

5

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS YACIMIENTOS ROCOSOS CON CALIDAD NUTRICIONAL PARA LAS PLANTAS EN LOS MUNICIPIOS CARAPARI Y ENTRE RÍOS DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **ING. JAIME EDUARDO RAMIREZ**

¹ Ingeniería Agronómica
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia del autor:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

jr665599@gmail.com

(+591) 74555470

RESUMEN

Los suelos dedicados a la producción agrícola, por lo general tienen escasa cantidad de elementos minerales útiles a las plantas, esto repercute en bajos rendimientos de los cultivos hasta el extremo de no llegar a cubrir ni los costos de producción, el uso de fertilizante químicos, además de su elevado costo, ocasionan problemas de contaminación de los suelos y el agua; la utilización de harina de roca como fertilizantes, libre de un proceso químico de alto costo, es una alternativa para resolver el problema de la reducción de la fertilidad de los suelos.

Por esta razón surgió la necesidad de llevar adelante esta investigación denominada "Composición mineralógica de los yacimientos rocosos con calidad nutricional para las plantas en los municipios Carapari y Entre Ríos del departamento de Tarija", siendo el total de muestras 10, las cuáles sólo fueron recolectados de la provincia O'Connor ya que la provincia Gran Chaco es un área protegida debido a la gran importancia del Cerro Aguara Güe.

Los objetivos propuestos fueron, identificar de manera preliminar los yacimientos de rocas con cualidad nutricional a través de su georreferenciación, realizar la valoración química de las muestras desde el punto de vista de su uso en agricultura y realizar una estimación de los costos de procesamiento de los minerales identificados.

Palabras Claves: Harina, roca, yacimiento, georreferenciación, nutricional, plantas.

INTRODUCCIÓN

La harina de roca es el nombre dado a las rocas molidas o trituradas para uso agrícola. Pueden estar formadas por una o más rocas, como ser: los serpentinitos, los micaxistos y los basaltos, son rocas de alta calidad para la elaboración de harinas de rocas, estas son ricas en más de 70 elementos necesarios para la fertilización y el mantenimiento del equilibrio nutricional de las plantas.

Algunas rocas aportan los siguientes elementos: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Mn, Cu, Co, Zn, P y S. La nutrición de la planta no solo depende de sus peculiaridades biológicas y del resultado de la fotosíntesis, sino también de la intensidad del crecimiento de su sistema radical, estructura, aireación, humedad y reacciones del suelo, contenido de sustancias nutricionales, formas y correlaciones entre los elementos minerales en el propio suelo, de la actividad de la microflora edáfica y de las segregaciones o exudados radiculares (GUTIERREZ, 2014).

En Bolivia, existe poca información geológica que permita conocer el potencial minero metálico del país; ante la demanda de los sectores productivos se requiere de investigaciones de detalle en este campo. No existe un programa de exploración y evaluación de yacimientos no metálicos a nivel nacional lo cual significa, que aun cuando se ha constatado la ocurrencia del recurso, su importancia económica real queda sin ser confirmada. Casos como éstos pueden citarse varios entre ellos las exploraciones de los salares, depósitos de calizas del altiplano (VALENZUELA, 2017).

Tarija no sólo es una región agropecuaria o gasífera, sino, además cuenta con un potencial en rocas industriales, información científica obtenida por estudios desarrollados por el Servicio Geológico Minero (SERGEOMIN) permiten la identificación de esa característica en el departamento (ROBERTO, 2018).

La productividad de la tierra y el suelo se encuentra en un proceso constante de degradación, especialmente en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. El deterioro ambiental acelerado a nivel mundial por el uso indiscriminado de agroquímicos para suplir necesidades nutricionales de los cultivos, situación que está obligando a buscar nuevas formas o alternativas de producción,

