



Aprovechamiento de minerales y rocas industriales

Uso de vasijas de cerámica para riego subterráneo

Dania V. Pascua y Horacio A. Lucesoli

Serie de Contribuciones Técnicas
Recursos Minerales - Boletín N° 04

**Aprovechamiento de minerales y rocas industriales
de la Provincia del Neuquén**

**Uso de vasijas de cerámica
para riego subterráneo**

Dirección Servicio Geológico - **Dania V. Pascua**
Dirección General Técnica - **Horacio A. Lucesoli**

Zapala – 2020

Gobernador

Gobernador de la Provincia del Neuquén: **Cr. Omar Gutiérrez**

Vicegobernador

Vicegobernador de la Provincia del Neuquén: **Cr. Marcos Koopmann Irizar**

Ministerio de Energía y Recursos Naturales

Ministro de Energía y Recursos Naturales: **Lic. Alejandro Monteiro**

Subsecretaría de Energía, Minería e Hidrocarburos

Subsecretario de Energía, Minería e Hidrocarburos: **Cr. José Gabriel López**

Dirección Provincial de Minería

Director Provincial de Minería: **Lic. Carlos Portilla**

Sugerencia de referencia bibliográfica

Pascua (D.V.) y Lucesoli (H.A.). 2020. Aprovechamiento de minerales y rocas industriales de la provincia del Neuquén: Uso de vasijas de cerámica para riego subterráneo. Dirección Provincial de Minería, Serie de Contribuciones Técnicas: Boletín N° 04. 26 pág. Zapala, Neuquén.

ISSN 2618-5369

Dirección Provincial de Minería
Elena de la Vega 472
(8340) Zapala | Neuquén | Argentina
Tel/Fax: 02942 – 431438
halucesoli@neuquen.gov.ar

Zapala – 2020

CONTENIDO

Resumen.....	8
Introducción	8
Zonas áridas o semiáridas, suelos, agua y cultivos	9
Vasijas de cerámica utilizadas para riego subterráneo	10
Diseños de regadío	13
Comparación con otros sistemas de riego.....	15
Ventajas	15
Desventajas.....	16
Minerales y rocas industriales utilizados en cerámica.....	17
Arcillas	18
Basaltos	19
Calizas	19
Ceniza volcánica	19
Cuarzo	20
Diatomitas	20
Dolomías	20
Obsidianas	21
Tobas	21
Mapa de minerales de interés.....	22
Elaboración de vasijas de cerámica	23
Conclusiones	23
Referencias.....	24

Resumen

En zonas áridas o semiáridas, las limitaciones impuestas a la agricultura por la escasez de agua han llevado a la búsqueda de estrategias de riego y al desarrollo de sistemas cada vez más eficientes, como son la programación mejorada del riego y la selección de variedades de cultivos eficientes en el uso del agua. El riego por inundación y el riego por aspersión quedan descartados en favor de los riegos localizados y, dentro de estos, los riegos subterráneos o sub-superficiales son los más recomendados para reducir la evaporación directa y para evitar la proliferación de hierbas invasivas. El sistema por goteo es considerado como sinónimo de eficiencia y ahorro de agua en materia de riego, pero suele presentar serios inconvenientes debido a la frecuente obturación de sus emisores, a su costo elevado (bomba, sistemas de filtrado, válvulas, mantenimiento, etc.), a la alta frecuencia de aplicación y a que existen riesgos de fugas. El uso de vasijas, capsulas porosas u ollas cerámicas es una alternativa potencialmente adecuada para disminuir el volumen de riego, dado que su instalación es relativamente fácil y el costo es competitivo respecto a otros tipos sistemas de riego.

Introducción

Dado que la República Argentina, la Provincia del Neuquén y la Municipalidad de Zapala se han sumado a la iniciativa internacional promovida por las Naciones Unidas, denominada Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS). Que entre sus objetivos se encuentran: poner fin al hambre, lograr seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible y, para ello se están llevando a cabo políticas a fin de lograr estos objetivos, fomentando la implementación de huertas ecológicas y cultivos urbanos. Por ello, la Dirección Provincial de Minería, ha desarrollado este informe con el objetivo de promover el uso de vasijas de cerámica para regar estos cultivos en las ciudades y en las chacras, y a su vez promover la explotación de arcillas, cuarzo, arenas silíceas, basaltos, tobas, ceniza volcánica, entre otros. Todos estos insumos utilizados en la fabricación de cerámica.

Según datos de la FAO (2017), la agricultura representa el 70% del consumo de agua dulce extraída; a escala global, la agricultura de riego abarca más de 330 millones de hectáreas, lo que representa el 20% del total de la tierra cultivada y contribuye con el 40% del total de alimentos producidos en todo el mundo. Actualmente, la demanda de agua dulce en el mundo es elevada, por lo que su escasez representa la principal amenaza para la sostenibilidad en la producción de alimentos en muchas regiones del mundo.

El uso ineficiente de agua para la producción de cultivos acelera el agotamiento de los acuíferos, reduce el caudal de los ríos, degrada los hábitats de la flora y fauna y, causa la salinización de las zonas agrícolas irrigadas.

Por todo lo expuesto, es necesario hacer un uso más eficiente del agua y reducir su consumo en la agricultura para poder avanzar hacia la sustentabilidad. Es necesario el desarrollo de tecnologías y el mejoramiento de prácticas para incrementar o mantener igual la producción de alimentos. El riego con vasijas, cántaros, ollas, vasos, potes, botijas o botos (la denominación es muy variada según la forma del recipiente y la región) es adecuado, cuando la disponibilidad de agua es insuficiente, ofrece una sencilla operación de instalación.

