

INFORME ● ● ● ● ●

INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE CULTIVOS FORRAJEROS Y PASTURAS A TRAVÉS DE LA NUTRICIÓN DE SUELOS

DEL 12 DE AGOSTO AL 18 DE DICIEMBRE DEL 2020, COCHABAMBA, BOLIVIA

OSCAR COLQUE FUENTES





Agriterra
6811 KD Arnhem
Willemsplein 42
Holanda
T +31 26 44 55 445

agriterra@agriterra.org
www.agriterra.org
Rabobank Arnhem
IBAN: NL 67 RABO 0162 1462 80

*Fundación Agriterra
Cámara de Comercio
41 048542*

Miembro de AgriCord



Datos AgriStudies™

Autores : Oscar Colque Fuentes
Titulo : Incremento de la Productividad de cultivos forrajeros y pasturas a través de la nutrición de suelos
Una publicación de : Agriterra
Número de proyecto : 20at-8473
Número AgriStudies :
País : Bolivia
Categoría : Mecanización y maquinaria agrícola, Otros aspectos agrícolas

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 4 |
| 1 INTRODUCCIÓN | 6 |
| 2 RESULTADOS Y CONCLUSIONES..... | 7 |
| 2.1 INFORME SOBRE ABSORCIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES Y RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE LAS DIFERENTES ESPECIES PRIORIZADAS | 7 |
| 2.2 GUÍA PARA APLICAR ESTRATEGIAS DE NUTRICIÓN DE SUELOS PARA CULTIVOS FORRAJEROS EN BOLIVIA..... | 7 |
| 2.3 HOJA DE CÁLCULO PARA REALIZAR EL BALANCE NUTRICIONAL | 8 |
| 2.4 CONCLUSIONES..... | 8 |
| 3 RECOMENDACIONES Y ACCIONES | 10 |
| 3.1 RECOMENDACIONES | 10 |
| 4 ACCIONES DE SEGUIMIENTO | 11 |
| 4.1 PLAN DE ACCIÓN | 11 |
| ANEXOS | 12 |
| 1 TÉRMINOS DE REFERENCIA | 13 |
| 2 PROGRAMA..... | 16 |
| 3 PARTICIPANTES..... | 20 |
| 4 INFORME SOBRE ABSORCIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES Y RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE LAS DIFERENTES ESPECIES PRIORIZADAS | 21 |
| 5 GUÍA PARA APLICAR ESTRATEGIAS DE NUTRICIÓN DE SUELOS PARA CULTIVOS FORRAJEROS EN BOLIVIA..... | 21 |
| 6 HOJA DE CÁLCULO PROGRAMA DE INTERPRETACIÓN Y BALANCE NUTRICIONAL | 21 |

RESUMEN

La presente consultoría fue realizada con la finalidad de contribuir al incremento de la productividad de pasturas y cultivos forrajeros empleados en la alimentación del ganado lechero de los Valles de Cochabamba y Tarija y en la región tropical de Santa Cruz a través de una estrategia de nutrición de suelos y forrajes.

Se abordaron temáticas inherentes a la fertilidad del suelo y la producción de pastos y forrajes y la importancia de los pastos y forrajes en la alimentación de ganado lechero.

Se ha sistematizado información sobre los principales forrajes producidos en áreas de acción de las organizaciones participantes, una descripción básica de las características climáticas y características cualitativas de suelos en áreas de acción. Se efectuó una revisión exhaustiva sobre los métodos para determinar la absorción y extracción de nutrientes por los cultivos, con el fin de efectuar un correcto plan de nutrición y fertilización de pastos y forrajes para el incremento de la productividad.

Se ha organizado una base de datos de 31 especies (23 gramíneas y ocho leguminosas) con información sobre extracción de N, P y K (Kg MS/ha/año) y se plantearon fundamentos técnicos para desarrollar un programa de fertilización de pastos y forrajes y una explicación paso a paso sobre el procedimiento para la elaboración del programa de fertilización de forrajes.

Para que las recomendaciones tengan un respaldo técnico; al presente trabajo se complementó con 38 análisis de suelos y con los resultados obtenidos en laboratorio se efectuó una caracterización sobre el estado de la fertilidad del suelo en áreas de acción de las organizaciones participantes. Los 38 análisis de suelos fueron complementados con información de campo, entre lo más relevante se evidenció que el 100% de los productores no aplicó ningún fertilizante (en años anteriores) para corregir, reponer o mejorar la producción de forraje.

A nivel general se determinó que en los suelos analizados:

- En ASOPLE existen problemas de acidez y baja fertilidad que requieren corrección. Se evidenció déficit de N, P Ca, Mg, K; en micronutrientes se reportó exceso de Fe y Mn, moderado para Cu y bajo para los elementos Zn y B; la textura predominante en el suelo fue franco arenoso.
- En FEDEPLE los suelos predominantes fueron de fertilidad media, no se encontró problemas de acidez ni salinidad; se evidenció rango bajo para S y K, moderado para N, Ca y Mg, alto para P; en micronutrientes se reportó contenido alto para Fe, Mn y Zn y bajo para los elementos Cu y B; la textura predominante en los suelos evaluados fue del tipo franco arenoso.
- En FEDEPLET los suelos evaluados se clasificaron en el rango de fertilidad alta, no se observó problemas de acidez ni salinidad; se evidenció rango muy alto para Ca y Mg, alto para P y K, moderado para N y S; en micronutrientes se reportó contenido muy alto para Mn, moderado para Zn y B, bajo para Fe y Cu; textura predominante: franco.
- En APL Cochabamba los suelos evaluados fueron de fertilidad alta, no se comprobó problemas de acidez, pero si se detectó problemas de exceso de sodio en algunos lotes; se evidenció rango muy alto para P, S, Mg y Na, alto para Ca y moderado para N; en micronutrientes se reportó contenido muy alto para Mn y B, moderado para Fe, Zn y Cu; textura predominante: franco limoso.

Tres documentos técnicos complementan al presente informe:

1. Documento sobre absorción y extracción de nutrientes y recomendaciones de nutrición y fertilización de las diferentes especies priorizadas;
2. Documento "Guía para aplicar estrategias de nutrición de suelos para cultivos forrajeros en Bolivia", con énfasis para la zona de los valles de Cochabamba y Tarija y en la región tropical de Santa Cruz; y
3. Hoja de cálculo para realizar el balance nutricional. Con los resultados y productos obtenidos durante el desarrollo de la consultoría se concluye que la información,

documentos y estudios de caso generados, contribuirán al incremento de la productividad de pasturas y cultivos forrajeros.

A continuación, se enumeran las recomendaciones más relevantes que requieren atención en el corto plazo:

- Una capacitación modular a personal técnico y productores de las asociaciones productoras de leche, en temáticas inherente a nutrición y fertilización de forrajes:
 - Técnicas para toma de muestras de suelo.
 - Interpretación de resultados de análisis químico y físico de suelos.
 - Interpretación de calidad de aguas.
 - Interpretación de análisis de calidad de forrajes.
- Hacer seguimiento a las estrategias de nutrición aplicadas en los diferentes terrenos.
- A partir de los hallazgos, ampliar los análisis de suelos a una mayor cantidad de predios cultivados con pastos y forrajes en las organizaciones que participaron de la presente misión: ALP, FEDEPLET, FEDEPLE y ASOPLE.
- Implementar unidades de asistencia técnica y validación técnica-comercial sobre producción de forraje para abastecimiento local, acorde a las características edáficas y ambientales de cada asociación.
- Validar la tecnología de producción de forraje hidropónico a nivel comercial en condiciones locales y analizar su factibilidad técnica y económica.
- Implementar el uso de registros en hatos ganaderos.
- Promover la adopción formal de las buenas prácticas en la producción lechera.
- Generar vínculos entre la producción de ganadería lechera con la producción agrícola comercial para garantizar la calidad nutritiva y sanidad de los forrajes. Bajo ese antecedente se recomienda efectuar el control de la calidad de los forrajes que se adquiere a través de un análisis bromatológico y nutritivo.
- Producir y publicar boletines técnicos semestrales en la que se incluyan trabajos de validación sobre nutrición y fertilización, nutrición y sanidad, buenas prácticas agrícolas, calidad de aguas y calidad de forrajes.

Autor

Oscar Colque Fuentes

Ingeniero Agrónomo, Investigador en cultivos tropicales; especialidad en Nutrición y Fertilización de cultivos, Universidad de Costa Rica, Centro de Validación de Frutas Tropicales Formosa Argentina, IBTA-Chapare e INIAF Bolivia INTAGRI México; Postgrados en Protección de Cultivos y Ciencia y Tecnología de Semillas (UFPEL Brasil), Diplomado en Agronegocios y Gestión Empresarial y Educación Superior.

1 INTRODUCCIÓN

La fertilidad de los suelos es el soporte de la producción de cultivos y es la base para que un suelo sea productivo. Aunque no siempre un suelo fértil es un suelo productivo, dado que puede ser afectado por factores restrictivos de la producción como: drenaje deficiente, insectos plagas, sequía y otros factores bióticos y abióticos que limitan su producción, aun teniendo suelos de fertilidad adecuada.

Todo el volumen de fruta, granos, bulbos, tubérculos, pastos y forrajes que se cosechan y salen de una parcela, chaco o finca, se producen en gran parte gracias a los aportes efectuados por los nutrientes del suelo, los mismos son limitados y se agotan a través del tiempo por efecto de las sucesivas cosechas y la falta de reposición, mantención o corrección de los mismos.

Las especies cultivadas, entre las que se incluye las plantas forrajeras, dependen del suelo para un adecuado crecimiento y buena producción. La principal función del suelo es proporcionar soporte mecánico a las raíces de los forrajes, así como el suministro de agua y nutrientes.

Un suelo fértil proporciona a través del tiempo nutrientes esenciales a las plantas, no obstante, para evitar desbalances en el suelo que puedan interferir el crecimiento y rendimiento de los forrajes es importante efectuar la reposición de nutrientes acorde a los volúmenes que fueron cosechados en las campañas de producción.

La información técnica sobre nutrición y fertilización de pastos y forrajes es amplia, variada y normalmente está concentrada en bibliotecas de universidades, instituciones públicas y privadas que realizan investigación, producción, desarrollo y transferencia de tecnología, así como en proyectos de apoyo al sector productivo financiados por la cooperación externa, aunque no siempre está al alcance del público interesado; también existen publicaciones electrónicas que provienen de otras latitudes y otro contexto ecológico y productivo pero de fácil acceso y costo razonable.

Por otra parte, el acceso a información técnica sobre trabajos de investigación y validación generados en condiciones locales es mínima, escasa y no está disponible. Ante este escenario crítico, fue necesario formular una metodología de sistematización y análisis de información que permita estimar la absorción y extracción de nutrientes por los principales forrajes cultivados, misma que se propone en el presente trabajo de consultoría.

Se ha elaborado un documento que propone los fundamentos básicos para desarrollar un programa de fertilización de pastos y forrajes y un procedimiento secuencial y de fácil comprensión para la elaboración de un programa de fertilización de forrajes orientado a mejorar la productividad.

2 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Al final de la asesoría, se han alcanzado los resultados esperados. A continuación, se detallan cada uno de ellos.

2.1 Informe sobre absorción y extracción de nutrientes y recomendaciones de nutrición y fertilización de las diferentes especies priorizadas

La demanda nutricional de las gramíneas y leguminosas forrajeras es variable y depende de la capacidad para extraer nutrientes del suelo, de las necesidades propias de la planta y el potencial de producción de la especie forrajera. La extracción de nutrientes del suelo (nitrógeno en particular) es más eficiente para las especies gramíneas que para las leguminosas, por eso es común ver en suelos de baja fertilidad cubierta vegetal de gramíneas en forma natural, con poca o ninguna leguminosa. Las leguminosas absorben con más facilidad otros elementos como el fósforo y potasio.

En el Anexo 4 se encuentra el resultado de la recopilación y sistematización de la extracción de nutrientes de gramíneas y leguminosas respectivamente. La información sistematizada corresponde a una revisión exhaustiva de bibliografía especializada de otras latitudes dado que en nuestro medio este tipo de trabajos son muy escasos y la información no está disponible.

En una segunda etapa se extrajeron 38 muestras de suelo para su análisis a través de un laboratorio local.

Conociendo, por una parte, el requerimiento o demanda de nutrientes por pastos cultivos forrajeros (información sistematizada de fuentes secundarias), la disponibilidad o suministro de nutrientes obtenido a través de análisis de suelos en laboratorio y el rendimiento proyectado, se establecieron estrategias de nutrición para cada lote.

2.2 Guía para aplicar estrategias de nutrición de suelos para cultivos forrajeros en Bolivia

Se elaboró el documento "Nutrición de suelos y forrajes en Bolivia", como guía de capacitación para aplicar recomendaciones técnicas, con el objetivo de contribuir al incremento de la productividad de pasturas y cultivos forrajeros empleados en la alimentación del ganado lechero en las diferentes cuencas lecheras del país

El documento referido se organizó en cinco capítulos (Anexo 5). En el capítulo de antecedentes se abordó las temáticas de: fertilidad del suelo y la producción de pastos y forrajes; importancia de los pastos y forrajes en la alimentación de ganado lechero, producción nacional de leche y niveles de productividad por departamento; principales forrajes cultivados por departamento; precipitación y temperaturas en principales zonas de producción por departamento y adaptación de los pastos y forrajes a diferentes climas, altitudes y edáficas

En el segundo capítulo se desarrolló dos métodos para determinar la absorción y extracción de nutrientes por los cultivos: estudios de absorción y extracción de nutrientes y método documental.

Productividad de pastos y forrajes a través de la nutrición y fertilización se abordó en el tercer capítulo, con dos temas centrales: fundamentos para desarrollar un programa de fertilización de pastos y forrajes y procedimiento para la elaboración del programa de fertilización de forrajes.

En el capítulo concerniente al programa de fertilización de forrajes, se efectuó un estudio de caso real, se abordaron tópicos relacionados a cómo interpretar un reporte de análisis de suelos en forma cualitativa y en que rango de clasificación se ubica; calcular la cantidad de nutrientes existentes en el suelo (kg/ha); determinar la cantidad de nutrientes que debe aportarse al suelo; estimar los datos de nutrientes (Kg) en formas de óxido presentes en los fertilizantes y determinar la cantidad de fertilizante comercial requerido (kg/ha).

2.3 Hoja de cálculo para realizar el balance nutricional

La hoja de cálculo Programa de Interpretación de análisis de suelos y balance nutricional, fue preparada para estimar la cantidad de nutrientes requeridos y extraídos por las especies de forrajes gramíneas y leguminosas, como parte de la presente misión. La hoja de cálculo se presenta como una herramienta de apoyo a los productores y técnicos, la misma consta de seis hojas que permiten efectuar los cálculos de nutrientes. A continuación, se detallan las hojas referidas y una explicación del procedimiento:

1. Resultados e interpretación de análisis de suelos.
2. Saturación de aluminio y necesidades de encalado.
3. Identificación de problemas de sodio.
4. Extracción de nutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio.
5. Especie cultivada.
6. Balance nutricional y recomendaciones de fertilización.

En la portada de la hoja de cálculo se enuncia un procedimiento sencillo del llenado del reporte de análisis de suelos y los requerimientos nutricionales según el siguiente detalle:

- Registrar los resultados de análisis de suelos en la hoja de resultados e interpretación de análisis de suelos,
- Verificar si existe exceso de aluminio y sodio en las hojas saturación de aluminio (%) - necesidades de encalados-Al & NE y porcentaje de sodio intercambiable para su corrección,
- Seleccionar la especie cultivada en la hoja extracción de nutriente (nitrógeno, fósforo y potasio) y copiar en la hoja especie cultivada, en esta misma hoja registrar el rendimiento proyectado (t MS /ha),
- Con los resultados reportados en la hoja balance de nutrientes y recomendaciones de fertilización implementar la recomendación formulada acompañado con un técnico capacitado de la organización.

2.4 Conclusiones

Se arribaron a las siguientes conclusiones:

- Se sistematizó y concreto una base de datos de 31 especies de pastos y forrajes, 23 gramíneas y ocho leguminosas, con información de extracción de los principales macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio, expresado en toneladas de materia seca por hectárea año (t MS/ha/año).

- Se elaboró y formuló una proyección de rendimientos (t/ha) para diferentes especies de forrajes cultivados clasificadas en las categorías bajo, moderado y alto respectivamente.
- Se elaboró una guía para la aplicación de estrategias de nutrición a nivel nacional con énfasis para la zona de los valles de Cochabamba y Tarija y en la región tropical de Santa Cruz.
- Se desarrolló una hoja de cálculo para estimar las necesidades nutrientes y fertilizantes en base a la demanda de nutrientes extraídos por las especies de pastos y forrajes y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Con los resultados y productos obtenidos durante el desarrollo de la consultoría se concluye que se generó información, documentos y estudios de caso que contribuirán al incremento de la productividad de pasturas y cultivos forrajeros.

3 RECOMENDACIONES Y ACCIONES

3.1 Recomendaciones

A continuación, se enumeran las recomendaciones más relevantes que requieren atención en el corto plazo.

1. Llevar a cabo capacitaciones modulares con el personal técnico y productores de las asociaciones productoras de leche, en temáticas inherente a nutrición y fertilización de forrajes:
 - Técnicas para toma de muestras de suelo.
 - Interpretación de resultados de análisis químico y físico de suelos.
 - Interpretación de calidad de aguas.
 - Interpretación de análisis de calidad de forrajes.
2. Evaluar los resultados de las estrategias de nutrición aplicadas al terminar la campaña de verano 2020 / 2021 en cada una de las organizaciones participantes.
3. A partir de la evaluación de los resultados, promover la masificación del análisis de suelos en un mayor número de parcelas. Para el caso de APL se recomienda un estudio adicional de la calidad de agua de consumo del ganado lechero, debido a que en evaluaciones preliminares se encontró exceso de sales y contaminantes microbiológicos.
4. Implementar unidades de asistencia técnica y validación técnica-comercial sobre producción de forraje para abastecimiento local, acorde a las características edáficas y ambientales de cada asociación.
5. Producir y publicar boletines técnicos semestrales en la que se incluyan trabajos de validación sobre nutrición y fertilización, nutrición y sanidad, buenas prácticas agrícolas, calidad de aguas y calidad de forrajes. Esta documentación puede ser entregada a los productores y personas interesadas a costo base para generar un ingreso continuo.
6. Otro tema que cobra relevancia en el contexto ganadero es la producción forraje hidropónico, para encarar esa temática se recomienda validar esta tecnología a nivel comercial en condiciones locales y analizar su factibilidad técnica y económica.
7. Implementar el uso de registros en hatos ganaderos, esta información puede ser mejorada y automatizada a través del uso de tecnologías digitales para su aplicación inmediata.
8. Promover la adopción formal de las buenas prácticas en la producción lechera para asegurar que la leche sea producida por animales alimentados correctamente, sanos, bajo condiciones aceptables y en equilibrio con el entorno medioambiental local, de esta forma se garantizará la calidad, homogeneidad e inocuidad de leche a los consumidores.
9. Generar vínculos entre la producción de ganadería lechera con la parte agrícola para garantizar la calidad nutritiva y sanidad de los forrajes. Bajo ese antecedente se recomienda efectuar el control de la calidad de los forrajes que se adquiere a través de un análisis bromatológico y nutritivo.

4 ACCIONES DE SEGUIMIENTO

4.1 Plan de Acción

| ACTIVIDADES | RESPONSABLE | FECHA TOPE |
|---|--------------------------------------|-----------------------|
| Seguimiento y evaluación de las estrategias de nutrición aplicadas. | ASOPLE APL FEDEPLE FEDEPLET | Marzo / abril de 2021 |

ANEXOS

- 1. Términos de Referencia**
- 2. Programa**
- 3. Participantes**
- 4. Informe sobre absorción y extracción de nutrientes y recomendaciones de nutrición y fertilización de las diferentes especies priorizadas**
- 5. Guía para aplicar estrategias de nutrición de suelos para cultivos forrajeros en Bolivia**
- 6. Hoja de cálculo Programa de interpretación y balance nutricional**

1 Términos de Referencia

| | |
|---------------------|--|
| Título de la misión | : Incremento de la Productividad de cultivos forrajeros y pasturas a través de la nutrición de suelos |
| Clientes | : Asociación de Productores de Leche del Valle de Cochabamba <ol style="list-style-type: none"> 1. (APL) 2. Federación Departamental de Productores de Leche de Tarija (FEDEPLET) 3. Federación Departamental de Productores de Leche de Santa Cruz (FEDEPLE) 4. Asociación de Productores de Leche Yapacaní - Puerto Grether (ASOPLE) |
| País | : Bolivia |
| Número de proyecto | : 20at-8473 |
| Número de misión | : AS.12661 |
| Periodo | : Del 12 de agosto al 18 de diciembre de 2020 |
| Asesor Empresarial | : Andrés Viscarra Morales |

Introducción organizaciones

APL

La Asociación de Productores de Leche del Valle de Cochabamba (APL) es la principal Organización de pequeños y medianos productores de leche fluida del Departamento Cochabamba, Bolivia y la pionera en el sector lechero de Bolivia.

APL reúne a 1.509 socios cuya actividad económica se desarrolla en los valles alto, central y bajo de Cochabamba. El 60% de ellos (905) son pequeños granjeros que producen hasta 100 litros de leche fluida por día, un 30% (453) son granjeros medianos con una producción diaria de 101 a 300 litros de leche y el restante 10% (151) son considerados grandes productores de leche, con una producción superior a 300 litros al día. El 100% de los socios de APL entrega su producción de leche a la Compañía multinacional PIL Andina S.A.

FEDEPLET

La Federación Departamental de Productores de Leche de Tarija (FEDEPLET) es una entidad gremial de derecho privado sin fines de lucro constituida el 11 de mayo de 2018 con el propósito de promover el mejoramiento de las condiciones de vida de sus asociados y contribuir al desarrollo económico del Departamento de Tarija.

Actualmente está conformada por cuatro asociaciones territoriales (provinciales y municipales) del Valle Central de Tarija. Los productores afiliados a FEDEPLET son alrededor de 800 criadores de ganado para la producción de leche.

FEDEPLET en la actualidad presta el servicio de representación gremial a sus asociados puesto que, al tratarse de una organización nueva, está diseñando el modelo organizativo que adoptará para la provisión de servicios a sus asociados.

La producción de leche de Tarija se dirige casi en su totalidad a tres principales industrias locales: PIL Tarija S.A., Empresa Boliviana de Alimentos (Empresa Pública) y Prolac.

FEDEPLE

La Federación Departamental de Productores de Leche de Santa Cruz (FEDEPLE) es una entidad gremial sin fines de lucro. FEDEPLE inició como ADEPLE (Asociación de Productores de Leche) en 1977. El rápido crecimiento orgánico institucional y la consolidación de servicios llevaron a sus fundadores y productores a evolucionar ADEPLE desde asociación a una federación hace ya 20 años. FEDEPLE está conformada por nueve asociaciones provinciales de productores de leche y una especializada, que juntas aglutinan aproximadamente 900 socios activos, distribuidos en cinco provincias conformantes de la cuenca lechera integrada del Departamento de Santa Cruz.

En la actualidad FEDEPLE disfruta de una elevada estabilidad económica y política, por lo que es el momento propicio para desarrollar proyectos y actividades que fortalezcan a la federación y la consoliden como una de las organizaciones de productores referencia del país.

ASOPLE

La Asociación de Productores de Leche Yapacaní - Puerto Grether (ASOPLE) es una asociación de base conformada por aproximadamente 300 productores de leche de la región de Yapacaní que ofrece servicios integrales al productor tales como alimento balanceado, crédito, acopio, comercialización, extensión técnica e insumos veterinarios.

En 2018 Agriterra inició su colaboración con ASOPLE, incluyendo en su Plan de Acción actividades de capacitación al Directorio y al personal administrativo. También realizó evaluaciones de su sistema de acopio de leche a los productores y de la producción de alimento balanceado en la planta de ASOPLE, presentando los respectivos informes de mejoras a realizar. Finalmente, Agriterra cofinanció el desarrollo de un nuevo software contable por módulos que facilita el trabajo administrativo, reduce el error humano y ahorra tiempo al contador y principalmente a la administradora para centrar su trabajo en actividades más ejecutivas.

Antecedentes de la misión

Las cuatro organizaciones anteriormente descritas enfrentan el desafío de incrementar la baja productividad de los hatos lecheros en los valles templados (Valle central de Cochabamba y valle central de Tarija) y en los llanos tropicales (Departamento de Santa Cruz). Actualmente la productividad promedio por vaca es de: 16 lt/día en Cochabamba, 12 lt/día en Tarija y de 10 lt/día en Santa Cruz.

Considerando que la calidad nutricional de los alimentos suministrados a los animales incide directamente en la productividad y la calidad de la leche producida, la baja productividad en consecuencia, es atribuible a la baja calidad composicional de los alimentos que les son dados.

La ración alimenticia para ganado bovino lechero consta de un componente voluminoso, constituido principalmente por forrajes y pastos y algunos subproductos del procesamiento de productos agrícolas (chala de maíz) y de un componente de alimento concentrado, el cual tiene una presencia alta de energía y proteína proveniente de granos.

Los productores lecheros, se abastecen del alimento concentrado que proveen las organizaciones a las que están afiliados (APL, ASOPLE y FEDEPLE) o a empresas privadas que lo ofrecen (en el caso de los socios de FEDEPLET). El abastecimiento de alimento voluminoso se realiza, principalmente a través de la producción propia de cultivos forrajeros, la disposición de pasturas y en su defecto de la adquisición de terceros.

En este ámbito, también se evidencia una baja productividad de los cultivos forrajeros a lo que se suma la aplicación deficiente prácticas de conservación de forrajes que redundan en la pérdida de la calidad de los mismos.

En tal sentido, la presente misión tendrá el propósito de desarrollar una estrategia de nutrición de cultivos forrajeros y pasturas que puedan ser aplicadas por las organizaciones participantes.

Objetivo principal

Contribuir al incremento de la productividad de pasturas y cultivos forrajeros empleados en la alimentación del ganado lechero de los Valles de Cochabamba y Tarija y en la región tropical de Santa Cruz a través de una estrategia de nutrición de suelos.

Objetivos específicos

- Sistematizar reportes de análisis de suelos, trabajos de fertilización, estadísticas de producción y rendimiento (t/ha) según especie cultivada.
- Estimar la absorción y extracción de nutrientes por tonelada, ciclo de producción y especie cultivada.

- Formular recomendaciones de fertilización según la absorción de nutrientes por especie cultivada.
- Elaborar una guía para la aplicación de estrategias de nutrición en la zona de los valles de Cochabamba y Tarija y en la región tropical de Santa Cruz.

Resultados esperados

1. Un informe técnico que incluya la absorción y extracción de nutrientes, así como las recomendaciones de nutrición y fertilización de las diferentes especies priorizadas.
2. Documento "Guía para aplicar estrategias de nutrición de suelos para cultivos forrajeros en Bolivia".
3. Hoja de cálculo para realizar el balance nutricional.

Detalles de la misión

- Composición del equipo de la misión de Agriterra:
 - Oscar Colque Fuentes, Ingeniero Agrónomo, con vasta experiencia profesional en nutrición de suelos.
 - Andrés Viscarra Asesor empresarial de Agriterra.
- Duración de la misión: La misión se iniciará el 12 de agosto de 2020 y durará hasta el 18 de diciembre de 2020.
- Logística y Presupuesto: Agriterra cubrirá el presupuesto de esta misión como parte del proyecto 20at-8473.

Anexos

Anexo 1: Cronograma Propuesto

2 Programa

| Nro. | Fecha | Actividad | Organización | Coordinación | Tipo | Nro. de participantes |
|------|-----------|---|--|--|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 07-ago-20 | Reunión informativa sobre desarrollo y alcances de la consultoría con representantes de las asociaciones: Damián Gutiérrez (APL), David Huaquira (ASOPLE), Carlos Hugo Ribera (Santa Cruz) y Leonardo Barrón (FEDEPLET) | APL – Cochabamba ASOPLE - Santa Cruz FEDEPLE - Santa Cruz FEDEPLET - Tarija | Andrés Viscarra Oscar Colque | Reunión técnica | 6 |
| 2 | 25-ago-20 | Importancia del monitoreo y análisis de suelos. Capacitación en toma de muestras de suelo. | ASOPLE - Santa Cruz | Andrés Viscarra David Huaquira Oscar Colque | Taller de capacitación | 3 |
| 3 | 01-sep-20 | Envío ficha técnica "Muestreo para análisis de suelos", con el objetivo de que los beneficiarios del proyecto efectúen la toma de muestras de suelo en predios representativos de la asociación. | APL – Cochabamba ASOPLE - Santa Cruz FEDEPLE - Santa Cruz FEDEPLET - Tarija | Damian Gutierrez David Huaquira Carlos Hugo Ribera Leonardo Barron Andrés Viscarra Oscar Colque Fuentes | Difusión de información | 4 |
| 4 | 09-sep-20 | Importancia del monitoreo y análisis de suelos. Capacitación en toma de muestras de suelo. | FEDEPLET - Tarija | Andrés Viscarra Leonardo Barron Oscar Colque | Taller de capacitación | 3 |
| 5 | 10-sep-20 | Importancia del monitoreo y análisis de suelos. Capacitación en toma de muestras de suelo. | FEDEPLE - Santa Cruz | Andrés Viscarra Carlos Hugo Ribera Oscar Colque | Taller de capacitación | 3 |
| 6 | 14-sep-20 | Reunión de coordinación con Carlos Hugo Ribera (Médico Veterinario), asunto: Revisión de análisis de suelos efectuados en seis predios de la asociación FEDEPLE en la gestión 2016. | FEDEPLE - Santa Cruz | Carlos Hugo Ribera Ojopi Oscar Colque Fuentes | Reunión técnica | 2 |
| 7 | 14-sep-20 | Reunión de coordinación con David Huaquira (Médico Veterinario), asunto: Revisión de análisis de suelos efectuados en las localidades de Naranjal, Bolívar, Choré, El Palmar y San Germán en la gestión 2018 | ASOPLE - Santa Cruz | David Huaquira Oscar Colque | Reunión técnica | 2 |

| Nro. | Fecha | Actividad | Organización | Coordinación | Tipo | Nro. de participantes |
|------|-----------|---|--|--|-------------------------|-----------------------|
| 8 | 18-sep-20 | Reunión vía WhatsApp, asunto, definición de especies de forrajes cultivados en áreas de la asociación FEDEPLE. | FEDEPLE - Santa Cruz | Carlos Hugo Ribera Oscar Colque | Reunión técnica | 2 |
| 9 | 21-sep-20 | Socialización de información técnica sistematizada inherente a "Saturación de aluminio tolerado por diferentes especies forrajeras". | APL - Cochabamba ASOPLE - Santa Cruz FEDEPLE - Santa Cruz FEDEPLET - Tarija | Damián Gutiérrez David Huaquira Carlos Hugo Ribera Leonardo Barrón Andrés Viscarra Oscar Colque | Difusión de información | 6 |
| 10 | 22-sep-20 | Reunión vía WhatsApp, asunto, emisión de criterio técnico sobre Informe de análisis químico de fertilizantes usados en algunos predios de la asociación FEDEPLE. | FEDEPLE - Santa Cruz | Carlos Hugo Ribera Oscar Colque | Reunión técnica | 2 |
| 11 | 28-sep-20 | Importancia del monitoreo y análisis de suelos. Capacitación en toma de muestras de suelo. | FEDEPLET - Tarija | Andrés Viscarra Leonardo Barrón Oscar Colque | Taller de capacitación | 3 |
| 12 | 29-sep-20 | Grabación de video sobre muestreo de suelos elaborado conjuntamente con Andrés Viscarra. | Agriterra | Andrés Viscarra Oscar Colque | Otros | 6 |
| 13 | 29-sep-20 | Difusión de video sobre muestreo de suelos elaborado conjuntamente con Andrés Viscarra. | APL - Cochabamba ASOPLE - Santa Cruz FEDEPLE - Santa Cruz FEDEPLET - Tarija | Damián Gutiérrez David Huaquira Carlos Hugo Ribera Leonardo Barron Andrés Viscarra Oscar Colque | Difusión de información | 6 |
| 14 | 16-oct-20 | Taller de capacitación y socialización de resultados y remisión de documento PPT. <ul style="list-style-type: none"> • Importancia del análisis de suelos en la producción agropecuaria. • Resultados e interpretación de análisis de suelos ASOPLE. | ASOPLE - Santa Cruz | Andrés Viscarra David Huaquira Oscar Colque | Taller de capacitación | 8 |
| 15 | 19-oct-20 | Taller de socialización de resultados a persona técnico y remisión de documento PPT. <ul style="list-style-type: none"> • Importancia del análisis de suelos en la producción agropecuaria. | ASOPLE - Santa Cruz | Andrés Viscarra David Huaquira Oscar Colque | Taller de capacitación | 13 |

| Nro. | Fecha | Actividad | Organización | Coordinación | Tipo | Nro. de participantes |
|------|-----------|---|----------------------|---|------------------------|-----------------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Unidades y rangos de interpretación de análisis de suelos. • Resultados e interpretación de análisis de suelos ASOPLE. • Cálculo de dosis de nutrientes. • Estudio de caso. | | | | |
| 16 | 10-nov-20 | Transcripción, interpretación y recomendación de 15 análisis de suelos por lote de la asociación ASOPLE enviados a los socios a través de David Huaquira. | ASOPLE - Santa Cruz | Andrés Viscarra David Huaquira Oscar Colque | Difusión de resultados | 17 |
| 17 | 11-nov-20 | Taller de socialización de resultados y remisión de documento PPT. <ul style="list-style-type: none"> • Importancia del análisis de suelos en la producción agropecuaria. • Resultados e interpretación de análisis de suelos FEDEPLE. | FEDEPLE - Santa Cruz | Andrés Viscarra Carlos Hugo Ribera Oscar Colque | Taller de capacitación | 3 |
| 18 | 11-nov-20 | Taller de socialización de resultados y remisión de documento PPT. <ul style="list-style-type: none"> • Importancia del análisis de suelos en la producción agropecuaria. • Resultados e interpretación de análisis de suelos FEDEPLET. | FEDEPLET - Tarija | Leonardo Barrón Andrés Viscarra Oscar Colque | Taller de capacitación | 6 |
| 19 | 18-nov-20 | Taller de capacitación y socialización de resultados a directivos y remisión de documento PPT. <ul style="list-style-type: none"> • Resultados e interpretación de análisis de suelos. • Análisis microbiológico, físico y químico de agua para ganado lechero. • Interpretación de análisis bromatológico y calidad de forraje para ganado lechero. | FEDEPLE - Santa Cruz | Andrés Viscarra Carlos Hugo Ribera Oscar Colque | Taller de capacitación | 13 |
| 20 | 26-nov-20 | Taller de capacitación y socialización de resultados a persona técnico y remisión de documento PPT. <ul style="list-style-type: none"> • Importancia del análisis de suelos en la producción agropecuaria. | APL - Cochabamba | Andrés Viscarra Damián Gutiérrez Oscar Colque | Taller de capacitación | 4 |

| Nro. | Fecha | Actividad | Organización | Coordinación | Tipo | Nro. de participantes |
|------|-----------|--|-------------------|---|------------------------|-----------------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Unidades y rangos de interpretación de análisis de suelos. • Resultados e interpretación de análisis de suelos APL. • Cálculo de dosis de nutrientes • Estudio de caso. | | | | |
| 21 | 04-dic-20 | <p>Taller de socialización de resultados a directivos y remisión de documento PPT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resultados e interpretación de análisis de suelos. • Análisis microbiológico, físico y químico de agua para ganado lechero. • Interpretación de análisis bromatológico y calidad de forraje para ganado lechero. | APL - Cochabamba | Andrés Viscarra Damián Gutiérrez Oscar Colque | Taller de capacitación | 6 |
| 22 | 10-nov-20 | <p>Interpretación y recomendación de 12 análisis de suelos de suelos, por lote y especie cultivada de la asociación FEDEPLET enviados a los socios a través de Leonardo Barrón.</p> | FEDEPLET - Tarija | Leonardo Barrón Andrés Viscarra Oscar Colque | Difusión de resultados | 6 |
| 23 | 11-dic-20 | <p>Taller de capacitación socialización de resultados y remisión de documento PPT.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Importancia del análisis de suelos en la producción agropecuaria. • Resultados e interpretación de análisis de suelos FEDEPLET. • Cálculo de dosis de nutrientes • Estudio de caso. | FEDEPLET - Tarija | Leonardo Barrón Andrés Viscarra Oscar Colque | Taller de capacitación | 6 |

3 Participantes

| Nro | Departamento | Organización | Nombre |
|-----|--------------|--------------|----------------------|
| 1 | Santa Cruz | ASOPLE | Wilfredo Sixto Alba |
| 2 | Santa Cruz | ASOPLE | Rene Merlos |
| 3 | Santa Cruz | ASOPLE | Honorina Chileno |
| 4 | Santa Cruz | ASOPLE | Pastor Cáceres |
| 5 | Santa Cruz | ASOPLE | David Gonzales |
| 6 | Santa Cruz | ASOPLE | David Huaquirá B. |
| 7 | Santa Cruz | ASOPLE | Nelson Mendoza |
| 8 | Santa Cruz | ASOPLE | Wilber Tarqui |
| 9 | Santa Cruz | ASOPLE | Fredy Alejandro |
| 10 | Santa Cruz | ASOPLE | Reynaldo Quiroga |
| 11 | Santa Cruz | ASOPLE | Fermin Hidalgo |
| 12 | Santa Cruz | FEDEPLE | Fernando Moreno |
| 13 | Santa Cruz | FEDEPLE | Andrés Moreno |
| 14 | Santa Cruz | FEDEPLE | Beto Suarez |
| 15 | Santa Cruz | FEDEPLE | Rene Ferrifino |
| 16 | Santa Cruz | FEDEPLE | Pascal Henz |
| 17 | Santa Cruz | FEDEPLE | Johan Frerking |
| 18 | Santa Cruz | FEDEPLE | Rainar Frerking |
| 19 | Santa Cruz | FEDEPLE | Buster Vaca |
| 20 | Santa Cruz | FEDEPLE | Carlos Hugo Rivera |
| 21 | Santa Cruz | FEDEPLE | Javier Velarde |
| 22 | Santa Cruz | FEDEPLE | Sergio Landivar |
| 23 | Santa Cruz | FEDEPLE | Jenny Rodriguez |
| 24 | Santa Cruz | FEDEPLE | Marianny Morales |
| 25 | Tarija | FEDEPLET | Jaime Luján |
| 26 | Tarija | FEDEPLET | Leonardo Barrón |
| 27 | Tarija | FEDEPLET | Luis Leigue Mealla |
| 28 | Tarija | FEDEPLET | Félix Navarro Torrez |
| 29 | Tarija | FEDEPLET | Hernán Farfán |
| 30 | Tarija | FEDEPLET | Roye Campero |
| 31 | Tarija | FEDEPLET | Silverio Llanos |
| 32 | Tarija | FEDEPLET | Hugo Ruiz B. |
| 33 | Tarija | FEDEPLET | Mario Armella |
| 34 | Cochabamba | APL | Andrés Meneses |
| 35 | Cochabamba | APL | Erick Rocabado |
| 36 | Cochabamba | APL | Carminia Quispe |
| 37 | Cochabamba | APL | Laura Alba |
| 38 | Cochabamba | APL | Eduardo García |
| 39 | Cochabamba | APL | Damián Gutiérrez |
| 40 | Cochabamba | APL | Juvenal Vera Cadima |
| 41 | Cochabamba | APL | Escarlen Rodríguez |
| 42 | Cochabamba | APL | Javier Jordán |
| 43 | Cochabamba | Agriterra | Oscar Colque |
| 44 | La Paz | Agriterra | Andrés Viscarra |

4 Informe sobre absorción y extracción de nutrientes y recomendaciones de nutrición y fertilización de las diferentes especies priorizadas

Enlace de descarga: <http://bit.ly/383qNoR>

5 Guía para aplicar estrategias de nutrición de suelos para cultivos forrajeros en Bolivia

Enlace de descarga: <http://bit.ly/305FdR9>

6 Hoja de cálculo Programa de interpretación y balance nutricional

Enlace de descarga: <http://bit.ly/3rb20qp>

Anexo 4

INFORME ● ● ● ● ●

**ABSORCIÓN Y EXTRACCIÓN
DE NUTRIENTES Y
RECOMENDACIONES DE
NUTRICIÓN Y
FERTILIZACIÓN DE
FORRAJES**





Agriterra
6811 KD Arnhem
Willemsplein 42
Holanda
T +31 26 44 55 445

agriterra@agriterra.org
www.agriterra.org
Rabobank Arnhem
IBAN: NL 67 RABO 0162 1462 80

*Fundación Agriterra
Cámara de Comercio
41 048542*

Miembro de AgriCord



Datos AgriStudies™

Autor : Oscar Colque Fuentes
Título : Incremento de la productividad de cultivos forrajeros y pasturas a través de la nutrición de suelos
Una publicación de : Agriterra
Número de proyecto : 20at-8473
Número AgriStudies : [número]
País : Bolivia
Categoría : Other agricultural aspects