Por esta razón, se ejecutó el presente trabajo titulado "Composición mineralógica de los yacimientos rocosos con calidad nutricional para las plantas en los municipios de Caraparí y Entre Ríos del departamento de Tarija" con el objetivo de determinar la composición química de los yacimientos mineralógicos de rocas con calidad nutricionales para las plantas en dos municipios del Departamento de Tarija para tal efecto se debe realizar un diagnóstico para caracterizar las áreas potenciales de yacimientos mineralógicos en el área de estudio, realizar el análisis de la composición mineralógico de las diez muestras de harina de roca e identificar los yacimientos de mejor composición mineralógica con valor nutricional para las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación es descriptivo; parte de muestreo de identificación de los yacimientos de roca. Estos yacimientos fueron identificados realizando un recorrido desde Yacuiba hasta Entre Ríos, sobre la base de aquellos que presentaron los más grandes volúmenes de roca con calidad nutricional para las plantas tomando en cuenta algunas características como el color de roca y corteza, dureza de cada muestra, y la accesibilidad para el transporte.

- **Volumen de los yacimientos**

Durante el recorrido se identificaron una gran variedad de yacimientos rocosos a ambos márgenes de la carretera muchos de ellos de gran volumen y otros con muestra de fragmento rocoso de coloraciones blanca, rojiza, plomos, amarillos y mezcla de colores y

otros. Sin embargo, se seleccionaron aquellos de mayor volumen y se geo referenciaron dichos yacimientos.

- **Recolección de muestras**

Se realizó la toma de muestra de 16 yacimientos rocosos, tomando en cuenta el color de la roca, estimado visualmente de las cuales sólo 10 muestras fueron seleccionadas, debido a su uniformidad en color, gran diámetro y fácil acceso y tomando en cuenta que no se encuentran situados dentro de áreas protegidas.

Las muestras (rocas) se recolectaron manualmente con ayuda de una camioneta de la facultad Ciencia Integrada del Gran Chaco y herramientas manuales como: pala, picota, espátulas, brochas, bolsas, sobres, cintas y grampas.

- **Molienda y preparación de cada una de las muestras**

Se realizó la molienda de cada muestra extraída de los yacimientos identificados con la ayuda de combos, martillos, espátulas, brochas, colador, para la obtención de harina de roca, se colocaron las muestras en bolsas plásticas y sobres manila para que no se contaminen, para luego ser enviadas al laboratorio Alex Stewart Ltd. de Argentina.

Envío de muestras al laboratorio Análisis de los componentes

Para la determinación de la composición química de las rocas seleccionadas se enviaron muestras al laboratorio de geoquímica "Alex Stewart International" de la ciudad de Mendoza república argentina enviados vía la misma empresa con base en la ciudad de Santa Cruz – Bolivia.

- **Análisis de los componentes**

Se realizó la comparación de los elementos esenciales para las plantas comparando entre macronutrientes y micronutrientes para una determinación de los mejores yacimientos geo referenciados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales de la zona

- **Precipitaciones**

En la gráfica 1, se observa que la precipitación histórica anual de enero a diciembre alcanza a 832 mm en la zona de Entre Ríos. Siendo el mes de febrero donde se presenta la mayor precipitación con 165 mm y la menor precipitación con 2 mm en el mes de agosto.

- **Temperaturas**

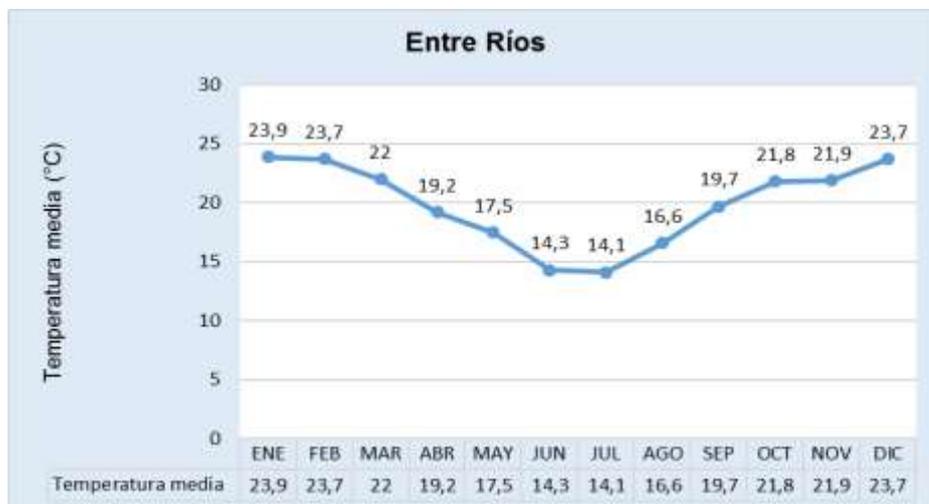
En la gráfica 2, se observa que Los meses de mayor temperatura son; enero, febrero y diciembre, con 23,7 °C, mientras que las temperaturas más bajas se presentan en los meses de julio y junio con 14,3 y 14,1 °C respetivamente.