Zonas áridas o semiáridas, suelos, agua y cultivos

En la localidad de Zapala, la extracción de agua para actividades agrícolas proviene del Acuífero Zapala. El acuífero representa la única fuente de agua para los habitantes de la localidad y de las Colonias Agrícolas colindantes para el desarrollo de la agricultura. El impulso de los cultivos en las huertas urbanas, ejercerán una presión creciente sobre el acuífero, que sumado a los volúmenes que se extraen para uso público-urbano en la ciudad, necesitan de un uso cada vez más racional del recurso.

En la producción agrícola la falta de humedad en el suelo afecta negativamente al cultivo y por lo tanto, a su rendimiento. Si el contenido de agua es bajo se la debe reponer para que los cultivos la puedan absorber con facilidad, mediante el riego. Los riegos de socorro (o supervivencia) y de apoyo (o mantenimiento inicial) resultan muy útiles para evitar deficiencias por estrés hídrico, causa principal de los fracasos en la plantación de distintos cultivos en zonas áridas o semiáridas. Para evitar esta problemática, hay que acudir a sistemas de riego localizado para no malgastar agua.

Las propiedades del suelo desempeñan un papel importante en los cultivos, por lo que conocer la variabilidad espacial de las características del suelo dentro de un cultivo permite una mejor comprensión de la variabilidad de la respuesta fisiológica de las plantas.

El *contenido de humedad del suelo* desempeña un papel clave en la producción de cultivos, ya que sirve como disolvente para varios nutrientes minerales que permiten el desarrollo correcto de la planta. Además, la percolación y la evaporación, tienen un impacto significativo en la descomposición microbiológica de la materia orgánica del

suelo. La información detallada sobre la humedad del suelo, por lo tanto, es esencial para la programación del riego, para poder reducir al mínimo el estrés hídrico de la planta, para evitar un riego excesivo o insuficiente y, para mejorar el rendimiento de los cultivos.

La *capacidad de retención de agua del suelo* depende de la textura y contenido de materia orgánica. El agua es retenida por el suelo en función del tamaño de las partículas del suelo, su área superficial y su capacidad de intercambio de cationes. Cuanto menor sea el tamaño de partícula, mayor será el área superficial; por lo tanto, partículas con superficies más grandes permiten que el suelo retenga más cantidad de agua. El contenido de materia orgánica del suelo también influye en su capacidad de retención de agua, cuanto mayor es el contenido de materia orgánica, mayor es su capacidad de retención de agua.

La *porosidad del suelo* está dada por los espacios entre las partículas del suelo, que consisten en una cantidad variable de aire y agua. La cantidad de espacio vacío dentro de un suelo depende de la distribución de los tamaños de partículas y su agregación. El agua que entra al suelo puede estar retenida en los poros o sobre las superficies de las partículas por atracción molecular y por enlaces químicos no covalentes hasta que la masa del agua gana a estas fuerzas y se drena. La cantidad de agua que se retiene contra la gravedad se conoce como capacidad de campo (se expresa como porcentaje por volumen). La fracción retenida por capilaridad queda a disposición de las plantas o a la evaporación, mientras la fracción adherida a las partículas del suelo requiere mayor tensión para removerse. La determinación de la capacidad de campo es útil porque es uno de los factores que permiten calcular la cantidad potencial de agua disponible para el uso de la planta.

Vasijas de cerámica utilizadas para riego subterráneo

Este método es uno de los más antiguos sistemas de riego localizado que ha utilizado el hombre. Los chinos utilizaban esta técnica de irrigación, en el siglo I A.C., para cultivar melones. Los romanos también conocían y difundieron este sistema de riego. En España lo aplican para instalar árboles frutales de secano (almendros, olivos, algarrobos, moreras, nogales, etc.) desde siempre. Actualmente es una técnica muy difundida, se ha corroborado su eficiencia en cultivos de rosales, melones, pepinos, tomates, almendros, granada, oliva, algarrobo, pistachos y otros frutales de climas áridos o semi-áridos.

Las prácticas de irrigación no convencionales mejoran la eficiencia del uso de agua, obteniendo una ventaja económica para los agricultores y a la vez una disminución del daño ambiental. Los sistemas de riego subterráneos se originaron como una alternativa para mitigar los problemas de drenaje y la pérdida de agua por las altas tasas de evaporación y para lograr el máximo control sobre el contenido de humedad en la zona más activa de la raíz. Este tipo de sistemas, por lo tanto, permite un ahorro considerable del agua en zonas áridas o semiáridas caracterizadas por la poca disponibilidad de agua.

Cualquier recipiente de cerámica porosa tiene tendencia a rezumar agua, a resudar; si se entierra el recipiente, irá cediendo lentamente el agua que contiene al suelo. De esta forma se consigue un riego localizado, lento, prolongado y seguro que es muy efectivo en zonas desérticas o en áreas críticas por aridez edáfica (suelos arenosos, salinos, calizos o yesosos; salares con suelos esqueléticos, etc.). El flujo del agua a través de las paredes de estos recipientes depende de la diferencia de potencial hídrico existente (Ley de Darcy-Buckingham), viene regulado por la demanda (sequedad/humedad) del suelo, por lo que el riego resulta muy eficiente.

El método de riego con vasijas enterradas, goteo subterráneo, es uno de los sistemas más eficientes conocidos y es ideal para jardineros y pequeños agricultores. En este sistema de riego se utiliza una vasija de arcilla sin esmaltar que, se entierra y se llena de agua para proporcionar un riego controlado a las plantas. La pared de la arcilla filtra el agua a través de los poros, el flujo es controlado por el uso de agua de la planta.

Para este sistema de riego se utilizan vasijas de cerámica con una capacidad de 0,25 a 5 litros de agua, generalmente, son de cuello angosto, con el fin de reducir las pérdidas por evaporación y evitar la entrada de luz lo cual permite el crecimiento de algas en las paredes internas; el diámetro apropiado del cuello es de 10 cm, aunque también las hay con cuellos mayores o menores, según la capacidad de abastecimientos de agua.

