

**INFORME FINAL
PROYECTO:
“FERTILIZACION MINERAL”
PROVINCIA DE MENDOZA
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**



Agosto 2.012

Experta y coordinadora: **Dra. Mariana Raviolo**
Especialistas: **Ing. Roxana Zanfagnini, Ing. Rodrigo López**
Colaboradores: **Ing. Germán Luque, Ing. Juan Pablo Daruich**
Control del Estado: **Lic. Juan Fallet**

ÍNDICE

	PAG.
INTRODUCCION -----	4
ANTECEDENTES -----	5
FERTILIZANTES -----	5
IMPORTANCIA DE LOS MINERALES EN LA AGRICULTURA-----	6
AVANCES DEL PROYECTO -----	7
RECONOCIMIENTO Y MUESTREO DE ROCAS Y MINERALES-----	7
ANÁLISIS DE LABORATORIO -----	8
ENSAYOS DE CAMPO-----	8
RELACIONES INSTITUCIONALES-----	8
MANEJO HÍDRICO-----	9
DIFUSIÓN DEL PROYECTO-----	11
RECURSOS MINERALES EN MENDOZA -----	11
CARACTERIZACION QUIMICA DE LAS MUESTRAS-----	22
SÍNTESIS -----	22
MUESTRAS -----	23
ETAPAS DE LOS ENSAYOS -----	24
CUADRO DE RESULTADOS-----	26
ANÁLISIS DE DATOS-----	28
Clasificación según solutos principales-----	28
Clasificación según solubilidad-----	31
Solubilidad de las muestras con respecto a cada componente--	36
Aporte teórico de 100 kg de muestra-----	39
Ph y conductividad eléctrica-----	40
CONCLUSIONES-----	42
PROPUESTA -----	43
ENSAYOS DE CAMPO-----	45
1-FINCA 'AMPUERO', San Carlos, tomate-----	45
2-FINCA 'LOS HORNILLOS', Malargüe, alfalfa-----	60
3-'ESTACION EXPERIMENTAL INTA, La Consulta', ajo-----	65
CONCLUSIONES GENERALES-----	68
BIBLIOGRAFIA-----	69

ANEXOS:

-ANTECEDENTES

-DIFUSION DEL PROYECTO

-FOTOGRAFIAS DE LABORATORIO

-FOTOGRAFIAS DE CAMPO

-PLANILLAS ANALISIS QUIMICOS

-ACTA ACUERDO MALARGÜE

-ACTA ACUERDO IRRIGACION



INTRODUCCIÓN

El presente informe resume las actividades y conclusiones principales de 6 meses de intenso trabajo.

Luego de esta sintética introducción, se resumen los antecedentes principales y los avances del proyecto, es decir, todo lo actuado en tareas de campo, ya sea referido a la localización y muestreo de rocas y minerales con potencial para el proyecto, como los ensayos en los cultivos. Además, la relación con diferentes instituciones y con los productores mineros y agrícolas.

Otra sección corresponde a una síntesis de los recursos minerales posibles de analizar que se encuentran en la provincia de Mendoza.

A continuación, se describe lo realizado en el laboratorio con el análisis de la totalidad de las muestras sugeridas y las conclusiones parciales obtenidas. En este apartado se dan a conocer las propuestas que serían fundamentales de continuar este proyecto en una segunda etapa.

Posteriormente, se incluyen los ensayos de campo, se interpretan los estudios realizados al suelo, pre y post ensayo. También se describen los resultados de la producción de tomate y los avances parciales en aquellos ensayos que aun no se terminan. Es nuestra intención agregar en forma de Anexo, dentro de unos meses, los resultados de los ensayos que faltan, por los tiempos de desarrollo de los cultivos no poseemos aun la conclusión del ensayo en ajo y alfalfa, cuya cosecha será a fin de año, aproximadamente.

Por último, pero muy importante, se adjuntan varios Anexos que contienen: material sobre antecedentes, la difusión del proyecto, Fotografías de campo y de laboratorio, las planillas con los análisis químicos, el Acta Acuerdo firmado en Malargüe y el Acta de Constitución del Consejo Consultivo Científico y Técnico que da pie al convenio marco entre la Dirección General de Irrigación y representantes de este equipo.

ANTECEDENTES

FERTILIZANTES

Se denomina fertilizante a toda sustancia o mezcla de sustancias que se incorporan al suelo o al cultivo para promover o estimular su crecimiento, aumentar su productividad y mejorar su calidad. Los fertilizantes se dividen en abonos y enmiendas, entendiéndose por abonos a las sustancias que se aplican al suelo o cultivos con el fin de enriquecerlos en elementos químicos activos, mientras que enmiendas son aquellas sustancias que mejoran las propiedades físicas o propiedades físico-químicas del suelo.

Los nutrientes que necesitan las plantas para vivir y desarrollarse los obtienen a partir del aire o del suelo. El dióxido de carbono, aporta más del 50 % de los componentes que necesitan las estructuras de las plantas. Los vegetales son capaces de absorber el dióxido de carbono del aire y pese a que la mayor parte del dióxido de carbono proviene de la atmósfera, otra parte es absorbida del agua del suelo, e ingresa a través de sus raíces. En el caso de nutrientes inorgánicos o minerales esenciales para las plantas son tomados a través del suelo. El contenido de nutrientes en la composición de las plantas es en general menor del 5 % de su peso. En la mayoría de las áreas cultivadas, la nutrición de minerales es inadecuada, por lo tanto hay que suplementarla con fertilizantes.

Uno de los puntos de mayor significación es que no todos los nutrientes se pueden aplicar en forma directa ya que en muchos casos necesitan un procesamiento o tratamiento antes de ser utilizados.

Los elementos nutrientes pueden dividirse en cuatro categorías fundamentales:

- Macronutrientes naturales: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno.
- Macronutrientes primarios: Nitrógeno, Fósforo y Potasio.
- Macronutrientes secundarios: Calcio, Magnesio y Azufre.
- Micronutrientes: Boro, Cloro, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno y Zinc.

Los suelos de nuestro país son, en su mayoría, de buena fertilidad. Sin embargo la utilización de materiales de mayor potencial de rendimiento, la incorporación de nuevas tecnologías, algunos manejos productivos inapropiados, la

no reposición de los nutrientes en relación a la extracción, entre otros, son responsables de que estos suelos vayan perdiendo su alta fertilidad natural, limitando así los rendimientos, ya que los nutrientes se encuentran en cantidades no suficientes para el crecimiento y el desarrollo de los cultivos.

El consumo de fertilizantes viene aumentando desde los años '90, pero esto no siempre va acompañado de métodos de diagnóstico. En una gran mayoría de situaciones, se fertiliza en base a lo que se utiliza en la zona, según lo que se lee en alguna revista técnica, según recomendaciones que pueden haberse hecho para situaciones diferentes a las de nuestro campo o lote, sin saber con precisión que dotación de nutrientes tenemos en nuestro suelo. No se fertiliza como resultado de la utilización de herramientas tecnológicas. De esta forma, muchas veces, se fertiliza con dosis mayores a las requeridas por ese cultivo en esa zona, en ese suelo, en determinada época, para un rendimiento esperado, perjudicándonos en lo económico y en lo ambiental, ya que el exceso de fertilizante provoca contaminación ambiental; y otras veces no llegan a cubrirse los requerimientos de los cultivos. Por lo tanto, un programa racional de fertilización debe encararse conociendo el nivel de nutrientes presentes en el suelo (fertilidad química) a través un análisis de suelo y, por otro lado se deben conocer los requerimientos de los cultivos.

IMPORTANCIA DE LOS MINERALES EN LA AGRICULTURA

Es importante destacar que es posible revertir el delicado proceso de degradación y contaminación de los suelos por otro de **recuperación** de los mismos para responder a las demandas actuales y futuras. Siempre partiendo de defender lo que es estratégico y principal: **el suelo**.

Respecto a esto último, la minería tiene un papel fundamental en lo referido a la producción de 'fertilizantes' naturales que, tanto en Argentina como el resto del mundo, va en aumento sostenido por la necesidad de una producción de alimentos sanos y ambientalmente sustentables. Estudiar la vinculación de la minería con este tipo de producciones es uno de los desafíos a futuro.

Las sustancias minerales de aplicación agrícola pueden encontrarse en depósitos geológicos de origen ígneo, sedimentario o metamórfico.

Con cada cosecha el campo pierde minerales esenciales que es necesario reponer para asegurar la conservación y la aptitud productiva del suelo agrícola. Por ejemplo, si el caso es neutralizar la alcalinidad del suelo controlando la sodificación del mismo, el producto mineral necesario está basado en el azufre y el calcio, presente normalmente en forma de Sulfato de Calcio bi-hidratado (yeso), el cual tiene a su vez una función fertilizante en sus propios componentes. Cuando el problema resulta ser la acidificación del suelo, el producto natural corrector es el carbonato de calcio o de calcio y magnesio (caliza o dolomía), que corrigen la acidez natural o la provocada por el uso de fertilizantes, contribuyendo también, en el caso del magnesio, a la fijación del nitrógeno y como nutriente, ya que este elemento es componente de la clorofila e interviene activamente en el metabolismo de las plantas.

AVANCES DEL PROYECTO

Las actividades propuestas y llevadas a cabo durante la realización del proyecto son:

1) Reconocimiento y muestreo de las rocas y minerales para los ensayos. Relación con productores mineros.

Se obtuvieron muestras de rocas y minerales en afloramientos ubicados en los Departamentos de: Luján de Cuyo, San Carlos y Malargüe, para lo cual contamos con la importante colaboración de la Dirección de Minería. Se realizaron tareas de campaña dirigidas a muestrear materiales con potencial para ser usados en los ensayos. Se tomaron muestras de roca, en cantidades suficientes que permitan molerlas y ser aplicadas al suelo luego de los respectivos análisis químicos.

Los productores mineros con los que se trabajó fueron cuatro, proveyendo: rocas piroclásticas (ceniza volcánica y granulado volcánico), turba, yeso y carbonato de calcio y magnesio (dolomías).

2) Realización de los análisis de laboratorio de las rocas y minerales propuestos, así como su interpretación y conclusiones.

Se concluyó el listado de rocas y minerales propuestos. El objetivo principal fue determinar, calificar y cuantificar, en una primera aproximación, la disponibilidad de elementos útiles para los cultivos. En este sentido los resultados fueron muy alentadores como se verá en el apartado correspondiente.

3) Diagramación y puesta en marcha de los ensayos de campo, determinación del tipo de cultivo y zona a evaluar. Relación con productores agrícolas. Realización de los estudios de suelo en las zonas de ensayo pre y post aplicación de las enmiendas minerales, análisis e interpretación de los resultados y de los datos de producción obtenidos de la cosecha del tomate. Conclusiones.

Los dos Departamentos elegidos fueron San Carlos y Malargüe, en los cuales los productores se pusieron a disposición nuestra para llevar adelante las experiencias piloto en cultivos de tomate y forraje (alfalfa) con productores privados, y con INTA la experiencia de ajos. Más adelante, las conclusiones de los ensayos y la interpretación de los análisis efectuados.

4) Relaciones con Instituciones vinculadas al proyecto. Convenios y acuerdos de trabajo.

Se acordó con **INTA** experimentar en cultivos de ajo con el agregado de **turba**, materia orgánica muy preciada en la zona dado que sus valores son muy bajos. Si bien los yacimientos son acotados, Mendoza cuenta con ellos para resolver las necesidades de este material en los suelos. Este ensayo se inició a mediados de abril en la Estación Experimental La Consulta, ubicada en una región central de Mendoza conocida como Valle de Uco.

Con la llegada de las nuevas autoridades a la **Dirección de Minería (Mendoza)** se fortaleció la relación entre las dos partes, con lo cual los acuerdos, ya establecidos con anterioridad, se profundizaron. Por ejemplo para el trabajo de campo, la asistencia en laboratorio, etc. Teniendo en cuenta que Mendoza tiene un importante sector social antiminerero, es la intención de nuestro equipo de trabajo,

empezar a mejorar la imagen deformada que actualmente tiene, injustamente, el sector minero en general.

En cuanto al **Consejo Asesor Minero del Departamento de Malargüe**, la relación laboral tiene una relativa larga data y se han concretado experiencias y acuerdos importantes. En esta oportunidad se definieron pautas de mucho interés para nuestro Proyecto ya que se acuerda continuar con los trabajos referidos a agrominería e incorporar nuestra participación en el Proyecto de Bosques Modelos. (Ver Anexo)

Con el **Departamento General de Irrigación** se iniciaron las relaciones participando del Acta de Constitución del Consejo Consultivo Científico y Técnico, que se llevó a cabo en las instalaciones de dicha institución. Entre las amplias pautas acordadas figura la de “Implementar acciones conjuntas para la realización de estudios e investigaciones en el marco del Plan Estratégico de Desarrollo de la Provincia”. (Ver Anexo)

5) Manejo hídrico. Generalidades, Avances y Sugerencias

Sobre este punto se van a desarrollar tres aspectos: **a)** las generalidades existentes sobre el agua y en especial sobre su uso en la producción agrícola, **b)** los avances logrados en esta etapa y, **c)** propuestas.

Sobre el punto **a)**, es importante conocer la cantidad de agua disponible en una región como Mendoza, con el fin de analizar a posteriori las distintas opciones para optimizar su uso. En este sentido, se ha logrado conocer que aproximadamente el 10% del agua aprovechable es superficial y el resto subterránea, dato muy importante al momento de definir la política hídrica provincial y su manejo.

Por ello es importante el acuerdo logrado con el **Departamento General de Irrigación** con el fin de establecer las mejores medidas tendientes a un manejo hídrico racional.

Si partimos de la base que es un recurso finito, vulnerable e imprescindible para la vida, el desarrollo y el ambiente, es de concluir que también lo es para el aumento del área cultivable, por lo que hay que tener en cuenta los factores que pasamos a enumerar:

-primero, es un recurso escaso en el oeste argentino; **-segundo**, la existencia de un desequilibrio climático actual (menos nieve, menos agua); **-tercero**,

la variabilidad composicional de nuestras aguas que implica extremar su conocimiento; **-cuarto**, su interrelación con los suelos y de allí su capacidad para mantenerse en su estructura, a disposición de los cultivos o bien, percolar hacia niveles inferiores y, **quinto**, el manejo del agua implica tener en cuenta que también erosiona, por lo que se deben contemplar la instalación o construcción de obras para su regulación. La erosión tiene en Mendoza distintas formas de presentarse, según de que zona o región se trate y distintas consecuencias. En las planicies pedemontanas, por ejemplo, el efecto erosivo de la lluvia se potencia con la pendiente, eliminando importantes cantidades de nutrientes de los suelos y afectando su estructura física.

b) Avances

El manejo y distribución del agua, en los cultivos con los que se realizaron los ensayos, fueron los tradicionales, como se explicarán a continuación.

1) Para el riego en el ensayo de tomates se aplicó agua subterránea, mediante pozo de riego, previa acumulación superficial. Esta agua es de muy buena calidad y se regó mediante surcos. En este caso particular no habría problemas en cuanto al manejo del recurso dado que los suelos no tienen, por su textura franco-arenosa, grandes posibilidades de percolar, más allá de lo naturalmente aceptable.