INDICE

RESUMEN 4

1. ANTECEDENTES 1

 1.1. La fertilidad del suelo y la producción de pastos y forrajes 1

 1.2. Importancia de los pastos y forrajes en la alimentación de ganado lechero 1

 1.3. Producción nacional de leche y niveles de productividad por departamento 2

 1.4. Principales forrajes cultivados por departamento 5

 1.5. Principales forrajes producidos en áreas de acción del proyecto 8

 1.6. Precipitación y temperaturas en departamento dedicados a la producción de ganado lechero 9

 1.7. Adaptación de los pastos y forrajes a diferentes climas, altitudes y edáficas 11

 1.8. Características cualitativas de suelos en áreas de acción del proyecto 13

 1.9. Definiciones técnicas básicas sobre nutrición y fertilización de pastos forrajes 13

2. FUNDAMENTOS Y PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR UN PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN DE PASTOS Y FORRAJES 15

 2.1. Fundamentos 15

 2.1.1. Componente suelo 15

 2.1.2. Componente clima 17

 2.1.3. Componente animal 17

 2.1.4. Componente pasto y forraje 18

 2.2. Procedimiento 20

 2.2.1. Información sobre el historial de la parcela 20

 2.2.2. Muestreo de suelos y foliar 20

 2.2.2.1. Resultados de análisis de suelo y foliar 21

 2.2.2.2. Unidades y equivalencias empleadas en análisis de suelos y foliar 22

 2.2.2.3. Valores de referencia para interpretación de análisis de suelos 22

 2.2.2.4. Valores de referencia para interpretación de análisis de foliar 24

 2.2.3. Requerimiento de nutrientes según especie forrajera cultivada 25

 2.2.4. Factores para la conversión de mg/L y cmol(+)/L a kg/ha de los principales nutrimentos del análisis químico de suelos 25

 2.2.5. Fuentes de fertilizantes 25

 2.2.6. Eficiencia de nutrientes 27

 2.2.7. Acidez del suelo y encalado 27

 2.2.7.1. Acidez del suelo 28

 2.2.7.2. Encalado 28

 2.2.7.3. Saturación de aluminio recomendado para los cultivos 29

2.2.8. Cálculo de dosis de nutriente para fertilización 30

3. ABSORCIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR LOS FORRAJES 32

 3.1. Métodos para determinar la absorción y extracción de nutrientes por los cultivos 32

 3.1.1. Estudios de absorción y extracción de nutrientes 32

 3.1.2. Método documental 34

 3.2. Extracción de nutrientes de forrajes gramíneas y leguminosas 36

 3.3. Rendimiento esperado (t/MS/ha/año) para especies de pastos de gramíneas y leguminosas 38

4. ESTADO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN ÁREA DE ACCIÓN DEL PROYECTO 40

 4.1. Interpretación de resultados por organización 41

5. ESTRATEGIAS DE NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN 46

| | |
|--|-----|
| 5.1. Interpretación de resultados de laboratorio y recomendaciones de nutrición y fertilización..... | 46 |
| 5.1.1. Estudio de caso 1 Asociación de Productores de Leche (ASOPL) | 46 |
| 5.1.2. Estudio de caso 2 Federación Departamental de Leche (FEDEPLE)..... | 51 |
| 5.1.3. Estudio de caso 3 Federación Departamental de Leche Tarija (FEDEPLET) . | 54 |
| 5.1.4. Estudio de caso 4 Asociación de Productores de Leche (APL) | 59 |
| 5.2. Actividades de capacitación, reuniones técnicas y difusión inherentes a la fertilidad de suelos en áreas de acción del proyecto | 63 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 74 |
| 7. ANEXOS | 76 |
| Anexo 1. Interpretación de los principales parámetros analizados en laboratorio: Asociación de Productores de Leche (ASOPL) Santa Cruz | 76 |
| Anexo 2. Interpretación de los principales parámetros evaluados en laboratorio: Federación de Productores de Leche Santa Cruz (FEDEPLE) | 94 |
| Anexo 3. Interpretación de los principales parámetros evaluados en laboratorio: Federación de Productores de Leche Tarija (FEDEPLET) | 112 |
| Anexo 4. Interpretación de los principales parámetros evaluados en laboratorio: Asociación de Productores de Leche (APL) Cochabamba | 130 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 . HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE LA PAZ Y ORURO | 9 |
| FIGURA 2 . HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE COCHABAMBA, TARIJA Y CHUQUISACA..... | 10 |
| FIGURA 3 . HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE SANTA CRUZ Y BENI | 10 |
| FIGURA 4. EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE DIFERENTES ESPECIES DE GRAMÍNEAS EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA..... | 19 |
| FIGURA 5. RANGO DE INTERPRETACIÓN DE LOS NIVELES DE NUTRIENTES EN EL SUELO Y LA PROBABILIDAD DE RESPUESTA A LOS NUTRIENTES DISPONIBLES EN SUELO Y RESPUESTA A LA ADICIÓN DE FERTILIZANTES | 21 |
| FIGURA 5. PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE ALUMINIO REQUERIDO POR DIFERENTES ESPECIES DE PASTOS Y FORRAJES CULTIVADOS. ELABORACIÓN PROPIA CON REPORTES DE RAIJ ET AL 1997, ESPINOSA Y MOLINA, 1998, BERTSH, 1998 Y MOLINA, 1998..... | 30 |
| FIGURA 7. SISTEMATIZACIÓN DE ESTUDIO DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES (N, P Y K) EN CULTIVO DE <i>BRACHIARIA BRIZANTHA</i> (CV TOLEDO), RENDIMIENTO 25.21 T DE MATERIA SECA/HA/AÑO. | 33 |
| FIGURA 7. ECUACIONES DE EXTRACCIÓN DE N, P Y K CALCULADAS CON LOS DATOS DEL CUADRO 5..... | 34 |
| FIGURA 8. SECUENCIA DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL PERIODO DE LA CONSULTORÍA. SE REFLEJAN EL GRADO DE ADOPCIÓN DE LAS CAPACITACIONES IMPARTIDAS E INTERÉS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTOS Y FORRAJES., TAMBIÉN ESTÁ EL ESTADO DE LOS PASTOS Y FORRAJES SEGÚN CADA ZONA DE PRODUCCIÓN..... | 73 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| CUADRO 1. PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE LECHE POR DEPARTAMENTO | 2 |
| CUADRO 2. PRODUCCIÓN PROMEDIO DE LECHE POR DEPARTAMENTO SEGÚN CATEGORÍA DE RENDIMIENTO | 3 |
| CUADRO 3. PRINCIPALES ESPECIES DE PASTOS CULTIVADOS A NIVEL NACIONAL | 5 |
| CUADRO 4. PRINCIPALES ESPECIES CULTIVADAS A NIVEL NACIONAL | 6 |
| CUADRO 5. PRINCIPALES PASTOS CULTIVADOS POR DEPARTAMENTO..... | 7 |
| CUADRO 6. PRINCIPALES FORRAJES PRODUCIDOS EN ÁREAS DE ACCIÓN DEL PROYECTO | 8 |
| CUADRO 7. TEMPERATURAS POR DEPARTAMENTO Y ALTITUD SEGÚN PISO ECOLÓGICO | 11 |
| CUADRO 8. CUADRO REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES (NPK) Y ADAPTACIÓN A DIFERENTES ALTITUDES (MSNM) DIFERENTES ESPECIES DE PASTOS DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS..... | 12 |
| CUADRO 9. CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS DE SUELOS EN ÁREAS DE ACCIÓN DEL PROYECTO..... | 13 |
| CUADRO 10. GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SALUD Y SOSTENIBILIDAD DE SUELOS FORRAJEROS..... | 16 |
| CUADRO 11. PRODUCCIÓN DIARIA DE ESTIÉRCOL (KG) SEGÚN TIPO DE ANIMAL Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES (GARCÍA ET AL, 2002) | 18 |
| CUADRO 12. VALORES REFERENCIALES DE LAS CONDICIONES DE PH DEL SUELO | 22 |
| CUADRO 13. VALORES REFERENCIALES DE LAS CONDICIONES CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO | 23 |
| CUADRO 14. VALORES REFERENCIALES DE LA MATERIA ORGÁNICA, MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES DEL SUELO. | 23 |
| CUADRO 15. SATURACIÓN DE ALUMINIO (%)..... | 23 |
| CUADRO 16. PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI)..... | 24 |
| CUADRO 17 RANGOS DE CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES (%) CALCULADO EN MATERIA SECA PARA ALGUNOS FORRAJES | 24 |
| CUADRO 18. RANGOS DE CONTENIDO DE MICRONUTRIENTES (G/KG) CALCULADO EN MATERIA SECA PARA ALGUNOS FORRAJES | 24 |
| CUADRO 19. FACTORES PARA LA CONVERSIÓN DE LOS PRINCIPALES NUTRIMENTOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS (20 CM DE PROFUNDIDAD) | 25 |
| CUADRO 20. CONVERSIÓN DE NUTRIENTES DE FORMA ELEMENTAL A ÓXIDO Y VICEVERSA... 25 | 25 |
| CUADRO 21. PRINCIPALES FERTILIZANTES COMERCIALES Y SU COMPOSICIÓN PORCENTUAL (%)..... | 26 |
| CUADRO 22. SINERGISMO Y ANTAGONISMO ENTRE NUTRIENTES REQUERIDOS POR LAS PLANTAS | 27 |
| CUADRO 23. EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE LOS PRINCIPALES MACRONUTRIENTES | 27 |
| CUADRO 24. ESTIMACIÓN DE DOSIS DE NUTRIENTES PARA UN RENDIMIENTO DE 13 T/HA/AÑO DE <i>BRACHIARIA DECUMBENS</i> EN LA LOCALIDAD DE ICHILO, SANTA CRUZ 2020 . | 31 |
| CUADRO 25. DATOS DE EXTRACCIÓN DE N, P Y K POR EL PASTO <i>BRACHIARIA BRIZANTHA</i> PARA DIFERENTES RENDIMIENTOS OBTENIDOS DE LA LITERATURA. | 34 |
| CUADRO 26. EXTRACCIÓN DE N, P Y K PARA DIFERENTES RENDIMIENTOS CALCULADAS CON LAS ECUACIONES GENERADAS EN LA FIGURA 4 | 35 |
| CUADRO 27. PROMEDIOS DE ABSORCIÓN TOTAL DE N, P Y K DE UNA T/HA DE GRANO DE ARROZ CALCULADOS CON LOS DATOS PROVENIENTES DE LA LITERATURA. | 36 |
| CUADRO 28. EXTRACCIÓN DE N, P Y K PARA DIFERENTES RENDIMIENTOS DE MATERIA SECA DE <i>B. BRIZANTHA</i> , CALCULADAS CON LAS ECUACIONES GENERADAS EN LA FIGURA 4 Y EL PROMEDIO DE ABSORCIÓN AJUSTADO POR TONELADA | 36 |
| CUADRO 29. EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES (KG/HA/AÑO) DE ESPECIES GRAMÍNEAS..... | 37 |
| CUADRO 30. EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES (KG/HA/AÑO) DE ESPECIES LEGUMINOSAS | 38 |
| CUADRO 31. RENDIMIENTO ESPERADO (T/MS/HA/AÑO) PARA ESPECIES DE PASTOS DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS..... | 39 |
| CUADRO 32 NÚMERO DE MUESTRAS DE SUELO ANALIZADOS EN LABORATORIO, SEGÚN NÚMERO DE MUNICIPIOS, DEPARTAMENTOS Y ORGANIZACIONES BENEFICIARIAS..... | 40 |
| CUADRO 33 ESTADO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN LAS ASOCIACIONES: ASOPLE, FEDEPLE, FEDEPLET Y APL (N = 38)..... | 41 |

CUADRO 34 ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN, REUNIONES TÉCNICAS Y DIFUSIÓN
REALIZADOS DURANTE LOS MESES DE AGOSTO A DICIEMBRE 2020..... 63

RESUMEN

En el presente documento se abordaron temáticas inherentes a la fertilidad del suelo y la producción de pastos y forrajes y su importancia en la alimentación de ganado lechero.

Se ha sistematizado información sobre los principales forrajes producidos en Bolivia, una descripción básica de las características climáticas y características cualitativas de suelos en áreas de acción. Se efectuó una revisión exhaustiva sobre los métodos para determinar la absorción y extracción de nutrientes por los cultivos, con el fin de efectuar un correcto plan de nutrición y fertilización de pastos y forrajes para el incremento de la productividad.

Se ha organizado una base de datos de 31 especies (23 gramíneas y ocho leguminosas) con información sobre extracción de N, P y K (Kg MS/ha/año) y se plantearon fundamentos técnicos para elaborar un programa de fertilización de pastos y forrajes y una explicación paso a paso sobre el procedimiento para la elaboración del programa de fertilización de forrajes.

Para que las recomendaciones tengan un respaldo técnico, al presente trabajo se complementó con 38 análisis de suelos y con los resultados obtenidos en laboratorio se efectuó una caracterización sobre el estado de la fertilidad del suelo en áreas de acción del proyecto. Los 38 análisis de suelos fueron complementados con información de campo, entre lo más relevante se evidenció que el 100% de los productores no aplicó ningún fertilizante (en años anteriores) para corregir, reponer o mejorar la producción de forraje.

En el capítulo de estrategias de nutrición y fertilización se efectuó la interpretación de 38 resultados de laboratorio por parámetro químico y físico, también se desarrolló cuatro estudios de caso con sus respectivas recomendaciones técnicas considerando las condiciones edáficas de cada organización; finalmente se desarrolló talleres de capacitación y socialización de los resultados de cada organización.

Oscar Colque Fuentes

Ingeniero Agrónomo, Investigador en cultivos tropicales; especialidad en Nutrición y Fertilización de cultivos, Universidad de Costa Rica, Centro de Validación de Frutas Tropicales Formosa Argentina, IBTA-Chapare e INIAF Bolivia INTAGRI México; Postgrados en Protección de Cultivos y Ciencia y Tecnología de Semillas (UFPEL Brasil), Diplomado en Agronegocios y Gestión Empresarial y Educación Superior.

1. ANTECEDENTES

1.1. La fertilidad del suelo y la producción de pastos y forrajes

La fertilidad de los suelos es el soporte de la producción de cultivos y es la base para que un suelo sea productivo. Aunque no siempre un suelo fértil es un suelo productivo, dado que puede ser afectado por factores restrictivos de la producción como: drenaje deficiente, insectos plagas, sequía y otros factores bióticos y abióticos que limitan su producción, aun teniendo suelos de fertilidad adecuada.

Todo el volumen de fruta, granos, bulbos, tubérculos, pastos y forrajes que se cosechan y salen de una parcela, chaco o finca, se producen en gran parte gracias a los aportes efectuados por los nutrientes del suelo, los mismos son limitados y se agotan a través del tiempo por efecto de las sucesivas cosechas y la falta de reposición, mantención o corrección de los mismos.

Las especies cultivadas, entre las que se incluye las plantas forrajeras, dependen del suelo para un adecuado crecimiento y buena producción. La principal función del suelo es proporcionar soporte mecánico a las raíces de los forrajes, así como el suministro de agua y nutrientes.

Un suelo fértil proporciona a través del tiempo nutrientes esenciales a las plantas, no obstante, para evitar desbalances en el suelo que puedan interferir el crecimiento y rendimiento de los forrajes es importante efectuar la reposición de nutrientes acorde a los volúmenes que fueron cosechados en las campañas de producción.

1.2. Importancia de los pastos y forrajes en la alimentación de ganado lechero

Los sistemas de producción ganadera de leche en Bolivia constituyen una de las actividades de producción y generadoras de recursos económicos de mayor relevancia.

La producción ganadera depende fundamentalmente de la buena alimentación para una nutrición adecuada, la misma se basa en el suministro oportuno de pastos, forrajes y alimento concentrado de calidad acorde a los volúmenes requeridos. La cantidad y calidad de los alimentos es de singular importancia dado que de eso dependerá la productividad del hato lechero.

La calidad de los pastos y forrajes puede variar su composición nutricional según el ambiente donde se lo cultiva (clima y fertilidad del suelo) y el tipo de manejo (nutrición y fertilización, rotación de cultivos) que se les proporcione. Es necesario conocer el valor nutricional de un forraje y como son aprovechados por los animales que lo consumen.

Las diferentes condiciones agroecológicas en las que se desarrollan las actividades de producción ganadera lechera determinan el sistema de producción. En las regiones del valles y altiplano de Bolivia predomina el sistema de producción intensiva, mientras que en las regiones de clima tropical y subtropical prevalece el sistema extensivo combinado con el sistema estabulado.

En los sistemas intensivos de la región valles la principal base de alimentación es el maíz forrajero (*Zea mays*) la alfalfa (*Medicago sativa*) y otras especies como lolium (*Lolium multiflorum*). La alimentación se complementa con forrajes henificados y suplemento balanceado a base de soya y maíz.

En sistemas extensivos en regiones tropicales predominan los pastos brachiarias (*Bracharia brizantha*, *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria humidicola*), pasto mombaza (*Megathyrsus maximus*), Gatton paning (*Panicum maximum*) y otras especies como kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y pasto de corte elefante (*Pennisetum purpureum*).

1.3. Producción nacional de leche y niveles de productividad por departamento

La producción de leche en el país está basada en sistemas productivos que se caracterizan por el tipo de manejo y fuente de alimentación, nivel tecnológico y de la productividad obtenida. Se destaca el sistema de producción de leche a base de forraje, suplementado con alimento balanceado y forraje seco, acorde a las condiciones ambientales de cada región. Para elevar la producción de leche se tendrá que alimentar a los animales a través de la utilización de pastos perennes de alta productividad, de la conservación del forraje, rotación de pastoreo y manejo integral de la propiedad.

Según el MDRyT, a diciembre 2019 se reportaron 9.741.474 de cabezas de ganado bovino nivel nacional, de los cuales 32% fueron machos, 66% hembras y 2% bueyes. La cantidad de hembras se cuantificó en 6.433.176 de cabezas, donde el 17% corresponde a vacas menores a un año, 16% entre 1 a 2 años y 67% mayor a dos años equivalente a 4.313.845 cabezas; según criterios zootécnicos las vacas mayores a dos años se encuentran aptas para la reproducción y producción de leche.

Según el censo agropecuario Bolivia 2012, se reportó 382.561 vacas productoras de leche, equivalente al 15,4% del total de hembras mayores a dos años de esa gestión (Cuadro 1). De este volumen nacional, el 78,4% se registró en los departamentos de Cochabamba, Tarija y Santa Cruz, equivalente a 16,4%, 3,4% y 58,6% respectivamente.

Cuadro 1. Producción y productividad de leche por departamento

| Departamento | Total vacas ordeñadas | Producción de leche L/día | Promedio leche L/vaca/día |
|---------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Cochabamba | 36.611 | 370.155 | 10,1 |
| Tarija | 9.636 | 76.113 | 7,9 |
| Santa Cruz | 204.429 | 1.322.610 | 6,5 |
| Beni | 40.003 | 102.387 | 2,6 |
| Chuquisaca | 11.601 | 34.656 | 3,0 |
| La Paz | 65.229 | 276.731 | 4,2 |
| Oruro | 12.200 | 62.986 | 5,2 |
| Pando | 1.547 | 5.004 | 3,2 |
| Potosí | 1.305 | 5.290 | 4,1 |
| Total general | 382.561 | 2.255.932 | 5,9 |

Fuente: INE, 2015. Censo Agropecuario Bolivia 2013

Los departamentos con mayor número de vacas y producción de leche corresponden a los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y La Paz, en conjunto alcanzaron a 80,1% del total de cabezas y produjeron el 87,3% del volumen nacional.

El rendimiento promedio de leche a nivel nacional (2012) fue de 5.9 L/vaca/día, este valor de acuerdo al Cuadro 2 se considera muy bajo (< 10 L/vaca/día). Los departamentos con mayor productividad de leche fueron Cochabamba, Tarija y Santa Cruz; a excepción del departamento de Cochabamba que se ubicó en la categoría bajo (10-15 L/vaca/día), el resto de los departamentos se situaron en la categoría muy bajo.

Cuadro 2. Producción promedio de leche por departamento según categoría de rendimiento

| Departamento | Promedio leche L/vaca/día | Categoría según rendimiento de L/vaca/día | | | | |
|--------------|---------------------------|---|------------|-------------|------------|------------|
| | | < 10 Muy bajo | 10-15 Bajo | 15-20 Medio | 20-25 Alto | > 25 Élite |
| Cochabamba | 10,1 | | 10,1 | | | |
| Tarija | 7,9 | 7,9 | | | | |
| Santa Cruz | 6,5 | 6,5 | | | | |
| Beni | 2,6 | 2,6 | | | | |
| Chuquisaca | 3,0 | 3,0 | | | | |
| La Paz | 4,2 | 4,2 | | | | |
| Oruro | 5,2 | 5,2 | | | | |
| Pando | 3,2 | 3,2 | | | | |
| Potosí | 4,1 | 4,1 | | | | |
| Promedio | 5,9 | 5,9 | | | | |

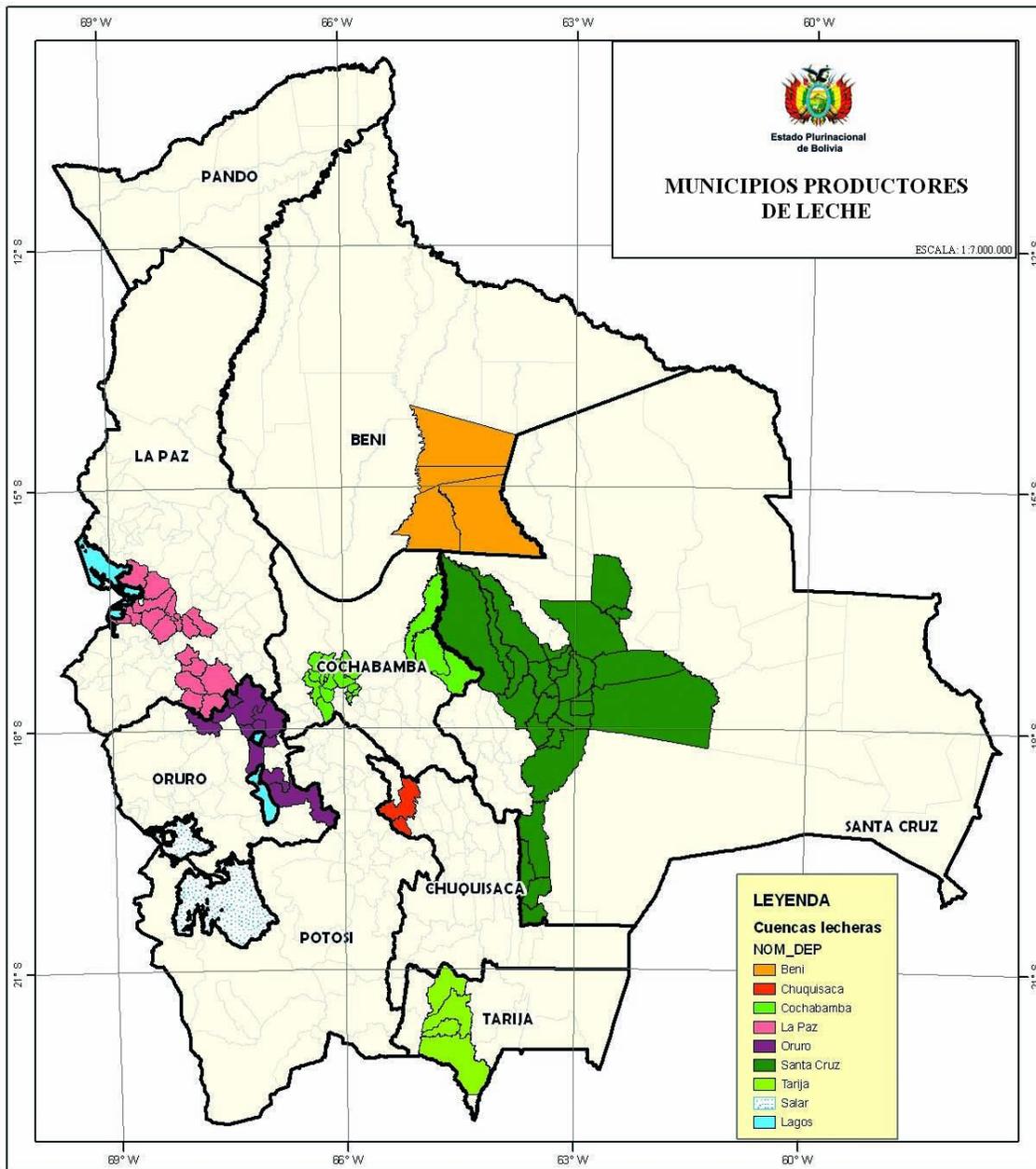
Fuente: Elaboración propia, con datos de INE, 2015 Censo Agropecuario Bolivia 2013 y reuniones con APL, FEDEPLET, ASOPLE y FEDEPLE, 2020

Según reportes de las asociaciones beneficiarias del proyecto AGRITERRA el rendimiento promedio de leche de la gestión 2019 fue superior respecto a los datos reportados en el Cuadro 1. En las asociaciones ASOPLE y FEDEPLE del departamento de Santa Cruz, el rendimiento promedio para el 2019 fue de 12,5 y 11 L/vaca/día, esta diferencia representó un incremento de 92 y 69% respectivamente; en la organización FEDEPLET de Tarija el rendimiento reportado fue de 12,6 L/vaca/día observándose un incremento de 59% respecto a la media de ese departamento; en la APL Cochabamba se obtuvo una media de 15,5 L/vaca/día y este valor estableció un incremento de 53% respecto a la media departamental. Respecto a la categoría de rendimiento, las asociaciones ASOPLE, FEDEPLE y FEDEPLET se ubicaron en el rango bajo de 10 a 15 L/vaca/día, la asociación APL fue la que se posesionó en la categoría media de 15 a 20 L/vaca/día. Es necesario aclarar que los valores del Cuadro 1 corresponde a datos de la gestión 2013 y los datos de las organizaciones a 2019, no obstante, aunque el incremento de los promedios departamentales obtuviera un crecimiento sostenido, la diferencia de rendimiento aún es muy amplia a favor de las organizaciones.

En el país oficialmente 82 municipios de siete departamentos se consideran productores de leche. Encabeza esta lista el departamento de Santa Cruz seguido de Cochabamba, la Paz, Oruro, Tarija Beni y Chuquisaca, con porcentajes de 34,1%, 22,0%, 20,7%, 11,0%, 4,9%, 4,9%, 2,4% respectivamente. En el Mapa 1 se grafica los 82 municipios y por su ubicación claramente se advierte que cada departamento se diferencia por sus

características climáticas y ecológicas de las macro-regiones de Altiplano, Valles y Trópico.

Mapa 1. Municipios productores de leche por departamento



Fuente: MDRyT, Compendio Agropecuario Bolivia 2012

La baja productividad de leche a nivel nacional guarda una estrecha relación con la calidad de los forrajes que los animales consumen, forrajes con bajo contenido de proteínas y baja digestibilidad estancan la producción de leche en niveles bajos, si a la mala alimentación se suman los problemas sanitarios, escasos o mala calidad de agua y otros factores restrictivos, las pérdidas serán mucho mayores. Se resume que una buena

base forrajera es la principal fuente de nutrientes, la más económica, la que garantiza calidad alimenticia para lograr una adecuada producción de leche.

1.4. Principales forrajes cultivados por departamento

La información disponible y accesible a la producción de pastos y forrajes en los nueve departamentos del país corresponden al Censo Agropecuario 2013 del Instituto Nacional de Estadística.

Se reportó 13.170.736 de hectáreas destinadas a la producción ganadera, donde el 18% de la superficie se cultivan con pastos y el 82% tienen pastos naturales (cuadro 3). Del total de pastos cultivados en el país, Santa Cruz concentra la mayor extensión con 1.807.249 hectáreas, le siguen Beni 335.423,4 con hectáreas y Pando con 93.565,9 hectáreas, la suma de pastos cultivados en los tres departamentos equivale al 95% del total.

Cuadro 3. Principales especies de pastos cultivados a nivel nacional

| Departamento | Pasto cultivado (ha) | Pasto natural (ha) | Total |
|---------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| Beni | 335.423 | 5.546.618 | 5.882.042 |
| Chuquisaca | 29.556 | 424.872 | 454.428 |
| Cochabamba | 35.445 | 116.833 | 152.277 |
| La Paz | 22.996 | 964.179 | 987.175 |
| Oruro | 2.301 | 1.426.492 | 1.428.793 |
| Pando | 93.566 | 6.820 | 100.386 |
| Potosí | 144 | 422.131 | 422.275 |
| Santa Cruz | 1.807.249 | 1.827.025 | 3.634.274 |
| Tarija | 22.382 | 86.704 | 109.086 |
| Total | 2.349.062 | 10.821.674 | 13.170.736 |
| Participación | 18% | 82% | 100% |

Fuente: INE, 2015. Censo Agropecuario Bolivia 2013

Según referencias de INE, 2015, la superficie de alfalfa equivalente a 22.465 hectáreas, se reportó en el grupo de cultivos bajo riego. Es importante destacar que la alfalfa es una especie de amplio uso en la alimentación ganadera lechera en la región del los valles y altiplano del país. El departamento con más superficie fue Oruro con 10551 has, seguido de La Paz, Cochabamba, Potosí, Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz que registraron, 4.483, 3.333, 2.237, 1.045, 766 y 51 hectáreas respectivamente.

A nivel nacional, nueve especies de forrajes cultivados abarcan el 94% de la superficie total, equivalente a 2'211.714 hectáreas (Cuadro 4), las especies con mayor cobertura reportada fueron los pastos *Brachiaria brizantha* (42%), *Brachiaria humidicola* (17%), *Panicum maximum* cv. Tanzania (11%) y *Brachiaria decumbens* (8%).

Cuadro 4. Principales especies cultivadas a nivel nacional

| Nombre común | Nombre científico | Superficie cultivada (ha) | Relevancia |
|----------------|--|---------------------------|------------|
| Brizantha | <i>Brachiaria brizantha</i> | 983.361 | 42% |
| Humidicola | <i>Brachiaria humidicola</i> | 389.871 | 17% |
| Decumbens | <i>Brachiaria decumbens</i> | 177.658 | 7,6% |
| Tanzania | <i>Panicum maximum cv. Tanzania</i> | 266.894 | 11,4% |
| Gatton paning | <i>Panicum maximun cv Gatton</i> | 109.469 | 4,7% |
| Pangola | <i>Digitaria decumbens</i> | 96.473 | 4,1% |
| Mombasa | <i>Panicum máximo, Jacq cv Mombasa</i> | 90.806 | 3,9% |
| Kikuyo | <i>Pennisetum clandestinum</i> | 79.726 | 3,4% |
| Sudan | <i>Sorghum × drummondii</i> | 17.454 | 0,7% |
| Cauchi | <i>Suaeda foliosa</i> | 975 | 0,04% |
| Pasto llorón | <i>Eragrostis curvula</i> | 217 | 0,01% |
| Otras especies | - | 136.156 | 5,8% |
| Total | | 2.349.062 | 100% |

Fuente: Elaboración propia con datos de INE, 2015. Censo Agropecuario Bolivia 2013

Las nueve especies que cubren el 94% de la superficie cultivada con pastos son propios de ambientes tropicales y subtropicales, bajo esa lógica se corrobora que estas zonas tienen mayor potencial productivo para la producción y provisión de forraje a nivel nacional

Los pastos que pertenecen a los géneros *Brachiaria* y *Panicum* abarcan el 86% de las superficies cultivadas a nivel nacional, el principal departamento donde se tiene establecido especies de ambos géneros es Santa Cruz (Cuadro 5).

Cuadro 5. Principales pastos cultivados por departamento

| Nombre común | Beni | Chuquisaca | Cochabamba | La Paz | Oruro | Pando | Potosí | Santa Cruz | Tarija | Total | Relevancia |
|----------------|---------|------------|------------|--------|-------|--------|--------|------------|--------|-----------|------------|
| Brizantha | 73.509 | 17.479 | 17.704 | 12.630 | | 83.008 | | 774.338 | 4.692 | 983.361 | 42% |
| Humidicola | 134.830 | 15 | 10.407 | 1.932 | | 418 | | 242.270 | | 389.871 | 17% |
| Decumbens | 10.365 | 60 | 5.189 | 1.665 | | 30 | | 160.173 | 176 | 177.658 | 7,6% |
| Tanzania | 6.289 | 1.043 | 14 | 142 | | 679 | | 258.340 | 387 | 266.894 | 11,4% |
| Gatton paning | 35 | 4.165 | 9 | 12 | | - | | 93.006 | 12.241 | 109.469 | 4,7% |
| Pangola | 81.428 | 7 | 34 | 64 | | 15 | | 86.135 | 80 | 90.806 | 4,1% |
| Mombasa | 3.750 | 210 | 27 | 4 | | 600 | | 14.925 | | 96.473 | 3,9% |
| Kikuyo | 12.499 | 260 | 0 | 246 | | 72 | | 66.641 | 8 | 79.726 | 3,4% |
| Sudan | | 154 | 7 | 13 | | - | | 17.268 | 13 | 17.454 | 0,7% |
| Cauchi | | | | | 975 | | | | | 975 | 0,04% |
| Pasto llorón | | | | | 157 | | 60 | | | 217 | 0,01% |
| Otras especies | 12.719 | 6.161 | 2.053 | 6.288 | 1.169 | 8.744 | 84 | 94.153 | 4.785 | 135.320 | 5,8% |
| Total | 335.423 | 29.556 | 35.445 | 22.996 | 2.301 | 93.566 | 144 | 1.807.249 | 22.382 | 2.349.062 | 100% |
| Participación | 14,3% | 1,3% | 1,5% | 1,0% | 0,1% | 4,0% | 0,0% | 76,9% | 1,0% | 100,0% | |

Fuente: Elaboración propia, confeccionado con datos de INE, 2015. Censo Agropecuario Bolivia 2013

1.5. Principales forrajes producidos en áreas de acción del proyecto

La información disponible y accesible a la producción de pastos y forrajes en los departamentos de Cochabamba, Tarija y Santa Cruz corresponden al Censo Agropecuario 2013 del Instituto Nacional de Estadística.

Se reportó 13.170.736 de hectáreas destinadas a la producción ganadera, donde el 18% de están cultivadas con pastos y el 82% tienen pastos naturales. Del total de la superficie con pastos cultivados en el país, Santa Cruz concentra la mayor extensión con 1.807.249 hectáreas, le siguen Beni 335.423,4 con hectáreas y Pando con 93.565,9 hectáreas.

Los departamentos insertos en el proyecto, Cochabamba 35445 has, Tarija 22.382 has y Santa Cruz con 1.807.249 has, abarcaron una superficie de 1.865.076 has, equivalente al 79% de la producción nacional. Para el 2018 la asociación FEDEPLET de Tarija efectuó un censo lechero departamental y producto de ese trabajo los datos fueron actualizados a 4686,32 has, evidenciándose un déficit considerable respecto al reporte de 2012. El Cuadro 6 muestran la superficie cultivada con las diferentes especies de pastos en los tres departamentos que abarca el proyecto.

Cuadro 6. Principales forrajes producidos en áreas de acción del proyecto

Cochabamba

| Nombre común | Especie | Superficie (has) | Participación |
|----------------------|-------------------------------|------------------|---------------|
| Brizantha | <i>Brachiaria brizantha</i> | 17.704 | 49,9% |
| Humidicola | <i>Brachiaria humidicola</i> | 10.407 | 29,4% |
| Decumbens | <i>Brachiaria decumbens</i> | 5.189 | 14,6% |
| TCV pastos | - | 508 | 1,4% |
| Kudzu | <i>Pueraria phaseoloides</i> | 291 | 0,8% |
| Trébol de alejandria | <i>Trifolium alexandrinum</i> | 251 | 0,7% |
| Gramalote | <i>Axonopus scoparius</i> | 210 | 0,6% |
| Lolium | <i>Lolium multiflorum</i> | 173 | 0,5% |
| Pasto merquerón | <i>Pennisetum purpureum</i> | 171 | 0,5% |
| Otras especies | - | 541 | 1,5% |
| Total | | 35.445 | 100,0% |

Tarija

| Nombre común | Especie | Superficie (has) | Participación |
|-----------------|--|------------------|---------------|
| Gatton paning | <i>Megathyrsus maximus</i> | 12.241,1 | 55% |
| Braquiaria | <i>Braquiaria sp.</i> | 4.160,8 | 19% |
| Pánicum (verde) | <i>Panicum maximum</i> | 2.091,0 | 9% |
| Pasto búfalo | <i>Buchloe dactyloides</i> | 981,0 | 4% |
| TCV pastos | - | 918,6 | 4% |
| Pasto brizantha | <i>Braquiaria brizantha</i> | 681,5 | 3% |
| Pasto tanzania | <i>Megathyrsus maximus cv tanzania</i> | 387,4 | 2% |
| Pasto brasilero | <i>Phalaris tuberosa</i> | 239,5 | 1% |
| Gramalote | <i>Axonopus scoparius</i> | 156,4 | 1% |
| Estrella | <i>Cynodon nlemfuensis</i> | 141,5 | 1% |
| Otras especies | | 383,4 | 2% |
| Total | | 22.382,1 | 100% |

Santa Cruz

| Nombre común | Nombre técnico | Superficie (ha) | Participación |
|----------------|--|-----------------|---------------|
| Brizantha | <i>Brachiaria brizantha</i> | 774.338 | 43% |
| Decumbens | <i>Brachiaria decumbens</i> | 160.174 | 9% |
| Humidicola | <i>Brachiaria humidicola</i> | 242.270 | 13% |
| Pasto tanzania | <i>Megathyrsus maximus cv tanzania</i> | 258.340 | 14% |
| Gatton paning | <i>Megathyrsus maximus</i> | 93.006 | 5% |
| Mombaza | <i>Megathyrsus maximus cv mombaza</i> | 86.136 | 5% |
| Kikuyo | <i>Pennisetum clandestinum</i> | 66.641 | 4% |
| Sudan | <i>Sorghum × drummondii</i> | 17.268 | 1% |
| Pangola | <i>Digitaria decumbens</i> | 14.925 | 1% |
| Otras especies | - | 94.153 | 5% |
| Total | | 1.807.250 | 100% |

Fuente: INE, 2015. Censo Agropecuario Bolivia 2013

1.6. Precipitación y temperaturas en departamento dedicados a la producción de ganado lechero

Bolivia cuenta con una amplia variabilidad de climas, desde el ambiente tropical en la región de los Llanos orientales, hasta el clima frío de la región occidental de la cordillera de los andes.

