméticamente sellado y las tiras colorimétricas.

## 8.5. Resultados

### 8.5.1. Resultado 1

Establecer las muestras de los suelos del área

**Tabla 26**

Coordenadas del Área Muestreada de Suelos

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>z</b>
<b>1</b>	756092	9925262	4141 msnm
<b>2</b>	756038	9925302	4169 msnm
<b>3</b>	755993	9925340	4190 msnm
<b>4</b>	756147	9925214	4111 msnm
<b>5</b>	756191	9925257	4126 msnm
<b>6</b>	756287	9925269	4132 msnm
<b>7</b>	756318	9925325	4119 msnm
<b>8</b>	756252	9925370	4141 msnm
<b>9</b>	756184	9925406	4161 msnm

---

<b>10</b>	756102	9925455	4204 msnm
<b>11</b>	756045	9925387	4205 msnm
<b>12</b>	756122	9925325	4159 msnm
<b>13</b>	756214	9925291	4145 msnm
<b>14</b>	756144	9925244	4121 msnm
<b>15</b>	756094	9925204	4124 msnm
<b>16</b>	756101	9925122	4115 msnm
<b>17</b>	756181	9925129	4100 msnm
<b>18</b>	756150	9925048	4100 msnm
<b>19</b>	756186	9925167	4097 msnm
<b>20</b>	756230	9925143	4079 msnm
<b>21</b>	756253	9925092	4070 msnm

22	756307	9925064	4065
			msnm

Elaborado por; Autores

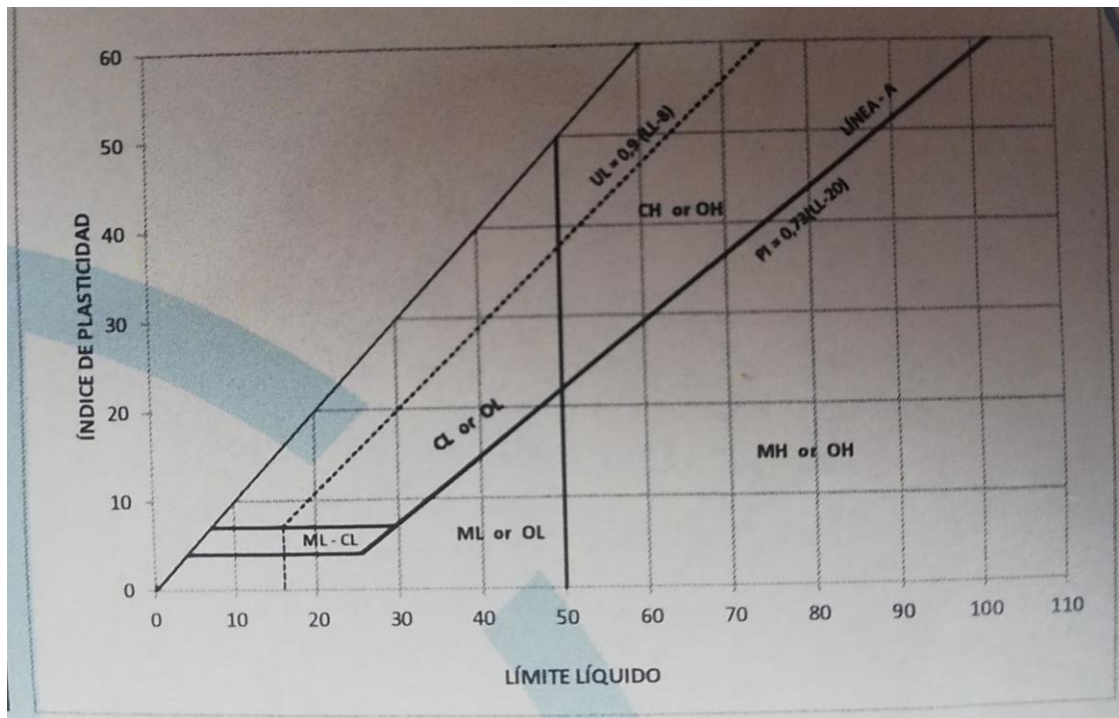
### 8.5.2. Resultado 2

Examinar las muestras tomadas de forma mecánica y fisicoquímica mediante el análisis de laboratorio en un tiempo determinado.

#### 8.5.2.1. Método de Atterberg

**Figura 13**

Carta de Plasticidad SUCS



Obtenido de; Laboratorio de la PUCE de Quito

**Tabla 27**

Contenido de Humedad Norma – ASTM D 2216

<b>Pcap.</b>	<b>Pcap.+sh.</b>	<b>Pcap.+ss.</b>	<b>%Humedad</b>	<b>%Hum. Promedio</b>
17,28	69,42	36,75	167,80	167,58
17,72	67,13	36,20	167,37	

**Nota;** Esta tabla representa el valor para las muestras de suelo de la Reserva Ecológica Illinizas que no presentaron factores de erosión por las condiciones naturales de la zona de estudio. Elaborado por; Autores, Obtenido de; Laboratorio de la PUCE de Quito

**Tabla 28**

Límite Plástico – Norma ASTM D 4318

<b>Pcap.</b>	<b>Pcap.+sh.</b>	<b>Pcap.+ss.</b>	<b>%Humedad</b>	<b>%Hum. Promedio</b>
<b>10,39</b>	20,06	15,22	100,21	100,39
<b>8,77</b>	19,40	14,07	100,57	

**Elaborado por;** Autores,  
**Obtenido de;** Laboratorio de la PUCE de Quito.

**Tabla 29**

Limite Liquido – Norma ASTM D 4318

<b>A</b>	<b>MÉTODO MULTIPUNTO</b>
----------	--------------------------

<b>Nº Golpes</b>	<b>Pcap.</b>	<b>Pcap.+sh.</b>	<b>Pcap.+ss.</b>	<b>%Humedad</b>
<b>34</b>	8,64	25,66	15,55	146,31
<b>26</b>	9,06	26,83	16,23	147,84
<b>17</b>	9,22	26,38	16,06	150,88

**Elaborado por;** Autores,  
**Obtenido de;** Laboratorio de la PUCE de Quito.

**Tabla 30**

## Resultados Mecánica del Suelo

<b>Puntos</b>	<b>%Humedad</b>	<b>% L.L</b>	<b>L.P</b>	<b>I.P</b>
<b>1</b>	97	88	43	45
<b>2</b>	N.P	N.P	N.P	N.P
<b>4</b>	N.P	N.P	N.P	N.P
<b>10</b>	96	89	43	46
<b>12</b>	97	89	43	46
<b>13</b>	N.P	N.P	N.P	N.P
<b>15</b>	95	86	43	43
<b>16</b>	N.P	N.P	N.P	N.P
<b>17</b>	97	87	43	44
<b>20</b>	96	88	43	45
<b>22</b>	94	89	43	46

**Nota;** Se analizó 11 puntos significativos por cada 25 msnm, obteniendo resultados que no entran en la clasificación de la Normativa ASTM D 4318 “N.P” esto se debe a factores externos como la erosión provocada por las lluvias en las partes altas. Elaborado por Autores, Obtenido de; Laboratorio de la PUCE de Quito.

**Tabla 31**

Análisis Granulométrico – Norma ASTM D 6913

<b>Tamiz N°</b>	<b>3"</b>	<b>2"</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>1"</b>	<b>3/4"</b>	<b>3/8"</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>200</b>
<b>Abertura (mm)</b>	<b>75,0</b>	<b>50,0</b>	<b>37,5</b>	<b>25,0</b>	<b>19,0</b>	<b>9,5</b>	<b>4,75</b>	<b>2,0</b>	<b>0,425</b>	<b>0,075</b>
<b>% Retenido</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	7,77	20,94
<b>%Que Pasa</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>99,4</b>	<b>92,2</b>	<b>79,1</b>

**Nota;** Esta tabla representa el promedio del análisis granulométrico de los suelos que no fueron alterados por los factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas

**Tabla 32**

Análisis Granulométrico – Norma ASTM D 6913

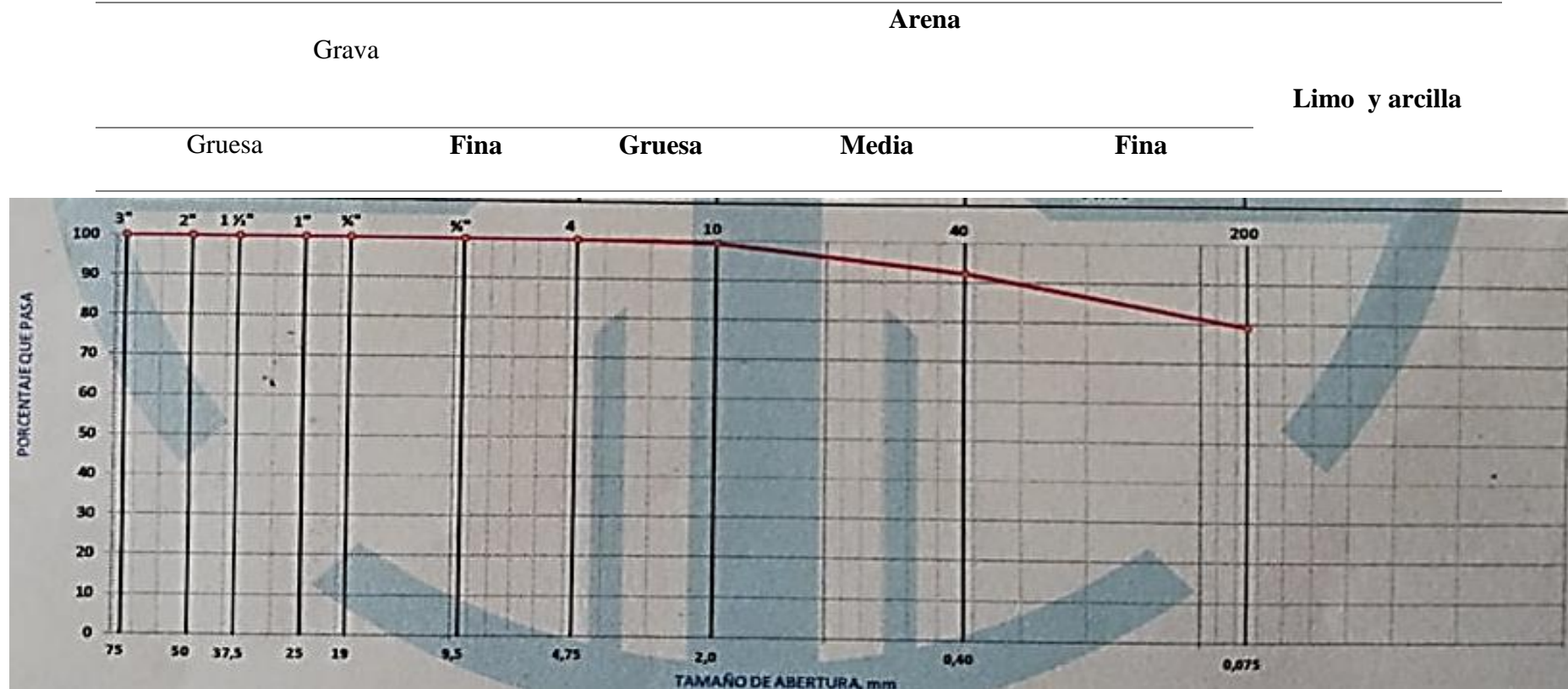
<b>Tamiz N°</b>	<b>3"</b>	<b>2"</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>1"</b>	<b>3/4"</b>	<b>3/8"</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>200</b>
<b>Abertura (mm)</b>	<b>75,0</b>	<b>50,0</b>	<b>37,5</b>	<b>25,0</b>	<b>19,0</b>	<b>9,5</b>	<b>4,75</b>	<b>2,0</b>	<b>0,425</b>	<b>0,075</b>
<b>% Retenido</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	3,69	31,15	65,41
<b>%Que Pasa</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>99,3</b>	<b>96,3</b>	<b>68,9</b>	<b>34,6</b>

**Nota;** Esta tabla representa el promedio del análisis granulométrico de los suelos que fueron alterados por los factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas.



Tabla 33

Análisis Granulométrico

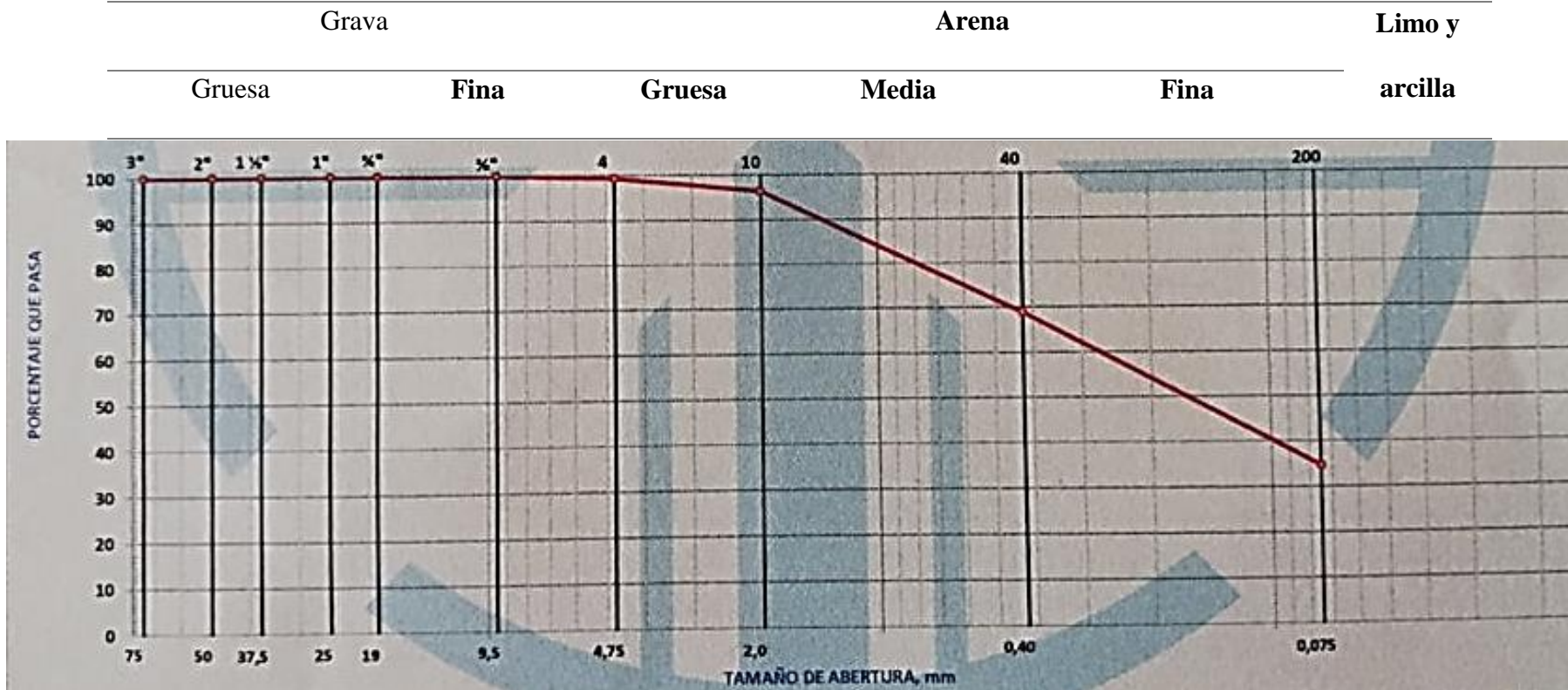
**Curva Granulométrica**

**Nota;** esta tabla representa la curva promedio de los suelos que no presentan alteración a la hora del muestreo por factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas Obtenido de; Laboratorio PUCE Quito

**Tabla 34**

Análisis Granulométrico

**Curva Granulométrica**



**Nota;** esta tabla representa la curva promedio de los suelos que presentaron alteraciones a la hora del muestreo por factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas Obtenido de; Laboratorio PUCE Quito.

Tabla 35

## Análisis Granulométrico

Puntos	Grava (%)	Arena %	Finos (%)
1	0	20	77
2	1	64	34
4	1	66	32
10	0	22	80
12	0	21	77
13	1	66	32
15	0	21	78
16	1	65	35
17	0	21	79
20	0	20	78
22	0	22	79

**Nota;** En la tabla se presentan los resultados obtenidos tanto “de la curva promedio de los suelos que presentaron alteraciones a la hora del muestreo por factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas” “La curva promedio de los suelos que no presentan alteración a la hora del muestreo por factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas”. Elaborado por; Autores. Obtenido de; Laboratorio PUCE Quito.

