

EXPEDIENTE TÉCNICO

**PROYECTO "RECUPERACION DEL SERVICIO
ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LA
MICROCUEENCA DE MILLOC, EN EL DISTRITO DE
CARAMPOMA, PROVINCIA DE HUAROCHIRI,
DEPARTAMENTO DE LIMA"**

Estudio de agua y suelos

Preparado por



**MARCO LÓGICO
CONSULTORES**

**Con el apoyo del Proyecto de Infraestructura Natural para la
Seguridad Hídrica**

para



**WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445**



Diciembre de 2019

EXPEDIENTE TÉCNICO

**PROYECTO "RECUPERACIÓN DEL SERVICIO
ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN HÍDRICA DE LA
MICROCUEENCA DE MILLOC, DISTRITO DE CARAMPOMA,
PROVINCIA DE HUAROCHIRI, DEPARTAMENTO DE LIMA"**

Informe de Suelos

Preparado por



**MARCO LÓGICO
CONSULTORES**

**Con el apoyo del Proyecto de Infraestructura Natural para la Seguridad
Hídrica**

para

sedapal



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



Diciembre de 2019



J.B.
**JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020**



Foto N° 01 (carátula): Anillo de metal para sacar muestras de suelo (para el cálculo de la densidad aparente). Foto: Jan R. Baiker



JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. MARCO TEÓRICO	10
3. OBJETIVOS	11
3.1 Objetivo General	11
3.2 Objetivos Específicos	11
4. DIAGNÓSTICO DEL SUELO EN MILLOC	12
4.1 Descripción de la problemática	12
4.2 Evaluación del suelo	16
4.3 Metodologías aplicadas	16
4.3.1 Caracterización general de la geomorfología de Milloc	16
4.3.2 Diseño de transectos y puntos de muestreo de suelo	17
4.3.3 Compactación del suelo (densidad aparente)	18
4.3.4 Capacidad de infiltración del suelo (curvas pF y permeabilidad)	19
4.3.5 Napas freáticas	21
4.3.6 Composición del suelo (muestras de suelo y núcleos de perforación)	21
<u>Muestras de suelo analizadas en el laboratorio</u>	24
4.3.6.1 Textura del suelo	24
4.3.6.2 Salinidad / conductividad eléctrica	24
4.3.6.3 pH	24
4.3.6.4 Calcáreo total, CaCO_3	24
4.3.6.5 Materia orgánica	25
4.3.6.6 Nitrógeno, fósforo y potasio	25
4.3.6.7 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	25
4.3.6.8 Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ cambiables	25
4.3.6.9 Concentraciones de metales en el suelo	25
<u>Análisis de los núcleos de perforación</u>	26
4.3.6.10 Contenido (porcentual) del agua en diferentes capas del suelo	26
4.3.6.11 Contenido (porcentual) del material orgánico/turba en diferentes capas del suelo	26
4.4 Resultados y Discusiones	30
4.4.1 Compactación del suelo (densidad aparente)	30
4.4.2 Capacidad de infiltración del suelo (curvas pF y permeabilidad)	30
4.4.3 Napas freáticas	34
4.4.4 Composición del suelo (muestras de suelo y núcleos de perforación)	34



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



J.B.
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

<u>Muestras de suelo analizadas en el laboratorio</u>	34
4.4.4.1 Textura del suelo	34
4.4.4.2 Salinidad / conductividad eléctrica	37
4.4.4.3 pH	37
4.4.4.4 Calcáreo total, CaCO_3	37
4.4.4.5 Materia orgánica	38
4.4.4.6 Nitrógeno, fósforo y potasio	38
4.4.4.7 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	38
4.4.4.8 Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ cambiables	38
4.4.4.9 Concentración de metales en el suelo	39
<u>Análisis de los núcleos de perforación</u>	39
4.4.4.10 Contenido (porcentual) del agua en diferentes capas del suelo	39
4.4.4.11 Contenido (porcentual) del material orgánico/ turba en diferentes capas del suelo	40

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
-------------------------------	----

6. ANEXOS	48
-----------	----

Anexo I:	Datos crudos de los experimentos de infiltración	49
Anexo II:	Resultados del análisis del laboratorio (textura del suelo, pH, fósforo, metales, etc.) del Expediente Técnico 2018	59
Anexo III:	Datos crudos del contenido (porcentual) del agua y de material orgánico (turba) en diferentes capas del suelo	65
Anexo IV:	Fotos usadas para el análisis (visual) de los núcleos de perforación	70



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

TABLAS

Tabla N° 01: Ubicación de los puntos de muestreo de suelos para el Expediente Técnico 2018.

Tabla N° 02: Ubicación de los puntos de muestreo de suelos para el Expediente Técnico 2019.

Tabla N° 03: Densidad aparente del suelo, contenido del agua del suelo, espacio de poros ocupado por agua, contenido de agua en volumen y porosidad del suelo de las 28 muestras de suelo.

Tabla N° 04: Relación general entre densidad aparente del suelo crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

Tabla N° 05: Tasas de infiltración y respectiva clasificación de los 06 puntos evaluados.

Tabla N° 06: Velocidades estables de infiltración para grupos mayores de textura de suelo, en suelos humectados en profundidad.

Tabla N° 07: Velocidades y clases de infiltración.

Tabla N° 08: Niveles de las napas freáticas, medidos en 10 puntos distintos.

Tabla N° 09: Resultados de las muestras de suelo, analizadas en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018.

Tabla N° 10: Mediciones de conductividad eléctrica y clases de salinidad para una suspensión de suelo:agua de 1:1.

Tabla N° 11: Concentración de metales en el suelo.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

FIGURAS

Figura N° 01: Componentes importantes del estudio de los suelos (edafología) y su respectiva relación con las otras disciplinas.

Figura N° 02: Área de estudio en el Perú y croquis geomorfológico de Milloc.

Figura N° 03: Localización de los diferentes grupos de morrenas en el valle de Milloc.

Figura N° 04: Perforación SPM3 de Milloc. Las dataciones ^{14}C están expresadas en años antes del presente (BP).

Figura N° 05: Curva de infiltración en cada uno de los 06 puntos evaluados.

Figura N° 06: Contenido del agua del suelo (g/g) y Porcentaje turba/detrimento vs. profundidad de suelo (cm).

Figura N° 07: Contenido del agua del suelo (g/g) y Porcentaje turba/detrimento vs. profundidad de suelo (cm).

Figura N° 08: Contenido del agua del suelo (g/g) y Porcentaje turba/detrimento vs. profundidad de suelo (cm).

Figura N° 09: Contenido del agua del suelo (g/g) y Porcentaje turba/detrimento vs. profundidad de suelo (cm) del punto N1.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

7 B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

FOTOS

Foto N° 01 (carátula): Anillo de metal para sacar muestras de suelo (para el cálculo de la densidad aparente).

Foto N° 02: Dos de los instrumentos usados para la evaluación del suelo; Barreno ruso (*Russian Peat Corer*) para sacar núcleos intactos con turba; y doble anillos para el experimento de infiltración.

Foto N° 03: Bofedal degradado en Milloc con la trocha que ha cortado el flujo natural del agua.

Foto N° 04: Dique que ha cortado el flujo natural del agua hacia el bofedal de Milloc.

Foto N° 05: Salida del túnel trasandino.

Foto N° 06: Continuación del canal trasandino, hacia la laguna de Milloc.

Foto N° 07: Erosión en el canal trasandino, antes de embocar a la laguna de Milloc.

Foto N° 08: Pastoreo con llamas en Milloc.

Foto N° 09: Pastoreo con ovejas en Milloc.

Foto N° 10 y Foto N° 11: Partes del bofedal severamente degradado en el noreste de Milloc.

Foto N° 12: Anillo de metal para la muestra y el cálculo de la densidad aparente.

Foto N° 13: Horno de mufla.

Foto N° 14: Estufa.

Foto N° 15: Preparación del espacio entre los anillos para la medición de la infiltración.

Foto N° 16: Último paso de preparación de los anillos, antes de iniciar la medición de la infiltración.

Foto N° 17: En plena medición de la infiltración.

Foto N° 18: Perforación de un pozo con ayuda de un barreno ruso.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

7.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

MAPAS

Mapa N° 01: Cobertura por estado de conservación del bofedal de Milloc.

Mapa N° 02: Ubicación de los puntos de evaluación de la densidad aparente, de la capacidad de infiltración del suelo, de las napas freáticas, de la composición del suelo, del contenido porcentual de agua y del contenido y la ubicación de material orgánico o turba en el suelo (los últimos tres a través de núcleos de suelo).

Mapa N° 03: Ubicación de los puntos de muestras de suelo analizadas en el Expediente Técnico 2018.

Mapa N° 04: Zonificación (interpolada) de las napas freáticas en el bofedal de intervención.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JB
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

**PROYECTO "RECUPERACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE
REGULACIÓN HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DE MILLOC, DISTRITO DE
CARAMPOMA, PROVINCIA DE HUAROCHIRI, DEPARTAMENTO DE LIMA"**

INFORME DE SUELOS

1. INTRODUCCIÓN

En los Andes Peruanos Centrales se registra una fuerte estacionalidad climática, marcada por una época de lluvia entre aprox. diciembre y mayo y una época seca o de estiaje entre junio y diciembre. Bajo estas condiciones, y considerando también las características geológicas, pudieron evolucionar ecosistemas como lo son los bofedales, un grupo diverso de ecosistemas híbridos (acuáticos-terrestres) que se encuentra entre aprox. 3500-4900 m.s.n.m., ubicado en los fondos de los valles glaciares, en zonas ondados donde se acumula el agua, en depresiones topográficas (con pendientes menos de 5°) y cerca de lagos/lagunas y quebradas (Josse et al., 2009). Según las características climáticas locales, bofedales pueden ser permanentes o estacionales. En bofedales permanentes las condiciones bióticas y abióticas no permiten una descomposición rápida del material vegetal muerta y como consecuencia se forma y se acumula turba (Coûteaux et al., 2002; Ruthsatz, 2012; Segnini et al., 2013; Gardi et al., 2014; IUCN Peatland Programme, 2014).

Los bofedales son ecosistemas frágiles que cumplen una importante función en el ciclo hídrico en los Altos Andes: Son capaces de almacenar volúmenes considerables de agua, proveniente de la precipitación directa (especialmente durante la época de lluvia) de escorrentías y del deshielo de los glaciares y nevados (Kaser et al., 2003, Gordon et al. 2015). Además, actúan como importantes amortiguadores y reguladores hídricos (Mark et al., 2010), especialmente en los meses de estiaje, durante los cuales permiten un flujo de agua continua desde el bofedal hacia zonas más bajas (Baraer et al. 2009; Baraer et al., 2015). Aparte de los ya mencionados, los bofedales cuentan con otros servicios ecosistémicos: filtración y purificación del agua (Bobadilla et al., 2013), provisión de sitios de pastoreo para el ganado exótico y los camélidos nativos durante todo el año (Alzérreca et al., 2001; Buttolph & Coppock, 2004; Madaleno, 2004; Cooper et al., 2015). También destaca su capacidad de secuestro y almacenamiento de carbono (Segnini et al., 2010; Hribljan et al, 2015), en forma de la biomasa vegetal viva o en proceso de descomposición (turba) y su función de archivos palaeoclimáticos (Skrzypek et al., 2011; Daley et al., 2012), de sitios de conservación de la biodiversidad altoandina (Coronel et al., 2007; Gibbons, 2012; Salazar-Torres & de Moraes Huazar, 2012) y de recreación y ecoturismo (Gandarillas et al., 2016).

Entre las amenazas que sufren los bofedales están los efectos negativos del cambio climático (potencial desecación de bofedales que dependen del deshielo de glaciares que se encuentran en proceso de extinción o que se ubican en áreas donde el régimen de precipitación ha cambiado completamente hacia un déficit de lluvias), efectos antrópicos locales como lo son el sobrepastoreo, la minería y la construcción de carreteras/trochas que modifican drásticamente el flujo normal de las aguas (Gardi et al. 2014).



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

En el caso del área de estudio en Milloc (4,398 m.s.n.m.) se observa un fuerte impacto en el sistema hidrológico o en los flujos de agua, causado por la construcción de la trocha de acceso y de conexión con las minas en la parte alta del valle. Además, destaca el impacto que ha generado la extracción ilegal y la sobreexplotación de turba y de *champas* (bloques de vegetación nativa del bofedal, junto con su suelo). Son principalmente estas dos actividades que han puesto el bofedal de Milloc en un "estado de salud" crítico, una situación en la cuál este ecosistema ya no puede proveer sus principales servicios ecosistémicos, ante todo aquellos relacionados con el agua (regulador, amortiguador, almacenador).

A continuación, se analiza la actual situación del servicio ecosistémico de regulador hídrico en la microcuenca de Milloc desde el sistema de los suelos (edafología).

2. MARCO TEÓRICO

La recuperación del servicio ecosistémico de la regulación hídrica en la microcuenca de Milloc requiere de un enfoque y análisis multidisciplinario e integral. Por tal razón, se había considerado un trabajo interdisciplinario, basado en reuniones, discusiones e intercambios frecuentes entre los/las diferentes especialistas. En cada especialidad (biología, hidrología, agrostología y componente social) se ha hecho los análisis correspondientes.

En este marco, la edafología¹ es una disciplina clave y de conexión entre la hidrología y la biología. Se puede ilustrar eso a través del ejemplo de la turba²: Este material orgánico se forma solamente cuando las condiciones son óptimas, es decir suelo saturado con agua (con déficit de oxígeno), bajas temperaturas (que disminuyen la actividad de la microbiota que está capaz de descomponer el material orgánico) y presencia de material orgánico muerto de especies de plantas que muestran una tasa de descomposición muy baja (p. ej. *Distichia muscoides*, *Plantago rigida*, etc.).

En la Figura N° 01 se detallan los componentes del estudio de suelos y como estos parámetros están interrelacionados y considerados también por las otras disciplinas. Salta a la vista que todos los parámetros de suelo propuestos para el estudio de la microcuenca de Milloc también aparecen en una o varias de las otras disciplinas. Por lo tanto, la información generada en edafología sirve directamente a la hidrología y a la biología. Y en su conjunto, las tres disciplinas ponen la base para entender lo fundamental de la agrostología. Finalmente, encontramos en esta figura, como elemento / disciplina principal los "Aspectos Sociales" o las ciencias sociales. Es a este nivel, donde se toman las decisiones sobre la intensidad del uso/manejo de los ecosistemas (en el caso de Milloc: bofedales y pajonales) y eso, en el mejor de los casos, considerando la base de datos generada en las 04 disciplinas subordinadas.

¹ La **edafología** es una rama de la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea (Wikipedia 2019, <https://es.wikipedia.org/wiki/Edafolog%C3%ADa>) página accedida el 16 de octubre del 2019).

² La **turba** es material orgánico que se encuentre en un proceso de descomposición muy lento, causado por una combinación de factores climáticos (temperaturas bajas), hidrológicos (sumergido en el agua por casi todo el tiempo) y de la microbiota (actividad muy baja por las temperaturas bajas y la falta de oxígeno en el agua).



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

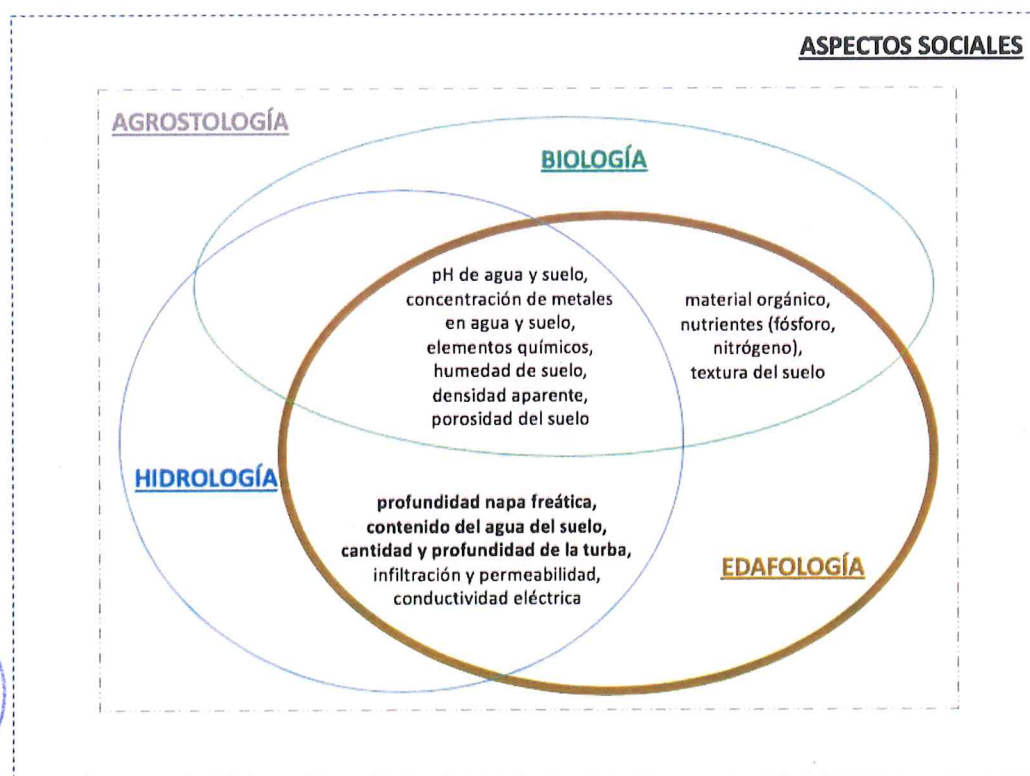


Figura N° 01: Componentes importantes del estudio de los suelos (edafología) y su respectiva relación con las otras disciplinas.
Elaboración: Jan R. Baiker.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Aportar con el análisis de información existente y con la información recién generada sobre los suelos del bofedal de Milloc al estudio integral (Expediente Técnico).
- Elaborar la sustentación técnica (desde la edafología) de las propuestas generadas para la recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica en la microcuenca de Milloc.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el diagnóstico de los aspectos del factor productivo suelo, en especial, de las características relacionadas a su capacidad de regulación hídrica: textura, densidad aparente, porosidad, curvas pF, permeabilidad, contenido del agua del suelo, pH y materia orgánica (incl. turba).



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

7.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020



Foto N° 02: Dos de los instrumentos usados para la evaluación del suelo; a la izquierda: Barreno ruso (*Russian Peat Corer*) para sacar núcleos intactos con turba; a la derecha: doble anillos para el experimento de infiltración.

Foto: Jan R. Baiker.

4. DIAGNÓSTICO DEL SUELO EN MILLOC

4.1 Descripción de la problemática

En el pasado, los suelos de la microcuenca de Milloc³ habían sufrido varios tipos de impactos. Probablemente uno de los primeros impactos (indirectos) fue generado cuando se construyó la **trocha** (Foto N° 03) que conecta la Comunidad Campesina de Santiago de Carampoma con la parte alta del mismo valle y con Marcapomacocha (en la Carretera Central).

³ En este informe se enfoca exclusivamente en el bofedal de Milloc y en su zona septentrional donde se planifica intervenir con acciones de recuperación. Quedan excluidos de este informe las áreas de pajonales que se encuentran alrededor del bofedal de Milloc y de la respectiva laguna. Una evaluación de estos pajonales es parte del informe agrostológico.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020



Foto N° 03: Bofedal degradado en Milloc con la trocha que ha cortado el flujo natural del agua en segundo plano. Foto: Jan R. Baiker.

Los trabajos en esta trocha e inclusive el **dique** (Foto N° 04) que se había construido por entonces, causaron un corte crítico de los flujos de agua naturales que alimentaban al bofedal de Milloc. Como consecuencia inició un proceso de desecación de la zona noreste del bofedal. Testigo de este proceso es el hecho que las napas freáticas en esta parte del bofedal han sido encontradas (ver datos de julio y setiembre del 2019, p.35) a más de 1.2 m de profundidad.



Foto N° 04: Dique que ha cortado el flujo natural del agua hacia el bofedal de Milloc. Foto: Jan R. Baiker.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Encima de las napas freáticas se encuentra una capa gruesa de material orgánico que ya se encuentra a un nivel avanzado de descomposición, una tendencia que en el futuro sería acelerado aún, considerando los cambios que están ocurriendo en el contexto del cambio climático (aumento de la temperatura promedio, cambios en el régimen/patrón de las precipitaciones). Entonces, en estas partes del bofedal de Milloc donde las napas freáticas registran profundidades tan bajas en el pico de la época de estiaje (fines de agosto, setiembre) el servicio ecosistémico de secuestro de carbono del bofedal ya fue reemplazado por el proceso (no deseable) de descomposición acelerado de la materia orgánica y el balance secuestro - emisión (en forma de gases de efecto invernadero) ya se ha vuelto negativo.