Acorde a los datos históricos de precipitación y temperaturas, de municipios dedicados a la producción de ganadería lechera de diferentes departamentos del país, se caracteriza tres regiones con climas similares, los departamentos de Oruro y La Paz (Figura 1), Cochabamba, Tarija y Chuquisaca (Figura 2) y Santa Cruz y Beni (Figura 3)

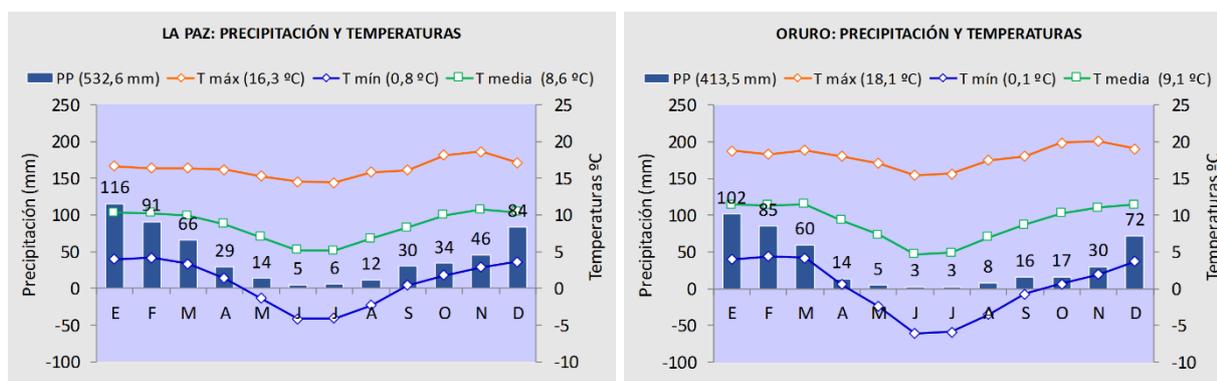


Figura 1 . Histórico de precipitación y temperaturas en los departamentos de La Paz y Oruro

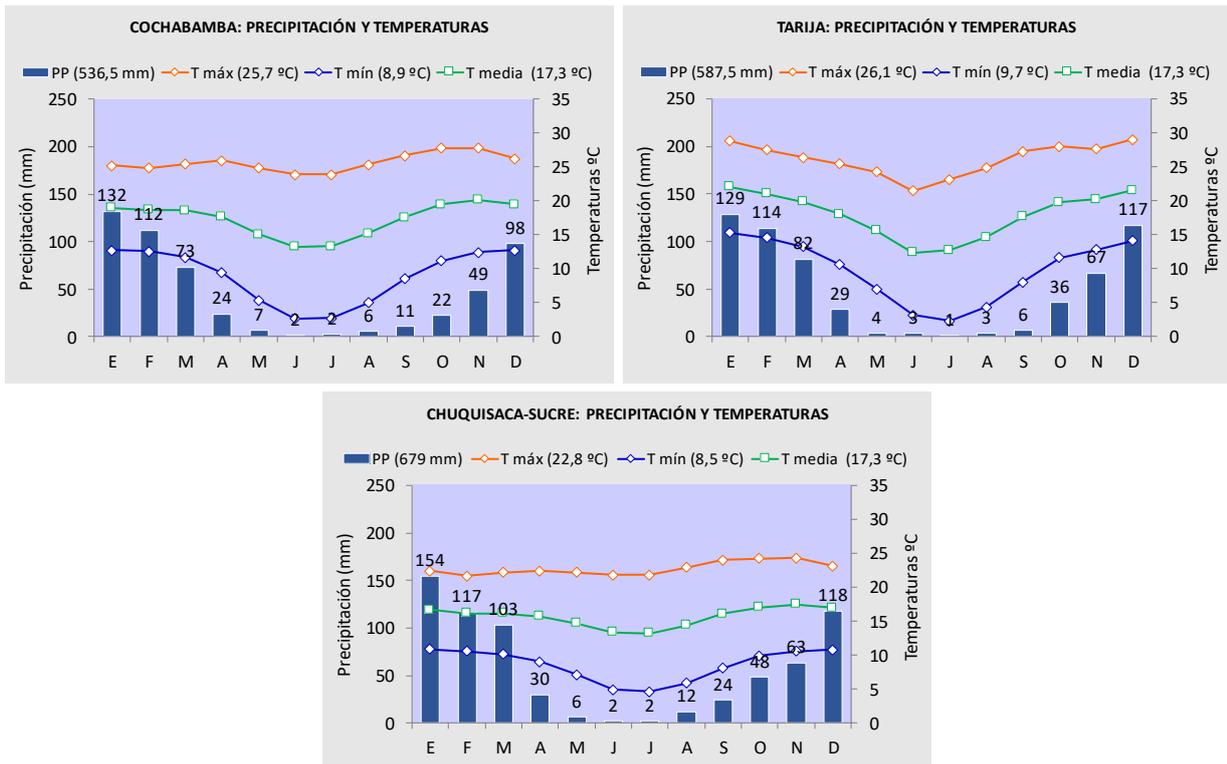


Figura 2 . Histórico de precipitación y temperaturas en los departamentos de Cochabamba, Tarija y Chuquisaca

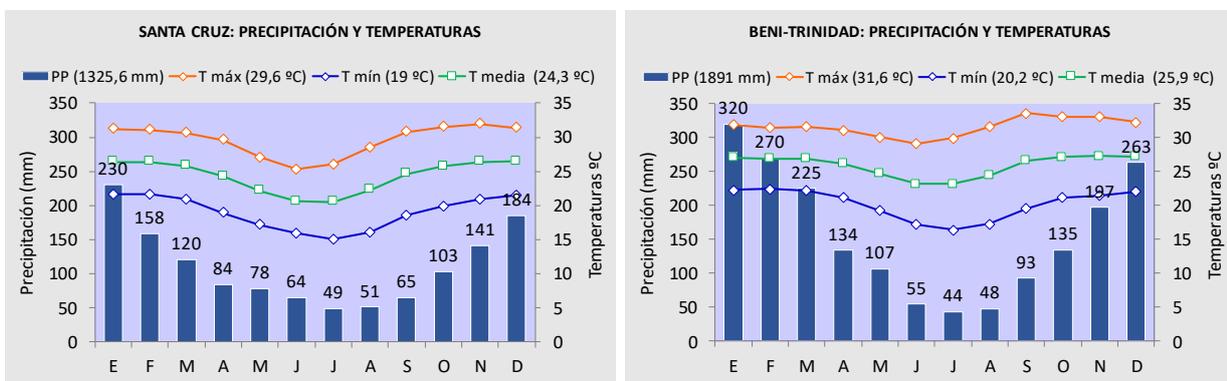


Figura 3 . Histórico de precipitación y temperaturas en los departamentos de Santa Cruz y Beni

Según datos climáticos plasmadas en las Figuras 1, 2 y 3, las precipitaciones y temperaturas máximas y mínimas en los siete departamentos mostraron una marcada estacionalidad entre los meses de mayo a agosto, acentuándose un descenso de temperaturas y precipitación en los meses de junio y julio. Los departamentos de Oruro y La Paz registraron temperaturas más bajas durante todo el año y observándose valores bajo cero en los meses invernales, caracterizándose como zonas frías propias del altiplano. Contrariamente, los departamentos que registraron mayores temperaturas fueron Beni y Santa Cruz, los meses más calurosos se marcaron en los meses de octubre y noviembre. Los departamentos de Cochabamba Chuquisaca y Tarija no registraron valores extremos en las temperaturas mínimas que puedan incidir en la producción de forrajes y leche.

Existe una relación directa entre la temperatura (° C) y la altitud (msnm), donde a mayor altitud de la zona o región se tiene una menor temperatura ambiental y viceversa. La altitud sobre el nivel del mar es una referencia que permite identificar pisos ecológicos correspondientes al Altiplano, Valle, Trópico, Amazonía y Chaco (Cuadro 7)

Cuadro 7. Temperaturas por departamento y altitud según piso ecológico

| Departamento | Temperatura media (°C) | Amazonía, trópico y Chaco (< 1500 msnm) | Valles (1825 a 3500 msnm) | Altiplano (>3500 msnm) |
|--------------|------------------------|---|----------------------------|------------------------|
| La Paz | 8,6 | | | 3.864 |
| Oruro | 9,1 | | | 3.769 |
| Cochabamba | 17,3 | | 2.534 | |
| Tarija | 17,9 | | 1.896 | |
| Sucre | 15,6 | | 2.700 | |
| Santa Cruz | 24,3 | 347 | | |
| Trinidad | 25,9 | 148 | | |

Fuente: Adaptado de compendio Agropecuario 2012

Según la información plasmada en el Cuadro 6 se deduce que por cada aumento de 500 msnm la temperatura disminuye en 2.66, 2.25 y 1.97°C para la mínima, media y máxima respectivamente.

Es necesario aclarar que los rangos de altitud descritos previamente, se basa en criterios técnicos de diferentes autores y por lo general se emplean como parámetros referenciales y no absolutos para los efectos de regionalización de climas.

1.7. Adaptación de los pastos y forrajes a diferentes climas, altitudes y edáficas

Las especies forrajeras tienen un amplio rango de adaptación al clima y suelo. Entre los componentes climáticos que más influyen en la producción y productividad de pastos y forrajes, están la temperatura, lluvia y radiación solar según la altitud (msnm). Entre los componentes edáficos que influyen en la adaptación de los forrajes están: la fertilidad, pH, textura, materia orgánica, contenido de macronutrientes y micronutrientes.

A través de una revisión bibliográfica sobre requerimiento de nitrógeno, fósforo y potasio y adaptación de las especies forrajeras a diferentes altitudes, se confeccionó el Cuadro 8 en la que se expresan valores de absorción de nutrientes por tonelada y el rango de altitud en la que se desarrollan las especies forrajeras de gramíneas y leguminosas.

Cuadro 8. Cuadro Requerimiento de nutrientes (NPK) y adaptación a diferentes altitudes (msnm) diferentes especies de pastos de gramíneas y leguminosas

| Familia | Especie | Nombre común | Requerimiento NPK (Kg/t) | Altitud (msnm) |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------|----------------|
| Gramíneas | <i>Lolium perenne</i> | Raigras inglés | 63,0 | 2500-3600 |
| | <i>Dactylis glomerata</i> | Pasto Ovillo | 54,9 | 2500-3600 |
| | <i>Pennisetum clandestinum</i> | Kikuyo | 55,0 | 1500-3000 |
| | <i>Avena sativa</i> | Avena | 55,0 | 2500-3300 |
| | <i>Hordeum vulgare</i> | Cebada | 50,0 | 2500-3400 |
| | <i>Lolium multiflorum</i> | Raigras anual | 50,5 | 2500-3600 |
| | <i>Zea mays L.</i> | Maíz forrajero | 45,0 | 0-3000 |
| | <i>Festuca arundinacea</i> | Festuca Alta | 49,2 | 2500-3500 |
| | <i>Festuca pratensis</i> | Festuca | 39,5 | 2500-3500 |
| | <i>Bromus unioloides</i> | Cebadilla | 33,9 | 0-4000 |
| | <i>Poa annua</i> | Poa | 33,3 | 1500-3000 |
| | <i>Brachiaria brizantha</i> | Brizantha | 32,0 | 0-1800 |
| | <i>Andropogon gayanus</i> | Andropogon | 34,1 | 700-1500 |
| | <i>Panicum maximum</i> | Gatton Panic | 30,5 | 0-1700 |
| | <i>Phalaris arundinacea</i> | Alpiste | 31,2 | 2600-3500 |
| | <i>Pennisetum purpureum</i> | Elefante | 33,7 | 0-2400 |
| | <i>Cynodon dactylon</i> | Pasto bermuda | 29,4 | 0-1800 |
| | <i>Brachiaria decumbens</i> | Decumbens | 25,1 | 0-1800 |
| | <i>Paspalum notatum</i> | Pasto bahia | 28,5 | 0-1200 |
| | <i>Brachiaria mutica</i> | Pará | 28,2 | 0-1800 |
| <i>Digitaria decumbens Stent</i> | Pangola | 27,1 | 0-2200 | |
| <i>Melinis minutiflora</i> | Pasto gordura | 27,2 | 0-2300 | |
| <i>Sorghum bicolor</i> | Sorgo Forrajero | 26,1 | 0-1500 | |
| Leguminosas | <i>Medicago sativa</i> | Alfalfa | 58,0 | 600-4000 |
| | <i>Leucaena leucocephala</i> | Leucaena | 52,5 | 0-1800 |
| | <i>Trifolium repens</i> | Trébol Blanco | 53,3 | 1800-3000 |
| | <i>Neonotonia wightii</i> | Soya perenne | 49,0 | 0-1200 |
| | <i>Vicia sativa</i> | Vicia | 47,4 | 0-2500 |
| | <i>Trifolium pratense</i> | Trébol Rojo | 47,6 | 1800-3000 |
| | <i>Estilosantes sp.</i> | Stylosanthes | 40,5 | 0-1400 |
| | <i>Lotus corniculatus</i> | Trébol de cuernos | 38,5 | 1500-3200 |

Fuente: elaboración propia, en base a reportes de Peters et al, 2011; León et al, 2018 y SEFO, 2013

Las especies más exigentes en nutrientes (variable de 55 a 63 kg/t de NPK) son las que están adaptadas a altitudes y condiciones de clima de Valle Mesotérmico y Valle Templado, entre las especies más sobresalientes se tiene a *Lolium perenne*, *Medicago sativa*, *Dactylis glomerata*, *Pennisetum clandestinum*, *Avena sativa*, *Hordeum vulgare* *Lolium multiflorum* y *Festuca arundinacea*

Los forrajes adaptados condiciones edáficas y climáticas de la región de la Amazonia, Trópico y Chaco se caracterizan por ser menos exigentes en nutrientes (variable de 25,1 a 28,2 kg/t de NPK). Entre las especies más conocidas se tiene a: *Brachiaria decumbens*, *Sorghum bicolor*, *Digitaria decumbens Stent*, *Melinis minutiflora* y *Brachiaria mutica*.

1.8. Características cualitativas de suelos en áreas de acción del proyecto

Los predios de las organizaciones beneficiarias del proyecto, se caracterizaron como suelos de baja, moderada, alta y alta fertilidad para las asociaciones de ASOPLE, FEDEPLE, FEDEPLET y APL respectivamente, en cada región los suelos presentaron una amplia variabilidad, misma que guarda relación con las características ecológicas propias de cada lugar. Eso implica que las prácticas de manejo de nutrición de los forrajes deberán enmarcarse al tipo de suelo y las características climáticas. El Cuadro 9 sintetiza de manera general las características de los suelos en forma cualitativa.

Cuadro 9. Características cualitativas de suelos en áreas de acción del proyecto

| Parámetro | ASOPLE | FEDEPLE | FEDEPLET | APL |
|-------------------------|--|--|--|--|
| pH | Moderadamente ácido a suavemente ácido | Neutro a suavemente ácido | Neutro a suavemente alcalino | Suavemente alcalino a moderadamente alcalino |
| Conductividad eléctrica | Suelo no salino | Suelo no salino | Suelo no salino | Suelo no salino |
| Materia orgánica | Bajo a moderado | Moderado a bajo | Moderado a bajo | Muy bajo a bajo |
| Fósforo | Contenido bajo a moderado | Contenido moderado a alto | Contenido alto a muy alto | Contenido moderado a alto |
| Azufre | Déficit de azufre | Contenido moderado a bajo | Contenido moderado a bajo | Contenido alto de azufre |
| Bases intercambiables | Deficiencia de Ca, Mg y K | Suficiencia de Ca y Mg y deficiencia eventual de K | Suficiencia de Ca y Mg y deficiencia eventual de K | Suficiencia de Ca y Mg y deficiencia eventual de K |
| Saturación y aluminio | Acidez moderada a acidez alta | Sin problema de acidez | Sin problema de acidez | Sin problema de acidez |
| Sodio intercambiable | Suelo no sódico | Suelo no sódico | Suelo no sódico | Presenta problemas de sodio en algunos predios |
| Textura del suelo | Predomina texturas franco arenosas | Predomina texturas franco arenosas | Predomina texturas franco a franco limosos | Predomina texturas franco limosos |
| Fertilidad | Baja | Media | Alta | Alta |

Fuente: Elaboración propia, 2020

1.9. Definiciones técnicas básicas sobre nutrición y fertilización de pastos forrajes

Con la finalidad de que los términos empleados en el presente documento sean de fácil comprensión a continuación se enuncia una lista básica en orden alfabético con sus respectivas definiciones inherentes a tópicos de fertilización de pastos y forrajes.

- **Absorción de nutrientes**

Es la cantidad total de nutrientes que el cultivo absorbe durante su ciclo de desarrollo. Se consideran los nutrientes acumulados en los órganos cosechados y no cosechados. En el caso de los cultivos hortícolas y frutícolas el órgano cosechado es el fruto y los no cosechados, raíz, tallo, y hoja.

- **Encalado**

Adición de enmiendas cálcicas, magnésicas o combinadas a un suelo, para mejorar las condiciones físico-químicas: pH, estructura, calcio y magnesio.

- **Enmienda**

Es todo producto cuya acción fundamental es la de modificar las condiciones físico químicas del suelo para mejorar su fertilidad. En general las enmiendas se aplican en cantidades importantes, del orden de varias toneladas por hectárea

- **Extracción de nutrientes**

Es la cantidad total de nutrientes extraídos en los órganos cosechados, como los frutos, granos, forrajes u otros. Corresponde a la cantidad de cada uno de los nutrientes que la planta absorbe y que son retirados del sistema a través de la recolección de los frutos y de los restos vegetales en el caso en que no se incorporen al suelo, durante y/o al final del ciclo de cultivo.

- **Fertilización**

Aplicación de fertilizantes minerales u orgánicos a los cultivos. Cantidades de fertilizantes aplicados a un cultivo.

- **Forrajes**

Son gramíneas o leguminosas cosechadas para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco o procesado (heno, ensilaje, rastrojo, etc)

- **Materia seca**

La materia seca es la parte que queda de una muestra de forraje fresco (materia verde), ya sea pradera, ensilaje, heno o granos, a la que se le ha extraído el agua mediante secado forzado.

- **Nutrición**

El proceso realizado por la planta para asimilar los nutrientes que han sido aplicados al medio de cultivo y que se encuentra en una forma asimilable y que permita el correcto desarrollo de los cultivos”.

- **Pastos**

Son plantas gramíneas y leguminosas que se desarrollan en el potrero y sirven para la alimentación del ganado.

- **Pasturas**

Son biomasa forrajeras donde pastorea el ganado, puede ser natural; (ejemplo: los ecosistemas de sabanas del Caribe nicaragüense) o establecidos (potreros con distintos tipos de pastos de porte baja).

2. FUNDAMENTOS Y PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR UN PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN DE PASTOS Y FORRAJES

2.1. Fundamentos

El programa de fertilización de pastos y forrajes se fundamenta en el manejo integral e interacción de cuatro componentes: suelo, clima, animal y pasto. La importancia de cada componente radica en el aporte individual al conjunto en general para que la toma de decisiones siempre esté orientado a mejorar la productividad de las pasturas.

2.1.1. Componente suelo

Para la obtención de una buena productividad de los forrajes y pastos se deben seleccionar y definir áreas aptas para la producción destinado al pastoreo o para la producción de pastos de corte, también es necesario identificar las áreas improductivas que presenten problemas de baja fertilidad física química y biológica, así como problemas de drenaje, compactación, erosión, accesibilidad y topografía del terreno entre otros.

En las áreas seleccionadas para la producción de forraje, es imprescindible definir las necesidades de enmiendas (para suelos donde existe problemas de acidez) y nutrientes para reposición, mantención o corrección, orientado a obtener los niveles de productividad proyectado acorde a la especie cultivada.

Se debe evaluar la fertilidad del suelo tomando en cuenta los parámetros básicos como el pH del suelo y su relación con la disponibilidad de nutrientes, conductividad eléctrica, la proporción de arena, limo y arcilla y su relación con la textura y la estructura del suelo, contenido de materia orgánica, macronutrientes y micronutrientes entre los más importantes.

En suelos ácidos con pH menores a 5,2 los suelos presentan problemas por exceso de aluminio y manganeso afectando al normal desarrollo de las especies cultivadas; la disponibilidad de algunos nutrientes, como el fósforo se ve limitado; por otro lado, en suelos ácidos se evidencia una baja disponibilidad de calcio, magnesio y potasio por efecto del lavado por exceso de lluvias. Suelos con pH mayor 8,2 se consideran suelos alcalinos, generado por la presencia de carbonato de sodio, bicarbonato sodio y/o carbonato de magnesio; el principal problema de este tipo de suelo es la lenta infiltración y percolación del agua a través del suelo. Cuando el contenido de sodio intercambiable supera el 15% se considera un suelo sódico. Los suelos calcáreos presentan pH que varían de 7,3 a 8,4, en este tipo de suelos el principal problema es la disponibilidad de nutrimentos (Intagri, 2018), asimismo la disponibilidad del fósforo en suelos calcáreos casi siempre es limitada, otros nutrientes como el manganeso, hierro y zinc también son limitados por efecto del pH mayor a 7,3.

Para reponer las pérdidas de nutrientes del sistema y evitar la contaminación de acuíferos, es fundamental mantener un balance entre los nutrientes extraídos del sistema y los suministrados a través de la fertilización para mantener la productividad de los forrajes.

Por otro lado, es necesario contar con una evaluación permanente de los suelos cultivados con forrajes, respecto a la salud de suelos y la sostenibilidad de los mismos.

Con esta información se podrá formular prácticas de manejo y estrategias que permitan mantener la productividad de los forrajes destinado a la alimentación animal. El Cuadro 10 muestra una síntesis de indicadores y tres categorías de evaluación para identificar en que categoría de salud y sostenibilidad de suelos forrajeros se encuentra un predio específico.

Cuadro 10. Guía para la evaluación de la salud y sostenibilidad de suelos forrajeros.

| Indicador | Bueno | Medio | Pobre |
|---------------------------|--|--|---|
| Cobertura del pasto | Potreros totalmente cubiertos de forraje con material senescente visible | Algunos parches sin vegetación, parches pequeños cerca de áreas de drenaje. | Parches grandes sin vegetación, especialmente en abrevaderos y áreas con sombra |
| Composición botánica | Gran diversidad de plantas, que incluye arvenses, pastos y leguminosas con diferentes hábitos de crecimiento. | Limitado número de especies y hábitos de crecimiento. Algunas especies invasoras se presentan. | Menos de tres especies diferentes o plantas invasoras conforman la mayoría del pastizal |
| Desarrollo de raíces | Abundantes raíces verticales y horizontales, rizomas y estolones | Más raíces horizontales que verticales. | Pocas raíces, casi solo horizontales |
| Macroorganismos del suelo | Muchos escarabajos del estiércol y lombrices presentes. | Pocos escarabajos y lombrices en el suelo. | Ningún escarabajo o lombrices presentes |
| Compactación del suelo | Varilla de metal o medidor de compactación penetra fácilmente el suelo | Varilla de metal penetra con dificultad y encuentra áreas duras dentro del suelo | Varilla de metal no penetra el suelo |
| Erosión | No se observan cárcavas, el agua que sale del potrero es clara | Se observan pequeñas escorrentías, sale del potrero agua con poco lodo | Cárcavas presentes y sale del potrero agua con mucho lodo |
| Estructura del suelo | Mantiene la estabilidad de los agregados luego de cambios bruscos de humedad y bajo lluvia intensa | El suelo se rompe y separa con lluvia moderada | El suelo se rompe y separa luego de un minuto en agua |
| Infiltración del agua | El agua se absorbe durante lluvia moderada, poca escorrentía o charcos de agua en la superficie del suelo. | Algo de escorrentía con lluvia moderada y varios charcos sobre el suelo. | Fuerte escorrentía durante lluvia moderada y muchos charcos sobre la superficie del suelo. |
| Lombrices de tierra | Más de 10 lombrices en una palada de la capa superficial del suelo | 4-10 lombrices en una palada de la capa superficial del suelo | 0-3 lombrices en una palada de la capa superficial del suelo |
| Materia orgánica | Horizonte superficial más oscuro y claramente definido Cantidad apreciable de residuos y buena velocidad de descomposición. | Aunque el color es similar se puede diferenciar el horizonte superficial. Se encuentran algunos residuos o hay descomposición media | No se diferencia el horizonte superficial del sub-superficial. No hay residuos orgánicos visibles en el terreno o lenta descomposición |
| Estado de las plantas | Crecimiento normal, color verde normal y saludable, buen crecimiento durante | Crecimiento justo. Presencia de manchas en el follaje. Color verde medio. | Problemas de crecimiento permanentemente. Colores amarillos o morados no característicos de la especie. |

| Indicador | Bueno | Medio | Pobre |
|-----------|--|------------------------|---------------------|
| | todo el ciclo a través de todo el campo. | | |
| pH | Apropiado para el cultivo. | Fácilmente corregible. | Difícil de corregir |

Fuente: Adaptado de Bellows 2001, Sullivan y Sharp 2010 y FAO, 2018

2.1.2. Componente clima

Los pastos poseen características fisiológicas y morfológicas propias que le brindan adaptación específica para su crecimiento y calidad. Las características climáticas como la precipitación, temperatura, evapotranspiración y la radiación solar de una zona pueden incrementar las necesidades nutricionales o disminuir la fotosíntesis de las plantas.

La precipitación es el parámetro climático más importante para la producción forrajera (kg/MS/día) y en la calidad del mismo. Por otro lado, acorde a la distribución estacional de las precipitaciones es posible decidir el fraccionamiento y en qué época fertilizar a fin de evitar la pérdida de nutrientes por efecto de lixiviación o lavado de los mismos por el impacto de lluvias intensas.

La temperatura influye directamente en la fotosíntesis, los pastos de clima templado tienen un óptimo crecimiento a temperaturas entre los 10° y 20 °C, los pastos de clima tropical se adaptan a temperaturas entre 25 y 30 °C, en temperaturas inferiores a 15 °C su crecimiento es lento (León, 2018).

La evapotranspiración (ET) es la suma de la evaporación y la transpiración de la planta. Luego del corte o pastoreo de la pastura, la mayor parte de la ET, casi el 100% es evaporación; en la medida que la planta crece aumenta la transpiración, cuando la pastura cubre el suelo la transpiración es un 90% de la ET. La estación del año influye en la ET, siendo mayor durante los meses de verano y menor en invierno.

La radiación solar es el flujo de energía que se recibe del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). Las plantas realizan mayor fotosíntesis cuando están expuestas a todo el espectro visible que una parte del mismo, el espectro visible varía según la altitud (msnm). Al nivel del mar las plantas tienen una fotosíntesis más intensa; mientras la altitud se incrementa, el espectro visible se dirige hacia la zona ultravioleta y esta tiene un efecto nocivo sobre la vida, incluyendo a las plantas; las plantas son más rústicas para adaptarse a estas condiciones (Bernal & Espinosa, 2003).

La evaluación y registro continuo del componente clima en relación directa con las características edáficas de la zona permitirá determinar aspectos limitantes y potencialidades para el crecimiento, desarrollo y producción de la forrajera. También se podrá proyectar un rendimiento objetivo según las necesidades de nutrientes de la especie cultivada.

2.1.3. Componente animal

El ganado recicla a los potreros entre el 75% y 85% de los nutrientes consumidos con el pasto (Cerdas, 2011); desafortunadamente, los animales no distribuyen uniformemente las excretas por todo el potrero, prefieren depositarlas en las áreas de mayor congregación, como son los comederos, abrevaderos y lugares sombreados.

La cantidad total de nutrimentos que se pueden reciclar en los sistemas de pastoreo son relevantes. Se estima que el 75% del nitrógeno, 80% del fósforo y el 85% del potasio ingerido por los animales a través del pasto, retorna al suelo en las heces y la orina (Pezo, 2018). La cantidad a reciclar dependerá de factores como:

- Tipo de pastura
- Tipo de animales manejados bajo pastoreo
- Nivel de consumo y digestibilidad del pasto ingerido
- Carga animal a la que está sometida la pastura
- Método de pastoreo
- Tipo y nivel de suplementación
- Aplicación de fertilizantes

En suelos de baja fertilidad el aporte de nitrógeno proveniente del reciclado que realizan los animales (heces y orina) es importante. En suelos con mejor contenido de nitrógeno y en la que se considerará aplicar fertilizantes nitrogenados, se debe tomar en cuenta el aporte de nutrientes proveniente de las deyecciones (heces y orina) Por otro lado, se debe evitar dosis altas de nitrógeno a fin de evitar daños por quemadura. El Cuadro 11 muestra de manera resumida la producción diaria de estiércol y concentración de nutrientes según tipo de animal

Cuadro 11. Producción diaria de estiércol (kg) según tipo de animal y concentración de nutrientes (García et al, 2002)

| Tipo de Animal | Producción de estiércol (kg) * | % N | % P | % K |
|----------------|--------------------------------|------|------|------|
| Vaca lactando | 8,0 | 0,56 | 0,09 | 0,33 |
| Vaca seca | 8,2 | 0,44 | 0,06 | 0,28 |
| Ternera | 8,5 | 0,36 | 0,05 | 0,28 |

* Kg materia fresca/100 kg de peso vivo

Otro aspecto que puede afectar la estructura y densidad aparente del suelo es el pastoreo intensivo a través del pisoteo. El principal síntoma de daño es la compactación de la superficie del suelo, con un efecto directo en la baja infiltración de agua lo que genera alteraciones tipo físico mecánico en la superficie del suelo. Por otra parte, el daño por pisoteo se traduce en lesiones mecánicas, como destrucción de hojas, heridas de tallos y raíces superficiales, estolones y ápices de crecimiento. Existe referencia de que las especies vegetales tienen diferentes grados de resistencia al pisoteo, por ejemplo, las especies cuyo hábito de crecimiento es rastrero, que presentan estolones y rizomas son en general las más resistentes, ejemplo: pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

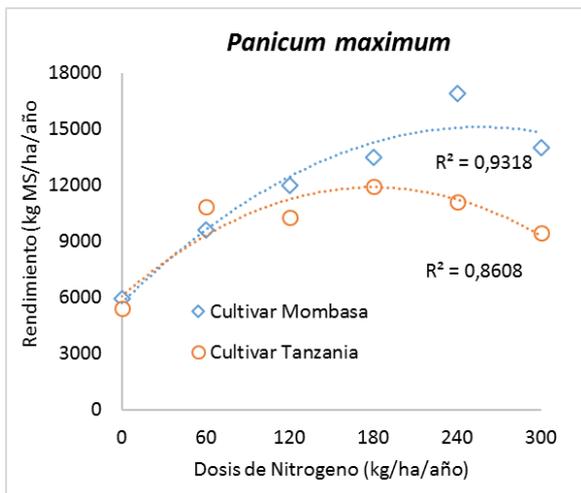
2.1.4. Componente pasto y forraje

Las superficies cultivadas con pasto y forraje corresponden a la fuente más económica de nutrientes para el ganado vacuno. Los pastos tienen diferente capacidad de absorción y extracción de nutrientes del suelo y la misma está vinculada con el desarrollo de su sistema radicular y las relaciones simbióticas en el suelo.

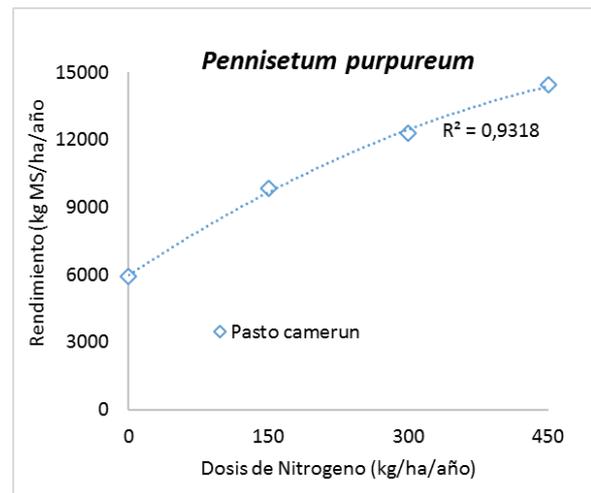
Los pastos de la familia de las gramíneas tienen una exclusiva correlación con la absorción de nitrógeno (Figura 4), mientras que las leguminosas prefieren otros nutrientes como el fósforo, potasio, calcio y magnesio. No obstante, contenidos bajos de fósforo y potasio en el suelo, también pueden limitar la respuesta de las gramíneas a la aplicación de nitrógeno, esto implica que toda recomendación de abonamiento debe considerar un balance de nutrientes acorde a los requerimientos de las especies y el grado de suministro del suelo.

De manera general, los pastos tienen una respuesta positiva a la fertilización para la obtención de materia fresca, materia seca y calidad de forraje por unidad de superficie (Cerdas, 2012). Asimismo, las gramíneas tienen una sobresaliente aptitud para cubrir y proteger los suelos descubiertos contra la erosión, retener la humedad y restaurar la fertilidad a través del reciclamiento de nutrientes desde los horizontes inferiores del suelo a los superiores (Bernal, 2003).

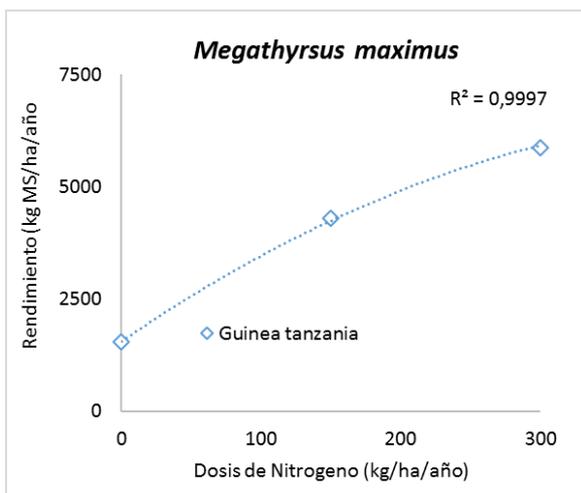
Por su parte, las leguminosas son fuente importante de proteínas y minerales para los animales y la fuente más económica de N para la producción de otras especies.



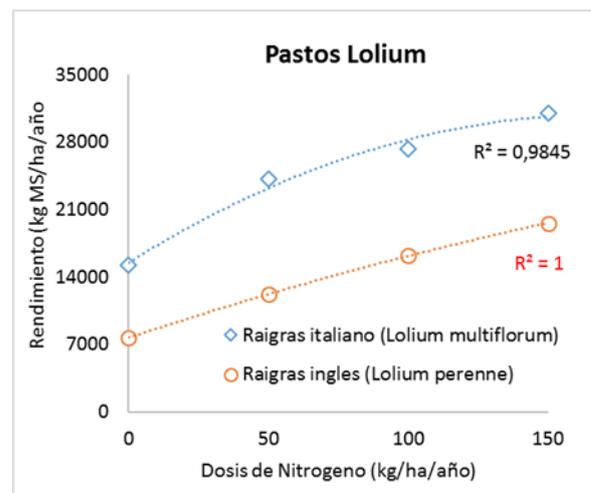
Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de *Panicum maximum* en los cultivares Mombasa y Tanzania en el noreste de Tailandia. Michael D. Hare, et al 2011



Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. Cerdas R. y Vallejos E, 2010



Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica. Cerdas R. y Vallejos E, 2010



Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos. Respuesta de tres gramíneas a la aplicación de nitrógeno en Pasto, Colombia. Bernal & Espinosa, 2003

Figura 4. Efecto de la fertilización nitrogenada de diferentes especies de gramíneas en el rendimiento de materia seca.

2.2. Procedimiento

La nutrición y fertilización de las pasturas se considera una estrategia necesaria para el incremento de la producción de forraje, así como para mantener la fertilidad del suelo de manera sostenible.

Para optimizar el suministro de nutrientes del suelo a las plantas, es necesario contar con información sobre la parcela donde se produce o se establecerá el pasto, tener definido a que laboratorio de suelos se llevarán las muestras de suelo, conocer de las necesidades nutricionales de los cultivos forrajeros y también las características de los fertilizantes respecto a su eficiencia; será de mucha utilidad contar con información referida a la fertilidad del suelo, disponibilidad o carencia de nutrientes, exceso de elementos que pueden generar toxicidad (aluminio, manganeso, sodio), manejo de los potreros y el estado de la salud de suelos entre los más destacados.

Elaborar un programa de fertilización requiere tomar en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

2.2.1. Información sobre el historial de la parcela

Cada parcela, chaco o finca tiene un historial de manejo sobre especies cultivadas, aplicación de encalado, abonos orgánicos, fertilizantes y rendimientos obtenidos; también existe productores que cuentan con resultados de análisis de suelos y foliares de años anteriores, pero que no se usaron correctamente debido a que el personal técnico que prestaba servicios a los productores no tenía dominio de la interpretación y menos de la formulación de recomendaciones técnicas. En la práctica, esta información sobre el historial de la parcela, no está registrado en un cuaderno de campo o un expediente que esté al alcance para efectuar una revisión histórica del manejo y rendimientos obtenidos, de cara a la formulación recomendaciones técnicas y una toma de decisiones respaldada.

Para contar con un historial de la parcela de años anteriores, lo más práctico es confeccionar un expediente de las especies cultivadas, años de explotación variedades, adición de enmiendas y fertilizantes, mucho mejor si existe resultados de análisis de suelos para cotejar con resultados actuales y ver la evolución favorable o perdida de fertilidad del suelo por efecto de los años y el tipo de manejo.

2.2.2. Muestreo de suelos y foliar

Es el primer paso y una excelente decisión para iniciar mejoras en la producción y rendimiento de los pasto y forraje cultivados.

El muestreo de suelos es una herramienta que sirve para diagnosticar el estado nutricional del suelo, estimar la cantidad de nutrientes disponibles para la planta, identificar problemas de acidez o alcalinidad y efectuar recomendaciones técnicas correctivas de encalado y fertilización.

Consiste en recolectar una muestra representativa de diferentes lugares de una plantación o terreno para su posterior envío y análisis en un laboratorio acreditado. Los resultados de análisis de suelo proporcionan información sobre:

- Diagnóstico de las condiciones físicas (textura, porosidad) y químicas del suelo (pH, acidez y alcalinidad)
- Disponibilidad de nutrientes en el suelo (P, K, Ca, Mg, Na y otros micro nutrientes)
- Bases para diseñar recomendaciones de fertilización

El muestreo del suelo se debe obtener de lotes de 5 a 10 hectáreas (acorde a la uniformidad del terreno), de cada lote se deben obtener de 20 a 25 sub-muestras, a una profundidad de 0 - 20 cm para muestreos iniciales y 0 a 10 cm o 0-15 cm para muestreos posteriores o de monitoreo. La muestra compuesta obtenida se debe mezclar y homogeneizar hasta obtener 1 Kg de muestra, de este volumen obtenido se debe

acondicionar 0,5 kg en doble bolsa de plástico, identificar correctamente y posteriormente enviar al laboratorio seleccionado. El restante de suelo se debe identificar con el mismo código de la primera y guardar temporalmente como muestra de seguridad. Se recomienda realizar el muestreo de suelos cada 2 o 3 años y realizar seguimiento técnico permanente a la evolución de la fertilidad del suelo.

El muestreo foliar debe realizarse de preferencia al momento de realizar el muestreo de suelos, tomando en cuenta la topografía y uniformidad del terreno, especie cultivada, edad de la plantación, presencia de caminos del ganado entre otros. La muestra debe ser representativa del lote (30 a 40 sub-muestras) y obtenida circundante al lugar de donde se tomó las muestras de suelo. Con la ayuda de una tijera o un cuchillo curvo se debe recortar la parte aérea de las plantas en desarrollo, picar y acondicionar el follaje en un sobre de papel, identificación y envío a laboratorio. Por seguridad de la muestra se recomienda colocar el sobre de papel que contiene el follaje en una bolsa plástica perforada.

Se recomienda enviar las muestras de suelo y/o follaje a un laboratorio de referencia, que realice análisis de todos los parámetros y que pueda remitir los resultados en formato digital, acompañado de los rangos de interpretación acorde a la región de donde se envió las muestras de suelo.

2.2.2.1. Resultados de análisis de suelo y foliar

El análisis de muestras de suelo en laboratorio es uno de los métodos más empleados para determinar la fertilidad del suelo. Con el análisis de suelos se busca cuantificar el rango de disponibilidad de los nutrientes del suelo y la probabilidad de respuesta a la de nutrientes disponibles en suelo y adición de fertilizantes (Figura 5); también se puede identificar contenidos excesivos de algunos elementos como aluminio, manganeso y sodio, que pueden generar acidez, salinidad o toxicidad perjudicando el normal desarrollo de los pastos.

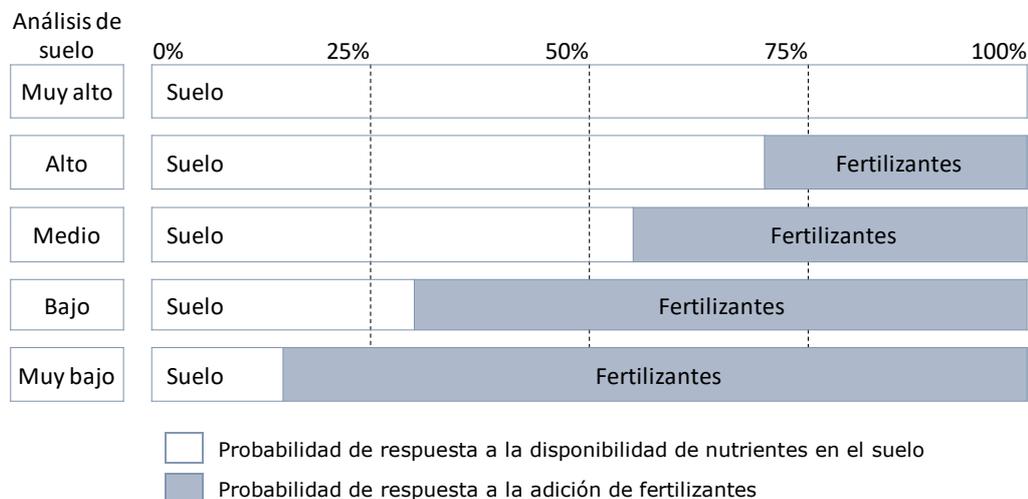


Figura 5. Rango de interpretación de los niveles de nutrientes en el suelo y la probabilidad de respuesta a los nutrientes disponibles en suelo y respuesta a la adición de fertilizantes

El análisis foliar sirve para monitorear el contenido nutricional en el tejido foliar y determinar el grado de suficiencia o deficiencia potencial de un cultivo forrajero, normalmente se usa como información complementaria al análisis de suelos y validar la respuesta a la fertilización.

De manera general, la producción de forrajes puede ser limitado por la presencia de factores de tipo físico como drenaje deficiente, profundidad limitada, presencia de piedra superficial y déficit de humedad entre otros, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada.

La interpretación de resultados de análisis de suelos y foliar debe ser realizado por agrónomos formados y entrenados en la temática en referencia, dado que una interpretación errónea puede derivar en daños a la plantación en la que se aplica las recomendaciones de fertilización o también realizar malas inversiones sin réditos productivos ni económicos.

2.2.2.2. Unidades y equivalencias empleadas en análisis de suelos y foliar

Las principales unidades y equivalencias empleadas en los resultados de análisis de suelos y foliares son:

| | | |
|---------------------------|---|----------------------|
| 1 cmol ₍₊₎ /kg | = | 1 meq/100 g |
| 1 mg/kg | = | 1 ppm |
| 1 m ³ | = | 1000 L |
| 1 L | = | 1000 cc |
| 1 t | = | 1000 kg |
| 1 ha | = | 10000 m ² |

Para que los resultados de análisis químicos y físicos sean transformados e interpretados de manera correcta, es necesario conocer las unidades y equivalencias empleadas en reportes de laboratorio.