Para utilizar este sistema de riego se pueden comprar las vasijas u ollas hechas, listas para su instalación. Esto no sería un impedimento para los productores agrícolas de la región, ya que en la localidad de Zapala se halla el *expertice*, tanto en la Escuela Municipal de Cerámica como en ceramistas privados, que ayudaría a fabricarlas a bajo costo utilizando materiales de la zona con bajos valores de transporte.

Las vasijas se entierran hasta el cuello en el suelo y se llenan de agua cuando se vacían para mantener el agua del suelo en un nivel favorable para el crecimiento de las raíces. Una vasija de éstas tarda 3 días, aproximadamente, en filtrar toda el agua, lo que marca el intervalo para llenarla nuevamente. Basta con dejarlo fácil de localizar y bien

tapado para evitar que el agua se evapore o que los animales lo puedan utilizar como bebedero.

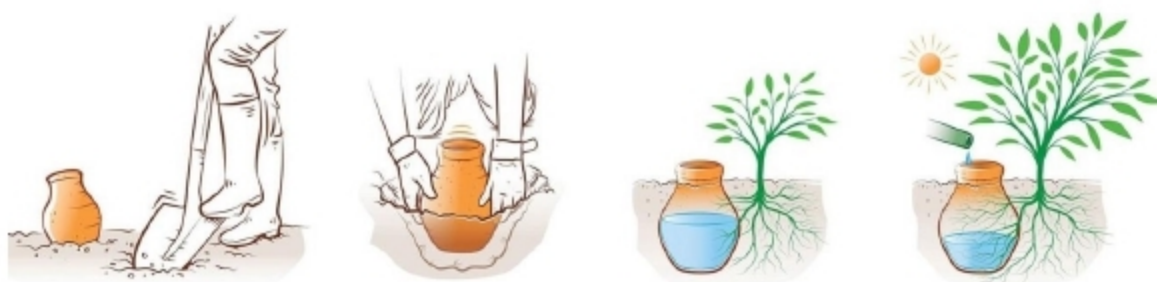


Fig. 1: sistema de riego subterráneo.

Las vasijas de cerámica, se han utilizado de forma continua de 3 a 6 años, incluso con agua salina. Para mantener la humedad y la frescura del agua recomiendan cubrir la olla y el pie del árbol con rastrojos.

En la siguiente tabla se describen las características del modelo de la foto, utilizado para plantas de interior y de terrazas.



Tabla 1: características de un modelo vasija.	
Diámetro	9 cm
Capacidad	0,25 litros
Diámetro de irrigación	30 cm
Consumo máximo	0,07 lts/d
Frecuencia de recargo	4-6 días

Fig. 2: vasija de riego para macetas, sin esmaltar y esmaltadas.

Existe una gran variedad de modelos y diseños, para que las vasijas funcionen adecuadamente es necesario que se construyan con materiales que proporcionen valores de porosidad de la pared entre el 20-25%, lo cual depende de los materiales de fabricación (generalmente una mezcla de arcilla y arena en una proporción de 4:1) y de la temperatura de cocción, no debe ser muy quemada para que sea más eficiente.

La filtración de agua por la pared de la vasija se ve afectada por varios factores, tales como la conductividad hidráulica del material de la cápsula, el espesor de la pared, el área de la superficie, la textura de suelo, el tipo de cultivo, la tasa de evapotranspiración, el microclima y la competencia con las malezas.

La porosidad del suelo permite una lenta pero suficiente entrega de agua por diferencial hídrico al suelo. Por ello, recipientes barnizado, esmaltado o vidriado

completamente no sirven; lo ideal es que tengan barnizado el cuello para evitar la evapotranspiración. En cuanto a la forma, los mejores son altos, de base panzuda (para regar en profundidad) y de cuello pequeño.

Este sistema de riego se recomienda para ser utilizado en zonas con precipitaciones anuales menores a los 1500 milímetros, no demanda grandes cantidades de agua para su funcionamiento por lo que se puede usar en zonas donde la disponibilidad de agua es limitada.



Fig. 3: variedad de modelos y diseños de vasija de riego.

Es apto en suelos donde la capacidad de infiltración es elevada, aunque se requiere mayor cantidad de agua. Hay que tener en cuenta que suelos con textura arenosa infiltran más rápidamente el agua que los suelos francos o arcillosos.

Diseños de regadío

El potencial de ahorro de agua en el riego subterráneo depende de la cantidad de vasijas que se coloquen y lo que tarde en madurar el cultivo. El número de cápsulas porosas utilizado está dado en función del área de cultivo, las condiciones del suelo, clima, y tamaño de las mismas. Antes de la instalación, se debe determinar el radio de humedecimiento del suelo y la tasa de filtración, ya que esto ayudará a conocer la distancia máxima que puede haber entre los recipientes. Para este método de riego se requiere de poca mano de obra para su instalación y mantenimiento. En dependencia de la cantidad de árboles, se requiere un poco más de agua para su riego ya que una vasija tarda

aproximadamente 3 días en descargar el agua por lo que es necesario llenarlas con esa frecuencia.

La colocación de las vasijas se puede realizar de dos maneras:

- *Individuales*: se realiza manualmente un hoyo en una maceta o varios hoyos en una parcela.



Fig. 4: Cápsulas de cerámica individuales.



- *Interconectados*: se realizan varios hoyos en una parcela, las vasijas se conectan entre sí a través de mangueras plásticas de muy pequeño diámetro. La fuente de abastecimiento lo constituye un depósito que permite que una vez cebado el sistema, funcione de forma autorregulada aprovechando la fuerza de succión que genera el flujo de savia de las plantas.