Hay que tener en cuenta, en un estudio posterior, la profundidad de la perforación para extraer el agua, para definir el acuífero al cuál se le está extrayendo el agua, el caudal utilizado, para definir si es el correcto y la calidad composicional del agua.

2) Para regar el ensayo en alfalfa se utilizó agua superficial y se regó a manto. Esto tiene sus dificultades dado que el nivel del terreno tiene un declive importante que hace que el agua corra a una velocidad no recomendable. Esto se solucionó poniendo una serie de obstáculos, contruidos con suelo del lugar, con el fin de mermar la velocidad e impedir la eliminación de los minerales, rocas y también semillas dispuestos en el suelo.

Otro problema a analizar en el futuro es el tipo de terreno existente que permite una percolación importante que hace aumentar el nivel freático, salinizándolo. Esto se tratará introduciendo al suelo un porcentaje adecuado de arcillas que impida dicha percolación.

Finalmente es importante mencionar que se trabajó sobre el tipo de agua a utilizar, agregando sustancias minerales para contrarrestar su salinidad.

3) Respecto a la plantación de ajos se puede mencionar que el agua utilizada proviene de las dos variantes antedichas, pozo y agua superficial, con la diferencia en que en este caso se regó por goteo. Este método es muy importante ya que optimiza el uso de la escasa agua que tiene la zona. Es una de las formas de manejo racional, pero no la única aceptable para la producción agrícola. Por ello se requiere profundizar la investigación para lograr, en cada zona y para cada tipo de cultivo, un manejo del agua científicamente aceptable.

c) Sugerencias

Teniendo en cuenta los puntos enumerados sugerimos tener en cuenta: -el examen exhaustivo de la cantidad, calidad y distribución del agua superficial, -el examen exhaustivo de la cantidad, calidad y distribución del agua subterránea, cuyas reservas, muy superiores a las superficiales, deben ser tenidas en cuenta para paliar las crisis recurrentes, -planificar la captación y acopio del agua en su escurrimiento superficial y su distribución racional y planificar la inversión pública y privada para obras de infraestructura.

El manejo del agua lleva mucho tiempo, integrar las leyes naturales con las prácticas humanas lleva tiempo y acuerdos técnicos, sociales y políticos, sin los cuales se tornan imposibles los objetivos que hemos enumerados.

6) Balance sobre la difusión del Proyecto (ver ANEXO).

El balance es positivo debido a que la temática genera mucho interés en el público general y científico. El proyecto se ha difundido en la Muestra Nacional INTA EXPONE así como en reuniones provinciales, y además, a nivel del Ministerio de Infraestructura y Energía.

RECURSOS MINERALES EN MENDOZA

Las rocas y especies minerales de importancia para uso agrícola, existentes en la provincia de Mendoza, que a continuación se mencionan, deben considerarse como recurso geológico-minero, en muchos casos se cuenta con los minerales pero

no están debidamente estudiados ni en explotación. En cada caso se agrega una estimación aproximada de las reservas.

BASALTO

El uso de la roca basáltica como remineralizador de suelos es conocido y aplicado desde larga data en algunos países europeos y más recientemente varios países de América. Esta roca se destaca por la gran variedad de elementos químicos que la componen.

La roca basáltica debe ser molida para su aplicación directa, el tamaño de partícula ideal es de 200 mallas (0,076 micrones) y el máximo admitido de 1mm. En principio, la aplicación de cualquier basalto constituye de hecho un aporte muy significativo al mejoramiento nutricional del suelo.

Los elementos químicos más importantes que aportan los basaltos son los siguientes: Calcio, Magnesio, Fósforo, Potasio, Sílice e Hierro.

El recurso de basaltos en Mendoza es de mucha importancia dada su calidad, variedad composicional, su ubicación y cantidad. Se lo encuentra en varios departamentos de la provincia: Malargüe, San Rafael, San Carlos, Las Heras, Luján de Cuyo, y Tunuyán.

Respecto a las reservas, las mismas son cuantiosas, superando ampliamente los 1.000.000.000 de toneladas, de fácil extracción, es una roca que está disponible y cuyos costos de extracción, para su aprovechamiento, son relativamente bajos.

ZEOLITAS

Incorporadas a los suelos, contribuyen por su estructura microporosa a la retención de nutrientes, como soporte y medio absorbente y de intercambio de cationes.

Se solubilizan lentamente en un medio ácido liberando los cationes Potasio ¹⁺, Calcio ²⁺ y también agua.

En Mendoza se registra un yacimiento denominado 'Mina Florinda', ubicado a 29Km al noreste de Uspallata en el puesto Agua de la Zorra. Genéticamente vinculado a la alteración de diabasas.

Este yacimiento está siendo estudiado, aun no se han obtenido conclusiones definitivas acerca de su uso en agrominería. Las reservas son importantes, alcanzando valores cercanos al 5.000.000.000 tn, suficientes para resolver las necesidades de nuestros suelos.

SILVITA (cloruro de potasio)

El potasio es uno de los nutrientes más importantes, junto con el nitrógeno y el fósforo, se incorpora a los suelos para fertilizarlos.

A este mineral lo encontramos en el extremo sur de la provincia entre las Sierras de Reyes y Chachahúen, Departamento de Malargüe, en la mina Potasio Río Colorado, formando parte del yacimiento más importante de potasio del país. Esta evaporita, de edad cretácica, aún no ha comenzado a ser explotada, pero el proyecto se encuentra en las últimas etapas. Es un proyecto de gran envergadura y de alto potencial. Las reservas estimadas en este caso (superan los 50.000.000 tn) son muy importantes, quizás no tanto para la Argentina sino para Brasil, ya que casi su totalidad será exportado a este país.

También se ha detectado Silvita en la Formación Huitrín que aflora en las canteras Ranquiles y Luncay, pero los estudios no han definido hasta el momento el potencial aprovechable. La zona es interesante dado la cercanía a la ciudad cabecera de Malargüe para que, en el caso de conclusiones positivas, puedan ser aprovechadas por los agricultores.

APATITA (fosfato de calcio)

De los muchos minerales que integran los fosfatos ésta es la más importante para el agro.

Las referencias para la provincia sólo son de interés mineralógico. Las prospecciones y exploraciones no han detectado yacimientos de importancia hasta el momento, con posibilidades de que ocurra en el marco de las enormes potencialidades geológicas existentes en Mendoza. Los estudios prospectivos y las anomalías encontradas se circunscriben a ambientes calizos del mesozoico, ubicados preponderantemente en la Cuenca Neuquina, departamento de Malargüe. En este marco es imposible determinar reservas potenciales fundadas.

FOSFORITAS

Incorporadas a los suelos aportan los nutrientes fósforo y calcio. Se solubiliza lentamente en un medio ácido liberando el catión Calcio $^{2+}$ y el anión fosfato.

Son rocas con alto contenido de fósforo que, en su mayoría, son de origen marino aunque las hay de procedencia ígnea y en escasa proporción de origen orgánico.

En la falda occidental del Cerro Cacheuta y en el arroyo Divisadero, dentro del Triásico mendocino, se encontraron unos **nódulos fosfáticos**. Son manifestaciones de escasas dimensiones, que merecen ser investigados por el desarrollo que alcanza esta Formación en el Triásico y su posible continuidad en otros ambientes.

Las consideraciones expresadas para la Apatita, en los párrafos anteriores sirven para este caso y vale, por lo tanto, lo expresado allí.

SULFATOS

Aportan a los suelos calcio y azufre. Neutralizan los suelos sódicos salinos, mejoran la asimilación del fósforo y el nitrógeno. Se solubilizan lentamente en medio ácido liberando los iones Ca^{2+} y SO_4^{2-} , permitiendo al azufre ser captado directamente como anión sulfato por las plantas.

En la larga lista que integra esta división, encontramos al **YESO**, ampliamente distribuido en el ambiente de Cordillera Principal, desde el C° Aconcagua hasta el límite con Neuquén, emplazado en las formaciones sedimentarias Auquilco del Jurásico y Huitrín del Cretácico. Las reservas son muy importantes y actualmente se lo explota intensivamente, por la creciente demanda del agro.

Otro de los sulfatos, cuya existencia se ha detectado en la provincia es una probable **EPSOMITA** (sulfato de Magnesio) encontrada en la Salina Agua del Toro, ubicada en Las Salinillas, departamento de Malargüe. Este yacimiento es una evaporita de origen continental cuyo contenido de magnesio permitiría una cosecha combinada para la extracción de los cloruros y de los sulfatos. Es una salina de pequeñas dimensiones, pero que se renueva anualmente.

En cuanto a las reservas de los sulfatos descriptos, son muy importantes, superan ampliamente los 2.000.000.000 tn, es decir, cubren sin problemas los distintos requerimientos, entre ellos los agrícolas, por siglos.

La ubicación de los yacimientos, principalmente, están en los departamentos de Las Heras, Luján de Cuyo, San Rafael y Malargüe.

ROCAS CALCAREAS

La **CALIZA** y la **DOLOMÍA** son las rocas calcáreas más importantes. Están compuestas, principalmente por carbonato de calcio y por carbonato de calcio y magnesio, respectivamente. Son rocas sedimentarias en las que pueden presentarse otros muchos minerales, aparte de los carbonatos. Si los sedimentos calcáreos están compuestos casi exclusivamente por carbonato de Magnesio, la roca se denomina **MAGNESITA**.

Las manifestaciones de **caliza** son muy importantes en la provincia, se ubican a unos 15 Km al norte de Mendoza, en el Cerro de la Cal, Cerro Pelado y en el Cerro Blanco. Son calizas Ordovícicas de la Formación San Juan, con alto contenido en carbonato de calcio. Son explotadas para la industria cementera. Son depósitos extensos y con importantes reservas.

En el Noroeste de la provincia se encuentran enormes depósitos de calizas del Mesozoico, ubicadas en la zona de Puente del Inca.

Otras manifestaciones se encuentran en la zona de Las Aucas, al norte de El Sosneado y en las cercanías de Malargüe, con explotaciones menos importantes.

En el ambiente de Precordillera y de Cordillera Principal se emplazan formaciones calcáreas de grandes dimensiones e importantísimas reservas como las contabilizadas para las calizas Mesozoicas de Bardas Blancas.

Las **magnesitas** se encuentran formando parte de los cuerpos carbonáticos que acompañan a las manifestaciones de rocas ultrabásicas en las áreas de Cortaderas, Bonilla y Tupungato. Si bien en las dos primeras áreas, su presencia no reviste importancia económica en el área de Tupungato, en las primeras estribaciones de la Cordillera Frontal a unos 40Km al oeste de la villa cabecera del departamento, se alojan unos cuerpos magnesíferos. Son unos 12 cuerpos de escasas dimensiones y disímiles porcentajes y composiciones, que aunque no constituyen depósitos explotables por el momento, alertan sobre la presencia y posible potencial de esta manifestación.

Otros integrantes del gran grupo de las rocas calcáreas, son el **MÁRMOL ONIX** y el **TRAVERTINO**, rocas carbonáticas compuestas por carbonatos de calcio y

originadas por la precipitación de aguas bicarbonatadas de vertientes de aguas termales. Las manifestaciones de **Ónix** se ubican al oeste de la localidad de 25 de Mayo, en el Departamento de San Rafael. Si bien no son verdaderos mármoles, son rocas calcáreas bien diagenizadas, con escasa o nula porosidad y de mayor dureza que las calizas. El **Travertino**, genéticamente similar, pero con una estructura abierta con oquedades originadas en burbujas y en la descomposición de materia orgánica. Hay manifestaciones importantes en el Departamento de San Rafael y algunas menores en Malargüe. Puede alcanzar resultados importantes toda la investigación que se está realizando vinculada a su utilización en el agro.

Respecto a las reservas de rocas carbonáticas no se incluirán a todas las mencionadas sino específicamente a las calizas, con las cuales se cubren las necesidades de todo tipo, tanto para el mercado nacional como para la exportación. Surge con claridad las enormes existencias de este mineral industrial, superando largamente las 10.000.000.000 tn, localizadas en los departamentos ya mencionados.

OFICALCITAS

En zonas de alteración hidrotermal de rocas ultrabásicas encontramos este tipo de rocas compuestas principalmente por silicatos, carbonatos y calcita en individuos granulares implantados en una matriz de serpentina derivados de minerales ultramáficos. Son rocas metamórficas, alteradas, que tienen buenos porcentajes de magnesio y otros como cobre, hierro, zinc, etc. Este recurso mineral tiene buenos emplazamientos, reservas y ubicación.

La ubicación de estas rocas está circunscripta, básicamente, en tres departamentos: Las Heras, Tunuyán y Tupungato, cuyos accesos hacen de la extracción una tarea relativamente sencilla.

Con respecto a sus reservas, los trabajos realizados y los antecedentes, de años de trabajo, las ubican dentro de las 5.000.000.000 de toneladas, suficientes para todo tipo de requerimientos por siglos.

BENTONITA

Son arcillas de grano muy fino (coloidal) del tipo de montmorillonita, el tipo más común es de composición cálcica. La sódica se hincha cuando toma contacto con el agua. El hierro que contiene siempre le da color, aunque existe también una bentonita blanca. Las posibles aplicaciones de las bentonitas son tan numerosas que es casi imposible citarlas todas. Además de los campos de aplicación industrial, las bentonitas se utilizan: en la industria de detergentes, para la fabricación de pinturas, grasas, lubricantes, plásticos, cosméticos, etc. En la agricultura se usa para mejorar las propiedades de suelos arenosos o ácidos. Así mismo se utilizan esmectitas sódicas para recubrir ciertos tipos de semillas, de forma que su tamaño aumente, y resulte más fácil su distribución mecánica, a la vez que se mejora la germinación. Las bentonitas y arcillas relacionadas encuentran una amplia gama de usos agrícolas incluyendo formulaciones de fertilizantes, aerosoles nutritivos, polvos y gránulos, pesticidas veterinarios, fórmulas peletizadas, acondicionadores sólidos, cobertura de semillas, adhesamiento de césped, aditivos de nutrición y procesamiento de alimentos.

Se debe tener en cuenta que las bentonitas son impermeabilizantes y pueden obstaculizar el drenaje natural de los suelos y con ello el transporte de nutrientes en solución a las raíces. En general las bentonitas no mejoran la estructura física del suelo vegetal y los suelos arcillosos deben ser tratados con enmiendas cálcicas, sobre todo si el catión de intercambio de la arcilla es sodio.

Los yacimientos principales se hallan ubicados en los siguientes departamentos: Las Heras, Luján de Cuyo y San Rafael, y, en menores cantidades en otros departamentos como Malargüe.

Las reservas son importantes pero, proporcionalmente, menores a los grandes yacimientos como por ejemplo los de Yeso o Caliza. Aún así podemos consignar que se puede extraer una cantidad aproximada a las 3.000.000 tn, suficientes para resolver las necesidades de los suelos agrícolas.

TURBA

Depósitos sedimentarios que se originan por la descomposición incompleta de restos vegetales que se depositan en aguas someras. Son mezclas de material clástico fino con elevado porcentaje de materia orgánica vegetal.

Aplicada en los suelos, actúa como sustrato para alojar bacterias fijadoras de nitrógeno y mantiene una alta porosidad en el suelo y un alto grado de humedad.