#### 8.5.2.2. Identificación de Sólidos Volátiles (Materia Orgánica).

Tabla 36

## Resultados para la Identificación de Sólidos Volátiles

Muestra	(M.0) g	(M.1) g	(M.2) g	%M.O.
Punto 1	61,52	81,52	77,75	18,85
Punto 2	63,88	83,88	81,60	11,40
Punto 3	65,65	85,65	82,13	17,60
Punto 4	61,52	81,52	79,44	10,4
Punto 5	63,88	83,88	80,51	16,85

<b>Punto 6</b>	65,65	85,65	80,85	24
<b>Punto 7</b>	61,52	81.52	75,80	28,65
<b>Punto 8</b>	63,88	83,88	78,42	27,30
<b>Punto 9</b>	65,65	85,65	80,90	23,75
<b>Punto 10</b>	61,52	81.52	78,90	21,35
<b>Punto 11</b>	63,88	83,88	79,60	21,40
<b>Punto 12</b>	65,65	85,65	81,46	20,95
<b>Punto 13</b>	61,52	81.52	78,95	12,85
<b>Punto 14</b>	63,88	83,88	79,45	19,40
<b>Punto 15</b>	65,65	85,65	81,49	20,80
<b>Punto 16</b>	61,52	81.52	79,25	11,35
<b>Punto 17</b>	63,88	83,88	79,75	18,90
<b>Punto 18</b>	65,65	85,65	81,12	22,65
<b>Punto 19</b>	61,52	81.52	75,98	27,70
<b>Punto 20</b>	63,88	83,88	78,95	24,65
<b>Punto 21</b>	65,65	85,65	81,50	19,25
<b>Punto 22</b>	61,52	81.52	77,45	20,35

Elaborado por; Autores

El contenido en materia orgánica será:

### Ecuación 3

Calculo del % de M.O.

$$\%M. O. = \frac{M. 1 - M. 2}{M. 1 - M. 0} \times 100$$

**Donde:**

**M<sub>0</sub>** = peso en gramos del crisol

**M<sub>1</sub>** = peso en gramos del crisol y la muestra seca a 105°C

**M<sub>2</sub>** = peso en gramos del crisol y la muestra tras su incineración

8.5.2.3. Resultados del método 7000b para el aluminio en el suelo

**Tabla 37**

Concentración de Aluminio

<b>Puntos</b>	<b>Al (mg/kg)</b>	<b>Interpretación</b>
1	7,14	Alto
2	12,05	Alto
3	7,50	Alto
4	13,43	Muy Alto
5	7,17	Alto
6	7,00	Alto
7	6,87	Alto
8	7,45	Alto
9	7,47	Alto
10	7,67	Alto
11	7,60	Alto
12	7,45	Alto
13	8,15	Muy Alto
14	6,07	Medio
15	6,06	Medio
16	7,89	Alto
17	0,27	Muy Bajo
18	0,45	Muy Bajo
19	4,89	Medio
20	2,59	Medio
21	4,75	Medio
22	0,30	Muy Bajo

**Nota:** Se debe trabajar en lo más posible con los materiales de referencia SFA/MRC005.  
**Elaborado por;** Autores

8.5.2.4. Resultados del análisis de pH. Suelo Agua 1:2,5

**Tabla 38**

Resultados de pH

Punto	pH	Interpretación
1	6,14	Moderadamente ácido
2	5,10	Moderadamente ácido
3	5,56	Moderadamente ácido
4	5,9	Moderadamente ácido
5	5,71	Moderadamente ácido
6	5,61	Moderadamente ácido
7	5,63	Moderadamente ácido
8	5,79	Moderadamente ácido
9	5,97	Moderadamente ácido
10	5,43	Moderadamente ácido
11	5,39	Moderadamente ácido
12	6,37	Moderadamente ácido
13	5,04	Moderadamente ácido
14	6,82	Neutro
15	6,90	Neutro
16	5,02	Ácido
17	8,00	Moderadamente alcalino
18	8,19	Moderadamente alcalino
19	8,15	Moderadamente ácido
20	8,17	Moderadamente ácido
21	5,54	Moderadamente ácido
22	5,93	Moderadamente ácido

**Nota;** Los resultados marcados con letras rojas son aquellas que al momento de ser muestreadas tuvieron factores naturales involucrados y ello provoca una alteración en el

análisis de laboratorio. **Elaborado por;** Autores. **Obtenido de;** Análisis de Laboratorio INIAP Quito.

**8.5.2.5. Resultados del Análisis de los Elementos con más Concentración de la Reserva Ecológica Illinizas.**

**Los resultados se reportan de la medida directa del equipo.**

**Tabla 39**

Resultado del Análisis de (Fe) (Mn) (Mg) (Cu) (Ca)

<b>Puntos</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>Mn (ppm)</b>	<b>Mg (meq/100g)</b>	<b>Ca (meq/100g)</b>	<b>Cu (meq/100g)</b>
<b>1</b>	1500 Alto	6 Medio	1,00 Alto	4,89 Alto	6,54 Alto
<b>2</b>	2000 Alto	1,00 Bajo	0 ,10 Bajo	0,02 Bajo	0,02 Bajo
<b>3</b>	1450 Alto	6,70 Medio	0,90 Alto	6, 12 Aalto	5,90 Alto
<b>4</b>	2300 Alto	1,54 Bajo	0,07 Bajo	0,01 Bajo	0,02 Bajo
<b>5</b>	1245 Alto	8,00 Medio	0,91 Alto	5,30 Alto	6,23 Alto
<b>6</b>	1253 Alto	7,5 Medio	0,88 Alto	5,15 Alto	6,6 Alto
<b>7</b>	1300 Alto	9, 14 Medio	2,12 Alto	13,45 Alto	5,90 Alto
<b>8</b>	1275 Alto	9,66 Medio	2,14 Alto	14,05 Alto	5,67 Alto
<b>9</b>	1255 Alto	10,2 Medio	2,20 Alto	14,19 Alto	6,3 Alto
<b>10</b>	1190 Alto	9,60 Medio	1,75 Alto	13,65 Alto	5,90 Alto

11	1187 Alto	9,50 Medio	1,74 Alto	13,45 Alto	5,60 Alto
12	1368 Alto	11,09 Medio	2,65 Alto	15,65 Alto	6,54 Alto
13	2340 Alto	1,60 Bajo	0,06 Bajo	0,12 Bajo	0,10 Bajo
14	2379 Alto	2,33 Bajo	2,35 Alto	1,74 Medio	4,45 Alto
15	2400 Alto	2,54 Bajo	2,54 Alto	1,60 Medio	4,65 Alto
16	2356 Alto	2,45 Bajo	0,05 Bajo	0,17 Bajo	0,12 Bajo
17	153 Alto	5,23 Medio	0,45 Medio	4,62 Alto	5,10 Alto
18	200 Alto	13,2 Medio	1,95 Alto	15,10 Alto	4,2 Alto
19	300 Alto	6,07 Medio	0,46 Medio	5,05 Alto	5,00 Alto
20	576 Alto	6,65 Medio	0,74 Medio	6,00 Alto	6,12 Alto
21	1110 Alto	13,7 Medio	1,60 Alto	12,28 Alto	5,4 Alto
22	153 Alto	5,3 Medio	0,43 Medio	4,48 Alto	4,9 Alto

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Análisis de Laboratorio INIAP Quito.

**Revisar la normativa para el aseguramiento de la calidad** (Kloster et al., 2007).

#### **8.5.2.6. Resultados de la Medición de Arsénico en el Suelo.**

Con la ayuda del Test de arsénico colorimétrico con tiras de ensayo se obtiene las siguientes concentraciones de arsénico natural en el suelo del área de estudio.



**Tabla 40**

Resultados de la Concentración del Arsénico en el Suelo

<b>Puntos</b>	<b>Arsénico mg/kg</b>
<b>1</b>	14
<b>2</b>	7
<b>3</b>	10
<b>4</b>	3
<b>5</b>	12
<b>6</b>	13
<b>7</b>	15
<b>8</b>	14
<b>9</b>	9
<b>10</b>	10
<b>11</b>	15
<b>12</b>	14,75
<b>13</b>	10
<b>14</b>	9,7
<b>15</b>	10
<b>16</b>	3
<b>17</b>	7,6
<b>18</b>	8,2
<b>19</b>	7,8
<b>20</b>	9,3
<b>21</b>	13
<b>22</b>	12

**Elaborado por;** Autores**8.5.3. Resultado 3.**

Determinar la calidad de los suelos del área de estudio en base a los datos obtenidos mediante modelos estadísticos arrojados por el Software InfoStat.

**8.5.3.1. Análisis estadístico de los Resultados del Método de Atterberg**

**Tabla 41**

Análisis de las Frecuencias de los Parámetros de Atterberg

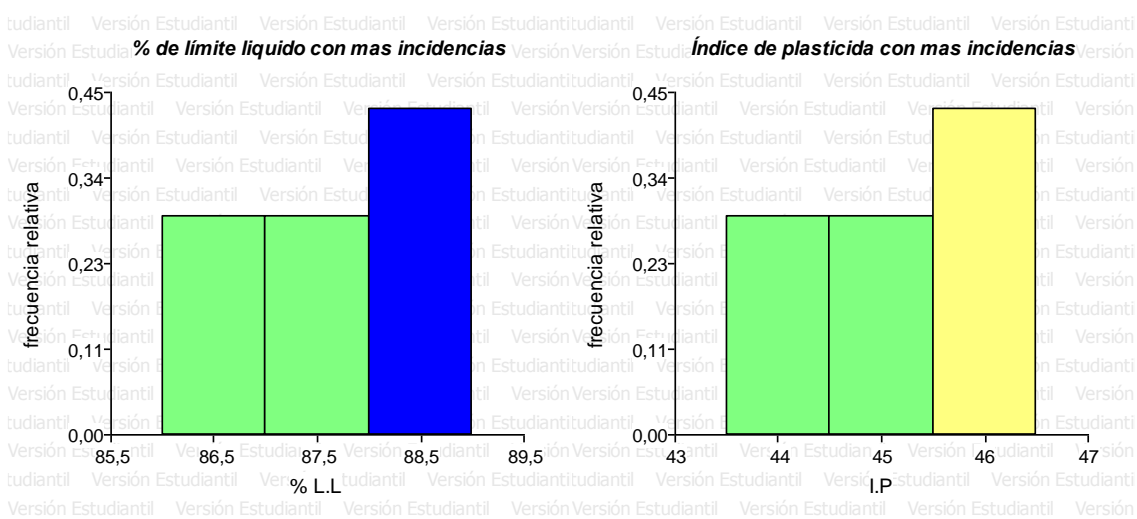
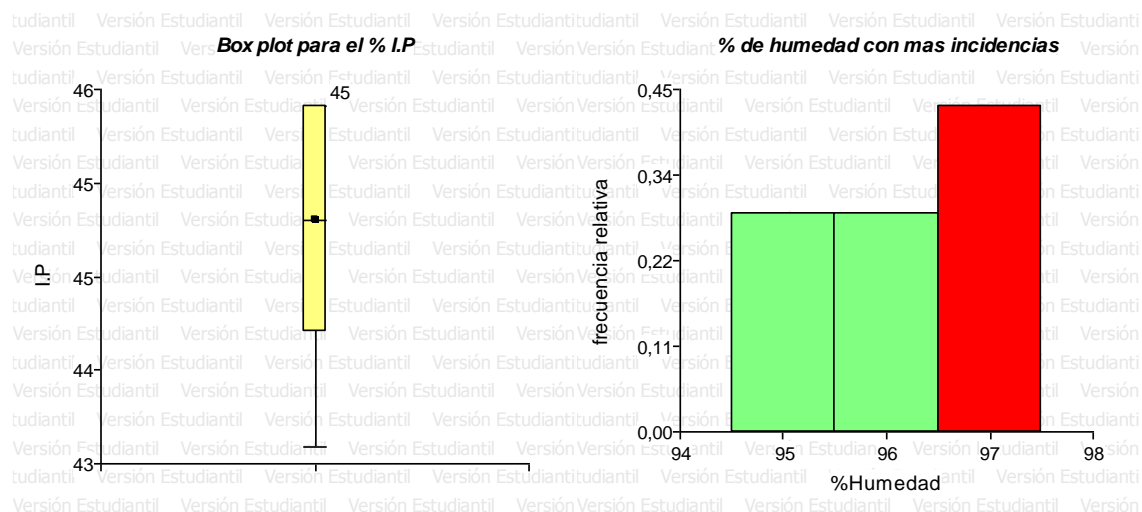
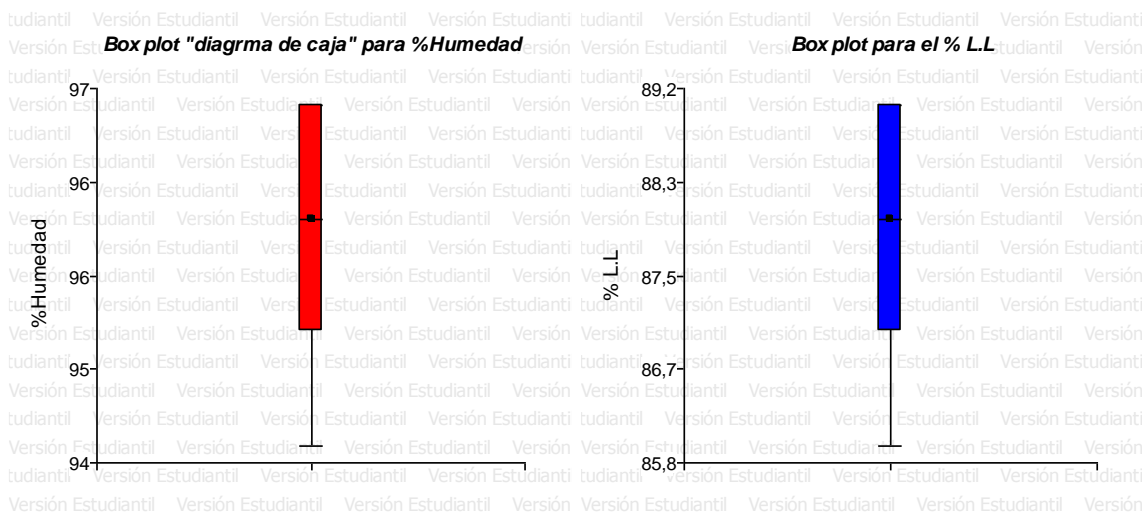
<b>Variable</b>	<b>Clas e</b>	<b>Límite Inferi or “LI”</b>	<b>Límite Superi or “LS”</b>	<b>Marc a de Clase “MC ”</b>	<b>Frecuenci as Absolutas “FA”</b>	<b>Frecuenci as Relativas “FR”</b>	<b>Frecuenci as Acumulad as “FAA”</b>
<b>%Humedad</b>	1	[ 94,00	95,00 ]	94,50	2	0,29	2
<b>%Humedad</b>	2	( 95,00	96,00 ]	95,50	2	0,29	4
<b>%Humedad</b>	3	( 96,00	97,00 ]	96,50	3	0,43	7
<b>% L.L</b>	1	[ 86,00	87,00 ]	86,50	2	0,29	2
<b>% L.L</b>	2	( 87,00	88,00 ]	87,50	2	0,29	4
<b>% L.L</b>	3	( 88,00	89,00 ]	88,50	3	0,43	7
<b>I.P</b>	1	[ 43,00	44,00 ]	43,50	2	0,29	2
<b>I.P</b>	2	( 44,00	45,00 ]	44,50	2	0,29	4
<b>I.P</b>	3	( 45,00	46,00 ]	45,50	3	0,43	7

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Figura 14**

**Análisis Estadístico % Humedad, % L.I y I.P.**



**Elaborado por; Autores**

**Obtenido de; Software InfoStat**

**Interpretación.** El análisis del % De Humedad, % límite liquido “L.L” y índice de plasticidad “I.P” previo a la depuración de los datos que no entran en la clasificación de la Norma ASTM D 4318 “NP” Se realizó el análisis de frecuencias en el que se crearon 3 clases, con la ayuda del diagrama de caja se puede establecer que no existen valores fuera de rango o denominados extremos. Los histogramas al igual que la varianza con 3 clasificaciones de cada parámetro señalan el valor con mayor significancia para él % de humedad se obtiene el 97, para él % del límite liquido se obtiene el 88,5 y para el índice de plasticidad se obtiene 46, estos resultados están dentro de los límites de Atterberg como lo cita la normativa.

El L.P no se analizó ya que cuenta con un valor preestablecido para todos los casos del muestreo, después de la depuración.