Otro, fuerte impacto (indirecto) sobre el bofedal de Milloc fue generado cuando se inauguró el **túnel trasandino** (Foto N° 05) que tiene su continuación en un río hasta embocar en la laguna de Milloc (Foto N° 06).



Foto N° 05: Salida del túnel trasandino. Foto: Jan R. Balker.

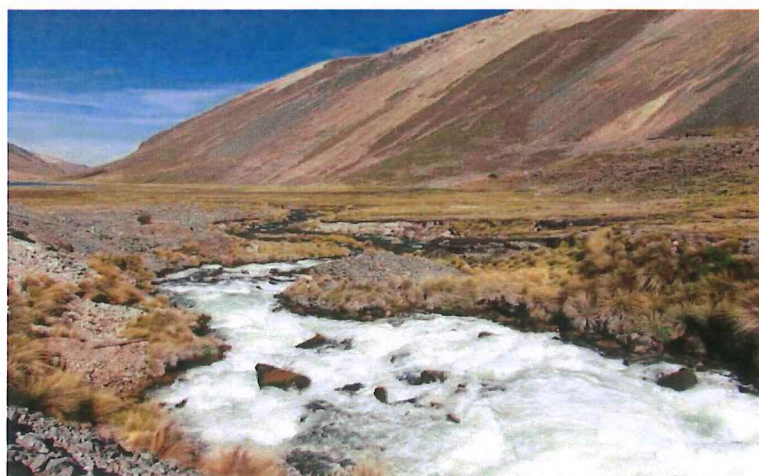


Foto N° 06: Continuación del canal trasandino, hacia la laguna de Milloc.
Foto: Jan R. Balker.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

El caudal que bota el canal trasandino es de hasta 8 m³/s y por lo tanto es el principal factor de la erosión que se observa en las orillas del río / de la quebrada que desemboca en la laguna de Milloc (Foto N° 07).

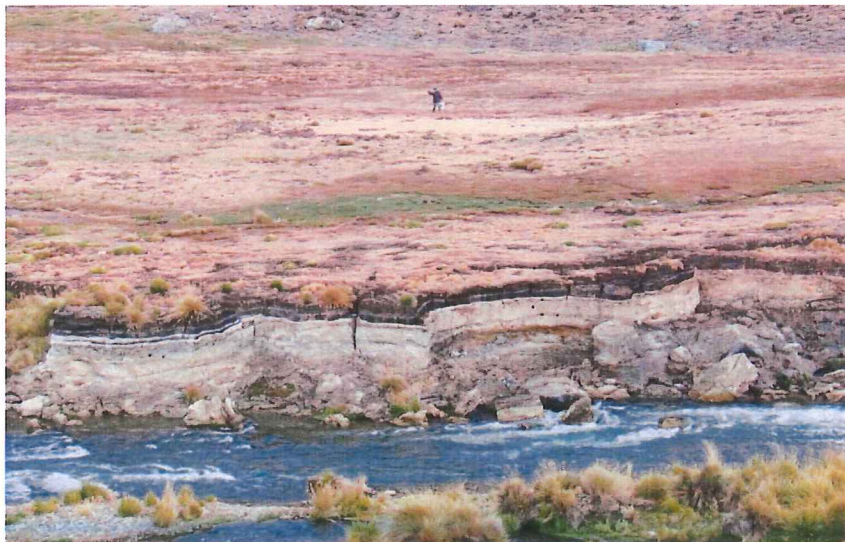


Foto N° 07: Erosión en el canal trasandino, antes de embocar a la laguna de Milloc.
Foto: Jan R. Baiker.

Además, este río separa el bofedal de Milloc en dos partes y es de suponer que los flujos subterráneos y la misma recarga de las napas freáticas estén seriamente afectados por este río.

Entre los impactos directos en el bofedal de Milloc encontramos el **pastoreo extensivo** con llamas y ovejas (Fotos N° 08-09) y de vez en cuando también se puede registrar unas pocas cabezas de ganado bovino (vacas) y caballos. Según la primera impresión del autor de este informe, el pastoreo no parece ser causa de la degradación de parte del bofedal de Milloc y por lo tanto no se lo considera prioridad para una potencial intervención diferente a aquella de cercar el área en el momento del inicio de la recuperación de la vegetación del bofedal.



Foto N° 08: Pastoreo con llamas en Milloc. Foto: Jan R. Baiker.

W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020



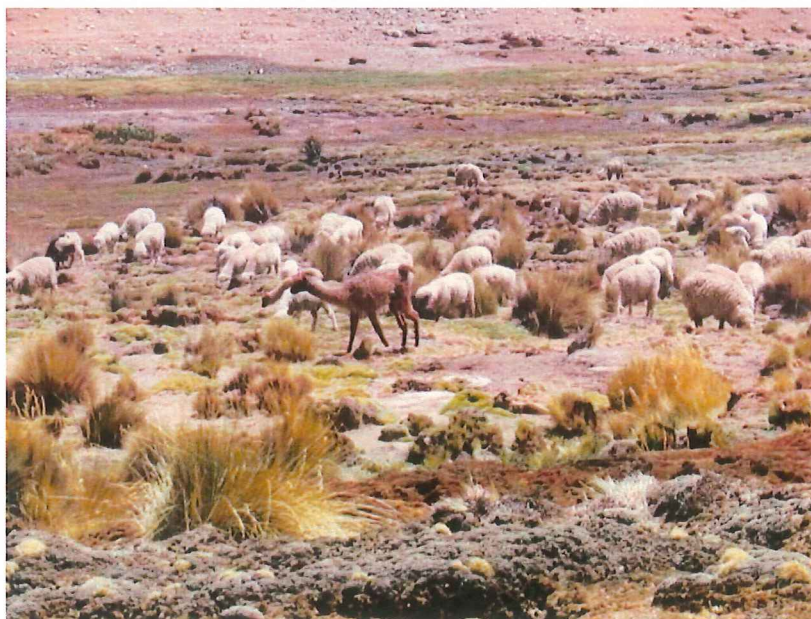


Foto N° 09: Pastoreo con ovejas en Milloc. Foto: Jan R. Baiker.

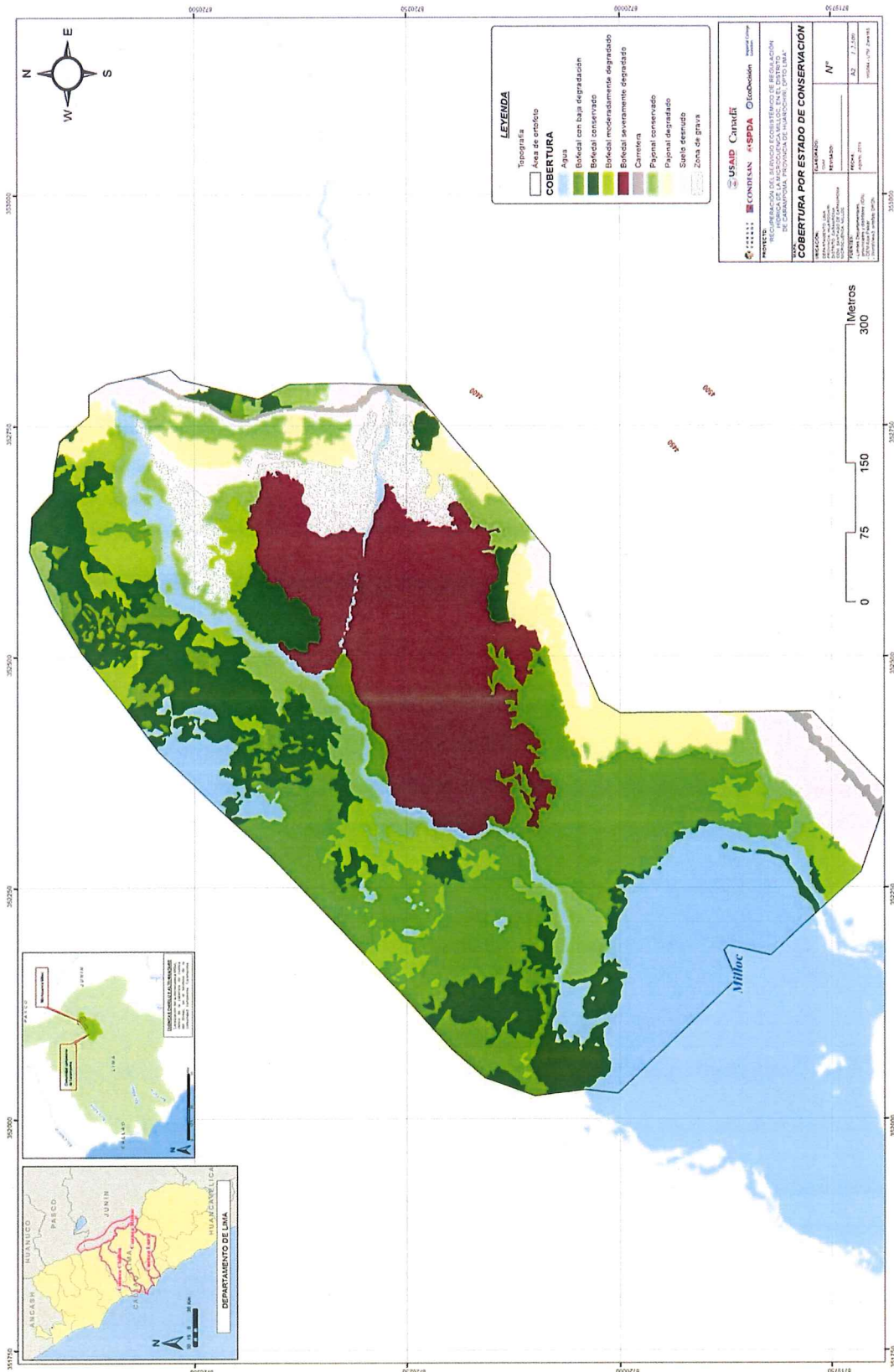
Otro impacto (directo) fuerte, que a primera vista llama la atención, es el "champeo"⁴ y la respectiva extracción ilegal de turba (para su venta en viveros en Lima). Según Vargas Machuca (2017) se inició esta actividad localmente hace más de 10 años, y mientras tanto ha dejado casi la mitad del área del bofedal en el norte de la laguna Milloc en un estado degradado (Mapa N° 01, p.09; Fotos N° 10-11). El champeo tiene graves consecuencias para el bofedal, como expone el subsuelo a los procesos de erosión, desecación (a través de la evaporación y evapotranspiración) y a la descomposición acelerada de la materia orgánica que se encontraba en el proceso de formación de turba. Este impacto combinado con los impactos descritos líneas arriba que tienen que ver con el bloqueo de los flujos de agua subsuperficiales y subterráneos y así con la imposibilidad de la recarga de las napas freáticas son, según la opinión del autor de este informe, las principales factores responsables por la degradación de gran parte del bofedal de Milloc. Por lo tanto, son estos componentes que tienen que ser enfocados en el presente proyecto, a través de actividades que permiten una aproximación a las condiciones iniciales del ecosistema, es decir antes de haber recibidos los primeros impactos descritos líneas arriba, a través de la recuperación del ciclo hídrico (especialmente de la recarga hídrica del bofedal, hasta que las napas freáticas se encuentran nuevamente y durante todo el año cerca de la superficie) como primer paso, y a través de la recuperación y revegetación de las áreas degradadas del bofedal como paso siguiente. Es importante destacar que este tipo de intervenciones requiere de un tiempo mayor al que se puede disponer por medio del presente proyecto, como los procesos de recuperación de ecosistemas altoandinos degradados son lentos por su misma naturaleza, y por lo tanto es muy importante que este aspecto quede muy claro para todos los involucrados, en primer lugar, para la misma población de Carampoma.

⁴ Con el término local "champeo" se refiere a la actividad de extracción de turba de los bofedales (Vargas Machuca 2017).



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JB
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

000384



Foto N° 10



Foto N° 10+11: Partes del bofedal severamente degradado en el noreste de Milloc.

Fotos: Jan R. Baiker.

4.2 Evaluación del suelo

A la fecha del inicio del presente proyecto se sabía muy poco sobre los suelos de la microcuenca de Milloc (esta información está resumida en los capítulos 4.3.1, 4.3.6.1 – 4.3.6.4 de este informe). Por esta razón, se planificó dos salidas de campo a la misma microcuenca de Milloc, para así poder recoger la información que falta para una primera evaluación de los suelos de Milloc. Las salidas de campo se ejecutaron entre el 20 y 21 de julio (primera salida) y entre el 17 y 19 de setiembre (segunda salida) del 2019. En el capítulo 4.3 se describe en detalle los parámetros (de suelo) evaluados y las respectivas metodologías aplicadas en estas dos salidas.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

4.3 Metodologías aplicadas

4.3.1 Caracterización general de la geomorfología de Milloc

La caracterización más detallada de la geomorfología de Milloc se encuentra en Francou y otros (1995). En su búsqueda de evidencias de un periodo frío en los Andes durante el Dryas Reciente⁵ o Joven Dryas, los autores ejecutaron una perforación / un pozo (SPM3) y analizaron varias secciones en una de las morrenas que el glaciar había formado (STM2-3-4) en Milloc (ver Figuras N° 02-04). Además, las perforaciones ejecutadas en el mismo sitio por Electrolima revelan un terraplén de morrenas y partes fluvio-lacustres de un espesor de 10-30 m, sobre aquello se apoyan las escombreras y los barrancos de los torrentes parcialmente activos (Figura N° 02).

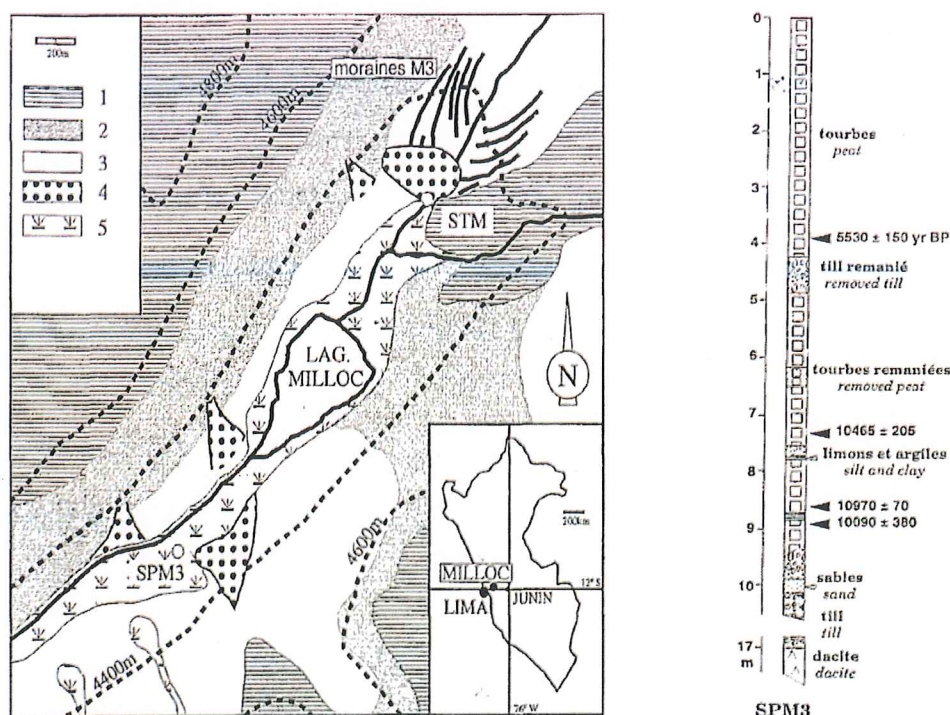


Figura N° 02: Área de estudio en el Perú y croquis geomorfológico de Milloc. 1. Pacococha volcanismo, 2. Escombreras sentadas, 3. Till con morrenas M3, 4. Abanico alluvial⁶, 5. Turba. SPM3 y STM: sitios de las perforaciones. Fuente: Francou y otros (1995: Figure 2, p. 595).

Figura N° 03: Perforación SPM3 de Milloc. Las dataciones ¹⁴C están expresadas en años antes del presente (BP). Fuente: Francou y otros (1995: Figure 4: p. 596).

⁵ El Dryas Reciente o Joven Dryas (en inglés *Younger Dryas*) fue una fase breve (de 1300 +/- 70 años de duración) de enfriamiento climático a finales del Pleistoceno, entre 12'700 y 11'500 años atrás. Fuente: Wikipedia, https://es.wikipedia.org/wiki/Dryas_Reciente, página accedida el 20 de octubre de 2019.

⁶ Un **abanico aluvial** o cono de deyección, es en geomorfología una forma del terreno o accidente geográfico formado cuando una corriente de agua que fluye rápidamente entra en una zona más tendida y su velocidad disminuye, extendiéndose su cauce en abanico, en general a la salida de un cañón en una llanura plana. Fuente: Wikipedia, https://es.wikipedia.org/wiki/Abanico_aluvial, página accedida el 21 de octubre de 2019.

Las primeras muestras fueron tomadas de la perforación SPM3 río debajo de la laguna de Milloc (Figuras N° 02 y 03), en la zona de influencia del presente proyecto. Este núcleo de perforación muestra una formación de 17 m, con niveles de detrito⁷ alternando con niveles con material orgánico (turba); la turba tiene su capa más gruesa encima de los 4.3 m de profundidad del suelo (Figura N° 04). Respecto a las capas de detrito, se nota en la base el till⁸, dejado por el mismo glaciar y a unos 4.5 m de profundidad una formación de origen torrencial, proveniente de las pendientes al lado izquierdo (Francou y otros, 1995). El núcleo de perforación SPM3 muestra claramente que en la microcuenca de Milloc se puede encontrar la turba a varias profundidades (capas) del suelo, interrumpidas por capas de detrito, como producto del movimiento (avance y retroceso) del glaciar.

Debajo del lago, a 4350 m.s.n.m. aparece una serie de morrenas encajadas (Figura N° 03).

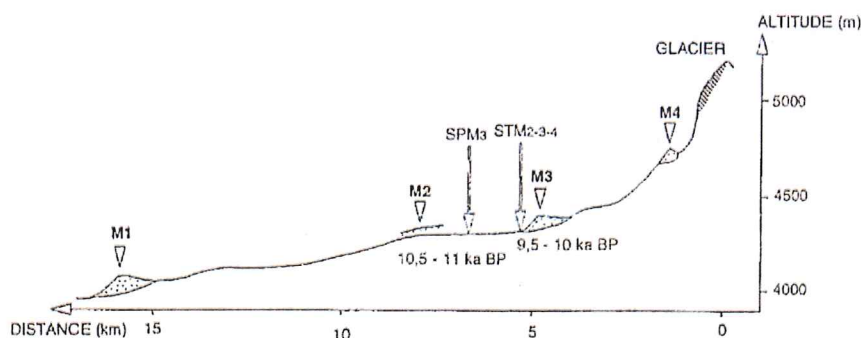


Figura N° 04: Localización de los diferentes grupos de morrenas en el valle de Milloc. Fuente: Francou y otros (1995: Figure 3: p. 596).

4.3.2 Diseño de transectos y puntos de muestreo de suelo

Inicialmente, se acordó con el especialista en biología (José Luis Vasquez) y el especialista en hidrología (Víctor Alarcón), que se usarán los mismos transectos que fueron designados y seleccionados para la evaluación botánica e hidrológica en el bofedal de Milloc. De los 07 transectos (cada uno 50 m de largo) que fueron evaluados botánicamente (ver el "Diagnóstico biológico para el expediente técnico"), se usaban 05 transectos para la evaluación edafológica y 02 adicionales que no formaban parte de la evaluación botánica. En estos transectos (ver Mapa N° 02) se evaluaron la densidad aparente, la capacidad de infiltración del suelo, las napas freáticas, la composición del suelo, el contenido porcentual de agua y el contenido y la ubicación de material orgánico o turba en el suelo (los últimos tres a través de núcleos de suelo). Este es un diseño que está específicamente adaptado al caso del bofedal de Milloc y no necesariamente será aplicable en otros proyectos ambientales, en los cuales el diseño o la metodología de muestreo podría ser más sencillo o más complicado, dependiente de la problemática que se intenta abordar.