En Mendoza encontramos acumulaciones de turba moderna en la zona de los arroyos Yaucha y Papagayos, que yacen en las vegas y lagunas someras que interrumpen sus corrientes de agua. Si bien la mayoría de los depósitos se localizan en el Departamento de San Carlos hay otros depósitos de menor importancia en Tunuyán y Malargüe.

Las reservas son importantes, pero menores a las necesidades provinciales y nacionales dada su importancia. En este marco estamos en condiciones de aseverar que el recurso existente supera las 10.000.000 tn.

ROCAS PIROCLÁSTICAS

Los principales yacimientos de estos materiales se ubican en el Departamento de San Carlos, Distrito Pareditas, se han originado por acumulación del material piroclástico emanado de la actividad volcánica de naturaleza riolítica y basáltica, de edad Cuaternaria.

Se consideran dentro de este grupo las rocas denominadas en la actividad minero - industrial como: ceniza, granulado volcánico y piedra pómez principalmente. Su principal componente es la sílice en estado amorfo (vidrio volcánico) y sus aplicaciones principales han sido, por su bajo peso y propiedades aislantes termoacústicas, previa molienda, en materiales de la construcción; y, por su superficie específica, previa molienda y tratamiento térmico, como sustancia filtrante.

El granulado volcánico natural o expandido se espera tenga un promisorio futuro en aplicaciones en el agro, usándolo para la fertilidad física y, por su desequilibrio iónico, como vehículo para incorporar en los suelos distintos tipos de nutrientes.

Las reservas son muy grandes, superando con amplitud las 15.000.000.000 tn.

AZUFRE

Es utilizado por las plantas para la formación de aminoácidos. Los cultivos de colza, requieren más de 50Kg. de azufre por hectárea/año.

La manifestación más conocida de la provincia se encuentra en la Mina Volcán Overo, a 80Km al norte de la localidad de El Sosneado. Se encuentra inactiva desde el año 1980. Se cubicaron grandes reservas y se calcula que unas dos terceras partes de ellas aún no fueron explotadas.

Otras manifestaciones, de origen biogénico producidas por la acción de microorganismos a partir del yeso, se descubrieron en la Formación Huitrín, en la Loma del Petiso, al sureste de Bardas Blancas, departamento de Malargüe. Son yacimientos de gran importancia geológica. Otra manifestación, que podría tener la misma génesis, es la de Mina Andalucía, ubicada a 10 Km. al noroeste de Malargüe. Las reservas son importantes, en el orden de las 2.000.000 tn.

HIERRO

Yacimientos con minerales ricos en este elemento (principalmente magnetita) se ubican al noroeste del Departamento de Malargüe, siendo la más conocida la mina 'Hierro Indio'. En general el contenido en óxido de hierro de los yacimientos no supera el 40%, cubriendo satisfactoriamente los requerimientos de los suelos en producción de Mendoza y Argentina, sumado a la presencia de especies minerales con fósforo y azufre.

Otros yacimientos se encuentran en San Rafael, con valores en óxido de hierro entre el 20 al 30%, utilizables también en los suelos.

Las reservas de todos estos yacimientos, como recurso, están en el orden de 1.000.000 tn.

MANGANESO

Existen yacimientos con mineralizaciones de manganeso que han tenido un buen nivel de explotación entre las décadas de 1950 –70, como las Minas Santa Cruz y Ethel, entre otras, ubicadas en la zona de C° El Nevado, Malargüe. Existen otros depósitos de óxidos de manganeso en proximidades del C° La Brea, al norte de la villa El Sosneado, y denuncios en el Departamento de San Carlos y al Sur-Oeste de Malargüe. Al igual que en el caso de los minerales de hierro, las

cantidades existentes cubren perfectamente las requeridas por la producción agrícola-ganadera.

Sus reservas están en el orden de las 500.000 tn.

MINERALES COMPLEJOS (Zn, Cu, Mo)

Los tres elementos mencionados son considerados dentro del grupo de micronutrientes. Las especies minerales que los contienen difícilmente se encuentren conformando yacimientos independientes unas de otras, y en la mayoría de los casos se presentan acompañados por otros minerales que contienen elementos tales como arsénico y plomo, lo que dificulta la utilización en el agro sin la previa eliminación de ellos.

Un caso de mineralización polimetálica como la mencionada, es la existente en las márgenes del río Diamante (inmediatamente aguas arriba de la cola de embalse de Los Reyunos) en la que se encuentra la mina 'Las Picazas', que tuvo algunos periodos de explotación, pero con dificultades debido a la presencia del arsénico. No obstante, hay una importante cantidad de áreas en la región que se encuentran en etapa de exploración por minerales de cobre, principalmente. Otro yacimiento importante de estos polimetálicos se halla en el Departamento de Las Heras, denominado Grupo Paramillos de Uspallata, lugar de donde se extrajeron las muestras para los análisis en laboratorio.

Sus reservas son importantes si se incluyen los innumerables yacimientos y minas registradas que poseen entre un mineral o varios, dependiendo del tipo de asociaciones mineralógicas involucradas. Hay que tener en cuenta que se utilizan cantidades menores para resolver las necesidades de los suelos destinados a la agricultura. El recurso, por lo tanto, está estimado en 1.500.000 tn, aproximadamente.

Listado de minerales analizados en este proyecto

- ✓ **TURBA**
- ✓ **BENTONITA**
- ✓ **YESO**
- ✓ **DOLOMITA o DOLOMIA**

- ✓ CALIZA
- ✓ OFICALCITA - SERPENTINA
- ✓ CENIZA VOLCÁNICA
- ✓ GRANULADO VOLCÁNICO
- ✓ ZEOLITAS
- ✓ MINERALES COMPLEJOS – OLIGOELEMENTOS (Zn, Cu, Fe)
- ✓ BASALTO

Listado de productores mineros consultados durante el proyecto

El siguiente listado corresponde a productores de minerales industriales, parte de los cuales producen con destino al agro argentino.

DURLOK S.A., yeso	MALARGÚE – MENDOZA
PESCIO S.A., yeso	MALARGÚE - MENDOZA
MOLINOS SANTECHIA, dolomita, yeso	LAS HERAS – MENDOZA
ING. ROBERTO MARIN, yeso y caliza	SAN RAFAEL – MENDOZA
CLARIFICANTE HERNANDEZ, bentonita	CIUDAD DE MENDOZA
STOCCO ALFREDO, bentonita	LUJAN DE CUYO –MENDOZA

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS MUESTRAS

SINTESIS

La remineralización de suelos con minerales o rocas de reducido tamaño de grano aporta distintas sustancias solubles al suelo. Con el agua de riego, los componentes solubles de la enmienda son transportados y distribuidos en el suelo. El grado de solubilidad de las enmiendas y su composición son datos que se deben analizar.

El fin de este informe es procesar los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras de rocas y minerales de diferente composición, génesis y localización.

Se investigó:

a) **Composición** de los elementos principales y elementos menores presentes en cada muestra. Se determinó como elementos principales hierro, aluminio, calcio, magnesio, fósforo, potasio, sodio, silicio (En % en peso de sus óxidos) y como elementos menores se investigaron: cobre, cinc, manganeso, molibdeno, níquel, hierro, cromo, cobalto, plata, plomo, cadmio (En ppm total).

b) Análisis de **solubilidad en agua** de las muestras en condiciones controladas. Se analizó pH, Conductividad eléctrica y composición de soluciones acuosas 1:5 (20%) obtenidas de homogeneizar, agitar, decantar y filtrar una suspensión de 20g de muestra molida y 100 ml de agua destilada en esa proporción y a temperatura ambiente (la solubilidad aumenta con la temperatura para la mayoría de los casos en solución acuosa).

En este informe se analizarán principalmente los datos obtenidos del punto b para seleccionar 13 de las 23 muestras propuestas como las que producen soluciones más ricas en elementos nutrientes deseados, algunas de las cuales ya son usadas con este fin, ejemplo: yeso. Se recomienda finalmente variar las condiciones de ensayo para conocer más el comportamiento de estas muestras y aproximarse mejor a una dosificación racional de ciertos minerales al suelo en forma de mezclas preparadas para cada necesidad, con el fin de ganar en economía, eficiencia y sustentabilidad en las prácticas de remineralización de suelos pobres en estos nutrientes.

MUESTRAS

Se estudiaron muestras de minerales y rocas procedentes de diferentes lugares Mendoza. Es importante tener en cuenta que cuando se hace referencia a algún tipo de roca o mineral se está hablando de las *muestras particulares* que hemos tomado y no en *general* de todas las rocas que responden a esa clasificación. **Es decir, si se habla de basalto, es de la muestra analizada, no de todos los basaltos en general.**

1) Oficalcitas

Se analizaron cuatro muestras.

muestra: 0436; 0442; 0443; 0444

Procedencia: Uspallata, Las Heras. Mendoza

2) Serpentina

muestra: 0437

Procedencia: Uspallata. Las Heras. Mendoza

3) Basalto

muestra sin #

Procedencia: Malargüe. Mendoza

4) Piroclásticas

muestras sin #

Se analizaron las siguientes variedades:

Granulado volcánico fino

Granulado volcánico grueso

Ceniza volcánica

Piedra pómez

Arena volcánica

Procedencia: Pareditas. San Carlos. Mendoza

5) Polimetálicas

Se analizaron dos muestras.

muestra: 08510; 08511

Procedencia: Paramillos. Uspallata. Mendoza

6) Zeolitas

Se analizaron tres muestras.

muestra: 08512; 08513; 08514

Procedencia: Paramillos. Uspallata. Mendoza

7) Bentonita

muestra: 08522

Procedencia: Luján de Cuyo. Mendoza

8) Caliza

muestra: 08520

Procedencia: Malargüe. Mendoza

9) Yeso

muestra: 08521

Procedencia: Malargüe. Mendoza

10) Dolomía

muestra: 08523

Procedencia: Sur de Mendoza

11) Turba

muestra sin #

Procedencia: Pareditas. San Carlos. Mendoza

12) Arenisca

muestra sin #

Procedencia: Malargüe, Mendoza

ETAPAS DE LOS ENSAYOS

1-Reducción de tamaño (mazazo, mandíbula o bolas) y cuarteo según especificaciones de cada muestra

2- Preparación de la muestra destinada a ataque ácido

2-1- Porfirizado

2-2- Tamizado malla 200

2-3- Ataque ácido para solubilizar la mayor parte de la muestra

3-Preparación de la muestra destinada a solución acuosa

3-1-Pesada de la muestra

3-2-Agregado de agua destilada en proporción 1:5

3-3-Agitación con agitador magnético 30'

3-4-Decantación y reposo 24 horas

3-5-Filtrado

4-Determinaciones

4-1-A la solución ácida

4-1-1-Humedad

4-1-2-Pérdida por calcinación

4-1-3-Residuo insoluble

4-1-4-Determinaciones de elementos principales por métodos gravimétricos y volumétricos

4-1-5-Determinación de elementos menores (Cu, Zn, Mn, Mo, Ni, Fe*, Cr, Co, Ag, Pb, Cd)- ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

4-2-A la solución acuosa

4-2-1-pH

4-2-2-Conductividad eléctrica

4-2-3-Composición mediante técnicas analíticas e instrumentales.

4-2-3-1-Óxido de calcio - COMPLEXOMETRÍA

4-2-3-2-Óxido de magnesio - COMPLEXOMETRÍA

4-2-3-3-Óxido de sodio - FOTOMETRÍA DE LLAMA

4-2-3-4-Óxido de potasio – FOTOMETRÍA DE LLAMA

4-2-3-5-Pentóxido de fósforo ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN MOLECULAR (FOTOCOLORIMETRÍA)

4-2-3-6-Elementos menores (Cu, Zn, Mn, Mo, Ni, Fe *, Cr, Co, Ag, Pb, Cd)- ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

** en algunas muestras se determinó Fe por permanganimetría por (método de Zimmermann-Reinhard)*

CUADRO DE RESULTADOS

Composición de la solución acuosa 1:5

Los valores se presentan en **parte por millón** y corresponden a la concentración de los principales elementos presentes en las soluciones obtenidas para cada muestra según punto c) Etapa de los ensayos.

ND: No detecta.



MUESTRA	CaO	MgO	P2O5	Na2O	K2O	Cu	Zn	Mn	Mo	Ni	Cd	Cr	Co	Fe
Arenisca	56,24	11,74	ND	1930	70	ND	0,8	ND						
Basalto	259,99	144,59	ND	480,5	113,04	0,75	0,75	12	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bentonita	50,62	15,98	ND	217	70,65	ND	27	0,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dolomía	22,5	49,93	ND	116,25	23,55	ND	0,2	0,6	ND	ND	ND	ND	ND	0,8
Caliza	101,23	7,99	ND	69,75	259,05	ND	0,4	0,4	ND	ND	ND	ND	ND	0,8
ceniza volcánica	16,87	7,99	ND	1162,5	23,55	ND	0,1	0,1	ND	ND	ND	ND	ND	0,6
granulado volcánico fino	28,12	3,99	ND	581,25	47,1	ND	0,05	ND	0,02	ND	ND	ND	ND	0,4
granulado volcánico grueso	53,44	ND	ND	46,5	ND	ND	0,4	1,2	ND	ND	ND	ND	ND	0,6
pedra pómez molida	61,83	9,95	ND	139,5	23,55	0,25	0,05	0,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
oficalcita 0436	54	221,42	17,86	108	678	ND	ND	ND	0,88	0,5	ND	ND	ND	ND
oficalcita 0442	90,09	281,83	13,05	77,5	772,4	ND	ND	0,4	0,8	0,25	ND	ND	ND	ND
oficalcita 0443	28,26	329,44	14,31	62	612,13	ND	0,05	0,8	1,13	0,1	ND	ND	ND	ND
oficalcita 0444	133,74	150	9,5	62	456,87	ND	0,05	1,7	0,93	0,1	ND	ND	ND	ND
polimetálica 8510	30	23	ND	155	1178	0,25	0,1	10,8	ND	0,25	0,15	0,8	ND	0,2
polimetálica 8511	58	16	ND	139	1766	0,25	ND	4,9	0,14	ND	0,05	ND	ND	ND
serpentina 0437	15,44	778,93	0,92	15,5	ND	0,25	0,25	4,6	0,6	31,5	ND	12,5	2,5	ND
Turba	312,26	57,89	ND	290	400	0,5	2	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Yeso	826,73	37,97	ND	46,5	47,1	ND	1,6	0,4	ND	ND	ND	ND	1	1,6
zeolita 8512	16	10	ND	264	ND	4	ND	ND	0,05	ND	ND	ND	ND	22
zeolita 8513	231	49	ND	1163	94	ND	0,1	0,05	0,02	ND	ND	ND	ND	ND
zeolita 8514	14	4	ND	217	24	ND	0,05	ND	0,01	ND	ND	ND	ND	ND

ANÁLISIS DE DATOS

Se ordenan y clasifican las muestras según las cantidades de elementos presentes en las soluciones acuosas obtenidas con el fin de conocer las proporciones relativas de los elementos en cada muestra y la variación de la solubilidad total entre muestras. Estos parámetros permitirán seleccionar las muestras que presenten mayor cantidad de elementos deseados en solución.

a) Clasificación según solutos principales

Si se realiza la sumatoria de las fracciones disueltas se puede calcular que elementos se encuentran presentes en mayor y menor proporción:

Se consideran elementos principales a Ca, Na, K, Mg y P. El resto son elementos menores.