**Tabla 42**

Análisis de las Frecuencias de los Parámetros de Granulometría

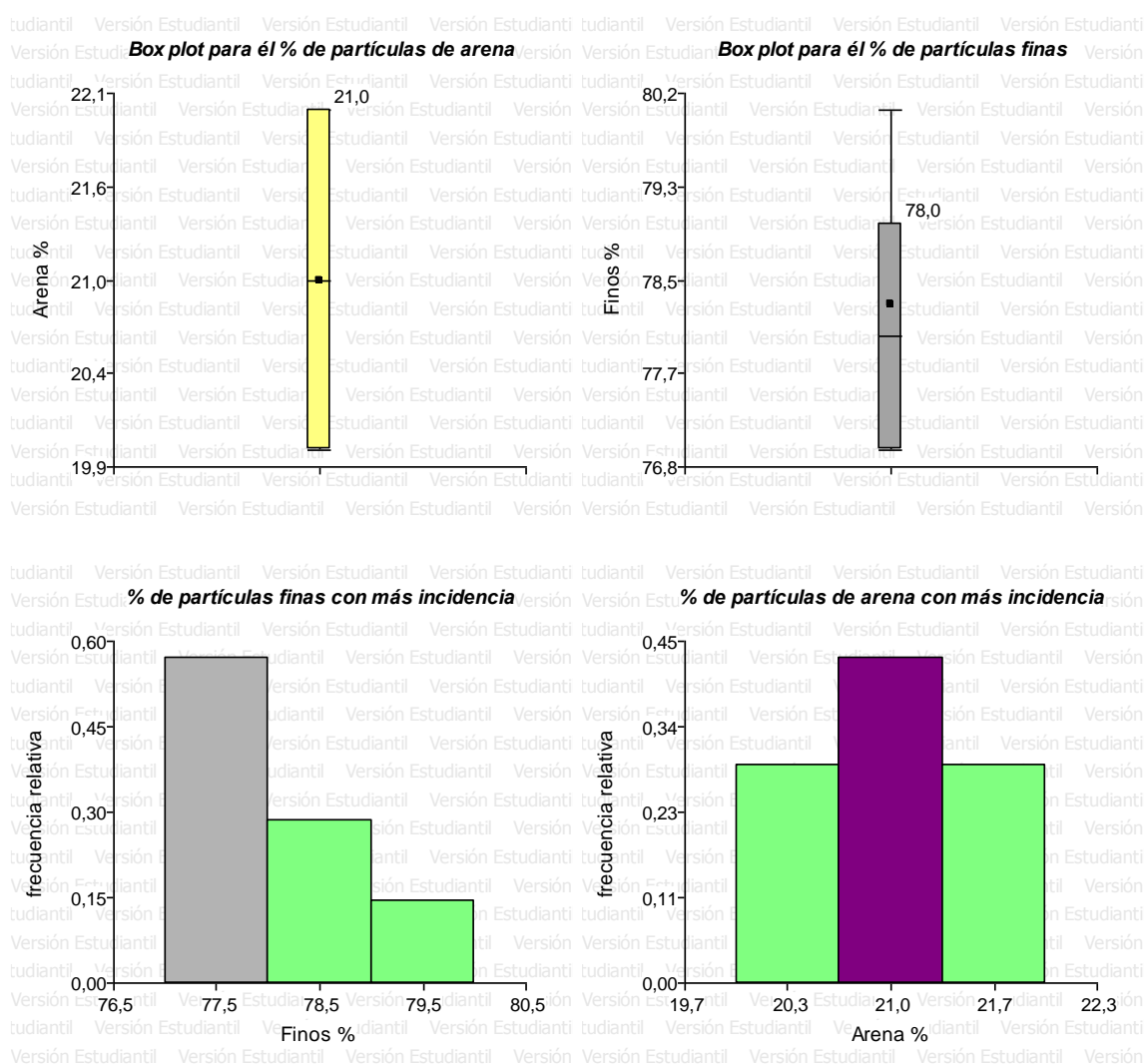
<b>Variable</b>	<b>Clase</b>	<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>MC</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>FAA</b>
<b>Arena %</b>	1	[ 20,00	20,67 ]	20,33	2	0,29	2
<b>Arena %</b>	2	( 20,67	21,33 ]	21,00	3	0,43	5
<b>Arena %</b>	3	( 21,33	22,00 ]	21,67	2	0,29	7
<b>Finos (%)</b>	1	[ 77,00	78,00 ]	77,50	4	0,57	4
<b>Finos (%)</b>	2	( 78,00	79,00 ]	78,50	2	0,29	6
<b>Finos (%)</b>	3	( 79,00	80,00 ]	79,50	1	0,14	7

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

Figura 15

## Análisis Estadístico de % Partículas de Arena y % de Partículas Finas



**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación.** El % de Arena, y % partículas Finas previo a la depuración de los datos que presentaron alteraciones a la hora del muestreo por factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas. Se realizó el análisis de frecuencias en el que se crearon 3 clases, el diagrama de cajas demuestra que no existen datos fuera de rango o extremos. Los histogramas al igual que la varianza con 3 clasificaciones de cada parámetro señalan el valor con mayor significancia para obtener el resultado como lo cita la normativa ASTM D 6913. Para el % de arenas se obtiene 21 y para el % de partículas finas el 77,5.

El % de Grava no se analizó ya que cuenta con un valor preestablecido para todos los casos del muestreo, después de la depuración.

### Resultados Finales propuesto por la normativa del método de los límites de Atterberg.

Para la Clasificación SUCS según la normativa se obtiene; Suelos sin alteración de los factores Naturales “OH”, nombre típico; Limo orgánico con arenas.

Para la Clasificación SUCS según la normativa; para los Suelos alterados por los factores Naturales SM, nombre típico; Arena limosa. Los detalles son establecidos en el apartado conclusiones.

#### 8.5.3.2. Análisis estadístico del % de la materia orgánica

**Tabla 43**

Análisis de las Frecuencias del % M.O.

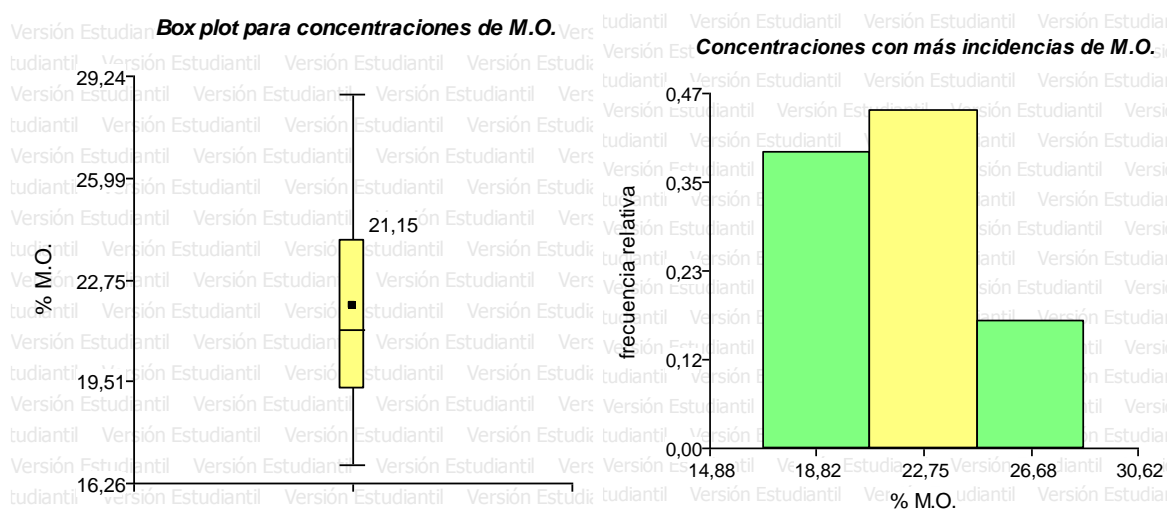
Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA
%M.O.	1	[ 16,85	20,78 ]	18,82	7	0,39	7
%M.O.	2	( 20,78	24,72 ]	22,75	8	0,44	15
%M.O.	3	( 24,72	28,65 ]	26,68	3	0,17	18

Elaborado por; Autores

Obtenido de; Software InfoStat

**Figura 16**

Análisis Estadístico % M.O.



Elaborado por; Autores

Obtenido de; Software InfoStat

**Interpretación. El % de M.O.** previo a la depuración de los datos que presentaron alteraciones a la hora del muestreo por factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas. Se realizó el análisis de frecuencias en el que se crearon 3 clases. El diagrama de cajas demuestra que no existen valores extremos. Los histogramas al igual que la varianza con 3 clasificaciones de cada parámetro señalan el valor con mayor significancia. El diagrama de sectores ayudó finalmente a seleccionar el valor de 22,75 para obtener el resultado de % M.O.

**Nota;** Revisar el apartado de conclusiones.

**8.5.3.3. Análisis estadístico de los resultados del método 7000 b para el aluminio en el suelo**

**Tabla 44**

Análisis de las Frecuencias de los Pisos Altitudinales

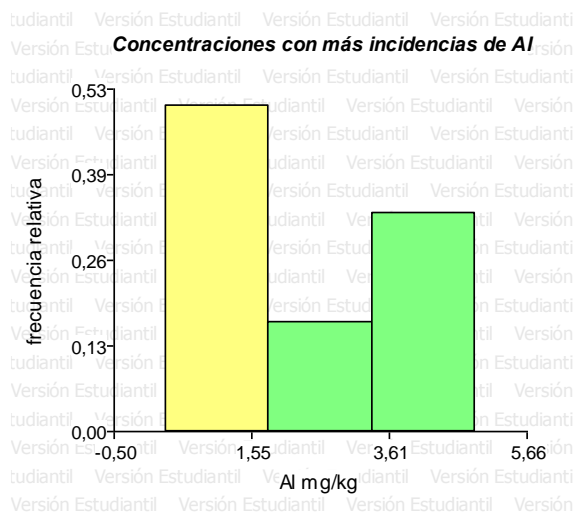
Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA
msnsm	1	[ 4065,00	4111,67 ]	4088,33	6	0,33	6
msnsm	2	( 4111,67	4158,33 ]	4135,00	7	0,39	13
msnsm	3	( 4158,33	4205,00 ]	4181,67	5	0,28	18

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Figura 17**

Análisis Estadístico para la Concentración de Al, de los Pisos Altitudinales (4065- 4100 msnm)



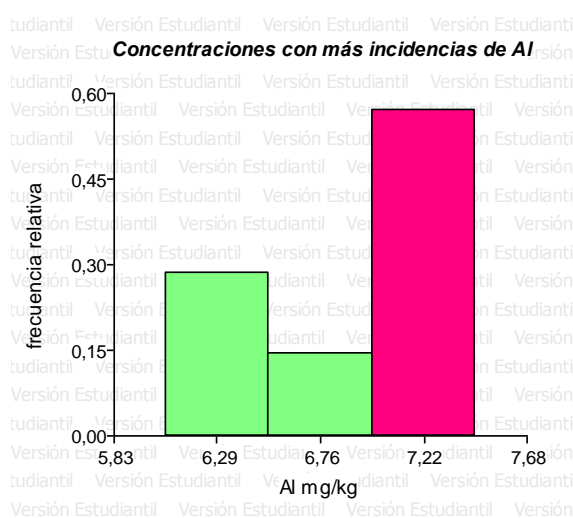
**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación;** el valor más significativo en el histograma es la concentración de 1,55 Al (mg/kg), dentro del rango 4064 – 4100 msnm. El contenido de dicho químico es bajo.

**Figura 18**

Análisis Estadístico para la Concentración de Al, de los Pisos Altitudinales (4119 – 4141 msnm)



**Elaborado por;** Autores

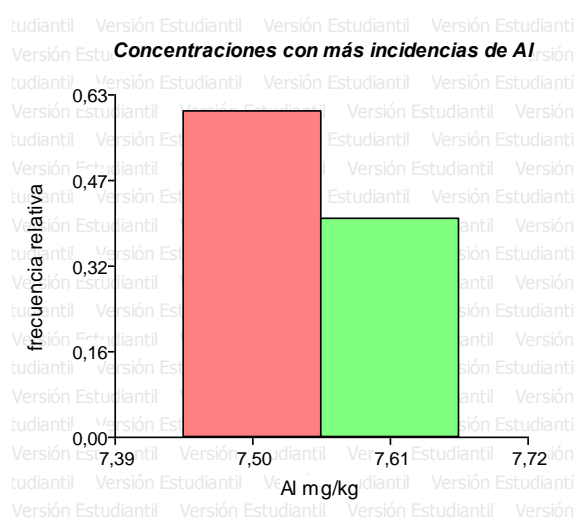
**Obtenido de;** Software InfoStat



**Interpretación;** el valor más significativo en el histograma es la concentración de 7,22 Al (mg/kg), dentro del rango 4119 – 4141 msnm. El contenido de dicho químico es alto.

**Figura 19**

Análisis Estadístico para la Concentración de Al, de los Pisos Altitudinales (4159 – 4205 msnm)



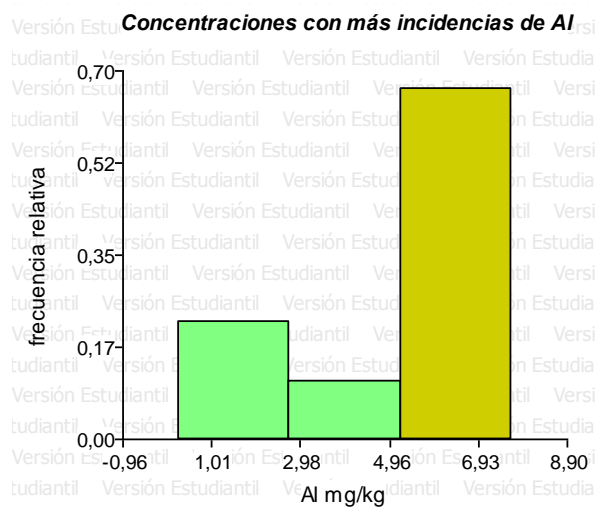
**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación;** el valor más significativo en el histograma es la concentración de 7,50 Al (mg/kg), dentro del rango 4119 – 4141 msnm. El contenido de dicho químico es alto.

**Figura 20**

Análisis Estadístico de la Concentración del Al en Toda la Zona de Estudio



**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación;** el valor más significativo en el histograma es la concentración de 6,93 Al (mg/kg), dentro de toda la zona de estudio. El contenido de dicho químico es alto.

**Nota;** Revisar el apartado de discusiones.

#### 8.5.3.4. Análisis estadístico de los resultados del análisis de pH. Suelo Agua 1:2,5,

**Tabla 45**

Análisis de las Frecuencias de pH

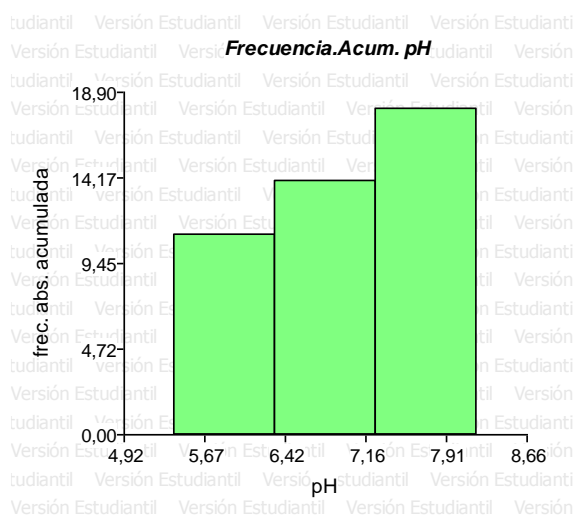
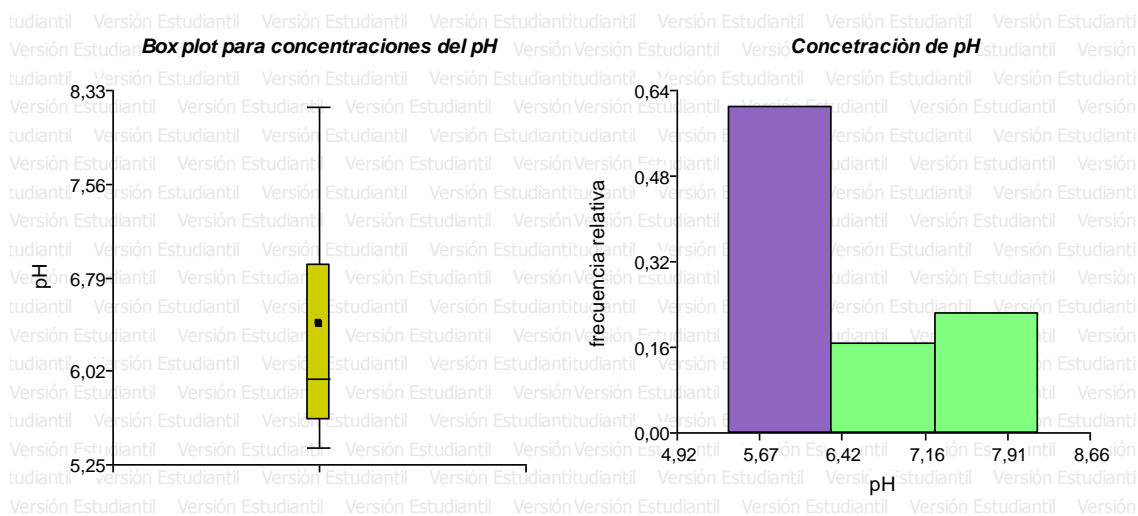
Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA
pH	1	[ 5,39	6,32 ]	5,86	11	0,61	11
pH	2	( 6,32	7,26 ]	6,79	3	0,17	14
pH	3	( 7,26	8,19 ]	7,72	4	0,22	18

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

Figura 21

## Análisis Estadístico del pH en la Zona de Estudio



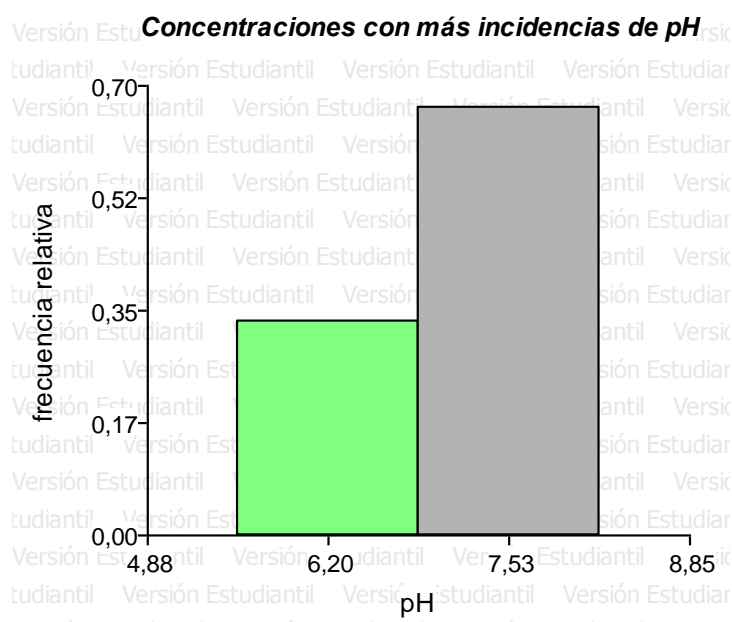
**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación.** El pH previo a la depuración de los datos que presentaron alteraciones a la hora del muestreo por factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas. Se realizó el análisis de frecuencias en el que se crearon 3 clases. El diagrama de cajas demuestra que no existen valores extremos. Los histogramas al igual que la varianza con 3 clasificaciones de cada parámetro señalan el valor con mayor significancia “pH 5,67 Moderadamente ácido”.