2.2.2.3. Valores de referencia para interpretación de análisis de suelos

Los valores de referencia se utilizan para determinar en forma general la condición nutricional del suelo. Se utilizan para comparar con los resultados obtenidos en laboratorio y verificar en que rango se ubica, es deficitario o suficiente; estos valores no son aplicables para determinar la cantidad exacta del nutriente en el suelo ni de la cantidad de fertilizante que requiere un cultivo determinado. Los contenidos de nutrientes se clasifican en categorías: muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto; asimismo, para otros parámetros evaluados se tiene rangos de clasificación específica (Cuadro 12, 13, 14, 15 y 16)

Cuadro 12. Valores referenciales de las condiciones de pH del suelo

| Categoría | Valor |
|---------------------|-----------|
| Fuertemente ácido | <5,20 |
| Moderadamente ácido | 5,21-5,90 |
| Suavemente ácido | 5,91-6,50 |
| Neutro | 6,51-7,00 |
| Suavemente alcalino | 7,10-7,50 |

Fuente: CIAT, 2019

Cuadro 13. Valores referenciales de las condiciones conductividad eléctrica del suelo

| Categoría | CE (umho/cm) |
|------------------------|--------------|
| No salino | < 330 |
| Débilmente salino | 330 - 570 |
| Moderadamente salino | 571 - 1060 |
| Fuertemente salino | 1061 - 2040 |
| Muy fuertemente salino | > 2040 |

Fuente: Guaygua y Espinoza, 2010, laboratorio CETABOL

Cuadro 14. Valores referenciales de la materia orgánica, macronutrientes y micronutrientes del suelo.

| Parámetro | Unidad | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|--|---------|----------|-----------|-----------|------------|----------|
| Materia orgánica | g/kg | < 12 | 12 - 24 | 25 - 42 | 43 - 60 | > 60 |
| Nitrógeno (N) total | g/kg | < 6 | 0,6-1,2 | 1,3-2,1 | 2,2-3,0 | > 3,0 |
| Nitrógeno (N) asimilable | mg/kg | < 16 | 16-32 | 33-56 | 57-80 | > 80 |
| Fósforo (P) Olsen | mg/kg | < 5 | 5-10 | 11-17 | 18-25 | > 25 |
| Azufre (S) | mg/kg | < 4 | 4-8 | 9-14 | 15-20 | > 20 |
| Potasio (K) | cmol/kg | < 0,20 | 0,20-0,39 | 0,40-0,70 | 0,71-1,0 | > 1 |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | < 2,39 | 2,39-4,79 | 4,80-8,38 | 8,39-11,98 | > 11,98 |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | < 0,4 | 0,40-0,80 | 0,81-1,40 | 1,41-2,0 | > 2,0 |
| Sodio (Na) | cmol/kg | < 0,20 | 0,20-0,40 | 0,41-0,70 | 0,71-1,0 | > 1,0 |
| Hierro (Fe) | mg/kg | < 9 | 9-18 | 18-32 | 33-45 | > 45 |
| Manganeso (Mg) | mg/kg | < 3 | 3-6 | 6-11 | 12-15 | > 15 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | < 0,6 | 0,6-1,2 | 1,2-2,1 | 2,2-3 | > 3 |
| (Cu) | mg/kg | < 0,3 | 0,3-0,6 | 0,6-1,1 | 1,2-1,5 | > 1,5 |
| Boro (B) | mg/kg | < 0,2 | 0,2-0,4 | 0,4-0,7 | 0,8-1,0 | > 1,0 |
| Aluminio intercambiable (Al) | cmol/kg | <0,1 | 0,1-0,25 | 0,25- 0.5 | 0,5- 1 | <1 |
| Acidez intercambiable (Al+H) | cmol/kg | <0,12 | 0,12-0,30 | 0,30- 0.6 | 0,6- 1,2 | <1,2 |
| Capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICE) | cmol/kg | <6 | 44171 | 45992 | 25-40 | >40 |
| Saturación de bases | % | <20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | >80 |

Fuente: Guaygua y Espinoza, 2010, laboratorio CETABOL

Cuadro 15. Saturación de aluminio (%)

| Categoría | Rango | Interpretación |
|-----------------|-------|--|
| Óptima | <15 | Sin problema en general |
| Acidez moderada | 15-30 | Limitante para cultivos susceptibles |
| Acidez alta | 30-60 | Limitante para cultivos tolerantes; se requiere la aplicación de enmiendas |
| Acidez muy alta | >60 | Niveles tóxicos de aluminio para la mayoría de los cultivos; se requiere aplicación de enmiendas como primera medida |

Fuente: Molina, 2014

Cuadro 16. Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

| Categoría | Rango |
|-----------------------|-------|
| No sódico | <7 |
| Ligeramente sódico | 7-15 |
| Moderadamente sódico | 15-20 |
| Fuertemente sódico | 20-30 |
| Extremadamente sódico | >30 |

2.2.2.4. Valores de referencia para interpretación de análisis de foliar

Con el propósito de evaluar el estado nutricional de los forrajes se recopiló los rangos de contenido de nutrientes, calculados en materia seca para especies de mayor uso e importancia económica (Cuadro 17 y 18).

Cuadro 17 Rangos de contenido de macronutrientes (%) calculado en materia seca para algunos forrajes

| Especie | N | P | K | Ca | Mg | S |
|------------------------------|---------|----------|---------|---------|----------|-----------|
| <i>Panicum maximum</i> | 1,5-2,5 | 0,1-0,3 | 1,5-3 | 0,3-0,8 | 0,15-0,5 | 0,13-0,3 |
| <i>Pennisetum purpureum</i> | 1,5-2,5 | 0,1-0,3 | 1,5-3 | 0,3-0,8 | 0,15-0,4 | 0,13-0,3 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | 1,3-2,0 | 0,08-0,3 | 1,2-3 | 0,3-0,6 | 0,15-0,4 | 0,08-0,25 |
| <i>Andropogon gayanus</i> | 1,2,25 | 0,11-0,3 | 1,2-2,5 | 0,2-0,6 | 0,15-0,4 | 0,08-0,25 |
| <i>Brachiaria decumbens</i> | 1,2-2,0 | 0,08-0,3 | 1,2-2,5 | 0,2-0,6 | 0,15-0,4 | 0,08-0,25 |
| <i>Paspalum notatum</i> | 1,2-2,2 | 0,1-0,3 | 1,2-2,5 | 0,3-0,6 | 0,2-0,4 | 0,08-0,25 |
| <i>Melinis minutiflora</i> | 1,2-2,2 | 0,1-0,3 | 1,2-3 | 0,3-0,7 | 0,15-0,4 | 0,08-0,25 |
| <i>Neonotonia wightii</i> | 2,0-4,0 | 0,15-0,3 | 1,2-3 | 0,5-2 | 0,2-0,5 | 0,15-0,3 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 2,0-48 | 0,15-0,3 | 1,3-3 | 0,5-2 | 0,2-0,4 | 0,15-0,3 |
| <i>Stylosanthes</i> | 2,0-4,0 | 0,15-0,3 | 1-3 | 0,5-2 | 0,15-0,4 | 0,15-0,3 |
| <i>Medicago sativa</i> | 3,4-5,5 | 0,25-0,5 | 2-3,5 | 1-2,5 | 0,3-0,8 | 0,2-0,4 |

Fuente: Raij, 1997

Cuadro 18. Rangos de contenido de micronutrientes (g/kg) calculado en materia seca para algunos forrajes

| Especie | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|------------------------------|-------|------|--------|--------|-------|
| <i>Panicum maximum</i> | 10-30 | 4-14 | 50-200 | 40-200 | 20-50 |
| <i>Pennisetum purpureum</i> | 10-25 | 4-17 | 50-200 | 40-200 | 20-50 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | 10-25 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | 20-50 |
| <i>Andropogon gayanus</i> | 10-20 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | 20-50 |
| <i>Brachiaria decumbens</i> | 10-25 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | 20-50 |
| <i>Paspalum notatum</i> | 10-25 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | 20-50 |
| <i>Melinis minutiflora</i> | 10-25 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | 20-50 |
| <i>Neonotonia wightii</i> | 30-50 | 5-12 | 40-250 | 40-150 | 20-50 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 25-50 | 5-12 | 40-250 | 40-150 | 20-50 |
| <i>Stylosanthes</i> | 25-50 | 6-12 | 40-250 | 40-200 | 20-50 |
| <i>Medicago sativa</i> | 30-60 | 8-20 | 40-250 | 40-100 | 30-50 |

Fuente: Raij, 1997

2.2.3. Requerimiento de nutrientes según especie forrajera cultivada

Los requerimientos nutricionales de los cultivos varían de acuerdo al nivel de rendimiento y el ambiente donde se desarrolla. Los requerimientos se expresan en términos de kilogramo de nutriente absorbido por tonelada de materia seca (ejemplo: kg de N/t MS) cómo es el caso de los pastos y forrajes. Asimismo, la cantidad mínima de nutrientes que requiere un cultivo para producir un rendimiento esperado durante un ciclo de producción, se determina a través de la absorción y extracción de nutrientes. Para determinar los requerimientos de nutrientes de los forrajes se puede usar al método de estudios de absorción y extracción de nutrientes y el método documental. Ambos métodos serán desarrollados en forma detallada en el Capítulo del presente documento.

2.2.4. Factores para la conversión de mg/L y cmol(+)/L a kg/ha de los principales nutrimentos del análisis químico de suelos

Los resultados de análisis de suelos deben ser interpretados correctamente, tomando en cuenta las unidades empleadas en laboratorio y sus respectivas equivalencias. El primer paso práctico consiste en transformar las unidades de g/kg, %, mg/kg o cmol(+)/kg a kilogramos por hectárea (kg/ha) acorde a los factores de conversión detallados en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Factores para la conversión de los principales nutrimentos del análisis químico de suelos (20 cm de profundidad)

| Elemento | Unidad | Cantidad | Multiplicar por | Kg/ha |
|-----------------|---------|----------|-----------------|--------|
| Nitrógeno (MO) | % | 2,564 | 20 | 51,28 |
| Nitrógeno total | % | 0,108 | 400 | 43,2 |
| Fósforo (P) | mg/kg | 3,83 | 2 | 7,66 |
| Azufre (S) | mg/kg | 2,29 | 2 | 4,58 |
| Potasio (K) | Cmol/kg | 0,12 | 780 | 93,6 |
| Calcio (Ca) | Cmol/kg | 1,38 | 400 | 552 |
| Magnesio (Mg) | Cmol/kg | 0,2 | 240 | 48 |
| Hierro (Fe) | mg/kg | 71,41 | 2 | 142,82 |
| Manganeso (Mn) | mg/kg | 9,6 | 2 | 19,2 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 0,83 | 2 | 1,66 |
| Cobre (Cu) | mg/kg | 0,7 | 2 | 1,4 |
| Boro (B) | mg/kg | 0,15 | 2 | 0,3 |

Fuente: elaboración propia 2020

Los datos de análisis de suelos transformados a kilogramos por hectárea (kg/ha) se deben convertir a formas de óxido presente en los fertilizantes comerciales (Cuadro 20). A partir de los datos expresados en óxidos es factible estimar la cantidad de fertilizantes simples o compuestos.

Cuadro 20. Conversión de Nutrientes de forma elemental a óxido y viceversa

| De | A | Multiplicar por | Inversa |
|----|-------------------------------|-----------------|---------|
| K | K ₂ O | 1,205 | 0.830 |
| P | P ₂ O ₅ | 2,291 | 0.436 |
| Ca | Ca O | 1,399 | 0.715 |
| Mg | Mg O | 1,658 | 0.603 |
| S | SO ₄ | 2,996 | 0.334 |

2.2.5. Fuentes de fertilizantes

Existe una amplia variedad de fertilizantes que se usan en la agricultura para reponer, mantener o corregir los elementos deficientes en el suelo, en relación a las necesidades

del cultivo. En el Cuadro 21 se muestran las principales formulaciones y el contenido porcentual para cada uno de los nutrientes.

Cuadro 21. Principales fertilizantes comerciales y su composición porcentual (%)

| Nombre comercial | N | P | P ₂ O ₅ | K | K ₂ O | Ca | Mg | S | Otros |
|-------------------------------------|------|----|-------------------------------|----|------------------|----|----|----|---------|
| Nitrogenados | | | | | | | | | |
| Nitrato de amonio | 33.5 | | | | | | | | |
| Nitrato de amonio calcáreo (CAN) | 27 | | | | | 12 | | | |
| Sulfato de amonio | 21 | | | | | | | 24 | |
| Urea | 46 | | | | | | | | |
| Fosfatados | | | | | | | | | |
| Fosfato diamónico | 18 | 20 | 46 | | | | | | |
| Fosfato mono amónico | 11 | 23 | 52 | | | | | | |
| Superfosfato triple de calcio | | 20 | 46 | | | 14 | | | |
| Superfosfato simple de calcio | | 9 | 21 | | | 20 | | 12 | |
| Roca fosfórica | | 14 | 32 | | | 48 | | | |
| Potásicos | | | | | | | | | |
| Cloruro de potasio | | | | 50 | 60 | | | | 46 (Cl) |
| Sulfato de potasio | | | | 42 | 51 | | | 18 | |
| Nitrato de potasio | 13 | | | 36 | 43 | | | | |
| Sulfato de potasio y magnesio | | | | 18 | 22 | | 11 | 22 | |
| Cálcicos | | | | | | | | | |
| Carbonato de calcio (Cal hidratada) | | | | | | 36 | | | |
| Cloruro de calcio | | | | | | 36 | | | 64 (Cl) |
| Nitrato de calcio | 15 | | | | | 19 | | | |
| Magnésicos | | | | | | | | | |
| Dolomita | | | | | | 33 | 14 | | |
| Nitrato de magnesio | 7 | | | | | | 8 | | |
| Oxido de magnesio | | | | | | | 56 | | |
| Sulfato de magnesio | | | | | | | 17 | 23 | |
| Azufrados | | | | | | | | | |
| Azufre elemental | | | | | | | | 90 | |
| Sulfato de amonio | 21 | | | | | | | 24 | |
| Sulfato de calcio (Yeso) | | | | | | 25 | | 16 | |

Fuente: INPOFOS, 1998

Los fertilizantes comerciales contienen y aportan uno o más nutrientes, a los que aportan un solo elemento se les denomina simples y a los que tienen dos o más compuesto. Antes de comprar y mezclar fertilizantes es necesario tener presente que existe sinergismo y antagonismo entre nutrientes (Cuadro 22). Sinergismo es el proceso por el cual la presencia de un nutriente favorece la asimilación de otro, también se conoce como efecto aditivo; el antagonismo entre fertilizantes genera una disminución en la asimilación de otro o que al mezclarlos se forman compuestos insolubles que no pueden ser absorbidos por las plantas.

Cuadro 22. Sinergismo y antagonismo entre nutrientes requeridos por las plantas

| Nutrientes | Efecto de las relaciones entre nutrientes |
|----------------------|---|
| Sinergismo | |
| Nitrógeno - azufre | A mayor cantidad de azufre existente en el suelo, mayor asimilación del nitrógeno. |
| Nitrógeno - fósforo | A mayor cantidad de fósforo existente en el suelo, mayor asimilación del nitrógeno. |
| Potasio - nitrógeno | El potasio en cantidades adecuadas potencia el efecto del nitrógeno dentro de las plantas, mejora su absorción y transporte especialmente en forma de nitratos. |
| Magnesio - nitrógeno | El magnesio y el nitrógeno forman la clorofila, por lo que la deficiencia de uno de los nutrientes conlleva la deficiencia del otro. |
| Antagonismo | |
| Fósforo - calcio | Al mezclarse ambos nutrientes forman compuestos insolubles que la planta no puede asimilar o se neutralizan entre ambos. |
| Potasio - magnesio | Cuando hay exceso de potasio, menor es la cantidad de magnesio absorbida. |
| Calcio - boro | El calcio siempre debe estar en mayor cantidad que el boro (idealmente en una relación 10:1), para neutralizarlo. El boro en exceso es tóxico. |
| Calcio - sodio | El sodio es tóxico en los suelos, por lo que debe haber más calcio para neutralizarlo. |

Fuente: Pezo y García, 2018

2.2.6. Eficiencia de nutrientes

La eficiencia de nutrientes es un valor fundamentado en criterios inherentes a las propiedades de los nutrientes, características del suelo, características de las fuentes de fertilizantes, métodos y época de aplicación y condiciones climáticas (Bertsch, 1998). Una estimación errada de este factor puede desmoronar cualquier cálculo, debido a ese precedente, su uso debe estar respaldado de criterios técnicos. La propuesta formulada en el Cuadro 23, sintetiza información sobre la eficiencia de recuperación o utilización formulado por diferentes autores

Cuadro 23. Eficiencia de recuperación de los principales macronutrientes

| Elemento | Eficiencia |
|-----------|------------|
| Nitrógeno | 40% a 70% |
| Fósforo | 30% a 50% |
| Potasio | 50% a 80% |

Fuente: Bertsch, 1998 y Valencia, 1998.

Para estimar la eficiencia de la fertilización con nitrógeno se utiliza el valor más bajo (40%) cuando se estiman pérdidas máximas, debido a factores bióticos y abióticos. El valor más alto (70%) se usa cuando los factores limitantes son mínimos. La eficiencia mínima permitida para un agrónomo es del 50%. El rango práctico para estimar la eficiencia de la fertilización con fósforo fluctúa entre 30 a 50%, para condiciones más y menos limitantes. La eficiencia de la fertilización con potasio puede estimarse con valores que fluctúan entre 60 a 80% para condiciones más y menos limitantes.

2.2.7. Acidez del suelo y encalado

La mayoría de las tierras cultivables se ubican en áreas tropicales y subtropicales, lugares donde predominan y concentran los suelos ácidos. En Bolivia, una gran parte de estos suelos se encuentran en las macro-regiones Chapare-Yungas, Amazonia, parte de la Chiquitania y Pantanal y también en las Llanuras y Sabanas orientales. La alta precipitación, acelerada descomposición de la materia orgánica, uso de fertilizantes

nitrogenados de reacción ácida y presencia de aluminio intercambiable acelera la acidificación de los suelos.

2.2.7.1. Acidez del suelo

La acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas debido a una combinación de factores que incluyen la toxicidad de aluminio, manganeso e hidrogeno y la deficiencia de nutrientes esenciales, especialmente potasio, calcio, magnesio, fósforo y molibdeno. Pero, el factor limitante del crecimiento de plantas en suelos ácidos, es la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable (Campillo, y Sadzawka, 2006).

La propiedad química del suelo por excelencia para valorar en forma práctica y rápida la acidez es el pH (potencial de iones hidrógeno (H)). Entre más alta sea la concentración de H el pH será menor y mayor la acidez, asimismo, entre más bajo sea el valor del pH habrá más aluminio (Al) que genere toxicidad a las raíces de las plantas cultivadas.

2.2.7.2. Encalado

Los suelos ácidos no permiten que muchos de los nutrientes estén disponibles y sean absorbidos por las plantas, aspecto que se traduce en un bajo crecimiento y rendimiento de los pastos y forrajes.

El pH es un buen indicador de la acidez del suelo, sin embargo, este parámetro no determina el requerimiento o cantidad de cal agrícola necesaria para llegar al rango de pH requerido por el cultivo. Los parámetros de diagnóstico más útiles para evaluar la acidez del suelo son el porcentaje de saturación de acidez y saturación de aluminio en el complejo de intercambio del suelo. A nivel operativo se puede utilizar cualquiera de los dos parámetros para diagnosticar problemas de acidez. La saturación de: acidez, aluminio, bases y por elemento, se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Saturación de acidez (\%)} = \frac{\text{Acidez (cmol/kg)}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{acidez}) \text{ (cmol/kg)}} \times 100$$

$$\text{Saturación de aluminio (\%)} = \frac{\text{Al (cmol/kg)}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{acidez}) \text{ (cmol/kg)}} \times 100$$

$$\text{Saturación de bases (\%)} = \frac{\text{Bases (Ca + Mg + Na + K) (cmol/kg)}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{acidez}) \text{ (cmol/kg)}} \times 100$$

$$\text{Saturación de Calcio (\%)} = \frac{\text{Ca (cmol/kg)}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{acidez}) \text{ (cmol/kg)}} \times 100$$

$$\text{Saturación de Magnesio (\%)} = \frac{\text{Mg (cmol/kg)}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{acidez}) \text{ (cmol/kg)}} \times 100$$

$$\text{Saturación de Sodio (\%)} = \frac{\text{Na (cmol/kg)}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{acidez}) \text{ (cmol/kg)}} \times 100$$

$$\text{Saturación de Potasio (\%)} = \frac{\text{K (cmol/kg)}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{acidez}) \text{ (cmol/kg)}} \times 100$$

La materia orgánica del suelo y las arcillas poseen cargas eléctricas negativas que ayudan a retener a los elementos con carga positiva, tanto los de naturaleza básica como el calcio, magnesio, potasio y sodio y los de características ácidas como el aluminio e hidrógeno. Los suelos con más cargas negativas evitan que se pierdan nutrientes por efecto de la lixiviación o lavado.

Mientras más baja sea la saturación de aluminio y más alta sea la saturación de bases mayor será la fertilidad del suelo y por ende se obtendrán mejores rendimientos. Si la saturación de aluminio calculado sobrepasa el valor tolerado por un cultivo determinado se debe nivelar se debe nivelar a un valor tolerado a través del encalado y no necesariamente neutralizar todo el aluminio intercambiable

Espinosa y Molina, 1999 mencionan el método propuesto por Cochrane, Salinas y Sánchez (1980) como la más práctica para calcular la dosis de encalado, pues toma en cuenta la neutralización de una parte del porcentaje de saturación de acidez o aluminio en relación con la CICE, multiplicado por una constante que cubre los factores que limitan la eficiencia de la reacción química de la cal en el suelo. La fórmula final se presenta a continuación:

$$\text{CaCO}_3 \text{ (t/ha)} = \frac{1,8 (\% \text{SAS} - \% \text{SAR}) (\text{CICE})}{(100)}$$

Donde:

- SAS = Saturación de acidez del suelo
- SAR = Saturación de acidez requerido
- CICE = Capacidad de intercambio catiónico efectivo
- 1,8 = constante que cubre los factores que limitan la eficiencia cal en el suelo

2.2.7.3. Saturación de aluminio recomendado para los cultivos

La reducción de la longitud y volumen del sistema radicular es el síntoma más evidente generado por toxicidad de aluminio. Un sistema radicular pobre en su desarrollo crece poco y se vuelve frágil, absorbe menos cantidad de agua y nutrientes, afectando en forma negativa al crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas.

A pH bajos menores a 5,2 el aluminio se solubiliza y reduce el crecimiento del sistema radicular, con una consecuente afección al crecimiento de las plantas y disminución de la producción (Toneatti y Rivera, 2005). El aluminio intercambiable se precipita con un pH alrededor de 5,5 a 6,0. Por lo tanto con valores de pH del suelo mayores se encuentra poco o nada de aluminio intercambiable (Sánchez, 1981).

Referencias sobre el rango de saturación de aluminio recomendado para los pastos y forrajes varían desde 15% a 60% (Figura 5), de un total de 20 especies evaluadas el 5% necesita un rango óptimo menor o igual a 15%, un 55% requiere un rango moderado que va de 15 a 30% y un 40% presenta una tolerancia alta de acidez de 30 a 60%, ningún forraje tolera más de 60% de acidez.

| Nombre común | Nombre científico | SAR | Óptimo | Moderado | Alto | Muy alto |
|----------------|-------------------------------|-----|------------|------------|------------|------------|
| Alfalfa | <i>Medicago sativa</i> | 15 | ██████████ | | | |
| Sorgo | <i>Sorghum bicolor</i> | 20 | ██████████ | ██████████ | | |
| Maíz | <i>Zea mays</i> | 25 | ██████████ | ██████████ | | |
| Trebol | <i>Trifolium sp.</i> | 25 | ██████████ | ██████████ | | |
| Lolium | <i>Lolium sp.</i> | 25 | ██████████ | ██████████ | | |
| Avena | <i>Avena sativa</i> | 30 | ██████████ | ██████████ | | |
| Vicia | <i>Vicia sp.</i> | 30 | ██████████ | ██████████ | | |
| Leucaena | <i>Leucaena leucocephala</i> | 30 | ██████████ | ██████████ | | |
| Panicum | <i>Panicum maximum</i> | 30 | ██████████ | ██████████ | | |
| Pennisetum | <i>Pennisetum purpureum</i> | 30 | ██████████ | ██████████ | | |
| Pasto bermuda | <i>Cynodon dactylon</i> | 30 | ██████████ | ██████████ | | |
| Caña de azúcar | <i>Caña de azúcar</i> | 30 | ██████████ | ██████████ | | |
| Lotus | <i>Lotus corniculatus</i> | 40 | ██████████ | ██████████ | ██████████ | |
| Guandul | <i>Cajanus cajan</i> | 40 | ██████████ | ██████████ | ██████████ | |
| Brizantha | <i>Brachiaria brizantha</i> | 40 | ██████████ | ██████████ | ██████████ | |
| Setaria | <i>Setaria sphacelata</i> | 50 | ██████████ | ██████████ | ██████████ | |
| Arachis | <i>Arachis pintoi</i> | 50 | ██████████ | ██████████ | ██████████ | |
| Llanero | <i>Brachiaria dictyoneura</i> | 50 | ██████████ | ██████████ | ██████████ | |
| Decumbens | <i>Brachiaria decumbens</i> | 60 | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Humidicola | <i>Brachiaria humidicola</i> | 60 | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| | | SAR | 0-15 | 15-30 | 30-60 | 60-90 |

Figura 6. Porcentaje de saturación de aluminio requerido por diferentes especies de pastos y forrajes cultivados. Elaboración propia con reportes de Raij et al 1997, Espinosa y Molina, 1998, Bertsh, 1998 y Molina, 1998.

La alfalfa es una especie que no tolera suelos ácidos, otras especies como el sorgo, maíz, trébol, lolium, avena, vicia leucaena, panicum, pennisetum, pasto bermuda y caña de azúcar tienen una tolerancia moderada; también están los pastos que tienen una alta tolerancia como el lotus, guandul, brizantha, setaria, arachis, llanero, decumbens y humidicola, de este último grupo, los dos últimos son las especies que toleran hasta 60% de saturación de aluminio.

2.2.8. Cálculo de dosis de nutriente para fertilización

En base a los datos de absorción de nutrientes (kg/t/año) de un cultivo dado, es factible proyectar un rendimiento comercial y calcular la dosis de nutrientes y fertilizantes. Al valor de la demanda total del cultivo se resta el valor de nutrientes suministrados por el suelo, la diferencia de la operación se considera como déficit que será necesario reponer para el próximo ciclo de producción. Asimismo, el valor del requerimiento debe ajustarse con la eficiencia de nutrientes de cada elemento según valores propuestos en el Cuadro 25. La siguiente fórmula permite calcular la dosis de un nutriente específico, misma que permitirá obtener la cantidad de fertilizante comercial.

$$\text{Dosis de nutriente} = \frac{\text{Demanda del cultivo} - \text{suministro del suelo}}{\text{Eficiencia de recuperación}}$$

Donde:

| | |
|-----------------------------|---|
| Demanda del cultivo: | Elemento puro que consume la planta desde la siembra a la cosecha o un ciclo productivo |
| Suministro del suelo: | Expresa la cantidad de un elemento determinado en un momento dado |
| Eficiencia de recuperación: | Es un valor que reúne criterios de propiedad y características de los nutrientes y fertilizante, método y época de aplicación, condiciones climáticas |

Si el suministro de nutrientes del suelo excede a la demanda del cultivo, la recomendación técnica es de no aplicar el nutriente que se está evaluando, caso contrario el cálculo continúa. Los resultados obtenidos en la ecuación deben ser convertidos formas presentes en los fertilizantes (ejemplo: K a K₂O) y finalmente transformarlo a la cantidad de fertilizante comercial. En el Cuadro 24 se muestra un ejemplo práctico del procedimiento.

Cuadro 24. Estimación de dosis de nutrientes para un rendimiento de 13 t/ha/año de *Brachiaria decumbens* en la localidad de Ichilo, Santa Cruz 2020

| Método de cálculo | N | P | K |
|---|------------------|----------------|-----------------|
| Absorción por tonelada | 12,0 | 0,9 | 13,0 |
| Requerimiento para rendimiento proyectado | 156,0 | 11,7 | 169,0 |
| Requerimiento total del cultivo | 156 | 11,7 | 169 |
| Cantidad presente en el suelo según análisis | 43,2 | 7,66 | 93,6 |
| Nitrógeno de materia orgánica | 38,5 | | |
| Total aporte de nutrientes del suelo | 81,7 | 7,66 | 93,6 |
| Déficit | 74,34 | 4,04 | 75,40 |
| Eficiencia de nutriente | 50% | 35% | 60% |
| Dosis de elemento puro | 148,7 | 11,5 | 125,7 |
| Conversión a formas presentes en los fertilizantes | 1 | 2,291 | 1,205 |
| Formas presentes en los fertilizantes | N | P2O5 | K2O |
| Datos finales de nutrientes para decisión de compra | 148,68 | 26,44 | 151,43 |
| Fertilizante a comprar | Urea 46-00-00 | PDA 18-46-0 | KCl 00-00-60 |
| Cantidad de fertilizante a comprar (Kg) | 284 | 100 | 252 |
| Cantidad de fertilizante a comprar (qq) | 6 | 2 | 5 |

Fuente: Elaboración propia 2020

Producto del procedimiento para estimar la cantidad de nutrientes para un rendimiento de 13 t MS /ha/año de *Brachiaria decumbens* se necesitará aplicar 6, 2 y 5 bolsas (50 kg) de urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio respectivamente.

3. ABSORCIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR LOS FORRAJES

3.1. Métodos para determinar la absorción y extracción de nutrientes por los cultivos

La cantidad mínima de nutrientes que requiere un cultivo para producir un rendimiento esperado durante su ciclo de vida o ciclo de producción, se determina a través de la absorción y extracción de nutrientes.

Existen diferentes métodos para determinar la absorción y extracción de nutrientes, entre los más empleados se tienen al método de estudios de absorción y extracción de nutrientes y el método documental. La información sistematizada de ambos métodos contribuye a dar solidez y seguridad a los programas de fertilización debido a que ambas representan las cantidades mínimas que el cultivo debe tener acceso para producir un determinado rendimiento.

3.1.1. Estudios de absorción y extracción de nutrientes

La cantidad de nutrientes absorbidos y extraídos por una planta se obtiene de la relación entre el peso seco de los tejidos muestreados y la concentración de nutrientes en los mismos.

Los datos generados en estudios de absorción permiten elaborar recomendaciones técnicas de fertilización para la obtención de un rendimiento determinado. Estos datos pueden obtenerse en etapas fenológicas relevantes del cultivo, periodos definidos en una campaña agrícola (1 año) o solo al final del ciclo de vida del cultivo, cuando la absorción ha llegado a su nivel máximo.

Se pueden obtener datos de absorción de la planta entera, solo follaje o subdividiendo por partes: raíces, tallos, hojas, flores y frutos (Figura 6 y 7). En cualquiera de los casos, es necesario contar con el rendimiento comercial obtenido para ese cultivo que pueda ser asociado a ese consumo en concreto.

Para la obtención de datos en campo la primera tarea consiste en muestrear plantas de excelentes condiciones de vigor y sanidad y que tenga rendimientos altos. Como mínimo se debe obtener tres repeticiones por etapa fenológica y por tejido, posteriormente se debe efectuar el cálculo del peso seco para cada punto de muestreo. Para el caso de los forrajes normalmente se evalúa la parte área o follaje.

Posteriormente, las muestras secas se envían al laboratorio para el análisis de los nutrientes en los tejidos y con esta información se procede a calcular la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo.

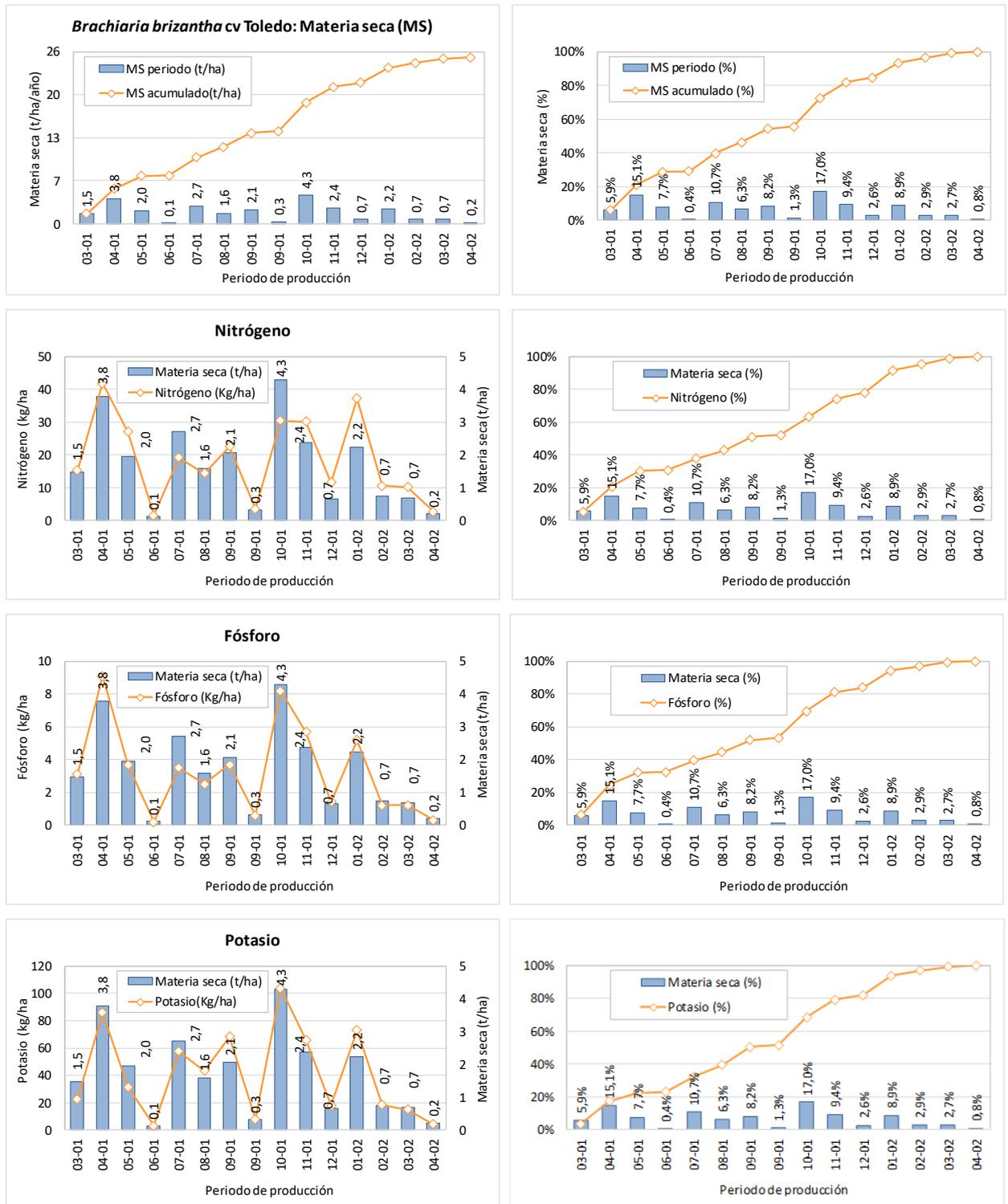


Figura 7. Sistematización de estudio de extracción de nutrientes (N, P y K) en cultivo de *Brachiaria brizantha* (cv Toledo), rendimiento 25.21 t de materia seca/ha/año.

Elaboración propia con datos recopilados por Salas y Cabalceta, 2010 del trabajo de Rivera, 2008. Se concluye que la extracción de nutrientes por tonelada de materia seca fue de 12.2, 1.9 y 24.3 Kg de N, P y K respectivamente.

Este tipo de estudios corresponde a un trabajo completo que permite conocer la dinámica de absorción de los diferentes nutrientes durante el ciclo de cultivo y confeccionar recomendaciones de programas de fertilización. Aunque es un procedimiento caro, permite generar información de utilidad para toma de decisiones.

Finalmente, para que los resultados de un estudio de absorción sean extrapolables es necesario que se realicen bajo condiciones nutricionales y ambientales óptimas y con especies y variedades definidas.

3.1.2. Método documental

Otro método práctico para obtener datos de absorción y extracción de nutrientes es utilizar referencias provenientes de la bibliografía. Para desarrollar este método es necesario reunir información confiable inherente a la absorción y extracción de nutrientes en cultivos de interés para un determinado rendimiento. En el Cuadro 25 se muestra datos recopilados de la literatura sobre rendimiento de arroz y la cantidad de los principales nutrientes absorbidos.

Cuadro 25. Datos de extracción de N, P y K por el pasto *Brachiaria brizantha* para diferentes rendimientos obtenidos de la literatura.

| Rendimiento en MS t/ha | Cantidad de nutrientes absorbidos kg/ha | | | Referencia |
|------------------------|---|------|---------|-------------------------|
| | N | P | K | |
| 1 | 13 | 1 | 18 | Raij, 1997 |
| 1 | 12,2 | 1,9 | 24,3 | Salas y Cabalceta, 2010 |
| 1 | 12 | 0,9 | 13 | Raij, 1997 |
| 8 | 80 | 17 | 160 | Sánchez, 1981 |
| 10,46 | 115 | | 174 | Primavesi, 2001 |
| 11,56 | 145 | | 192 | Primavesi, 2001 |
| 13,30 | 175 | 43,7 | 221 | Primavesi, 2001 |
| 17,78 | 175 | | | Sagarpa, 2017 |
| 18,44 | 200 | | | Enríquez et al, 2011 |
| 19 | 230 | 53,0 | 252 | Bernal y Espinosa, 2003 |
| 24 | 307 | 43 | 383 | Sánchez, 1981 |
| 25,21 | 278,1 | 49,6 | (616,5) | Rivera, 2008 |

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajos de investigación de diferentes autores

Con los datos de rendimiento y absorción recopilados en el Cuadro 25 se graficaron en una planilla Excel, los valores de cada elemento absorbido en relación al rendimiento obtenido (Figura 7). Luego, con la ecuación obtenida de los gráficos se calculó la necesidad de nutrientes para un rendimiento proyectado (Cuadro 26)

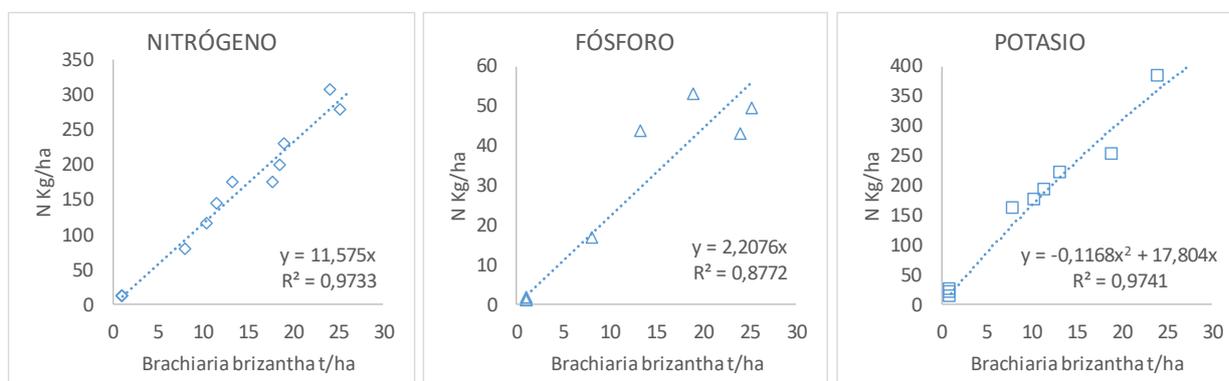


Figura 8. Ecuaciones de extracción de N, P y K calculadas con los datos del Cuadro 5.

Elaboración propia con datos recopilados de diferentes trabajos de investigación

Cuadro 26. Extracción de N, P y K para diferentes rendimientos calculadas con las ecuaciones generadas en la Figura 4

| Rendimiento estimado (t/ha) | Nitrógeno $y = 11,575x$ | Fósforo $y = 2,414x$ | Potasio $y = -0,1168x^2 + 17,804x$ |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1,0 | 11,6 | 2,2 | 17,7 |
| 2,5 | 28,9 | 5,5 | 43,8 |
| 5,0 | 57,9 | 11,0 | 86,1 |
| 7,5 | 86,8 | 16,6 | 127,0 |
| 10,0 | 115,8 | 22,1 | 166,4 |
| 12,5 | 144,7 | 27,6 | 204,3 |
| 15,0 | 173,6 | 33,1 | 240,8 |
| 17,5 | 202,6 | 38,6 | 275,8 |
| 20,0 | 231,5 | 44,2 | 309,4 |
| 22,5 | 260,4 | 49,7 | 341,5 |
| 25,0 | 289,4 | 55,2 | 372,1 |

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajos de investigación de diferentes autores

Con la información procesada se determinó que para producir una tonelada de materia seca de pasto *B. brizantha* se necesita 11,6, 2,2 y 17,7 kg de N, P y K respectivamente, para un rendimiento de 10 t MS/ha/año se empleará 116, 22 y 166 kg/ha de N, P y K, respectivamente.