⁷ El **detrito**, es en geología, el llamado material suelto o sedimento de rocas. Son los productos de la erosión, el transporte, la meteorización – química y física – de los procesos diagenéticos (procesos geológicos externos). Fuente: Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Detrito>, página accedida el 20 de octubre de 2019

⁸ **Till** o **till glaciar** son pilas de sedimentos variados de origen glaciar. A veces se denomina drift o arrastre glaciar al conjunto de sedimentos extremadamente heterogéneos de origen glaciar. El till glaciar es aquella parte del drift glaciar que fue depositado directamente por el glaciar. Fuente: Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Till>, página accedida el 21 de octubre de 2019.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

4.3.3 Compactación del suelo (densidad aparente)

La densidad aparente es el peso del suelo para un volumen determinado:

$$\frac{\text{peso del suelo secado en el horno (g)}}{\text{volumen del suelo (cm}^3\text{)}}$$

Se la utiliza para medir compactación. En general, cuanto mayor la densidad, menor el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de raíces, y el desarrollo de las plántulas (USDA, 1999). Se la mide en la superficie del suelo, hasta una profundidad de 7.62 cm. Para recolectar la muestra (con volumen preciso) se usa un anillo de metal (Foto N° 12) de 7.62 cm diámetro (USDA, 1999).



Foto N° 12: Anillo de metal para la muestra y el cálculo de la densidad aparente. Foto: Jan R. Baiker.

Posteriormente, se procede a guardar las muestras de suelo sacadas en bolsas zipp-lock para pesarlas (peso húmedo/fresco) con una balanza digital de cocina, descontando el peso de la bolsa zipp-lock vacía.

Luego se sigue con el secado de las muestras en el laboratorio (en una estufa de aire y/o un horno de mufla). En este caso, y para poder avanzar más rápidamente se secaron las muestras en tres pasos: 1) 01- 02 días en un horno mufla (Foto N° 13) a 250 °C, 2) 01 día en una estufa de aire (Foto N° 14)⁹ a 70 °C, y 3) 01 día expuestos al sol intenso



Foto N° 13: Horno de mufla.



Foto N° 14: Estufa.

⁹ Estufa marca memmert, tipo: BM 200, 2 A, 60 Hz, 440 W, 70 °C.

De tal manera se aseguró que las muestras (en el momento de pesarlas) estaban completamente secas. A continuación, se obtenía el peso seco de cada muestra, usando nuevamente la balanza digital de cocina. Posteriormente se calculó la densidad aparente de cada muestra de suelo.

4.3.4 Capacidad de infiltración del suelo (curvas pF y permeabilidad)

La infiltración es el proceso de penetración del agua en el suelo. La velocidad a la cual el agua entra en el suelo es la velocidad de infiltración, la que depende del tipo de suelo, de la estructura del suelo, o grado de agregación, y del contenido de agua en el suelo (Lowery y otros, 1996).

Para la medición de la infiltración se usa un infiltrómetro de doble anillo (anillos de Munz), es decir dos anillos con diferentes diámetros, los cuales se enteran paralelamente por unos 10 cm (siempre cuando sea posible) en el suelo (Ibañez Asensio y otros 2010). Para los experimentos de infiltración en el bofedal de Milloc se usó un doble anillo con diámetro de 60 cm (anillo exterior) y 40 cm (anillo interior). Una vez que se ha instalado los anillos, se procede a echar suficiente agua en el espacio entre los dos anillos (Foto N° 13).



Foto N° 15: Preparación del espacio entre los anillos para la medición de la infiltración.

Foto: Susan Manrique.

Luego, se cubre el anillo pequeño con una envoltura de plástico y se echa una cantidad predefinida de agua (aprox. 21 litros) dentro del plástico (Foto N° 14) Finalmente, se remueve la envoltura de plástico y se inicia de registrar el nivel del agua dentro del anillo pequeño cada 0.5 min (Foto N°15) Se sigue registrando el nivel de agua y la tasa de infiltración hasta que ésta se pone constante, lo que puede demorar entre unos 40 min hasta aprox. 2 horas, dependiente del tipo de suelo.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMÁN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

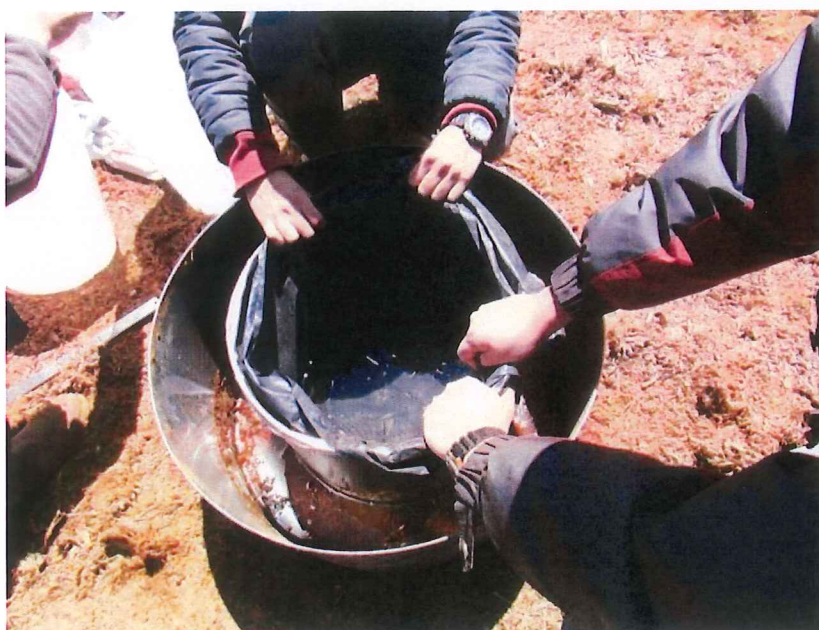


Foto N° 16: Último paso de preparación de los anillos, antes de iniciar la medición de la infiltración. Foto: Susan Manrique.

Foto N° 17: En plena medición de la infiltración. Foto: Jan R. Baiker.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JB
JAN ROMÁN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020



Mapa N° 02: Ubicación de los puntos de evaluación de la densidad aparente, de la capacidad de infiltración del suelo, de las napas freáticas, de la composición del suelo, del contenido porcentual de agua y del contenido de material orgánico o turba en el suelo (los últimos tres a través de núcleos de suelo). Para mayor detalle, ver Anexos. Fuente: GoogleEarth (imagen al fondo), elaboración: Jan R. Baiker.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

4.3.5 Napas freáticas

Para poder medir la napa freática en un punto específico habrá que perforar primero el respectivo hueco, con la ayuda de un barreno convencional o con un barreno ruso (Foto N° 16); lo último permite coleccionar un núcleo de suelo a la vez (ver subcapítulo 4.3.6). Una vez terminada la perforación, habrá que esperar mínimo 01 hora hasta que la napa freática se encuentre nuevamente en su posición anterior (antes de la manipulación del suelo con el barreno). A continuación, se mide la distancia/profundidad entre la superficie del suelo y la napa freática¹⁰



Foto N° 18: Perforación de un pozo con ayuda de un barreno ruso.
Foto: Jan R. Baiker.

4.3.6 Composición del suelo (muestras de suelo y núcleos de perforación)

Para la caracterización de la composición del suelo de Milloc se usa dos fuentes diferentes:

1. Muestras de suelo que fueron colectadas en un total de 05 puntos (ver Mapa N° 03, p.19, Tabla N° 01, p.18) y analizadas en el marco de la elaboración del **Expediente Técnico 2018** por Aquafondo. Se colectó un total de 15 muestras (03 muestras/replicas por punto, denominados S1, S2 y S3) de suelo. De los puntos muestreados uno (P1) se encuentra en las orillas de la laguna de Canchis, tres (P2, P3 y P5) se encuentran en el bofedal en estudio por el presente Expediente Técnico (2019) y uno se encuentra, pasando la laguna de Milloc y más río abajo (ver Mapa N° 03). Estas 15 muestras fueron analizadas por su textura en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima.



<https://inta.gob.ar/documentos/¿como-medir-la-napa>

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Tabla N° 01: Ubicación de los puntos de muestreo de suelos para el Expediente Técnico 2018 (Aquafondo).

Punto	GPS (UTM)	Altitud (m.s.n.m.)
P1	18L 0353478 8720537	4467
P2	18L 0352668 8720277	4348
P3	18L 0352377 8720286	4347
P4	18L 0351128 8719193	4203
P5	18L 0352373 8720287	4188

2. Muestras de suelo (incluyendo núcleos de perforación¹¹) que fueron colectadas - en 05 transectos (en tres puntos, 0 m, 25 m, 50 m) y 02 puntos adicionales (ver Mapa N° 02, p. 16, Tabla N° 02) - y analizados para este **Expediente Técnico 2019**.

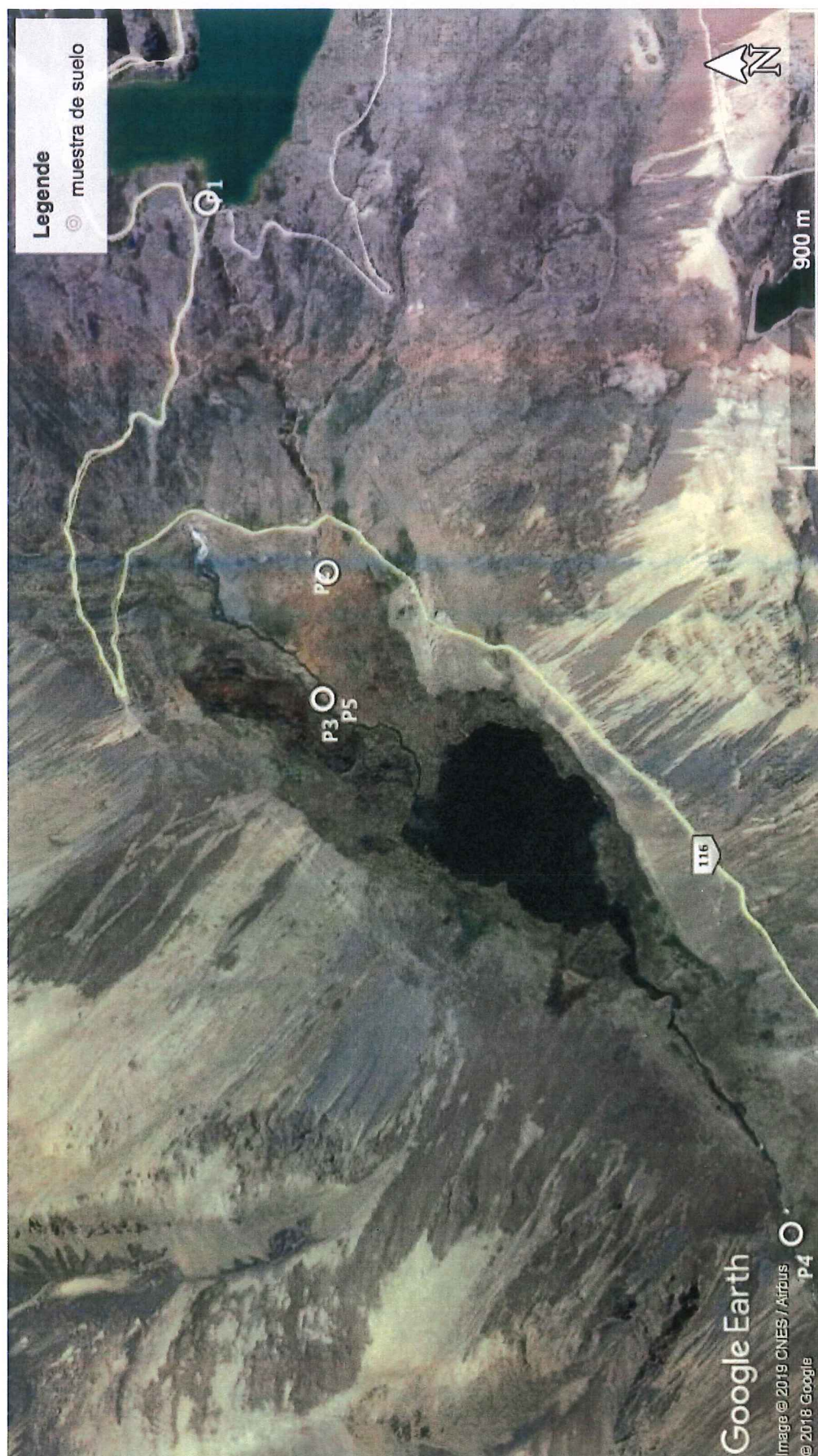
Tabla N° 02: Ubicación de los puntos de muestreo de suelos para el Expediente Técnico 2019.

Punto	GPS (UTM)	Altitud (m.s.n.m.)
T1-M0	18 L 0352576 8720667	4353
T1-M25	18 L 0352556 8720656	4361
T1-M50	18 L 0352534 8720644	4356
T2-M0	18 L 0352544 8720573	4369
T2-M25	18 L 0352522 8720563	4372
T2-M50	18 L 0352503 8720548	4330
T3-M0	18 L 0352492 8720629	4332
T3-M25	18 L 0352474 8720617	4336
T3-M50	18 L 0352452 8720605	4359
Deg1-M0	18 L 0352649 8720422	4367
Deg1-M25	18 L 0352633 8720404	4366
Deg1-M50	18 L 0352618 8720382	4363
Deg2-M0	18 L 0352433 8720251	
Deg2-M25	18 L 0352420 8720229	
Deg2-M50	18 L 0352409 8720207	
Infiltr. 6	18 L 0352501 8720103	
N1	18 L 0352276 8720421	



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

¹¹ Con un barreno (ruso) telescópico (Foto N° 18, p. 17) con varias extensiones (cada uno de 1 m de largo) que se le puede añadir, es posible sacar núcleos intactos del suelo. Estos núcleos de suelo permiten un análisis más detallada de la composición del suelo y específicamente de la ubicación de las respectivas capas (p. ej. de la turba).



Mapa N° 03: Ubicación de los puntos de muestras de suelo analizadas en el Expediente Técnico 2018. Fuente: GoogleEarth (imagen al fondo), elaboración: Jan R. Baiker.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.S.C. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Muestras de suelo analizadas en el laboratorio¹²

4.3.6.1 Textura del suelo

Para el análisis de la textura de suelo se separa las muestras de suelo en tres clases texturales: % de arena, limo y arcilla, según el método del hidrómetro.

Precisamente, se usa las siguientes clases texturales:

A	=	arena	Fr.Ar.A.	=	franco arcillo arenoso
A.Fr.	=	arena franca	Fr.Ar.	=	franco arcilloso
Fr.A	=	franco arenoso	Fr.Ar.L	=	franco arcilloso limoso
Fr.	=	franco	Ar.A	=	arcilloso arenoso
Fr.L.	=	franco limoso	Ar.L.	=	arcilloso limoso
L	=	limoso	Ar.	=	arcilloso

4.3.6.2 Salinidad / conductividad eléctrica

La salinidad se mide de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo : agua -> 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).

"La conductividad eléctrica (CE) de mezclas de suelo-agua indica la cantidad de sales presentes en el suelo. Todos los suelos contienen algo de sales, las cuales son esenciales para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, un exceso de sales inhibe el crecimiento de las plantas al afectar el equilibrio suelo-agua. Suelos que contengan exceso de sales aparecen naturalmente y también como resultado del uso y manejo del suelo. Las mediciones de conductividad eléctrica detectan la cantidad de cationes o aniones (sales) en solución. Cuanto mayor es la cantidad de aniones o cationes tanto mayor es la lectura de la conductividad eléctrica. Los iones generalmente asociados con salinidad son Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , H^+ (cationes) ó NO_3^- , SO_4^- , Cl^- , HCO_3^- , OH^- (aniones)." Fuente: USDA (1999: 59).

4.3.6.3 pH

Para el análisis del pH del suelo se mide el pH de cada una de las 15 muestras en el potenciómetro de la suspensión suelo : agua -> 1:1 ó en suspensión suelo : KCl N -> 1:2.5.

Se usa la siguiente clasificación del suelo (reacción o pH): fuertemente ácido (< 5.5), moderadamente ácido (5.6 - 6.0), ligeramente ácido (6.1 - 6.5), neutro (6.6 - 7.0), ligeramente alcalino (7.1 - 7.8), moderadamente alcalino (7.9 - 8.4), fuertemente alcalino (> 8.5).

4.3.6.4 Calcáreo total (CaCO_3)

Para calcular el calcáreo total (CaCO_3) se usa el método gaso-volumétrico, utilizando un calcímetro.

¹² A continuación, se copia las referencias y el manual de interpretación que acompaña los resultados del análisis de las muestras de suelos, ejecutado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el marco de la elaboración del Expediente Técnico 2018 de aquafondo.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

4.3.6.5 Materia orgánica

Se mide la materia orgánica con el método de Walkley y Black, a través de la oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio, según la formula: % materia orgánica = %C x 1.724.

4.3.6.6 Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio

Se mide el nitrógeno total con el método del micro-Kjeldahl, el fósforo disponible con el método del Olsen modificado, a través de la extracción con $\text{NaHCO}_3 = 0.5 \text{ M}$, pH 8.5. El potasio disponible está medido a través de la extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N a pH 7.0.

Se tiene la siguiente clasificación:

	Materia orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible
CLASIFICACIÓN	%	ppm P	ppm K
bajo	<2.0	<7.0	<100
medio	2-4	7.0-14.0	100-240
Alto	>4.0	>14.0	>240

1 ppm = 1mg/kilogramo

4.3.6.7 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Se define la capacidad de intercambio catiónico (CIC) a través de la saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COOCH}_4$)N a pH 7.0

4.3.6.8 Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ cambiables

Se mide las concentraciones de estos iones a través del reemplazamiento con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N a pH 7.0 y por fotometría de llama y/o absorción atómica.

Como referencia se usa las siguientes tablas:

Relaciones Catiónicas		
Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
Normal	0.2-0.3	5-9
defc. Mg	>0.5	
defc. K	>0.2	
defc. Mg		>10

Distribución de Cationes %		
Ca^{+2}	=	60-75
Mg^{+2}	=	15-20
K^+	=	3-7
Na^+	=	>15

4.3.6.9 Concentraciones de metales en el suelo

Se toma muestras de suelos en bolsas zipp-lock in situ para su posterior análisis en el laboratorio.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Análisis de los núcleos de perforación

4.3.6.10 Contenido (porcentual) del agua en diferentes capas del suelo

Este dato se calcula con la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{peso del suelo húmedo}) - (\text{peso del suelo secado en el horno}) (g)}{\text{peso del suelo secado en el horno} (g)}$$

Es otro dato que se puede sacar de los núcleos de suelo que ya fueron mencionados en el subcapítulo 4.3.6. El contenido (porcentual) del agua en las diferentes capas del suelo nos muestra como es la distribución del agua en profundidades de hasta 5 m en el suelo en el bofedal de Milloc y como estos valores están relacionados con las profundidades de las napas.