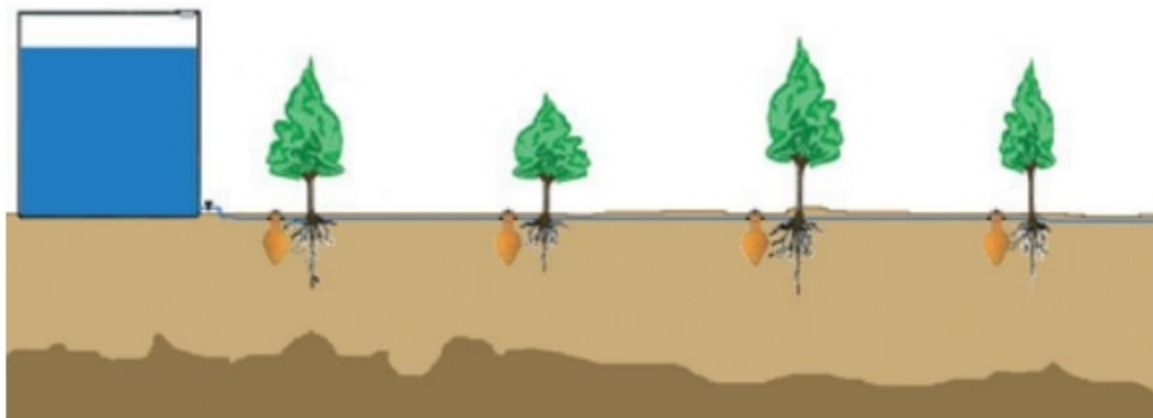


Fig. 5: Cápsulas de cerámica conectadas a un ramal de riego.

Los diseños de plantación pueden ser:

- *Marco real*: cada árbol y vasija, se colocan en el vértice de un cuadrado. Permite el paso en dos direcciones perpendiculares, entre filas y entre plantas.

- *Marco rectangular*: cada árbol y vasija, se colocan en el vértice de un rectángulo. Las labores se realizan en hileras.

- *Marco cinco de oros*: similar al marco real pero con un árbol y una vasija en el centro de cada cuadrado.

- *Tresbolillo*: cada árbol y vasija, están situados en el vértice de un triángulo equilátero. La distribución de la tierra es óptima con este sistema, pero se complican las labores.

- *Pata de gallo*: sistema que consiste en introducir una hilera de árboles, cada 3 m, en la base de un sistema rectangular y se añade una fila paralela a una distancia de 1,5 m. Ideal para plantar árboles frutales y plantas aromáticas entre ellas, por ejemplo.

Como la erosión es uno de los factores más importantes en las plantaciones en ladera. Existen varios sistemas para el control de la erosión:

- *Montículos o Caballones*: se realiza en caso de que la pendiente sea muy pronunciada ($>15\%$). Se realiza un montículo o caballón pendiente arriba aproximadamente a 80 cm de la fila de árboles. El montículo deberá tener una altura de unos 40 cm.

- *Mesetas corridas*: se realizan mesetas paralelas a las curvas de nivel. Sobre estas se colocan los árboles y las vasijas. Para establecer el tamaño de las mesetas hay que prever el tamaño final previsto de los ejemplares, es importante dejar lugar para el paso.

- *Terrazas invertidas*: se realiza en caso de que la pendiente sea muy pronunciada ($>15\%$). Este sistema es similar al de las mesetas, pero en este caso, el árbol y la vasija se sitúan en la zona exterior de la terraza. también es importante dejar lugar para el paso.



Fig. 6: Plantación por: a) montículos, b) mesetas corridas y c) terrazas invertidas.

Comparación con otros sistemas de riego

Ventajas

- El método de riego subterráneo se puede utilizar para una amplia gama de plantas anuales y perennes, incluidas muchas verduras y frutas. Facilita un rápido crecimiento de las plantas.

- Ofrece una alternativa para el cultivo de plantas en áreas remotas donde es difícil y costoso acceder a cultivos frescos.
- Útil en condiciones de alta salinidad o alcalinidad, aridez extrema o donde el suministro de agua y otros recursos es limitado.
- El problema de malezas disminuye drásticamente.
- Se reducen las pérdidas debidas a la evaporación y la percolación.
- El suministro de agua controlada puede reducir los problemas de acumulación de agua, encharcamientos, y de secado rápido.
- El costo de instalación es menor con respecto al riego por goteo y, por lo tanto, puede ser adoptado por pequeños y medianos agricultores. La utilización de energía es mínima o nula en algunos casos. No requiere de un elevado nivel de conocimiento, ya que tanto la instalación como el mantenimiento son sencillos, aunque se necesita de algunos conocimientos sobre la necesidad de agua de la planta según el cultivo.
- Es posible reducir el uso de agua en un 90% en comparación con el riego de superficie y un 65% con el riego por goteo.
- Se puede usar para establecer plantas en pendientes pronunciadas y áreas de drenaje rápido donde el riego convencional no es práctico.
- Es un sistema de riego auto regulado y el aprovechamiento del agua es óptimo, esto implica un desarrollo y rendimiento favorables en los cultivos.
- La frecuencia de llenado de las vasijas es cada tres días, generalmente.
- No genera impactos ambientales negativos, mejora los niveles de compactación, erosión, estabilidad estructural y grado de agregación del suelo.
- En caso de rotura, no generan impactos negativos por usar materiales naturales para su elaboración y prácticamente inertes durante y luego de su uso.

Desventajas

- No es recomendable su utilización a gran escala, para grandes áreas, dada la gran cantidad de vasijas requeridas.
- Los costos de fabricación se incrementan con la lejanía de los materiales apropiados para la confección de las cápsulas.
- Las vasijas pueden ser vulnerables durante la cosecha. La productividad es altamente sensible a las roturas de las mismas.
- Se requiere de protección de los animales para evitar daños o roturas.