**Figura 22**

Análisis Estadístico del pH en el Piso Altitudinal de (4100-4065 msnm)

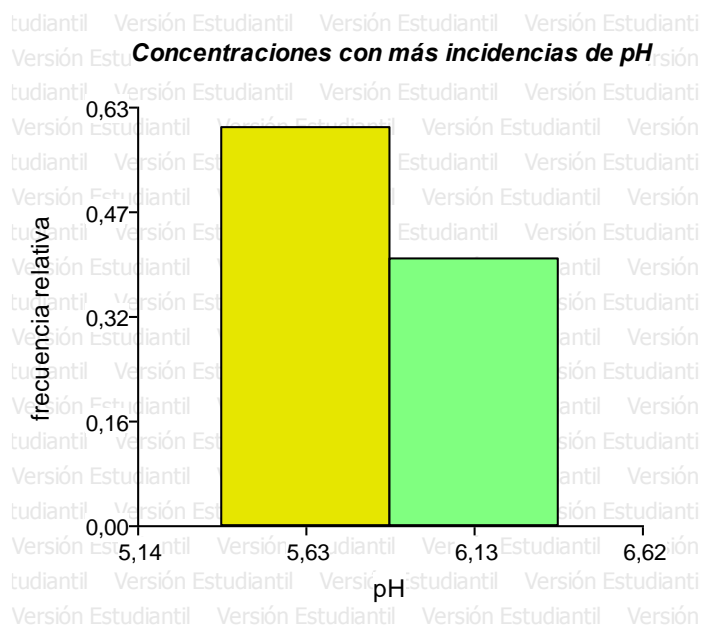


**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Figura 23**

Análisis Estadístico del pH en el Piso Altitudinal de (4205-4159 msnm)

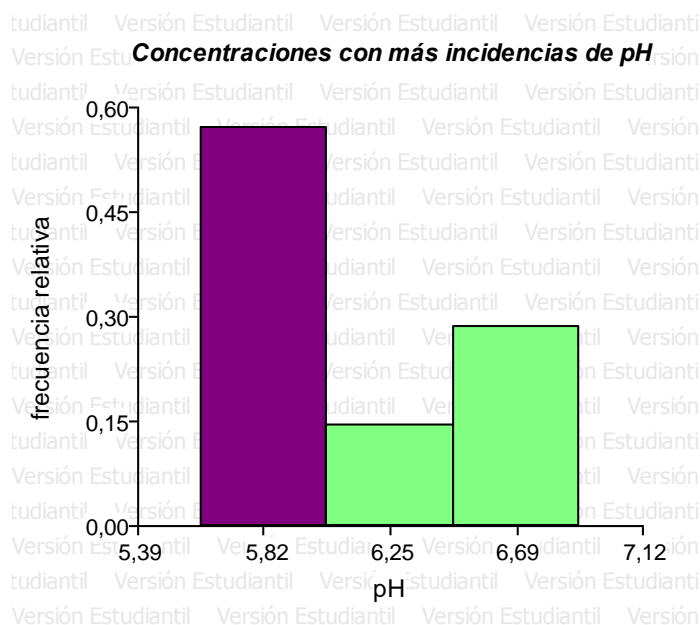


**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Figura 24**

Análisis Estadístico del pH en el Piso Altitudinal de (4141-4119 msnm)

**Elaborado por;** Autores**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación.** El pH previo a la depuración de los datos que presentaron alteraciones a la hora del muestreo por factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas. Se realizó los histogramas y señalan el valor con mayor significancia dentro de las 3 clases de pisos altitudinales; “4159 – 4205 msnm el pH 5,63 Moderadamente ácido”. “4119 – 4141 msnm el pH 5,82 Moderadamente ácido” y “4065 – 4100 msnm pH 7,53 Neutro”.

**Nota;** En el apartado de conclusiones se describe qué efecto tiene la concentración de pH con ciertos elementos analizados de la investigación, especialmente con el Al.

#### **8.5.3.5. Análisis estadístico de los resultados para elementos con mayor concentración de la Reserva Ecológica Illinizas.**

**Tabla 46**

Análisis de la Frecuencia de los Grupos de (Fe) (Mn) (Mg) (Cu) (Ca)

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR	FAA
Fe (ppm)	1	[ 153,00	902,00 ]	527,50	5	0,28	5
Fe (ppm)	2	( 902,00	1651,00 ]	1276,50	11	0,61	16

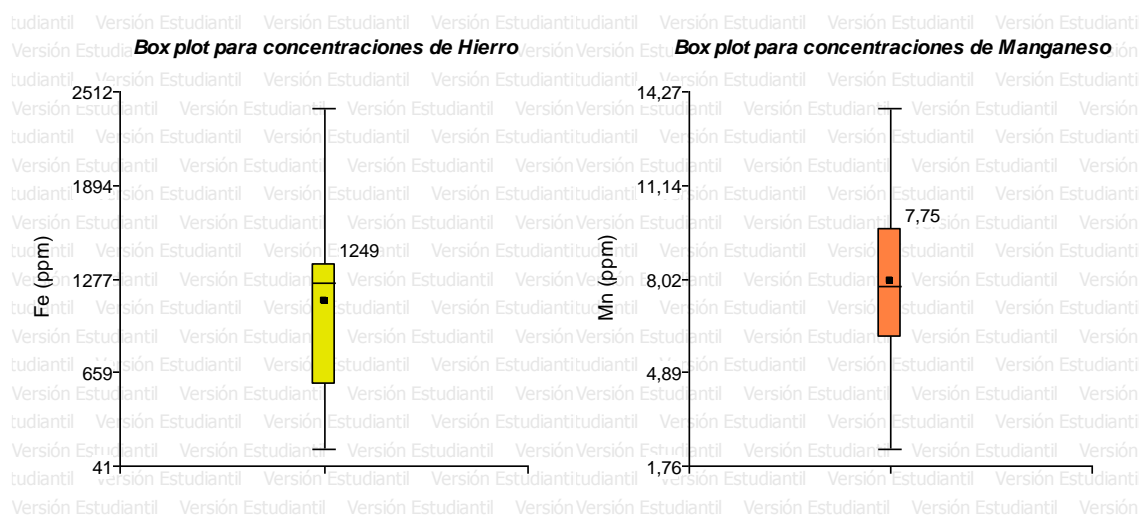
<b>Fe (ppm)</b>	3	( 1651,00	2400,00 ]	2025,50	2	0,11	18
<b>Mn (ppm)</b>	1	[ 2,33	6,12 ]	4,23	6	0,33	6
<b>Mn (ppm)</b>	2	( 6,12	9,91 ]	8,02	8	0,44	14
<b>Mn (ppm)</b>	3	( 9,91	13,70 ]	11,81	4	0,22	18
<b>Mg (meq/100g)</b>	1	[ 0,43	1,17 ]	0,80	8	0,44	8
<b>Mg (meq/100g)</b>	2	( 1,17	1,91 ]	1,54	3	0,17	11
<b>Mg (meq/100g)</b>	3	( 1,91	2,65 ]	2,28	7	0,39	18
<b>Ca (meq/100g)</b>	1	[ 1,60	6,28 ]	3,94	10	0,56	10
<b>Ca (meq/100g)</b>	2	( 6,28	10,97 ]	8,63	0	0,00	10
<b>Ca (meq/100g)</b>	3	( 10,97	15,65 ]	13,31	8	0,44	18
<b>Cu (meq/100g)</b>	1	[ 4,20	5,00 ]	4,60	5	0,28	5
<b>Cu (meq/100g)</b>	2	( 5,00	5,80 ]	5,40	4	0,22	9
<b>Cu (meq/100g)</b>	3	( 5,80	6,60 ]	6,20	9	0,50	18

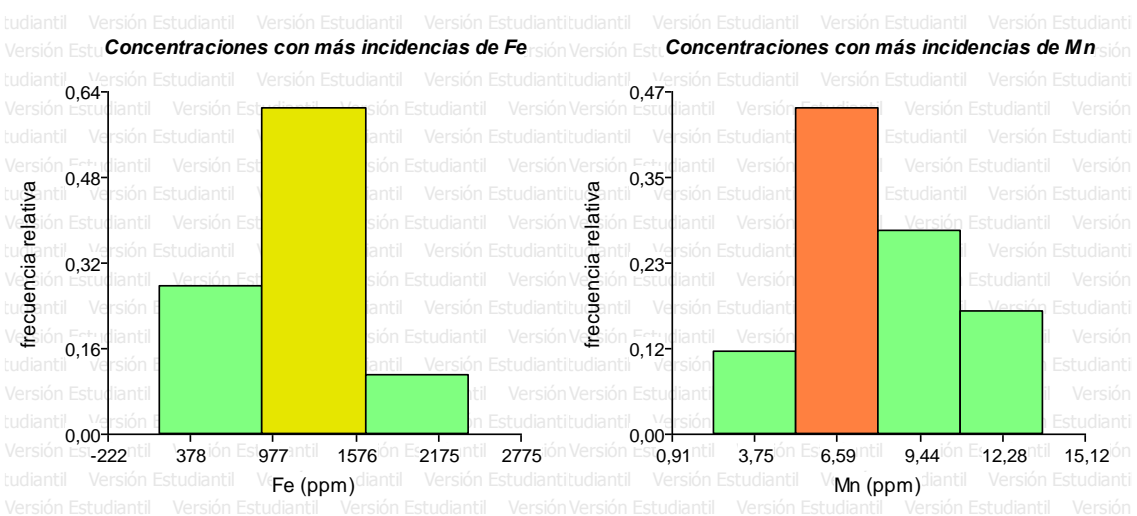
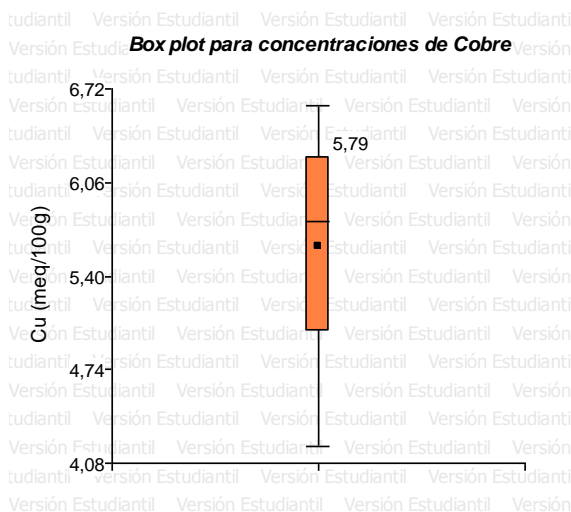
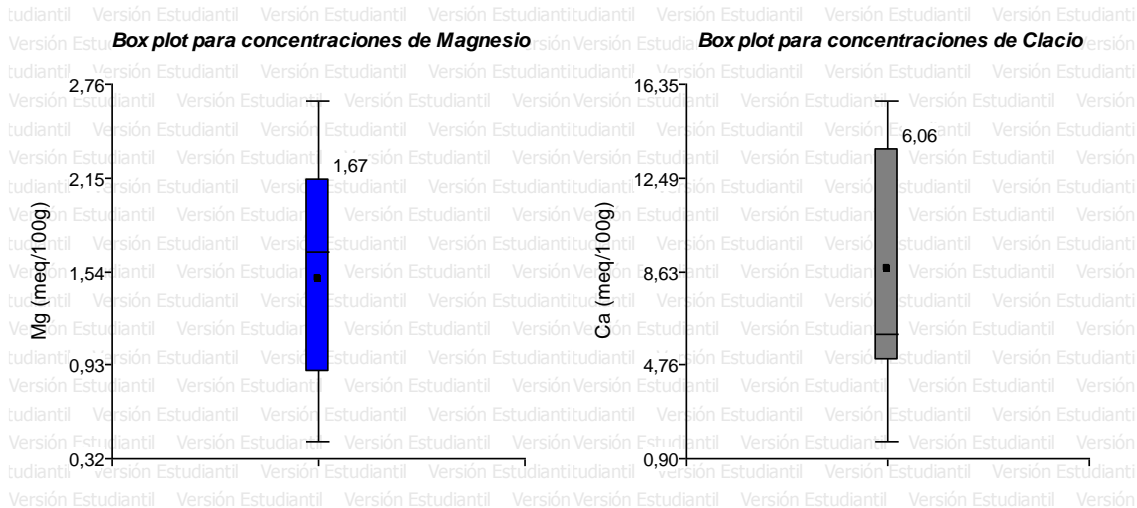
Elaborado por; Autores

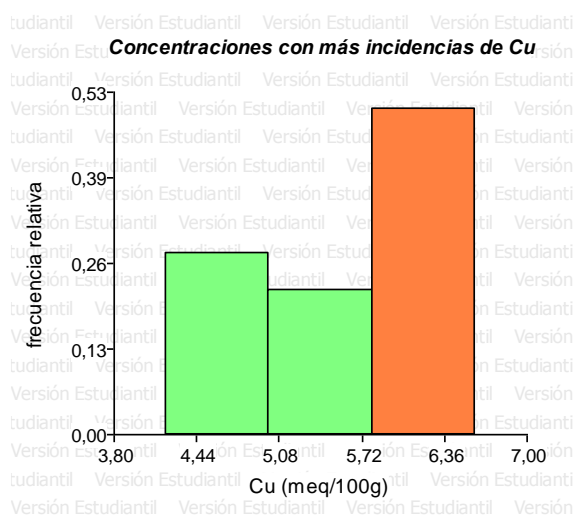
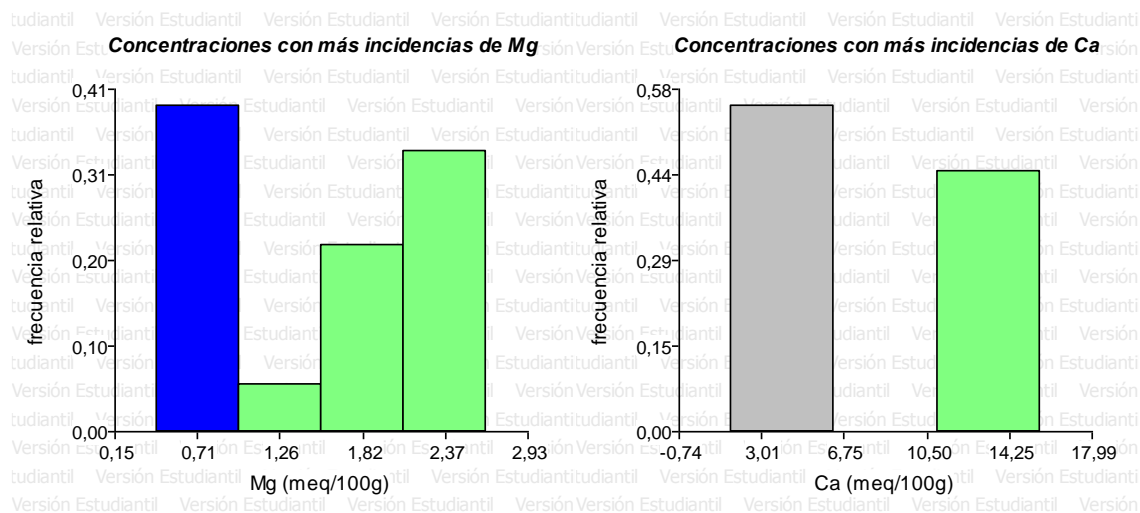
Obtenido de; Software InfoStat

**Figura 25**

Análisis Estadístico de (Fe) (Mn) (Mg) (Cu) (Ca)







**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación;** El diagrama de cajas una vez depurado los valores con alteraciones de la Reserva Ecológica Illinizas. Nos demuestra que los elementos químicos no presentan datos extremos o fuera de rango. Con los histogramas y el análisis de frecuencias se procede a elegir de las 3 clases el valor con más significancia para cada elemento químico en la zona de estudio. El Fe tiene una concentración de 1276 ppm lo que indica un alto nivel, el Mn 6,59 ppm lo que indica nivel medio, el Mg 0,71 lo que indica un nivel alto, el Ca se encuentra en un rango de 3,01 meq/100g nivel alto y el Cu se encuentra en un rango de 6,36 meq/100g nivel alto.



Tabla 47

Análisis de la Varianza de los Pisos Altitudinales de (Fe) (Mn) (Mg) (Cu) (Ca)

Fe					
Frecuencia de variables	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Frecuencia	p-valor de confiabilidad
<b>Modelo</b>	4884853,68	2	2442426,84	14,92	0,0003
<b>Piso altitudinal</b>	4884853,68	2	2442426,84	14,92	0,0003
<b>Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=502,54395</b>					
<b>msnm (4141-4119)</b>	1621,71	7	152,90		A
<b>msnm (4205-4159)</b>	1290,00	5	180,92		A
<b>msnm (4100-4065)</b>	415,33	6	165,15		B
Mn					
<b>Modelo</b>	27,44	2	13,72	1,43	0,2695
<b>Piso altitudinal</b>	27,44	2	13,72	1,43	0,2695
<b>Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,84384</b>					
<b>msnm(4205-4159)</b>	9,42	5	1,38		A
<b>msnm (4100-4065)</b>	8,36	6	1,26		A
<b>msnm (4141-4119)</b>	6,45	7	1,17		A
Mg					
<b>Modelo</b>	2,79	2	1,40	2,91	0,0855
<b>Piso altitudinal</b>	2,79	2	1,40	2,91	0,0855
<b>Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,86053</b>					
<b>msnm(4205-4159)</b>	1,85	5	0,31		A
<b>msnm (4141-4119)</b>	1,71	7	0,26	A	B
<b>msnm (4100-4065)</b>	0,94	6	0,28		B
Ca					
<b>Modelo</b>	111,11	2	55,55	2,62	0,1061

<b>Piso altitudinal</b>	111,11	2	55,55	2,62	0,1061
<b>Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,72531</b>					
<b>msnm(4205-4159)</b>	12,61	5	2,06		A
<b>msnm (4100-4065)</b>	7,92	6	1,88		A B
<b>msnm (4141-4119)</b>	6,60	7	1,74		B
<b>Cu</b>					
<b>Modelo</b>	2,48	2	1,24	2,65	0,1036
<b>Piso altitudinal</b>	2,48	2	1,24	2,65	0,1036
<b>Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,85090</b>					
<b>msnm(4205-4159)</b>	6,05	5	0,31		A
<b>msnm (4141-4119)</b>	5,72	7	0,26		A B
<b>msnm (4100-4065)</b>	5,12	6	0,28		B

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación;** Para todos los casos las medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Los elementos analizados no son dependientes a los pisos altitudinales.