4.3.6.11 Contenido de material orgánica/turba en diferentes capas del suelo

Finalmente, los núcleos de suelo nos brindan también información sobre la distribución y las profundidades del material orgánico (especialmente de la turba) en los bofedales. Tener este conocimiento, y poniéndolo en relación con las profundidades de las napas freáticas, nos ayuda ejecutar primeros cálculos respecto a la capacidad de retención del agua en el bofedal y como esta varía según la zona del bofedal.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Tabla N° 03: Densidad aparente del suelo, contenido del agua del suelo, espacio de poros ocupado por agua, contenido de agua en volumen y porosidad del suelo de las 28 muestras de suelo.

punto/código	fecha recolecta	hora recolecta	peso (g) fresco	peso (g) seco	Densidad aparente del suelo: (g/cm³) = (peso del suelo seco en el horno / (volumen del suelo))	Contenido del agua del suelo (g/g), (peso del suelo húmedo - peso del suelo seco en el horno) / peso del suelo seco en el horno	Espacio de poros ocupado por agua (%), contenido de agua en volumen x 100 / Porosidad del suelo	Contenido de agua en volumen (g/cm³), Contenido de agua en el suelo g/g x densidad aparente (g/cm³)	Porosidad del suelo (%) = 1 - (densidad aparente del suelo) / 2.65
Deg2-M0	17.09.2019	1:56 p.m.	295	85	0.24	2.47	65.18	271.6	0.91
Deg2-M0	18.09.2019	4:25 p.m.	184	54	0.23	2.41	60.7	263.91	0.91
Deg2-M25	17.09.2019	01:58 p.m.	139	27	0.08	4.15	34.23	427.92	0.97
Deg2-M25	18.09.2019	04:39 p.m.	166	47	0.13	2.53	34.59	266.05	0.95
Deg2-M50	17.09.2019	01:59 p.m.	258	46	0.13	4.61	63.02	484.78	0.95
Deg2-M50	18.09.2019	4:51 p.m.	105	56	0.16	0.87	14.81	92.59	0.94
Deg2-M50	19.09.2019	06:45 a.m.	300	190	0.55	0.58	40.25	73.19	0.79
T1-M0	19.09.2019	08:00 a.m.	254	38	0.13	5.68	77.65	597.31	0.95
T1-M25(1)	19.09.2019	08:07 a.m.	48	35	0.63	0.37	30.58	48.54	0.76



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

punto/código	fecha recolecta	hora recolecta	peso (g) fresco	peso (g) seco	Densidad aparente del suelo: (g/cm ³) = (peso del suelo secado en el horno / (volumen del suelo)	Contenido del agua del suelo (g/g), (peso del suelo húmedo - peso del suelo secado en el horno) / peso del suelo secado en el horno	Espacio de poros ocupado por agua (%), contenido de agua en volumen x 100 / Porosidad del suelo	Contenido de agua en volumen (g/cm ³), Contenido de agua en el suelo g/g x densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad del suelo (%) = 1 - (densidad aparente del suelo) / 2.65
T1-M25(2)	19.09.2019	08:16 a.m.	57	37	0.11	0.54	6.2	56.34	0.96
T1-M50	19.09.2019	08:32 a.m.	135	46	0.13	1.93	26.38	202.96	0.95
T2-M0	19.09.2019	8:41 a.m.	177	81	0.23	1.18	29.72	129.21	0.91
T2-M25(1)	19.09.2019	08:51 a.m.	148	40	0.11	2.7	30.99	281.69	0.96
T2-M25(2)	19.09.2019	08:57 a.m.	267	45	0.13	4.93	67.4	518.43	0.95
T2-M50(1)	19.09.2019	09:16 a.m.	91	33	0.09	1.76	16.4	18.19	0.97
T2-M50(2)	19.09.2019	09:22 a.m.	244	66	0.22	2.7	64.78	294.44	0.92
T3-M0(1)	19.09.2019	10:13 a.m.	179	33	0.09	4.42	41.18	457.54	0.97
T3-M0(2)	19.09.2019	10:22 a.m.	242	28	0.08	7.64	63.02	787.78	0.97
T3-M25	19.09.2019	10:32 a.m.	246	52	0.15	3.73	59.31	396.81	0.94
T3-M50	19.09.2019	10:46 a.m.	208	53	0.15	2.92	46.43	31.64	0.94



W

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B

JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

punto/código	fecha recolecta	hora recolecta	peso (g) fresco	peso (g) seco	Densidad aparente del suelo: (g/cm ³) = (peso del suelo seco en el horno / (volumen del suelo))	Contenido del agua del suelo (g/g), (peso del suelo húmedo - peso del suelo seco en el horno) / peso del suelo seco en el horno	Espacio de poros ocupado por agua (%), contenido de agua en volumen x 100 / Porosidad del suelo	Contenido de agua en volumen (g/cm ³), Contenido de agua en el suelo g/g x densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad del suelo (%) = 1 - (densidad aparente del suelo) / 2.65
T3-infiltr. (dentro del anillo)	19.09.2019	11:20 a.m.	306	36	0.1	7.5	77.94	779.41	0.96
T3-infiltr. (fuera del anillo)	19.09.2019	11:30 a.m.	257	55	0.16	3.67	62.49	390.58	0.94
T3-M0-infiltr. (dentro del anillo)	19.09.2019	11:54 a.m.	373	34	0.1	9.97	103.61	1036.1	0.96
T3-M0-infiltr. (fuera del anillo)	19.09.2019	12:00 a.m.	402	71	0.2	4.66	100.81	504.04	0.92
N1 (dentro del anillo)	19.09.2019	02:05 p.m.	366	80	0.23	3.57	89.91	390.93	0.91
N1 (fuera del anillo)	19.09.2019	02:13 p.m.	357	81	0.23	3.41	85.88	373.41	0.91
Infiltr. 6 (dentro del anillo)	19.09.2019	04:46 p.m.	322	43	0.12	6.49	81.57	679.72	0.95
Infiltr. 6 (fuera del anillo)	19.09.2019	04:27 p.m.	339	43	0.12	6.88	86.47	720.63	0.95



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



JIB

JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

4.4 Resultados y Discusiones

4.4.1 Compactación del suelo (densidad aparente)

Se ha analizado un total de 28 muestras de suelo para calcular su respectiva densidad aparente (ver Tabla N° 03, ver pp. 28-30). Los valores de estas muestras se encuentran entre 0.08 - 0.63 g/cm³ y así en un estado ideal (según una escala referencial del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, ver Tabla N° 04).

Tabla N° 04: Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo. Fuente: USDA (1999: 57).

Textura del suelo	Densidades aparentes ideales (g/cm ³)	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm ³)	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³)
Arena, areno-franco	< 1.60	1.69	> 1.80
Franco-arenosa, franco	< 1.40	1.63	> 1.80
Franco-arcilla-arenosa, franco, franco-arcillosa	< 1.40	1.60	> 1.75
Limosa, franco-limosa	< 1.30	1.60	> 1.75
Franco-limosa, franco-arcillo-limosa	< 1.40	1.55	> 1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa, algunas franco-arcillosas (35-45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.58
Arcillosa (>45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.47

4.4.2 Capacidad de infiltración del suelo (curvas pF y permeabilidad)

Se ha medido la infiltración en un total de 06 puntos. Los resultados se encuentran en forma resumida en la Tabla N° 05 (pp.31-32) y en forma detallada en los Anexos. Debajo (Figura N° 05, p.34) se incluyen también las curvas de infiltración para cada uno de los 06 puntos. Con los valores referenciales de la infiltración del suelo de las Tablas N° 06 y 07 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica se ha hecho una primera evaluación de las tasas de infiltración (Tabla N° 05):

Tabla N° 05: Tasas de infiltración y respectiva clasificación de los 06 puntos evaluados.

punto de infiltración	fecha	hora	tasa de infiltración (cm/hora)	clase de infiltración
Deg2-M0	17.09.2019	10:42 a.m.	17.14	clase de infiltración: rápido (1.18 minutos por cm, 15.24-50.80 cm/hora)
Deg1-M0	18.09.2019	09:23 a.m.	23.31	clase de infiltración: rápido (1.18 minutos por cm, 15.24-50.80 cm/hora)



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Pág. 31

punto de infiltración	fecha	hora	tasa de infiltración (cm/hora)	clase de infiltración
T3-M0 (1)	18.09.2019	02:43 p.m.	2.13	clase de infiltración: moderadamente lento (39.37-118.11 min/cm, 5.08-1.52 cm/hora)
T3-M0 (2)	19.09.2019	08:25 a.m.	0.6	clase de infiltración: lento (118.11-393.70 min/cm, 1.52-0.51 cm/hora) hasta muy lento (393.70-15,748.03 min/cm, 0.51-0.0038 cm/hora)
T2-M0	19.09.2019	10:12 a.m.	14.92	clase de infiltración: moderado (11.81-39.37 min/cm, 15.24-5.08 cm/hora)
Infiltr. 6	19.09.2019	03:50 p.m.	3.87	clase de infiltración: moderadamente lento (39.37-118.11 min/cm, 5.08-1.52 cm/hora)

Se concluye que de los 06 puntos evaluados:

- 02 puntos muestran una infiltración *rápida*
- 01 punto muestra una infiltración *moderada*
- 02 puntos muestran una infiltración *moderadamente lenta*
- 01 punto muestra una infiltración *lenta hasta muy lenta*

Los puntos están ubicados en diferentes áreas del bofedal y si los revisamos con el Mapa N° 01 (cobertura por estados de conservación) en la p.09, notamos que los puntos Deg-M01 y Deg-M01 se encuentran en el *bofedal severamente degradado*, T2- M0 e Infiltr. 6 en el *bofedal con degradación baja* y T3-M0(1) y T3-M0(2) en el *bofedal conservado*. Solo considerando estos 06 puntos, podemos notar una tendencia (que faltaría confirmar con la inclusión de más puntos con evaluación de la infiltración): Lo mejor conservado el bofedal, lo más tarda la infiltración (o lo más baja está la tasa de infiltración).

Sin embargo, para el primer paso del proceso de recuperación del bofedal severamente degradado conviene que la infiltración ocurre rápidamente (ver Tabla N° 05); de tal manera se logrará recuperar las napas freáticas en menos tiempo.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

78
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Tabla N° 06: Velocidades estables de infiltración para grupos mayores de textura de suelo, en suelos humectados en profundidad (Hillel, 1982). Fuente: USDA (1999: 55).

Tipo de suelo	Velocidad estable de infiltración
Arenas	2.03 cm/h
Suelos arenosos y limosos	1.02 – 2.03 cm/h
Suelos francos	0.51 – 1.02 cm/h
Suelos arcillosos	0.10 – 0.51 cm/h
Suelos arcillosos, sódicos	< 0.10 cm/h

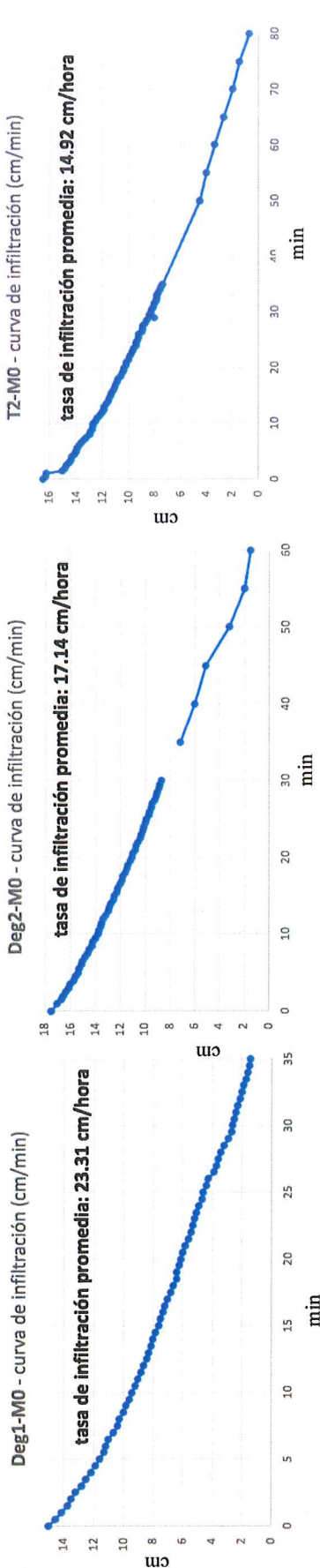
Tabla N° 07: Velocidades y clases de infiltración. Fuente: USDA (1999: 56).

Velocidad de infiltración (minutos por centímetro)	Velocidad de infiltración (centímetros por hora)	Clases de infiltración
<1.18	> 50.80	Muy rápido
1.18 – 3.94	15.24 – 50.80	Rápido
3.94 – 11.81	50.80 – 15.24	Moderadamente rápido
11.81 – 39.37	15.24 – 5.08	Moderado
39.37 – 118.11	5.08 – 1.52	Moderadamente lento
118.11 – 393.70	1.52 – 0.51	Lento
393.70 – 15,748.03	0.51 – 0.0038	Muy lento
> 15,748.03	< 0.0038	Impermeable



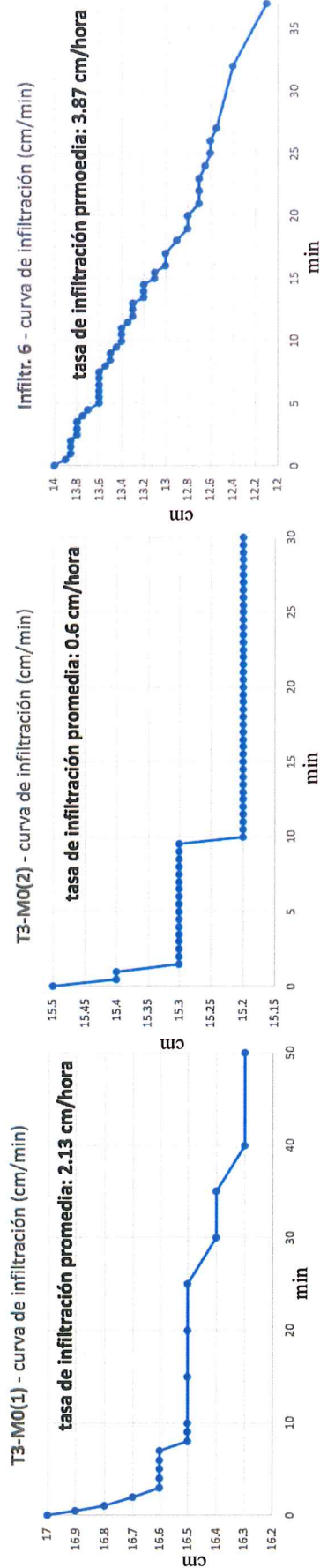
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020



A)

A)



C)

C)

B)

Figura N° 05: Curva de infiltración en cada uno de los 06 puntos evaluados, por estados de conservación del bofedal (ver Mapa N° 01, p.09).

A) severamente degradado, B) baja degradación, C) conservado



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Pág. 34

000364

4.4.3 Napas freáticas

La napa freática fue evaluada en 10 puntos por fines de julio y fines de setiembre, lo que corresponde más o menos al "pico" de la época de estiaje, durante el cuál la napa freática debería estar a su máxima profundidad. En la Tabla N° 08 se encuentra los respectivos valores:

Tabla N° 08: Niveles de las napas freáticas, medidos en 10 puntos distintos.

punto	coordenadas UTM	fecha	Hora	profundidad napa freática (cm)
Deg1-M0	18 L 0352650 8720420	21.07.19	01:30 p.m.	a 125 cm de profundidad aún no se llega a la napa
Deg1-M0	18 L 0352649 8720422	18.09.19	3:45 p.m.	-114
Deg1-M25	18 L 0352629 8720404	21.07.19	01:45 p.m.	aprox. 90 cm (fue medido con barreno, medición imprecisa)
Deg1-M50	18 L 0352619 8720386	21.07.19	02:40 p.m.	a 125 cm de profundidad aún no se llega a la napa
Deg2-M0	18 L 0352433 8720251	17.09.19	01:52 p.m.	-63
T1-M0	18 L 0352584 8720666	21.07.19	10:10 a.m.	-51
T1-M25	18 L 0352561 8720658	21.07.19	11:54 a.m.	-53.8
T1-M50	18 L 0352537 8720642	21.07.19	11:35 a.m.	-43.8
T2-M0	18 L 0352539 8720585	19.09.19	10:12 a.m.	-55
T3-M0	18 L 0352492 8720629	18.09.19	03:26 p.m.	-32
Infiltr. 6	18 L 0352501 8720103	19.09.19	04:28 p.m.	-43

Basado en estas mediciones de las napas, Víctor Alarcón (especialista en hidrología) elaboró, a través de interpolaciones, un mapa de zonificación de las napas en la zona de intervención del proyecto (ver Mapa N° 04).

4.4.4 Composición del suelo (muestras de suelo y núcleos de perforación)

Muestras de suelo analizadas en el laboratorio

4.4.4.1 Textura del suelo

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 09 (p.37) y en los Anexos.

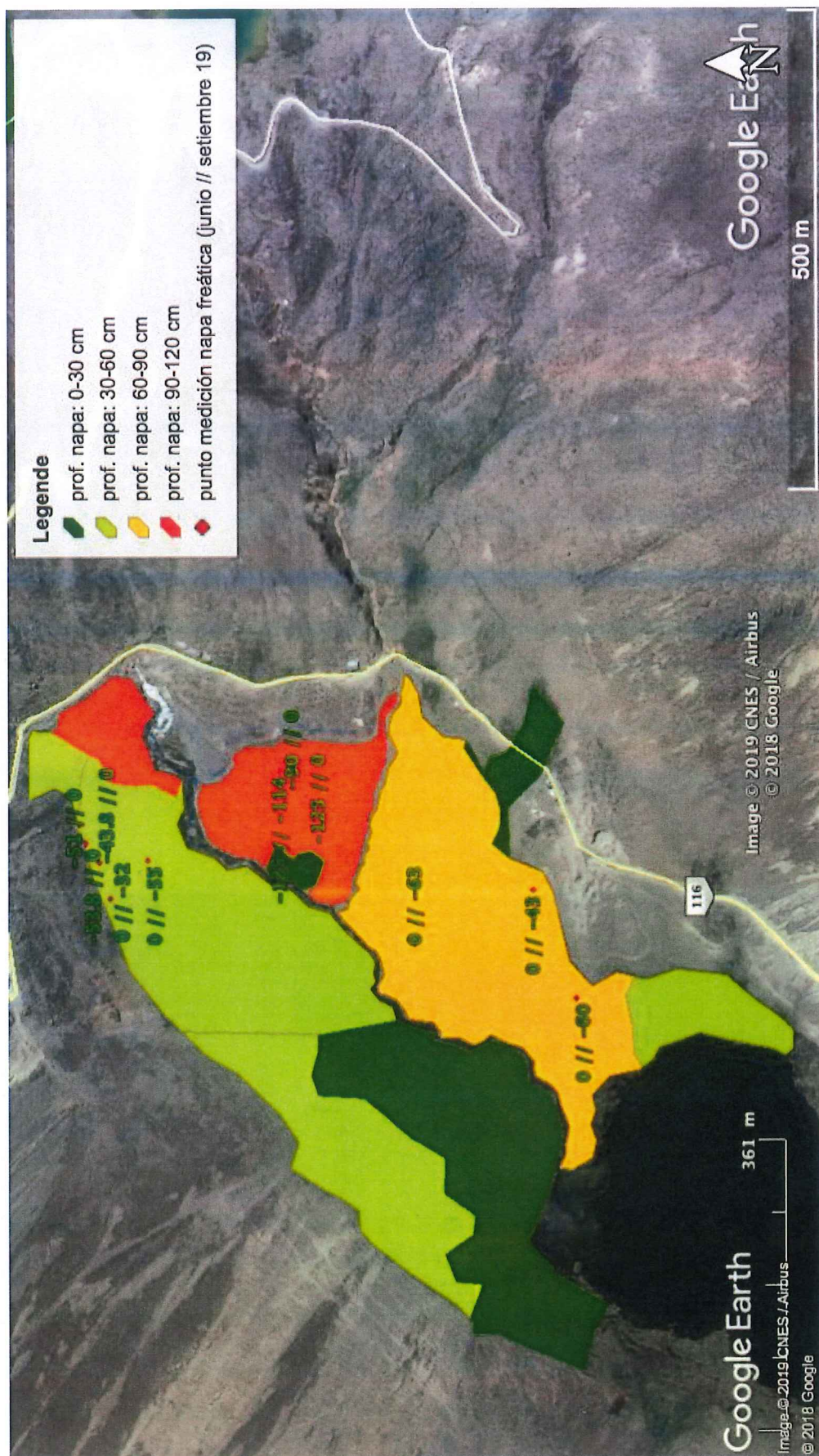
En el Expediente Técnico 2018 (ver "Informe de suelos") encontramos el siguiente párrafo al respecto:

"El análisis mecánico mostró mayor porcentaje de arena que de arcilla en el suelo, predominando la clase textural Franco Arenoso. Cabe resaltar, que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y biodisponibilidad de nutrientes para las plantas va a depender del porcentaje de arcilla. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. A mayor contenido de materia orgánica en un suelo, aumenta su CIC." (aquafondo, 2018).



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020



Mapa N° 04: Zonificación (interpolada) de las napas freáticas en el bofedal de intervención. Fuente: GoogleEarth (imagen al fondo), elaboración: Víctor Alarcón.



W

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

000362

Tabla N° 09: Resultados de las muestras de suelo, analizadas en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 (Fuente: aquafondo, 2018).