Figura 1. Precipitación anual en mm de Entre Ríos



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Temperatura anual en mm de Entre Ríos



Fuente: Elaboración propia.

Elementos químicos presentes en las rocas en estudio

Se realizó una comparación de cada una de las muestras identificadas y se comparó los tipos de componentes químicos que contiene cada una de ellas y los que requieren ciertos cultivos para una recomendación en la dosis de aplicación posterior se determinara cuál de las 10 muestras contiene los 16 elementos esenciales para las plantas.

- **Disponibilidad de los macro nutrientes en la harina de roca**

En el cuadro 1, se observa la disponibilidad de los macronutrientes requeridos por las plantas disponibles en la harina de roca de los diez yacimientos en estudio (banco de roca

mineral) se considera a macronutrientes al siguiente nitrógeno, fosforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, boro.

Tabla 1. Disponibilidad de los macronutrientes en la harina de roca en cada uno de los yacimientos rocosos

Macronutrientes					
Elementos	P	K	Ca	S	Mg
Nº MUESTRA	%	%	%	%	%
Gareca	0,009	0,89	0,04	0,06	0,13
San Francisco	0,022	1,09	0,05	0,02	0,28
San Diego	0,0073	0,80	0,03	<0,01	0,12
San Simón Colorada	0,0074	0,85	0,28	<0,01	0,15
San Simón Blanca	0,0029	0,57	0,02	<0,01	0,08
Zapallar	0,0283	1,45	0,76	0,02	0,42
Berety	0,0164	1,14	0,93	0,01	0,75
Lagunita	<0.01	0,05	>10.00	>10,00	0,02
Palos Blancos 9	0,0218	0,82	0,16	0,09	0,55
Choere	0,0074	1,32	0,35	0,01	0,46

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de análisis del laboratorio Alex Stewart International, 2019

- **Disponibilidad de Fósforo en la harina de roca**

En cuanto a la disponibilidad de fosforo, la mayor cantidad se presenta en el yacimiento de Zapallar con 0,0283 %, seguido de los yacimientos 2 con 0,0220 % y como tercero Palos Blanco 9 con 0,0218 % de fosforo.

El menor contenido de fosforo se presenta en la comunidad de Lagunita con <0,01 %, mientras que, en las comunidades de San Diego, San Simón Colorada y Choere obteniendo un promedio de 0,0078 %.

- **Disponibilidad de Potasio en la harina de roca**

La mayor cantidad de potasio se presenta en el yacimiento de Zapallar con 1,45 %, seguido de los yacimientos de Choere, con 1,32 %, y la muestra de la comunidad de Berety con 1,14 % de Potasio (K); el menor porcentaje de potasio se presenta en el yacimiento de Lagunita

con 0,05 %; y los yacimientos de las comunidades de Gareca, San Diego Colorada y Palos Blancos 9 con 0,84 %.

- **Disponibilidad de Calcio en la harina de roca**

La mayor cantidad de calcio se presenta en Lagunita, con 10,00 %, seguido del yacimiento del municipio de Berety con 0,93 %, y la muestra de Zapallar con 0,76 %.

El menor porcentaje de Calcio se presenta en San Simón Blanca, con 0,02 % los yacimientos de las Comunidades de Gareca, San Francisco San Diego con un promedio de 0,04 %.

- **Disponibilidad de Magnesio en la harina de roca**

La mayor cantidad de Magnesio se presenta en el yacimiento Berety con 0,75 %, seguido de la misma localidad el yacimiento número 9 con 0,55 % y como tercero Carapari con un 0,46% de magnesio (Mg).

El menor porcentaje de magnesio se presenta en Lagunita, con 0,02 % los yacimientos de Comunidad Gareca, San Diego, San Simón Blanca con un promedio de 0,11 %.