Al recopilar información bibliográfica es importante determinar si los datos reportados se refieren a la absorción (consumo total de toda la biomasa) o la extracción (solo consumo de la cosecha, follaje o parte productiva). En cultivos anuales es común encontrar datos de consumo total (toda la biomasa del cultivo incluyendo la cosecha), el consumo específico del producto cosechado o ambos datos, mientras que en cultivos perennes es frecuente encontrar más datos de extracción de la parte comercial cosechada (follaje, frutos, granos, etc.).

Otra opción más sencilla y consistente es ajustar todos los datos recopilados a una t/ha de grano y luego calcular el promedio (Cuadro 27)

Cuadro 27. Promedios de absorción total de N, P y K de una t/ha de grano de arroz calculados con los datos provenientes de la literatura.

| Cantidad de nutrientes absorbidos kg/ha | | | Referencia |
|---|-----|----|-------------------------|
| N | P | K | |
| 13,0 | 1,0 | 18 | Raij, 1997 |
| 12,2 | 1,9 | 24 | Salas y Cabalceta, 2010 |
| 11,0 | 0,9 | 17 | Primavesi, 2001 |
| 12,5 | 2,1 | 17 | Primavesi, 2001 |
| 13,2 | | 17 | Primavesi, 2001 |
| 9,8 | | | Enriquez et al, 2011 |
| 10,8 | | | Enriquez et al, 2011 |
| 12,1 | 2,8 | 13 | Bernal y Espinosa, 2003 |
| 11,0 | 2,0 | | Sánchez, 1981 |

| | | | |
|----------|-------|-------|-------|
| Promedio | 11,75 | 1,78 | 17,56 |
| Desvest | 1,1 | 0,7 | 3,7 |
| CV (%) | 10% | 40,3% | 21% |

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajos de investigación de diferentes autores

Con la información promediada se cuantificó que una tonelada de materia seca de *B. brizantha* absorben 11,75, 1,78 y 17,56 kg de N, P y K respectivamente, asimismo, para obtener un rendimiento de 10 t MS/ha/año se requerirá 118, 18 y 176 kg/ha de N, P y K, respectivamente.

Comparando los valores de N, P y K estimado con los métodos por ecuaciones y promedio por tonelada, se evidenció que ambos procedimientos permiten obtener valores similares y confiables de los nutrientes estimados (Cuadro 28).

Cuadro 28. Extracción de N, P y K para diferentes rendimientos de materia seca de *B. brizantha*, calculadas con las ecuaciones generadas en la Figura 4 y el promedio de absorción ajustado por tonelada

| Método | Nitrógeno | Fósforo | Potasio |
|---------------------|-----------|---------|---------|
| Ecuación | 11,6 | 2,2 | 17,7 |
| Ajuste por tonelada | 11,8 | 1,8 | 17,6 |
| Promedio estimado | 11,7 | 2,0 | 17,6 |
| Porcentaje de NPK | 37% | 8% | 56% |

Fuente: Elaboración propia con datos sistematizados en Cuadros 8, 9 y 10

Respecto a la cantidad porcentual de N, P y K en la absorción por tonelada, claramente el elemento que más extrae *B. brizantha* es el potasio seguido de nitrógeno y fósforo respectivamente.

3.2. Extracción de nutrientes de forrajes gramíneas y leguminosas

La demanda nutricional de las gramíneas y leguminosas forrajeras es variable y depende de la capacidad para extraer nutrientes del suelo, de las necesidades propias de la planta y el potencial de producción de la especie forrajera. La extracción de nutrientes del suelo (nitrógeno en particular) es más eficiente para las especies gramíneas que para las leguminosas, por eso común ver en suelos de baja fertilidad cubierta vegetal de gramíneas en forma natural, con poca o ninguna leguminosa. Las leguminosas absorben con más facilidad otros elementos como el fósforo y potasio.

En los Cuadros 29 y 30 se presentan datos de extracción de nutrientes de gramíneas y leguminosas respectivamente. La información sistematizada corresponde a una revisión exhaustiva de bibliografía especializada de otras latitudes dado que en nuestro medio este tipo de trabajos son muy escasos y la información no está disponible.

Cuadro 29. Extracción de nutrientes (kg/ha/año) de especies gramíneas

| Especie | Nombre común | Nitrógeno | Fósforo | Potasio | Total NPK |
|----------------------------------|-----------------|-----------|---------|---------|-----------|
| <i>Lolium perenne</i> | Raigras inglés | 30,0 | 5,2 | 27,8 | 63,0 |
| <i>Dactylis glomerata</i> | Pasto Ovillo | 29,0 | 3,3 | 22,7 | 54,9 |
| <i>Pennisetum clandestinum</i> | Kikuyo | 27,8 | 2,6 | 24,6 | 55,0 |
| <i>Avena sativa</i> | Avena | 27,0 | 4,0 | 24,0 | 55,0 |
| <i>Hordeum vulgare</i> | Cebada | 26,3 | 4,0 | 19,7 | 50,0 |
| <i>Lolium multiflorum</i> | Raigras anual | 26,0 | 2,9 | 21,7 | 50,5 |
| <i>Zea mays L.</i> | Maíz forrajero | 22,0 | 4,0 | 19,0 | 45,0 |
| <i>Festuca arundinacea</i> | Festuca Alta | 21,9 | 3,5 | 23,7 | 49,2 |
| <i>Festuca pratensis</i> | Festuca | 16,8 | 2,4 | 20,3 | 39,5 |
| <i>Bromus unioloides</i> | Cebadilla | 14,6 | 2,0 | 17,3 | 33,9 |
| <i>Poa annua</i> | Poa | 13,6 | 2,4 | 17,3 | 33,3 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | Brizantha | 13,0 | 1,0 | 18,0 | 32,0 |
| <i>Andropogon gayanus</i> | Andropogon | 13,0 | 1,1 | 20,0 | 34,1 |
| <i>Panicum maximum</i> | Gatton Panic | 12,9 | 1,8 | 15,7 | 30,5 |
| <i>Phalaris arundinacea</i> | Alpiste | 12,7 | 1,9 | 16,6 | 31,2 |
| <i>Pennisetum purpureum</i> | Elefante | 12,5 | 2,2 | 19,1 | 33,7 |
| <i>Cynodon dactylon</i> | Pasto bermuda | 12,3 | 2,3 | 14,8 | 29,4 |
| <i>Brachiaria decumbens</i> | Decumbens | 12,1 | 1,1 | 12,0 | 25,1 |
| <i>Paspalum notatum</i> | Pasto bahia | 12,0 | 1,5 | 15,0 | 28,5 |
| <i>Brachiaria mutica</i> | Pará | 11,9 | 1,6 | 14,7 | 28,2 |
| <i>Digitaria decumbens Stent</i> | Pangola | 11,5 | 1,8 | 13,8 | 27,1 |
| <i>Melinis minutiflora</i> | Pasto gordura | 11,0 | 1,2 | 15,0 | 27,2 |
| <i>Sorghum bicolor</i> | Sorgo Forrajero | 10,6 | 2,8 | 12,7 | 26,1 |
| | N | 23 | 23 | 23 | 23 |
| | Promedio | 17,4 | 2,5 | 18,5 | 38,4 |
| | Mínimo | 10,6 | 1,0 | 12,0 | 25,1 |
| | Máximo | 30,0 | 5,2 | 27,8 | 63,0 |
| | Desvest | 6,9 | 1,1 | 4,2 | 11,6 |
| | CV | 40% | 45% | 23% | 30% |

Fuente: Raij, 1997, Bernal y Espinosa, 2003, Ciampiti y García 2007

Los datos de absorción de nutrientes (kg/ha/año) de las 23 especies de gramíneas constituye una información importante que permitirá al productor o técnico estimar la cantidad de nutrientes a suministrar a un cultivo para un ciclo de producción y coadyuvar a formular un plan nutricional a mediano plazo. El requerimiento promedio de nitrógeno más fósforo y potasio equivale a 38,4 kg/t MS, en la proporción de 45, 6 y 48% para cada elemento respectivamente; por otra parte, se aclara que 15 de las 23 especies requieren mayor cantidad de potasio en relación al nitrógeno.

Cuadro 30. Extracción de nutrientes (kg/ha/año) de especies leguminosas

| Especie | Nombre común | Nitrógeno | Fósforo | Potasio | Total NPK |
|------------------------------|-------------------|-----------|---------|---------|-----------|
| <i>Medicago sativa</i> | Alfalfa | 32,6 | 2,5 | 22,8 | 58,0 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | Leucaena | 31,0 | 1,5 | 20,0 | 52,5 |
| <i>Trifolium repens</i> | Trébol Blanco | 30,0 | 3,3 | 20,0 | 53,3 |
| <i>Neonotonia wightii</i> | Soya perenne | 26,0 | 2,0 | 21,0 | 49,0 |
| <i>Vicia sativa</i> | Vicia | 25,9 | 3,0 | 18,5 | 47,4 |
| <i>Trifolium pratense</i> | Trébol Rojo | 21,7 | 3,0 | 22,9 | 47,6 |
| <i>Estilosantes sp.</i> | Stylosanthes | 21,0 | 1,5 | 18,0 | 40,5 |
| <i>Lotus corniculatus</i> | Trébol de cuernos | 20,5 | 2,2 | 15,8 | 38,5 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | Promedio | 26,1 | 2,4 | 19,9 | 48,3 |
| | Mínimo | 20,5 | 1,5 | 15,8 | 38,5 |
| | Máximo | 32,6 | 3,3 | 22,9 | 58,0 |
| | Desvest | 4,8 | 0,7 | 2,4 | 6,5 |
| | CV | 18% | 29% | 12% | 13% |

Fuente: Rajj, 1997, Bernal y Espinosa, 2003, Ciampiti y Garcia 2007

Los datos de absorción de nutrientes (kg/ha/año) de las ocho especies de leguminosas constituye una información valiosa que permitirá formular un buen plan nutricional a corto y mediano plazo. El requerimiento promedio de nitrógeno más fósforo y potasio equivale a 48,3 kg/t MS, en la proporción de 54, 5 y 41% para cada elemento respectivamente; por otra parte, se aclara que siete de las ocho especies requieren mayor cantidad de nitrógeno en relación al potasio.

3.3. Rendimiento esperado (t/MS/ha/año) para especies de pastos de gramíneas y leguminosas

El rendimiento de pastos y forrajes es variable según la especie cultivada y altamente influenciada por factores edáficos, climáticos y tipo de manejo agronómico. Cada especie cultivada tiene un potencial de rendimiento que no siempre se llega a obtener en condiciones de campo, debido a que existen factores restrictivos que pueden afectar el rendimiento en toneladas de materia seca por hectárea año (t/MS/ha/año).

Con el fin de proyectar un rendimiento comercial esperado se confeccionó el Cuadro 31, en la que se exponen rendimientos de 15 especies en tres categorías: baja, moderado y alto. Esta información orientará al productor o técnico a la hora de planificar la aplicación de fertilizantes.

Cuadro 31. Rendimiento esperado (t/MS/ha/año) para especies de pastos de gramíneas y leguminosas

| Familia | Clima | Nombre común | Rendimiento esperado (t MS/ha/año) | | |
|-----------|----------|-----------------|------------------------------------|---------|------|
| | | | Baja | Media | Alta |
| Gramíneas | Cálido | Brachiaria | 5,2 | 13 | 19 |
| | | Guinea | 6,7 | 16,5 | 28 |
| | | Pangola | 7,5 | 18 | 29 |
| | | Pará | 11,2 | 21,4 | 29 |
| | | Sorgo Forrajero | 8 | 12 | 16 |
| | Templado | Festuca alta | 2,1 | 4,2 | 8 |
| | | Kikuyo | 4,5 | 7,5 | 14 |
| | | Raigrás anual | 3,9 | 9 | 18 |
| | | Raigrás inglés | 2,7 | 5,4 | 12 |
| | | Pasto ovilla | 1,7 | 3 | 7 |
| | | Avena | 4 | 6 | 8 |
| | | Cebada | 4 | 5 | 7 |
| | | Maíz forrajero | 10 | 15 | 20 |
| | | Leguminosas | Templado | Alfalfa | 8 |
| Tréboles | 3,8 | | | 9,5 | 15 |

Fuente: Bernal y Espinosa, 2003, SEFO, 2006 y Demanet, 2019

Según los datos de del Cuadro 31, las gramíneas cultivadas en clima cálido producen el doble de materia seca que las cultivadas en clima templado y alrededor de un 30% más que las principales leguminosas de clima templado.

4. ESTADO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN ÁREA DE ACCIÓN DEL PROYECTO

Con la finalidad de realizar una valoración integral de la fertilidad de los suelos para incrementar la productividad de las pasturas y cultivos forrajeros empleados en la alimentación del ganado lechero de los Valles de Cochabamba y Tarija y en la región tropical de Santa Cruz, se efectuó muestreos de suelos en 38 predios de diferentes municipios y departamentos (Cuadro 32). Las 38 muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio CETABOL (ubicado en el departamento de Santa Cruz) para su análisis rutinario correspondiente.

Cuadro 32 Número de muestras de suelo analizadas en laboratorio, según número de municipios, departamentos y organizaciones beneficiarias

| Organización | Departamento | Municipio | Nro. muestras de suelo |
|--------------|--------------|---|------------------------|
| ASOPLE | Santa Cruz | Yacapacani | 15 |
| FEDEPLE | Santa Cruz | Portachuelo, Cotoca Warnes y Okinawa | 10 |
| FEDEPLET | Tarija | Tarija, Uriondo y Padcaya | 8 |
| APL | Cochabamba | Punata, Capinota y Cercado | 5 |
| 4 | 4 | 11 | 38 |

Fuente: Elaboración propia, 2020

Posteriormente, con los resultados remitidos por el laboratorio se organizó una base de datos para la interpretación cualitativa y cuantitativa de los siguientes parámetros.

- pH conductividad eléctrica (CE)
- Materia orgánica, Nitrógeno total
- Macronutrientes: Fósforo, azufre, calcio, magnesio sodio y potasio
- Aluminio intercambiable y acidez intercambiable
- Capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICE)
- Micronutrientes: hierro, manganeso, zinc, cobre y boro
- Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)
- Fertilidad
- Textura del suelo

4.1. Interpretación de resultados por organización

Los 38 reportes de análisis de suelos fueron estructurados en una base de datos y analizados en tablas dinámicas para la obtención de las principales estadísticas descriptivas como el promedio y la desviación estándar (cuadro 33); el valor del promedio o media aritmética se utilizó para calcular un valor representativo de los datos analizados. La desviación estándar se empleó para medir la dispersión de los datos con respecto a la media.

Cuadro 33 Estado de la fertilidad de los suelos en las asociaciones: ASOPLA, FEDEPLE, FEDEPLET y APL (N = 38)

pH

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|------------------------|
| ASOPLA | 15 | 5,75 | 0,43 | Moderadamente ácido |
| FEDEPLE | 10 | 6,95 | 0,35 | Neutro |
| FEDEPLET | 8 | 7,42 | 0,49 | Suavemente alcalino |
| APL | 5 | 7,71 | 0,56 | Moderadamente alcalino |

Conductividad eléctrica

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLA | 15 | 17,82 | 3,94 | No salino |
| FEDEPLE | 10 | 62,05 | 29,65 | No salino |
| FEDEPLET | 8 | 95,69 | 55,64 | No salino |
| APL | 5 | 292,92 | 170,35 | No salino |

Materia orgánica

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLA | 15 | 1,94 | 6,56 | Bajo |
| FEDEPLE | 10 | 2,34 | 10,12 | Bajo |
| FEDEPLET | 8 | 2,49 | 11,74 | Moderado |
| APL | 5 | 2,47 | 10,91 | Moderado |

Nitrógeno total

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLA | 15 | 0,11 | 0,20 | Bajo |
| FEDEPLE | 10 | 0,14 | 0,45 | Moderado |
| FEDEPLET | 8 | 0,16 | 0,56 | Moderado |
| APL | 5 | 0,18 | 0,56 | Moderado |

Fósforo

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLA | 15 | 8,96 | 6,88 | Bajo |
| FEDEPLE | 10 | 18,97 | 16,79 | Alto |
| FEDEPLET | 8 | 23,15 | 16,29 | Alto |
| APL | 5 | 36,71 | 41,43 | Muy alto |

Azufre

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 1,91 | 1,29 | Muy bajo |
| FEDEPLE | 10 | 5,83 | 2,72 | Bajo |
| FEDEPLET | 8 | 9,07 | 4,74 | Moderado |
| APL | 5 | 63,38 | 56,34 | Muy alto |

Potasio

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 0,18 | 0,09 | Muy bajo |
| FEDEPLE | 10 | 0,38 | 0,22 | Bajo |
| FEDEPLET | 8 | 0,74 | 0,28 | Alto |
| APL | 5 | 0,64 | 0,71 | Moderado |

Calcio

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 1,25 | 0,53 | Muy bajo |
| FEDEPLE | 10 | 6,54 | 3,06 | Moderado |
| FEDEPLET | 8 | 15,77 | 9,43 | Muy alto |
| APL | 5 | 10,66 | 3,39 | Alto |

Magnesio

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 0,28 | 0,17 | Muy bajo |
| FEDEPLE | 10 | 1,29 | 0,67 | Moderado |
| FEDEPLET | 8 | 3,59 | 1,74 | Muy alto |
| APL | 5 | 5,25 | 2,15 | Muy alto |

Sodio

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 0,11 | 0,02 | Muy bajo |
| FEDEPLE | 10 | 0,28 | 0,06 | Bajo |
| FEDEPLET | 8 | 0,36 | 0,14 | Bajo |
| APL | 5 | 2,45 | 1,89 | Muy alto |

Aluminio intercambiable

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 0,94 | 0,49 | Alto |
| FEDEPLE | 10 | 0,00 | 0,00 | Muy bajo |
| FEDEPLET | 8 | 0,00 | 0,00 | Muy bajo |
| APL | 5 | 0,00 | 0,00 | Muy bajo |

CICE

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 3,22 | 0,98 | Muy bajo |
| FEDEPLE | 10 | 8,52 | 3,42 | Bajo |
| FEDEPLET | 8 | 20,50 | 10,15 | Moderado |
| APL | 5 | 19,05 | 6,40 | Moderado |

Hierro

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 77,20 | 40,02 | Muy alto |
| FEDEPLE | 10 | 41,46 | 29,69 | Alto |
| FEDEPLET | 8 | 11,50 | 13,78 | Bajo |
| APL | 5 | 21,28 | 10,60 | Moderado |

Manganeso

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 15,58 | 11,46 | Muy alto |
| FEDEPLE | 10 | 20,52 | 8,87 | Muy alto |
| FEDEPLET | 8 | 21,35 | 11,00 | Muy alto |
| APL | 5 | 35,41 | 12,41 | Muy alto |

Zinc

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 0,89 | 0,37 | Bajo |
| FEDEPLE | 10 | 2,21 | 1,81 | Alto |
| FEDEPLET | 8 | 1,51 | 1,41 | Moderado |
| APL | 5 | 1,83 | 1,12 | Moderado |

Cobre

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 0,62 | 0,17 | Moderado |
| FEDEPLE | 10 | 0,58 | 0,23 | Bajo |
| FEDEPLET | 8 | 0,42 | 0,31 | Bajo |
| APL | 5 | 0,64 | 0,32 | Moderado |

Boro

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 0,14 | 0,04 | Muy bajo |
| FEDEPLE | 10 | 0,34 | 0,17 | Bajo |
| FEDEPLET | 8 | 0,69 | 0,28 | Moderado |
| APL | 5 | 1,25 | 0,78 | Muy alto |

Porcentaje de Sodio Intercambiable –PSI (%)

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|--------------------|
| ASOPLE | 15 | 3,40 | 0,79 | No sódico |
| FEDEPLE | 10 | 3,62 | 1,22 | No sódico |
| FEDEPLET | 8 | 1,92 | 0,83 | No sódico |
| APL | 5 | 11,74 | 8,25 | Ligeramente sódico |

Saturación de aluminio (%)

| Asociación | N | Promedio | Desvest | Interpretación |
|------------|----|----------|---------|---|
| ASOPLE | 15 | 29,37 | 12,86 | Acidez moderada, limitante para cultivos susceptibles |
| FEDEPLE | 10 | 0,00 | 0,00 | Óptimo, sin problema en general |
| FEDEPLET | 8 | 0,01 | 0,01 | Óptimo, sin problema en general |
| APL | 5 | 0,00 | 0,00 | Óptimo, sin problema en general |

Fertilidad

| Asociación | Bases intercambiable | Saturación de acidez | Interpretación |
|------------|----------------------|----------------------|----------------|
| ASOPLE | 1,82 | 43,89 | Baja |
| FEDEPLE | 8,49 | 0,30 | Media |
| FEDEPLET | 20,47 | 0,18 | Alta |
| APL | 19,01 | 0,18 | Alta |

Textura

| Asociación | N | Arcilla | Limo | Arena | Textura |
|------------|----|------------|-------------|-------------|----------------|
| ASOPLE | 15 | 17,1 ± 2,5 | 18,6 ± 8,3 | 64,3 ± 9,5 | Franco arenoso |
| FEDEPLE | 10 | 16,6 ± 2,2 | 22,6 ± 15 | 60,9 ± 15,9 | Franco arenoso |
| FEDEPLET | 8 | 23,6 ± 3,8 | 45,6 ± 17 | 30,9 ± 17,9 | Franco |
| APL | 5 | 23,2 ± 6,7 | 55,8 ± 12,1 | 21 ± 14,4 | Franco limoso |

Fuente: Elaboración propia con análisis de suelos financiados por el proyecto, 2020

A nivel general se determinó que en la asociación ASOPLE Santa Cruz existe problemas de acidez causado por aluminio y baja fertilidad de los suelos, se evidenció déficit de N, P Ca, Mg, K; en micronutrientes se reportó exceso de Fe y Mn, moderado para Cu y bajo para los elementos Zn y B. Textura predominante: franco arenoso. Para corregir problemas de acidez se recomienda la aplicación de cal agrícola, misma que debe ser estimado con datos de cada predio.

En la asociación FEDEPLE Santa Cruz los suelos son de fertilidad media, no se evidenció problemas de acidez ni salinidad; se evidenció rango bajo para S y K, moderado para N, Ca y Mg, alto para P; en micronutrientes se reportó contenido alto para Fe, Mn y Zn y bajo para los elementos Cu y B. Textura predominante: franco arenoso.

En la asociación FEDEPLET Tarija los suelos son de fertilidad alta, no se evidenció problemas de acidez ni salinidad; se evidenció rango muy alto para Ca y Mg, alto para P y K, moderado para N y S; en micronutrientes se reportó contenido muy alto para Mn, moderado para Zn y B, bajo para Fe y Cu. Textura predominante: franco.

En la asociación APL Cochabamba los suelos son de fertilidad alta, no se evidenció problemas de acidez, pero si se detectó problemas de exceso de sodio; se evidenció rango muy alto para P, S, Mg y Na, alto para Ca y moderado para N; en micronutrientes se reportó contenido muy alto para Mn y B, moderado para Fe, Zn y Cu. Textura predominante: franco limoso.

5. ESTRATEGIAS DE NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

Corresponde a una serie de acciones ordenadas y encaminadas a la obtención de incrementos en el rendimiento de pastos y forrajes. Las estrategias de nutrición y fertilización se iniciaron con la difusión de información sobre la importancia y beneficios del análisis de suelos, acompañado de una capacitación en muestreo de suelos y su envío respectivo a laboratorio. Posteriormente, con los reportes recibidos de laboratorio se elaboró la interpretación integral de los resultados analizados por parámetro químico y físico; finalmente se desarrolló talleres de capacitación y socialización de los resultados de cada organización.

A nivel operativo se efectuó la toma de muestras de suelo en 38 predios y se remitió al laboratorio para su análisis químico y físico completo, esta actividad fue concretada por las organizaciones beneficiarias del proyecto; con el reporte de laboratorio se desarrolló un diagnóstico del estado de la fertilidad de los suelos analizados y sus respectivas recomendaciones técnicas; simultáneamente se sistematizó documentación técnica y científica sobre absorción y extracción de nutrientes con el objetivo de establecer el requerimiento de nutrientes por tonelada y definir el rendimiento proyectado; finalmente, se formuló las recomendaciones de volumen de fertilizantes según el rendimiento planificado.

Con fines metodológicos se seleccionó cuatro predios representativos de las organizaciones beneficiarias del proyecto: ASOPLE, FEDEPLE, FEDEPLET y APL, para efectuar una interpretación integral de los resultados de laboratorio. La interpretación de los 38 resultados de análisis de suelos de los principales parámetros químicos y físicos analizados se detallan en Anexo 1, 2 3 y 4 sistematizado por organización productiva y departamento.

5.1. Interpretación de resultados de laboratorio y recomendaciones de nutrición y fertilización

5.1.1. Estudio de caso 1 Asociación de Productores de Leche (ASOPLE)

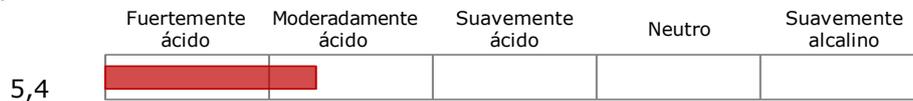
Un productor dedicado a la producción de ganado lechero del municipio Yapacani – Santa Cruz mandó a analizar una muestra de suelo con el objetivo de mejorar la producción de pasto *Brachiaria decumbens* y alcanzar un rendimiento de 13 t MS/ha/año. En base al estudio de suelos y las necesidades nutricionales del pasto en referencia realizar la interpretación de los resultados y formular recomendaciones técnicas de fertilización.

Información general

| | | | |
|---------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| Departamento: | Santa Cruz | Productor | David Hoaquira |
| Municipio: | Yapacani | Nro laboratorio: | 295 |
| Localidad: | Chore | Fecha de análisis: | Octubre 2020 |

Resultados e interpretación

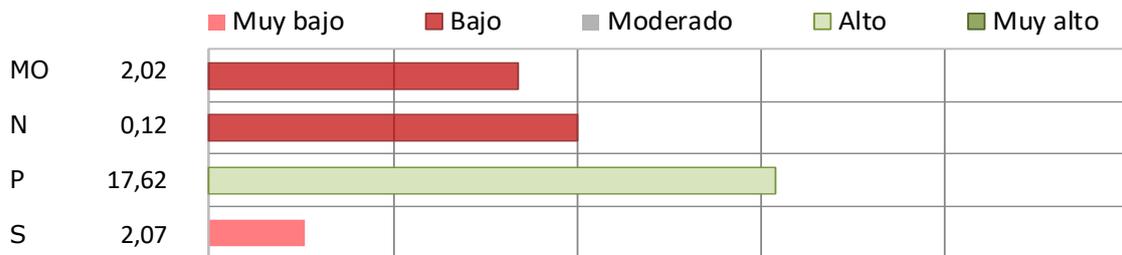
pH



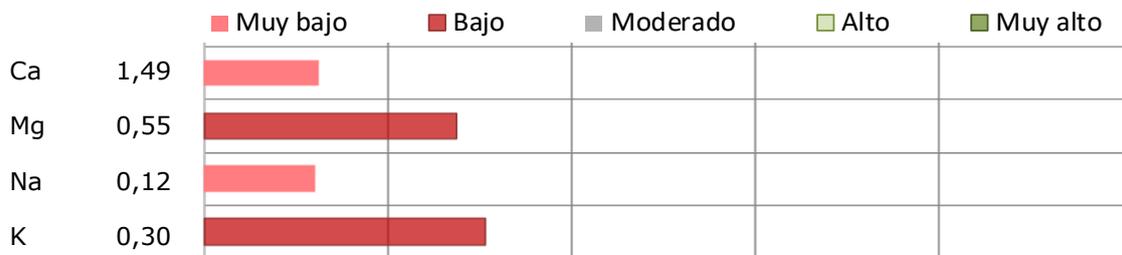
Conductividad eléctrica (umho/cm)



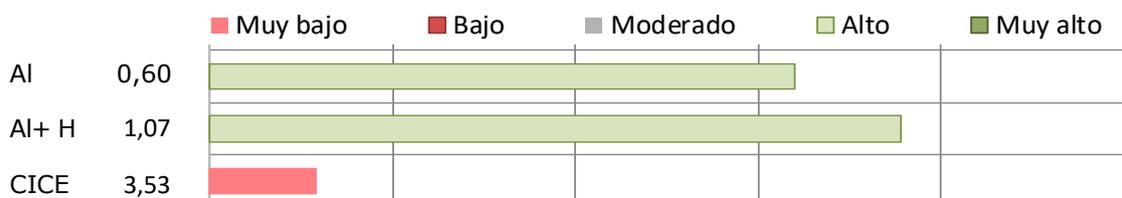
Materia orgánica (MO) y Nitrógeno total (N) (%), fósforo (P) y azufre (S) (ppm)



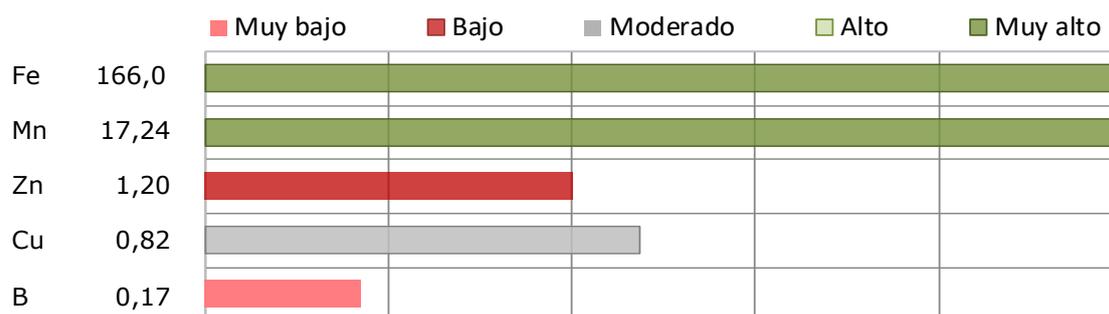
Calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) (cmol/kg)



Aluminio intercambiable (Al) y acidez intercambiable (Al+H) (meq/100g) y Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo (CICE) (cmol/kg)



Hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B)

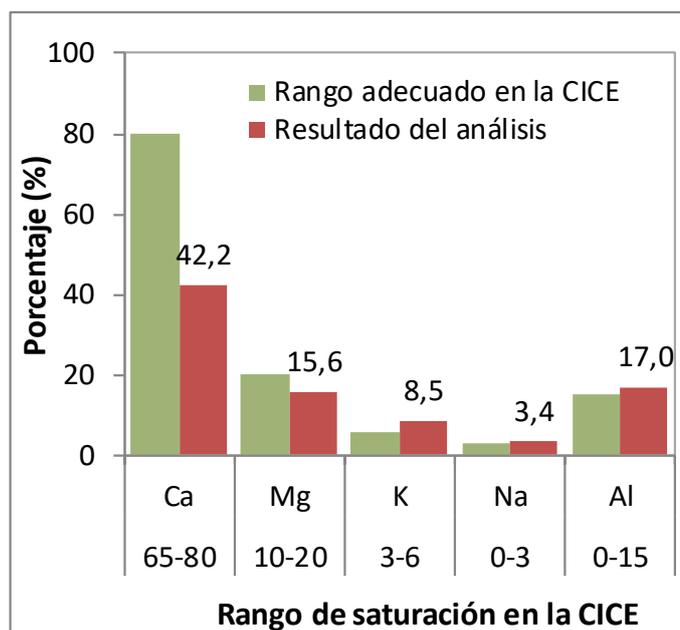


| Parámetros | Resultados | Clasificación |
|----------------------------|------------|---|
| Relación C/N | 9,75 | Medio, liberación de N normal |
| Saturación de bases (%) | 69,69 | Alto |
| Saturación de aluminio (%) | 17,00 | Acidez moderada, limitante para cultivos susceptibles |

Textura

| Arcilla | Arena | Limo | Clasificación |
|---------|-------|-------|----------------|
| 18,40 | 63,09 | 18,51 | Franco arenoso |

Relación de saturación de cationes intercambiables



Nutrientes en el suelo (20 cm de profundidad)

| Nutriente | Unidad | Resultado | Interpretación | Estimada (kg/ha) |
|----------------|---------|-----------|----------------|------------------|
| Nitrógeno (N) | % | 0,12 | Bajo | 48 |
| Fósforo (P) | ppm | 17,62 | Alto | 35,2 |
| Potasio (K) | cmol/kg | 0,30 | Bajo | 234,0 |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | 1,49 | Muy bajo | 596 |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | 0,55 | Bajo | 132 |
| Azufre (S) | ppm | 2,07 | Muy bajo | 4,1 |
| Hierro (Fe) | ppm | 166,03 | Muy alto | 332,06 |
| Manganeso (Mn) | ppm | 17,24 | Muy alto | 34,48 |
| Zinc (Zn) | ppm | 1,20 | Bajo | 2,4 |
| Cobre (Cu) | ppm | 0,82 | Moderado | 1,64 |
| Boro (B) | ppm | 0,17 | Muy bajo | 0,34 |

Comentario y recomendaciones de los resultados de análisis de suelos

La muestra 295 registró un pH moderadamente ácido, aluminio intercambiable alto y saturación de aluminio con acidez moderada; sin problema de alcalinidad. Déficit marcado de calcio en las bases intercambiables.

Se evidenció deficiencia de azufre y calcio, contenidos bajos de magnesio potasio y nitrógeno; contenido alto de fósforo. En micronutrientes, se cuantificó exceso de hierro y manganeso, moderado para cobre, bajo para zinc y deficiencia de boro.

El terreno se caracteriza como un suelo franco arenoso de baja fertilidad que requiere aplicar enmiendas (orgánicas y calcáreas) y adición de nutrientes para corregir deficiencias y obtener un buen rendimiento de forraje. Se aclara que el pasto decumbens requiere suelos de mediana fertilidad para alcanzar rendimientos adecuados.

Se recomienda aplicar de 8 a 12 t de materia orgánica (descompuesta) para mejorar su contenido en el suelo y 500 kg de enmienda calcárea (70% cal agrícola y 30% yeso agrícola) para corregir las deficiencias de calcio y azufre a mediano plazo. Las enmiendas deben aplicarse antes de la aplicación de fertilizantes.

Por otro lado, en suelos de baja fertilidad se recomienda establecer leguminosas de cobertura (en franjas o lote) como la mucuna (*Stizolobium aterrimum*), kudzu (*Pueraria Phaseoloides*) y/o archer (*Macrotyloma axillare*). Previo a la siembra de las coberturas se debe hacer abonamiento de base con fosforo.

La implementación de las recomendaciones técnicas deberá ser acompañado, coordinado y monitoreado por un técnico agropecuario.

Las recomendaciones formuladas corresponden a un año agrícola, para la siguiente campaña agrícola se debe hacer un balance de ingresos y salidas al sistema pasto y suelo.

Requerimiento de nutrientes para un rendimiento medio de 13 t MS/ha de *Brachiaria decumbens*

| Método de cálculo | N | P | K | S | Ca | Mg |
|---|----------------|----------------|---------------|--|---------|--------|
| Absorción por tonelada | 12,05 | 1,06 | 12,00 | 1 | 3,3 | 3 |
| Requerimiento para rendimiento proyectado | 156,68 | 13,76 | 156,04 | 13 | 42,90 | 39,00 |
| Requerimiento total del cultivo | 156,68 | 13,76 | 156,04 | 13 | 42,90 | 39,00 |
| Cantidad presente en el suelo según análisis | 48 | 35,24 | 234 | 4,1 | 596 | 132 |
| Nitrógeno de materia orgánica | 30,3 | | | | | |
| Total aporte de nutrientes del suelo | 78,26 | 35,24 | 234,00 | 4,14 | 596,00 | 132,00 |
| Déficit | 78,43 | -21,48 | -77,96 | 8,86 | -553,10 | -93,00 |
| Eficiencia de nutriente | 50% | 35% | 60% | 60% | 70% | 70% |
| Dosis de elemento puro | 156,9 | 0,0 | 0,00 | 14,77 | | |
| Conversión a formas presentes en los fertilizantes | 1 | 2,291 | 1,205 | 1 | | |
| Formas presentes en los fertilizantes | N | P2O5 | K2O | S | | |
| Datos finales de nutrientes para decisión de compra | 156,9 | 0,0 | 0,00 | 14,77 | | |
| Fertilizante a comprar | Urea 46-0-0 | PDA 18-46-0 | KCl 0-0-60 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 21-0-0-24 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (Kg) | 313 | 0 | 0,0 | 61,5 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (qq) | 6,3 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | | |

Con el fin de optimizar la eficiencia de los fertilizantes se recomienda fraccionar mínimamente en cuatro ciclos de aplicación.

5.1.2. Estudio de caso 2 Federación Departamental de Leche (FEDEPLE)

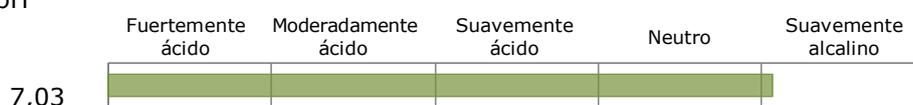
Un productor dedicado a la producción de ganado lechero del municipio de Portachuelo – Santa Cruz mandó a analizar una muestra de suelo al laboratorio con el objetivo de mejorar la producción de pasto *Brachiaria brizantha* y proyectar un rendimiento de 13 t MS/ha/año. En base al estudio de suelos y las necesidades nutricionales del pasto en referencia realizar la interpretación de los resultados y formular recomendaciones técnicas de fertilización.