Se ordenaron las muestras según soluto decreciente en ppm y % g/g (para convertir ppm en % dividir por 10.000).

Soluto en ppm	elementos ppales ppm	elementos menores ppm	ppm totales	% total
arenisca	2067,98	0,8	2068,78	0,207
polimetálica 8511	1979	5,34	1984,34	0,198
zeolita 8513	1537	0,17	1537,17	0,154
polimetálica 8510	1386	12,55	1398,55	0,140
oficalcita 0442	1234,87	1,45	1236,32	0,124
ceniza volcánica	1210,91	0,8	1211,71	0,121
oficalcita 0436	1079,28	1,38	1080,66	0,108
turba	1060,15	4,5	1064,65	0,106
oficalcita 0443	1046,14	2,08	1048,22	0,105
basalto	998,12	13,76	1011,88	0,101
Yeso	958,3	4,6	962,9	0,096
serpentina 0437	810,79	52,2	862,99	0,086
oficalcita 0444	812,11	2,78	814,89	0,081
granulado volcánico fino	660,46	0,47	660,93	0,066
Caliza	438,02	2,6	440,62	0,044
Bentonita	354,25	28,4	382,65	0,038
zeolita 8512	290	26,05	316,05	0,032
zeolita 8514	259	0,06	259,06	0,026
piedra pómez molida	234,83	0,5	235,33	0,024
Dolomía	212,23	1,6	213,83	0,021
granulado volcánico grueso	99,94	2,2	102,14	0,010

El aporte de masa de cada elemento al total se detalla a continuación

$$\% \text{ de A en el total disuelto} = 100 \times \frac{\text{Masa elemento A}}{\text{Masa soluto total}}$$

Por ej:

% CaO con respecto al total de arenisca en solución = $100 \times 56,24 / 2068,78$

% CaO con respecto al total de arenisca en solución = 2,72 %

En el cuadro se destacan en negrita los dos aportes principales. Esta Tabla ayuda a clasificar según este criterio.

% del total disuelto	CaO	MgO	P2O5	Na2O	K2O	e menores
arenisca	2,72	0,57	0,00	93,29	3,38	0,04
polimetálica 8511	2,92	0,81	0,00	7,00	89,00	0,27
zeolita 8513	15,03	3,19	0,00	75,66	6,12	0,01
polimetálica 8510	2,15	1,64	0,00	11,08	84,23	0,90
oficalcita 0442	7,29	22,80	1,06	6,27	62,48	0,12
ceniza volcánica	1,39	0,66	0,00	95,94	1,94	0,07
oficalcita 0436	5,00	20,49	1,65	9,99	62,74	0,13
turba	29,33	5,44	0,00	27,24	37,57	0,42
oficalcita 0443	2,70	31,43	1,37	5,91	58,40	0,20
basalto	25,69	14,29	0,00	47,49	11,17	1,36
Yeso	85,86	3,94	0,00	4,83	4,89	0,48
serpentina 0437	1,79	90,26	0,11	1,80	0,00	6,05
oficalcita 0444	16,41	18,41	1,17	7,61	56,07	0,34
granulado volcánico fino	4,25	0,60	0,00	87,94	7,13	0,07
Caliza	22,97	1,81	0,00	15,83	58,79	0,59
Bentonita	13,23	4,18	0,00	56,71	18,46	7,42
zeolita 8512	5,06	3,16	0,00	83,53	0,00	8,24
zeolita 8514	5,40	1,54	0,00	83,76	9,26	0,02
piedra pómez molida	26,27	4,23	0,00	59,28	10,01	0,21
Dolomía	10,52	23,35	0,00	54,37	11,01	0,75
granulado volcánico grueso	52,32	0,00	0,00	45,53	0,00	2,15

Se clasifican las muestras según los componentes mayoritarios aportados a la solución acuosa. Esta primera clasificación permite detectar los principales aportes con el fin de orientar la selección.

	ppales	tipo
arenisca	Na-K	2
polimetálica 8511	Na-K	2
zeolita 8513	Na-Ca	1
polimetálica 8510	K-Na	2
oficalcita 0442	K-Mg	3
ceniza volcánica	Na-K	2
oficalcita 0436	K-Mg	3
turba	K-Ca	4
oficalcita 0443	K-Mg	3
basalto	Na-Ca	1
Yeso	Ca-K	4
serpentina 0437	Mg-Ca	5
oficalcita 0444	K-Mg	3
granulado volcánico fino	Na-K	2
Caliza	K-Ca	4
Bentonita	Na-K	2
zeolita 8512	Na-Ca	1
zeolita 8514	Na-K	2
piedra pómez molida	Na-Ca	1
Dolomía	Na-Mg	6
granulado volcánico grueso	Ca-Na	1

1-Muestras que producen solución acuosa con más contenido de SODIO y CALCIO: Zeolita 8512 y 8513, Basalto, Piedra pómez, Granulado volcánico grueso.

2- Muestras que producen solución acuosa con más contenido de SODIO y POTASIO: Arenisca, Polimetálica 8510 y 8511, Ceniza volcánica, Granulado volcánico fino, Bentonita, Zeolita 8514.

3- Muestras que producen solución acuosa con más contenido de POTASIO y MAGNESIO: Oficalcitas 0442, 0436, 0443, 0444.

4- Muestras que producen solución acuosa con más contenido de POTASIO y CALCIO: Turba, Yeso, Caliza.

5- Muestras que producen solución acuosa con más contenido de CALCIO Y MAGNESIO: Serpentina.

6- Muestras que producen solución acuosa con más contenido de SODIO Y MAGNESIO: Dolomía.

b) Clasificación según solubilidad

La concentración total de la solución acuosa obtenida se logra a partir de la sumatoria de todos los aportes individuales y abarca un rango que permite agrupar las muestras disueltas en tres grupos:

Solubilidad 1 (Poco soluble, verde): solución menos de 0,05%

Solubilidad 2 (Medianamente soluble, amarillo): solución entre 0,05-0,12%

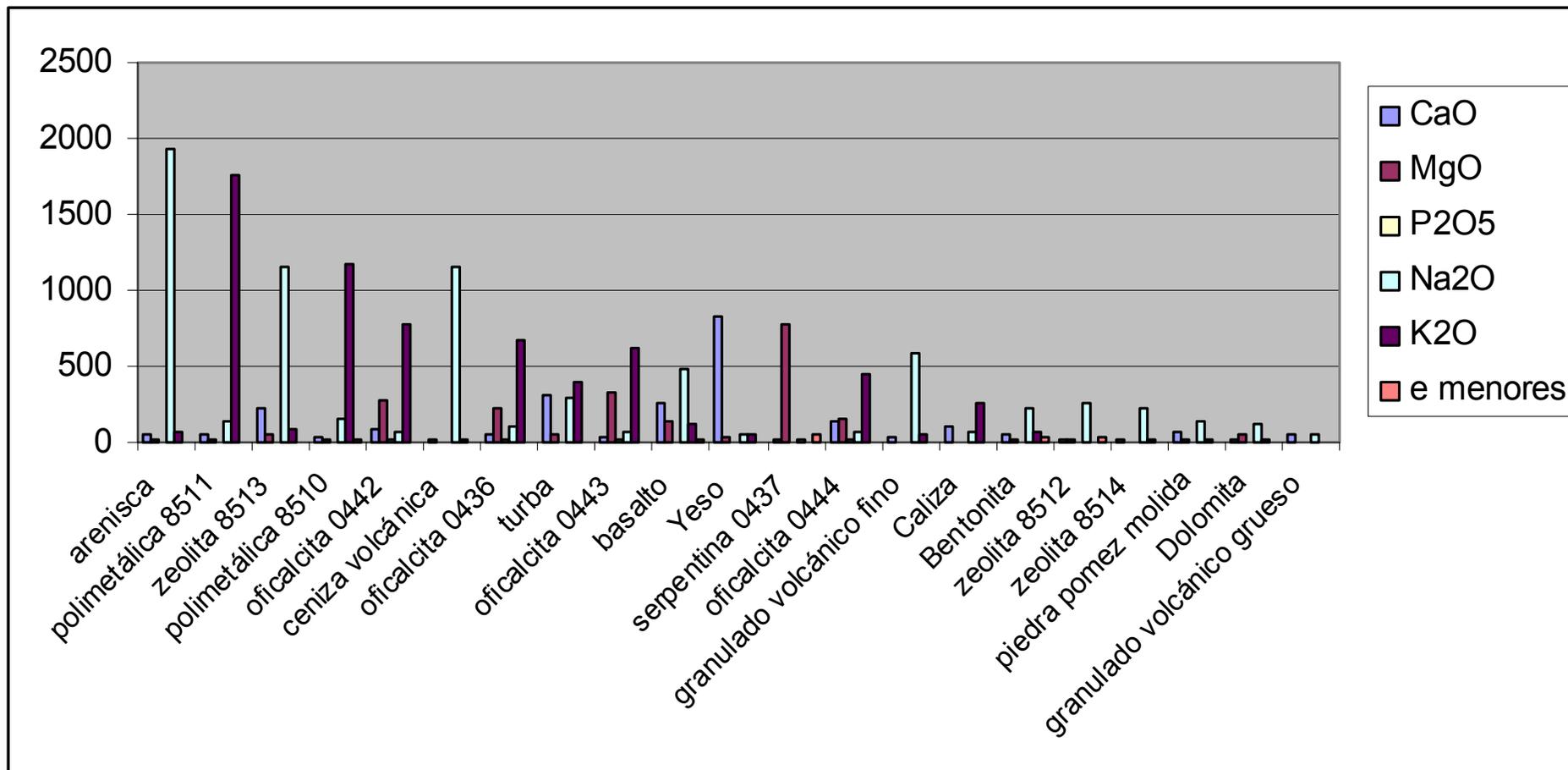
Solubilidad 3 (Más solubles, rojo): solución más de 0,12%

Se destacan en cuadro:

Soluto en ppm	elementos ppales	elementos menores	ppm totales	% total
arenisca	2067,98	0,8	2068,78	0,207
polimetálica 8511	1979	5,34	1984,34	0,198
zeolita 8513	1537	0,17	1537,17	0,154
polimetálica 8510	1386	12,55	1398,55	0,140
oficalcita 0442	1234,87	1,45	1236,32	0,124
ceniza volcánica	1210,91	0,8	1211,71	0,121
oficalcita 0436	1079,28	1,38	1080,66	0,108
turba	1060,15	4,5	1064,65	0,106
oficalcita 0443	1046,14	2,08	1048,22	0,105
basalto	998,12	13,76	1011,88	0,101
Yeso	958,3	4,6	962,9	0,096
serpentina 0437	810,79	52,2	862,99	0,086
oficalcita 0444	812,11	2,78	814,89	0,081
granulado volcánico fino	660,46	0,47	660,93	0,066
Caliza	438,02	2,6	440,62	0,044
Bentonita	354,25	28,4	382,65	0,038
zeolita 8512	290	26,05	316,05	0,032
zeolita 8514	259	0,06	259,06	0,026
piedra pómez molida	234,83	0,5	235,33	0,024
Dolomía	212,23	1,6	213,83	0,021
granulado volcánico grueso	99,94	2,2	102,14	0,010

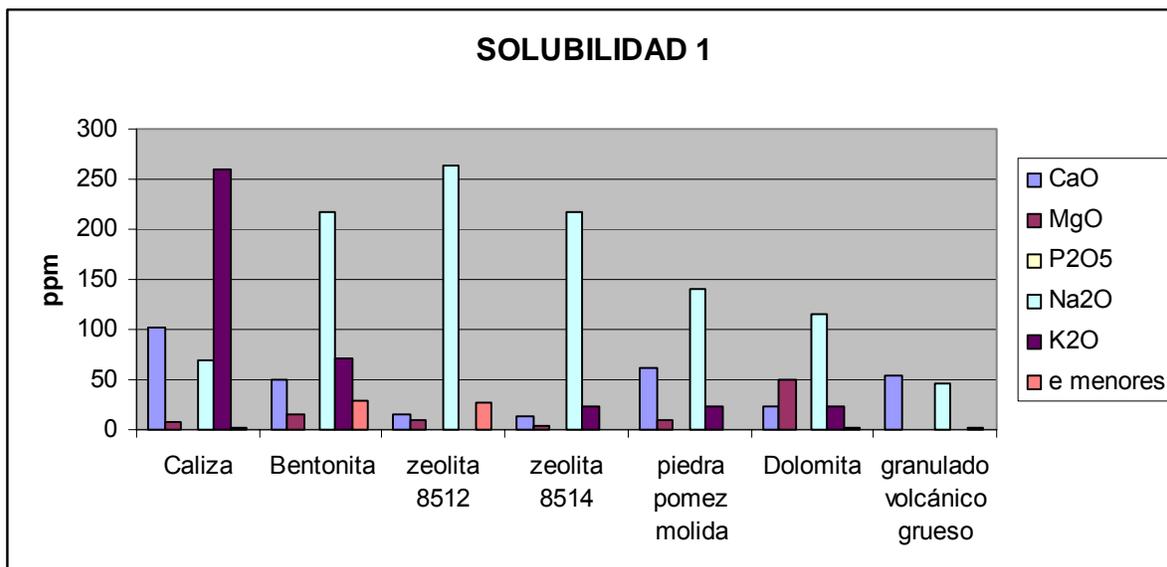
El siguiente gráfico corresponde a los valores de concentración en ppm de cada elemento en las muestras ordenado según solubilidad decreciente de izquierda a derecha. Su análisis permite ubicar las muestras dentro de cada grupo de solubilidad.





Solubilidad 1: menos de 0,05%

Incluye: GRANULADO VOLCANICO GRUESO, DOLOMIA, PIEDRA POMEZ MOLIDA, ZEOLITA 8514, ZEOLITA 8512, BENTONITA, CALIZA.