Puntos	pH	C.E. (dS/m)	CaCO3 (%)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)	Análisis Mecánico			Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
							Arena	Limo	Arcilla			Ca+2	Mg+2	K+	Na+	Al+3 + H+			
							%	%	%			meq/100g							
P1 S1	4.74	0.20	0.00	20.00	28	32	83	9	8	A.Fr.	3520	4.05	0.58	0.22	0.30	1.60	6.76	5.16	15
P1 S2	4.29	0.17	0.00	29.65	14.6	228	49	39	12	Fr.	5320	4.75	1.33	1.08	0.15	4.80	12.11	7.31	14
P1 S3	5.08	0.13	0.00	8.28	2.6	122	73	19	8	Fr.A.	1952	6.13	0.68	0.50	0.17	0.30	7.78	7.48	38
P2 S1	3.45	1.18	0.00	7.36	12.0	76	49	43	8	Fr.	4680	1.08	0.79	0.50	1.26	2.00	5.63	3.63	8
P2 S2	3.51	1.22	0.00	13.31	11.2	94	33	55	12	Fr.L.	3720	1.33	0.88	0.45	0.22	2.50	5.37	2.87	8
P2 S3	3.46	1.23	0.00	13.43	10.5	68	57	37	6	Fr.A.	4640	1.45	0.83	0.37	0.13	1.50	4.29	2.79	6
P3 S1	4.97	0.06	0.00	26.73	11.2	56	61	31	8	Fr.A.	4768	1.21	0.68	0.36	0.18	2.00	15.35	13.35	28
P3 S2	5.71	0.50	0.00	12.15	10.5	86	57	35	8	Fr.A.	3072	8.57	0.83	0.49	0.32	0.30	10.52	10.22	33
P3 S3	5.13	1.23	0.00	51.48	11.6	290				Material Orgánico	3568	20.76	2.57	0.82	1.43	1.30	26.88	25.58	72
P4 S1	4.64	0.42	0.00	15.29	6.6	226	35	43	22	Fr.	3936	5.74	1.28	0.78	0.34	2.30	10.44	8.14	21
P4 S2	3.75	1.27	0.00	63.03	12.8	248				Material Orgánico	7480	4.35	2.08	0.65	0.52	2.30	9.91	7.61	10
P4 S3	4.11	0.50	0.00	53.89	11.2	198				Material Orgánico	7200	1.03	1.83	0.64	0.52	3.00	7.02	4.02	6
P5 S1	3.34	0.74	0.00	45.17	15.0	74				Material Orgánico	7440	1.35	0.75	0.78	0.85	2.00	5.73	3.73	5
P5 S2	4.17	0.25	0.00	39.24	10.5	60				Material Orgánico	6768	13.88	0.77	0.37	0.23	3.30	18.55	15.25	23
P5 S3	4.45	0.23	0.00	13.91	7.1	52	71	21	8	Fr.A.	4640	1.07	0.43	0.32	0.34	2.50	4.66	2.16	5

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



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

4.4.4.2 Salinidad / conductividad eléctrica

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 09 (p.37) y en los Anexos. Para la interpretación de estos valores, usamos las referencias (ver Tabla N° 10, debajo) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA):

Tabla N° 10: Mediciones de conductividad eléctrica y clases de salinidad para una suspensión de suelo : agua de 1:1 (Fuente: USDA 1999: 59).

Conductividad Eléctrica (dS/m a 25°C)	Clase de salinidad	Respuesta de Cultivo	Respuesta Microbiana
0-0.98	No salino	Efectos casi despreciables	Pocos organismos afectados
0.98 – 1.71	Muy ligeramente salino	Se restringen los rindes de cultivos muy sensibles	Se alteran procesos microbianos seleccionados. (nitrificación /de nitrificación)
1.71 – 3.16	Ligeramente salino	Se restringen los rindes de la mayoría de los cultivos	Son influenciados los principales procesos microbianos (respiración/ amonificación)
3.16 – 6.07	Moderadamente salino	Sólo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente	Predominan microorganismos tolerantes (hongos, actinomicetes, algunas bacterias)
> 6.07	Fuertemente salino	Sólo cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente	Unos pocos organismos halofílicos seleccionados se mantienen activos

Adaptado de: Soil Survey Staff (1993), Janzen (1993); y Smith y Doran (1996).
Las conversiones del extracto de pasta de saturación a una suspensión suelo: agua de 1:1 fueron realizados empleando la ecuación de regresión ($y = 2.75x - 0.69$) desarrollada por Hogg and Henry (1984).

Los resultados del análisis de la salinidad / conductividad eléctrica en el laboratorio (ver Tabla N° 09, p.37) muestran valores pequeños, siendo el valor (1.27 dS/m) medido en P4 el valor más alto. Por ende, los suelos de Milloc entrarían en las clases entre "no salino" a "muy ligeramente salino"; ambas clases no son críticas para cultivos y para la actividad microbiótica.

4.4.4.3 pH

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 09 (p.37) y en los Anexos. En el Expediente Técnico 2018 (ver "Informe de suelos") encontramos el siguiente párrafo al respecto: "En cuanto a la caracterización del suelo, podemos observar que en todos los puntos de muestreo se registró un pH ácido, que en términos de suelos destinados para cultivos, producirán dificultades de crecimiento para las plantas." Fuente: aquafondo (2018).

4.4.4.4 Calcáreo total, CaCO₃

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 09 (p.37) y en los Anexos. En el Expediente Técnico 2018 (ver "Informe de suelos") encontramos el siguiente párrafo al respecto: "La capacidad tamponante del suelo es despreciable, al no haberse registrado presencia de CaCO₃. Esta deficiencia se puede corregir con enmiendas de piedra caliza, y al mismo tiempo, aumentando ligeramente el pH para beneficio de las especies que se piense utilizar para revegetar el lugar." Fuente: aquafondo (2018).



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

4.4.4.5 Materia orgánica

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 09 (p.37) y en los Anexos. En el Expediente Técnico 2018 (ver "Informe de suelos") encontramos el siguiente párrafo al respecto: "... los resultados de concentraciones de materia orgánica (MO) resultaron ser teóricamente óptimos para cultivos (>2%). Un suelo rico en materia orgánica (1.5- 2%) va a ayudar a que los fertilizantes que aportemos en cobertura aumenten su absorción por las raíces y se disminuya su lixiviación o insolubilizaciones en el suelo. No obstante, se encontró altas concentraciones de metales en suelo, lo que podría causar que la concentración de MO disponible no sería lo adecuada para la recuperación de la vegetación nativa. Es recomendable retirar capas de suelo para disminuir la carga contaminante y aportar buenas cantidades de MO." Fuente: aquafondo (2018).

4.4.4.6 Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 09 (p.37) y en los Anexos. En el Expediente Técnico 2018 (ver "Informe de suelos") encontramos el siguiente párrafo al respecto: "Se encontraron concentraciones normales y ligeramente altas de fósforo (5- 10 y > 10 ppm respectivamente). Valores muy altos de fósforo (>50) pueden significar que nos encontremos con un suelo endurecido, con costras y aspecto cementado." Fuente: aquafondo (2018).

4.4.4.7 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 09 (p.37) y en los Anexos. En el Expediente Técnico 2018 (ver "Informe de suelos") encontramos el siguiente párrafo al respecto: "Cabe resaltar que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y biodisponibilidad de nutrientes para las plantas va a depender del porcentaje de arcilla. Las arcillas están cargadas negativamente por lo que suelos con mayores concentraciones exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. A mayor contenido de materia orgánica en un suelo, aumenta su CIC." Fuente: aquafondo (2018)

4.4.4.8 Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ cambiables

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 09 (p.37) y en los Anexos. En el Expediente Técnico 2018 (ver "Informe de suelos") encontramos el siguiente párrafo al respecto: "Otro factor importante para la biodisponibilidad de metales y nutrientes para las plantas son las relaciones catiónicas de K/Mg y Ca/Mg. Se asume que, si hay el doble de Ca que de Mg, todos los nutrientes que aporta el agua podrán ser absorbidos. Caso contrario, si tenemos más contenido de Mg que de Ca o la relación Ca/Mg no llega a 2, tendremos que calcular el abonado para que, aportando nitrato cálcico, esta relación suba y no haya un bloqueo de suelos. En el subcapítulo 4.3.6.8 (p.26) ... podemos observar que la relación de Ca/Mg de las 15 muestras, solo 5 son menores a 2, indicando que en estos sitios el suelo no es óptimo." Fuente: aquafondo (2018).



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

4.4.4.9 Concentración de metales en el suelo

Los resultados del respectivo análisis, ejecutado en el laboratorio, para el Expediente Técnico 2018 se encuentran en la Tabla N° 11 (ver a la derecha) y en los Anexos. En el Expediente Técnico 2018 (ver "Informe de suelos") encontramos el siguiente párrafo al respecto: "... podemos observar una elevada concentración de Fe, que sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). La presencia de metales produce precipitados en forma de oxihidróxidos, sobre todo de hierro, que degradan los sedimentos y la calidad de agua, lo cual restringe los microhábitats disponibles para el desarrollo de la biota acuática, como macroinvertebrados, anfibios, peces y otros." Fuente: aquafondo (2018).

Análisis de los núcleos de perforación

Tabla N° 11: Concentración de metales en el suelo. Fuente: aquafondo (2018).

Puntos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
P1 S1	0.64	645.00	2463.00	22.60	79.00
P1 S2	0.27	218.00	3126.00	52.60	5.80
P1 S3	0.68	271.00	1202.00	65.30	83.00
P2 S1	0.54	259.00	3891.00	16.90	23.00
P2 S2	1.16	260.00	4151.00	33.40	27.80
P2 S3	0.89	141.00	3169.00	13.80	19.00
P3 S1	0.25	10.30	1432.00	62.60	14.80
P3 S2	0.83	8.80	1420.00	492.00	15.90
P3 S3	2.00	5.50	1436.00	358.00	30.80
P4 S1	0.52	140.00	3713.00	8.30	11.60
P4 S2	1.16	22.10	5515.00	11.60	11.30
P4 S3	0.29	19.50	2300.00	7.60	4.50
P5 S1	0.73	3.60	6563.00	1.60	6.80
P5 S2	1.02	3.60	6726.00	1.70	5.50
P5 S3	0.16	3.30	1066.00	7.30	29.30

4.4.4.10 Contenido (porcentual) del agua en diferentes capas del suelo

Para llegar a este cálculo se pesó las muestras de cada núcleo de perforación, divididos en pasos de 25 cm. De tal manera se logró registrar el peso fresco/húmedo, y luego de haber pasado por el proceso de secado, también el peso seco de cada una de estas muestras. Con estos datos se calculó el contenido (porcentual) del agua del suelo de todas las submuestras (paso de 25 cm de profundidad), usando la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{peso del suelo húmedo}) - (\text{peso del suelo secado en el horno}) (g)}{\text{peso del suelo secado en el horno} (g)}$$

Entonces, el valor que sale de este cálculo depende tanto de la cantidad de agua que contiene la muestra de suelo fresco/húmedo, como también del tipo de suelo (los pesos de muestras de suelo seco pueden variar mucho; p. ej. una muestra de suelo seco con 100% de turba pesa mucho menos que una muestra de suelo seco con 100% de detrito).

Un análisis preliminar de estos datos muestra una tendencia de una relación positiva entre la cantidad de material orgánico / turba en una muestra y el contenido del agua del suelo de la misma muestra.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

4.4.4.11 Contenido (porcentual) del material orgánico/turba en diferentes capas del suelo

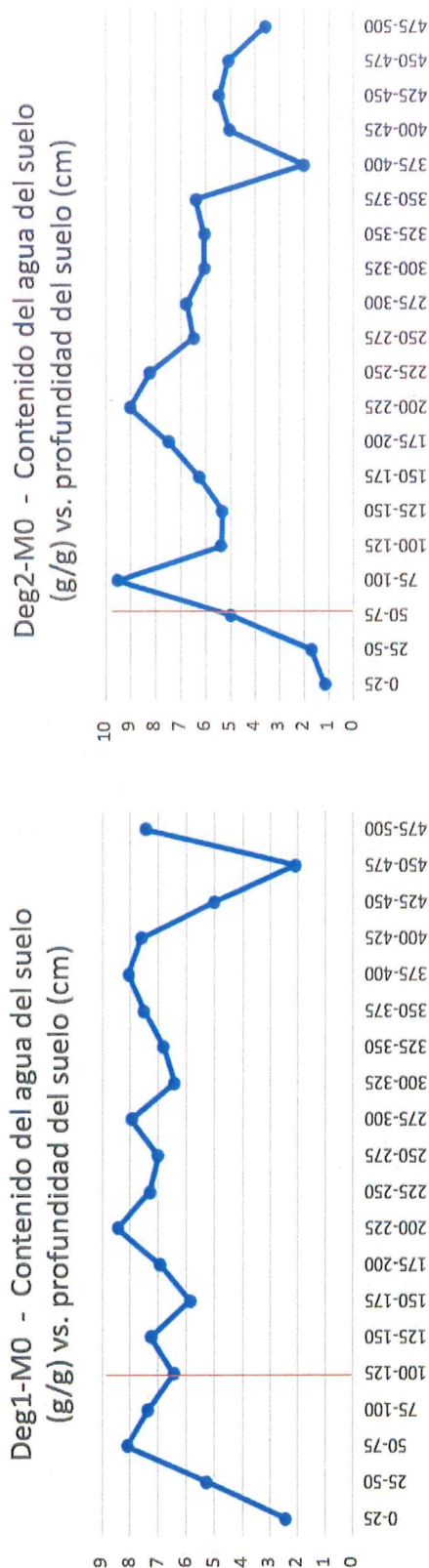
Se analizaron las muestras de los 07 núcleos de perforación también por su contenido (porcentual) de material orgánica/turba y detrito (minerales etc.). Visualmente, se estimó el porcentaje de turba y de detrito en las fotos de las muestras de los núcleos de perforación. Estos datos, se los puede encontrar en los Anexos. Los respectivos gráficos "(contenido porcentual de material orgánico (turba)/detrito) vs. profundidad de suelo" se encuentran en la Figuras N° 06-09 (pp. 42-45), combinados con los gráficos del "(contenido porcentual del agua del suelo) vs. profundidad de suelo". Las fotos de las partes (pasos de 50 cm) de los 07 núcleos de perforación se puede encontrar en los Anexos.

Es importante destacar que en los 07 núcleos de perforación se pudo encontrar turba hasta la profundidad máxima de 5 m que fue accesible con el barreno ruso en este momento. Como hay una buena cantidad de turba - y también en el suelo del área superficialmente degradada —el proceso de recuperación de esta área tendría que ser más fácil. Sin embargo, el primer paso en la parte (superficialmente) degradada tiene que ser la recarga de los acuíferos o la recuperación de las napas freáticas (qué se queden cerca de la superficie del suelo durante todo el año).



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020



Deg2-M0 - Porcentaje turba/detrito vs. profundidad de suelo (cm)



Deg1-M0 - Porcentaje turba/detrito vs. profundidad de suelo (cm)

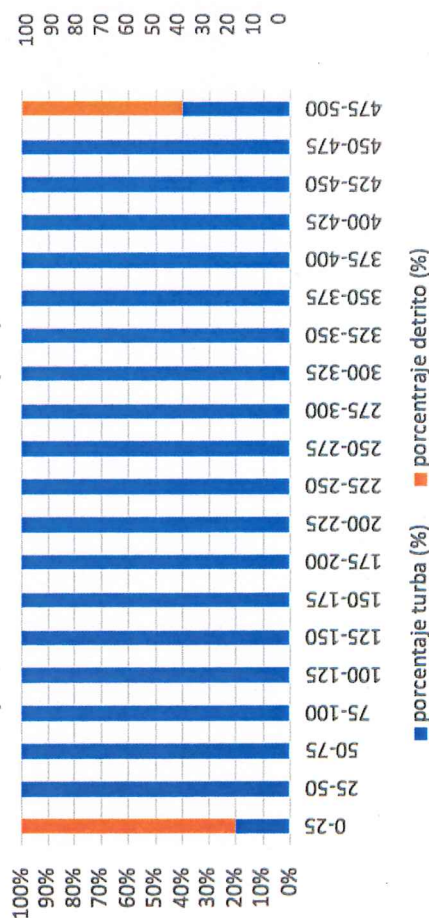


Figura N° 06: Contenido del agua del suelo (g/g) y Porcentaje turba/detrito vs. profundidad de suelo (cm). Elaboración: Jan R. Baiker.
Observación: las líneas verticales **rojas** representan el estado/profundidad de la napa freática en el momento de la medición (ver capítulo 4.3 Napa freática).

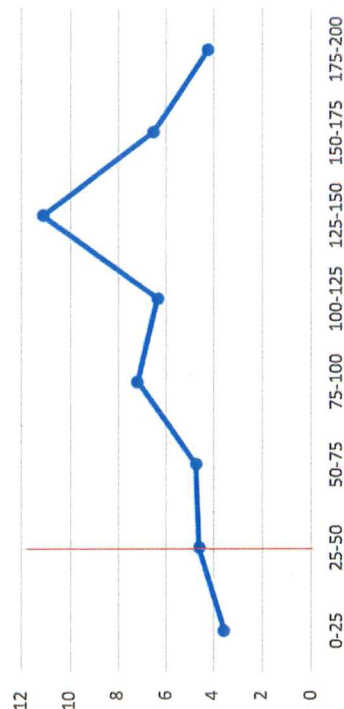


WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

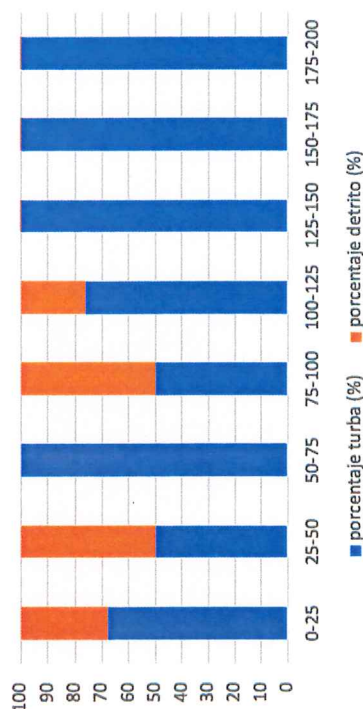
J.B

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

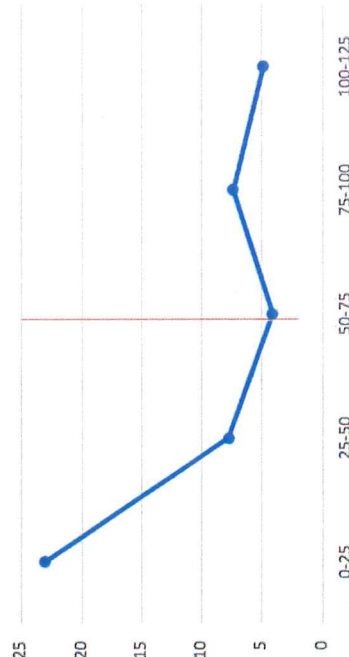
T1-M0 - Contenido del agua del suelo (g/g)
vs. profundidad del suelo (cm)



T1-M0 - Porcentaje turba/detrito vs.
profundidad de suelo (cm)



T2-M0 - Contenido del agua del suelo (g/g) vs.
profundidad del suelo (cm)



T2-M0 - Porcentaje turba/detrito vs.
profundidad de suelo (cm)

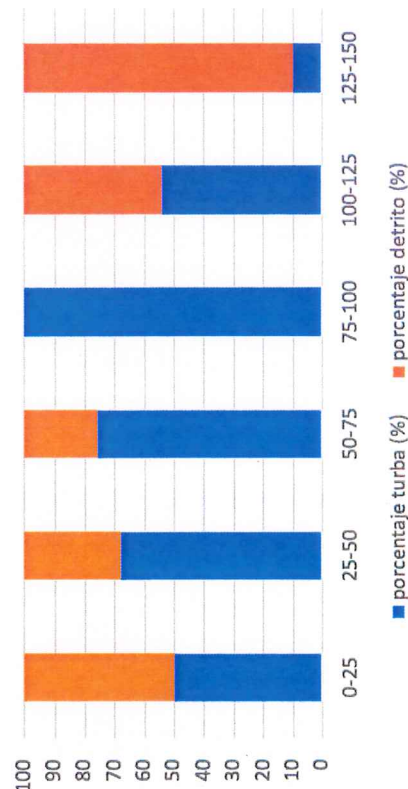


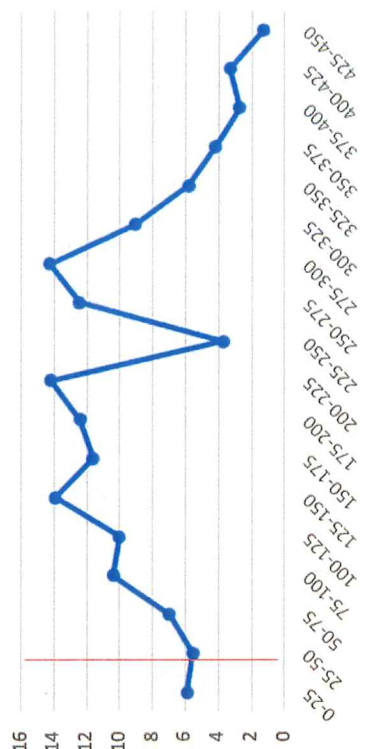
Figura N° 07: Contenido del agua del suelo (g/g) y Porcentaje turba/detrito vs. profundidad de suelo (cm). Elaboración: Jan R. Baiker.
Observación: las líneas verticales **rojas** representan el estado/profundidad de la napa freática en el momento de la medición (ver capítulo 4.4.3 Napa freática).