#### 8.5.3.6. Análisis Estadístico de los Resultados de la Medición de Arsénico en el Suelo.

**Tabla 48**

Análisis de las Frecuencias del Arsénico

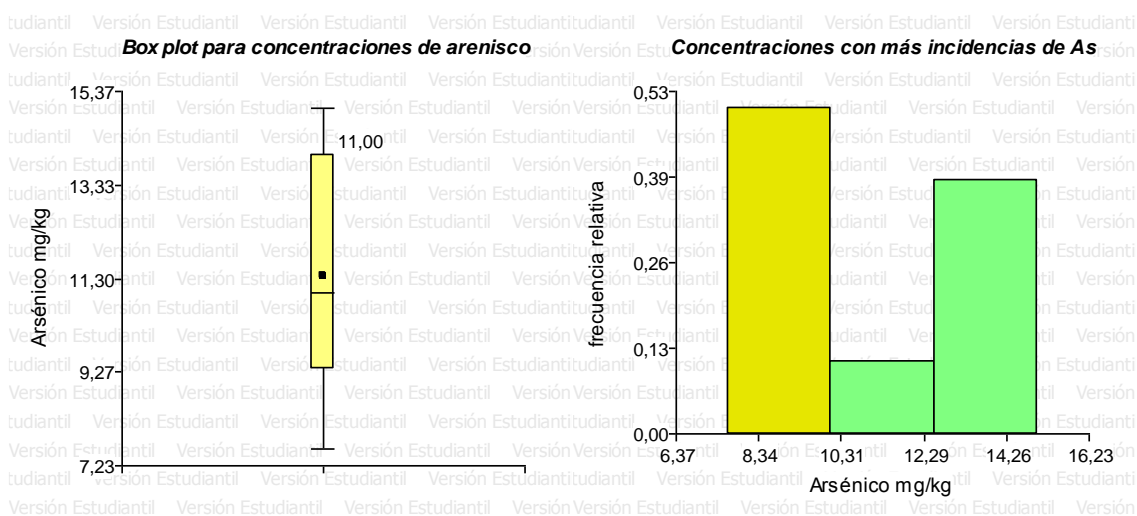
<b>Variable</b>	<b>Clase</b>	<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>MC</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>FAA</b>
<b>Arsénico mg/kg</b>	1	[ 7,60	10,07 ]	8,83	9	0,50	9
<b>Arsénico mg/kg</b>	2	( 10,07	12,53 ]	11,30	2	0,11	11
<b>Arsénico mg/kg</b>	3	( 12,53	15,00 ]	13,77	7	0,39	18

**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

Figura 26

## Análisis Estadístico Concentración de Arsénico



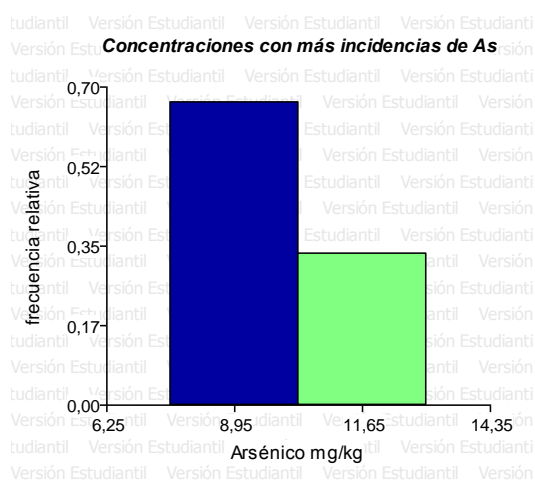
**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación;** El diagrama de caja una vez depurado los valores con alteraciones de la Reserva Ecológica Illinizas. Nos demuestra que los resultados del análisis de concentración de arsénico no presentan datos extremos o fuera de rango. El análisis de frecuencias al igual que el histograma con la separación de 3 clases indica el valor con más significancia para la concentración de arsénico 8,34 mg/kg.

Figura 27

## Concentración del Arsénico en los Pisos Altitudinales (4100-4065 msnm)



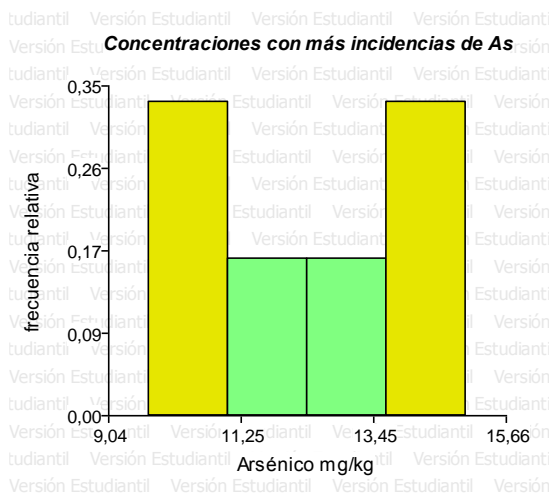
**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación:** Para el caso de la concentración de arsénico en los pisos altitudinales en el rango de (4100-4065 msnm) se considera “8,95 mg/kg”, esto indica un contenido regular.

**Figura 28**

Concentración del Arsénico en los Pisos Altitudinales (4141-4119 msnm)



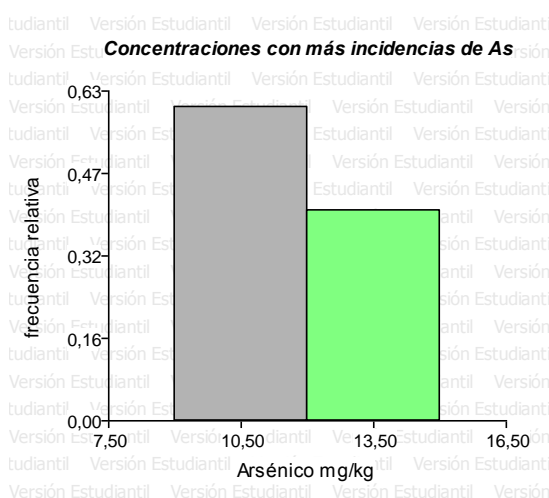
**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación:** Para el caso de la concentración de arsénico en los pisos altitudinales en el rango de (4141-4119 msnm) se considera “la media aritmética 12,35 mg/kg esto indica una alta concentración.

**Figura 29**

Concentración del Arsénico En los Pisos Altitudinales (4205-4159 msnm)



**Elaborado por;** Autores

**Obtenido de;** Software InfoStat

**Interpretación:** Para el caso de la concentración de arsénico en los pisos altitudinales en el rango de (4205-4159 msnm) se considera “10,5 mg/kg” indica un valor óptimo.

#### 8.5.4. Discusión.

- En la determinación de los sólidos volátiles se obtuvo un promedio de 22,75 % lo que quiere decir que son suelos orgánicos (Casanellas et al., 2003).
- En base a los análisis estadísticos se obtiene que para la clasificación de los 3 pisos altitudinales en el que va de 4064- a 4100 msnm el Al es de 1,55 (mg/kg) esto quiere decir que la presencia del químico es bajo, en el piso altitudinal que va de 4119 – 4141 msnm el Al es de 7,22 (mg/kg) esto quiere decir que la presencia del químico es alta y en el piso más alto que va de 4159 – 4205 msnm la concentración de Al (mg/kg) es de 7,61 lo que quiere decir que la presencia del químico es alta.
- El método de Atterberg tuvo variación en sus resultados debido al muestreo alterado por las condiciones y factores naturales de la Reserva Ecológica Illinizas pero una vez depurado dichas muestras se pudo establecer por medio del análisis estadístico la confiabilidad de los datos analizados, ya que están dentro de los rangos establecidos, por lo tanto, para la Clasificación SUCS según la normativa se obtiene para los suelos sin alteración de los factores Naturales “OH”, nombre típico; Limo orgánico con arenas.
- Según el análisis estadístico El pH varía, siendo en la parte alta de 5,63 Moderadamente ácido. En la parte baja de 7,45 Neutro, por ende, es moderadamente ácido en la parte alta y neutro en la parte baja del muestreo.
- El análisis estadístico demostró que el Fe tiene una concentración de 1276 ppm lo que indica un alto nivel, el Mn 6,59 ppm lo que indica nivel medio, el Mg 0,71 meq/100g lo que indica un nivel alto el Ca se encuentra en un rango de 3,01 meq/100g nivel alto y el Cu se encuentra en un rango de 6,36 meq/100g lo que indica un nivel alto. El análisis ANOVA arrojó como resultado que para todos los casos los elementos no dependen en gran manera en la altura que se tomaron las muestras.
- El arsénico en el área de estudio de forma generalizada posee un valor de 8,34 mg/kg, al analizar por el factor altitud se puede observar que no incide en gran manera ya que en el rango altitudinal de 4100-4065 8,95 mg/kg lo que indica un valor regular, en el rango de 4141-4119 msnm es de 12,35 mg/kg lo que indica un valor alto y en el rango de 4205-4159 msnm marca un valor de “10,5 mg/kg” indica un valor óptimo, más bien sea de considerar factores como la fauna y flora ya que estos retienen mejor el arsénico en su forma trivalente y

pentavalente, mismas que son perjudiciales para la integridad del Ecosistema haciendo énfasis en que, existen valores muy tóxicos de 15 y 14,75 mg/kg de As.

## **9. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **9.1. Impactos Técnicos**

La caracterización de los suelos está enfocada en obtener información sobre sus macro y micronutrientes, su calidad estimada en base a los procesos biológicos, la estadística se realiza con la ayuda del Software InfoStat para realizar el análisis detallado de los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, a la vez contribuye como una herramienta útil para el mejoramiento del diseño y simulación de los procesos a emplear, permite un manejo fácil a nivel técnico de manera que se puedan modificar los criterios de operación en función de la calidad de suelo a obtener.

### **9.2. Impactos Sociales**

El suelo es la capa superior de tierra compuesta de sólidos, líquidos y gases en donde se desarrollarán las raíces de las plantas, al tomar de ahí los nutrientes necesarios para crecer, un suelo ideal tiene una distribución pareja de organismos sólidos, como minerales y materia orgánica, y poros para la circulación de agua y aire, el presente proyecto aportará al ámbito social, mediante los resultados obtenidos sobre la calidad de suelo de la Reserva Ecológica Illinizas para que las autoridades competentes den a conocer a la población en general de los sectores aledaños sobre el estudio realizado, para posterior formulación de propuestas para medidas de mitigación y control, para mejorar la calidad de vida de la población del sector y de la provincia.

### **9.3. Impactos Ambientales**

El presente proyecto tendrá un aporte ambiental, ya que mediante los resultados obtenidos sobre la caracterización mecánica y fisicoquímica de los suelos del páramo en la Reserva Ecológica Illinizas se logrará determinar su calidad, se pretende ayudar a la recuperación y preservación del recurso suelo y así contribuir al desarrollo sostenible del ambiente.

## 10. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

**Tabla 49**

Presupuesto

<b>Recursos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
<b>Humano</b>	Investigador			
	Tutor			
<b>MUESTREO</b>				
<b>Transporte</b>		8	\$ 20	\$ 160.00
<b>Instrumentos</b>	GPS	1	\$ 7.00	\$ 7.00
	Pala	1	\$ 0	\$ 0
	Fundas Ziploc	22	\$ 0.25	\$ 5.50
<b>LABORATORIO</b>				
<b>Transporte</b>		8	\$ 40.00	\$ 320.00
<b>Análisis</b>	pH	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Manganeso	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Hierro	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Aluminio	22	\$ 140.00	\$ 3080.00
	Sólidos Volátiles	22	\$ 16.90	\$ 371.8
	Límites de Atterberg	22	\$ 55.44	\$ 1219.68

<b>Instrumentos de Laboratorio</b>	Tubos Falcom	42	\$ 0.75	\$ 15.00
	Erlenmeyer	10	\$ 4.50	\$ 45.00
	Vaso de Precipitación	1	\$ 0	\$ 0
	Espátula	1	\$ 0	\$ 0
<b>Reactivos</b>	As	1	\$ 155.30	\$ 155.30
	Agua Destilada	6	\$ 2.50	\$ 15.00
<b>Equipos</b>	Centrífuga	1	\$ 0	\$ 0
	Estufa	1	\$ 0	\$ 0
	Balanza	1	\$ 0	\$ 0
	Agitadores	1	\$ 0	\$ 0
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 7967.62
<b>10 % DE IMPREVISTOS</b>				\$ 20.00
<b>TOTAL</b>				\$ 7987.62

**Elaborado por;** Autores



## 10.1. Cronograma de Actividades

Tabla 50

Cronograma

ACTIVIDAD	Noviembre					Diciembre					Enero					Febrero				Marzo			
	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4
Desarrollo del Tema																							
Información General del Proyecto																							
Descripción del Proyecto																							
Justificación del Proyecto																							
Beneficiarios del Proyecto																							
Problema de Investigación																							
Objetivos																							
Fundamentación Científica																							
Preguntas Científicas																							
Metodologías																							
Diseño Experimental																							
Herramientas para Analizar los Resultados																							
Presupuesto para la elaboración del Proyecto																							
Revisión del Proyecto de Titulación I																							
Presentación del primer avance – Titulación II																							
Presentación del segundo avance – Titulación II																							



## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En análisis estadístico de la M.O. da a inferir que existen partes del terreno en el que la materia orgánica tiende acumularse, especialmente en la parte superior donde existe la presencia de pajonales, mortiño, musgo y una gran variedad de flora en particular y fauna silvestre de medio y pequeño tamaño.
- Existe la acción del viento intenso en las pendientes en donde el agua tiene menos oportunidades para infiltrarse al interior del suelo, lo que favorece el arrastre de materiales hacia las partes bajas (Llambí et al., 2012).
- En las partes altas de la Reserva Ecológica Illinizas existe la presencia de un alto contenido de Aluminio, esto da lugar a la formación de arcillas alófanas básicamente son aquellas que no tienen una estructura cristalina -son amorfas y desordenadas- y están constituidas por (Al) y Sílice (Si). Además Son de tipo esférico y tienen una superficie específica que varía de 500 - 1100 m<sup>2</sup>/g de suelo (Llambí et al., 2012).
- Mediante la caracterización de Atterberg se pudo establecer la alta capacidad de retención de agua de estos suelos, especialmente en las partes más bajas del muestreo realizado en esta investigación (Llambí et al., 2012).
- Por efecto de ciertos elementos que asciende juntamente con el agua a través del suelo en la evaporación, se arrastran sales que se acumulan en la superficie, en la parte baja el aluminio ayuda a que la producción de dichas sales sea desarrollada. Esto puede darse por cambios en las condiciones climáticas, en el tipo de vegetación y / o en la forma del relieve (Llambí et al., 2012; Manganese (Mn) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente, 2000).
- Los óxidos y los hidroxilos de Fe influyen en las propiedades de los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas por tener una alta meteorización, en las partes bajas se puede apreciar la interacción con el Mn, y Mg dándole un color rojizo que paulatinamente pasa a color crema, además el **pH es medio alcalino** “8,19”, esto permite que las plantas se desarrollen mejor en la parte baja y que el arsénico se infiltre con facilidad en las aguas subterráneas, mientras que en la parte superior al existir mayor concentración de aluminio y un **pH medio ácido** “5,54” indica que este elemento se encuentra en un estado no perjudicial para el ecosistema, pero si el **pH** llega a estar debajo de 5 el ecosistema se vería comprometido de manera negativa, por ello es importante no alterar de forma antropogénica tanto de manera directa o indirecta este Ecosistema.

- El calcio de en los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas es alto, pero en las partes donde el pH es de 8 “suelos alcalinos” la presencia de hidrogeniones es prácticamente nula, dificultándose estos procesos de liberación del calcio y siendo, por tanto, recomendable utilizar agentes complejantes, para potenciar la actividad de raíces, utilizar azufre o cualquier sistema acidificante, etc. además el Mg se sitúa en segundo lugar en abundancia después del Ca en la zona estudiada por que el pH varía de 5,54 ligeramente ácidos a 8,19 alcalinos. Los iones de Mg se parecen al Ca en su comportamiento en las reacciones de intercambio iónico (InfoAgro, 2017; Mikkelsen, 2010).
- A pesar que en el suelo de la Reserva Ecológica Illinizas el contenido de cobre es alto su disposición está en balance ya que en las partes más altas de muestreo la parte media y baja el pH oscila entre 5,14 y 7,50 si el pH fuese  $\text{pH} > 7$  disminuiría dicha disponibilidad para las plantas. Los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas presentan calidad al ser orgánicos y arcillosos, el Cu depende directamente que estas características estén en proporciones similares, si fuese solo orgánico existiría deficiencia de Cu y si fuese muy arenosos es similar la situación, además se debe resaltar que el Cu está más enlazado con la materia orgánica, formando compuestos muy estables (SOBITEC PERÚ, 2017).
- La calidad de los suelos de la Reserva Ecológica Illinizas según lo que establece el reglamento ecuatoriano 097-A no tiene una calidad óptima, por un lado, el pH según la normativa debe estar en un rango de 6 y 8, pero la Reserva Ecológica Illinizas tiene valores de 5,54 y 8,19 por lo que se establece una calidad regular.
- La calidad de la Reserva Ecológica Illinizas puede interpretarse como buena si se analiza de forma general, por otro lado, el análisis clasificado por pisos altitudinales indica que existen concentraciones altas de Al, Mn, Mg y Fe en la parte baja, en la parte alta existe pH moderadamente ácido y la disponibilidad de la M.O. depende del entorno y no de la altitud.
- Se recomienda realizar muestreos de la Reserva Ecológica Illinizas pertenecientes a la parte de Pichincha y Santo Domingo, ya que la presente investigación se concentró en la parte de Cotopaxi. Realizar análisis en laboratorios que dispongan de métodos para detectar la concentración de los metaloides en (g/100g).
- Existe Arsénico en los suelos de los Illinizas en primera instancia por ser de origen volcánico, otro indicador son los estudios realizados por la Universidad Salesiana en las aguas para diferentes usos de la comunidad de Tacazo, estas atraviesan la Reserva Ecológica Illinizas lugar donde el Arsénico se mezcla con el líquido.