Se observa en este grupo una preponderancia en el aporte de Na (no deseado) en general y en mayor medida en zeolitas y bentonita, lo que se deberá evaluar en contraste con las propiedades estructurales de porosidad e hinchamiento deseadas de estas especies

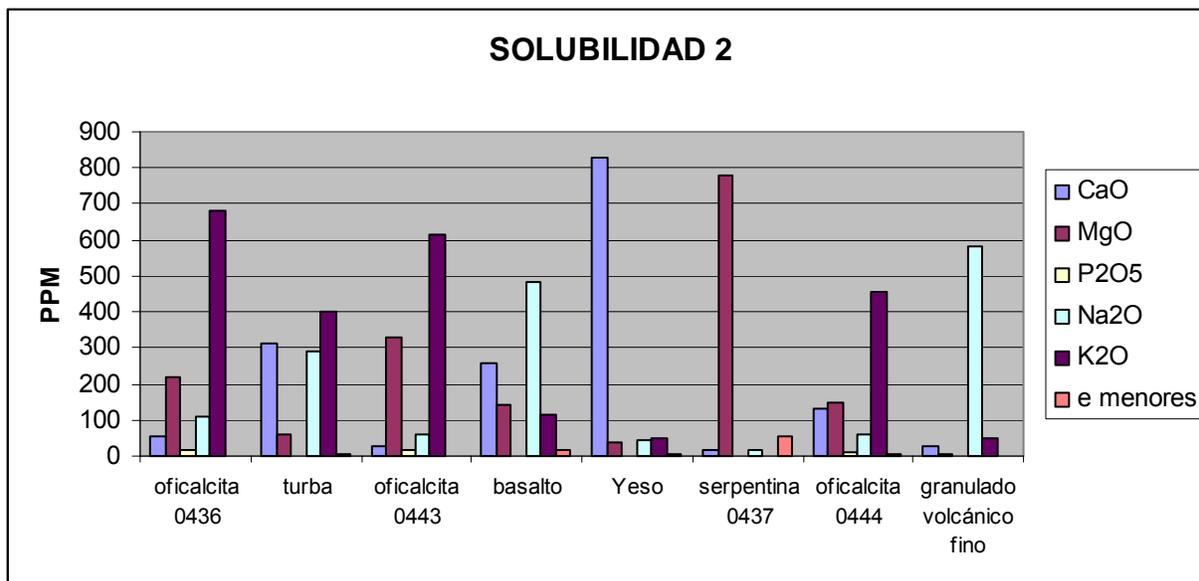
La CALIZA se destaca por aportar más K que Na a la solución y en mayor cantidad, además de Ca.

DOLOMIA, PIEDRA POMEZ y GRANULADO VOLCANICO GRUESO aportan Ca, Mg y K con un aporte menor de Na.

Con respecto a los elementos menores, en este grupo de muestras se destacan BENTONITA, ZEOLITA 8512 y GRANULADO VOLCANICO GRUESO por mayores aportes de Mn, Fe, Cu y Zn (El Zn y el Cu se encuentran en la lista de Residuos peligrosos en la ley nacional 24.051 permitiéndose como máximo 600 ppm de Zn y 150 ppm de Cu en suelos. Se deberá evaluar la cantidad de estos metales que pase al suelo en condiciones reales de riego)

Solubilidad 2: entre 0,05-0,12% de muestra disuelta

Incluye: GRANULADO VOLCÁNICO FINO, OFICALCITA 0444, SERPENTINA 0437, YESO, BASALTO, OFICALCITA 0443, TURBA y OFICALCITA 0436



Este es el grupo con mayor variedad de aportes deseados.

Se destacan OFICALCITAS (Ca, K, Mg), TURBA (Ca, K, Na), YESO (Ca), SERPENTINA (Mg) BASALTO (Ca, Na).

GRANULADO VOLCÁNICO FINO aporta principalmente Na no deseado.

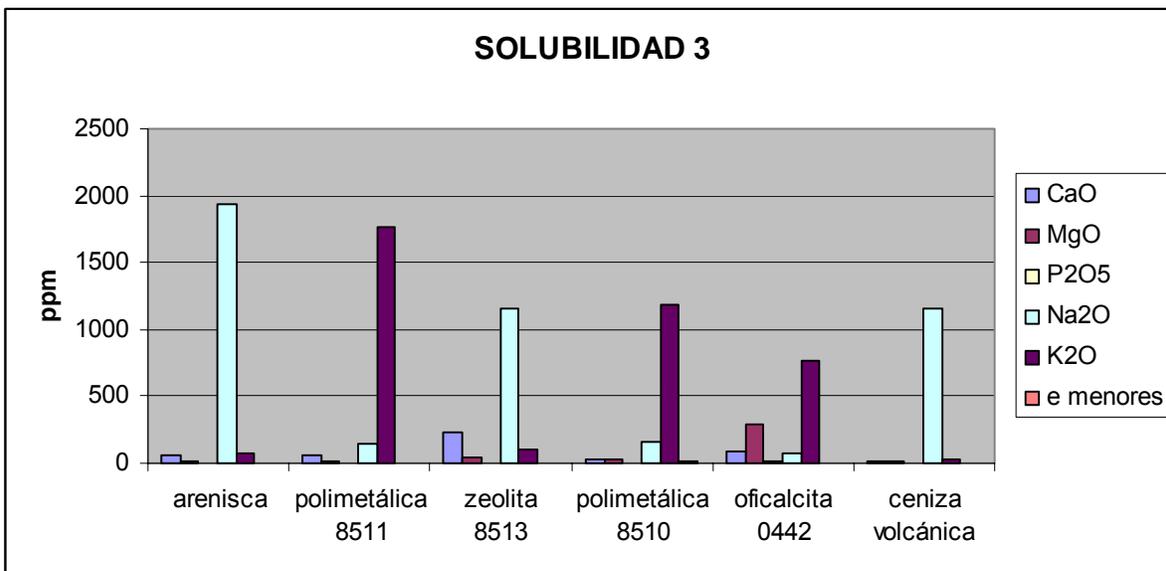
La SERPENTINA y el BASALTO entregan Mn, Ni, Cr, Co (Ni, Cr y Co se encuentran en la lista de Residuos peligrosos en la ley nacional 24.051 permitiéndose como máximo 150 ppm de Ni, 750 ppm de Cr y 40 ppm de Co en suelos. Se deberá evaluar la cantidad de estos metales que pasen al suelo en condiciones reales de riego).

Solubilidad 3: más de 0,12% de muestra disuelta

Incluye CENIZA VOLCÁNICA, OFICALCITA 0442, POLIMETÁLICAS 8510 y 8511, ZEOLITA 8513 y ARENISCA.

La situación de este grupo es semejante a la del grupo 1, es decir mucho aporte de solo algunos elementos (Na y K) y muy poco de otros, siendo Ca y Mg los que

siguen en cantidad cedida a la solución. Presentan mayor variedad de aportes no sódicos las POLIMETÁLICAS y la OFICALCITA 0442.



c) Solubilidad de las muestras con respecto a cada componente

Se ordenaron hasta acá las muestras en sentido decreciente de solubilidad total. A continuación se presentan las muestras ordenadas en forma decreciente según la cantidad de cada elemento aportado. Se destacan hasta tres de las muestras que más aportan de cada elemento a la solución, por ej: las muestras que más CaO cedieron a la solución acuosa fueron yeso, turba y basalto. Este ordenamiento permite seleccionar las muestras según la clasificación del punto a) donde se agruparon según solutos principales y también por sus aportes en elementos menores.

	ppm CaO
Yeso	826,73
turba	312,26
basalto	259,99

	ppm MgO
serpentina 0437	778,93
oficalcita 0443	329,44
oficalcita 0442	281,83

	ppm Na ₂ O
arenisca	1930
zeolita 8513	1163
ceniza volcánica	1162,5

	ppm K ₂ O
polimetálica 8511	1766
polimetálica 8510	1178
oficalcita 0442	772,4

	ppm P ₂ O ₅
oficalcita 0436	17,86
oficalcita 0443	14,31
oficalcita 0442	13,05

	Cu
zeolita 8512	4
basalto	0,75
turba	0,5

	Zn
Bentonita	27
turba	2
Yeso	1,6



	Mn
basalto	12
polimetálica 8510	10,8
polimetálica 8511	4,9

	Mo
oficalcita 0443	1,13
oficalcita 0444	0,93
oficalcita 0436	0,88

	Ni
serpentina 0437	31,5
oficalcita 0436	0,5
polimetálica 8510	0,25

	Cd
polimetálica 8510	0,15
polimetálica 8511	0,05

	Cr
serpentina 0437	12,5
polimetálica 8510	0,8

	Co
serpentina 0437	2,5
Yeso	1
Caliza	1

	Fe
zeolita 8512	22
Yeso	1,6
Caliza	0,8

Por lo tanto, las muestras que más cantidad de cada elemento aportan al soluto en las condiciones dadas son:

YESO (Grupo 2): Ca, Zn, Co

TURBA (Grupo 2): Ca, Cu, Zn

BASALTO (Grupo 2): Ca, Cu, Mn

SERPENTINA (Grupo 2): Mg, Ni, Cr, Co
OFICALCITA 044(Grupo 2) 2: Mg, P, Mo
OFICALCITA 0442 (Grupo 3): Mg, K, P
ARENISCA (Grupo 3): Na
ZEOLITA 8513 (Grupo 3): Na
CENIZA VOLCÁNICA (Grupo 3): Na
POLIMETÁLICA 8511 (Grupo 3): K, Mn, Cd
POLIMETÁLICA 8510(Grupo 3): K, Mn, Ni, Cd, Cr
OFICALCITA 0436 (Grupo 2): P, Mo, Ni
ZEOLITA 8512 (Grupo 1): Cu, Fe
BENTONITA (Grupo 1): Zn
OFICALCITA 0444 (Grupo 2): Mo
CALIZA: Co, Fe

(Los grupos son los del punto 2), clasificación según solubilidad)

d) Aporte teórico de 100 kg de muestra

Si se obtuvo la solución acuosa en base a 20g de muestra y 100 ml de agua y se conocen las ppm presentes en la solución, se puede calcular cuánto de cada elemento aportarían 100 kg de muestra (El cálculo es teórico ya que no se están teniendo en cuenta variaciones de densidad, T°, interacciones, precipitaciones, etc.)

Por ej:

20g de muestra de ARENISCA en 100 ml de agua produjeron una solución con 1930 ppm de Na₂O, es decir al 0,193 % g/g. Si la solución tiene una densidad cercana a 1 g/ml, significa que 20g de muestra generaron 0,193g de soluto, entonces **100.000g de muestra (100 kg) producirán 965 g de Na₂O.**

	% total en sol	ppm en sol	g/100kg
arenisca	0,206878	2068,78	1034,39
polimetálica 8511	0,198434	1984,34	992,17
zeolita 8513	0,153717	1537,17	768,585
polimetálica 8510	0,139855	1398,55	699,275
oficalcita 0442	0,123632	1236,32	618,16
ceniza volcánica	0,121171	1211,71	605,855
oficalcita 0436	0,108066	1080,66	540,33
turba	0,106465	1064,65	532,325
oficalcita 0443	0,104822	1048,22	524,11
basalto	0,101188	1011,88	505,94
Yeso	0,09629	962,9	481,45
serpentina 0437	0,086299	862,99	431,495
oficalcita 0444	0,081489	814,89	407,445
granulado volcánico fino	0,066093	660,93	330,465
Caliza	0,044062	440,62	220,31
Bentonita	0,038265	382,65	191,325
zeolita 8512	0,031605	316,05	158,025
zeolita 8514	0,025906	259,06	129,53
piedra pómez molida	0,023533	235,33	117,665
Dolomía	0,021383	213,83	106,915
granulado volcánico grueso	0,010214	102,14	51,07

Estos valores son importantes para calcular, en próximos ensayos, las dosis de enmienda a agregar al suelo tanto para maximizar los aportes necesarios como minimizar los peligrosos contemplados en la Ley 24.051 de Residuos Peligrosos.

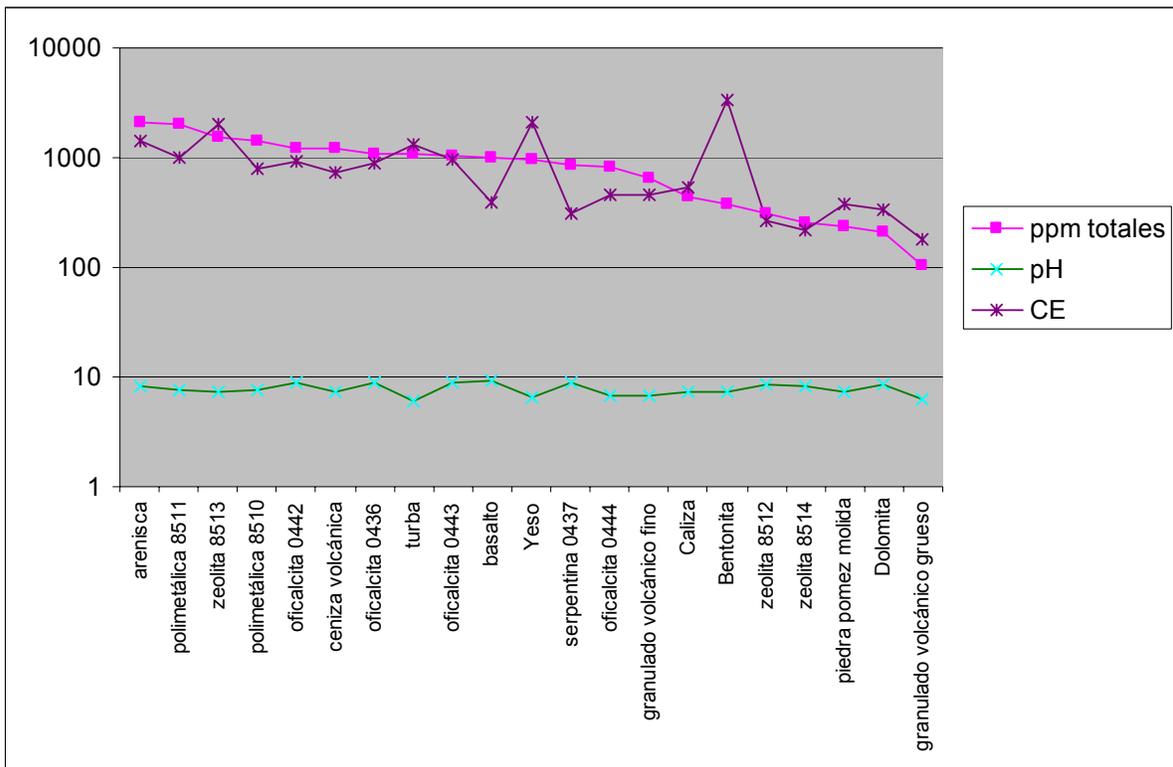
Si se suman los aportes totales se puede calcular g de soluto por cada 100 kg de muestra:

e) Ph y conductividad eléctrica

Las muestras en general producen soluciones levemente ácidas a alcalinas tolerables en suelos.

La CE (en $\mu\text{S}/\text{cm}$) sigue en general la pauta de la solubilidad (a mayor solubilidad, mayor conductividad).