- **Disponibilidad de Azufre en la harina de roca**

La mayor cantidad de Azufre presenta el yacimiento Lagunita con 10,00 %, seguido de Comunidad Gareca con 0,09 % siguiendo de igual manera el yacimiento de Zapallar con un 0,06 % de Azufre (S).

El menor porcentaje de Azufre se presentó con un mismo valor en los yacimientos de San Diego, San Simón Colorada y San Simón Blanca con un promedio similares de <0,01 %.

- **Disponibilidad de Micronutrientes en la harina de roca**

Se considera micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en plantas es menor a 0,1 % en peso seco. Actualmente se considera micronutrientes de uso agrícola a los siguientes elementos: Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Molibdeno, Cloro, Níquel sin embargo en los yacimientos en estudio no se encontraron boro y cloro.

Los micronutrientes metálicos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni) tienen algunas características en común: Las funciones de los micronutrientes metálicos en planta son más bien metabólicos anticipando en la regulación enzimática, formando parte constitutiva de la enzima o actuando como coenzima o en funciones redox -Ver Tabla 2-.

- **Disponibilidad de micronutrientes de Hierro en la harina de roca**

La mayor cantidad de hierro presenta el yacimiento Berety con 1,36 %, seguido del yacimiento de Palos Blancos 9 con 1,11 % y con menor cantidad el yacimiento de San Francisco con 1,07 % de Hierro (Fe).

El menor porcentaje de Hierro se presenta en Lagunita, con 0,02 % los yacimientos de Comunidades de Gareca, San Diego y San Simón con 0,76 %.

Tabla 1: Los micronutrientes

Micronutrientes								
Elementos	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo	Cl	Ni
Nº MUESTRA	%	%	?	%	%	%	?	%
Gareca	0,77	0,0069	0	0,0013	0,0044	0,0001	0	0,0002
San Francisco	1,07	0,0102	0	0,0012	0,0002	0,0001	0	0,0005
San Diego	0,73	0,0057	0	0,001	0,0001	0	0	0,0004
San Simón Colorada	0,79	0,0106	0	0,001	0,0006	0	0	0,0005
San Simón Blanca	0,60	0,0064	0	0,0009	0,0003	0	0	0,0004
Zapallar	0,94	0,0198	0	0,002	0,0003	0,0002	0	0,0008
Berety	1,36	0,0275	0	0,0021	0,0011	0	0	0,0008
Lagunita	0,07	0,0009	0	0,0021	0,0031	0	0	0,0002
Palos Blancos 9	1,11	0,0222	0	0,001	0,0004	0	0	0,0005
Choere	0,97	0,0095	0	0,0025	0,0011	0,0001	0	0,0006

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de Alex Stewart International, 2019

- **Disponibilidad de micronutrientes de Manganeso en la harina de roca**

La mayor cantidad de manganeso presenta el yacimiento Berety con 0,0275 %, seguido del yacimiento de Palos Blancos 9 con 0,0222 % y como tercer yacimiento la comunidad de Zapallar con 0,0198 % de manganeso (Mn).

El menor porcentaje de manganeso se presenta en Lagunita, con 0,0009 % los yacimientos de las comunidades de Gareca, San Diego, San Simón Blanca y Choere con un promedio de 0,0071 %.

- **Disponibilidad de micronutrientes de Zinc en la harina de roca**

La mayor cantidad de zinc presenta el yacimiento de la comunidad de Choere con 0,0025 %, seguido de los yacimientos de Berety y Lagunita obteniendo una igualdad de 0,0021 % de zinc (Zn).

El menor porcentaje de zinc se presentó en los yacimientos de San Simón Colorada, San Simón Blanca y Palos Blancos 9 con un resultado igual a 0,001 %.

- **Disponibilidad de micronutrientes de Cobre en la harina de roca**

La mayor cantidad de cobre presenta el yacimiento de la comunidad de Gareca con 0,0044 %, seguido el yacimiento Lagunita con 0,0031 % y como terceros Berety y Choere con 0,0011 % de cobre (Cu).