En la siguiente tabla se observa una comparativa de los distintos sistemas de riego:

Tabla 2: comparación de varios sistemas de riego.					
Sistema	Eficiencia	Costo	Adaptabilidad a lugares remotos	Aplicación	Mantenimiento
Gravedad	Muy baja, Baja	Muy bajo	Buena	Individual o Conjunta	Bajo
Aspersión	Muy baja	Muy alto	Mala	Conjunta	Medio
Goteo superficial	Baja	Muy alto	Mala	Conjunta	Alto
Goteo enterrado	Buena, Muy buena	Muy alto	Mala	Conjunta	Bajo
Ollas de barro	Muy buena	Medio	Buena	Individual	Bajo
Vasijas cerámicas	Muy buena	Alto	Buena	Conjunta	Medio
Botella de plástico c/gotero	Muy buena	Bajo	Buena	Individual	Bajo
Eco bag^{*1}	Muy buena	Alto	Buena	Individual	Bajo
Tubos verticales	Muy buena	Bajo	Buena	Conjunta o individual	Bajo
Mechas	Muy buena	Bajo	Buena	Individual	Bajo
Drenes	Buena	Medio	Mala	Conjunta	Bajo
Waterboxx^{*2}	Muy buena	Alto	Buena	Individual	Bajo
Konkom^{*3}	Muy buena	Muy bajo	Buena	Individual	Medio
*: Sistemas en fase de experimentación.					
1: está siendo ensayado en Australia y Nueva Zelanda.					
2: está siendo ensayado en Ecuador, España, Francia, Países Bajos, India, Irak, Kenia, Omán, Tanzania...					
3: no está siendo ensayado aún.					

Minerales y rocas industriales utilizados en cerámica

Desde tiempos remotos el hombre utilizó la alfarería destinada a la fabricación de utensilios y recipientes. En tiempos modernos se fueron adoptando criterios científicos, se incorporaron a las arcillas otros minerales (feldespatos, calizas, talcos, cuarzos, dolomitas...), y así se abrieron nuevas perspectivas y posibilidades.

Los productos cerámicos están preparados con materias primas naturales, que de acuerdo con su función pueden ser:

- **Plásticas:** son esencialmente arcillas. La función de las arcillas en la preparación del cuerpo cerámico es múltiple y consiste en: a) dar la plasticidad necesaria para su

moldeo, b) mejorar las propiedades mecánicas, c) mejorar las propiedades de la suspensión, y d) aportar los componentes para la formación de fases líquidas y cristalinas durante la cocción.

- *No plásticas*: pueden tener la función de desgrasantes (materiales que reducen la plasticidad permitiendo una mejor maniobrabilidad y facilitando el secado), o la función de fundentes (facilitan la cocción a menor temperatura e introducen los elementos necesarios para la formación de nuevas fases). Las materias primas no plásticas reducen la plasticidad y facilitan la defloculación, mejoran la permeabilidad y empaquetamiento de la pasta, y aportan óxidos para la formación de fases líquidas y cristalinas o son inertes.

Los principales minerales que se usan en cerámicas son: cuarzo, feldespatos, nefelina, talco, magnesita, olivino, serpentina, sepiolita, vermiculita, wollastonita, cromita, grafito, andalucita/sillimanita/distena, cordierita, pirofilita, minerales de Li y B, zircón. Como rocas se usan: arcillas, caolines y arcillas caoliníticas, pizarras, bauxitas y lateritas, areniscas y cuarcitas, basaltos, tobas, vidrios volcánicos, granitos y pegmatitas, diatomitas, calizas y dolomías. Nuestra provincia, cuenta con una incalculable riqueza en mineral tales como: arcillas, caolines, calizas, dolomitas, cuarzo, diatomitas, basaltos, tobas, rocas piroclásticas y lavas volcánicas, entre otros.

Arcillas

Rocas sedimentarias formadas por partículas muy finas ($>50\%$ es $< 2\mu\text{m}$), que mezclada con agua es plástica, endurece con el secado y calor, y que contiene filosilicatos y otros minerales asociados (cuarzo, feldespatos, calcita, pirita) y materia orgánica. La fracción arcilla tiene como principales componentes minerales a un interestratificado (illita/esmectita) e illita y, en menor es proporciones caolinita y clorita; pueden ser utilizadas en cerámica roja para la fabricación de ladrillos y tejas y como componentes minoritarios en pastas para la producción de pisos y revestimientos cerámicos y de gres. Los yacimientos se hallan ubicados en el sector centro oriental de la Provincia de Neuquén, entre las coordenadas $69^{\circ}30'$ - 68° de longitud oeste y $38^{\circ} 45'$ - 39° de latitud sur. Los afloramientos se encuentran a lo largo de una franja oeste-este de aproximadamente 100 km de longitud que corre paralela a la ruta nacional 22 que une las localidades de Zapala, Cutral Có y Neuquén.

De acuerdo al Catastro Minero, en la actualidad existen 148 pedimentos mineros de Arcillas solicitados en la provincia.

Basaltos

Rocas ígneas extrusivas de color oscuro, de composición máfica (rica en silicatos de hierro y magnesio), de textura porfídica, con fenocristales de olivino, augita, plagioclasa y una matriz cristalina fina. Debido a que el basalto es un componente no plástico que carece de plasticidad, para poder utilizarlo es indispensable agregar a la pasta, materias primas que aporten la plasticidad necesaria, tales como arcilla, caolín, y eventualmente bentonita. Los basaltos presentan amplia distribución en el territorio provincial, sus afloramientos se localizan en la zona norte, centro y noreste de la provincia.

En el territorio neuquino, según el Catastro Minero, en la actualidad existen 10 pedimentos mineros de Basaltos.

Calizas

Son rocas sedimentarias compuestas mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita, y en menor grado de carbonato de magnesio (MgCO_3), magnesita; también puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc., que modifican el color. Su principal uso es en la industria cementera, pero también tiene gran aplicabilidad en otros sectores como en la industria cerámica. La adición de calizas, entre 5 y 10%, contribuye a reducir las contracciones de secado, y en cantidades inferiores al 5% mejoran el proceso de fusión de las piezas en el horno por encima de los 1020°C , esto puede llegar a ser una ventaja económica, desde el punto de vista de ahorro de combustible. Las explotaciones más importantes de calizas se localizan en los alrededores de Zapala, en las áreas del cerro Pichi Moncol, inmediatamente al noroeste de la ciudad de Zapala, y en la del cerro Manzano Escondido, en el cordón del Curymil, 35 km al noroeste de aquella.