Solución	pH	CE μS/cm
arenisca	8,2	1444
polimetálica 8511	7,67	1000
zeolita 8513	7,26	2016
polimetálica 8510	7,67	806
oficalcita 0442	8,88	922
ceniza volcánica	7,3	723
oficalcita 0436	8,9	890
turba	5,94	1318
oficalcita 0443	9,03	977
basalto	9,43	389
Yeso	6,55	2137
serpentina 0437	8,73	309
oficalcita 0444	6,7	454
granulado volcánico fino	6,7	454
Caliza	7,2	541
Bentonita	7,24	3300
zeolita 8512	8,4	268,4
zeolita 8514	8,3	220,6
piedra pómez molida	7,43	379
Dolomía	8,59	332
granulado volcánico grueso	6,25	181,7



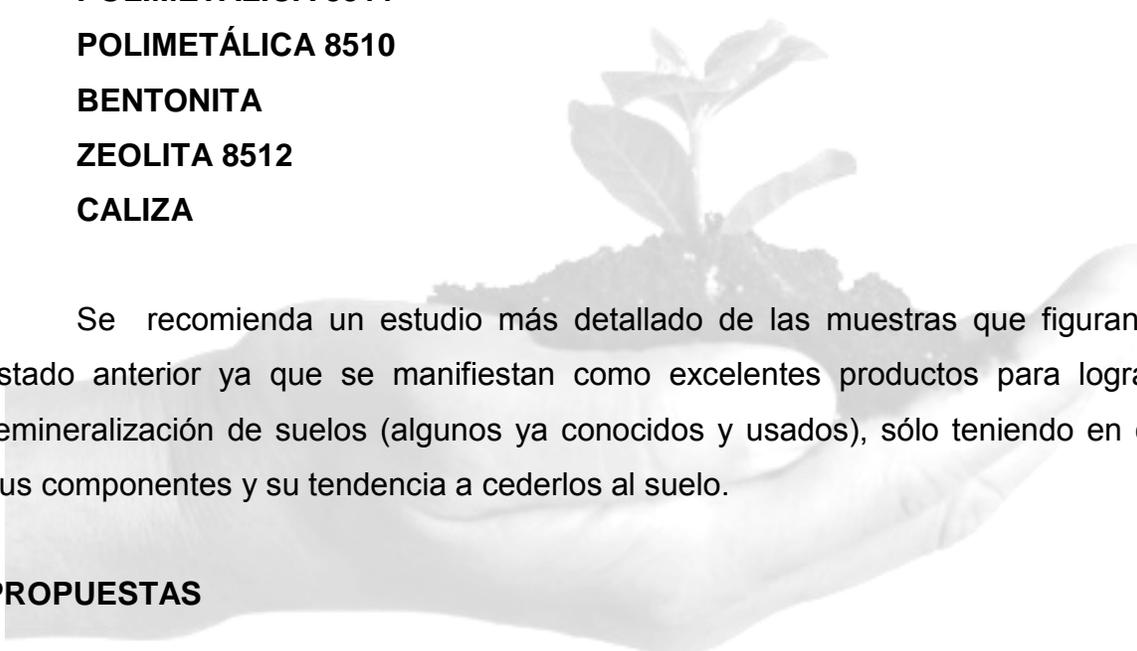
CONCLUSIONES

Estos datos permitieron clasificar y seleccionar las muestras elegidas según sean más o menos susceptibles de ceder sus componentes a una solución. Si esta solución se logra con el agua de riego, estos elementos llegarían al suelo y por lo tanto a la planta. (Es claro que el agua de riego no es destilada y que aporta a su vez elementos al suelo).

Las muestras que más aportan de cualquiera de los elementos a la solución son las primeras en captar nuestra atención, ya que serían los más eficientes 'dadores' de nutrientes.

Del listado del punto c) se seleccionan como buenos 'aportantes' de nutrientes al suelo (y eventualmente de elementos no deseados o solo necesarios en muy pequeñas cantidades) a las siguientes muestras:

YESO
TURBA
BASALTO
SERPENTINA
OFICALCITA 0443
OFICALCITA 0442
OFICALCITA 0436
OFICALCITA 0444
POLIMETÁLICA 8511
POLIMETÁLICA 8510
BENTONITA
ZEOLITA 8512
CALIZA



Se recomienda un estudio más detallado de las muestras que figuran en el listado anterior ya que se manifiestan como excelentes productos para lograr una remineralización de suelos (algunos ya conocidos y usados), sólo teniendo en cuenta sus componentes y su tendencia a cederlos al suelo.

PROPUESTAS

-Tomar nuevas muestras de las antes mencionadas y realizar estudio de solubilidad variando la concentración de muestra (con igual contenido de agua se toma menor cantidad de muestra para las más solubles y mayor para las menos solubles) de modo de conocer las variaciones de solubilidad en función de la cantidad de solvente.

-Controlar el contenido de elementos menores que pueden provocar toxicidad en muestras complejas como las polimetálicas y las de mayor aporte en elementos menores.

-Realizar este estudio de solubilidad en agua destilada con muestras de suelo sin mineralizar.

-Contrastar con estudios de solubilidad en muestras de suelos tratados con las especies remineralizantes seleccionadas.

-Obtener en base a los resultados de uso en suelo las dosis recomendables de cada especie remineralizante.



ENSAYOS DE CAMPO

1- FINCA AMPUERO- TOMATE- SAN CARLOS

Ubicación



El objetivo fue evaluar el efecto de enmiendas minerales que aporten nutrientes y mejoren las condiciones de los suelos en el cultivo de tomate para industria.

Generalidades

Lugar: Finca Ampuero - Casas viejas - San Carlos - Mendoza

Punto GPS: 33° 48' 05'' S – 69° 01' 02'' W Elevación: 967 m.s.n.m

Cultivo antecesor: Ajo chino

Cultivo a evaluar: Tomate Industria Variedad: STAR 9063 (Starke Ayres)

Fecha Transplante: 01 de diciembre de 2011

Densidad: 1,45 m x 0,25 m (27.586 plantas.ha⁻¹)

Tratamiento fitosanitario: Baño de bandeja.

Fertilización base: Basifertil 200 kg.ha⁻¹

Riego: Superficial por surcos Origen agua: Pozo

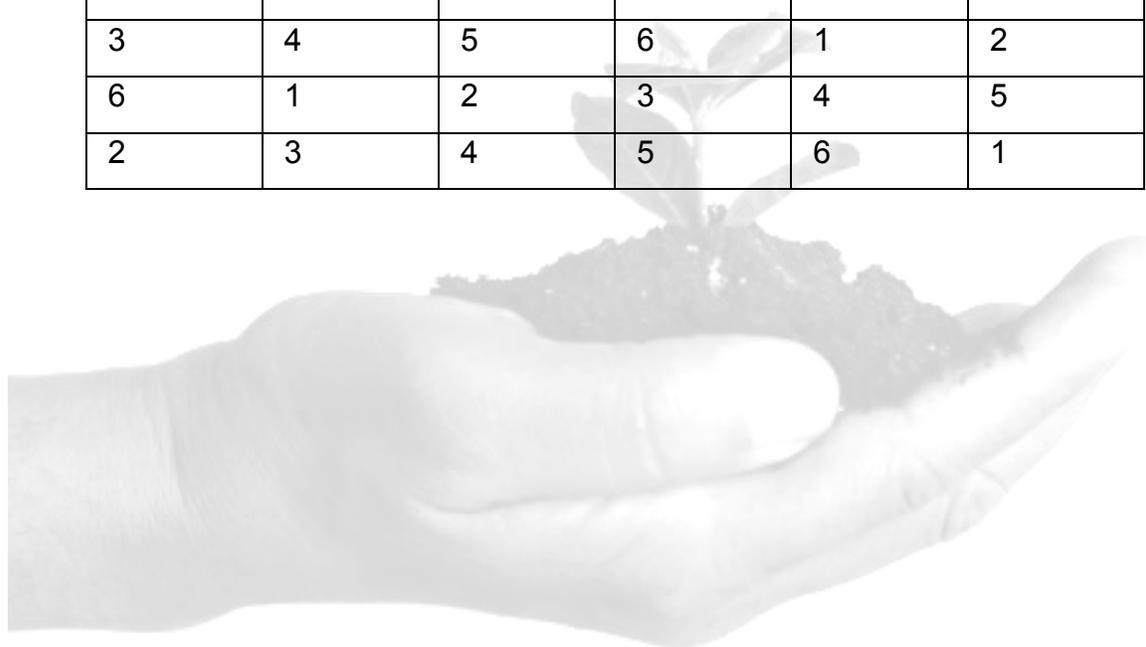
Diseño estadístico: bloques completamente al azar de 6 tratamientos por 4 repeticiones

Cada parcela es de 4 m (16 + 2 plantas) con una distancia entre parcelas (bordura) de 1 m.

Tratamientos

1. Turba 2,5 t.ha⁻¹ + Dolomía 2,5 t.ha⁻¹
2. Granulado volcánico 5 t.ha⁻¹ + Sulfato de Calcio 3,5 t.ha⁻¹
3. Sulfato de Calcio 7 t.ha⁻¹
4. Turba 5 t.ha⁻¹
5. Guano de Gallina 10 t.ha⁻¹
6. Testigo Absoluto

1	2	3	4	5	6
3	4	5	6	1	2
6	1	2	3	4	5
2	3	4	5	6	1



Fotografías: vista de la Finca pre y post plantación



Análisis de suelo (ver Anexo Planillas de Análisis Químicos)

Se analizó el suelo previo a colocar los minerales y rocas seleccionadas con el objetivo de conocer sus características físicas y químicas y la potencial variación luego de aplicarlos. Cabe mencionar que esta finca ha sido cultivada anteriormente, es decir, es una finca en producción. Luego, con la cosecha de los tomates, se procedió a tomar nuevas muestras del suelo, posterior a 3 meses de aplicados los productos.

Al analizar los resultados, todos los parámetros estudiados han aumentado sus valores respecto del testigo absoluto.

En el caso del nitrógeno, potasio y el fósforo los valores obtenidos luego de la aplicación de las enmiendas han aumentado, esto indica que aunque la planta ha tomado estos elementos, aun han quedado disponibles en el suelo. El potasio se encuentra en proporciones correctas, ya que el agregado en exceso produce un desbalance. Es importante aclarar además, que el tomate es rico en potasio, es decir absorbe mucho potasio del suelo.

En otros sectores se incorporó turba y guano, el agregado de materia orgánica logra un equilibrio entre fertilidad y salinidad, esto se debe a que la materia orgánica

actúa como una 'esponja', absorbe la humedad y nutrientes, si faltan en el ambiente los libera, si son abundantes en el suelo los retiene y de esta manera equilibran la salinidad.

En cuanto a la relación Carbono / Nitrógeno, se evidencia un equilibrio entre materia orgánica y el nitrógeno, cuando los valores de esta relación son altos, indica mejores condiciones del suelo.

Los elementos calcio y magnesio han aumentado respecto al suelo original, indicando un buen resultado del ensayo.

Los microelementos como el hierro, cobre, manganeso y zinc están disponibles y han aumentado su valor post ensayo. Esto indica que el suelo aun posee disponibilidad de estos elementos para futuras plantaciones.

En cuanto a la salinidad, la conductividad eléctrica pasa de ser baja a un poco más alta, esto se debe a la incorporación al suelo de sales, sin ser peligrosa en ninguna medida, ni salina ni sódica. El RAS es casi constante. Esto indica un suelo muy bueno, que puede seguir siendo cultivado.

Respecto al sodio, la planta ha incorporado este elemento pero sigue siendo bajo, es decir en condiciones óptimas de calidad. El agregado del sulfato de calcio (yeso), atempera las propiedades negativas del sodio, mantiene 'neutralizado' el efecto 'perjudicial'. Lo mismo ocurre con el agregado de dolomita (carbonato de Mg y Ca), el calcio también contrarresta al sodio.

La incorporación del granulado volcánico junto con el sulfato de calcio tiene dos ventajas, por un lado lo que se describía previamente de las propiedades del Calcio, y además las ventajas en cuanto a las mejoras en las propiedades físicas del suelo que agrega el granulado, además al ser un componente rico en sílice, que aporta otro elemento necesario.

La textura de los suelos es *franco a franco arenoso (fino)*, esto significa suelos más 'pesados' ricos en arcillas. Debido a las propiedades físicas de las mismas (tamaño de grano, etc.), retienen mayor cantidad de sales, de minerales y de agua, que, además de estar disponibles para la planta, también quedan 'latentes' en el suelo para próximos cultivos. Si la textura fuera más rica en arenas, se "lixiviarían" más rápido.

Conclusiones

El suelo analizado luego de la realización del ensayo muestra un notable aumento de todos los parámetros estudiados, es decir, que evaluado el suelo post cosecha, los elementos aumentaron en el suelo además de lo que absorbió la planta.

El aumento de los valores es muy importante ya que evidencia el efecto positivo del agregado de las enmiendas minerales en un corto tiempo.

Además de lo absorbido por la planta, queda un suelo apto y en excelentes condiciones para volver a ser cultivado.



Análisis de la producción de tomate

Fotografías: cosecha del tomate



Resultados

En la tabla de resultados (abajo) se pueden ver los ensayos ordenados por producción comercial. Se hace de esta manera porque el cultivo del tomate industrial es un negocio cuantitativo, el precio promedio (primera, segunda e inapto) de esta temporada fue de \$ 0,48 /kg. Lo mismo pueden tomarse conclusiones cualitativas como porcentaje de asoleado o peso promedio del fruto, ya que estas influyen en las categorías de fábrica (primera o segunda) o en el destino (pasta, pelado, deshidratado, etc.).

En base a los resultados podemos decir que la turba (sóla o agregada con dolomita) mejoró, con respecto al testigo, el índice de concentración, esto es la sumatoria de verdes y sobremaduros.

Todos los tratamientos mejoraron el porcentaje de asoleado con respecto al testigo. Esto significa que tuvieron una mejor cobertura foliar para proteger del sol a los frutos.

La turba combinada con dolomita impactó de forma positiva en los rendimientos y el peso del fruto rojo, con una diferencia estadísticamente significativa respecto de los tratamientos turba sola o sulfato de calcio solo.

El estiércol es la enmienda orgánica más usada en la agricultura Argentina, cualquier enmienda que a lo sumo iguale los aumentos de rendimientos al estiércol es tomada como muy buena. Esto ocurre en todos los productos aplicados. Esto es muy positivo, dada la importancia de encontrar una enmienda que sea estable en su composición, con producción en la Región de Cuyo, con disponibilidad de la misma en la época de mayor demanda.

Para validar los resultados obtenidos se propone continuar en la próxima temporada con el ensayo, con especial énfasis en el tratamiento combinado de turba con dolomita.

Estas primeras conclusiones tuvieron el objetivo de ajustar dosis y preparar las metodologías para las próximas temporadas. Todos los productos ensayados poseen características de mejoramiento de suelo gradual y a largo plazo, por lo que es

necesario seguir en el mismo lugar de experimentación y con otros cultivos de acuerdo al plan de rotación de suelos.



Tratamiento	Producción Comercial (t.ha ⁻¹)	Producción Total (t.ha ⁻¹)	Peso fruto (g)	Porcentaje de verde (%)	Porcentaje de sobremaduro (%)	Índice de concentración	Porcentaje de asoleado (%)	Porcentaje de descarte (%)	° Brix
Turba 2,5 t.ha ⁻¹ + Dolomía 2,5 t.ha ⁻¹	111,32 a	133,6	65,17	7,82	1,45	90,73	0,75	4,55	4,40
Testigo Absoluto	107,62 a	132,44	62,8	8,38	1,95	89,67	3,16	4,29	4,57
Guano de Gallina 10 t.ha ⁻¹	99,3 a	125,72	61,83	9,99	1,56	88,45	1,04	6,62	4,33
Granulado volcánico 5 t.ha ⁻¹ + Sulfato de Calcio 3,5 t.ha ⁻¹	94,03 a	118,14	59,67	11,5	1,37	87,13	1,02	5,54	4,77
Turba 5 t.ha ⁻¹	90,32 b	110,93	60,38	8,81	1,29	89,9	2,72	4,19	3,93
Sulfato de Calcio 7 t.ha ⁻¹	88,65 b	117,22	58,35	11	2,65	86,35	1,72	6,92	4,33
CV (%)	15,75								

Referencias

C.V. (%)= coeficiente de variación.