Información general

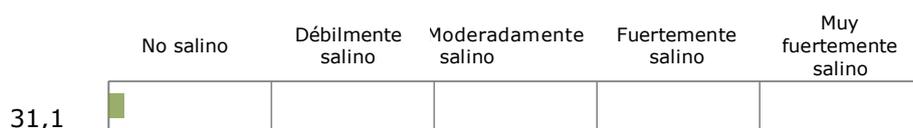
| | | | |
|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| Departamento: | Santa Cruz | Productor | Fernando Moreno |
| Municipio: | Portachuelo | Nro laboratorio: | 320 |
| Localidad: | - | Fecha de análisis: | Octubre 2020 |

Resultados e interpretación

pH



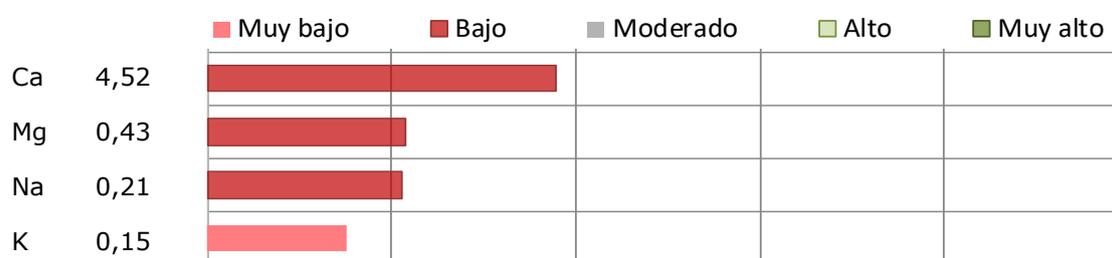
Conductividad eléctrica (umho/cm)



Materia orgánica (MO) y Nitrógeno total (N) (%), fósforo (P) y azufre (S) (ppm)



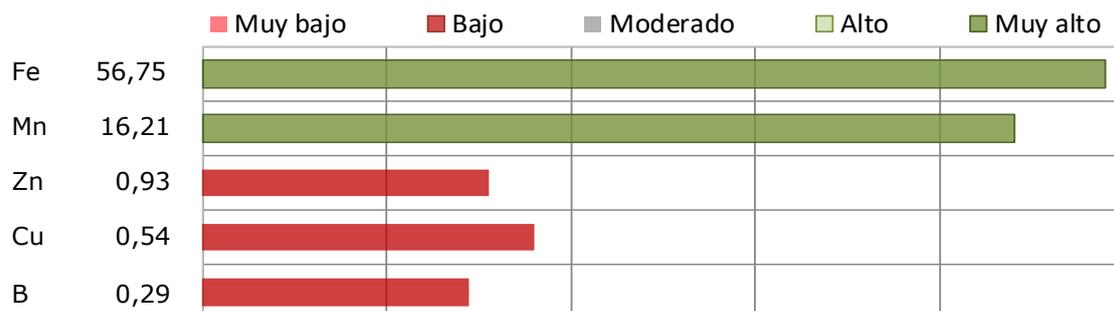
Calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) (cmol/kg)



Aluminio intercambiable (Al) y acidez intercambiable (Al+H) (meq/100g) y Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo (CICE) (cmol/kg)



Hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B)

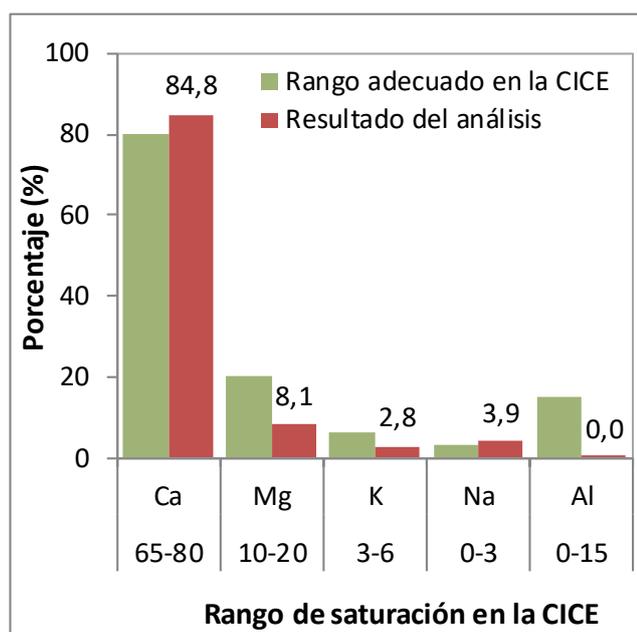


| Parámetros | Resultados | Clasificación |
|----------------------------|------------|---------------------------------|
| Relación C/N | 9,30 | Medio, liberación de N normal |
| Saturación de bases (%) | 99,62 | Muy alto |
| Saturación de aluminio (%) | 0,00 | Óptimo, sin problema en general |

Textura

| Arcilla | Arena | Limo | Clasificación |
|---------|-------|-------|----------------|
| 14,30 | 70,23 | 15,47 | Franco arenoso |

Relación de saturación de cationes intercambiables



Nutrientes en el suelo (20 cm de profundidad)

| Nutriente | Unidad | Resultado | Interpretación | Estimada (kg/ha) |
|----------------|---------|-----------|----------------|------------------|
| Nitrógeno (N) | % | 0,105 | Bajo | 42 |
| Fósforo (P) | ppm | 9,58 | Bajo | 19,2 |
| Potasio (K) | cmol/kg | 0,15 | Muy bajo | 117,0 |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | 4,52 | Bajo | 1808 |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | 0,43 | Bajo | 103 |
| Azufre (S) | ppm | 1,41 | Muy bajo | 2,82 |
| Hierro (Fe) | ppm | 56,75 | Muy alto | 113,5 |
| Manganeso (Mn) | ppm | 16,21 | Muy alto | 32,42 |
| Zinc (Zn) | ppm | 0,93 | Bajo | 1,86 |
| Cobre (Cu) | ppm | 0,54 | Bajo | 1,08 |
| Boro (B) | ppm | 0,29 | Bajo | 0,58 |

Comentario y recomendaciones de los resultados de análisis de suelos

La muestra **320** registró un pH suavemente alcalino y conductividad eléctrica no salina, no presentó problemas de acidez ni exceso de sales.

Se evidenció deficiencias de azufre y potasio en particular y contenidos bajos de magnesio nitrógeno, calcio y fósforo. En micronutrientes, a excepción de los elementos hierro y manganeso, que presentaron contenidos muy altos, el resto de los micronutrientes presentaron contenidos bajos.

Según los resultados de laboratorio la muestra analizada se caracterizó como un suelo de textura franco arenosa de baja a media fertilidad que requiere adicionar materia orgánica y nutrientes deficitarios para obtener rendimientos de forraje acorde a lo proyectado.

La especie *Brachiaria brizantha* requiere suelos de buena fertilidad para alcanzar rendimientos adecuados.

Se recomienda aplicar de 11 a 16 t de materia orgánica (descompuesta) para mejorar la fertilidad de suelos. La enmienda debe aplicarse antes de la aplicación de fertilizantes.

Para mejorar la fertilidad natural del suelo se recomienda establecer leguminosas de cobertura (en franjas o lote) como la mucuna (*Stizolobium aterrimum*), kudzu (*Pueraria Phaseoloides*) y/o archer (*Macrotyloma axillare*). Previo a la siembra de las coberturas se debe hacer abonamiento de base con fosforo.

La implementación de las recomendaciones técnicas deberá ser acompañado, coordinado y monitoreado por un técnico agropecuario.

Las recomendaciones formuladas corresponden a un año agrícola, para la siguiente campaña agrícola se debe hacer un balance de ingresos y salidas al sistema pasto y suelo.

**Requerimiento de nutrientes para un rendimiento medio de 13 t MS/ha
*Brachiaria brizantha***

| Método de cálculo | N | P | K | S | Ca | Mg |
|---|--------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|---------|--------|
| Absorción por tonelada | 11,70 | 2,00 | 17,60 | 1,00 | 3,30 | 3,00 |
| Requerimiento para rendimiento proyectado | 152,10 | 26,00 | 228,80 | 13,00 | 42,90 | 39,00 |
| Requerimiento total del cultivo | 152,10 | 26,00 | 228,80 | 13,00 | 42,90 | 39,00 |
| Cantidad presente en el suelo según análisis | 42 | 19,16 | 117 | 2,82 | 1808 | 103 |
| Nitrógeno de materia orgánica | 25 | | | | | |
| Total aporte de nutrientes del suelo | 67,25 | 19,16 | 117,00 | 2,82 | 1808,00 | 103,20 |
| Déficit | 84,86 | 6,84 | 111,80 | 10,18 | -1765,1 | -64,20 |
| Eficiencia de nutriente | 50% | 35% | 60% | 60% | 70% | 70% |
| Dosis de elemento puro | 169,7 | 19,5 | 186,33 | 16,97 | | |
| Conversión a formas presentes en los fertilizantes | 1 | 2,291 | 1,205 | 1 | | |
| Formas presentes en los fertilizantes | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | SO ₄ | | |
| Datos finales de nutrientes para decisión de compra | 169,71 | 45 | 224,53 | 16,97 | | |
| Fertilizante a comprar | Urea | PDA | KCl | K ₂ SO ₄ | | |
| | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 | 0-0-50-18 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (Kg) | 332 | 95 | 364,2 | 33,3 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (qq) | 6,6 | 1,9 | 7,3 | 0,7 | | |

Con el fin de optimizar la eficiencia de los fertilizantes se recomienda fraccionar mínimamente en seis ciclos de aplicaciones según el número de cortes.

5.1.3. Estudio de caso 3 Federación Departamental de Leche Tarija (FEDEPLET)

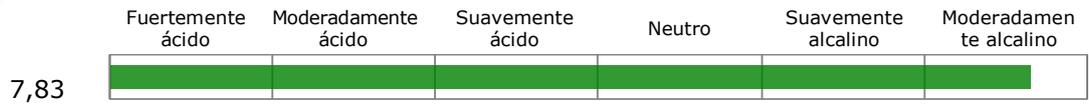
Un productor dedicado a la producción de ganado lechero del municipio de Uriondo Tarija mandó a analizar una muestra de suelo al laboratorio con el objetivo de establecer una plantación de alfalfa (*Medicago sativa*) y proyectar un rendimiento medio de 10 t MS/ha/año. En base al estudio de suelos y las necesidades nutricionales del pasto en referencia realizar la interpretación de los resultados y formular recomendaciones técnicas de fertilización.

Información general

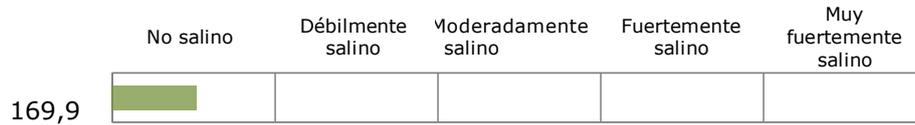
| | | | |
|-------------------|-------------|--------------------|-----------------|
| Departamento: | Tarija | Productor | Leonardo Barrón |
| Municipio: | Uriondo | Nro laboratorio: | 317 |
| Localidad: | San Nicolas | Fecha de análisis: | Octubre 2020 |
| Cultivo anterior: | Maíz | | |

Resultados e interpretación

pH



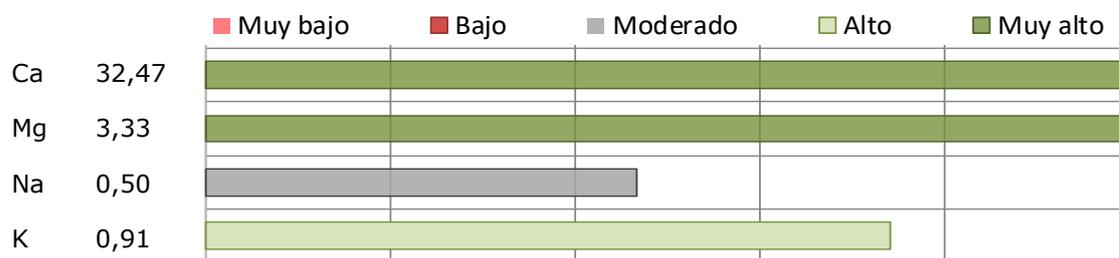
Conductividad eléctrica (umho/cm)



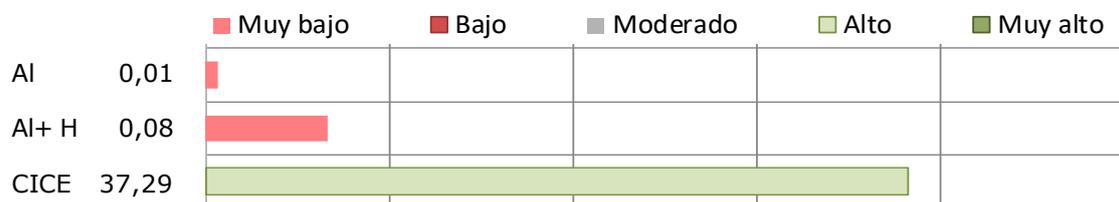
Materia orgánica (MO) y Nitrógeno total (N) (%), fósforo (P) y azufre (S) (ppm)



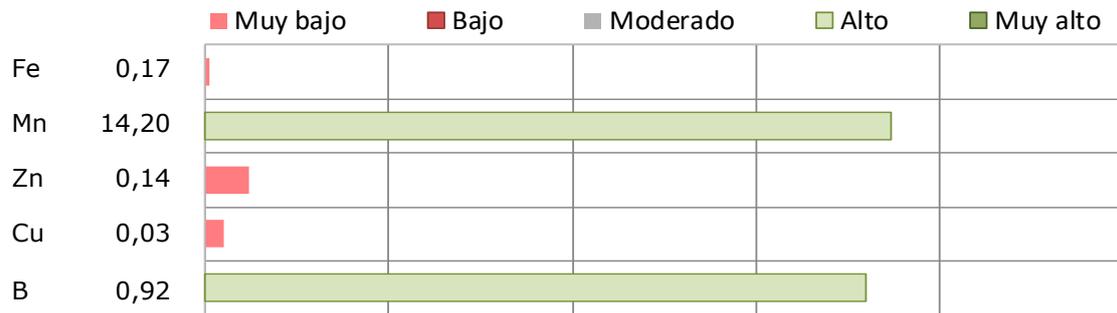
Calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) (cmol/kg)



Aluminio intercambiable (Al) y acidez intercambiable (Al+H) (meq/100g) y Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo (CICE) (cmol/kg)



Hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B)

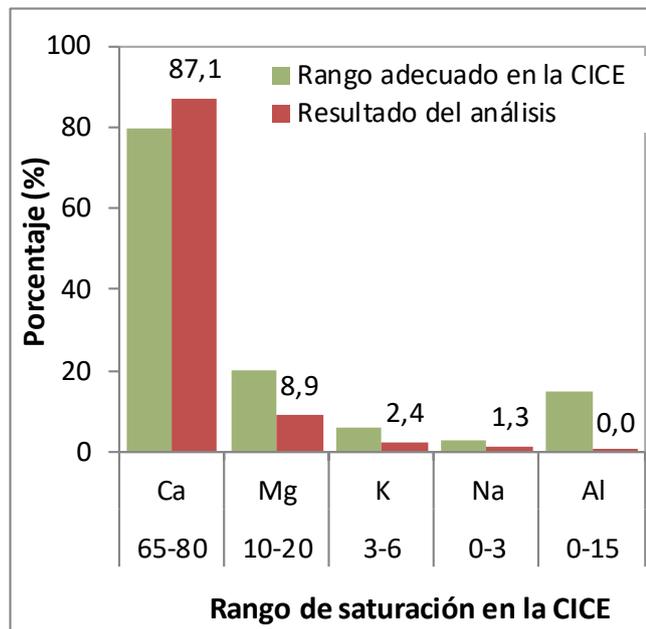


| Parámetros | Resultados | Clasificación |
|----------------------------|------------|---------------------------------|
| Relación C/N | 8,38 | Bajo, liberación de N alta |
| Saturación de bases (%) | 99,79 | Muy alto |
| Saturación de aluminio (%) | 0,02 | Óptimo, sin problema en general |

Textura

| Arcilla | Arena | Limo | Clasificación |
|---------|-------|-------|---------------|
| 21,80 | 39,63 | 38,58 | Franco |

Relación de saturación de cationes intercambiables



Nutrientes en el suelo (20 cm de profundidad)

| Nutriente | Unidad | Resultado | Interpretación | Estimada (kg/ha) |
|----------------|---------|-----------|----------------|------------------|
| Nitrógeno (N) | % | 0,096 | Bajo | 38,4 |
| Fósforo (P) | ppm | 31,57 | Muy alto | 63,1 |
| Potasio (K) | cmol/kg | 0,91 | Alto | 709,8 |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | 32,47 | Muy alto | 12.988 |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | 3,33 | Muy alto | 799 |
| Azufre (S) | ppm | 9,24 | Moderado | 18 |
| Hierro (Fe) | ppm | 0,17 | Muy bajo | 0,34 |
| Manganeso (Mn) | ppm | 14,2 | Alto | 28,4 |
| Zinc (Zn) | ppm | 0,14 | Muy bajo | 0,28 |
| Cobre (Cu) | ppm | 0,03 | Muy bajo | 0,06 |
| Boro (B) | ppm | 0,92 | Alto | 1,84 |

Comentario y recomendaciones de los resultados de análisis de suelos

La muestra **317** registró un pH moderadamente alcalino y conductividad eléctrica no salina, no presentó problemas de acidez ni exceso de sales.

Se determinó que los contenidos fueron: bajo para nitrógeno, moderado de azufre, alto de potasio, muy alto de fósforo y exceso (fuera de rango) para los elementos calcio y magnesio. En microelementos, contenido muy bajo de hierro cobre y zinc, alto para boro y manganeso.

El terreno destinado a la siembra de alfalfa se caracterizó como un suelo de textura franca de buena fertilidad; requiere adicionar materia orgánica y nutrientes (azufre y nitrógeno) para el primer ciclo de producción. Esta adición permitirá obtener rendimientos de forraje acorde a lo proyectado, además de mantener la fertilidad del suelo.

La alfalfa requiere suelos de buena fertilidad para alcanzar rendimientos adecuados.

Se recomienda aplicar de 12 t de materia orgánica descompuesta (gallinaza o guano de vaca) para mejorar y mantener la fertilidad de suelos. La enmienda debe aplicarse antes del establecimiento de la alfalfa.

La implementación de las recomendaciones técnicas deberá ser acompañado, coordinado y monitoreado por un técnico agropecuario.

Las recomendaciones formuladas corresponden a un año agrícola, para la siguiente campaña agrícola se debe hacer un balance de las enmiendas y abonos aplicados contra las cosechas obtenidas.

Requerimiento de nutrientes para un rendimiento medio de 13 t MS/ha de alfalfa

| Método de cálculo | N | P | K | S | Ca | Mg |
|---|--------|-------------------------------|------------------|---|---------|---------|
| Absorción por tonelada | 32,61 | 2,53 | 22,82 | 2,00 | 11,50 | 2,71 |
| Requerimiento para rendimiento proyectado | 407,67 | 31,61 | 285,28 | 25,00 | 143,75 | 33,92 |
| Requerimiento total del cultivo | 407,67 | 31,61 | 285,28 | 25,00 | 143,75 | 33,92 |
| Cantidad presente en el suelo según análisis | 38,4 | 63,14 | 710 | 18,5 | 12.988 | 799 |
| Nitrógeno de materia orgánica | 21 | | | | | |
| Fijación biológica (53,5%) | 218 | | | | | |
| Total aporte de nutrientes del suelo | 277,31 | 63,14 | 709,80 | 18,48 | 12.988 | 799,20 |
| Déficit | 130,36 | -31,53 | -424,52 | 6,52 | -12.844 | -765,28 |
| Eficiencia de nutriente | 50% | 35% | 60% | 60% | 70% | 70% |
| Dosis de elemento puro | 260,7 | | | 10,87 | | |
| Conversión a formas presentes en los fertilizantes | 1 | 2,291 | 1,205 | 1 | | |
| Formas presentes en los fertilizantes | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | | |
| Datos finales de nutrientes para decisión de compra | 260,72 | | | 10,87 | | |
| Fertilizante a comprar | Urea | PDA | KCl | (NH ₄) ₂ SO ₄ | | |
| | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 | 21-0-0-24 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (Kg) | 546 | | | 45,3 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (qq) | 10,9 | | | 0,9 | | |

Con el fin de optimizar la eficiencia de los fertilizantes se recomienda fraccionar mínimamente en seis ciclos de aplicaciones según el número de cortes.

5.1.4. Estudio de caso 4 Asociación de Productores de Leche (APL)

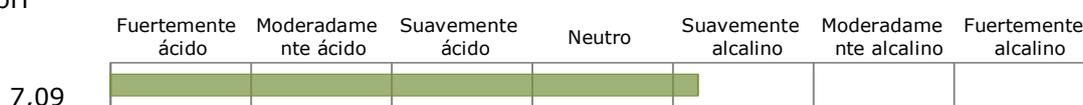
Un productor dedicado a la producción de ganado lechero del municipio de Capinota Cochabamba mandó a analizar una muestra de suelo al laboratorio con el objetivo de mejorar la producción de maíz forrajero (*Zea mays L.*) y proyectar un rendimiento de 15 t MS/ha/año. En base al estudio de suelos y las necesidades nutricionales del pasto en referencia realizar la interpretación de los resultados y formular recomendaciones técnicas de fertilización.

Información general

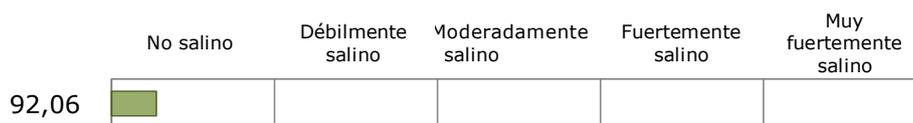
| | | | |
|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| Departamento: | Cochabamba | Productor | Erick Rocabado |
| Municipio: | Capinota | Nro laboratorio: | 345 |
| Localidad: | Charamoco | Fecha de análisis: | Octubre 2020 |
| Cultivo anterior: | - | | |

Resultados e interpretación

pH



Conductividad eléctrica (umho/cm)



Materia orgánica (MO) y Nitrógeno total (N) (%), fósforo (P) y azufre (S) (ppm)



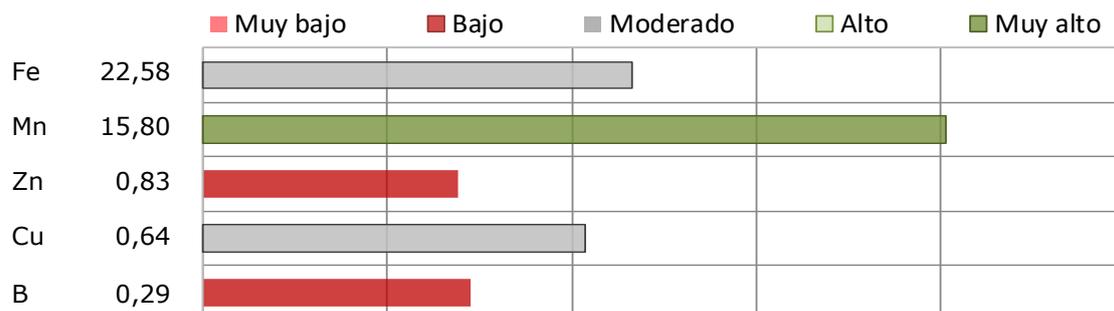
Calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) (cmol/kg)



Aluminio intercambiable (Al) y acidez intercambiable (Al+H) (meq/100g) y Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo (CICE) (cmol/kg)



Hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B)

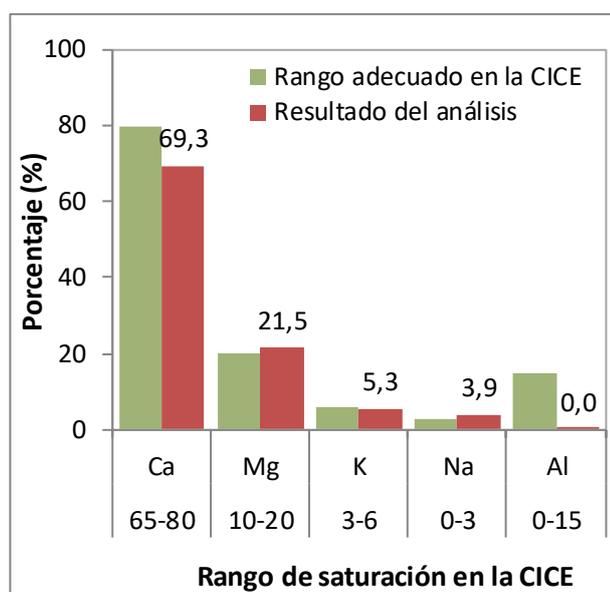


| Parámetros | Resultados | Clasificación |
|----------------------------|------------|---------------------------------|
| Relación C/N | 6,43 | Bajo, liberación de N alta |
| Saturación de bases (%) | 100,00 | |
| Saturación de aluminio (%) | 0,00 | Óptimo, sin problema en general |

Textura

| Arcilla | Arena | Limo | Clasificación |
|---------|-------|-------|---------------|
| 20,20 | 22,24 | 57,56 | Franco limoso |

Relación de saturación de cationes intercambiables



Nutrientes en el suelo (20 cm de profundidad)

| Nutriente | Unidad | Resultado | Interpretación | Estimado (kg/ha) |
|----------------|---------|-----------|----------------|------------------|
| Nitrógeno (N) | % | 0,109 | Bajo | 43,6 |
| Fósforo (P) | ppm | 20,24 | Alto | 40,5 |
| Potasio (K) | cmol/kg | 0,42 | Moderado | 327,6 |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | 5,49 | Moderado | 2196 |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | 1,70 | Alto | 408 |
| Azufre (S) | ppm | 10,39 | Moderado | 20,8 |
| Hierro (Fe) | ppm | 22,58 | Moderado | 45,16 |
| Manganeso (Mn) | ppm | 15,80 | Muy alto | 31,6 |
| Zinc (Zn) | ppm | 0,83 | Bajo | 1,66 |
| Cobre (Cu) | ppm | 0,64 | Moderado | 1,28 |
| Boro (B) | ppm | 0,29 | Bajo | 0,58 |

Comentario y recomendaciones de los resultados de análisis de suelos 345

La muestra **345** registró un pH suavemente alcalino y conductividad eléctrica no salina, no presentó problemas de acidez ni exceso de sales.

Se determinó que los contenidos fueron: bajo para nitrógeno, moderado de, potasio, calcio y azufre, alto para fósforo y magnesio; en microelementos, contenido bajo para zinc y boro, moderado para cobre y hierro y muy alto manganeso.

El terreno destinado a la siembra de maíz forrajero se caracterizó como un suelo de textura franco limoso de media fertilidad; requiere adicionar materia orgánica y nutrientes (nitrógeno, fósforo y azufre) para el ciclo de producción. Esta adición permitirá obtener rendimientos de forraje acorde a lo proyectado, además de mantener la fertilidad del suelo.

El maíz forrajero requiere suelos de buena fertilidad para alcanzar rendimientos adecuados.

Se recomienda aplicar de 12 t de materia orgánica descompuesta (guano de vaca) para mejorar y mantener la fertilidad de suelos. La enmienda debe aplicarse tres meses antes del establecimiento del maíz.

La implementación de las recomendaciones técnicas deberá ser acompañado, coordinado y monitoreado por un técnico agropecuario.

Las recomendaciones formuladas corresponden a un año agrícola, para la siguiente campaña agrícola se debe hacer un balance de las enmiendas y abonos aplicados contra las cosechas obtenidas.

Requerimiento de nutrientes para un rendimiento medio de 15 t MS/ha de maíz forrajero

| Método de cálculo | N | P | K | S | Ca | Mg |
|---|----------------|-------------------------------|------------------|--|-------|--------|
| Absorción por tonelada | 22,0 | 4,0 | 19,0 | 2,60 | 3,0 | 3, |
| Requerimiento para rendimiento proyectado | 330,0 | 60,0 | 285,0 | 39,0 | 45,0 | 45,0 |
| Requerimiento total del cultivo | 330,0 | 60,0 | 285,0 | 39,0 | 45,0 | 45,0 |
| Cantidad presente en el suelo según análisis | 43,6 | 40,48 | 328 | 20,8 | 2.196 | 408 |
| Nitrógeno de materia orgánica | 18,12 | | | | | |
| Total aporte de nutrientes del suelo | 61,72 | 40,48 | 327,60 | 20,78 | 2196, | 408,0 |
| Diferencia | 268,28 | 19,52 | -42,60 | 18,22 | -2151 | -363,0 |
| Eficiencia de nutriente | 50% | 35% | 60% | 60% | 70% | 70% |
| Dosis de elemento puro | 536,6 | 55,8 | | 30,37 | | |
| Conversión a formas presentes en los fertilizantes | 1 | 2,291 | 1,205 | 1 | | |
| Formas presentes en los fertilizantes | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | | |
| Datos finales de nutrientes para decisión de compra | 536,6 | 128 | | 30,37 | | |
| Fertilizante a comprar | Urea 46-0-0 | PDA 18-46-0 | KCl 0-0-60 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 21-0-0-24 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (Kg) | 372 | 272 | | 126,5 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (qq) | 7,4 | 5,4 | | 2,5 | | |

Con el fin de optimizar la eficiencia de los fertilizantes se recomienda fraccionar los ciclos de aplicaciones según el número de cortes.

5.2. Actividades de capacitación, reuniones técnicas y difusión inherentes a la fertilidad de suelos en áreas de acción del proyecto

Durante los meses de agosto a diciembre se realizaron 23 actividades con los beneficiarios del proyecto (Cuadro 28). El 52% de las actividades se destinó a talleres de capacitación, 22% a reuniones técnicas informativas, 13% a la difusión de información técnica, 9 % a difusión de resultados y 4% a otras actividades.

Cuadro 34 Actividades de capacitación, reuniones técnicas y difusión realizados durante los meses de agosto a diciembre 2020

| Mes | Taller de capacitación | Reunión técnica | Difusión de información | Difusión de resultados | Otros | Total |
|--------------|------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|----------|-----------|
| 8 | 1 | 1 | | | | 2 |
| 9 | 3 | 4 | 3 | | 1 | 11 |
| 10 | 2 | | | | | 2 |
| 11 | 4 | | | 2 | | 6 |
| 12 | 2 | | | | | 2 |
| Total | 12 | 5 | 3 | 2 | 1 | 23 |

Fuente: Elaboración propia, 2020

En el desarrollo de las actividades se contó con la participación de 130 personas (40 efectivas), entre productores, técnicos, directivos de las asociaciones y asesores técnicos de la Fundación AGRITERRA. Durante este periodo se socializó 24 presentaciones en Power Point relacionados a la consultoría y 30 reportes en Excel inherente a la interpretación de análisis de suelos y sus respectivas recomendaciones técnicas. En el informe final de consultoría (Anexo 3) se detalla las fechas de las actividades, organizaciones participantes, personal de coordinación y el número de participantes en cada evento, así como la lista de beneficiarios efectivos.

Los temas abordados en los talleres de capacitación, reuniones técnicas y actividades de difusión se centraron en lo siguiente:

- Importancia del análisis de suelos en la producción agropecuaria
- Muestreo de suelos
- Unidades y rangos de interpretación de análisis de suelos
- Resultados e interpretación de análisis de suelos
- Cálculo de dosis de nutrientes y fertilizantes
- Interpretación de análisis microbiológico, físico y químico de agua para ganado lechero
- Interpretación de análisis bromatológico y calidad de forraje para ganado lechero
- Análisis microbiológico, físico y químico de agua para ganado lechero
- Interpretación de análisis bromatológico y calidad de forraje para ganado lechero

Las actividades desarrolladas durante el periodo de la consultoría fueron documentadas en instantáneas que reflejan el grado de adopción de las capacitaciones impartidas e interés para mejorar la productividad de los pastos y forrajes. En la Figura 8 se expone una secuencia del proceso.

Incremento de la Productividad de Pastos y a través de la nutrición de suelos

Asesoría: De agosto a diciembre

- Sistematizar reportes de análisis de suelos, trabajos de fertilización, estadísticas de producción y rendimiento según especie cultivada
- Estimar la absorción y extracción de nutrientes por tonelada, ciclo de producción y especie cultivada.
- Formular recomendaciones de fertilización según la absorción de nutrientes por especie cultivada.
- Elaborar una guía para la aplicación de estrategias de nutrición en la zona de los valles de Cochabamba y Tarija y en la región tropical de Santa Cruz.



Oscar Colque

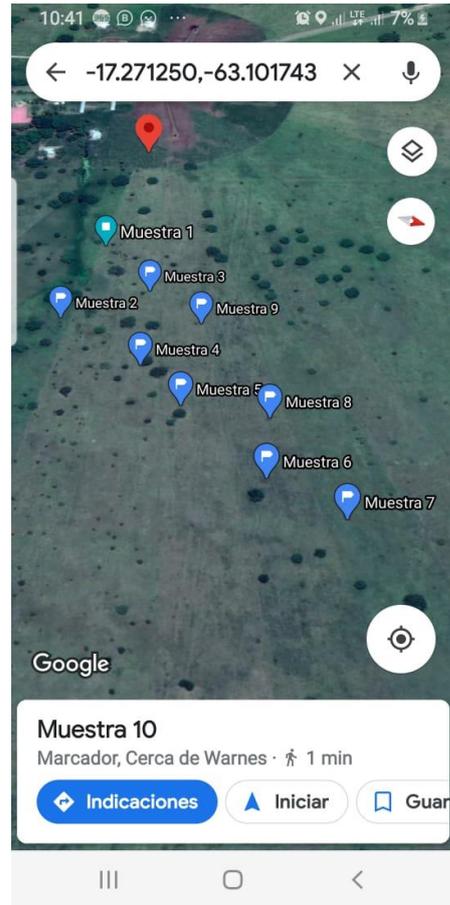
Especialista en nutrición de suelos



Presentación de la consultoría y asesoría periodo agosto a diciembre 2020. 7-ago-20



Muestreo de suelos a cargo del personal técnico liderado por David Hoaquira (Médico Veterinario), en predios donde se efectuará renovación de pastizales. Las muestras de suelos fueron remitidos al laboratorio CETABOL. Asociación ASOPLE, Yapacani, Santa Cruz. 29-sep-20



Puntos de muestreo de suelos georreferenciados, en predios donde se aplicará un plan de fertilización. La actividad fue liderada por Carlos Hugo Rivera (Médico Veterinario). Las muestras de suelos fueron remitidos al laboratorio CETABOL. Asociación FEDEPLE Santa Cruz. Octubre 9-oct-20



Maica Sud (Cercado)



Charamoco (Capinota)

Muestreo de suelos en predios de la asociación APL Cochabamba, liderado por Damián Gutiérrez (Zootecnista). Las muestras de suelos fueron remitidos al laboratorio CETABOL de Santa Cruz. Octubre, 2020

Charamoco (Capinota)



Maica Norte (Cercado)



Muestreo de aguas en predios de la asociación APL Cochabamba, liderado por Damián Gutiérrez (Zootecnista). Las muestras de suelos fueron remitidos al laboratorio de Facultad de Tecnología UMSS. Octubre, 2020



Aplicación de cal agrícola para bajar la saturación de aluminio del suelo. Predio del Sr. David Hoaquira . Asociación ASOPLE, Yapacani, Santa Cruz. Noviembre, 2020



Predio agropecuario establecido con pasto Cayman (*Brachiaria híbrido*). Este material tiene la ventaja de adecuarse y producir en suelos ácidos. Asociación ASOPLE, Yapacani, Santa Cruz, 2020



Vista área de pastizales en predios de la Asociación FEDEPLE: a) plantación de *Brachiaria brizantha* ubicada en el municipio de Pailón b) predio establecido con sorgo forrajero en el municipio de Montero, se advierte problemas de acumulación de sales; c) plantación de *Brachiaria decumbens* ubicada en el municipio de El Pailón con marcado sobrepastoreo. Santa Cruz, 2020.

Maíz forrajero



Alfalfa



Cosecha mecanizada de maíz forrajero y alfalfa en predios de la asociación FEDEPLET. Tarija, 2020

Alfalfa



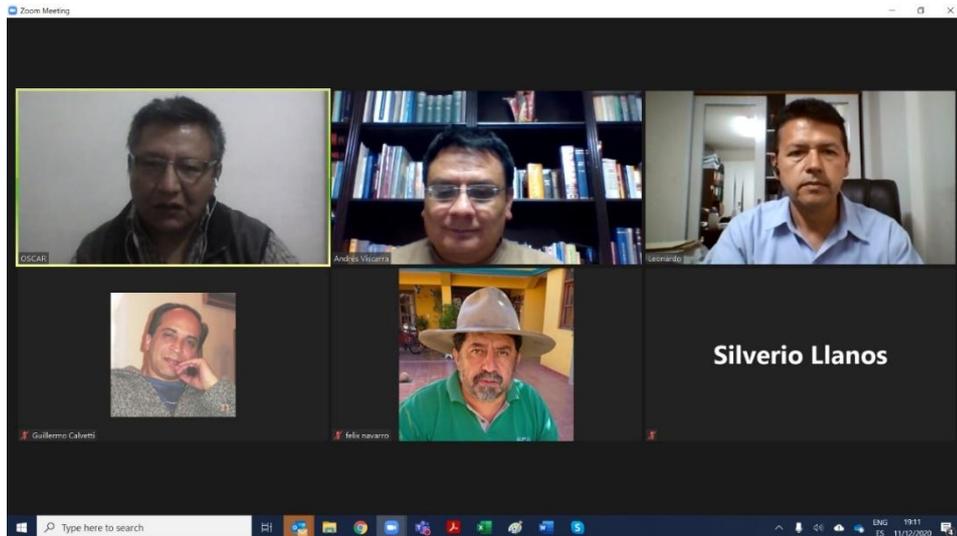
Maíz forrajero



Plantaciones de alfalfa y maíz forrajero en predios de la asociación APL. Cochabamba, 2020



Cosecha manual y traslado de forraje fresco para alimentación del ganado lechero. Cochabamba, 2020



Captura de pantalla de una de las varias reuniones de capacitación con los beneficiarios del proyecto. Noviembre, 2020

Figura 9. Secuencia de actividades desarrolladas durante el periodo de la consultoría. Se reflejan el grado de adopción de las capacitaciones impartidas e interés para mejorar la productividad de los pastos y forrajes., también está el estado de los pastos y forrajes según cada zona de producción.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bernal J. y Espinosa J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. International Plant Nutrition Institute (IPNI). 94p.

Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 157 p.

Campillo, R., Sadzawka, A., 2006. La acidificación de los suelos. Origen y mecanismos involucrados. En R. Campillo (ed.) Manejo de los recursos naturales en el sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados de la Araucanía. Serie Actas Nº 38. p. 44-60. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile.

Instituto nacional de Estadística (INE), 2015. Censo Agropecuario 2013. La paz Bolivia. 143 p

Ciampiti I. A. y García F. 2007. Requerimientos Nutricionales Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes secundarios II. Hortalizas, Frutales y Forrajeras. Archivo Agronómico No. 11. Informaciones Agronómicas No. 33. IPNI Cono Sur. Buenos Aires.

Enríquez, J.F., F. Meléndez, E.D. Bolaños & V.A. Esqueda. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Veracruz, México: Campo Experimental La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Espinosa, J y Molina, E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. Instituto de la Potasa y el Fosfato INPOFOS, Quito, Ecuador. 42 p

FAO 2018. Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia

García F., F. Micucci, G. Rubio, M. Rufo e I. Daverede. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana: Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. ISBN 987-20486-0-6. 73p.

Guaygua G. y Espinoza D. 2010. Muestreo de suelos e interpretación de resultados de laboratorio. Fundación CETABOL, Santa Cruz Bolivia. 12p.

Instituto de la Potasa y el Fosfato (INPOFOS). 1998. Manual internacional de fertilidad del suelo, 2ª ed. Piracicaba, POTAFOS. 177p.

León R., Bonifaz N. y Gutiérrez R. 2018. Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas. Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. 621p.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT). 2012. Compendio Agropecuario - Observatorio Agroambiental y Productivo. MDRyT-VDRA. La Paz, Bolivia. 488 p.

Molina E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. ACCS, San José, Costa Rica. 45 p.

Molina E. 2014 Acidez del suelo y uso de enmiendas Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica. 80p.

Peters M., Franco H., Schmidt A. y Hincapié B. 2011. Especies Forrajeras Multipropósito. Opciones para Productores del Trópico Americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali Colombia. 222p

Pezo, D; García, FJ. 2018. Uso eficiente de fertilizantes en pasturas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 55 p.

Raij, B. Van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (Ed.). 1997. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC. 285 p.

Salas, R. y Cabalceta, G. 2010. Manejo del Sistema Suelo-Pasto: partida para la producción de forrajes. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. pp 7.

Sánchez, P. 1981. Suelos del Trópico: características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura- IICA San José, Costa Rica. 645p.

SEFO SAM. 2013 El cultivo de Alfalfa en el Valle, Altiplano Subtrópico y áreas Chaqueñas de Bolivia. Tiquipaya Cochabamba Bolivia. 4p.

Sullivan, P. y Sharp, H. 2010. Assessing the pasture soil resource. NCAT, ATTRA, 8p.

Toneatti, M. y Rivera, N. 2005. Ensayos de Tolerancia al Aluminio de *Bromus stamineus* y *Bromus lithobius*, recolectados en el Sur de Chile. Universidad Católica de Temuco. Información Tecnológica Vol.17Nº1-2005. 8p.