- Se debe investigar a profundidad la planta de tratamiento para el agua potable de la comunidad de Toacaso ya que varios análisis de dicha agua muestran resultados distintos en cuanto a la concentración de Arsénico en estas.

## 12. REFERENCIAS

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C. and Barberis, R. (2002). Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. *Environmental Pollution*, 119: 177.
- Álvarez I., Sam, O., & Reynaldo, I. (2005). Cambios inducidos por el aluminio en la morfogénesis radicular del arroz. *Cultivos Tropicales*, 26(1), 21-25.
- Anderson D; Sweeney D; Williams T. (2008). Estadística para la Administración y economía. Octava primera EDICION, Mc Graw Hill Interamericana. (México)
- ASTM D2216-10, Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010. Recuperado el 2 de enero de 2021, de "<https://www.astm.org/>" [www.astm.org](https://www.astm.org/)
- ASTM D4318-17e1, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017. Recuperado el 1 de enero 2021, de "<https://www.astm.org/>" [www.astm.org](https://www.astm.org/).
- ASTM D6913-04(2009), Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009. Recuperado el 1 de enero 2021, de "<https://www.astm.org/>" [www.astm.org](https://www.astm.org/)
- Atterberg, A. (1911). Biografía de Atterberg [Informativo]. Educación. [https://www.ecured.cu/Albert\\_Atterberg](https://www.ecured.cu/Albert_Atterberg)
- Atterberg, A. (1911). Biografía de Atterberg [Informativo]. Educación. [https://www.ecured.cu/Albert\\_Atterberg](https://www.ecured.cu/Albert_Atterberg)
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Riengo, J., & Robledo, C. (2008). Infostat: Manual del Usuario (Primera). Brujas de Argentina. [https://www.researchgate.net/publication/283491340\\_Infostat\\_manual\\_del\\_usuario](https://www.researchgate.net/publication/283491340_Infostat_manual_del_usuario)

- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). Infostat: Manual del Usuario (Primera). Brujas de Argentina. [https://www.researchgate.net/publication/283491340\\_Infostat\\_manual\\_del\\_usuario](https://www.researchgate.net/publication/283491340_Infostat_manual_del_usuario)
- BAYER, L. D.; W. H. GARDNER and W. R. GARDNER. (1973). Física de los suelos. UTEHA. (Editor). Mexico. 529p.
- BECERRA-RAMÍREZ, R. (2013). Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la Región Volcánica de Campo de Calatrava. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, inédita. Disponible en: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/3606>.
- Bennert, T.A., Maher, M.H., Jafari, F., Gucunski, N., 2000. Use of dredged sediments from Newark Harbor for geotechnical applications. Geotechnics of high water content materials. In: Edil, T.B., Fox, P.J. (Eds.), ASTM STP, 152–164.
- Bowen, H. (1979). Environmental chemistry of the elements. London, Uk: Academic Press.
- Bulanova, N.V.; B.I. Synzynys; G.V. Koz'min. (2004). Aluminium induces chromosome aberrations in cells of wheat root meristem. Russ. J. Genet + 37(12), 1455-1458.
- Cabrera, M. A., Pinos, D., & Pulla, M. F. (2010). Arsénico en el agua. 7.
- Carvajal, R. R. (1997). PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS y BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS. En PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS y BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS (Primera edición, pp. 6-15). Produmedios. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Casagrande, A. (1932). Biografía Casagrande [Informativo]. Educación. [https://www.ecured.cu/Arthur\\_Casagrande](https://www.ecured.cu/Arthur_Casagrande)
- Casierra, F., & Medina, R. (2007). Solubilidad y reacción del aluminio en el suelo (2.a ed., Vol. 5). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. [file:///C:/Users/PERSONAL/Dropbox/Mi%20PC%20\(DESKTOP-3T8DHAA\)/Downloads/Dialnet-SolubilidadYReaccionDelAluminioEnElSuelo-4986469.pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Dropbox/Mi%20PC%20(DESKTOP-3T8DHAA)/Downloads/Dialnet-SolubilidadYReaccionDelAluminioEnElSuelo-4986469.pdf)

- Cerveñasky, A., Barbazán, M., & Mori, C. (2020). Los micronutrientes del suelo: Funciones, fuentes y época de aplicación -. PortalFruticola.com, 43.
- CONCON, J.M. (2009). Heavy metals in food. In: Food Toxicology, Part B: Contaminants and Additives. New York, Dekker, 3(4), p.1043-1045.
- Cristancho, J., Hanaš, M., Syed, R., & Rašić, M. (2010). Variations in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progeny response to high aluminum concentrations in solution culture. *Plant Biology*, 13(2): 33-42.
- Das, B. M. (1985). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Sacramento, California: International Thomson Editores.
- Das, B. M. (1999). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. Mexico D.F: International Thomson Editores 4 Ed.
- Dr. Ma. Alarcón, T., Dra. Llorens, E., & Dr. Poch, M. (2012). *Remoción de Arsénico en Aguas de Consumo Humano de Latinoamérica (Primera edición)*. Marco López Carrasco. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1054/1/Libro-ArsenicoEdit%207%20marzo%202012.pdf>
- Ecuador. Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo No. 097-A Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Recuperado de [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)
- El Comercio. (2019, marzo 13). Senagua analizará el agua de cuatro parroquias del norte de Latacunga ante la posible presencia de arsénico. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/senagua-agua-latacunga-analisis-arsenico.html>
- Fadda, G. (2017). *Introducción a la Edafología*. Cátedra de Edafología, 1-8.
- Fernández-Marcos, M. L., & Álvarez-Rodríguez, E. (2011). Contaminación del suelo por metales pesados resultante de la aplicación de purines y biosólidos. 7.
- García, S. (2013). *Estudios de especiación de Arsénico y acumulación de metales en muestras de interés medioambiental*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

- GONZÁLEZ, E., GOSÁLVEZ, R.U., ESCOBAR, E. y BECERRA-RAMÍREZ, R. (2013). Volcanes. El latido del Campo de Calatrava. Villaluenga de la Sagra, Ed. LAFARGE SAU.
- Grisolia, S., & Ortega, L. (2012). El suelo edafología. IES.
- Guevara, E. (2015, noviembre 25). EXPLICACIÓN CAZUELA DE CASAGRANDE. PRÁCTICA N. 5 [MP4]. <https://www.youtube.com/watch?v=sVasANdxPj4>
- Heck, R.J. y A.R. Mermut. (1999). Mechanisms and rates of iron dissolution from Brazilian plinthustalfts by dilute hydrochloric and ascorbic acids. *Soil Sci.* 164(4): 242-251.
- Hofstede, R., Segarra, P., & Mena Vasconez, P. (2003). Los páramos del mundo. Global Peatland Initiative. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56486.pdf>
- Hofstede, R., y Mena, P. (2006). Loa Paramos ecuatorianos. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 91 – 100.
- Hora, D. L. (2018, noviembre 18). Arsénico contamina el agua de las parroquias—La Hora. La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo. <https://www.lahora.com.ec/cotopaxi/noticia/1102201549/arsenico-contamina-el-agua-de-las-parroquias->
- Howard, A. K. (1984). The revised ASTM standard on the unified classification system. *Geotechnical Testing Journal*, 7(4), 216-222.
- ICONTEC. (2012). Proyecto de Norma Técnica Colombiana NTC 4630.
- Imbago, C., & Oña, E. (2019). BIORREMEDIACIÓN DE AGUA CONTAMINADA CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE LA PARROQUIA TOACASO, MEDIANTE EL USO DE *Pleurotus ostreatus*, *Trichoderma harzianum* y *Pseudomonas aeruginosa* [Investigación, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17415/1/UPS-QT13961.pdf>



- INEC. (2010-2015). En base al censo de población y vivienda 2010. Recuperado el 16 de abril de 2020, de Instituto Nacional de Estadística y Censos: <https://sni.gob.ec/proyecciones-y-estudios-demograficos>.
- InfoAgro. (2017). El calcio en el suelo – Revista Infoagro México. <https://mexico.infoagro.com/el-calcio-en-el-suelo/>
- Ing. Agr. Rucks, L., Ing. Agr. García, F., Ing. Agr. Kaplan, A., Ing. Agr. Ponce de León, J., & Ing. Agr. Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo.pdf* [UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA DE URUGUAY].
- INIAP. (2000). Repositorio Digital INIAP: Página de inicio [Informativo]. <https://repositorio.iniap.gob.ec/>
- INIAP. (2021). Resultados Análisis de suelos INIAP. INIAP.
- Johnson, R.R.; A.D.M. Glass; H. Kronzucker; Z. Gelbart; E. Venczel; M. Paul; D. Berkovist; A. Catalan; Y. Kashiv; S. Ghelberg. (1997). Measurements of aluminium transport in wheat at the cellular level. *Nucl. Instum. Meth. B* 123, 283-286.
- Kloster, N. S., Azcarate, M. P., Babinec, F. J., & Bono, A. (2007). Comparación de técnicas de medición del pH del suelo: pH en pasta de saturación y en relación suelo: agua 1: 2, 5. In *Enviado al Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo*. San Luis.
- Kochian, L., Hoekenga, O., & Piñeros, M. (2004). How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 459-493.
- Levin, R; Rubin, D. (2010). *Estadística para la Administración y Economía*. Séptima edición. Prentice Hall (Mexico).
- Liao, H., Wan, H., Sha, J., Wang, X., Yan, X., & Kochian, L. (2006). Phosphorus and Aluminum interactions in soybean in relation to aluminum tolerance. Exudation of specific organic acids from different regions of the intact root system. *Plant Physiology*, 141, 674-684.
- Lillo, J. (2003). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas., 2007. Obtenido de [www.aulados.net](http://www.aulados.net)

- Llambí, L. D., Soto-W., A., Célleri, R., Bièvre, B., & Borja, P. (Eds.). (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos: Proyecto Páramo Andino. Proyecto Páramo Andino. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>
- LONDOÑO-FRANCO, L. F., LONDOÑO-MUÑOZ, P. T., & MUÑOZ-GARCÍA, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. MAE. (2016) Áreas protegidas del Ecuador. Ministerio del Ambiente. [www.areasprotegidas.ambiente.gob.ec](http://www.areasprotegidas.ambiente.gob.ec).
- MAE. (2007). Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador 2007-2016. GEF-FMAM. <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/PLAN%20ESTRATEGICO%20DEL%20SNAP.pdf>
- MAKEYEV, A. O. & BERKGAUT, V. V. (1989). Weathering of silicates as a source of mineral nutrients for plants, as exemplified by soils with texturally-differentiated profile of the Komi ASSR. *Sov. Soil Sci.* 21 (3): 42-52.
- Mandal, B., & Suzuki, K. (2002). Arsenic round the world: a review. *Talanta*, 58, 201–235.
- Manganeso (Mn) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente. (2000). [Informativo]. LENNTECH. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm>
- Mason; Lind; Marchal (2013). Estadística para administración y economía. Decima Edición, Alfaomega. (Colombia).
- Mata, G. E. (2015). IMPORTANCIA DEL HIERRO (Fe) EN LA AGRICULTURA. DROKASA, 12.
- Mena. P., Medina, G., y Josse, C. (2000). La biodiversidad de los páramos. (Abya- Yala, Ed.) Serie Paramo 7, 1-6.
- Mikkelsen, R. (2010). Fuentes de Magnesio. *InfoAgro*, 4.
- Mínguez, I. P., & Casermeiro, M. Á. (2015). ECOTOXICOLOGÍA DEL ARSÉNICO EN SUELOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID [Univeritas Compitensis, Matritencis,].

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ISMAEL%20PEREZ%20MINGUEZ.pdf>

- Moreno Caselles, J.; Moral Herrero, R.; Pérez Murcia, M. D. y Pérez Espinosa, A. (2000). Fundamentos de Edafología y Climatología. Editor Universidad Miguel Hernández. España. 395 pp.
- Newbold Paul; Carlson WillaL; Thorne Betty. (2008). Estadística para Administración y Sexta Edición, Prentice Hall. (España)
- Perú. Ministerio del Ambiente. (2014). GUIA PARA EL MUESTREO DE SUELOS (I). MAVET IMPRESIONES E.I.R.L. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Prasetyo, B.H. y R.J. Gilkes. (1994). Properties of iron oxides from red soils derived from volcanic tuff in west Java. *Austr. J. Soil Res.* 32: 781-794.
- Requena, B. (2014). Diagrama de caja [Educativa]. Universo Formulas. <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/diagrama-caja/>
- Rodríguez, A., Moliner, A., & Masaguer, M. (2015). Prácticas de Edafología. Métodos didácticos para análisis de suelos. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones. [file:///C:/Users/PERSONAL/Dropbox/Mi%20PC%20\(DESKTOP-3T8DHAA\)/Downloads/Dialnet-PracticasDeEdafologia-580696%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Dropbox/Mi%20PC%20(DESKTOP-3T8DHAA)/Downloads/Dialnet-PracticasDeEdafologia-580696%20(1).pdf)
- Rout, G., Samantara, S., & Das, P. (2001). Aluminum toxicity in plants: A review. *Agronomie*, 21(1), 3-21.
- Sabroso, M., & Pastor, A. (2004). Guía para suelos contaminados. Obtenido de [https://www.academia.edu/29109561/Gu%C3%ADa\\_sobre\\_suelos\\_contaminados](https://www.academia.edu/29109561/Gu%C3%ADa_sobre_suelos_contaminados).
- Salazar, C., & Del Castillo, S. (2018). Fundamentos básicos de estadística (I). <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%C3%ADstica-Libro.pdf>
- Sanz, N. A. (2001). Arsenic levels in drinking water supplies from underground sources in the Autonomous Community of Madrid. *Revista Española de Salud*, 421–432.

- Schwertmann, U. (1985). Occurrence and formation of iron oxides in various pedoenvironments. pp. 267-308. In: Stucki, J.W., B.A. Goodman y U. Schwertmann (eds.). Iron in soils and clay minerals. NATO ASI Series C217. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht, The Netherlands.
- Schwertmann, U. y R.M. Taylor. (1989). Iron oxides. pp. 379-438. In: Dixon, J.B. y S.B. Weed (eds.). Minerals in soil environments. Soil Science Society of America. Madison, WI.
- SHIMADA, A.M. (2005). Nutrición animal. 3 Ed. México (México): Trillas, 388 p.
- Smedley, P. L. (2002). A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17, 517-568.
- SOBITEC PERÚ. (2017). COBRE EN LAS PLANTAS – Sobitec Perú. SOBITEC, 4.
- Tang, Y., Garvin, D., Sorrells, M., & Carver, B. (2002). Physiological genetics of aluminum tolerance in the wheat cultivar Atlas 66. *Crop Science*, 42(5), 1541-1555.
- Terzaghi, K. (1950) “Mechanism of landslides”, Application of Geology to engineering practice, Berkey Vol., Geological Society of America, pp. 83-123. Reprinted in From theory to practice in soil mechanics, New York, John Wiley and Sons, 1960, pp. 202-245.
- Universidad Nacional Heredia. (2016). Hoja SMDS de seguridad para el Aluminio. Universidad de Costa Rica. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7zPdxEZneu8J:www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category/13-hojas-de-seguridad%3Fdownload%3D143:aluminio%26start%3D40+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>
- US EPA, O. (2015). SW-846 Test Method 7000B: Flame Atomic Absorption Spectrophotometry. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-7000b-flame-atomic-absorption-spectrophotometry>.
- WHO. (2003). Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 1: Recommendations, 2nd ed. WHO. Geneva.

## 13. ANEXOS

## Anexo 1. Aval de Traducción



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

## CENTRO DE IDIOMAS

***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA**

**EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: CHISAGUANO CHISAGUANO JIMMY ISRAEL y GERMAN IZA JHONATAN PAUL**, cuyo título versa **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y FISICOQUÍMICA DE LOS SUELOS DEL PÁRAMO EN LA RESERVA**

**ECOLÓGICA ILLINIZAS PARA DETERMINAR SU CALIDAD MEDIANTE ESTADÍSTICA EN EL PERIODO 2020 - 2021”**, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,

Mg. C Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza.  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 050324641-5

1803027935 Firmado digitalmente por  
VICTOR HUGO ROMERO HUGO ROMERO GARCIA  
GARCIA  
Fecha: 2021.03.23  
11:02:18 -05'00'

## Anexo 2. Cotización para el Análisis de Arsénico

	<h1>COTIZACIÓN</h1>	Código CTH20295
		Página 1 de 1

**Empresa:** \_\_\_\_\_ **Dirección:** \_\_\_\_\_  
**Representante:** Jimmy Chisaguano **Tel:** 0984177164 **Ext:** \_\_\_\_\_  
**Período de validez** 08/12/2020 al 08/01/2021 **e-mail:** Jimmy.chisaguano9080@utc.edu.ec

## ANÁLISIS EN SUELO

DESCRIPCIÓN TÉCNICA					DESCRIPCIÓN ECONÓMICA	
Cant.	Parámetro a analizar	Expresado en	Unidad	Basado en método	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
1	Arsénico	As	mg/Kg	MESS-13/EPA 3050 B/7061 A	24	24
<b>TOTAL</b>					<b>24</b>	<b>24</b>

Parámetros solicitados por el cliente.