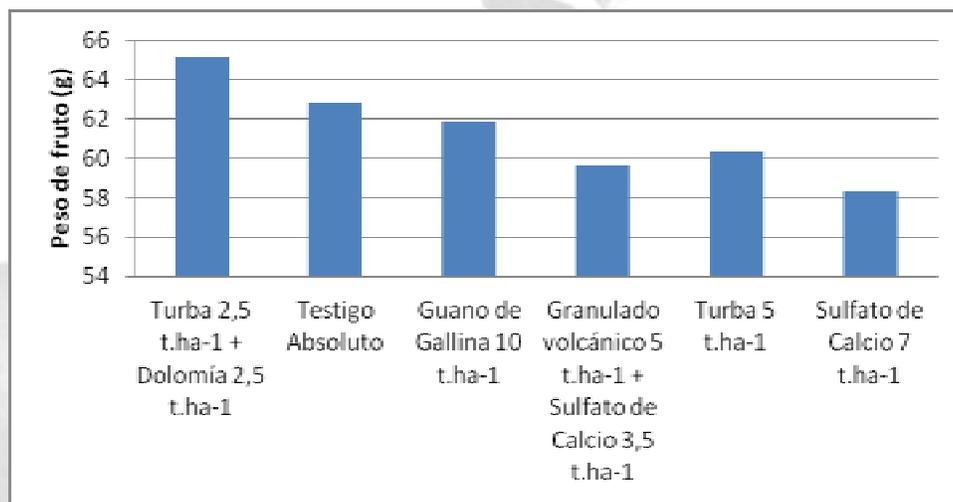
Letras iguales significan igualdad entre tratamientos (Duncan, $\alpha = 0,05$)



Gráficos de resultados por categoría

Peso de fruto

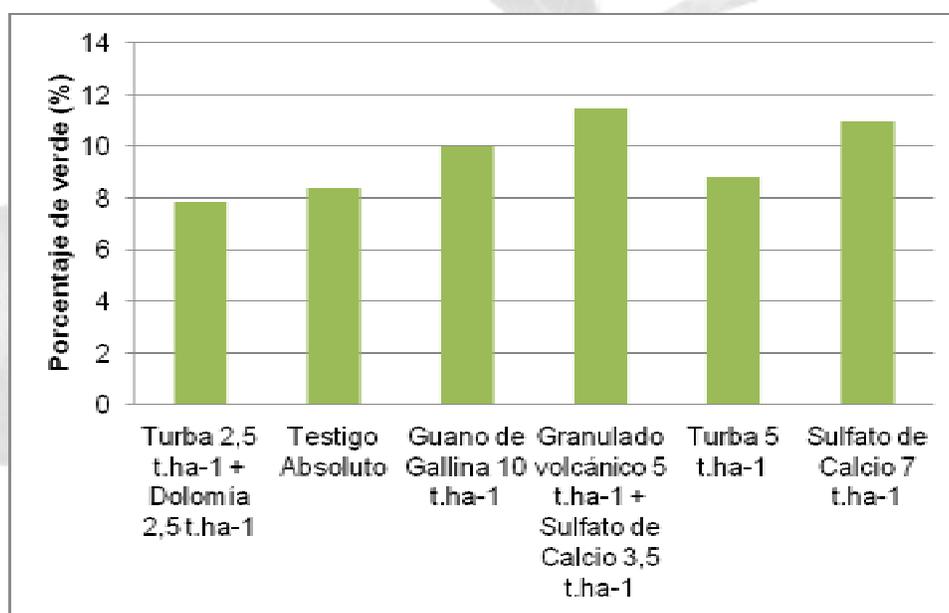
Tratamiento	Peso fruto (g)
Turba 2,5 t.ha ⁻¹ + Dolomía 2,5 t.ha ⁻¹	65,17
Testigo Absoluto	62,8
Guano de Gallina 10 t.ha ⁻¹	61,83
Granulado volcánico 5 t.ha ⁻¹ + Sulfato de Calcio 3,5 t.ha ⁻¹	59,67
Turba 5 t.ha ⁻¹	60,38
Sulfato de Calcio 7 t.ha ⁻¹	58,35



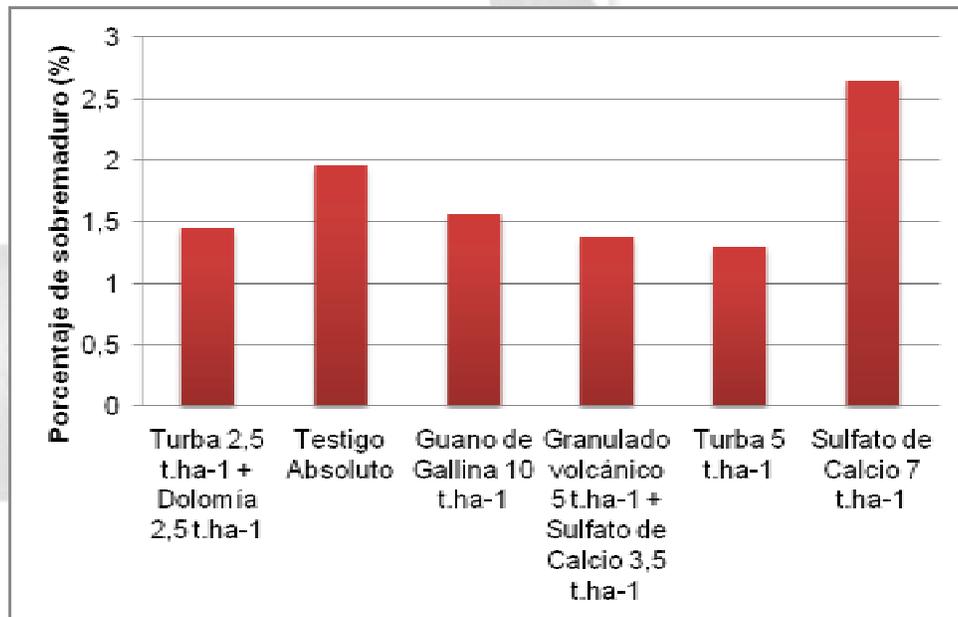
Hay diferencias en los pesos promedio mayores a un 10%. Esto es de relativa importancia ya que variedades de tomate de fruto chico no pueden destinarse a productos como pelado entero, cubeteado o deshidratado.

Concentración

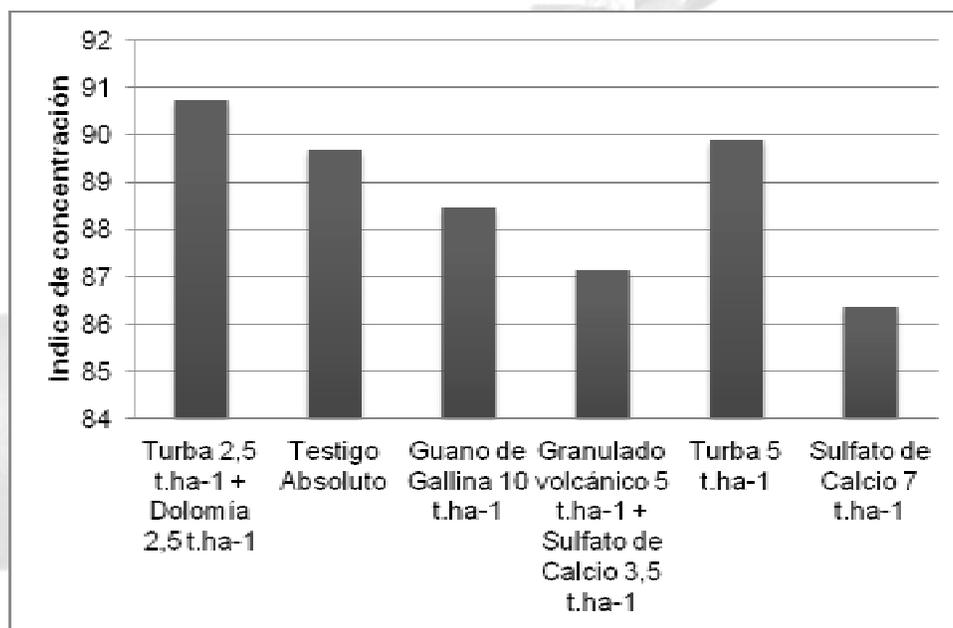
Tratamiento	Porcentaje de verde (%)
Turba 2,5 t.ha ⁻¹ + Dolomía 2,5 t.ha ⁻¹	7,82
Testigo Absoluto	8,38
Guano de Gallina 10 t.ha ⁻¹	9,99
Granulado volcánico 5 t.ha ⁻¹ + Sulfato de Calcio 3,5 t.ha ⁻¹	11,5
Turba 5 t.ha ⁻¹	8,81
Sulfato de Calcio 7 t.ha ⁻¹	11



Tratamiento	Porcentaje de sobremaduro (%)
Turba 2,5 t.ha ⁻¹ + Dolomía 2,5 t.ha ⁻¹	1,45
Testigo Absoluto	1,95
Guano de Gallina 10 t.ha ⁻¹	1,56
Granulado volcánico 5 t.ha ⁻¹ + Sulfato de Calcio 3,5 t.ha ⁻¹	1,37
Turba 5 t.ha ⁻¹	1,29
Sulfato de Calcio 7 t.ha ⁻¹	2,65



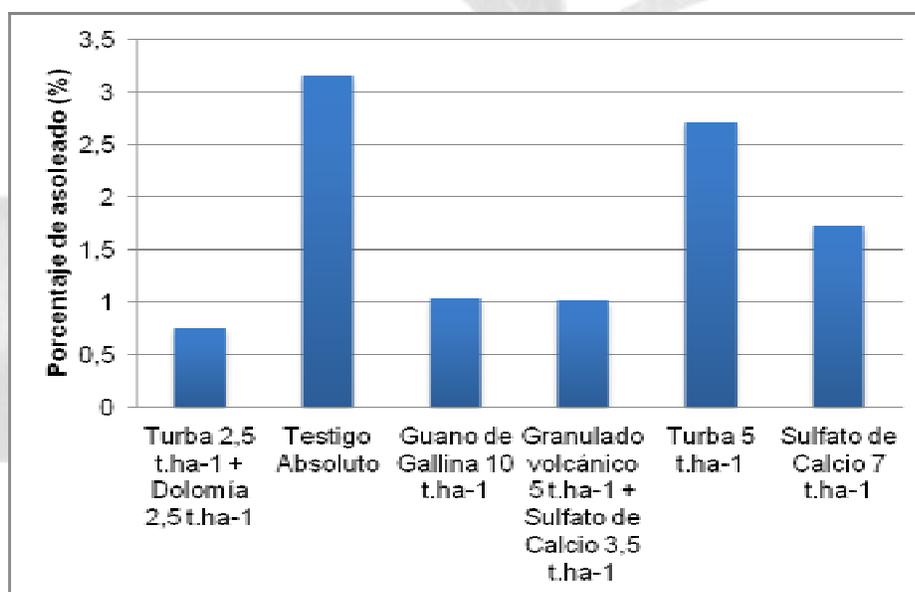
Tratamiento	Índice de concentración
Turba 2,5 t.ha ⁻¹ + Dolomía 2,5 t.ha ⁻¹	90,73
Testigo Absoluto	89,67
Guano de Gallina 10 t.ha ⁻¹	88,45
Granulado volcánico 5 t.ha ⁻¹ + Sulfato de Calcio 3,5 t.ha ⁻¹	87,13
Turba 5 t.ha ⁻¹	89,9
Sulfato de Calcio 7 t.ha ⁻¹	86,35



Este índice de concentración es una medida de la uniformidad, o sea el grado de tomate rojo con respecto a los verdes y sobremaduros. Se saca en base a un número (100) menos la sumatoria de verdes y podridos. Dado que la mecanización de la cosecha es una necesidad creciente en este sector, el aumento en la concentración mejora las pérdidas de materia prima.

Porcentaje de asoleado

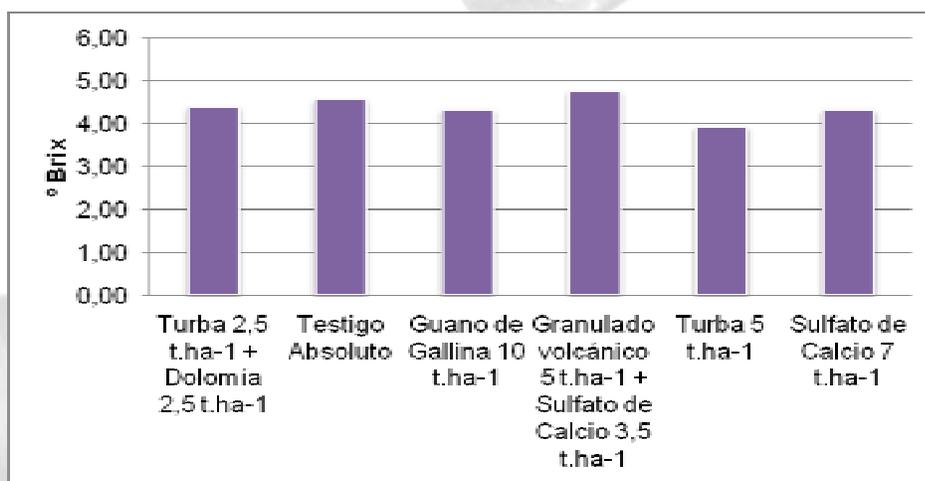
Tratamiento	Porcentaje de asoleado (%)
Turba 2,5 t.ha ⁻¹ + Dolomía 2,5 t.ha ⁻¹	0,75
Testigo Absoluto	3,16
Guano de Gallina 10 t.ha ⁻¹	1,04
Granulado volcánico 5 t.ha ⁻¹ + Sulfato de Calcio 3,5 t.ha ⁻¹	1,02
Turba 5 t.ha ⁻¹	2,72
Sulfato de Calcio 7 t.ha ⁻¹	1,72



A mayor porcentaje de asoleado menor calidad ya que la cobertura foliar sobre los frutos es deficiente. Vemos un descenso notorio en todos los tratamientos salvo la turba aplicada sola.

Grados Brix

Tratamiento	° Brix
Turba 2,5 t.ha ⁻¹ + Dolomía 2,5 t.ha ⁻¹	4,40
Testigo Absoluto	4,57
Guano de Gallina 10 t.ha ⁻¹	4,33
Granulado volcánico 5 t.ha ⁻¹ + Sulfato de Calcio 3,5 t.ha ⁻¹	4,77
Turba 5 t.ha ⁻¹	3,93
Sulfato de Calcio 7 t.ha ⁻¹	4,33



Es el porcentaje de sólidos solubles en el fruto. Diferencias de un 5 % son importantes ya que al concentrarse el tomate estas diferencias se multiplican hasta ocho veces dependiendo del producto (pulpa, pasta, concentrado etc.).

2- FINCA 'LOS HORNILLOS'- ALFALFA- MALARGÜE

Ubicación



Generalidades

La zona elegida para realizar los ensayos fue La Junta - Malargüe, esta zona se caracteriza por suelos con freática cercana, salinidad alta y texturas gruesas.