En la provincia, se han solicitado 41 pedimentos mineros de Calizas.

Ceniza volcánica

Rocas piroclásticas con bajo grado de consolidación, son el resultado de la acumulación de lluvias de cenizas o flujos de ceniza, producto de erupciones volcánicas. De granulometría mediana a fina (menor de 2 milímetros de diámetro), la composición puede variar desde basáltica hasta riolítica. Petrográficamente se conforman por trizas vítreas en forma mayoritaria, plagioclasa, feldespatos y vidrios volcánicos. Se puede usar como desgrasante en las pastas cerámicas, para ciertos tipos de esmaltes cerámicos, donde la coloración aportada por el hierro no es un impedimento, el aporte de álcalis de algunas cenizas, permite el reemplazo del feldespato en dichos esmaltes.

Afloramientos de las mismas se hallan al norte del lago Aluminé y en la zona del cerro Bandera.

Cuarzo

Es uno de los minerales más abundantes en la corteza terrestre y un constituyente esencial de la mayoría de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; también aparece como material secundario, frecuentemente formando cementos de rocas sedimentarias clásticas. Es uno de los minerales industriales más utilizados, con destinos a industrias muy diversas, tales como: vidriería, cerámica, refractarios, esmaltes, pinturas, fundición, siderurgia, etc.; cumple funciones de fluidificante. Las manifestaciones de cuarzo se hallan ubicadas 50 km al sudoeste de la ciudad de Zapala, en la comarca de Espinazo del Zorro.

Según el Catastro Minero, se han solicitado 4 pedimentos mineros de Cuarzo en el ámbito de la provincia.

Diatomitas

Rocas sedimentarias pulverulentas, resultantes de la acumulación de caparazones silíceos de organismos unicelulares denominados diatomeas. La diatomita se compone fundamentalmente de sílice amorfa, con pequeñas cantidades de aluminio, hierro y metales alcalinos en forma de óxidos, así como de otros constituyentes menores como el titanio y cantidades variables de materia orgánica, sales solubles, arcillas, carbonatos, etc. La calidad del mineral crece con el porcentaje de sílice y desciende al aumentar el contenido de los diferentes elementos (Fe, Ca, Na, K, Al, etc.), que son los que constituyen las impurezas de la diatomita. El agregado de diatomita mejora las propiedades mecánicas del cuerpo cerámico y disminuye la temperatura de cocción para lograr la misma microestructura que otra pasta similar sin diatomita. En nuestra provincia se hallan depósitos de diatomitas en la meseta de Barda Negra - Carro Quebrado (50 km al SE de Zapala) y en el cerro Villegas (unos 20 km al norte de Balsa Huitrín).

De acuerdo al Catastro Minero, en la actualidad se han solicitado 11 pedimentos mineros de Diatomitas.

Dolomías

Es una roca sedimentaria de origen químico, cuya composición química es carbonato de calcio y magnesio $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$. Junto a las calizas y a las margas, forman parte de lo que se conocen como rocas carbonáticas. Se utilizan como materia prima en diversas industrias, principalmente como alternativa a la magnesita en la metalurgia y en

la producción de morteros y cementos especiales. Fuente de calcio y magnesio, sobre todo en alta temperatura, su función principal en el esmalte es dar aspecto mate, además de considerarse un fundente en alta temperatura. El área de producción de dolomías se localiza al E de la sierra de la Vaca Muerta y a unos 50 km al norte de Zapala.

Teniendo en cuenta el Catastro Minero en la provincia existen 37 pedimentos mineros de Dolomías.

Obsidianas

Rocas ígneas extrusivas, generalmente de carácter ácido, formada por el enfriamiento rápido de lavas riolíticas. El descenso abrupto de la temperatura de ese tipo de lavas provoca que no se formen estructuras interatómicas bien definidas, es decir, que no se forman cristales y por esa razón se denominan mineraloides (vidrio volcánico). El contenido de hierro y manganeso en la composición de la obsidiana, posibilita el uso de esta materia prima en esmaltes de color amarronados (ej.: aisladores eléctricos, vajilla, etc.). El contenido de sodio y potasio es lo suficientemente importante como para poder reemplazar albita en alguna composición o para reemplazar feldespato potásico en pastas para fabricar caños sanitarios, pisos, porcellanato, etc.

Se hallan depósitos en el oeste de la ciudad de Zapala, en la zona de Portada Covunco, en las proximidades del arroyo Cochicó Grande y de laguna Fea, ésta última al norte de la provincia.

Tobas

Rocas piroclásticas, productos de procesos volcánicos explosivos, con posterior sedimentación en cuencas sub-aéreas o en lechos fluviales, lacustres o marinos. El agregado de toba en una pasta cerámica permite lograr la microestructura deseada con menos temperatura de cocción. Se ha demostrado la posibilidad de reemplazar cuarzo y feldespato por tobas, sin que se produzcan alteraciones significativas en la microestructura final de los cuerpos cerámicos y consecuentemente en las propiedades tecnológicas. Las canteras de mayor importancia se localizan: a) en los alrededores de la ciudad de Zapala, b) en cercanías de la localidad de Piedra del Águila, y c) en la comarca de Loncopué.

Los pedimentos mineros de Tobas hacen a 16, según el Catastro Minero.

Mapa de minerales de interés

A continuación se muestra un mapa provincial de la distribución de los minerales y rocas de interés, dejando claramente a la Ciudad de Zapala como el centro geográfico óptimo para la fabricación de los productos cerámicos propuestos en el presente.