## CALIFICACIONES:

- CALIFICACION ISO 17025 ACREDITACIÓN Nº SAE LEN 18-002
- CALIFICACION CON LA DMA REGISTRO # LEA-011
- CALIFICACION EX-DINAPA No.006- SPA - RLAH.

## NOTAS:

- ENTREGA DE INFORMES EN 8 DIAS LABORABLES.
- LA ENTREGA DE RESULTADOS SERÁ CON EL PAGO RESPECTIVO
- LOS PRECIOS NO INCLUYEN LOGÍSTICA POR TOMA DE MUESTRA NI EL I.V.A.
- EN CASO DE QUE EL CLIENTE DECIDA SUSPENDER EL ANÁLISIS, DEBERÁ NOTIFICARLO EN UN PLAZO MÁXIMO DE 24 HORAS LUEGO DE INGRESADA LA MUESTRA AL LABORATORIO, CASO CONTRARIO EL ANÁLISIS SERÁ FACTURADO.

Atentamente,



Ing. Fausto Moreano  
Gerente General

### Anexo 3. Resultados del análisis de Aluminio en 5 muestras



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**  
**AREA QUÍMICA**

**INFORME DE ENSAYO No.: 38660-01-12-01-21-Q**

**Datos del Cliente**

<b>Cliente:</b>	JIMMY CHISAGUANO
<b>Representante:</b>	Jimmy Chisaguano
<b>Dirección:</b>	Salcedo
<b>Teléfono:</b>	984177164

**Datos del ítem de Ensayo**

<b>Identificación de la Muestra:</b>	SUELO P17		
<b>Descripción de la Muestra:</b>	Sólido heterogéneo color café claro		
<b>Contenido declarado:</b>	100g	<b>No. Lote o código:</b>	ND
<b>Conservación de la Muestra:</b>	Ambiente	<b>Fecha de elaboración:</b>	ND
		<b>Fecha de caducidad:</b>	ND

**Datos de Muestreo, Recepción y Análisis**

<b>Responsable toma de muestra:</b>	Por el cliente	<b>Fecha de toma de muestra:</b>	ND
<b>Responsable muestreo:</b>	NA	<b>Fecha de recepción:</b>	2021-01-12
<b>Referencia:</b>	Los resultados se aplican a la muestra tal cual como se recibió	<b>Fechas de ensayo:</b>	2021-01-14
<b>Parámetros acreditados muestreo:</b>	NA	<b>Fecha de reporte:</b>	2021-01-19

Resultados analíticos: Pag.:   1   de   1  

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
Aluminio (Al)	EPA 7000B Espectrometría de Absorción Atómica	mg/kg	271,42

EPA: Environmental Protection Agency



**Ing. Francisco Alvarez**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**

RESPONSABLE DE ANALISIS

**Q.F Andrea Cumba A.**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**

RESPONSABLE DE SUPERVISION

**Notas:**

- ND: No declara**    **NA: No aplica**
- NOTA 1:** Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.
- NOTA 2:** Los ensayos son realizados a temperatura ambiente excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis
- NOTA 3:** Muestras recibidas en el laboratorio e información de las mismas proporcionada por el cliente. CENTROCESAL Cía. Ltda, se responsabiliza únicamente de los análisis
- NOTA 4:** La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.
- NOTA 5:** El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 20 días desde la entrega del resultado.
- NOTA 6:** Todas las actividades son realizadas en las instalaciones del laboratorio excepto donde se especifique
- NOTA 7:** La declaración de conformidad está dada de acuerdo a la guía ISO 98-4
- NOTA 8:** Los datos suministrados por cliente y los requisitos de recepción de ítem de ensayo que afectan a la validez de los resultados serán declarados en observaciones
- NOTA 9:** Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez resultados, es exclusiva responsabilidad de quienes las emiten y no representa responsabilidad para CENTROCESAL

f.ref.:POE:7.8.1 Rev.:03 Anexo 1

**Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio**

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús  
 Telfs: (593 2) 2230342 / 2233792 Fax: Ext. 102 Celular: 099649872  
 e-mail: [info@centrocesal.com](mailto:info@centrocesal.com) / [www.centrocesal.com](http://www.centrocesal.com)  
 QUITO - ECUADOR



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**  
**AREA QUÍMICA**

**INFORME DE ENSAYO No.: 38660-02-12-01-21-Q**

**Datos del Cliente**

**Cliente:** JIMMY CHISAGUANO  
**Representante:** Jimmy Chisaguano  
**Dirección:** Salcedo  
**Teléfono:** 984177164

**Datos del ítem de Ensayo**

**Identificación de la Muestra:** SUELO P12  
**Descripción de la Muestra:** Sólido heterogéneo color café oscuro  
**Contenido declarado:** 100g  
**Conservación de la Muestra:** Ambiente

**No. Lote o código:** ND  
**Fecha de elaboración:** ND  
**Fecha de caducidad:** ND

**Datos de Muestreo, Recepción y Análisis**

**Responsable toma de muestra:** Por el cliente  
**Responsable muestreo:** NA  
**Referencia:** Los resultados se aplican a la muestra tal cual como se recibió  
**Parámetros acreditados muestreo:** NA

**Fecha de toma de muestra:** ND  
**Fecha de recepción:** 2021-01-12  
**Fechas de ensayo:** 2021-01-14  
**Fecha de reporte:** 2021-01-19

**Resultados analíticos:** Pag.: 1 de 1

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
Aluminio (Al)	EPA 7000B Espectrometría de Absorción Atómica	mg/kg	7454,32

EPA: Environmental Protection Agency



CENTROCESAL Cía. Ltda.

*Ing. Francisco Alvarez*  
 CENTROCESAL Cía. Ltda.

RESPONSABLE DE ANALISIS

*Q.F. Andrea Cumba A.*  
 CENTROCESAL Cía. Ltda.

RESPONSABLE DE SUPERVISION

**Notas:**

- ND: No declara**    **NA: No aplica**
- NOTA 1:** Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.
- NOTA 2:** Los ensayos son realizados a temperatura ambiente excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis
- NOTA 3:** Muestras recibidas en el laboratorio e información de las mismas proporcionada por el cliente. CENTROCESAL Cía. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis
- NOTA 4:** La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.
- NOTA 5:** El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 20 días desde la entrega del resultado.
- NOTA 6:** Todas las actividades son realizadas en las instalaciones del laboratorio excepto donde se especifique
- NOTA 7:** La declaración de conformidad está dada de acuerdo a la guía ISO 98-4
- NOTA 8:** Los datos suministrados por cliente y los requisitos de recepción de ítem de ensayo que afectan a la validez de los resultados serán declarados en observaciones
- NOTA 9:** Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez resultados, es exclusiva responsabilidad de quienes las emiten y no representa responsabilidad para CENTROCESAL

f.ref.:POE:7.8.1 Rev.:03 Anexo 1

**Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio**

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús  
 Telfs: (593 2 ) 2230342 / 2233792 Fax: Ext. 102 Celular: 099649872  
 e-mail: [info@centrocesal.com](mailto:info@centrocesal.com) / [www.centrocesal.com](http://www.centrocesal.com)  
 QUITO - ECUADOR





**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**  
**AREA QUÍMICA**

**INFORME DE ENSAYO No.: 38660-03-12-01-21-Q**

**Datos del Cliente**

<b>Cliente:</b>	JIMMY CHISAGUANO		
<b>Representante:</b>	Jimmy Chisaguano		
<b>Dirección:</b>	Salcedo		
<b>Teléfono:</b>	984177164		

**Datos del ítem de Ensayo**

<b>Identificación de la Muestra:</b>	SUELO P5		
<b>Descripción de la Muestra:</b>	Sólido heterogéneo color café		
<b>Contenido declarado:</b>	100g	<b>No. Lote o código:</b>	ND
<b>Conservación de la Muestra:</b>	Ambiente	<b>Fecha de elaboración:</b>	ND
		<b>Fecha de caducidad:</b>	ND

**Datos de Muestreo, Recepción y Análisis**

<b>Responsable toma de muestra:</b>	Por el cliente	<b>Fecha de toma de muestra:</b>	ND
<b>Responsable muestreo:</b>	NA	<b>Fecha de recepción:</b>	2021-01-12
<b>Referencia:</b>	Los resultados se aplican a la muestra tal cual como se recibió	<b>Fechas de ensayo:</b>	2021-01-14
<b>Parámetros acreditados muestreo:</b>	NA	<b>Fecha de reporte:</b>	2021-01-19

**Resultados analíticos:** Pag.: 1 de 1

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
Aluminio (Al)	EPA 7000B Espectrometría de Absorción Atómica	mg/kg	7174,33

EPA: Environmental Protection Agency



*Ing. Francisco Alvarez*  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**

RESPONSABLE DE ANALISIS

**Q.F Andrea Cumba A.**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**

RESPONSABLE DE SUPERVISION

**Notas:**

- ND: No declara**    **NA: No aplica**
- NOTA 1: Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.
- NOTA 2: Los ensayos son realizados a temperatura ambiente excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis
- NOTA 3: Muestras recibidas en el laboratorio e información de las mismas proporcionada por el cliente. CENTROCESAL Cía. Ltda, se responsabiliza únicamente de los análisis
- NOTA 4: La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.
- NOTA 5: El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 20 días desde la entrega del resultado.
- NOTA 6: Todas las actividades son realizadas en las instalaciones del laboratorio excepto donde se especifique
- NOTA 7: La declaración de conformidad está dada de acuerdo a la guía ISO 98-4
- NOTA 8: Los datos suministrados por cliente y los requisitos de recepción de ítem de ensayo que afectan a la validez de los resultados serán declarados en observaciones
- NOTA 9: Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez resultados, es exclusiva responsabilidad de quienes las emiten y no representa responsabilidad para CENTROCESAL

Ref.:POE:7.8.1 Rev.:03 Anexo 1

**Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio**



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES**  
**CENTROCESAL Cia. Ltda.**  
**AREA QUÍMICA**

**INFORME DE ENSAYO No.: 38660-04-12-01-21-Q**

**Datos del Cliente**

**Cliente:** JIMMY CHISAGUANO  
**Representante:** Jimmy Chisaguano  
**Dirección:** Salcedo  
**Teléfono:** 984177164

**Datos del ítem de Ensayo**

**Identificación de la Muestra:** SUELO P20  
**Descripción de la Muestra:** Sólido heterogéneo color café  
**Contenido declarado:** 100g  
**Conservación de la Muestra:** Ambiente

**No. Lote o código:** ND  
**Fecha de elaboración:** ND  
**Fecha de caducidad:** ND

**Datos de Muestreo, Recepción y Análisis**

**Responsable toma de muestra:** Por el cliente  
**Responsable muestreo:** NA  
**Referencia:** Los resultados se aplican a la muestra tal cual como se recibió  
**Parámetros acreditados muestreo:** NA

**Fecha de toma de muestra:** ND  
**Fecha de recepción:** 2021-01-12  
**Fechas de ensayo:** 2021-01-14  
**Fecha de reporte:** 2021-01-19

**Resultados analíticos:** Pag.: 1 de 1

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
Aluminio (Al)	EPA 7000B Espectrometría de Absorción Atómica	mg/kg	2590,25

EPA: Environmental Protection Agency



CENTROCESAL Cia. Ltda.

*Ing. Francisco Alvarez*  
 CENTROCESAL Cia. Ltda.

RESPONSABLE DE ANALISIS

*Q.F. Andrea Cumba A.*  
 CENTROCESAL Cia. Ltda.

RESPONSABLE DE SUPERVISION

**Notas:**

- ND: No declara** NA: No aplica
- NOTA 1:** Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.
- NOTA 2:** Los ensayos son realizados a temperatura ambiente excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis
- NOTA 3:** Muestras recibidas en el laboratorio e información de las mismas proporcionada por el cliente. CENTROCESAL Cia. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis
- NOTA 4:** La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.
- NOTA 5:** El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 20 días desde la entrega del resultado.
- NOTA 6:** Todas las actividades son realizadas en las instalaciones del laboratorio excepto donde se especifique
- NOTA 7:** La declaración de conformidad está dada de acuerdo a la guía ISO 98-4
- NOTA 8:** Los datos suministrados por cliente y los requisitos de recepción de ítem de ensayo que afectan a la validez de los resultados serán declarados en observaciones
- NOTA 9:** Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez resultados, es exclusiva responsabilidad de quienes las emiten y no representa responsabilidad para CENTROCESAL

f.ref.:POE:7.8.1 Rev.:03 Anexo 1

**Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio**

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús  
 Telfs: (593 2) 2230342 / 2233792 Fax: Ext. 102 Celular: 099649872  
 e-mail: [info@centrocesal.com](mailto:info@centrocesal.com) / [www.centrocesal.com](http://www.centrocesal.com)  
 QUITO - ECUADOR



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**  
**AREA QUÍMICA**

**INFORME DE ENSAYO No.: 38660-05-12-01-21-Q**

**Datos del Cliente**

**Cliente:** JIMMY CHISAGUANO  
**Representante:** Jimmy Chisaguano  
**Dirección:** Salcedo  
**Teléfono:** 984177164

**Datos del ítem de Ensayo**

**Identificación de la Muestra:** SUELO P7  
**Descripción de la Muestra:** Sólido heterogéneo color café  
**Contenido declarado:** 100g  
**Conservación de la Muestra:** Ambiente

**No. Lote o código:** ND  
**Fecha de elaboración:** ND  
**Fecha de caducidad:** ND

**Datos de Muestreo, Recepción y Análisis**

**Responsable toma de muestra:** Por el cliente  
**Responsable muestreo:** NA  
**Referencia:** Los resultados se aplican a la muestra tal cual como se recibió  
**Parámetros acreditados muestreo:** NA

**Fecha de toma de muestra:** ND  
**Fecha de recepción:** 2021-01-12  
**Fechas de ensayo:** 2021-01-14  
**Fecha de reporte:** 2021-01-19

**Resultados analíticos:** Pag.: 1 de 1

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
Aluminio (Al)	EPA 7000B Espectrometría de Absorción Atómica	mg/kg	6874,25

EPA: Environmental Protection Agency



**Ing. Francisco Alvarez**  
 CENTROCESAL Cía. Ltda.

RESPONSABLE DE ANALISIS

**Q.F. Andrea Cumba A.**  
 CENTROCESAL Cía. Ltda.

RESPONSABLE DE SUPERVISIÓN

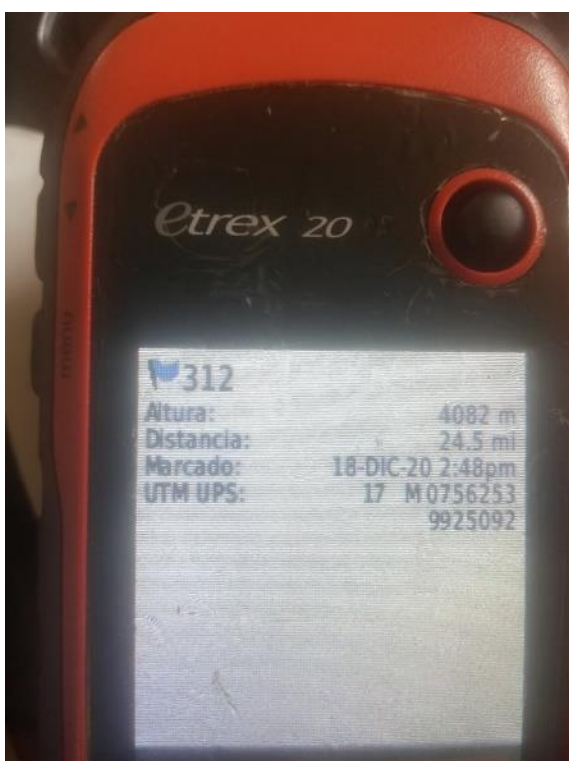
**Notas:**

- ND: No declara**    **NA: No aplica**
- NOTA 1:** Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.
- NOTA 2:** Los ensayos son realizados a temperatura ambiente excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis
- NOTA 3:** Muestras recibidas en el laboratorio e información de las mismas proporcionada por el cliente. CENTROCESAL Cía. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis
- NOTA 4:** La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.
- NOTA 5:** El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 20 días desde la entrega del resultado.
- NOTA 6:** Todas las actividades son realizadas en las instalaciones del laboratorio excepto donde se especifique
- NOTA 7:** La declaración de conformidad está dada de acuerdo a la guía ISO 98-4
- NOTA 8:** Los datos suministrados por cliente y los requisitos de recepción de ítem de ensayo que afectan a la validez de los resultados serán declarados en observaciones
- NOTA 9:** Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez resultados, es exclusiva responsabilidad de quienes las emiten y no representa responsabilidad para CENTROCESAL

href.:POE:7.8.1 Rev.:03 Anexo 1

**Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio**

## Anexo 4. Visita "IN SITU"





## Anexo 5. Resultados INIAP

MC-LASPA-22D1-01

	<b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b> <b>ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS</b> Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tifs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	--	---

## INFORME DE ENSAYO No: 21-0015

NOMBRE DEL CLIENTE: Chisaguano Chisaguano Jimmy Israel  
 PETICIONARIO: Chisaguano Chisaguano Jimmy Israel  
 EMPRESA/INSTITUCIÓN: Chisaguano Chisaguano Jimmy Israel  
 DIRECCIÓN: Sigchocalle, Salcedo

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14/01/2021  
 HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 10:30  
 FECHA DE ANÁLISIS: 18/01/2021  
 FECHA DE EMISIÓN: 22/01/2021  
 ANÁLISIS SOLICITADO: SUELO 2