Valencia G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador. 61 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Interpretación de los principales parámetros analizados en laboratorio: Asociación de Productores de Leche (ASOPLE) Santa Cruz

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO S: PH DEL SUELO

Departamento, municipio: Santa Cruz, Yapacani
 Localidad, empresa: Ichilo, ASOPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | pH | Interpretación | Fuert. ácido <5,2 | Mod. Ácido 5,2 - 5,9 | Suav. Ácido 5,9 - 6,5 | Neutro 6,5 - 7,0 | Suav. Alcalino 7,0 - 7,5 |
|-----|---|------|-------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1 | 285-Yapacani | 5,2 | Moderamente ácido | ██████████ | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 6,25 | Suavemente ácido | | | ████████████████████ | | |
| 3 | 287-Yapacani | 6,16 | Suavemente ácido | | | ██████████████████ | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolivar | 6,11 | Suavemente ácido | | | ██████████████████ | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolivar | 5,65 | Moderamente ácido | ██████████████ | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 5,98 | Suavemente ácido | | | ██████████████ | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 5,77 | Moderamente ácido | ██████████████ | | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 5,43 | Moderamente ácido | ██████████████ | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 5,64 | Moderamente ácido | ██████████████ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 5,45 | Moderamente ácido | ██████████████ | | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 5,4 | Moderamente ácido | ██████████████ | | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 5,43 | Moderamente ácido | ██████████████ | | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 6,17 | Suavemente ácido | | | ██████████████████ | | |
| 14 | 298-Yapacani | 6 | Suavemente ácido | | | ██████████████ | | |
| 15 | 299-Yapacani | 5,65 | Moderamente ácido | ██████████████ | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 6,25
 Mínimo 5,2
 Promedio 5,75
 Desviación estándar 0,34
 CV (%) 5,86

| Clasificación | | |
|---------------------|-----------|-------------|
| Fuertemente ácido | 0 | 0% |
| Moderamente ácido | 9 | 60% |
| Suavemente ácido | 6 | 40% |
| Neutro | 0 | 0% |
| Suavemente alcalino | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Departamento, municipio: Santa Cruz, Yapacani
 Localidad, empresa: Ichilo, ASOPLA
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | CE | Interpretación | No salino | Débilmente salino | Moderadamente salino | Fuertemente salino | Muy fuertemente salino |
|-----|---|-------|----------------|-----------|-------------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| 1 | 285-Yapacani | 15,43 | No salino | | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 21,70 | No salino | | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 13,13 | No salino | | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 15,28 | No salino | | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 18,01 | No salino | | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 16,17 | No salino | | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 20,40 | No salino | | | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 15,91 | No salino | | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 11,07 | No salino | | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 19,84 | No salino | | | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 27,20 | No salino | | | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 19,77 | No salino | | | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 20,50 | No salino | | | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 17,72 | No salino | | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 15,24 | No salino | | | | | |

Total muestras: 15
 Promedio 17,82 No salino
 Máximo 27,20 No salino
 Mínimo 11,07 No salino
 Desvest 3,94
 CV% 22,1

Clasificación

| | | |
|------------------------|-------------|------|
| No salino | 15 | 100% |
| Débilmente salino | 0 | 0% |
| Moderadamente salino | 0 | 0% |
| Fuertemente salino | 0 | 0% |
| Muy fuertemente salino | 0 | 0% |
| 15 | 100% | |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MATERIA ORGÁNICA

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPL**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | MO (%) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|--------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 1,74 | Bajo | | █ | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 2,56 | Moderado | | | █ | | |
| 3 | 287-Yapacani | 1,43 | Bajo | | █ | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolivar | 1,80 | Bajo | | █ | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolivar | 2,36 | Moderado | | | █ | | |
| 6 | 290-Yapacani | 1,92 | Bajo | | █ | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 2,39 | Moderado | | | █ | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 1,28 | Bajo | | █ | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 0,95 | Muy bajo | █ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 2,01 | Moderado | | | █ | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 2,02 | Moderado | | | █ | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 1,59 | Bajo | | █ | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 3,74 | Moderado | | | █ | | |
| 14 | 298-Yapacani | 1,67 | Bajo | | █ | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 1,652 | Bajo | | █ | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 3,74 Moderado
 Mínimo 0,95 Muy bajo
 Promedio 1,94 Bajo
 Desviación estándar 0,66
 CV (%) 33,82

| Clasificación | | |
|---------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 1 | 7% |
| Bajo | 8 | 53% |
| Moderado | 6 | 40% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: NITRÓGENO TOTAL

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPL**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | N Total (%) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|-------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 0,11 | Bajo | | █ | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 0,11 | Bajo | | █ | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 0,08 | Muy bajo | █ | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolivar | 0,09 | Muy bajo | █ | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolivar | 0,13 | Bajo | | █ | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 0,12 | Bajo | | █ | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 0,14 | Bajo | | █ | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 0,08 | Muy bajo | █ | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 0,07 | Muy bajo | █ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 0,13 | Bajo | | █ | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 0,12 | Bajo | | █ | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 0,10 | Bajo | | █ | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 0,10 | Muy bajo | █ | | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 0,10 | Bajo | | █ | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 0,11 | Bajo | | █ | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 0,14 Bajo
 Mínimo 0,073 Muy bajo
 Promedio 0,1 Bajo
 Desviación estándar 0,02
 CV (%) 19,17

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 5 | 33% |
| Bajo | 10 | 67% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: FÓSFORO

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPLÉ**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Fósforo (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|---------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 3,34 | Bajo | | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 3,83 | Bajo | | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 6,30 | Moderado | | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 4,09 | Bajo | | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 3,76 | Bajo | | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 3,37 | Bajo | | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 8,72 | Moderado | | | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 21,34 | Alto | | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 8,45 | Moderado | | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 6,53 | Moderado | | | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 17,62 | Alto | | | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 24,69 | Muy alto | | | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 11,72 | Moderado | | | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 5,41 | Bajo | | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 5,21 | Bajo | | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 24,7 Muy alto
 Mínimo 3,3 Bajo
 Promedio 9,0 Moderado
 Desviación estándar 6,88
 CV (%) 76,83

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 7 | 47% |
| Moderado | 5 | 33% |
| Alto | 2 | 13% |
| Muy alto | 1 | 7% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: AZUFRE

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPLÉ**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Azufre (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|--------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 2,19 | Muy bajo | █ | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 2,29 | Muy bajo | █ | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 2,52 | Muy bajo | █ | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 1,69 | Muy bajo | █ | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 2,17 | Muy bajo | █ | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 0,51 | Muy bajo | █ | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 2,71 | Muy bajo | █ | | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 1,47 | Muy bajo | █ | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 1,33 | Muy bajo | █ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 0,52 | Muy bajo | █ | | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 2,07 | Muy bajo | █ | | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 5,01 | Bajo | █ | █ | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 0,01 | Muy bajo | █ | | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 0,66 | Muy bajo | █ | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 3,54 | Muy bajo | █ | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 5,01 Bajo
 Mínimo 0,01 Muy bajo
 Promedio 1,9 Muy bajo
 Desviación estándar 1,29
 CV (%) 67,36

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 14 | 93% |
| Bajo | 1 | 7% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CALCIO

Departamento, municipio: Santa Cruz, Yapacani
 Localidad, empresa: Ichilo, ASOPLA
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | Calcio (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|------------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 0,87 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 1,38 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 1,50 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 1,48 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 1,07 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 1,18 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 2,11 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 1,18 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 0,73 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 2,50 | Bajo | ■ | ■ | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 1,49 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 1,06 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 1,02 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 0,55 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 0,67 | Muy bajo | ■ | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 2,5
 Mínimo 0,6
 Promedio 1,3
 Desviación estándar 0,53
 CV (%) 41,94

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 14 | 93% |
| Bajo | 1 | 7% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MAGNESIO

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPLÉ**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Magnesio (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|--------------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 0,14 | Muy bajo | █ | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 0,20 | Muy bajo | █ | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 0,21 | Muy bajo | █ | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 0,15 | Muy bajo | █ | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 0,21 | Muy bajo | █ | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 0,16 | Muy bajo | █ | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 0,50 | Bajo | █ | █ | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 0,39 | Muy bajo | █ | █ | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 0,14 | Muy bajo | █ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 0,62 | Bajo | █ | █ | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 0,55 | Bajo | █ | █ | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 0,31 | Muy bajo | █ | █ | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 0,35 | Muy bajo | █ | █ | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 0,11 | Muy bajo | █ | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 0,09 | Muy bajo | █ | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 0,6 Bajo
 Mínimo 0,1 Muy bajo
 Promedio 0,3 Muy bajo
 Desviación estándar 0,17
 CV (%) 61,86

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 12 | 80% |
| Bajo | 3 | 20% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: SODIO

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPL**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Na (cmol/kg) | Interpretación | <input type="checkbox"/> Muy bajo | <input type="checkbox"/> Bajo | <input type="checkbox"/> Moderado | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muy alto |
|-----|---|-----------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 285-Yapacani | 0,09 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 0,10 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 0,09 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolivar | 0,11 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolivar | 0,13 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 0,11 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 0,14 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 0,09 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 0,11 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 0,11 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 0,12 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 0,10 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 0,12 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 0,09 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 0,09 | Muy bajo | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 0,14 Muy bajo
 Mínimo 0,09 Muy bajo
 Promedio 0,11 Muy bajo
 Desviación estándar 0,02
 CV (%) 14,89

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 15 | 100% |
| Bajo | 0 | 0% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: POTASIO

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPL**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Azufre (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|--------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 0,15 | Muy bajo | █ | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 0,12 | Muy bajo | █ | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 0,17 | Muy bajo | █ | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolivar | 0,10 | Muy bajo | █ | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolivar | 0,17 | Muy bajo | █ | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 0,25 | Bajo | █ | █ | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 0,29 | Bajo | █ | █ | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 0,13 | Muy bajo | █ | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 0,08 | Muy bajo | █ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 0,36 | Bajo | █ | █ | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 0,30 | Bajo | █ | █ | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 0,16 | Muy bajo | █ | | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 0,26 | Bajo | █ | █ | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 0,09 | Muy bajo | █ | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 0,09 | Muy bajo | █ | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 0,36 Muy bajo
 Mínimo 0,08 Muy bajo
 Promedio 0,18 Muy bajo
 Desviación estándar 0,09
 CV (%) 48,97

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 10 | 67% |
| Bajo | 5 | 33% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO EFECTIVO

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPLE**
 Fecha: **Octubre, 2020**

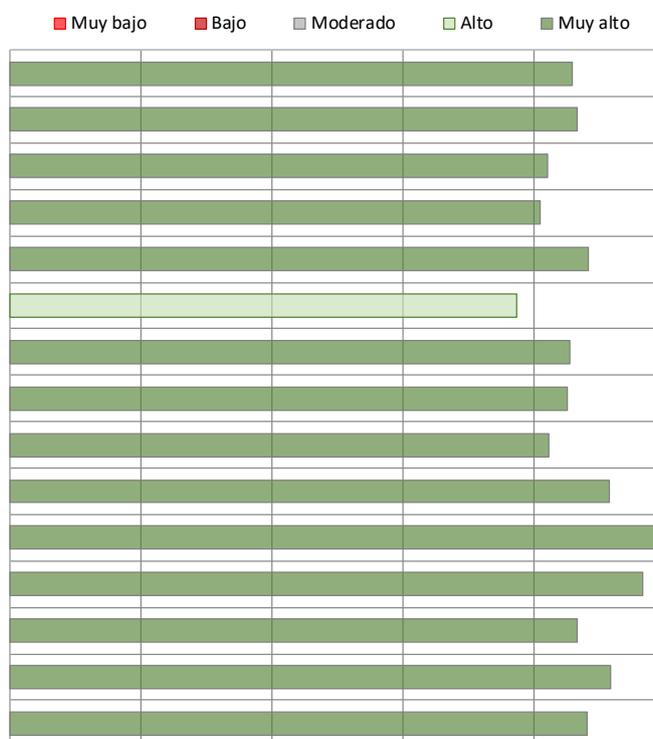
| Nro | Nombre | CICE (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 2,69 | Muy bajo | █ | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 3,00 | Muy bajo | █ | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 2,77 | Muy bajo | █ | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 2,83 | Muy bajo | █ | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 3,41 | Muy bajo | █ | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 2,90 | Muy bajo | █ | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 4,65 | Muy bajo | █ | | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 2,29 | Muy bajo | █ | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 2,09 | Muy bajo | █ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 5,38 | Muy bajo | █ | | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 3,53 | Muy bajo | █ | | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 3,00 | Muy bajo | █ | | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 4,80 | Muy bajo | █ | | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 2,43 | Muy bajo | █ | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 2,58 | Muy bajo | █ | | | | |

| | | | | | |
|---------------------|-------|----------|----------------------|-----------|-------------|
| Total muestras: | 15 | | Clasificación | | |
| Máximo | 5,4 | Muy bajo | Muy bajo | 15 | 100% |
| Mínimo | 2,1 | Muy bajo | Bajo | 0 | 0% |
| Promedio | 3,2 | Muy bajo | Moderado | 0 | 0% |
| Desviación estándar | 0,98 | | Alto | 0 | 0% |
| CV (%) | 30,29 | | Muy alto | 0 | 0% |
| | | | Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: HIERRO

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPLE**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Fe (ppm) | Interpretación |
|-----|---|----------|----------------|
| 1 | 285-Yapacani | 66,77 | Muy alto |
| 2 | 286-Yapacani | 71,41 | Muy alto |
| 3 | 287-Yapacani | 39,97 | Muy alto |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 31,08 | Muy alto |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 83,07 | Muy alto |
| 6 | 290-Yapacani | 22,47 | Alto |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 63,25 | Muy alto |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 61,41 | Muy alto |
| 9 | 293-Yapacani | 40,95 | Muy alto |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 106,6 | Muy alto |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 166,03 | Muy alto |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 142,21 | Muy alto |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 71,97 | Muy alto |
| 14 | 298-Yapacani | 107,89 | Muy alto |
| 15 | 299-Yapacani | 82,85 | Muy alto |



Total muestras: 19
 Máximo: 166,03 Muy alto
 Mínimo: 22,47 Alto
 Promedio: 77,2 Muy alto
 Desviación estándar: 40,02
 CV (%): 51,85

| Clasificación | | |
|-----------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 0 | 0% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 1 | 7% |
| Muy alto | 14 | 93% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MANGANESO

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPL**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Mn (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|----------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 9,88 | Moderado | | | ■ | | |
| 2 | 286-Yapacani | 9,6 | Moderado | | | ■ | | |
| 3 | 287-Yapacani | 14,68 | Alto | | | | ■ | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolivar | 27,8 | Muy alto | | | | | ■ |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolivar | 20,57 | Muy alto | | | | | ■ |
| 6 | 290-Yapacani | 27,15 | Muy alto | | | | | ■ |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 46,38 | Muy alto | | | | | ■ |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 8,89 | Moderado | | | ■ | | |
| 9 | 293-Yapacani | 3,75 | Bajo | ■ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 20,17 | Muy alto | | | | | ■ |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 17,24 | Muy alto | | | | | ■ |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 8,05 | Moderado | | | ■ | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 6,71 | Moderado | | | ■ | | |
| 14 | 298-Yapacani | 6,3 | Moderado | | | ■ | | |
| 15 | 299-Yapacani | 6,49 | Moderado | | | ■ | | |

Total muestras: 15
 Máximo 46,38 Muy alto
 Mínimo 3,75 Bajo
 Promedio 15,58 Muy alto
 Desviación estándar 11,46
 CV (%) 73,56

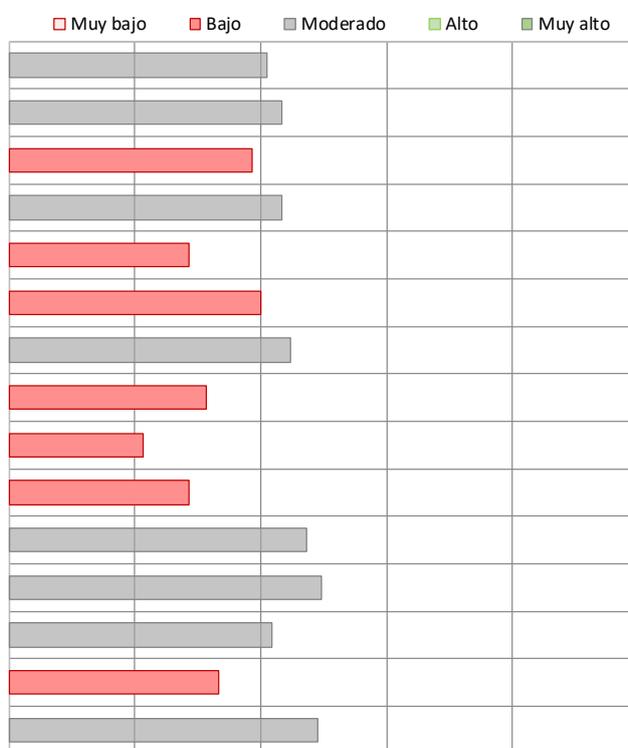
Clasificación

| | | |
|-----------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 1 | 7% |
| Moderado | 7 | 47% |
| Alto | 1 | 7% |
| Muy alto | 6 | 40% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: COBRE

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPLE**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Cu (ppm) | Interpretación |
|-----|---|----------|----------------|
| 1 | 285-Yapacani | 0,63 | Moderado |
| 2 | 286-Yapacani | 0,7 | Moderado |
| 3 | 287-Yapacani | 0,58 | Bajo |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolivar | 0,7 | Moderado |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolivar | 0,43 | Bajo |
| 6 | 290-Yapacani | 0,6 | Bajo |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 0,74 | Moderado |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 0,47 | Bajo |
| 9 | 293-Yapacani | 0,32 | Bajo |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 0,43 | Bajo |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 0,82 | Moderado |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 0,89 | Moderado |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 0,65 | Moderado |
| 14 | 298-Yapacani | 0,5 | Bajo |
| 15 | 299-Yapacani | 0,87 | Moderado |



Total muestras: 15
 Máximo: 0,89 Moderado
 Mínimo: 0,32 Bajo
 Promedio: 0,62 Moderado
 Desviación estándar: 0,17
 CV (%): 27,33

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 7 | 47% |
| Moderado | 8 | 53% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: ZINC

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPLE**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | Zinc (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 0,54 | Muy bajo | █ | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 0,83 | Bajo | | █ | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 0,98 | Bajo | | █ | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolivar | 0,93 | Bajo | | █ | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolivar | 0,53 | Muy bajo | █ | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 0,49 | Muy bajo | █ | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 1,58 | Moderado | | | █ | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 1,08 | Bajo | | █ | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 0,51 | Muy bajo | █ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 1 | Bajo | | █ | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 1,2 | Bajo | | █ | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 1,46 | Moderado | | | █ | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 1,22 | Moderado | | | █ | | |
| 14 | 298-Yapacani | 0,66 | Bajo | | █ | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 0,39 | Muy bajo | █ | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 1,58
 Mínimo 0,39
 Promedio 0,89
 Desviación estándar 0,37
 CV (%) 41,53

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 5 | 33% |
| Bajo | 7 | 47% |
| Moderado | 3 | 20% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: BORO

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPL**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Nombre | B (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|---|---------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 1 | 285-Yapacani | 0,12 | Muy bajo | █ | | | | |
| 2 | 286-Yapacani | 0,15 | Muy bajo | █ | | | | |
| 3 | 287-Yapacani | 0,08 | Muy bajo | █ | | | | |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 0,13 | Muy bajo | █ | | | | |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 0,16 | Muy bajo | █ | | | | |
| 6 | 290-Yapacani | 0,11 | Muy bajo | █ | | | | |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 0,14 | Muy bajo | █ | | | | |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 0,1 | Muy bajo | █ | | | | |
| 9 | 293-Yapacani | 0,12 | Muy bajo | █ | | | | |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 0,16 | Muy bajo | █ | | | | |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 0,17 | Muy bajo | █ | | | | |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 0,18 | Muy bajo | █ | | | | |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 0,26 | Bajo | █ | █ | | | |
| 14 | 298-Yapacani | 0,11 | Muy bajo | █ | | | | |
| 15 | 299-Yapacani | 0,11 | Muy bajo | █ | | | | |

Total muestras: 15
 Máximo 0,26 Bajo
 Mínimo 0,08 Muy bajo
 Promedio 0,14 Muy bajo
 Desviación estándar 0,04
 CV (%) 31,13

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 14 | 93% |
| Bajo | 1 | 7% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 15 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CONTENIDO DE ARENA LIMO Y ARCILLA

Departamento, municipio: **Santa Cruz, Yapacani**
 Localidad, empresa: **Ichilo, ASOPLE**
 Fecha: **Octubre, 2020**

| Nro | Productor | Arcilla | Limo | Arena | Total | Textura | |
|-----|---|---------|------|-------|-------|------------------------|-----|
| 1 | 285-Yapacani | 21% | 22% | 57% | 100% | Franco arcillo arenoso | FYA |
| 2 | 286-Yapacani | 21% | 19% | 60% | 100% | Franco arcillo arenoso | FYA |
| 3 | 287-Yapacani | 16% | 17% | 67% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 4 | 288-Yapacani / Zona Sur Bolívar | 16% | 15% | 69% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 5 | 289-Yapacani / Zona Norte Bolívar | 16% | 17% | 67% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 6 | 290-Yapacani | 13% | 22% | 65% | 100% | Franco arenoso | PA |
| 7 | 291-Yapacani / Zona Norte Chore | 16% | 24% | 60% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 8 | 292-Yapacani / Zona Sur Chore | 16% | 6% | 78% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 9 | 293-Yapacani | 13% | 7% | 80% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 10 | 294-Yapacani / El Palmar Zona Norte | 16% | 34% | 49,6% | 100% | Franco | F |
| 11 | 295-Yapacani / El Palmar Zona Sur | 18% | 19% | 63% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 12 | 296-Yapacani / El Palmar Honorina Chileno | 18% | 12% | 69% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 13 | 297-Yapacani / San Germán Zona Norte | 21% | 34% | 45% | 100% | Franco | F |
| 14 | 298-Yapacani | 16% | 10% | 74% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 15 | 299-Yapacani | 18% | 20% | 61% | 100% | Franco arenoso | FA |

| | | | |
|------------------------|-----|----|-------|
| Franco arcillo arenoso | FYA | 2 | 13,3% |
| Franco arenoso | FA | 11 | 73,3% |
| Franco | F | 2 | 13,3% |
| Total | | 15 | 100% |

Anexo 2. Interpretación de los principales parámetros evaluados en laboratorio: Federación de Productores de Leche Santa Cruz (FEDEPLE)

FEDERACIÓN DE PRODUCTORES DE LECHE (FEDEPLE SANTA CRUZ)

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO S: PH DEL SUELO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre productor | PH | Interpretación | Fuert. ácido <5,2 | Mod. Ácido 5,2 - 5,9 | Suav. Ácido 5,9 - 6,5 | Neutro 6,5 - 7,0 | Suav. Alcalino 7,0 - 7,5 |
|-----|------------------|------|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 320 | Fernando Moreno | 7,03 | Suavemente alcalino | | | | | |
| 321 | Andres Moreno | 6,64 | Neutro | | | | | |
| 322 | Beto Suarez | 7,4 | Suavemente alcalino | | | | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 7,24 | Suavemente alcalino | | | | | |
| 324 | Pascal Henz | 7,48 | Suavemente alcalino | | | | | |
| 325 | Johan Frerking | 6,86 | Neutro | | | | | |
| 326 | Rainar Frerking | 6,76 | Neutro | | | | | |
| 327 | Buster Vaca | 7 | Neutro | | | | | |
| 328 | Javier Velarde | 6,33 | Suavemente ácido | | | | | |
| 329 | Javier Velarde | 6,79 | Neutro | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 7,48 Suavemente alcalino
 Mínimo 6,33 Suavemente ácido
 Promedio 6,95 Neutro
 Desviación estándar 0,35
 CV (%) 5,09

Clasificación

| | | |
|---------------------|-----------|-------------|
| Fuertemente ácido | 0 | 0% |
| Moderadamente ácido | 0 | 0% |
| Suavemente ácido | 1 | 10% |
| Neutro | 5 | 50% |
| Suavemente alcalino | 4 | 40% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | CE | Interpretación | No salino | Débilmente salino | Moderadamente salino | Fuertemente salino | Muy fuertemente salino |
|-----|-----------------|--------|----------------|-----------|-------------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| 320 | Fernando Moreno | 31,10 | No salino | ■ | | | | |
| 321 | Andres Moreno | 45,90 | No salino | ■ | | | | |
| 322 | Beto Suarez | 124,40 | No salino | ■ | | | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 44,90 | No salino | ■ | | | | |
| 324 | Pascal Henz | 60,00 | No salino | ■ | | | | |
| 325 | Johan Frerking | 87,80 | No salino | ■ | | | | |
| 326 | Rainar Frerking | 84,50 | No salino | ■ | | | | |
| 327 | Buster Vaca | 29,10 | No salino | ■ | | | | |
| 328 | Javier Velarde | 66,20 | No salino | ■ | | | | |
| 329 | Javier Velarde | 46,60 | No salino | ■ | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Promedio 62,05 No salino
 Máximo 124,40 No salino
 Mínimo 29,10 No salino
 Desvest 29,65
 CV% 47,8

Clasificación

| | | |
|------------------------|-----------|-------------|
| No salino | 10 | 100% |
| Débilmente salino | 0 | 0% |
| Moderadamente salino | 0 | 0% |
| Fuertemente salino | 0 | 0% |
| Muy fuertemente salino | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MATERIA ORGÁNICA

Departamento, municipio:

Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa

Localidad, empresa:

FEDEPLE

Fecha:

Octubre, 2020

| Nro | Nombre | MO (%) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|--------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 1,683 | Bajo | | ■ | | | |
| 321 | Andres Moreno | 2,436 | Moderado | | | ■ | | |
| 322 | Beto Suarez | 3,286 | Moderado | | | ■ | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 1,217 | Bajo | | ■ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 0,979 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 325 | Johan Frerking | 3,342 | Moderado | | | ■ | | |
| 326 | Rainar Frerking | 3,568 | Moderado | | | ■ | | |
| 327 | Buster Vaca | 1,836 | Bajo | | ■ | | | |
| 328 | Javier Velarde | 1,52 | Bajo | | ■ | | | |
| 329 | Javier Velarde | 3,492 | Moderado | | | ■ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 3,57 Moderado
 Mínimo 0,98 Muy bajo
 Promedio 2,34 Moderado
 Desviación estándar 1,01
 CV (%) 43,32

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 1 | 10% |
| Bajo | 4 | 40% |
| Moderado | 5 | 50% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: NITRÓGENO TOTAL

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | N total (%) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|-------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 0,11 | Bajo | | ■ | | | |
| 321 | Andres Moreno | 0,14 | Moderado | | | ■ | | |
| 322 | Beto Suarez | 0,18 | Moderado | | | ■ | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 0,09 | Bajo | | ■ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 0,08 | Bajo | | ■ | | | |
| 325 | Johan Frerking | 0,19 | Moderado | | | ■ | | |
| 326 | Rainar Frerking | 0,18 | Moderado | | | ■ | | |
| 327 | Buster Vaca | 0,11 | Bajo | | ■ | | | |
| 328 | Javier Velarde | 0,09 | Bajo | | ■ | | | |
| 329 | Javier Velarde | 0,20 | Moderado | | | ■ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 0,196
 Mínimo 0,079
 Promedio 0,136
 Desviación estándar 0,05
 CV (%) 33,42

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 5 | 50% |
| Moderado | 5 | 50% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: FÓSFORO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | P (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|---------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 9,58 | Moderado | | | █ | | |
| 321 | Andres Moreno | 4,25 | Bajo | | █ | | | |
| 322 | Beto Suarez | 9,56 | Moderado | | | █ | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 9,63 | Moderado | | | █ | | |
| 324 | Pascal Henz | 2,97 | Muy bajo | █ | | | | |
| 325 | Johan Frerking | 43,14 | Muy alto | | | | | █ |
| 326 | Rainar Frerking | 44,04 | Muy alto | | | | | █ |
| 327 | Buster Vaca | 7,09 | Moderado | | | █ | | |
| 328 | Javier Velarde | 40,10 | Muy alto | | | | | █ |
| 329 | Javier Velarde | 19,29 | Alto | | | | █ | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 44,0
 Mínimo 2,97
 Promedio 19,0
 Desviación estándar 16,79
 CV (%) 88,53

Muy alto
 Muy bajo
 Alto

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 1 | 10% |
| Bajo | 1 | 10% |
| Moderado | 4 | 40% |
| Alto | 1 | 10% |
| Muy alto | 3 | 30% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: AZUFRE

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | S (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|---------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 1,41 | Muy bajo | █ | | | | |
| 321 | Andres Moreno | 1,95 | Muy bajo | █ | | | | |
| 322 | Beto Suarez | 6,50 | Bajo | | █ | | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 7,77 | Bajo | | █ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 7,20 | Bajo | | █ | | | |
| 325 | Johan Frerking | 9,21 | Moderado | | | █ | | |
| 326 | Rainar Frerking | 8,47 | Moderado | | | █ | | |
| 327 | Buster Vaca | 4,71 | Bajo | | █ | | | |
| 328 | Javier Velarde | 3,79 | Muy bajo | █ | | | | |
| 329 | Javier Velarde | 7,30 | Bajo | | █ | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 9,21 Moderado
 Mínimo 1,41 Muy bajo
 Promedio 5,8 Bajo
 Desviación estándar 2,72
 CV (%) 46,67

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 3 | 30% |
| Bajo | 5 | 50% |
| Moderado | 2 | 20% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CALCIO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | Ca (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|-----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 4,52 | Bajo | | █ | | | |
| 321 | Andres Moreno | 9,40 | Alto | | | | █ | |
| 322 | Beto Suarez | 13,44 | Muy alto | | | | | █ |
| 323 | Rene Ferrifino | 5,23 | Moderado | | | █ | | |
| 324 | Pascal Henz | 5,48 | Moderado | | | █ | | |
| 325 | Johan Frerking | 5,86 | Moderado | | | █ | | |
| 326 | Rainar Frerking | 5,95 | Moderado | | | █ | | |
| 327 | Buster Vaca | 5,50 | Moderado | | | █ | | |
| 328 | Javier Velarde | 2,27 | Muy bajo | █ | | | | |
| 329 | Javier Velarde | 7,79 | Moderado | | | █ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 13,4 Muy alto
 Mínimo 2,3 Muy bajo
 Promedio 6,5 Moderado
 Desviación estándar 3,06
 CV (%) 46,79

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 1 | 10% |
| Bajo | 1 | 10% |
| Moderado | 6 | 60% |
| Alto | 1 | 10% |
| Muy alto | 1 | 10% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MAGNESIO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | Mg (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|-----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 0,43 | Bajo | | ■ | | | |
| 321 | Andres Moreno | 1,99 | Alto | | | | ■ | |
| 322 | Beto Suarez | 0,94 | Moderado | | | ■ | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 0,80 | Bajo | | ■ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 0,86 | Moderado | | | ■ | | |
| 325 | Johan Frerking | 1,60 | Alto | | | | ■ | |
| 326 | Rainar Frerking | 1,61 | Alto | | | | ■ | |
| 327 | Buster Vaca | 1,28 | Moderado | | | ■ | | |
| 328 | Javier Velarde | 0,74 | Bajo | | ■ | | | |
| 329 | Javier Velarde | 2,63 | Muy alto | | | | | ■ |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 2,6
 Mínimo 0,4
 Promedio 1,3
 Desviación estándar 0,67
 CV (%) 52,23

Muy alto
 Bajo
 Moderado

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 3 | 30% |
| Moderado | 3 | 30% |
| Alto | 3 | 30% |
| Muy alto | 1 | 10% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: SODIO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | Na (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|-----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 0,21 | Bajo | | █ | | | |
| 321 | Andres Moreno | 0,26 | Bajo | | █ | | | |
| 322 | Beto Suarez | 0,29 | Bajo | | █ | | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 0,29 | Bajo | | █ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 0,37 | Bajo | | █ | | | |
| 325 | Johan Frerking | 0,33 | Bajo | | █ | | | |
| 326 | Rainar Frerking | 0,31 | Bajo | | █ | | | |
| 327 | Buster Vaca | 0,21 | Bajo | | █ | | | |
| 328 | Javier Velarde | 0,19 | Muy bajo | █ | | | | |
| 329 | Javier Velarde | 0,30 | Bajo | | █ | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 0,37 Bajo
 Mínimo 0,19 Muy bajo
 Promedio 0,28 Bajo
 Desviación estándar 0,06
 CV (%) 21,00

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 1 | 10% |
| Bajo | 9 | 90% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: POTASIO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | K (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 0,15 | Muy bajo | █ | | | | |
| 321 | Andres Moreno | 0,32 | Bajo | | █ | | | |
| 322 | Beto Suarez | 0,28 | Bajo | | █ | | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 0,26 | Bajo | | █ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 0,19 | Muy bajo | █ | | | | |
| 325 | Johan Frerking | 0,71 | Alto | | | | █ | |
| 326 | Rainar Frerking | 0,77 | Alto | | | | █ | |
| 327 | Buster Vaca | 0,26 | Bajo | | █ | | | |
| 328 | Javier Velarde | 0,30 | Bajo | | █ | | | |
| 329 | Javier Velarde | 0,59 | Moderado | | | █ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 0,77 Alto
 Mínimo 0,15 Muy bajo
 Promedio 0,38 Bajo
 Desviación estándar 0,22
 CV (%) 57,91

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 2 | 20% |
| Bajo | 5 | 50% |
| Moderado | 1 | 10% |
| Alto | 2 | 20% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNIC EFECTIVO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | CICE (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 5,33 | Muy bajo | █ | | | | |
| 321 | Andres Moreno | 11,99 | Bajo | | █ | | | |
| 322 | Beto Suarez | 15,03 | Moderado | | | █ | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 6,59 | Bajo | | █ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 6,91 | Bajo | | █ | | | |
| 325 | Johan Frerking | 8,51 | Bajo | | █ | | | |
| 326 | Rainar Frerking | 8,67 | Bajo | | █ | | | |
| 327 | Buster Vaca | 7,26 | Bajo | | █ | | | |
| 328 | Javier Velarde | 3,53 | Muy bajo | █ | | | | |
| 329 | Javier Velarde | 11,33 | Bajo | | █ | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | |
|---------------------|-------|----------|----------------------|----|------|
| Total muestras: | 10 | | Clasificación | | |
| Máximo | 15,0 | Moderado | Muy bajo | 2 | 20% |
| Mínimo | 3,5 | Muy bajo | Bajo | 7 | 70% |
| Promedio | 8,5 | Bajo | Moderado | 1 | 10% |
| Desviación estándar | 3,42 | | Alto | 0 | 0% |
| CV (%) | 40,17 | | Muy alto | 0 | 0% |
| | | | Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: SATURACIÓN DE ACIDEZ

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | SA (%) | Interpretación | ■ Óptimo | ■ Acidez moderada | ■ Acidez alta | ■ Acidez muy alta |
|-----|-----------------|--------|----------------|----------|-------------------|---------------|-------------------|
| 320 | Fernando Moreno | 0,38 | Óptimo | █ | | | |
| 321 | Andres Moreno | 0,17 | Óptimo | █ | | | |
| 322 | Beto Suarez | 0,53 | Óptimo | █ | | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 0,15 | Óptimo | █ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 0,14 | Óptimo | █ | | | |
| 325 | Johan Frerking | 0,12 | Óptimo | █ | | | |
| 326 | Rainar Frerking | 0,35 | Óptimo | █ | | | |
| 327 | Buster Vaca | 0,14 | Óptimo | █ | | | |
| 328 | Javier Velarde | 0,85 | Óptimo | █ | | | |
| 329 | Javier Velarde | 0,18 | Óptimo | █ | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Total muestras: 19
 Máximo 0,8 Óptimo
 Mínimo 0,1 Óptimo
 Promedio 0,3 Óptimo
 Desviación estándar 0,24
 CV (%) 78,83

Clasificación

| | | |
|-----------------|-----------|-------------|
| Óptimo | 10 | 100% |
| Acidez moderada | 0 | 0% |
| Acidez alta | 0 | 0% |
| Acidez muy alta | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: HIERRO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | Fe (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|----------|----------------|----------|------------|----------|------------------|----------------------|
| 320 | Fernando Moreno | 56,8 | Muy alto | | | | | ████████████████████ |
| 321 | Andres Moreno | 35,9 | Alto | | | | ████████████████ | |
| 322 | Beto Suarez | 37,6 | Alto | | | | ████████████████ | |
| 323 | Rene Ferrufino | 10,9 | Bajo | | ██████████ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 5,8 | Muy bajo | ██████ | | | | |
| 325 | Johan Frerking | 38,7 | Alto | | | | ████████████████ | |
| 326 | Rainar Frerking | 35,9 | Alto | | | | ████████████████ | |
| 327 | Buster Vaca | 32,5 | Alto | | | | ████████████████ | |
| 328 | Javier Velarde | 114,31 | Muy alto | | | | | ████████████████████ |
| 329 | Javier Velarde | 46,2 | Muy alto | | | | | ████████████████████ |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 114,31 Muy alto
 Mínimo 5,81 Muy bajo
 Promedio 41,5 Alto
 Desviación estándar 29,69
 CV (%) 71,63

| Clasificación | |
|---------------|----------------|
| Muy bajo | 1 10% |
| Bajo | 1 10% |
| Moderado | 0 0% |
| Alto | 5 50% |
| Muy alto | 3 30% |
| Total | 10 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: COBRE

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | Cu (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|----------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 0,54 | Bajo | | ■ | | | |
| 321 | Andres Moreno | 0,55 | Bajo | | ■ | | | |
| 322 | Beto Suarez | 0,46 | Bajo | | ■ | | | |
| 323 | Rene Ferrifino | 0,27 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 324 | Pascal Henz | 0,24 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 325 | Johan Frerking | 0,95 | Moderado | | | ■ | | |
| 326 | Rainar Frerking | 0,86 | Moderado | | | ■ | | |
| 327 | Buster Vaca | 0,58 | Bajo | | ■ | | | |
| 328 | Javier Velarde | 0,59 | Bajo | | ■ | | | |
| 329 | Javier Velarde | 0,78 | Moderado | | | ■ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 0,95 Moderado
 Mínimo 0,24 Muy bajo
 Promedio 0,58 Bajo
 Desviación estándar 0,23
 CV (%) 39,84

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 2 | 20% |
| Bajo | 5 | 50% |
| Moderado | 3 | 30% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: ZINC

Departamento, municipio:

Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa

Localidad, empresa:

FEDEPLE

Fecha:

Octubre, 2020

| Nro | Nombre | Zn (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|----------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 2,70 | Alto | | | | █ | |
| 321 | Andres Moreno | 1,90 | Moderado | | | █ | | |
| 322 | Beto Suarez | 2,60 | Alto | | | | █ | |
| 323 | Rene Ferrifino | 3,00 | Alto | | | | █ | |
| 324 | Pascal Henz | 2,10 | Moderado | | | █ | | |
| 325 | Johan Frerking | 2,10 | Moderado | | | █ | | |
| 326 | Rainar Frerking | 2,60 | Alto | | | | █ | |
| 327 | Buster Vaca | 3,10 | Muy alto | | | | | █ |
| 328 | Javier Velarde | 2,30 | Alto | | | | █ | |
| 329 | Javier Velarde | 2,50 | Alto | | | | █ | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 3,1
 Mínimo 1,9
 Promedio 2,49
 Desviación estándar 0,39
 CV (%) 15,78

Muy alto
 Moderado
 Alto

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 0 | 0% |
| Moderado | 3 | 30% |
| Alto | 6 | 60% |
| Muy alto | 1 | 10% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: BORO

Departamento, municipio: Santa Cruz; Portachuelo, Cotoca, Warnes y Okinawa
 Localidad, empresa: FEDEPLE
 Fecha: Octubre, 2020

| Nro | Nombre | B (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|-----------------|---------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 320 | Fernando Moreno | 0,29 | Bajo | | ■ | | | |
| 321 | Andres Moreno | 0,31 | Bajo | | ■ | | | |
| 322 | Beto Suarez | 0,40 | Bajo | | ■ | | | |
| 323 | Rene Ferrufino | 0,30 | Bajo | | ■ | | | |
| 324 | Pascal Henz | 0,28 | Bajo | | ■ | | | |
| 325 | Johan Frerking | 0,71 | Moderado | | | ■ | | |
| 326 | Rainar Frerking | 0,44 | Moderado | | | ■ | | |
| 327 | Buster Vaca | 0,19 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 328 | Javier Velarde | 0,09 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 329 | Javier Velarde | 0,39 | Bajo | | ■ | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 10
 Máximo 0,71
 Mínimo 0,09
 Promedio 0,34
 Desviación estándar 0,17
 CV (%) 48,69

Moderado
 Muy bajo
 Bajo

Clasificación

| | | |
|--------------|-----------|-------------|
| Muy bajo | 2 | 20% |
| Bajo | 6 | 60% |
| Moderado | 2 | 20% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 10 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CONTENIDO DE ARENA LIMO Y ARCILLA

Departamento, municipio: Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya
 Localidad, empresa: FEDEPLET
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Productor | Arcilla | Limo | Arena | Total | Textura | |
|-----|-----------------|---------|------|-------|-------|----------------|----|
| 320 | Fernando Moreno | 14% | 15% | 70% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 321 | Andrés Moreno | 22% | 40% | 39% | 100% | Franco | F |
| 322 | Beto Suarez | 14% | 33% | 53% | 100% | Franco | FF |
| 323 | Rene Ferrufino | 17% | 7% | 76% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 324 | Pascal Henz | 17% | 10% | 74% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 325 | Johan Frerking | 17% | 28% | 55% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 326 | Rainar Frerking | 17% | 29% | 54% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 327 | Buster Vaca | 14% | 15% | 71% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 328 | Javier Velarde | 17% | 1% | 82% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 329 | Javier Velarde | 17% | 47% | 36% | 100% | Franco | F |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | | | |
|----------------|----|----|------|
| Franco arenoso | FA | 7 | 70% |
| Franco | F | 3 | 30% |
| Total | | 10 | 100% |

Anexo 3. Interpretación de los principales parámetros evaluados en laboratorio: Federación de Productores de Leche Tarija (FEDEPLET)

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO S: PH DEL SUELO

Departamento, municipio: Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya
 Localidad, empresa: FEDEPLET
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre productor | PH | Interpretación | Fuert. ácido <5,2 | Mod. Ácido 5,2 - 5,9 | Suav. Ácido 5,9 - 6,5 | Neutro 6,5 - 7,0 | Suav. Alcalino 7,0 - 7,5 | Mod. Alcalino 7,5 - 8,0 |
|-----|--------------------|------|------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 314 | Jaime Luján | 7,90 | Moderadamente alcalino | | | | | | |
| 315 | Jaime Luján | 7,90 | Moderadamente alcalino | | | | | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 7,65 | Moderadamente alcalino | | | | | | |
| 317 | Leonardo Barrón | 7,83 | Moderadamente alcalino | | | | | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 7,05 | Suavemente alcalino | | | | | | |
| 330 | CETHA San José | 6,63 | Neutro | | | | | | |
| 331 | Hernan Farfán | 7,50 | Suavemente alcalino | | | | | | |
| 334 | Roye Campero | 6,91 | Neutro | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 7,9 Moderadamente alcalino
 Mínimo 6,63 Neutro
 Promedio 7,42 Suavemente alcalino
 Desviación estándar 0,49
 CV (%) 6,66