En dicho mapa, los iconos ubicados corresponden a áreas con mayor cantidad de pedimentos mineros vigentes y/o manifestaciones minerales con posibilidades de ser futuras zonas de aporte de mineral en la calidad y cantidad necesarias.

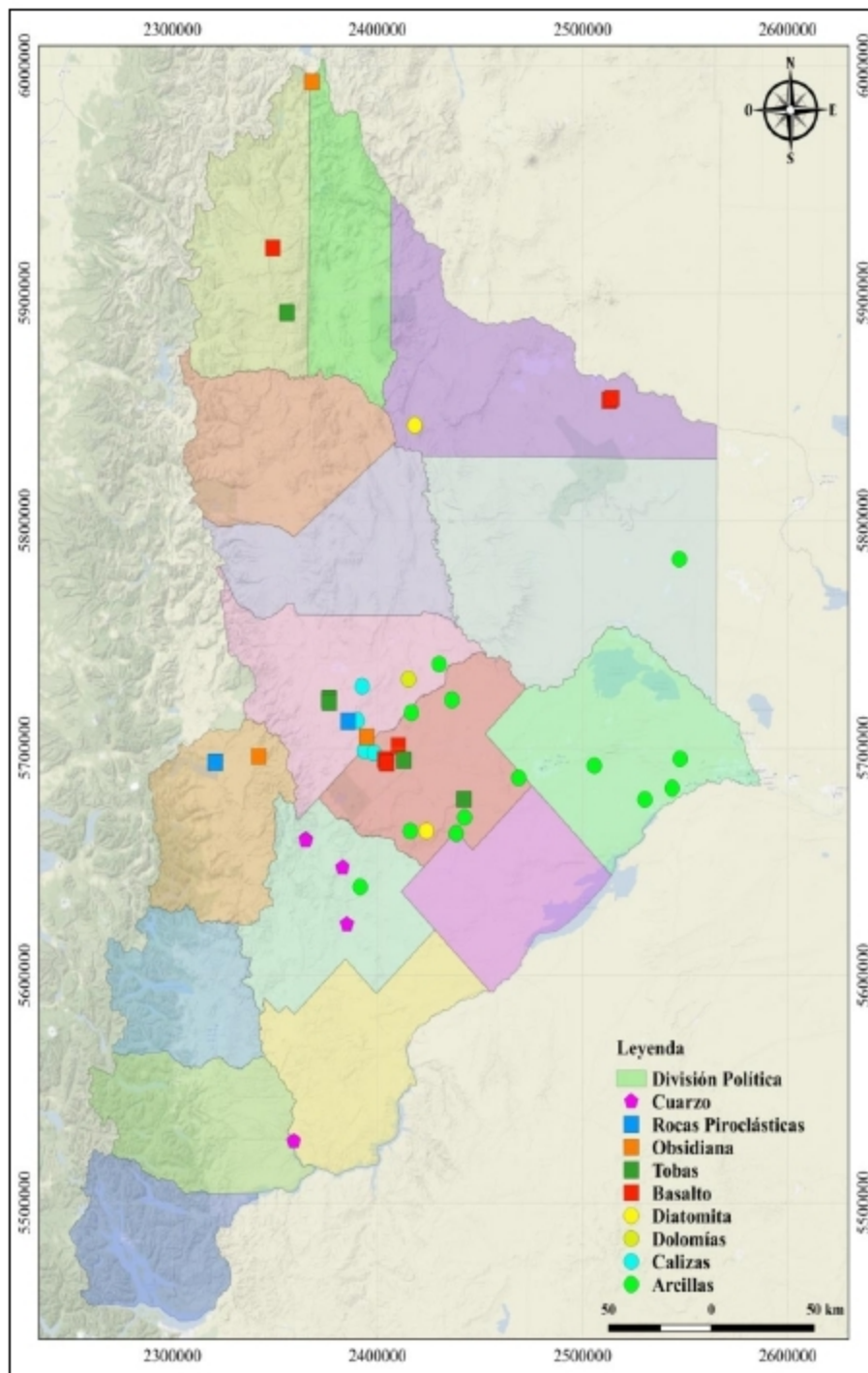


Fig. 7:
minerales y
rocas de interés.

Elaboración de vasijas de cerámica

Para lograr un funcionamiento adecuado de las vasijas o cápsulas porosas es necesario que estas se construyan con materiales que finalmente proporcionen valores de porosidad entre el 20-35%, lo cual puede conseguirse utilizando composiciones granulométricas en las cuales el porcentaje de arena oscile entre 4 y 22 %, el de limo entre 35 y 58 % y el de arcilla entre 43 y 65 %. Se preparan a base de pastas cerámicas, que luego son horneadas a altas temperaturas (800-1100°C). Su elaboración se puede realizar por:

- *Método por Formación o Moldeo*: consiste en la preparación de las piezas y sus partes componentes a partir del uso de tornos de alfarería y a partir de moldes, moldeando los elementos con la mano o aplicando una combinación de ambos instrumentos. Para elaborar las vasijas se utiliza arcilla, luego se prepara el material con agua y un poco de arena, de ser necesario. Con el uso del torno se le da la forma deseada y se deja que seque. Posteriormente se somete a la primera quema, que se llama bizcocho; de ahí se puede esmaltar o vidriar solo el cuello para evitar la evaporación de agua. En la primera quema el utensilio sale en blanco y en la otra se esmalta con el color deseado.

- *Método de Moldeado por Vaciado o Colado*: se procede a partir de moldes de yeso y otros materiales, la arcilla previamente preparada se vierte en los mismos y luego se realiza un vaciado inverso con lo cual todas las partes componentes de la pieza quedan cubiertos de una capa de arcilla más o menos gruesa en función del tiempo que se da al molde lleno. Posteriormente se desmolda, retoca y quema.