El menor contenido de cobre se presenta en el yacimiento de San Diego con 0,0001 %, mientras que los de San Francisco, San Simón Blanca y Zapallar tienen un promedio de 0,0003 %.

• **Disponibilidad de micronutrientes de Molibdeno en la harina de roca**

La mayor cantidad de molibdeno presenta el yacimiento de Zapallar con 0,0002 %, seguido de los yacimientos de Comunidad de Gareca, San Francisco y Choere con 0,0001 % de molibdeno (Mo).

Los menores contenidos de molibdeno se presentaron en los yacimientos de San Diego, 4, 5 y Berety, Lagunita y Palos Blancos 9 con un resultado igual a <0,0001 %.

Georreferenciación de los 4 mejores yacimientos de harina de roca

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio y posterior descripción de los macro y micronutrientes necesario para las plantas, los yacimientos con mayor concentración de nutrientes fueron de: San Diego, San Simón y Choere. La ubicación de los mismos se indica en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Ubicación geográfica de los mejores yacimientos de roca con nutrientes de uso agrícola

	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS MEJORES YACIMIENTOS DE HARINA DE ROCA		
	Elementos	Coordenadas	
	Nº	MUESTRA	X
1	San Diego	384887,2	7626050
2	San Simón Colorada	388837,6	7627968
3	Choere	419384,2	7615455

Fuente: Elaboración propia, 2020.

CONCLUSIONES

- Todas las muestras tienen muchos elementos nutritivos para las plantas y otros que no son de uso agrícola en diferentes concentraciones.
- El mayor de contenido de macro nutrientes como el Fosforo lo tienen los yacimientos San Simón Blanca, San Simón Colorada y Palos Blanco 9; en K los yacimientos de Gareca, San Francisco, San Simón Colorada y Choere; los yacimientos ricos en calcio son los de San Francisco, San Diego y Choere; ricos en azufre son los yacimientos Gareca, San Francisco, San Simón Colorada y el yacimiento San Simón Blanca es rico en magnesio.

- Mayor contenido de micro nutrientes como Fe son los yacimientos de Gareca, San Francisco, San Simón Blanca, San Simón Colorada y Palos Blancos 9; con mayor contenido en Mn las muestras San Francisco, San Simón Blanca, San Simón Colorada; las muestras Gareca, San Diego, San Simón Blanca, San Simón Colorada son ricas en Zn; los yacimientos Gareca, San Diego, San Simón Colorada y Choere son ricos en Cu y las muestras Gareca, San Simón Blanca, Palos Blanco 9 y Choere son ricos en Mo.

RECOMENDACIONES

- Sobre la base de las conclusiones y considerando el objetivo propuesto en el siguiente estudio se recomienda lo siguiente:
- Aprovechar los yacimientos rocosos de la comunidad de San Simón Colorada para elaborar harina de roca de uso agrícola por tener el mayor aporte de macro y micronutrientes y en mayor concentración seguida a los yacimientos de San Simón Blanca y Choere.
- Se recomienda el yacimiento de San Diego por tener la mayor concentración de azufre en caso de requerir mayor cantidad para el cultivo.
- También se recomienda utilizar la harina de roca recomendadas anteriormente por cuanto el análisis de la relación beneficio - costo es igual a 1,4 ($B/C=1,4$) esto significa que por cada boliviano invertido se obtiene 0,4 Bolivianos
- Realizar estudios de dosificaciones con cada una de las harinas de roca como así también en mezclas para los cultivos tradicionales de cada región productora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUSTÍN SANZANO (2019). Los factores de formación de los suelos, Facultad de Agronomía la Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán
- ARASOL (2011). Estudio y clasificación de los suelos Aragón, El suelo es un recurso natural imprescindible para la vida en la Tierra, <http://www.suelosdearagon.com/contenido.php>
- CARLOS SIERRA (2016). El manganeso suelo y plantas - El Mercurio, <https://www.elmercurio.com/campo/noticias/analisis/2016/03/09/elmanganeso-el-suelo-y-las-plantas.aspx?disp=1#:~:text=El%20contenido%20m%C3%ADnimo%20en%20el,dwww.elmercurio.com > noticias > analisis > 2016/03/09>
- GUTIERREZ, C. G. (2014). Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Mexico.