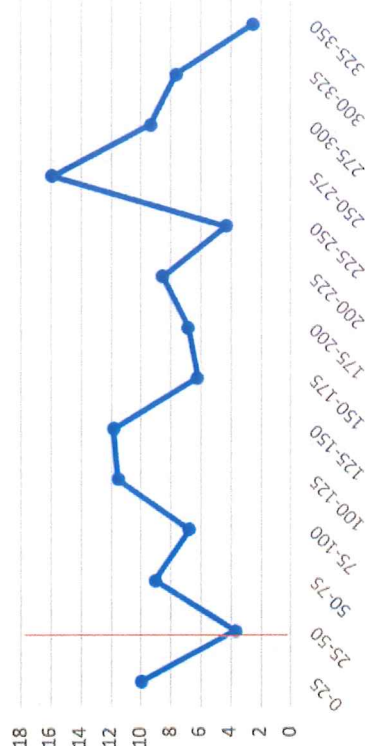
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENITÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

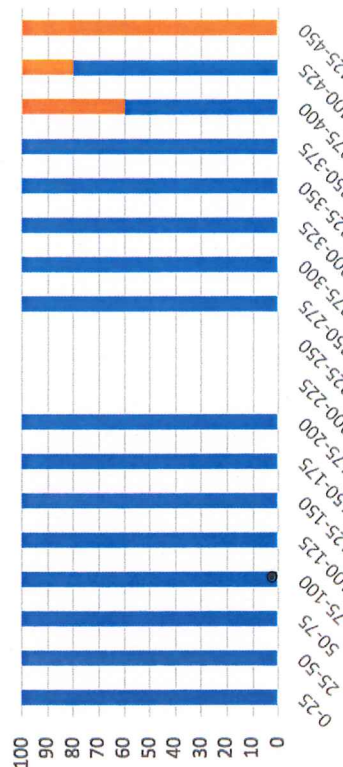
T3-M0 - Contenido del agua del suelo (g/g)
vs. profundidad del suelo (cm)



Infiltr 6 - Contenido del agua del suelo (g/g)
vs. profundidad del suelo (cm)



T3-M0 - Porcentaje turba/detrito vs.
profundidad suelo (cm)



Infiltr. 6 - Porcentaje turba/detrito vs.
profundidad suelo (cm)

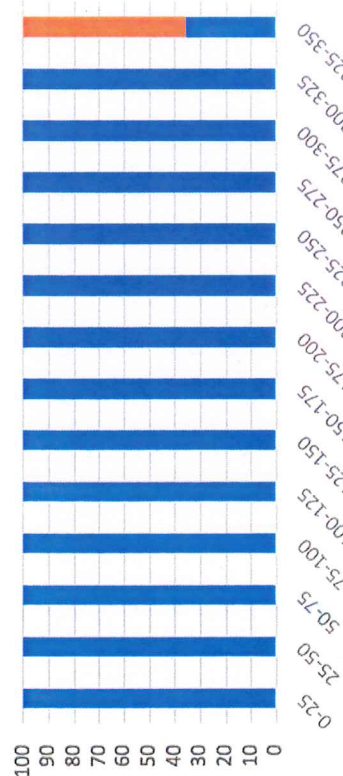
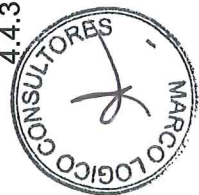


Figura N° 08: Contenido del agua del suelo (g/g) y Porcentaje turba/detrito vs. profundidad de suelo (cm). Elaboración: Jan R. Baiker.
Observación: las líneas verticales **rojas** representan el estado/profundidad de la napa freática en el momento de la medición (ver capítulo 4.4.3 Napa freática).



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

N1 - Contenido del agua del suelo (g/g) vs. profundidad del suelo (cm)



N1 - Porcentaje turba/detrito vs. profundidad suelo (cm)

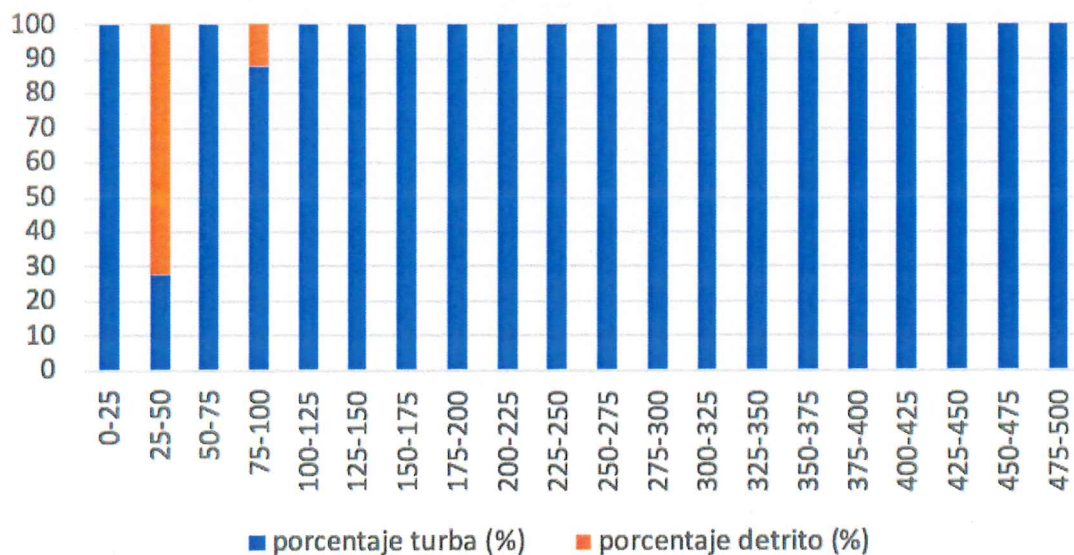


Figura N° 09: Contenido del agua del suelo (g/g) y Porcentaje turba/detrito vs. profundidad de suelo (cm) del punto N1. Elaboración: Jan R. Baiker.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alzérreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna, D., & Laguna, S. (2001). Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. Informe final no publicado. Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), La Paz, 190 p.

Aquafondo (2018). Expediente Técnico para el proyecto "Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica de la microcuenca de Milloc, en la comunidad de Carampoma, distrito de Carampoma, provincia de Huarochiri, Región Lima."

Baraer, M., McKenzie, J. M., Mark, B.G., Bury, & Knox, S. (2009). Characterizing contributions of glacier melt and groundwater during the dry season in a poorly gauged catchment of the Cordillera Blanca (Peru). *Advances in Geosciences*, 22, 41-49.

Baraer, M., McKenzie, J., Mark, B.G., Gordon, R., Bury, J., Condom, T., Gomez, J., Knox, S., & Fortner, S.K. (2015). Contribution of groundwater to the outflow from ungauged glacierized catchments: a multi-site study in the tropical Cordillera Blanca, Peru. *Hydrological Processes*, 29, 2561-2581.

Bobadilla, M., Aliaga, E., Yupanqui, E., & Palomino, E. (2013). A phytoremediation approach using *Calamagrostis ligulata* and *Juncus imbricatus* in Andean wetlands of Peru. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(1), 323-334.

Buttolph, L.P., & Coppock, D.L. (2004). Influence of deferred grazing on vegetation dynamics and livestock productivity in an Andean pastoral system. *Journal of Applied Ecology*, 41, 664-674.

Cooper, D.J., Kaczynski, K., Slayback, D., & Yager, K. (2015). Growth and organic carbon production in peatlands dominated by *Distichia muscoides*, Bolivia, South America. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 47(3), 505-510.

Coronel, J.S., Declerck, S., & Brendonck, L. (2007). High-altitude peatland temporary pools in Bolivia house a high cladoceran diversity. *Wetlands*, 27(4), 1166-1174.

Coûteaux, M.M., Sarmiento, L., Bottner, P., Acevedo, D., & Thiéry, J.M. (2002). Decomposition of standard plant material along an altitudinal transect (65-3968 m) in the tropical Andes. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 69-78.

Daley, T.J., Mauquoy, D., Chambers, F.M., Street-Perrott, F.A., Hughes, P.D.M., Loader, N.J., Roland, T.P., van Bellen, S., Garcia-Meneses, P., & Lewin, S. (2012). Investigating late Holocene variations in hydroclimate and the stable isotope composition of precipitation using southern South American peatlands: an hypothesis. *Climate of the Past*, 8, 1457-1471.

Francou, B, Mourguiart, P. et Fournier, M. (1995). Phase d'avancée des glaciers au Dryas récent dans les Andes du Pérou. C.R. Académie de Sciences Paris, t. 320, série II a, p. 593 á 599.

Gandarillas, R.V., Jiang, Y., & Irvine, K. (2016). Assessing the services of high mountain wetlands in tropical Andes: A case study of Caripe wetlands at Bolivian Altiplano. *Ecosystem Services*, 19, 51-64.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., & Vargas, R. (eds.) (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea – Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 pp.

Gibbons, R.E. (2012). Bird ecology and conservation in Peru's high Andean peatlands. PhD thesis, Louisiana State University, 100 pp.

Gordon, R.P., Lautz, L.K., McKenzie, J.M., Mark, B.G., Chavez, D., & Baraer, M. (2015). Sources and pathways of stream generation in tropical proglacial valleys of the Cordillera Blanca, Peru. *Journal of Hydrology*, 522, 628-644.

Hillel, D. (1982). Introduction to soil physics. Academic Press, San Diego, CA.

Hogg, T.J. and J.L. Henry (1984). Comparison of 1:1 suspensions and extracts with the saturation extract in estimating salinity in Saskatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.* 64:699-704.

Hribljan, J.A., Cooper, D.J., Sueltenfuss, J., Wolf, E.C., Heckman, K.A., Lilleskov, E.A., & Chimner, R.A. (2015). Carbon storage and long-term rate of accumulation in high-altitude Andean peatlands of Bolivia. *Mires and Peat*, 15, 1-14.

Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., Blanquer, J.M. (2010). Características del infiltrómetro de doble anillo (anillos de Munz). Universidad Politécnica de Valencia.

IUCN Peatland Programme (2014). Peat Bog Ecosystems: Key Definitions. *Briefing Note N° 1*, 8 pp.

Janzen, H.H. (1993). Solubles salts. P. 161-166. In: M.R. Carter (ed.) Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publ., Boca Raton.

Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J. y Tovar A. (2009). Mapa de Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, LTA-UNALM, IAvH, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima.

Kaser, G., Juen, I., Georges, C., Gómez, J., & Tamayo, W. (2003). The impact of glaciers on the runoff and the reconstruction of mass balance history from hydrological data in the tropical Cordillera Blanca, Perú. *Journal of Hydrology*, 282, 130-144.

Lowery, B., M.A. Arshad, R. Lal, and W. J. Hickey (1996). Soil water parameters and soil quality. P.143-157. In: J.W. Doran and A. J. Jones (eds.) Methods for assessing soil quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.

Madaleno, I.M. (2004). Aymara Indians in Chile: Water Use in Ancestral Cultures at Odds with Water Rights in Modern Times. *Conference on International Agricultural Research and Development. Deutscher Tropentag 2004, Berlin, October 5-7, 2004.*

Mark, B.G., Bury, J., McKenzie, J.M., French, A., & Baraer, M. (2010). Climate Change and Tropical Andean Glacier Recession: Evaluating Hydrologic Changes and Livelihood Vulnerability in the Cordillera Blanca, Peru. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(4), 794-805.



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Ruthsatz, B. (2012). Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenología*, 42 (3-4), 133-179.

Salazar-Torres, G., & de Moraes Huszar, V.L. (2012). Microalgae community of the Huaytire wetland, an Andean high-altitude wetland in Peru. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(3): 285-292.

Segnini, A., Posadas, A., Quiroz, R., Bastos Pereira Milori, D.M., Costa Saab, S., Martin Neto, L., & Pedro Vaz, C.M. (2010). Spectroscopic Assessment of Soil Organic Matter in Wetlands from the High Andes. *Soil Science Society of America Journal*, 74(6), 2246-2253.

Segnini, A., de Souza, A.A., Novotny, E.H., Bastos Pereira Milori, D.M., Lopes da Silva, W.T. (2013). Characterization of Peatland Soils from the High Andes through ¹³C Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Soil Science Society of America Journal*, 77, 673-679.

Smith, J.L. and J.W. doran (1996). Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. P. 169-185. In: J.W. doran and A.J. Jones (eds.) *Methods for assessing soil quality*. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.

Soil Survey Staff (1993). Soil survey manual. United State Department of Agriculture. Hnbk no. 18. U.S. gov. Printing Office, Washington, DC

Skrzypek, G., Engel, Z., Chuman, T., & Šefrna, L. (2011). *Distichia* peat – A new stable isotope paleoclimate proxy for the Andes. *Earth and Planetary Science Letters*, 307, 298-308.

USDA (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, USDA. Servicio de Investigación Agrícola, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Instituto de Calidad de Suelos, Agosto, 1999.

Vargas Machuca Crespo, D. (2017). Efectos de la extracción de turba en un sistema socio-ecológico altoandino: Bofedales de Carampoma – Lima. Tesis para optar el título de Licenciada en Geografía y Medio Ambiente. Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Pontificia Universidad Católica del Perú.



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B
JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

6. ANEXOS

- Anexo I: Datos crudos de los experimentos de infiltración
Anexo II: Resultados del análisis del laboratorio (textura del suelo, pH, fósforo, metales)
Anexo III: Datos crudos del contenido (porcentual) del agua y de material orgánico (turba) en diferentes capas del suelo
Anexo IV: Fotos usadas para el análisis (visual) de los núcleos de perforación



WJ

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



J.B.

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Anexo I: Datos crudos de los experimentos de infiltración

Punto de infiltración: **Deg2-M0** Fecha: 17.09.2019 Hora de inicio: 10:42 a.m.

Clase de infiltración: **rápida (1.18 minutos por cm, 15.24-50.80 cm/hora)**

prueba N° 01

prueba N° 02

Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)
0	15.5		0	17.5		0	17.5		18.5	11.5	0.2
1	14.5	1	1	17	0.5	1	17	0.5	19	11.4	0.2
1.5	13.8	1.4	1.5	16.7	0.6	1.5	16.7	0.6	19.5	11.2	0.4
2	13.4	0.8	2	16.5	0.4	2	16.5	0.4	20	11.1	0.2
2.5	12.8	1.2	2.5	16.3	0.4	2.5	16.3	0.4	20.5	11	0.2
3	12.8	0	3	16.1	0.4	3	16.1	0.4	21	10.8	0.4
3.5	11.7	2.2	3.5	16	0.2	3.5	16	0.2	21.5	10.7	0.2
4	11.2	1	4	15.7	0.6	4	15.7	0.6	22	10.6	0.2
4.5	10.8	0.8	4.5	15.6	0.2	4.5	15.6	0.2	22.5	10.4	0.4
5	10.3	1	5	15.4	0.4	5	15.4	0.4	23	10.3	0.2
5.5	9.6	1.4	5.5	15.3	0.2	5.5	15.3	0.2	23.5	10.2	0.2
6	9.5	0.2	6	15.1	0.4	6	15.1	0.4	24	10.1	0.2
6.5	8.9	1.2	6.5	15	0.2	6.5	15	0.2	24.5	10	0.2
7	8.5	0.8	7	14.8	0.4	7	14.8	0.4	25	9.9	0.2
7.5	8.2	0.6	7.5	14.6	0.4	7.5	14.6	0.4	25.5	9.7	0.4
8	7.8	0.8	8	14.5	0.2	8	14.5	0.2	26	9.6	0.2
8.5	7.5	0.6	8.5	14.3	0.4	8.5	14.3	0.4	26.5	9.5	0.2



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENITIFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

prueba N° 01

prueba N° 01	prueba N° 02				
Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)

9	7	1	9	14.2	0.2	27	9.4	0.2
9.5	6.6	0.8	9.5	14	0.4	27.5	9.2	0.4
10	6.3	0.6	10	13.8	0.4	28	9.1	0.2
10.5	6	0.6	10.5	13.7	0.2	28.5	9	0.2
11	5.6	0.8	11	13.6	0.2	29	8.9	0.2
11.5	5.3	0.6	11.5	13.5	0.2	29.5	8.8	0.2
12	5	0.6	12	13.4	0.2	30	8.7	0.2
12.5	4.6	0.8	12.5	13.2	0.4	30.5		
13	4.4	0.4	13	13	0.4	35	7.2	0.3
13.5	4	0.8	13.5	12.9	0.2	40	6	0.24
14	3.7	0.6	14	12.8	0.2	45	5.1	0.18
14.5	3.5	0.4	14.5	12.6	0.4	50	3.2	0.38
15	3	1	15	12.5	0.2	55	2	0.24
15.5	2.8	0.4	15.5	12.3	0.4	60	1.5	0.1
16	2.5	0.6	16	12.2	0.2			
16.5	2.3	0.4	16.5	12	0.4			
17	2	0.6	17	11.9	0.2			
17.5	1.5	1	17.5	11.8	0.2			
18	1	1	18	11.6	0.4			
					promedio			
					0.24 17.14 cm/hora			

promedio: 0.8
48 cm/hora



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIEN TÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

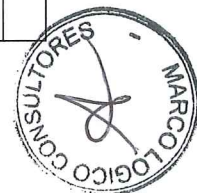
Punto de infiltración: **Deg1-M0** Fecha: 18.09.2019 Hora de inicio: 09:23 a.m.

Clase de infiltración: **rápida (1.18 minutos por cm, 15.24-50.80 cm/hora)**

prueba N° 01						prueba N° 02			
Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	
0	15		17.5	6.8	0.4	0	16		
0.5	14.5	1	18	6.6	0.4	5	12.4	0.72	
1	14.1	0.8	18.5	6.4	0.4	10	10.1	0.46	
1.5	13.7	0.8	19	6.4	0	15	8.3	0.36	
2	13.5	0.4	19.5	6.2	0.4	20	6.8	0.3	
2.5	13.2	0.6	20	6.1	0.2	25	5.6	0.24	
3	12.8	0.8	20.5	6	0.2	30	4.6	0.2	
3.5	12.5	0.6	21	5.8	0.4	35	3.7	0.18	
4	12.2	0.6	21.5	5.6	0.4	40	3	0.14	
4.5	11.9	0.6	22	5.4	0.4	45	2.1	0.18	
5	11.6	0.6	22.5	5.3	0.2	50	1.1	0.2	
5.5	11.3	0.6	23	5.2	0.2	55	0	0.22	
6	11.2	0.2	23.5	5.1	0.2				
6.5	11	0.4	24	4.9	0.4				
7	10.7	0.6	24.5	4.7	0.4				
7.5	10.4	0.6	25	4.6	0.2				
8	10.3	0.2	25.5	4.4	0.4				
8.5	10	0.6	26	4.3	0.2				

promedio 0.290909091

17.454
cm/hora



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.
JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

prueba N° 01

Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)
------------------------	----------------------------	---------------	------------------------	----------------------------	---------------

prueba N° 02

9	9.8	0.4	26.5	3.9	0.8
9.5	9.6	0.4	27	3.7	0.4
10	9.4	0.4	27.5	3.6	0.2
10.5	9.2	0.4	28	3.4	0.4
11	9	0.4	28.5	3.2	0.4
11.5	8.8	0.4	29	2.9	0.6
12	8.6	0.4	29.5	2.7	0.4
12.5	8.4	0.4	30	2.6	0.2
13	8.3	0.2	30.5	2.5	0.2
13.5	8.1	0.4	31	2.4	0.2
14	8	0.2	31.5	2.3	0.2
14.5	7.8	0.4	32	2.1	0.4
15	7.6	0.4	32.5	2	0.2
15.5	7.5	0.2	33	1.9	0.2
16	7.3	0.4	33.5	1.7	0.4
16.5	7.2	0.2	34	1.6	0.2
17	7	0.4	34.5	1.5	0.2
			35	1.4	0.2

	promedio	0.314633124 23.31 cm/hora
--	----------	---------------------------------



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Punto de infiltración: **I3-M0 (1)** Fecha: 18.09.2019 Hora de inicio: 02:43 p.m.