Para incrementar la demanda de este producto, se podrían establecer procesos de diseño industrial dirigidos a la estandarización y producción masiva, para disminuir costos y emisiones de carbono, así como para incrementar la rentabilidad para los artesanos y productores. Estandarizar las clases y calidades de arcillas y arenas, además de ser cocidas con temperaturas estandarizadas, permitirá reducir la variabilidad tanto en la tasa de filtración como en la conducción hidráulica y podrá tenerse un mejor control del volumen de riego aplicado.

Conclusiones

La gestión eficiente del agua mediante el uso del riego subterráneo puede ofrecer una solución a la crisis de agua y ayudaría a incrementar la producción agrícola en áreas deficientes en agua de nuestra provincia.

El sistema es muy eficaz en zonas de climas áridos o semiáridos, siendo especialmente competitivo en suelos arenosos, calizos o yesosos.

Con este sistema de riego, se ahorra energía y agua, se reduce la demanda de agua relativa con respecto a irrigaciones de superficie, por goteo y por aspersión.

Este sistema asegura la producción de cultivos, haciendo llegar el agua de forma más eficiente a la raíz de la planta, en época de verano o en épocas de sequía.

Los costos para la implementación de este sistema van a depender de la cantidad de árboles o cultivos que se necesita regar.

La vida útil promedio de las vasijas, capsulas u ollas es de 5 a 6 años.

No genera impactos ambientales. En caso de rotura o destrucción, presenta la ventaja de no incorporar elementos extraños y/o artificiales al entorno.

Por último, las materias primas necesarias abundan en la Provincia, teniendo un buen grado de conocimiento y desarrollo para el uso planteado.

Referencias

1. Angelelli (V.), Schalamuck (I.) y Arrospide (A.). 1976. Los yacimientos no metalíferos y rocas de aplicación de la región Patagonia-Comahue. Secretaría de Estado de Minería, Servicio Minero Nacional, Anales 17. Buenos Aires.
2. Colombino (J.E.) y Luengo (M.). 2011. Regiones hidrogeológicas. En Leanza (H.), Arregui (C.), Carbone (O.), Danieli (J.C.) y Vallés (J.) (eds.) Relatorio Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén, 18° Congreso Geológico Argentino, Recursos Minerales 62, Buenos Aires.
3. Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo (COPADE). 2019. Guía N° 2: Cultivar en la ciudad.
4. Danderfer (J.C.), Casé (A.M.), Villamayor (J.) y Peña Castro (R.). 1991. Dolomitas «Reserva Zapala». Exploración de los sectores A y B. (Informe inédito) Dirección General Minería, Zapala.
5. Demin (P.E.). 2014. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: Métodos de riego, fundamentos, usos y adaptaciones. Ediciones INTA, 28 p. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.
6. Enríquez García (R.), Benavides Benavides (O.) y Legarda Burbano (L.). 1995. Evaluación del sistema de riego con vasijas de barro y comparación con los sistemas de

riego por goteo y micro aspersión en el cultivo de la lechuga. Revista de Ciencias agrícolas: vol. 13.

7. Galán (E.) y Aparicio (P.). Materias primas para la industria cerámica. Universidad de Sevilla. http://www.ehu.eus/sem/seminario_pdf/SEMINARIO_SEM_2_031.pdf

8. Gozálvez (M.R.), Herrmann (C.J.) y Zappettini (E.O.). 2004. Minerales Industriales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Anales 39, pág.: 371. Buenos Aires.

9. Hevia (R.). 2006. Materias primas no convencionales en cerámica. Ed.: Fundación EMPREMIN, Córdoba, pág.: 80.

10. Jiménez Vera (C.). 2019. Volumen de riego, estado hídrico y producción de frutos en *Vitis vinifera* L. bajo irrigación por goteo y por olla de barro enterrada Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

11. Leanza (H.A.), Hugo (C.A.) y Repol (D.). 2001 (=2005). Hoja Geológica 3969-I, Zapala, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, SEGEMAR, Boletín 275: 1-131. Buenos Aires.

12. Martínez de Azagra Paredes (A.) y del Río San José (J.). Los riegos de apoyo y de socorro en repoblaciones forestales. Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales, Foresta N° 54, 32-44.

13. Martínez de Azagra Paredes (A.) y del Río San José (J.). 2015. Microrriego de brinzales a través de recipientes porosos enterrados: Fundamentos teóricos y prácticos. III Reunión del Grupo de Trabajo de Hidrología Forestal: La hidrología forestal: ciencia y técnicas útiles Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 41: 47-58.

14. Pasolac (Intercooperation). Guía Técnica manejo y Aprovechamiento de Agua con fines agropecuarios.

15. Peña Casadevall (M.). 2015. Desarrollo de la tecnología del riego por succión con cápsulas porosas. Universidad de Ciego de Ávila: Máximo Gómez Báez, Facultad de Ciencias Técnicas.

16. Pettinari (G.) y Giusiano (A.). 2011. Arcillas rojas del Grupo Neuquén. En Leanza (H.), Arregui (C.), Carbone (O.), Danieli (J.C.) y Vallés (J.) (eds.) Relatorio Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén, 18° Congreso Geológico Argentino, Recursos Minerales 62, Buenos Aires.

17. Samarín Bello (C.). 2014. Resultados preliminares de la implantación de parcelas experimentales para la restauración de palmerales endémicos degradados de Phoenix

canariensis en Canarias y de Phoenix atlántica en Cabo Verde. Ed.: Colegio de Ingenieros de Montes, Investigación, gestión y técnica forestal.

18. Sudamconsult & Asociados S.R.L. 1973. Desarrollo Minero del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones (CFI) 2: 251 p. Buenos Aires. (inédito). Buenos Aires.

19. Vargas (P.), Peña (M.), Gonzáles (J.); Hernández (G.). Obtención de cápsulas porosas para el beneficio de cultivos protegidos Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 17, núm. 3, 2008, pp. 14-17. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba.