El señor Franklin Lucero fue elegido como productor modelo para este proyecto. Él posee una propiedad de 100 has en la zona indicada, es oriundo de Malargüe y tiene los aspectos elegidos como productor para este ensayo (predio de producción con

características buscadas, infraestructura, compromiso con el proyecto, historia como productor de alfalfa).

Los análisis de suelo y agua del cultivo de detallan a continuación:

Suelo:

Conductividad 1533 uS/cm

pH 7,61

Calcio 4 meq/lit

Sodio 12 meq/lit

Cloruros 8 meq/lit

Textura arenosa fina

Relación adsorción sodio 8,1

Suelo medianamente salino – sódico

Agua:

ph 6,64

Conductividad 3.200 uS

Sodio 26 meq/lit

Cloruro 18,72 meq/lit

Cultivo

La alfalfa (*Medicago Sativa*) es una pastura perenne de la familia de las leguminosas. Posee una vida útil de 5 temporadas y en época estival produce alrededor de 800 fardos de pasto que se cosechan en 5 a 8 cortes. La variedad elegida para el ensayo es de la empresa Guasch variedad Pampa Flor. Las características de esta variedad son: grupo de madurez 6, tercera multiplicación y un porcentaje de germinación mínimo de 85%. Se usaron 25 kilogramos de semillas, esto es suficiente para sembrar en cuadro de 1,3 hectáreas donde se ubica el ensayo.

Labores de cultivo: en el cuadro elegido se realizaron labores de cincel, rastra cruzada, riego previo, segunda rastreada y abordado.

Siembra: se realizó el día 24 de marzo del corriente año.

Tratamiento

Por las características del suelo previamente descritas, se aplicaron al suelo los siguientes minerales y rocas: yeso, dolomita, oficalcita y bentonita. Las parcelas tienen 4 m de ancho por 40 m de largo. Ver tabla.

Por los datos de suelo y agua estamos en presencia de una situación de peligrosidad salina. Esto va a poner a prueba los ensayos por una situación de stress continuo debido al exceso de sales.

Testi-go	Yeso (100 kg)	Dolomita (86 kg) + Yeso (50Kg)	Oficalcita (75 Kg)	Yeso (75 Kg) + Bentonit (75 Kg)	Testi-go	Yeso (100 kg)	Dolomita (86 kg) + Yeso (50Kg)	Oficalcita (75 Kg)	Yeso (75 Kg) + Bentonit (75 Kg)	Testi-go	40 m
4m											



Fotografías: preparación del suelo para el ensayo, aplicación de enmiendas minerales



Análisis de Suelos

A diferencia de la finca ubicada en San Carlos, este terreno es virgen, no ha sido cultivado anteriormente.

El resultado de los análisis evidencia mayor contenido de sales en general y de sodio en particular.

El RAS es alto en general, mayor que en el caso de San Carlos, aunque hay variaciones dentro de la misma finca.

En el caso del análisis número 1 el suelo es salino sódico, los suelos 2 y 3 son salinos no sódicos. Para realizar un ensayo en un terreno diferente al anterior que tenía buenos antecedentes, y probar la efectividad o no de este proyecto en terrenos 'marginales', elegimos el terreno salino sódico.

Debido a las condiciones de este suelo, también se analizó el agua con que se realiza el riego del campo y se observa que la misma no se destaca por sus buenas condiciones, sino que posee altos contenidos de sodio.

De todas maneras, el suelo elegido posee una característica muy importante que es su textura, de tipo arenosa, esto ayuda porque el agua escurre rápidamente, la planta toma lo que necesita y el resto se pierde. Además, el cultivo elegido: alfalfa, es un excelente 'recuperador' de suelos, debido, entre otras razones, a la raíz larga que desarrolla.

La acumulación de sales, sodio y/o el uso continuado de agua de mala calidad, afectan la estabilidad estructural, la conductividad hidráulica y la tasa de infiltración del suelo, causando una reducción de su capacidad productiva. A mayor RAS, la conductividad hidráulica del suelo disminuye por efecto del hinchamiento y dispersión de las arcillas, disminuye la infiltración y aparecen suelos con costra superficial en donde la germinación y emergencia de los cultivos se ven comprometidas. El manejo de un suelo salino – sódico se realiza mediante la utilización de enmiendas. Éstas contrarrestan el aumento de los niveles de sodio y estabilizan la estructura del suelo.

Hasta el momento no se obtienen conclusiones de este ensayo por los tiempos del proyecto, pero al igual que en el caso anterior, se realizarán ensayos posteriores para comparar los resultados.

3- 'ESTACIÓN EXPERIMENTAL INTA, LA CONSULTA' - AJO- SAN CARLOS

Ubicación:

Ex Ruta 40, km 96 (5567), La Consulta.

Generalidades

Se logró un acuerdo con INTA La Consulta para ensayar con turba en ajo dentro de la estación experimental. El encargado de los ensayos es el Ing. Agr. Victor Lipinski (<http://inta.gob.ar/personas/lipinski.victor/>).

El ensayo fue plantado el 1ro de abril para ser cosechado en el mes de diciembre de este año. La variedad es ajo colorado y el cultivar es Rubi INTA. La densidad de plantación es de 290.000 pl/ha, se sembró en surcos a doble cara. Se riega todo por sistema de goteo y en la cama de los ensayos se colocó turba para luego tajarla y sembrar los ensayos.

Estado actual del ensayo: todavía es muy temprano para sacar conclusiones ya que el ajo está saliendo del estado de dormición que provocan las bajas temperaturas invernales. El momento fenológico de los ajos es 3 a 4 hojas verdaderas (ver fotos). No se observan diferencias visuales entre tratamientos, si se observa quemado de puntas en todos los tratamientos debido a las bajas temperaturas. Hasta el momento los crecimientos son normales para la fecha del año en la que estamos. Cabe recordar que las mediciones se hacen sobre bulbos cosechados en el mes de diciembre, a partir de allí se pueden tomar conclusiones.

Fotografías: preparación del terreno para el ensayo



Fotografías: Estado actual del ensayo, la explosión vegetativa ocurre en septiembre, el crecimiento de la planta actual es muy lento.



CONCLUSIONES GENERALES

El desafío del equipo de trabajo, en el momento de plantear este proyecto, era comprobar la utilidad de productos minerales como 'fertilizantes' naturales para los suelos. Esta temática está siendo aplicada desde hace años de manera práctica, con el agregado al suelo de productos clásicos como yeso o turba, según el caso. Nuestra intención era, y es, estudiar (en laboratorio) y ensayar (en campo), con diferentes minerales y rocas que sean novedosos, que puedan producir beneficios a distintos tipos de suelos, y preferentemente, a suelos marginales, con carencias 'nutricionales' importantes. Además, usando productos que estén cercanos a las zonas productivas y con la gran finalidad de recuperar el suelo en el corto y largo plazo.

A nuestro entender vamos por buen camino, ya que observamos que existe una buena interacción entre el suelo y los agregados con que hemos ensayado y que hay una gran variedad de productos que analizar, ricos en diferentes nutrientes.

Además, nos encontramos en una zona rica geológicamente hablando, con variedad y cantidad de formaciones rocosas y yacimientos minerales.

Al tratarse de procesos naturales que requieren tiempo y repeticiones en el tiempo, es que nuestras conclusiones son parciales en este momento.

Es por eso que seguiremos en este sentido, realizando más y variadas experimentaciones con el fin de obtener resultados confirmados y respuestas certeras.

BIBLIOGRAFÍA

Algunas de las fuentes consultadas son las siguientes:

- “MINERALES PARA LA AGRICULTURA EN LATINOAMÉRICA” – Eds: Ing. Hugo Nielson - Lic. Roberto Sarudiansky– 2005, 574 páginas.
- “FERTILIZANTES Y ENMIENDAS DE ORIGEN MINERAL” – Ing. Hugo Nielson - Lic. Roberto Sarudiansky – 2003, 283 páginas.
- SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO – INTEMIN - Instituto de Tecnología Minera- Informes, página web.
- Geología y Recursos Naturales de Mendoza – XII Congreso Geológico Argentino.
- Hojas Geológicas, Imágenes satelitales correspondientes.
- Informes existentes en la Dirección de Minería de Mendoza.
- Informes de: INTA, FAO, CYTED, etc.
- Página web del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Páginas web de distintas Universidades y Centros de Investigación.



ANEXO ANTECEDENTES



AGROMINERIA EN ARGENTINA

A continuación se observan fragmentos extraídos de la prensa donde se hace mención a la importancia de ciertas rocas y minerales en la agroindustria. Partiendo de la importancia de esta temática, es que en nuestro equipo avanzó un paso hacia estudiar, desde la química y la experimentación en cultivos, varios minerales y rocas con potencial para el uso agrícola.

‘Informe: la expansión de la producción agraria es una gran oportunidad para la minería Argentina’

Fuente: Mining Press

Fecha de publicación: Septiembre de 2011

La Argentina cuenta con importantes yacimientos de caliza (carbonato de calcio), dolomita (carbonato de calcio y magnesio), cal, boratos y yeso. Es un nicho que vale la pena explorar porque ofrece jugosos rendimientos. Existe un mercado consumidor de fertilizantes y correctores, muchos de ellos importados. El crecimiento y desarrollo de la producción desde los 100.000.000 ton a 157.000.000 ton en 2020 garantiza una demanda de fertilizantes en expansión. Suelos cada vez más pobres y mucha agricultura. Es una gran oportunidad para que la minería aporte a la tierra su riqueza diezmada.

UN RICO MENÚ

Por Roberto Sarudiansky, Geólogo, especialista del CYTED

Existen recursos mineros identificados en el territorio argentino que podrían ser extraídos, procesados y aplicados en las distintas actividades agropecuarias que se desarrollan en el mismo. Esto implica la posibilidad de generar negocios mineros cuyos productos aportarían al crecimiento del sector agropecuario nacional.

Opinión

No habrá Boom del Agro sin más Agrominerales

Por Aldo Antonio Bonalumi, Secretario de Minería de Córdoba. Profesor de Petrología Ígnea y Metamórfica de la UNC

El Plan Estratégico Alimentario y Agroindustrial 2020 que la presidenta anunció es un gran paso, una gran base a partir de la cual la industria de minerales agronutrientes tiene que ser potenciada, ayudada para que crezca y acompañe la concreción de este gran objetivo.

‘Plan Nacional de Enmienda y Remineralización de Suelos’

Fuente: Boletín oficial Nº 31650

Fecha de publicación: 2009

El carácter de recurso natural agotable del suelo impulsa a promover acciones a favor de la sustentabilidad del mismo como recurso económico y como patrimonio nacional para la realización y desarrollo de la sociedad. Por ello, a partir de un convenio con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) se trabaja, desde hace 4 años, en el desarrollo y la implementación del Plan Nacional de Enmienda y Remineralización de Suelos.

Objetivo general del plan

Promover el cuidado de la calidad del suelo, mediante la aplicación de enmiendas minerales nacionales, que hagan sustentable el desarrollo del sector agrícola.

Fuente: Prensa GeoMinera

Fecha de publicación: 2009

La Secretaría de Minería de La Nación y el INTA tienen un plan de enmiendas y remineralización de suelos para el cual firman anualmente un convenio marco reafirmando esta postura. El SEGEMAR, en conjunto con el Instituto de Tecnología Minera (INTEMIN) ofrecen la asistencia técnica a los productores agrícolas y mineros dentro de este programa. En sus laboratorios, realizan ensayos, análisis, formulaciones e investigaciones para lograr una caracterización y un correcto control de los agrominerales.

‘Remineralización De Suelos’

Fuente: Segemar

Fecha de publicación: resumen del año 2007

Durante el 2006 el SEGEMAR a través de una de sus unidades especializadas, INTEMIN, dio especial importancia a los agrominerales debido al incremento de la

actividad agropecuaria y a la explotación intensiva de los suelos de cultivo, habiéndose sumado al Plan Remineralización de Suelos de la Secretaría de Minería de la Nación y participando de las exposiciones agropecuarias más destacadas del país.



ANEXO
DIFUSION DEL PROYECTO



INTA EXPONE SALTA, ABRIL DE 2012

El pasado mes de abril, parte del equipo de trabajo realizó un viaje a la Exposición que el INTA realiza anualmente. La intención del viaje era dar a conocer nuestro proyecto en un ámbito propicio de investigación y de tecnología agraria.

Las conclusiones fueron muy positivas, intercambiamos información con muchos profesionales del INTA, quienes, en general, manifestaron mucho interés por este proyecto.



Fotografía al ingreso del predio ferial



Fotografías a distintos cultivos, el primer caso: alfalfa. En el caso de la segunda fotografía son ejemplos de cultivos con algún tipo de carencia: calcio y boro; hambre oculto y deficiencia de nitrógeno.

También se difundió el proyecto el día de la minería cuya celebración se realizó en Malargüe con una exposición de 3 días, nuestra participación fue en carácter de expositores, presentando los avances del proyecto 'Fertilización Mineral'.

EXTERIOR



EQUIPO DE INVESTIGACION:
 DRA. MARIANA RAVIOLLO
 LIC. JUAN FALLET
 ING. ROKANA ZANFAGNINI
 ING. RODRIGO LOPEZ

COLABORADORES:
 ING. JUAN PABLO DARUICH
 ING. GERMAN LUQUE

SUBSIDIO:
 CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

**FERTILIZACION
MINERAL
MENDOZA**

**DIRECCION DE MINERIA,
GOBIERNO DE MENDOZA**

AGRADECIMIENTOS:
 DEPARTAMENTO DE MALARGUE
 INTA
 PRODUCTORES MINEROS
 Y AGRICOLAS

CONTACTO:
 Juan_fallet@yahoo.com.ar
 m_raviolo@hotmail.com

INTERIOR




Minerales y rocas que se aplicarán al suelo para los ensayos:

- TURBA**
- BENTONITA**
- YESO**
- DOLOMITA**
- ROCAS ULTRABASICAS**
- ROCAS PIROCLASTICAS**
- BASALTO**
- MINERALES COMPLEJOS – OLIGOELEMENTOS (Zn, Cu, Fe)**



- La reposición de nutrientes minerales incrementa la fertilidad física y química de los suelos, garantizando el desarrollo sustentable.
- Es responsabilidad del estado incorporar a su política la defensa del recurso suelo y el rol integrador de los sectores involucrados, el agro y la minería.
- Los suelos son recursos naturales estratégicos y no renovables en la escala del tiempo humano.

Folleto realizado con el fin de promocionar el Proyecto.

ANEXO
FOTOGRAFÍAS DE LABORATORIO





Muestra de Roca



Trituración



Cuarteo



Pulverización



Tamización



Muestra apta para análisis químico

Ensayos con oficalcita y serpentina

ANEXO **FOTOGRAFÍAS DE CAMPO**



**USPALLATA-
MUESTREO DE OFICALCITA Y SERPENTINA**



**USPALLATA-
MUESTREO DE OFICALCITA Y ROCAS ULTRABÁSICAS**



ANEXO PLANILLAS ANALISIS QUIMICOS



ANEXO ACTA ACUERDO MALARGÜE