Clase de infiltración: **moderadamente lenta (39.37-118.11 minutos por cm, 5.08-1.52 cm/hora)**

Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)
0	17		40	16.3	0.02
0.5	16.9	0.2	50	16.3	0
1	16.8	0.1			
2	16.7	0.1			
3	16.6	0.1			
4	16.6	0			
5	16.6	0			
6	16.6	0			
7	16.6	0			
8	16.5	0.1			
9	16.5	0			
10	16.5	0			
15	16.5	0			
20	16.5	0			
25	16.5	0			
30	16.4	0.02			

promedio 0.03875
2.133
cm/hora



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



JAN ROMAN BAIKER
CIENTIFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Punto de infiltración: **T3-M0 (2)** Fecha: 19.09.2019 Hora de inicio: 08:25 a.m.Clase de infiltración: **lento** (118.11-393.70 min/cm, 1.52-0.51 cm/hora) hasta **muy lento** (393.70-15,748.03 min/cm, 0.51-0.0038 cm/hora)

prueba N° 01

Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)
0	15.5		15.5	15.2	0
0.5	15.4	0.2	16	15.2	0
1	15.4	0	16.5	15.2	0
1.5	15.3	0.2	17	15.2	0
2	15.3	0	17.5	15.2	0
2.5	15.3	0	18	15.2	0
3	15.3	0	18.5	15.2	0
3.5	15.3	0	19	15.2	0
4	15.3	0	19.5	15.2	0
4.5	15.3	0	20	15.2	0
5	15.3	0	20.5	15.2	0
5.5	15.3	0	21	15.2	0
6	15.3	0	21.5	15.2	0
6.5	15.3	0	22	15.2	0
7	15.3	0	22.5	15.2	0
7.5	15.3	0	23	15.2	0
8	15.3	0	23.5	15.2	0
8.5	15.3	0	24	15.2	0
9	15.3	0	24.5	15.2	0

prueba N° 02

Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)
0	15.2	
5	15.1	0.02
10	15.1	0
15	15.1	0
20	15.05	0.01
25	15.05	0
30	15.05	0

promedio: 0.005

0.3 cm/hora

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Pág. 55

000343

EXPEDIENTE TÉCNICO. "Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica de la microcuenca de Milloc, distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, departamento de Lima"

prueba N° 01

Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)
------------------------	----------------------------	---------------	------------------------	----------------------------	---------------

prueba N° 02

9.5	15.3	0	25	15.2	0
10	15.2	0.2	25.5	15.2	0
10.5	15.2	0	26	15.2	0
11	15.2	0	26.5	15.2	0
11.5	15.2	0	27	15.2	0
12	15.2	0	27.5	15.2	0
12.5	15.2	0	28	15.2	0
13	15.2	0	28.5	15.2	0
13.5	15.2	0	29	15.2	0
14	15.2	0	29.5	15.2	0
14.5	15.2	0	30	15.2	0
15	15.2	0			
			promedio:		
			0.020894397		
			0.6 cm/hora		



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

TB

JAN ROMAN BAIKER
CIENITIFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU N° 001238020

Punto de infiltración: **I2-M0** Fecha: 19.09.2019 Hora de inicio: 10:12 a.m.

Clase de infiltración: **moderado (11.81-39.37 min/cm, 15.24-5.08 cm/hora)**

Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)
0	16.5		14	11.6	0.2	28	8.7	0.4
0.5	16.3	0.4	14.5	11.5	0.2	28.5	8.6	0.2
1	16.2	0.2	15	11.4	0.2	29	8	1.2
1.5	15	2.4	15.5	11.3	0.2	29.5	8.4	-0.8
2	14.8	0.4	16	11.2	0.2	30	8.3	0.2
2.5	14.7	0.2	16.5	11.1	0.2	30.5	8.2	0.2
3	14.5	0.4	17	11	0.2	31	8.1	0.2
3.5	14.4	0.2	17.5	10.9	0.2	31.5	8	0.2
4	14.3	0.2	18	10.8	0.2	32	7.9	0.2
4.5	14.1	0.4	18.5	10.6	0.4	32.5	7.8	0.2
5	14	0.2	19	10.5	0.2	33	7.8	0
5.5	13.9	0.2	19.5	10.4	0.2	33.5	7.7	0.2
6	13.8	0.2	20	10.4	0	34	7.6	0.2
6.5	13.6	0.4	20.5	10.2	0.4	34.5	7.5	0.2
7	13.4	0.4	21	10.2	0	35	7.4	0.2
7.5	13.2	0.4	21.5	10	0.4	50	4.5	0.1933333333
8	13	0.4	22	9.9	0.2	55	4	0.1
8.5	12.9	0.2	22.5	9.8	0.2	60	3.4	0.12
9	12.8	0.2	23	9.7	0.2	65	2.7	0.14
9.5	12.7	0.2	23.5	9.6	0.2	70	2	0.14



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel del agua (cm)	tasa (cm/min)
10	12.7	0	24	9.4	0.4	75	1.5	0.1
10.5	12.5	0.4	24.5	9.4	0	80	0.7	0.16
11	12.4	0.2	25	9.3	0.2			
11.5	12.2	0.4	25.5	9.2	0.2			
12	12	0.4	26	9.2	0			
12.5	11.9	0.2	26.5	9	0.4			
13	11.9	0	27	8.9	0.2			
13.5	11.7	0.4	27.5	8.9	0			

promedio: 0.355555556
14.925
cm/hora



W

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

000340

JB

JAN ROMÁN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Punto de infiltración: **Infiltr. 6** Fecha: 19.09.2019 Hora de inicio: 03:50 p.m.

Clase de infiltración: **moderadamente lento (39.37-118.11 min/cm, 5.08-1.52 cm/hora)**

Tiempo recorrido (min)	altura nivel agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel agua (cm)	tasa (cm/min)	Tiempo recorrido (min)	altura nivel agua (cm)	tasa (cm/min)
0	14		8.5	13.5	0.1	18	12.9	0.1
0.5	13.9	0.2	9	13.5	0	19	12.8	0.1
1	13.85	0.1	9.5	13.45	0.1	20	12.8	0
1.5	13.85	0	10	13.4	0.1	21	12.7	0.1
2	13.85	0	10.5	13.4	0	22	12.7	0
2.5	13.8	0.1	11	13.4	0	23	12.7	0
3	13.8	0	11.5	13.35	0.1	24	12.65	0.05
3.5	13.8	0	12	13.3	0.1	25	12.6	0.05
4	13.75	0.1	12.5	13.3	0	26	12.6	0
4.5	13.7	0.1	13	13.3	0	27	12.55	0.05
5	13.6	0.2	13.5	13.2	0.2	32	12.4	0.15
5.5	13.6	0	14	13.2	0	37	12.1	0.3
6	13.6	0	14.5	13.2	0			
6.5	13.6	0	15	13.1	0.2			
7	13.6	0	15.5	13.1	0			
7.5	13.6	0	16	13	0.2			
8	13.55	0.1	17	13	0			

promedio: 0.05625
3.86664
cm/hora



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

Anexo II: Resultados del análisis del laboratorio (textura del suelo, pH, fósforo, metales, etc.)



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

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : FONDO DE AGUA PARA LIMA Y CALLAO - AQUAFONDO

Departamento : LIMA
Distrito : CARAMPOMA
Referencia : H.R. 60412-116C-17
Provincia : HUARACHIRI
Predio : LAGUNA TURQUESA
Fecha : 21/12/17
Fact.: 1352

Número de Muestra		pH (1:1)	C E (1:1) dSim	CaCO ₃ %	M O %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	C C	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	Suma de Cat. Os. Bases	%		
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺				Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺
9481	P1 S1	4.74	0.20	0.00	20.00	2.8	32	83	9	8	A.Fr.	35.20	4.05	0.58	0.22	0.30	160	6.76	5.16	15
9482	P1 S2	4.29	0.17	0.00	29.65	14.6	228	49	39	12	Fr.	53.20	4.75	1.33	1.08	0.15	4.80	12.11	7.31	14
9483	P1 S3	5.06	0.13	0.00	8.28	2.8	122	73	19	8	Fr.A.	19.52	6.13	0.68	0.50	0.17	0.30	7.78	7.48	38

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

Lab.	Número de Muestra Claves	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
9481	PT S1	0.64	645.00	2463.00	22.60	79.00
9482	PT S2	0.27	218.00	3126.00	52.60	5.80
9483	PT S3	0.58	271.00	1202.00	65.30	83.00



Av. La Molina s/n Campus UNALM - Tel.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020



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

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : FONDO DE AGUA PARA LIMA Y CALLAO - AGUA FONDO

Provincia : HUARACHIRI
Predio : RIO TILLOC (TURBERA)
Fecha : 21/12/17

Fact: 1352

Departamento : LIMA
Distrito : CARAMPOMA
Referencia : H.R. 80412-116C-17

Lab.	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g					Suma de Cationes Bases	Suma de Sal De Bases	%
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
9484	P2 S1	3.45	1.18	0.00	7.36	12.0	75	48	43	9	Fr.	45.80	1.06	0.79	0.50	1.26	2.00	5.63	3.63	8
9485	P2 S2	3.51	1.22	0.00	13.31	11.2	94	33	55	12	Fr.L.	37.20	1.33	0.88	0.45	0.22	2.50	5.37	2.87	8
9486	P2 S3	3.46	1.23	0.00	13.43	10.5	88	57	37	6	Fr.A.	46.40	1.45	0.83	0.37	0.13	1.50	4.29	2.79	5

A = Arena ; A.F. = Arena Fina ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.A.L. = Franco Arena Limoso ; Fr.L. = Franco Arcilloso.
Fr.A/L = Franco Arcillo Limoso ; A/L = Arcillo Arenoso ; A/L = Arcillo Limoso ; Ar = Arcilloso

Lab.	Número de Muestra Claves	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
9484	P2 S1	0.54	259.00	3891.00	16.90	23.00
9485	P2 S2	1.16	260.00	4151.00	33.40	27.80
9486	P2 S3	0.89	141.00	3169.00	13.80	19.00



Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf. 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: latsuelo@lamolina.edu.pe



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B.

JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020



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

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : FONDO DE AGUA PARA LIMA Y CALLAO - AGUA FONDO

Departamento : LIMA
Distrito : CARAMPOMA
Referencia : H.R. 60412-116C-17

Provincia : HUAROCHIRI
Predio : TRASPASE
Fecha : 21/12/17

Fact: 1352

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Sol. De Bases		
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺			A ⁺² + H ⁺	
9487	P3 S1	4.97	0.06	0.00	26.73	11.2	56	61	31	8	Fr.A.	47.68	12.12	0.68	0.36	0.18	2.00	15.35	13.35	28
9488	P3 S2	5.71	0.50	0.00	12.15	10.5	86	57	35	8	Fr.A.	30.72	8.57	0.83	0.49	0.32	0.30	10.52	10.22	33
9489	P3 S3	5.13	1.23	0.00	51.48	11.5	290	Material Orgánico			35.68	20.76	2.57	0.82	1.43	1.30	26.88	25.58	72	

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

Lab	Número de Muestra Claves	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
9487	P3 S1	0.25	10.30	1432.00	62.60	14.80
9488	P3 S2	0.83	8.80	1420.00	492.00	15.90
9489	P3 S3	2.00	5.50	1436.00	358.00	30.80



Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020



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

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : FONDO DE AGUA PARA LIMA Y CALLAO - AQUAFONDO

Departamento : LIMA
Distrito : CARAMPOMA
Referencia : H.R. 50412-116C-17

Provincia : HUARACHIRI
Predio : INICIO LAGUNA
Fecha : 21/12/17

Fact.: 1352

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Cat. Del Suelo Bases	%		
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺ + H ⁺					
9490	P4 S1	4.64	0.42	0.00	15.29	6.5	226	35	43	22	Fr	39.36	5.74	1.28	0.78	0.34	2.30	10.44	8.14	21
9491	P4 S2	3.75	1.27	0.00	63.03	12.6	248				Material Orgánico	74.80	4.35	2.08	0.65	0.52	2.30	9.91	7.61	10
9492	P4 S3	4.11	0.50	0.00	53.69	11.2	198				Material Orgánico	72.00	1.03	1.83	0.64	0.52	3.00	7.02	4.02	6

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

Lab	Número de Muestra Claves	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
9490	P4 S1	0.52	140.00	3713.00	8.30	11.60
9491	P4 S2	1.16	22.10	5515.00	11.60	11.30
9492	P4 S3	0.29	19.50	2300.00	7.60	4.50



Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7600 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

W



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

T.B

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020



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

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : FONDO DE AGUA PARA LIMA Y CALLAO - AQUAFONDO

Departamento : LIMA
Distrito : CARAMPOMA
Referencia : H.R. 60412-116C-17

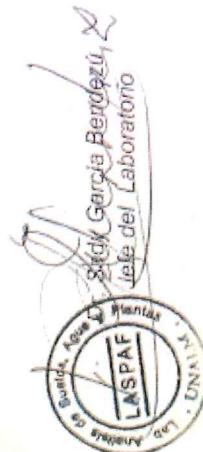
Provincia : HUARACHIRI
Predio : RIO ABAJO
Fecha : 21/12/17

Fact.: 1352

Lab.	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico				Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Cat. De Bases
								Arena	Limo	Arcilla	%			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺ + H ⁺	
9493	P5 S1	3.34	0.74	0.00	45.17	15.0	74	Material Orgánico				74.40	1.36	0.76	0.78	0.85	2.00	5.73	3.73
9494	P5 S2	4.17	0.25	0.00	38.24	10.5	60	Material Orgánico				67.88	13.88	0.77	0.37	0.23	3.30	18.55	15.25
9495	P5 S3	4.45	0.23	0.00	13.91	7.1	52	71	21	8	%	Fr.A.	48.40	1.07	0.43	0.34	2.50	4.66	2.16

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

Lab.	Número de Muestra Claves	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
9493	P5 S1	0.73	3.60	6563.00	1.60	6.80
9494	P5 S2	1.02	3.60	6726.00	1.70	5.50
9495	P5 S3	0.16	3.30	1056.00	7.30	29.30



Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

71B

JAN ROMAN BAIKER
CIENFÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación (es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcimetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %M.O. = %Cx1.724
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃ 0.5M, pH 8.5.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄) N, pH 7.0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄) N, pH 7.0.
10. Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺: cambios: reemplazamiento con acetato de amonio

11. Al⁺⁺⁺, H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl N.
12. Iones solubles:
 - a) Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺: solubles: totometría de llama y absorción atómica
 - b) Cl⁻, CO₃⁺⁺, HCO₃⁺⁺, NO₃⁺⁺: solubles: volumetría y colorimetría, SO₄⁺⁺: turbidimetría con cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetato

Equivalencias:
1 ppm = 1 mg kilogramo
1 mililitro (mmho/cm) = 1 decisiemens metro
1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+) / kg
Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEs
CE (1:1) mmho/cm x 2 = CEs (es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	Clasificación del Suelo	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Cationicas		
						Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
"muy ligeramente salino"	<2	"bajo"	<2.0	<7.0	<100	"Normal"	0.2 - 0.3	5 - 9
"ligeramente salino"	2 - 4	"medio"	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	"defic. Mg"	>0.5	
"moderadamente salino"	4 - 8	"alto"	>4.0	>14.0	>240	"defic. K"	>0.2	
"fuertemente salino"	>8					"defic. Mg"		>10

CLASES TEXTURALES

Reacción o pH		Fr. Ar. A = franco arcillo arenoso	
Clasificación del Suelo	pH	Fr. Ar. = franco arcilloso	Ca ⁺⁺ = 60 - 75
"fuertemente ácido"	<5.5	Fr. Ar. = franco arcilloso	mg ⁺⁺ = 15 - 30
"moderadamente ácido"	5.6 - 6.0	Fr. Ar. = franco arcilloso	K ⁺ = 3 - 7
"ligeramente ácido"	6.1 - 6.5	Ar. = arcilloso arenoso	Na ⁺ = <15
"neutro"	6.6 - 7.0	Fr. L = franco limoso	
"ligeramente alcalino"	7.1 - 7.8	L = limoso	
"moderadamente alcalino"	7.9 - 8.4		
"fuertemente alcalino"	>8.5		

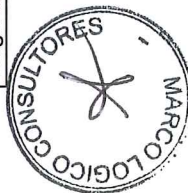


W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

J.B

Anexo III: Datos crudos del contenido (porcentual) del agua y de material orgánico (turba) en diferentes capas del suelo

código/punto	fecha	hora	Profundidades (cm)	Contenido del agua del suelo (g/g) = (peso del suelo húmedo - peso del suelo seco) / peso del suelo seco en el horno				porcentaje de material orgánico / turba (%)	porcentaje de detrimento (%)
				peso (g) fresco/húmedo neto (sin bolsa zipp-lock)	peso (g) seco	peso (g) seco	peso (g) seco		
Deg1-M0	17.09.2019	4:11 p.m.	0-25	225	66	2.41	20	80	
Deg1-M0	17.09.2019	4:21 p.m.	25-50	295	47	5.28	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	4:31 p.m.	50-75	309	34	8.09	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	4:31 p.m.	75-100	334	40	7.35	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	4:39 p.m.	100-125	320	43	0.44	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	4:40 p.m.	125-150	322	39	7.26	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	4:48 p.m.	150-175	330	48	5.87	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	4:49 p.m.	175-200	309	39	6.92	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	4:54 p.m.	200-225	330	35	8.43	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	4:54 p.m.	225-250	340	41	7.29	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:49 a.m.	250-275	336	42	7	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:49 a.m.	275-300	313	35	7.94	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:37 p.m.	300-325	327	44	6.43	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:39 p.m.	325-350	367	47	6.81	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:39 p.m.	350-375	323	38	7.5	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:40 p.m.	375-400	335	37	8.05	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:50 p.m.	400-425	344	40	7.6	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	6:29 p.m.	425-450	372	62	5	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:53 p.m.	450-475	403	132	2.05	100	0	
Deg1-M0	17.09.2019	5:55 p.m.	475-500	346	41	7.44	40	60	
Deg2-M0	17.09.2019	1:42 p.m.	0-25	111	52	1.13	50	50	
Deg2-M0	17.09.2019	1:43 p.m.	25-50	218	81	1.69	100	0	



W

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

T.B

JAN ROMAN BAIKER
CIENTIFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

código/punto	fecha	hora	profundidades (cm)	Contenido del agua del suelo (g/g) = (peso del suelo húmedo - peso del suelo seco) / peso del suelo seco		porcentaje de material orgánico / turba (%)	porcentaje de detrito de (%)
				peso (g) fresco/húmedo neto (sin bolsa zippp-lock)	peso seco neto		
Deg2-M0	17.09.2019	1:05 p.m.	50-75	240	40	5	0
Deg2-M0	17.09.2019	1:45 p.m.	75-100	231	22	9.5	0
Deg2-M0	17.09.2019	1:48 p.m.	100-125	236	37	5.38	0
Deg2-M0	17.09.2019	1:43 p.m.	125-150	228	36	5.33	0
Deg2-M0	17.09.2019	1:49 p.m.	150-175	225	31	6.26	0
Deg2-M0	17.09.2019	1:50 p.m.	175-200	246	29	7.48	0
Deg2-M0	17.09.2019	1:51 p.m.	200-225	260	26	9	0
Deg2-M0	17.09.2019	1:53 p.m.	225-250	267	29	8.21	0
Deg2-M0	17.09.2019	1:54 p.m.	250-275	284	38	6.47	0
Deg2-M0	17.09.2019	2:02 p.m.	275-300	303	39	6.77	0
Deg2-M0	17.09.2019	2:03 p.m.	300-325	296	42	6.05	0
Deg2-M0	17.09.2019	2:04 p.m.	325-350	296	42	6.05	0
Deg2-M0	17.09.2019	2:04 p.m.	350-375	281	38	6.39	0
Deg2-M0	17.09.2019	2:05 p.m.	375-400	351	118	1.97	36
Deg2-M0	17.09.2019	2:06 p.m.	400-425	308	51	5.04	20
Deg2-M0	17.09.2019	2:07 p.m.	425-450	291	45	5.47	0
Deg2-M0	17.09.2019	2:08 p.m.	450-475	298	49	5.08	0
Deg2-M0	17.09.2019	2:08 p.m.	475-500	351	77	3.56	24
T1-M0	18.09.2019	1:20 p.m.	0-25	127	28	3.53	32
T1-M0	18.09.2019	1:36 p.m.	25-50	280	50	4.6	50
T1-M0	18.09.2019	1:23 p.m.	50-75	264	46	4.74	0
T1-M0	18.09.2019	1:24 p.m.	75-100	278	34	7.18	50
T1-M0	18.09.2019	1:36 p.m.	100-125	338	46	6.35	24
T1-M0	18.09.2019	1:37 p.m.	125-150	437	36	11.14	100