Análisis	PH		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg		Mg/K		Ca+Mg/K		Σ Bases		MO *		CO*		Textura (%)*				IDENTIFICACIÓN
			ppm	M	ppm	M	ppm	B	ppm	M	ppm	B	meq/100g	M	meq/100g	A	meq/100g	A	ppm	M	ppm	A	ppm	M	ppm	M	meq/100g	M	meq/100g	M	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural					
21-0192	5,54	Me Ac	50	M	18	M	11	B	0,61	B	0,20	M	12,28	A	1,60	A	5,5	M	5,4	A	1110	A	13,7	M	7,85	7,98	69,08	14,09												Muestra # 1	
21-0193	5,93	Me Ac	17	B	4	B	4,8	B	0,30	B	0,04	B	4,48	A	0,43	M	2,8	B	4,9	A	153	A	5,3	M	10,54	11,91	137,47	4,94												Muestra # 2	
21-0194	8,19	Me Al	30	B	49	A	11	B	3,06	A	0,02	B	15,10	A	1,95	A	3,4	M	4,2	A	200	A	13,2	M	7,73	125,56	1096,21	17,07												Muestra # 3	
21-0195	5,97	Me Ac	43	M	13	M	8,6	B	0,69	B	0,03	B	14,19	A	2,20	A	2,7	B	6,3	A	1255	A	10,2	M	6,46	85,00	633,71	16,42												Muestra # 4	
21-0196	5,61	Me Ac	92	A	10	B	8,6	B	0,34	B	0,28	M	5,15	A	0,88	A	4,1	M	6,6	A	1253	A	7,5	M	5,82	3,13	21,37	6,31												Muestra # 5	

Análisis	Al+H*	Al*	Na *	C.E.	N. Total	N-NO3	K H2O*	P H2O*
Unidad	meq/100g			dS/m	%	ppm	ppm	ppm

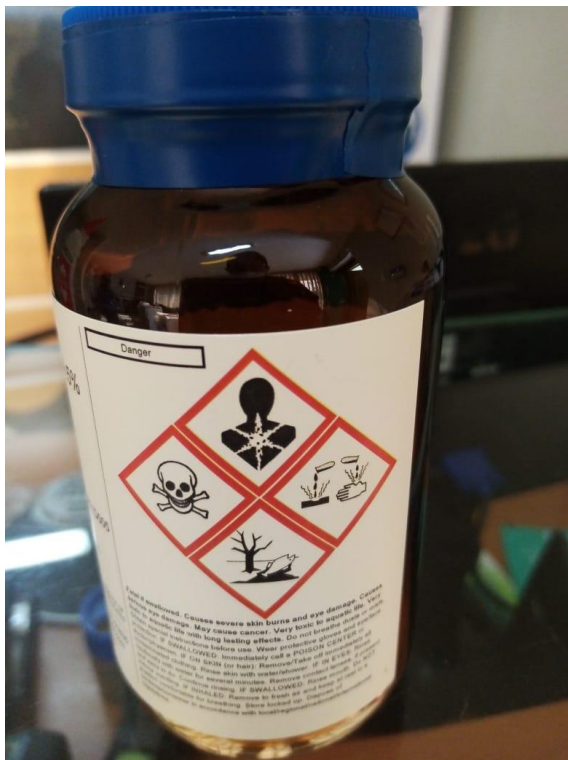
OBSERVACIONES: \* Ensayos no solicitados por el cliente

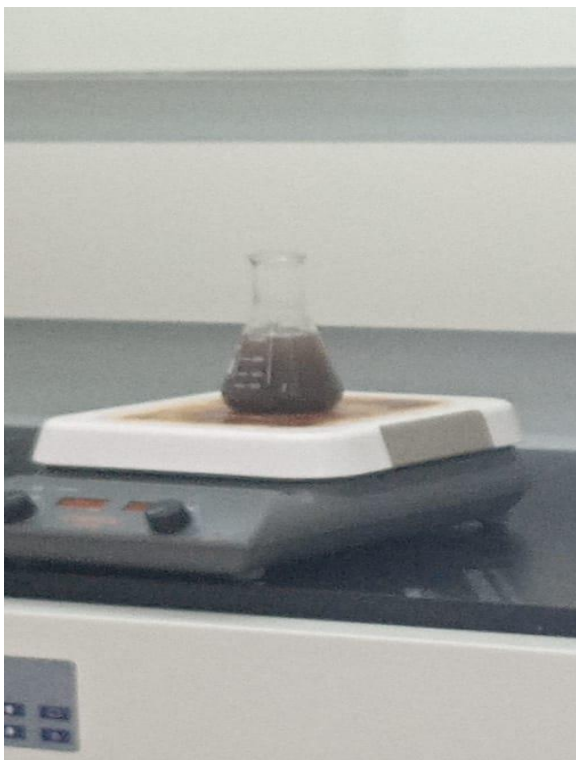
METODOLOGIA USADA			
pH *	Suelo: Agua [1:2,5]	P K Ca Mg *	Olsen Modificado
S,B *	Fosfato de Calcio	Ca Fe Mn Zn *	Olsen Modificado

INTERPRETACION		
pH		Elemento
Ae = Acido	N = Neutro	B = Bajo

ABREVIATURAS	
C.E =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

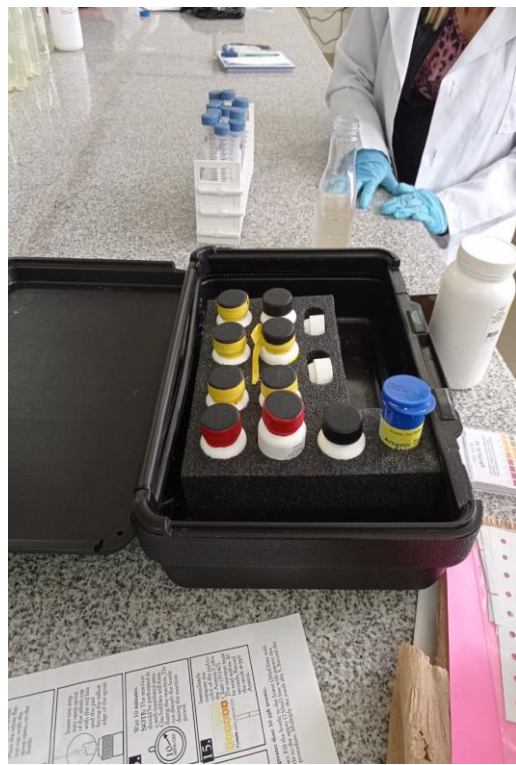
Anexo 6. Fase de Laboratorio

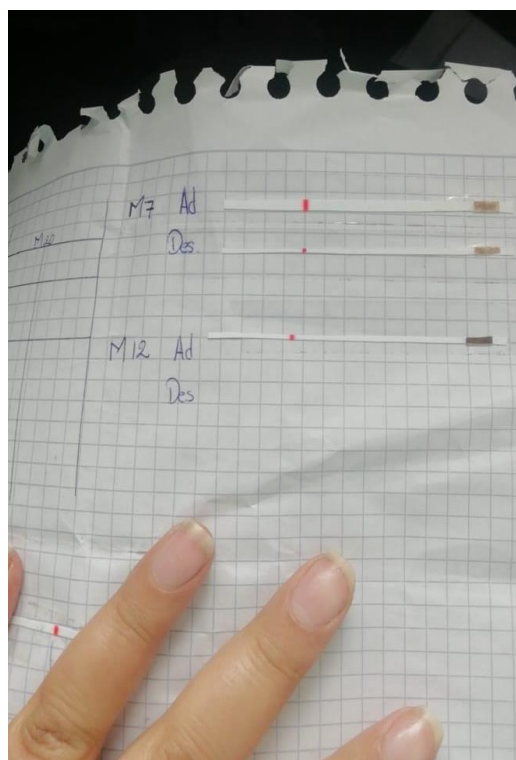
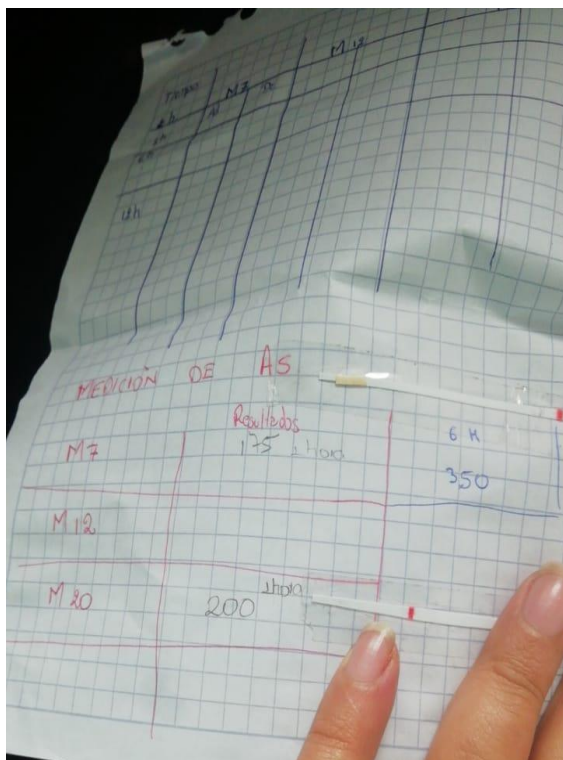
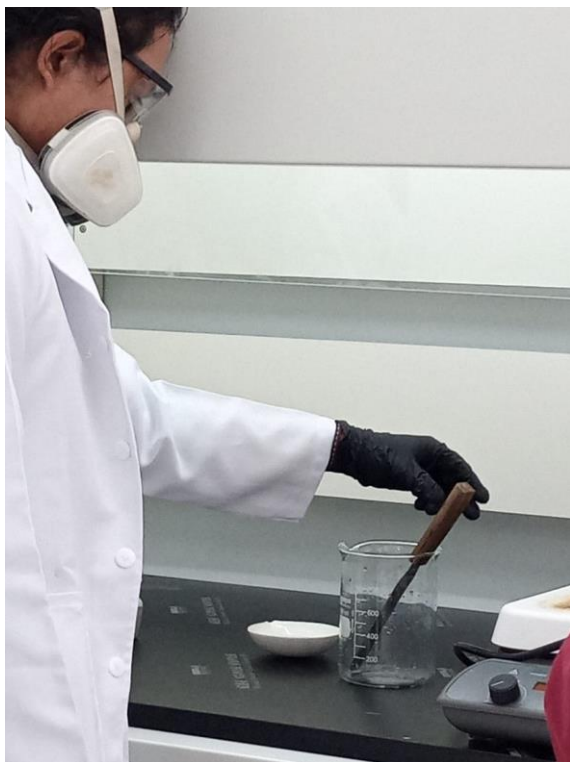














### Anexo 7. Resultados de los Límites de Atterberg



# PUCE

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNIA  
INFORME DE ENSAYO  
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

**PROYECTO:** Caracterización Mecánica de Suelos de la Reserva Iltizias  
**LOCALIZACIÓN:** Iltizias  
**MUESTRA:** Muestra tomada por el Cliente  
**NORMA:** ASTM D 2487  
**DESCRIPCIÓN:** P17-Cota:4100 msnm

**SOLICITADO POR:** Jimmy Chisaguano  
**FISCALIZACIÓN:** .....  
**CONTRATISTA:** .....  
**FECHA INGRESO:** 2021-01-04  
**FECHA ENTREGA:** 2021-01-08  
**ORDEN DE TRABAJO N°:** 4095 S  
**HOJA:** 2 de 2

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

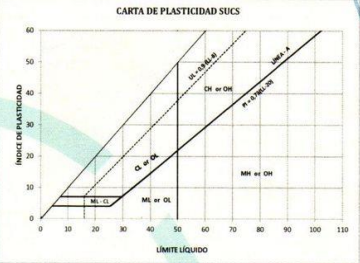
Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17,28	69,42	36,75	167,80	
17,72	67,13	36,20	167,37	167,58

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
10,39	20,06	15,22	100,21	
8,77	19,40	14,07	100,57	100,39


3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

A		MÉTODO MULTIPUNTO		
N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad
25	6,64	25,66	15,55	146,31
26	9,06	26,83	16,23	147,84
17	9,22	26,38	16,06	150,88



4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 6913

TAMIZ N°	5"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	750	500	375	250	190	95	4,75	2,0	0,425	0,075
PORCENTAJE RETENIDO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	7,77	20,94
% QUE PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,4	92,2	79,1



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

**HUMEDAD NATURAL (%)**  
Humedad (%): 168


**LÍMITES DE ATTERBERG**  
Limite Líquido, LL: 148  
Limite Plástico, LP: 100  
Índice de Plasticidad, IP: 48


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
Grava (%): 0  
Arena (%): 21  
Finos (%): 79

**CONTENIDO ORGÁNICO: SI**  
LL - secado al horno / LL - no secado al horno: 0,56

CLASIFICACIÓN SUCS: **OH**      NOMBRE TÍPICO: Limo orgánico con drenaje


NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

  
Ing. Sebastián Morales  
RESPONSABLE DE ÁREA

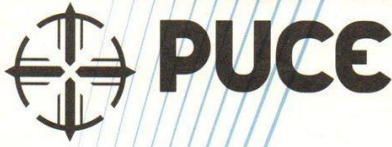


Veintimilla y Av. 12 de Octubre  
Telf.: 593 2 299 1529  
Cél.: 098 704 9430  
Quito - Ecuador  
LMC-PUCE@puce.edu.ec  
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



JESUITAS ECUADOR



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNIA  
INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

OBRA : Caracterización Mecánica de Suelos de la Reserva Ilinizas  
LOCALIZACIÓN : Ilinizas  
MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente  
NORMA : ASTM D 2487  
DESCRIPCIÓN : PL6-Cota-4115 msnm

SOLICITADO POR : Jimmy Chisaguano  
FISCALIZACIÓN : .....  
CONTRATISTA : .....  
FECHA INGRESO : 2021-01-04  
FECHA ENTREGA : 2021-01-08  
ORDEN DE TRABAJO Nº : 4095 S  
HOJA : 1 de 2

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17,76	78,24	58,98	46,72	46,80
11,66	66,96	49,31	46,88	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

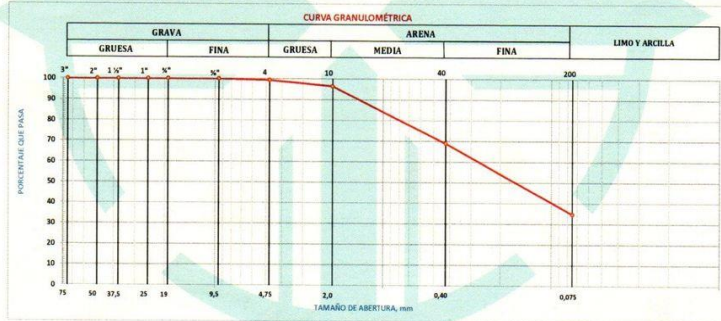
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 422

TAMIZ Nº	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75,0	50,0	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,0	0,425	0,075
PORCENTAJE RETENIDO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	3,69	31,15	65,41
% QUE PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,3	96,3	68,9	34,6



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : 47

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : NP

Límite Plástico, LP : NP

Índice de Plasticidad, IP : NP

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : 1

% Arena : 65

% Finos : 35

CONTENIDO ORGÁNICO - NO

CLASIFICACIÓN SUCS : **SM**

NOMBRE TÍPICO : Arena limosa

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Ing. Sebastián Morales  
RESPONSABLE DE ÁREA

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE  
MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,  
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA  
Ing. Jorge Alfaro, M.Sc.  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

## Anexo 8. Hoja SMSDS Aluminio

Ficha de Datos de Seguridad

C&amp;C Aluminio 175

**1.0 Identificación de la sustancia o mezcla. Identificación de la compañía o empresa.****1.1 Identificación del producto. Nombre comercial.**

Nombre comercial C&amp;C Aluminio 175.

Ficha técnica Para más información consultar la ficha técnica,

**1.2 Usos conocidos y recomendados de la sustancia o mezcla.****Usos no recomendados****1.2.1 Uso recomendado**

Rvestimiento

**1.3 Datos del proveedor de la ficha de seguridad.**Couttenye & Co., S.A. Carretera Panamericana, Km 14  
(Entrada Distribuidor), Sector Las Minas, San Antonio de Los Altos,  
Edo. Miranda**1.4 Teléfono de emergencia**

58-212-372-8033

**2.0 Identificación de los peligros****2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

R10

Inflamable

R67

La inhalación de vapores puede ocasionar somnolencia y vértigo.

N; R52 / R53

Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo  
plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático,**2.2 Elementos de la etiqueta****Componentes determinantes del peligro para el  
etiquetado:**■ Producto de reacción: bisfenol-A-epidlorhidrina, resinas epoxi  
(peso molecular medio 700 < MW < 1000)

Frase (s) - R

R10


Inflamable

R52 / R53

Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo  
plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

## Anexo 9. SMSDS Arsénico

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

ARSÉNICO		ICSC: 0013 Mayo 2010	
CAS: 7440-38-2 NU: 1558 CE Índice Anexo I: 033-001-00-X CE / EINECS: 231-148-6		As Masa atómica: 74.9	
			
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas. NO poner en contacto con oxidantes fuertes. NO poner en contacto con superficies calientes.	Polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con: ver Peligros Químicos.	NO poner en contacto con materiales incompatibles: ver Peligros Químicos	
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	
Inhalación	Ver Ingestión.	Sistema cerrado y ventilación.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica si se siente mal.
Piel		Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos		Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
Ingestión	Dolor abdominal. Diarrea. Náuseas. Vómitos. Debilidad. Shock o colapso. Pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintado. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro.		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: T, N R: 23/25-50/53 S: (1/2-)20/21-28-45-60-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Tóxico en caso de ingestión. Puede provocar cáncer. Susceptible de perjudicar la fertilidad o dañar el feto. Provoca daño en el tracto gastrointestinal en caso de ingestión. Provoca daño en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. Tóxico para los organismos acuáticos. Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
		Separado de oxidantes fuertes, ácidos, halógenos alimentos y piensos Bien cerrado. Medidas para contener el efluente de extinción de incendios. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	