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

código/punto	fecha	hora	profundidades (cm)	Contenido del agua del suelo (g/g) = (peso del suelo húmedo - peso del suelo seco) / peso del suelo seco			porcentaje de material orgánico / turba (%)	porcentaje de detrito (%)
				peso (g) fresco/húmedo neto (sin bolsa zipp-lock)	peso (g) seco neto	horno		
T1-M0	18.09.2019	1:39 p.m.	150-175	338	45	6.51	100	100
T1-M0	18.09.2019	1:39:00 p.m.	175-200	359	69	4.2	100	100
T2-M0	18.09.2019	5:30 p.m.	0-25	313	13	23.08	50	50
T2-M0	18.09.2019	5:31 p.m.	25-50	338	39	7.67	68	32
T2-M0	18.09.2019	5:32 p.m.	50-75	318	63	4.05	76	24
T2-M0	18.09.2019	5:32 p.m.	75-100	332	40	7.3	100	0
T2-M0	18.09.2019	5:33 p.m.	100-125	347	60	4.78	54	46
T2-M0	18.09.2019	5:33 p.m.	125-150				10	90
T3-M0	18.09.2019	11:31 a.m.	0-25	317	46	5.89	100	0
T3-M0	18.09.2019	11:32 a.m.	25-50	287	44	5.52	100	0
T3-M0	18.09.2019	11:35 a.m.	50-75	279	35	6.97	100	0
T3-M0	18.09.2019	11:35 a.m.	75-100	239	21	10.38	100	0
T3-M0	18.09.2019	11:36 a.m.	100-125	308	28	10	100	0
T3-M0	18.09.2019	11:36 a.m.	125-150	298	20	13.9	100	0
T3-M0	18.09.2019	11:38 a.m.	150-175	315	25	11.6	100	0
T3-M0	18.09.2019	11:39 a.m.	175-200	349	26	12.42	100	0
T3-M0	18.09.2019	11:47 p.m.	200-225	319	21	14.19		
T3-M0	18.09.2019	11:47 p.m.	225-250	32	69	-0.54		
T3-M0	18.09.2019	11:59 a.m.	250-275	336	25	12.44	100	0
T3-M0	18.09.2019	12:00 a.m.	275-300	320	21	14.24	100	0
T3-M0	18.09.2019	12:07 a.m.	300-325	333	33	9.09	100	0
T3-M0	18.09.2019	12:09 a.m.	325-350	348	51	5.82	100	0
T3-M0	18.09.2019	12:20 p.m.	350-375	378	73	4.18	100	0
T3-M0	18.09.2019	12:20 p.m.	375-400	372	100	2.72	60	40

TIB

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

006330



EXPEDIENTE TÉCNICO. "Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica de la microcuenca de Milloc, distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, departamento de Lima"

INFORME DE SUELOS

código/punto	fecha	hora	Profundidades (cm)	peso (g) fresco/húmedo neto (sin bolsa zipp-lock)	peso seco neto	Contenido del agua del suelo (g/g) = (peso del suelo húmedo - peso del suelo seco) / peso del suelo seco	porcentaje de material orgánico / turba (%)	porcentaje de detrito (%)
T3-M0	18.09.2019	12:37 p.m.	400-425	349	81	3.31	80	20
T3-M0	18.09.2019	12:37:00 p.m.	425-450	488	216	1.26	0	100
N1	19.09.2019	1:05 p.m.	0-25	282	32	7.81	100	0
N1	19.09.2019	1:05 p.m.	25-50	346	33	9.48	28	72
N1	19.09.2019	1:07 p.m.	50-75	329	31	9.61	100	0
N1	19.09.2019	1:08 p.m.	75-100	357	20	16.85	88	12
N1	19.09.2019	12:21 a.m.	100-125	350	38	8.21	100	0
N1	19.09.2019	1:04 p.m.	125-150	330	33	9	100	0
N1	19.09.2019	1:25 p.m.	150-175	329	36	8.13	100	0
N1	19.09.2019	1:26 p.m.	175-200	324	33	8.82	100	0
N1	19.09.2019	1:27 p.m.	200-225	320	37	7.65	100	0
N1	19.09.2019	1:27 p.m.	225-250	318	31	9.26	100	0
N1	19.09.2019	6:34 p.m.	250-275	332	32	9.37	100	0
N1	19.09.2019	6:34 p.m.	275-300	300	30	9	100	0
N1	19.09.2019	1:29 p.m.	300-325	307	31	8.9	100	0
N1	19.09.2019	1:30 p.m.	325-350	231	28	7.25	100	0
N1	19.09.2019	1:30 p.m.	350-375	302	55	4.49	100	0
N1	19.09.2019	13:31 p.m.	375-400	272	49	4.55	100	0
N1	19.09.2019	1:32 p.m.	400-425	289	42	5.88	100	0
N1	19.09.2019	1:32 p.m.	425-450	261	35	6.46	100	0
N1	19.09.2019	1:34 p.m.	450-475	299	56	4.34	100	0
N1	19.09.2019	1:31 p.m.	475-500	312	48	5.5	100	0
Infiltr 6	19.09.2019		0-25	284	26	9.92	100	0
Infiltr 6	19.09.2019		25-50	357	76	3.7	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	50-75	311	31	9.03	100	0



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

YB

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

EXPEDIENTE TÉCNICO. "Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica de la microcuenca de Milloc, distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, departamento de Lima"

INFORME
DE SUELOS

código/punto	fecha	hora	Profundidades (cm)	peso (g) fresco/húmedo neto (sin bolsa ziplock)	peso seco (g)	Contenido del agua del suelo (g/g) = (peso del suelo húmedo - peso del suelo seco) / peso del suelo seco	porcentaje de material orgánico / turba (%)	porcentaje de detrito (%)
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	75-100	356	46	6.74	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	100-125	326	26	11.54	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	125-150	308	24	11.83	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	150-175	339	47	6.12	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	175-200	344	44	6.82	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	200-225	315	33	8.54	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	225-250	346	65	4.32	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	250-275	338	20	15.9	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	5:00 p.m.	275-300	321	31	9.35	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	6:00 p.m.	300-325	337	39	7.64	100	0
Infiltr 6	19.09.2019	6:00 p.m.	325-350	374	107	2.49	36	64



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

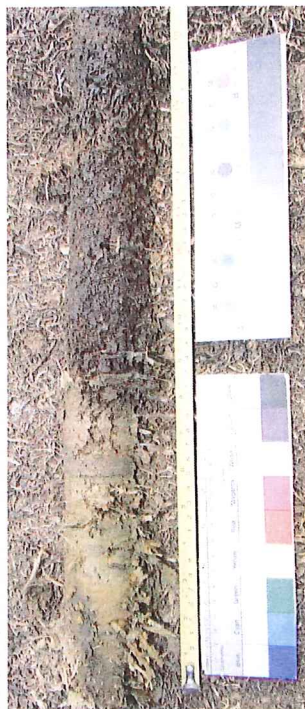
000328

J.B.

JAN ROMAN BAIKER
CIENTÍFICO AMBIENTAL
M.SC. ETHZ
SUNEDU Nº 001238020

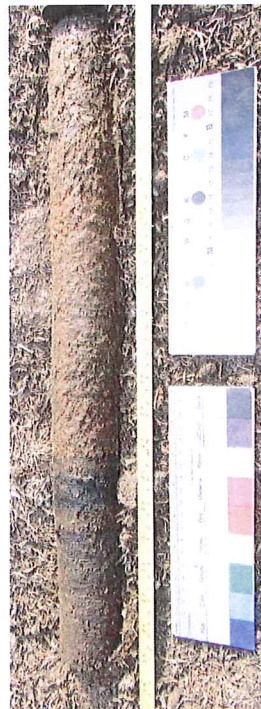
Anexo IV: Fotos usadas para el análisis (visual) de los núcleos de perforación

Deq1-M0



0-50 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



50-100 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



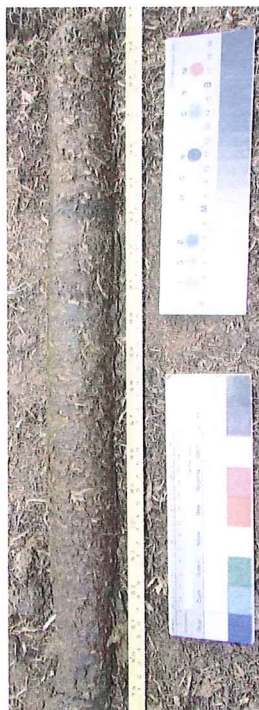
100-150 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



150-200 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



200-250 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



250-300 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



300-350 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



350-400 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



400-450 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



450-500 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

W

Ded2-MQ



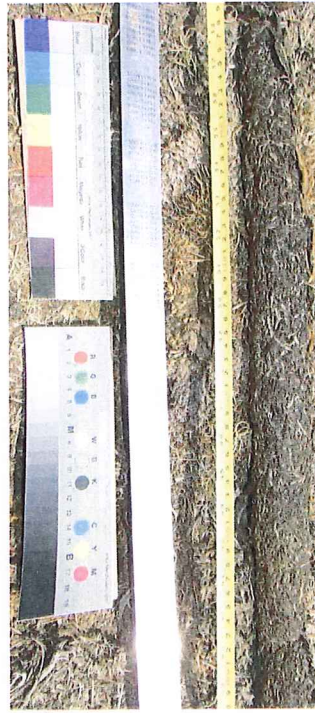
0-50 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



50-100 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



100-150 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



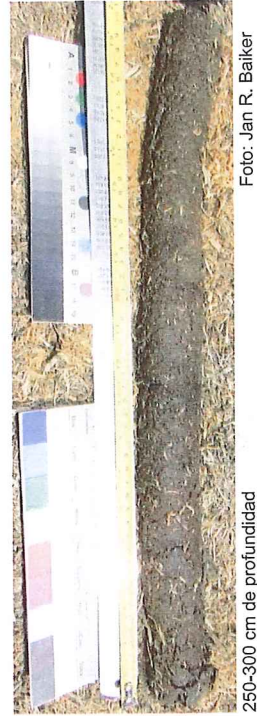
150-200 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



200-250 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



250-300 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker

300-350 cm de profundidad

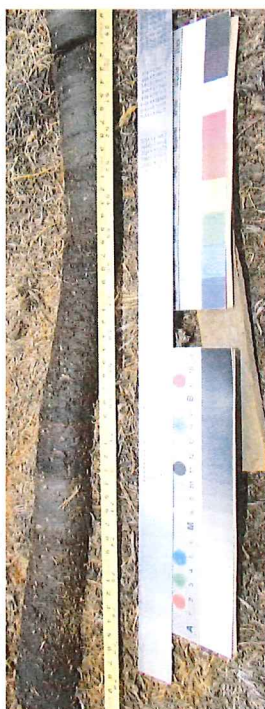
Foto: Jan R. Baiker

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



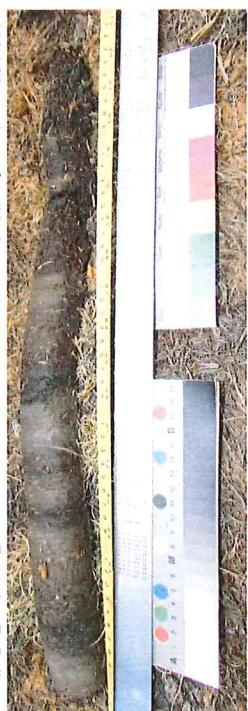
350-400 cm de profundidad

Foto: Jan R. Balke



400-450 cm de profundidad

Foto: Jan R. Balke



450-500 cm de profundidad

Foto: Jan R. Balke

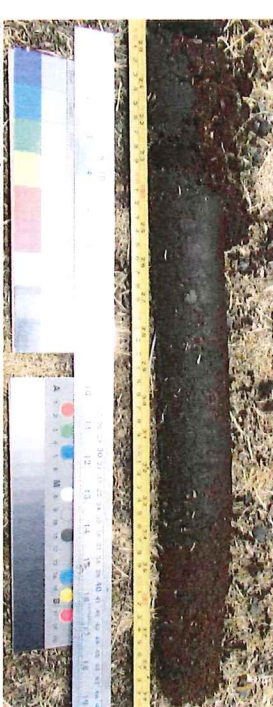


101



0-50 cm de profundidad

Foto: Jan R. Balke



50-100 cm de profundidad

Foto: Jan R. Balke



100-150 cm de profundidad

Foto: Jan R. Balke

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

T02



Foto: Jan R. Balcer

150-200 cm de profundidad



W

WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445



Foto: Jan R. Balcer

0-50 cm de profundidad

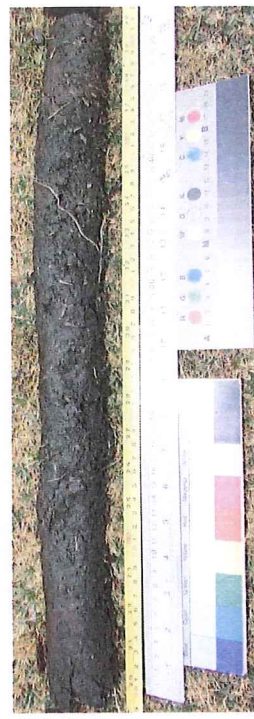


Foto: Jan R. Balcer

50-100 cm de profundidad

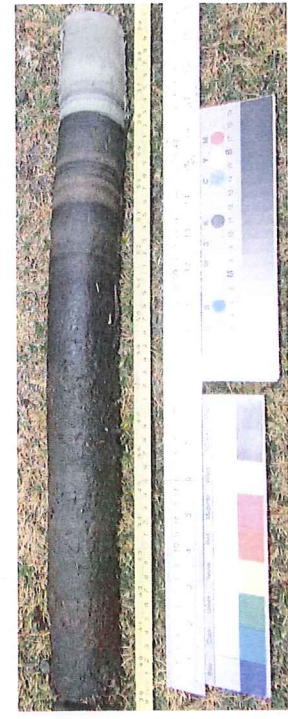


Foto: Jan R. Balcer

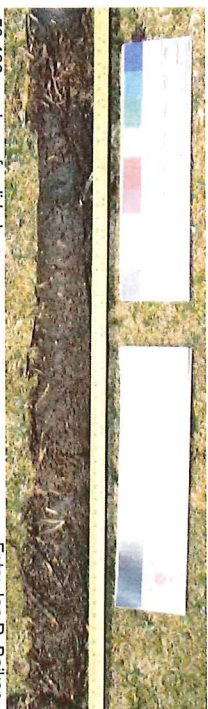
100-150 cm de profundidad

I03



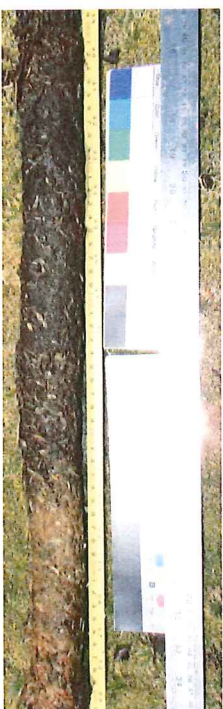
0-50 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



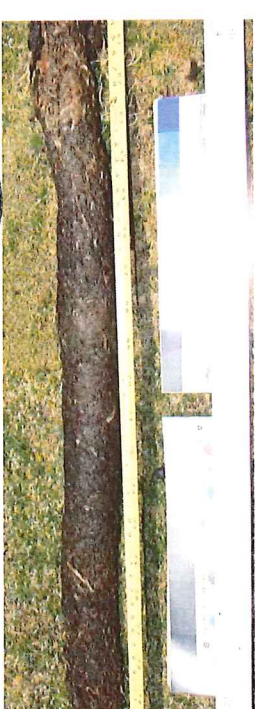
50-100 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



100-150 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



150-200 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker

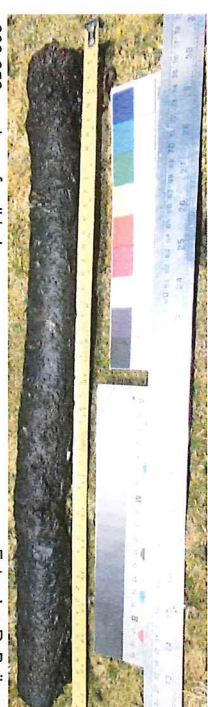


Observación: fotos de núcleo 200-250 cm faltan!



250-300 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



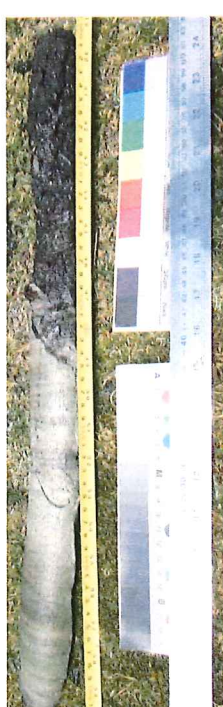
300-350 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



350-400 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



400-450 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker

W

Infiltr. 6



Foto: Jan R. Baiker

0-50 cm de profundidad



Foto: Jan R. Baiker

50-100 cm de profundidad



Foto: Jan R. Baiker

100-150 cm de profundidad



WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

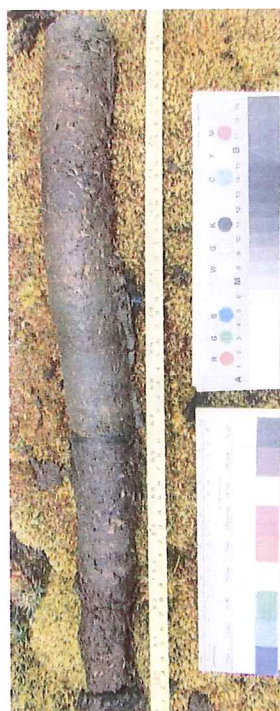


Foto: Jan R. Baiker

150-200 cm de profundidad



Foto: Jan R. Baiker

200-250 cm de profundidad



Foto: Jan R. Baiker

250-300 cm de profundidad



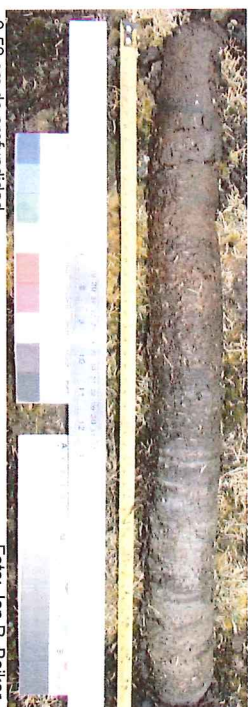
300-350 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

M1



0-50 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



50-100 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



150-200 cm de profundidad

Foto: Jan R. Baiker



Foto: Jan R. Baiker

200-250 cm de profundidad

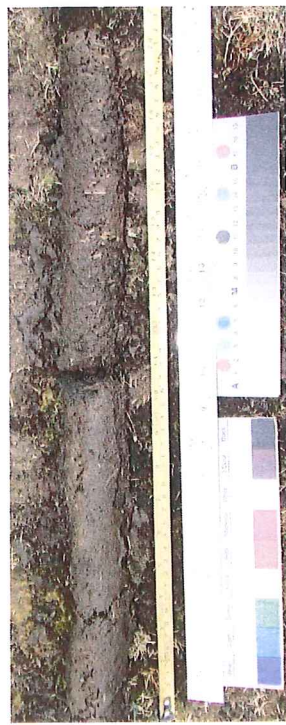


Foto: Jan R. Baiker

300-350 cm de profundidad

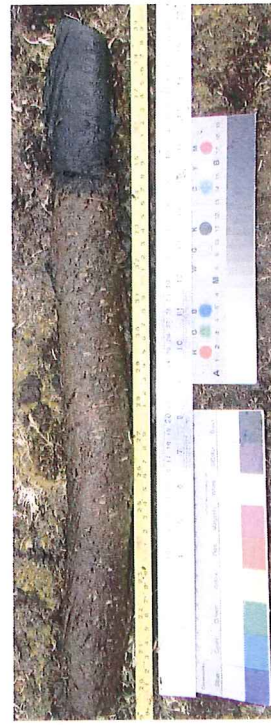


Foto: Jan R. Baiker

350-400 cm de profundidad



W
WALTER
MOLINA PERALTA
F - 14445

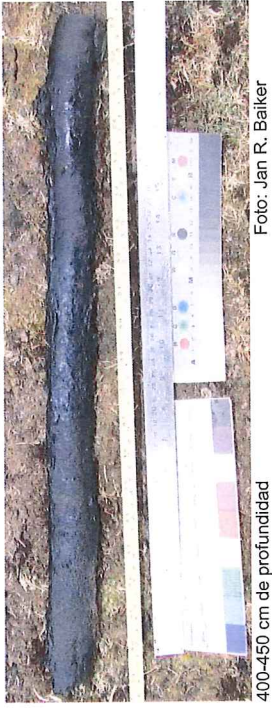


Foto: Jan R. Baiker

400-450 cm de profundidad

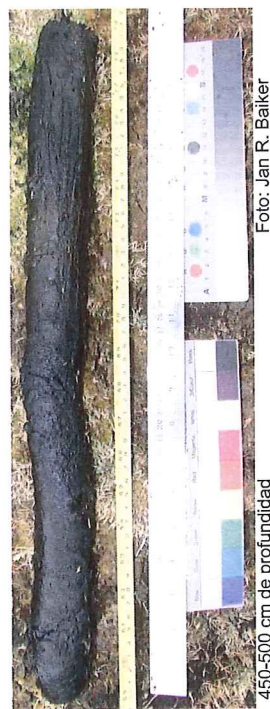


Foto: Jan R. Baiker

450-500 cm de profundidad