Clasificación

| | | |
|------------------------|----------|-------------|
| Fuertemente ácido | 0 | 0% |
| Moderadamente ácido | 0 | 0% |
| Suavemente ácido | 0 | 0% |
| Neutro | 2 | 50% |
| Suavemente alcalino | 2 | 50% |
| Moderadamente alcalino | 4 | 100% |
| Total | 4 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | CE | Interpretación | No salino | Débilmente salino | Moderadamente salino | Fuertemente salino | Muy fuertemente salino |
|-----|--------------------|--------|----------------|-----------|-------------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| 314 | Jaime Luján | 54,00 | No salino | ■ | | | | |
| 315 | Jaime Luján | 23,50 | No salino | ■ | | | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 179,10 | No salino | ■ | | | | |
| 317 | Leonardo Barrón | 169,90 | No salino | ■ | | | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 81,70 | No salino | ■ | | | | |
| 330 | CETHA San José | 75,80 | No salino | ■ | | | | |
| 331 | Hernan Farfán | 119,20 | No salino | ■ | | | | |
| 334 | Roye Campero | 62,30 | No salino | ■ | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------|--------|-----------|------------------------|----------|-------------|
| Total muestras: | 8 | | Clasificación | | |
| Promedio | 95,69 | No salino | No salino | 8 | 100% |
| Máximo | 179,10 | No salino | Débilmente salino | 0 | 0% |
| Mínimo | 23,50 | No salino | Moderadamente salino | 0 | 0% |
| Desvest | 55,64 | | Fuertemente salino | 0 | 0% |
| CV% | 58,2 | | Muy fuertemente salino | 0 | 0% |
| | | | | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MATERIA ORGÁNICA

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | MO (%) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|--------|----------------|------------|------|----------------------|----------------------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 3,853 | Moderado | | | ████████████████████ | | |
| 315 | Jaime Luján | 2,752 | Moderado | | | ████████████████ | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 2,726 | Moderado | | | ████████████████ | | |
| 317 | Leonardo Barrón | 1,387 | Bajo | ██████████ | | | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 2,452 | Moderado | | | ████████████████ | | |
| 330 | CETHA San José | 1,836 | Bajo | ██████████ | | | | |
| 331 | Hernan Farfán | 0,722 | Muy bajo | ██████ | | | | |
| 334 | Roye Campero | 4,191 | Alto | | | | ████████████████████ | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 4,19 Alto
 Mínimo 0,72 Muy bajo
 Promedio 2,49 Moderado
 Desviación estándar 1,17
 CV (%) 47,15

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 1 | 13% |
| Bajo | 2 | 25% |
| Moderado | 4 | 50% |
| Alto | 1 | 13% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: NITRÓGENO TOTAL

Departamento, municipio:

Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya

Localidad, empresa:

FEDEPLET

Fecha:

Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | N total (%) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|-------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 0,22 | Alto | | | | █ | |
| 315 | Jaime Luján | 0,18 | Moderado | | | █ | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 0,16 | Moderado | | | █ | | |
| 317 | Leonardo Barrón | 0,10 | Bajo | | █ | | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 0,14 | Moderado | | | █ | | |
| 330 | CETHA San José | 0,16 | Moderado | | | █ | | |
| 331 | Hernan Farfán | 0,07 | Bajo | | █ | | | |
| 334 | Roye Campero | 0,24 | Alto | | | | █ | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | |
|---------------------|-------|----------|
| Total muestras: | 8 | |
| Máximo | 0,24 | Alto |
| Mínimo | 0,072 | Bajo |
| Promedio | 0,157 | Moderado |
| Desviación estándar | 0,06 | |
| CV (%) | 35,70 | |

| | | |
|----------------------|----------|-------------|
| Clasificación | | |
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 2 | 25% |
| Moderado | 4 | 50% |
| Alto | 2 | 25% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: AZUFRE

Departamento, municipio:

Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya

Localidad, empresa:

FEDEPLET

Fecha:

Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | S (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|---------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 5,66 | Bajo | | ■ | | | |
| 315 | Jaime Luján | 2,03 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 17,23 | Alto | | | | ■ | |
| 317 | Leonardo Barrón | 9,24 | Moderado | | | ■ | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 5,57 | Bajo | | ■ | | | |
| 330 | CETHA San José | 12,06 | Moderado | | | ■ | | |
| 331 | Hernan Farfán | 8,88 | Moderado | | | ■ | | |
| 334 | Roye Campero | 11,90 | Moderado | | | ■ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 17,23 Alto
 Mínimo 2,03 Muy bajo
 Promedio 9,1 Moderado
 Desviación estándar 4,74
 CV (%) 52,21

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 1 | 13% |
| Bajo | 2 | 25% |
| Moderado | 4 | 50% |
| Alto | 1 | 13% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CALCIO

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

Departamento, municipio: **Tarija** Localidad, empresa: **FEDEPLET** Fecha: **Nov., 2020**

| Nro | Nombre | Ca (cmol/kg) | Interpretación | |
|-----|--------------------|-----------------|----------------|--|
| 314 | Jaime Luján | 13,49 | Muy alto | |
| 315 | Jaime Luján | 9,59 | Alto | |
| 316 | Leonardo Barrón | 28,86 | Muy alto | |
| 317 | Leonardo Barrón | 32,47 | Muy alto | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 7,31 | Moderado | |
| 330 | CETHA San José | 10,64 | Alto | |
| 331 | Hernan Farfán | 11,34 | Alto | |
| 334 | Roye Campero | 12,49 | Muy alto | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 32,5 Muy alto
 Mínimo 7,3 Moderado
 Promedio 15,8 Muy alto
 Desviación estándar 9,43
 CV (%) 59,76

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 0 | 0% |
| Moderado | 1 | 13% |
| Alto | 3 | 38% |
| Muy alto | 4 | 50% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MAGNESIO

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | Mg (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|-----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 1,75 | Alto | | | | ■ | |
| 315 | Jaime Luján | 1,96 | Alto | | | | ■ | |
| 316 | Leonardo Barrón | 4,60 | Muy alto | | | | | ■ |
| 317 | Leonardo Barrón | 3,33 | Muy alto | | | | | ■ |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 2,21 | Muy alto | | | | | ■ |
| 330 | CETHA San José | 6,60 | Muy alto | | | | | ■ |
| 331 | Hernan Farfán | 3,05 | Muy alto | | | | | ■ |
| 334 | Roye Campero | 5,24 | Muy alto | | | | | ■ |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 6,6 Muy alto
 Mínimo 1,8 Muy alto
 Promedio 3,6 Muy alto
 Desviación estándar 1,74
 CV (%) 48,34

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 0 | 0% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 2 | 25% |
| Muy alto | 6 | 75% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: POTASIO

Departamento, municipio:

Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya

Localidad, empresa:

FEDEPLET

Fecha:

Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | K (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|-------------|----------------|----------|------|----------------------|------------------------------|--|
| 314 | Jaime Luján | 0,67 | Moderado | | | ████████████████████ | | |
| 315 | Jaime Luján | 0,43 | Moderado | | | ████████████████ | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 1,25 | Muy alto | | | | | ██ |
| 317 | Leonardo Barrón | 0,91 | Alto | | | | ████████████████████████████ | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 0,59 | Moderado | | | ████████████████████ | | |
| 330 | CETHA San José | 0,58 | Moderado | | | ████████████████████ | | |
| 331 | Hernan Farfán | 0,50 | Moderado | | | ████████████████ | | |
| 334 | Roye Campero | 0,99 | Alto | | | | ████████████████████████████ | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | |
|---------------------|-------|----------|
| Total muestras: | 8 | |
| Máximo | 1,25 | Muy alto |
| Mínimo | 0,43 | Moderado |
| Promedio | 0,74 | Alto |
| Desviación estándar | 0,28 | |
| CV (%) | 38,16 | |

| | | |
|----------------------|----------|-------------|
| Clasificación | | |
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 0 | 0% |
| Moderado | 5 | 63% |
| Alto | 2 | 25% |
| Muy alto | 1 | 13% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: SODIO

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | Na (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|-----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 0,31 | Bajo | | ■ | | | |
| 315 | Jaime Luján | 0,20 | Bajo | | ■ | | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 0,46 | Moderado | | | ■ | | |
| 317 | Leonardo Barrón | 0,50 | Moderado | | | ■ | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 0,25 | Bajo | | ■ | | | |
| 330 | CETHA San José | 0,23 | Bajo | | ■ | | | |
| 331 | Hernan Farfán | 0,58 | Moderado | | | ■ | | |
| 334 | Roye Campero | 0,34 | Bajo | | ■ | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 0,58 Moderado
 Mínimo 0,20 Bajo
 Promedio 0,36 Bajo
 Desviación estándar 0,14
 CV (%) 38,78

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 5 | 63% |
| Moderado | 3 | 38% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO EFECTIVO

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | CICE (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|----------------|----------------|------------|------|------------|------------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 16,25 | Moderado | | | ██████████ | | |
| 315 | Jaime Luján | 12,19 | Moderado | | | ██████████ | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 35,24 | Alto | | | | ██████████ | |
| 317 | Leonardo Barrón | 37,29 | Alto | | | | ██████████ | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 10,39 | Bajo | ██████████ | | | | |
| 330 | CETHA San José | 18,08 | Moderado | | | ██████████ | | |
| 331 | Hernan Farfán | 15,50 | Moderado | | | ██████████ | | |
| 334 | Roye Campero | 19,08 | Moderado | | | ██████████ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 37,3 Alto
 Mínimo 10,4 Bajo
 Promedio 20,5 Moderado
 Desviación estándar 10,15
 CV (%) 49,51

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 1 | 13% |
| Moderado | 5 | 63% |
| Alto | 2 | 25% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: HIERRO

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | Fe(ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|---------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 15,8 | Bajo | | ■ | | | |
| 315 | Jaime Luján | 42,6 | Alto | | | | ■ | |
| 316 | Leonardo Barrón | 0,9 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 317 | Leonardo Barrón | 0,2 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 6,8 | Muy bajo | ■ | | | | |
| 330 | CETHA San José | 9,1 | Bajo | | ■ | | | |
| 331 | Hernan Farfán | 13,4 | Bajo | | ■ | | | |
| 334 | Roye Campero | 3,2 | Muy bajo | ■ | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 42,64 Alto
 Mínimo 0,17 Muy bajo
 Promedio 11,5 Bajo
 Desviación estándar 13,78
 CV (%) 119,81

| Clasificación | |
|---------------|---------------|
| Muy bajo | 4 50% |
| Bajo | 3 38% |
| Moderado | 0 0% |
| Alto | 1 13% |
| Muy alto | 0 0% |
| Total | 8 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: COBRE

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | Cu (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|----------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 0,29 | Muy bajo | █ | | | | |
| 315 | Jaime Luján | 0,65 | Moderado | | | █ | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 0,07 | Muy bajo | █ | | | | |
| 317 | Leonardo Barrón | 0,03 | Muy bajo | █ | | | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 0,41 | Bajo | | █ | | | |
| 330 | CETHA San José | 0,45 | Bajo | | █ | | | |
| 331 | Hernan Farfán | 0,45 | Bajo | | █ | | | |
| 334 | Roye Campero | 0,98 | Moderado | | | █ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | |
|---------------------|-------|----------|----------------------|----------|-------------|
| Total muestras: | 8 | | Clasificación | | |
| Máximo | 0,98 | Moderado | Muy bajo | 3 | 38% |
| Mínimo | 0,03 | Muy bajo | Bajo | 3 | 38% |
| Promedio | 0,42 | Bajo | Moderado | 2 | 25% |
| Desviación estándar | 0,31 | | Alto | 0 | 0% |
| CV (%) | 73,76 | | Muy alto | 0 | 0% |
| | | | Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: ZINC

Departamento, municipio:

Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya

Localidad, empresa:

FEDEPLET

Fecha:

Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | Zn (ppm) | Interpretación | <input type="checkbox"/> Muy bajo <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Muy alto |
|-----|--------------------|----------|----------------|---|
| 314 | Jaime Luján | 4,15 | Muy alto | |
| 315 | Jaime Luján | 3,05 | Muy alto | |
| 316 | Leonardo Barrón | 0,94 | Bajo | |
| 317 | Leonardo Barrón | 0,14 | Muy bajo | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 1,55 | Moderado | |
| 330 | CETHA San José | 0,52 | Muy bajo | |
| 331 | Hernan Farfán | 0,32 | Muy bajo | |
| 334 | Roye Campero | 1,40 | Moderado | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | |
|---------------------|-------|----------|
| Total muestras: | 8 | |
| Máximo | 4,15 | Muy alto |
| Mínimo | 0,14 | Muy bajo |
| Promedio | 1,51 | Moderado |
| Desviación estándar | 1,41 | |
| CV (%) | 93,58 | |

| Clasificación | | |
|---------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 3 | 38% |
| Bajo | 1 | 13% |
| Moderado | 2 | 25% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 2 | 25% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: BORO

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | Zn (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|--------------------|----------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 314 | Jaime Luján | 0,45 | Moderado | | | ■ | | |
| 315 | Jaime Luján | 0,28 | Bajo | ■ | | | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 1,14 | Muy alto | | | | | ■ |
| 317 | Leonardo Barrón | 0,92 | Alto | | | | ■ | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 0,8 | Moderado | | | ■ | | |
| 330 | CETHA San José | 0,5 | Moderado | | | ■ | | |
| 331 | Hernan Farfán | 0,67 | Moderado | | | ■ | | |
| 334 | Roye Campero | 0,75 | Moderado | | | ■ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 1,14
 Mínimo 0,28
 Promedio 0,69
 Desviación estándar 0,28
 CV (%) 40

Muy alto
 Bajo
 Moderado

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 1 | 13% |
| Moderado | 5 | 63% |
| Alto | 1 | 13% |
| Muy alto | 1 | 13% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Nombre | PSI (%) | Interpretación | No sódico | Ligeramente sódico | Moderadamente sódico | Fuertemente sódico | Extremadamente sódico |
|-----|--------------------|---------|----------------|---|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|
| 314 | Jaime Luján | 1,91 | No sódico |  | | | | |
| 315 | Jaime Luján | 1,64 | No sódico |  | | | | |
| 316 | Leonardo Barrón | 1,31 | No sódico |  | | | | |
| 317 | Leonardo Barrón | 1,34 | No sódico |  | | | | |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 2,41 | No sódico |  | | | | |
| 330 | CETHA San José | 1,27 | No sódico |  | | | | |
| 331 | Hernan Farfán | 3,74 | No sódico |  | | | | |
| 334 | Roye Campero | 1,78 | No sódico |  | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 8
 Máximo 3,74 No sódico
 Mínimo 1,27 No sódico
 Promedio 1,92 No sódico
 Desviación estándar 0,83
 CV (%) 42,96

Clasificación

| | | |
|-----------------------|----------|-------------|
| No sódico | 8 | 100% |
| Ligeramente sódico | 0 | 0% |
| Moderadamente sódico | 0 | 0% |
| Fuertemente sódico | 0 | 0% |
| Extremadamente sódico | 0 | 0% |
| Total | 8 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CONTENIDO DE ARENA LIMO Y ARCILLA

Departamento, municipio: **Tarija; Tarija, Uriondo y Padcaya**
 Localidad, empresa: **FEDEPLET**
 Fecha: **Noviembre, 2020**

| Nro | Productor | Arcilla | Limo | Arena | Total | Textura | |
|-----|--------------------|---------|------|-------|-------|-----------------------|-----|
| 314 | Jaime Luján | 19% | 64% | 17% | 100% | Franco limoso | FL |
| 315 | Jaime Luján | 22% | 63% | 15% | 100% | Franco limoso | FL |
| 316 | Leonardo Barrón | 24% | 50% | 25% | 100% | Franco | F |
| 317 | Leonardo Barrón | 22% | 39% | 40% | 100% | Franco | F |
| 318 | Luis Leigue Mealla | 19% | 23% | 58% | 100% | Franco arenoso | FA |
| 330 | CETHA San José | 30% | 65% | 5% | 100% | Franco arcillo limoso | FYL |
| 331 | Hernan Farfán | 27% | 29% | 44% | 100% | Franco | F |
| 334 | Roye Campero | 25% | 32% | 42% | 100% | Franco | F |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | | | |
|-----------------------|-----|---|-------|
| Franco limoso | FL | 2 | 25,0% |
| Franco | F | 4 | 50,0% |
| Franco arcillo limoso | FYL | 1 | 12,5% |
| Franco arenoso | FA | 1 | 12,5% |
| Total | | 8 | 100% |

Anexo 4. Interpretación de los principales parámetros evaluados en laboratorio: Asociación de Productores de Leche (APL) Cochabamba

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO S: PH DEL SUELO

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre productor | PH | Clasificación | Fuert. ácido <5,2 | Mod. Ácido 5,2 - 5,9 | Suav. Ácido 5,9 - 6,5 | Neutro 6,5 - 7,0 | Suav. Alcalino 7,0 - 7,5 | Mod. Alcalino 7,5 - 8,0 | Fuert. Alcalino > 8,0 |
|-----|------------------|------|------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 344 | Camacho Rancho | 8,27 | Fuertemente alcalino | | | | | | | |
| 345 | Charamoco | 7,09 | Suavemente alcalino | | | | | | | |
| 346 | Maica Norte | 7,17 | Suavemente alcalino | | | | | | | |
| 347 | Albarancho | 7,79 | Moderadamente alcalino | | | | | | | |
| 348 | Maica Sud | 8,23 | Fuertemente alcalino | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Total muestras: 5
 Máximo 8,3 Fuertemente alcalino
 Mínimo 7,1 Suavemente alcalino
 Promedio 7,71 Moderadamente alcalino
 Desv. estándar 0,56
 CV (%) 7,30

| Clasificación | | |
|------------------------|----------|-------------|
| Fuertemente ácido | 0 | 0% |
| Moderadamente ácido | 0 | 0% |
| Suavemente ácido | 0 | 0% |
| Neutro | 0 | 0% |
| Suavemente alcalino | 2 | 40% |
| Moderadamente alcalino | 1 | 20% |
| Fuertemente alcalino | 2 | 40% |
| Total | 5 | 100% |



RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MATERIA ORGÁNICA

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | MO (%) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|----------------|--------|----------------|------------|------|------------|------------|----------|
| 344 | Camacho Rancho | 2,934 | Moderado | | | ██████████ | | |
| 345 | Charamoco | 1,208 | Bajo | ██████████ | | | | |
| 346 | Maica Norte | 1,86 | Bajo | ██████████ | | | | |
| 347 | Albarancho | 4,066 | Alto | | | | ██████████ | |
| 348 | Maica Sud | 2,288 | Moderado | | | ██████████ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 5
 Máximo 4,07 Alto
 Mínimo 1,21 Bajo
 Promedio 2,47 Moderado
 Desviación estándar 1,09
 CV (%) 44,15

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 2 | 40% |
| Moderado | 2 | 40% |
| Alto | 1 | 20% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 5 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: AZUFRE

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | S (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|----------------|---------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 344 | Camacho Rancho | 55,07 | Muy alto | | | | | █ |
| 345 | Charamoco | 10,39 | Moderado | | | █ | | |
| 346 | Maica Norte | 81,46 | Muy alto | | | | | █ |
| 347 | Albarancho | 150,41 | Muy alto | | | | | █ |
| 348 | Maica Sud | 19,59 | Alto | | | | █ | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | |
|---------------------|--------|----------|
| Total muestras: | 5 | |
| Máximo | 150,41 | Muy alto |
| Mínimo | 10,39 | Moderado |
| Promedio | 63,4 | Muy alto |
| Desviación estándar | 56,34 | |
| CV (%) | 88,88 | |

| | | |
|----------------------|----------|-------------|
| Clasificación | | |
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 0 | 0% |
| Moderado | 1 | 20% |
| Alto | 1 | 20% |
| Muy alto | 3 | 60% |
| Total | 5 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: MAGNESIO

Departamento, municipio:

Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota

Localidad, empresa:

APL

Fecha:

Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | Mg (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|----------------|-----------------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 344 | Camacho Rancho | 6,10 | Muy alto | | | | | █ |
| 345 | Charamoco | 1,70 | Alto | | | | █ | |
| 346 | Maica Norte | 6,44 | Muy alto | | | | | █ |
| 347 | Albarancho | 4,86 | Muy alto | | | | | █ |
| 348 | Maica Sud | 7,16 | Muy alto | | | | | █ |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 5
Máximo 7,2 Muy alto
Mínimo 1,7 Muy alto
Promedio 5,3 Muy alto
Desviación estándar 2,15
CV (%) 40,99

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 0 | 0% |
| Moderado | 0 | 0% |
| Alto | 1 | 20% |
| Muy alto | 4 | 80% |
| Total | 5 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO EFECTIVO

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | CICE (cmol/kg) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|----------------|-------------------|----------------|----------|------------|----------------------|------|----------|
| 344 | Camacho Rancho | 22,25 | Moderado | | | ████████████████████ | | |
| 345 | Charamoco | 7,92 | Bajo | | ██████████ | | | |
| 346 | Maica Norte | 20,26 | Moderado | | | ████████████████████ | | |
| 347 | Albarancho | 20,73 | Moderado | | | ████████████████████ | | |
| 348 | Maica Sud | 24,11 | Moderado | | | ████████████████████ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 5
 Máximo 24,1 Moderado
 Mínimo 7,9 Bajo
 Promedio 19,1 Moderado
 Desviación estándar 6,40
 CV (%) 33,61

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 1 | 20% |
| Moderado | 4 | 80% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 5 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: HIERRO

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | Fe (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|----------------|----------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 344 | Camacho Rancho | 36,3 | Alto | | | | █ | |
| 345 | Charamoco | 22,6 | Moderado | | | █ | | |
| 346 | Maica Norte | 23,5 | Moderado | | | █ | | |
| 347 | Albarancho | 16,8 | Bajo | | █ | | | |
| 348 | Maica Sud | 7,3 | Muy bajo | █ | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 5
 Máximo 36,33 Alto
 Mínimo 7,26 Muy bajo
 Promedio 21,3 Moderado
 Desviación estándar 10,60
 CV (%) 49,84

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 1 | 20% |
| Bajo | 1 | 20% |
| Moderado | 2 | 40% |
| Alto | 1 | 20% |
| Muy alto | 0 | 0% |
| Total | 5 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: ZINC

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | Zn (ppm) | Interpretación | □ Muy bajo | ■ Bajo | ■ Moderado | ■ Alto | ■ Muy alto |
|-----|----------------|----------|----------------|------------|--------|------------|--------|------------|
| 344 | Camacho Rancho | 1,07 | Bajo | | ■ | | | |
| 345 | Charamoco | 0,83 | Bajo | | ■ | | | |
| 346 | Maica Norte | 2,11 | Moderado | | | ■ | | |
| 347 | Albarancho | 3,63 | Muy alto | | | | ■ | |
| 348 | Maica Sud | 1,51 | Moderado | | | ■ | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 5
 Máximo 3,63
 Mínimo 0,83
 Promedio 1,83
 Desviación estándar 1,12
 CV (%) 61,08

Muy alto
 Bajo
 Moderado

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 2 | 40% |
| Moderado | 2 | 40% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 1 | 20% |
| Total | 5 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: BORO

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | Zn (ppm) | Interpretación | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|-----|----------------|----------|----------------|----------|------|----------|------|----------|
| 344 | Camacho Rancho | 1,32 | Muy alto | | | | | █ |
| 345 | Charamoco | 0,29 | Bajo | █ | | | | |
| 346 | Maica Norte | 0,62 | Moderado | | | █ | | |
| 347 | Albarancho | 1,95 | Muy alto | | | | | █ |
| 348 | Maica Sud | 2,05 | Muy alto | | | | | █ |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 5
 Máximo 2,05
 Mínimo 0,29
 Promedio 1,25
 Desviación estándar 0,78
 CV (%) 63

Muy alto
 Bajo
 Muy alto

Clasificación

| | | |
|--------------|----------|-------------|
| Muy bajo | 0 | 0% |
| Bajo | 1 | 20% |
| Moderado | 1 | 20% |
| Alto | 0 | 0% |
| Muy alto | 3 | 60% |
| Total | 5 | 100% |

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Nombre | PSI (%) | Interpretación | No sódico | Ligeramente sódico | Moderadamente sódico | Fuertemente sódico | Extremadamente sódico |
|-----|----------------|---------|----------------------|-----------|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|
| 344 | Camacho Rancho | 18,20 | Moderadamente sódico | | | | | |
| 345 | Charamoco | 3,91 | No sódico | | | | | |
| 346 | Maica Norte | 4,24 | No sódico | | | | | |
| 347 | Albarancho | 22,24 | Fuertemente sódico | | | | | |
| 348 | Maica Sud | 10,12 | Ligeramente sódico | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Total muestras: 5
 Máximo 22,24 Fuertemente sódico
 Mínimo 3,91 No sódico
 Promedio 11,74 Ligeramente sódico
 Desviación estándar 8,25
 CV (%) 70,22

Clasificación
 No sódico 2 40%
 Ligeramente sódico 1 20%
 Moderadamente sódico 1 20%
 Fuertemente sódico 1 20%
 Extremadamente sódico 0 0%
 Total 5 100%

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS: CONTENIDO DE ARENA LIMO Y ARCILLA

Departamento, municipio: Cochabamba; Cochabamba, Punata y Capinota
 Localidad, empresa: APL
 Fecha: Noviembre, 2020

| Nro | Productor | Arcilla | Limo | Arena | Total | Textura | |
|-----|----------------|---------|------|-------|-------|-------------------------|-----|
| 344 | Camacho Rancho | 35% | 58% | 7% | 100% | Franco arcilloso limoso | FYL |
| 345 | Charamoco | 20% | 58% | 22% | 100% | Franco limoso | FL |
| 346 | Maica Norte | 20% | 58% | 22% | 100% | Franco limoso | FL |
| 347 | Albarancho | 20% | 69% | 11% | 100% | Franco limoso | FL |
| 348 | Maica Sud | 20% | 36% | 44% | 100% | Franco | F |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | | | |
|-----------------------|-----|---|------|
| Franco arcillo limoso | FYL | 1 | 20% |
| Franco limoso | FYL | 3 | 60% |
| Franco | F | 1 | 20% |
| Total | | 8 | 100% |

Anexo 5

GUIA DE CAPACITACIÓN ESTRATEGIAS DE NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE SUELOS Y FORRAJES



Oscar Colque Fuentes

Diciembre, 2020

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 4 |
| 3. ESTUDIO DE CASO: ANÁLISIS DE SUELOS NÚMERO 323-2020 | 4 |
| 3.1. Interpretación de análisis de suelos y formulación de un programa de fertilización..... | 6 |
| <i>a. Interpretar en que rango de clasificación se ubica los resultados del análisis 323-2020 ...</i> | <i>6</i> |
| <i>b. Calcular la cantidad de materia orgánica y nutrientes existentes en el suelo (kg/ha)</i> | <i>7</i> |
| <i>c. Determinar la cantidad de materia orgánica a incorporar para mejorar la fertilidad del suelo.....</i> | <i>11</i> |
| <i>d. Determinar la cantidad de nutrientes requeridos para un ciclo de producción</i> | <i>12</i> |
| <i>e. Estimar los datos de nutrientes (Kg) en formas presentes en los fertilizantes.....</i> | <i>13</i> |
| <i>f. Cantidad de fertilizante comercial requerido (kg/ha).....</i> | <i>14</i> |
| 3.2. Programa de fertilización y recomendaciones técnicas | 16 |
| 4. BIBLIOGRAFÍA | 18 |

Índice de Cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Resultados de análisis de suelos en laboratorio número 323-2020 | 5 |
| Cuadro 2. Extracción de nutrientes (kg/ha/año) de <i>B. brizantha</i> y eficiencia | 5 |
| Cuadro 3. Interpretación cualitativa de resultados de análisis de suelos (laboratorio 320-1120) según rango de clasificación de los parámetros analizados..... | 6 |
| Cuadro 4. Resumen de cantidad de nutrientes existentes en el suelo (kg/ha) a 20 cm de profundidad..... | 11 |
| Cuadro 5. Cantidad de materia orgánica a incorporar para mejorar la fertilidad del suelo | 11 |
| Cuadro 5. Relación entre requerimiento (13 t/ha) y suministro de nutrientes del suelo | 12 |
| Cuadro 7. Conversión de dosis de elemento puro a formas presentes en fertilizantes | 13 |
| Cuadro 8. Criterios para desarrollar el cálculo de fertilizantes..... | 14 |
| Cuadro 9. Cantidad de fertilizantes requeridos por ha/año, muestra 323-2020..... | 15 |
| Cuadro 10. Requerimiento de nutrientes para un rendimiento medio de 13 t MS/ha <i>B. brizantha</i> | 16 |
| Cuadro 11. Programa de aplicación de enmiendas y fertilizantes para un rendimiento proyectado de 13 t MS/ha/año de <i>Brachiaria brizantha</i> | 17 |

ESTRATEGIAS PARA APLICAR RECOMENDACIONES TÉCNICAS DE NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE SUELOS Y FORRAJES

1. Introducción

Conocer la fertilidad de un suelo agrícola permite planificar y tomar decisiones respecto a su mantención, corrección o mejoramiento para la obtención de buenas cosechas. Contrariamente, desconocer o no precisar en qué tipo de suelo se cultiva una especie puede derivar en un manejo inadecuado, pérdida gradual de la fertilidad y agotamiento de nutrientes del suelo, por efecto de las sucesivas cosechas, así como por falta de reposición, mantención o corrección de los mismos.

La presente guía de capacitación se elaboró como una estrategia para aplicar recomendaciones técnicas de nutrición y fertilización en suelos y cultivos forrajeros. Se presenta como una herramienta de consulta para técnicos y productores dedicados al asesoramiento y producción de pastos y forrajes.

2. Metodología

Las estrategias para aplicar recomendaciones técnicas fueron organizadas en actividades encaminadas a la obtención de incrementos en el rendimiento de pastos y forrajes.

Sobre la base de un reporte de análisis de suelos, información sobre extracción de nutrientes (kg/ha/año) de *Brachiaria brizantha*, eficiencia de nutrientes y rendimiento proyectado, se efectuó la interpretación integral de un análisis de suelos y se formuló las recomendaciones técnicas respectivas.

3. Estudio de caso: análisis de suelos número 323-2020

Un productor dedicado a la producción de forraje y ganadería lechera en la Provincia Andrés Babiáñez – Santa Cruz tiene proyectado producir 13 toneladas de materia seca de pasto *B. brizantha* para la gestión 2021. Para aplicar correctamente la cantidad de enmiendas y fertilizantes requeridos por el cultivo envió una muestra compuesta de suelo a laboratorio para su respectivo análisis; para iniciar el estudio de caso se cuenta con un reporte reciente de laboratorio (Cuadro 1), datos de extracción de nutrientes por tonelada de materia seca y la eficiencia de nutrientes (Cuadro 2) para los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio.

Cuadro 1. Resultados de análisis de suelos en laboratorio número 323-2020

| Parámetros | Unidad | Resultados |
|--------------------------------------|----------|------------|
| pH-H ₂ O (1:5) | | 7,24 |
| Conductividad eléctrica; 1:5 (CE) | umho/cm | 44,9 |
| Materia orgánica total | % | 1,22 |
| Nitrógeno total | % | 0,094 |
| Fósforo (P) | mg/kg | 9,63 |
| Azufre (S) | mg/kg | 7,77 |
| Potasio (K) | cmol/kg | 0,26 |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | 5,23 |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | 0,80 |
| Sodio (Na) | cmol/kg | 0,29 |
| Acidez intercambiable (H+Al) | meq/100g | 0,00 |
| Aluminio (Al) | meq/100g | 0,01 |
| Cap. Inter. catiónico efectivo (CIC) | cmol/kg | 5,59 |
| Hierro (Fe) | mg/kg | 10,87 |
| Manganeso (Mn) | mg/kg | 14,30 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 0,86 |
| Cobre (Cu) | mg/kg | 0,27 |
| Boro (B) | mg/kg | 0,30 |
| Limo | % | 7,40 |
| Arcilla | % | 16,8 |
| Arena | % | 75,81 |
| Textura | | FA |

Fuente: Elaboración propia, 2020

Cuadro 2. Extracción de nutrientes (kg/ha/año) de *B. brizantha* y eficiencia

| Nutriente | Extracción (kg/t/año) | Requerimiento para 13 t MS/ha/año | Eficiencia de nutrientes |
|-----------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Nitrógeno | 11,7 | 151,6 | 50% |
| Fósforo | 2 | 25,9 | 35% |
| Potasio | 17,6 | 229,1 | 60% |
| Azufre | 2 | 26 | 60% |
| Calcio | 3 | 39 | 70% |
| Magnesio | 2 | 26 | 70% |

Fuente: Elaborado en base a referencias de Van Raij, 1998, Valencia 1998

Con los resultados de laboratorio, extracción de nutrientes y rendimiento proyectado de 13 t MS/ha/año desarrollar paso a paso lo siguientes enunciados:

- Interpretar en que rango de clasificación se ubica los resultados del análisis 323-1120
- Calcular la cantidad de materia orgánica y nutrientes existentes en el suelo (kg/ha)
- Cuantificar la cantidad de materia orgánica a incorporar para mejorar la fertilidad del suelo
- Determinar la cantidad de nutrientes requeridos para un ciclo de producción (kg/ha)

- e. Estimar los datos de nutrientes (Kg/ha) en formas de óxido presentes en los fertilizantes
- f. Cantidad de fertilizante comercial requerido (kg/ha y qq/ha)

3.1. Interpretación de análisis de suelos y formulación de un programa de fertilización

- a. Interpretar en que rango de clasificación se ubica los resultados del análisis 323-2020

Utilizando el Cuadro 3 de rangos de interpretación cualitativa de los parámetros de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y nitrógeno total, macronutrientes, acidez y aluminio intercambiable y micronutrientes, se interpretó los resultados del análisis 320-2020.

Cuadro 3. Interpretación cualitativa de resultados de análisis de suelos (laboratorio 320-1120) según rango de clasificación de los parámetros analizados

| Parámetro | Resultado | Parámetro | Unidad | Resultado |
|---------------------------|-----------|-----------------------------------|---------|-------------|
| pH-H ₂ O (1:5) | 7,24 | Conductividad eléctrica; 1:5 (CE) | umho/cm | 44,9 |
| Interpretación | Rango | Interpretación | | Rango |
| Fuertemente ácido | <5,2 | No salino | | < 330 |
| Moderadamente ácido | 5,2 - 5,9 | Débilmente salino | | 330 - 570 |
| Suavemente ácido | 5,9 - 6,5 | Moderadamente salino | | 571 - 1060 |
| Neutro | 6,5 - 7,0 | Fuertemente salino | | 1061 - 2040 |
| Suavemente alcalino | 7,0 - 7,5 | Muy fuertemente salino | | > 2040 |
| Moderadamente alcalino | 7,5 - 8,0 | | | |
| Fuertemente a Alcalino | > 8,0 | | | |

| Parámetro | Unidad | Resultado | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy alto |
|------------------------------|----------|-----------|----------|------------|------------|------------|----------|
| Materia orgánica | % | 1,22 | < 1,2 | 1,2-2,4 | 2,4 - 4,2 | 4,2 - 6,0 | > 6,0 |
| Nitrógeno total | % | 0,094 | < 0,06 | 0,06-0,12 | 0,12-0,22 | 0,22-0,30 | > 0,30 |
| Fósforo (P) | mg/kg | 9,63 | < 5 | 5-10 | 10-18 | 18-25 | > 25 |
| Azufre (S) | mg/kg | 7,77 | < 4 | 4-8 | 8-14 | 14-20 | > 20 |
| Potasio (K) | cmol/kg | 0,26 | < 0,20 | 0,20-0,40 | 0,40-0,70 | 0,71-1,0 | > 1 |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | 5,23 | < 2,39 | 2,39-4,79 | 4,80-8,38 | 8,39-11,98 | > 11,98 |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | 0,80 | < 0,4 | 0,40-0,80 | 0,81-1,40 | 1,41-2,0 | > 2,0 |
| Sodio (Na) | cmol/kg | 0,29 | < 0,20 | 0,20-0,40 | 0,41-0,70 | 0,71-1,0 | > 1,0 |
| Acidez intercambiable (H+Al) | meq/100g | 0,00 | <0,12 | 0,12 -0,30 | 0,30 -0,60 | 0,6 - 1,2 | > 1,2 |
| Aluminio (Al) | meq/100g | 0,01 | <0,1 | 0,10 -0,25 | 0,25 -0,50 | 0,5 - 1 | > 1 |
| CIC efectivo | meq/100g | 5,59 | <6 | 6-12 | 12-25 | 25-45 | > 45 |
| Hierro (Fe) | mg/kg | 10,87 | < 9 | 9-18 | 18-32 | 33-45 | > 45 |
| Manganeso (Mn) | mg/kg | 14,30 | < 3 | 3-6 | 6-12 | 12-15 | > 15 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 0,86 | < 0,6 | 0,6-1,2 | 1,2-2,1 | 2,2-3 | > 3 |
| Cobre (Cu) | mg/kg | 0,27 | < 0,3 | 0,3-0,6 | 0,6-1,1 | 1,2-1,5 | > 1,5 |
| Boro (B) | mg/kg | 0,30 | < 0,2 | 0,2-0,4 | 0,4-0,7 | 0,8-1,0 | > 1,0 |

Nota: Las celdas resaltadas con el tono rojo oscuro refleja el rango en la que se ubican los resultados.

La muestra 323-2020 registró un pH suavemente alcalino y conductividad eléctrica no salino, sin problemas de acidez ni exceso de sales. El análisis evidenció contenidos bajos de materia orgánica, potasio, nitrógeno, fósforo, azufre y magnesio, el calcio se cuantificó como moderado. A excepción del manganeso, que presentó contenido alto, los micronutrientes hierro, zinc y boro presentaron contenidos bajos, solo el elemento cobre se categorizó en el rango muy bajo. Según análisis físico se clasificó como un suelo de textura franco arenoso.

Con esta primera aproximación sobre el estado de la fertilidad del suelo se deduce que este suelo cultivado con pasto *B. brizantha* requerirá adicionar materia orgánica y nutrientes requeridos por el cultivo y que se encuentran en bajas cantidades.

- b. Calcular la cantidad de materia orgánica y nutrientes existentes en el suelo (kg/ha)

El cálculo de materia orgánica y nutrientes existentes en el suelo (kg/ha) se efectuó considerando una profundidad de 0,20 m y una densidad aparente de 1 g/cm³. El procedimiento para el cálculo se efectuó paso a paso, utilizando la regla de tres simple, para que el usuario pueda comprender, entrenar y aplicar en forma práctica.

Información general

| | |
|--|-----------|
| Profundidad de muestreo (m) | 0,20 |
| Peso capa arable (kg/ha) | 2.000.000 |
| Densidad aparente (g/cm ³) | 1 |

Cálculo de materia orgánica (MO)

| | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Materia orgánica (%) | 1,22 |
| Peso de MO en capa arable del suelo | |
| En 100 kg -----> | 1,22 Kg de MO |
| En 2.000.000 kg -----> | X Kg de MO |

$$\text{Dónde: } X = \frac{2.000.000 \text{ kg} \times 1,22 \text{ Kg de MO}}{100 \text{ kg}}$$

$$X = 24.400 \text{ Kg de MO/ha}$$

$$\mathbf{X = 24,4 t de MO/ha}$$

Cálculo de nitrógeno (N)

| | |
|--|----------------------------------|
| N-total (%) | 0,094 |
| Peso de N total en capa arable del suelo | |
| 100 kg -----> | 0,094 Kg de N total |
| 2.000.000 kg -----> | X Kg de N total |
| | X = 1880 Kg/ha de N total |

La mineralización de la materia orgánica del suelo varía desde 0,5 a 2,0 % de climas fríos a cálidos.

N disponible = Kg de N total x tasa de mineralización

N disponible = 1880 Kg de N total x 0,02

N disponible = **37,6 Kg/ha**

Cálculo de fósforo (P)

Fósforo (mg/kg) 9,63

Peso de P total en capa arable del suelo

| | | | |
|--------------|--------|----------|---------|
| 1 kg | -----> | 9,63 | mg de P |
| 100 kg | -----> | 0,000963 | Kg de P |
| 2.000.000 kg | -----> | X | Kg de P |

X = **19,26 Kg de P/ha**

Cálculo de Azufre (S)

Azufre (mg/kg) 7,77

Peso de S total en capa arable del suelo

| | | | |
|--------------|--------|---------|---------|
| 1 kg | -----> | 7,77 | mg de S |
| 100 kg | -----> | 0,00077 | Kg de S |
| 2.000.000 kg | -----> | X | Kg de S |

X = **15,54 Kg de S /ha**

Cálculo de potasio

Potasio (cmol/kg) 0,26

1 cmol/kg de K = 390 mg/kg

Peso de K total en capa arable del suelo

| | | | |
|-------------------|--------|-----|------------|
| 1 cmol/kg de K | -----> | 390 | mg/kg de K |
| 0,26 cmol/kg de K | -----> | X | mg/kg de K |

X = 101,4 mg/kg de K

| | | | |
|---------------|--------|-----------|-------------|
| 101,4 kg de K | -----> | 1.000.000 | Kg de suelo |
|---------------|--------|-----------|-------------|

| | | | |
|-----------|--------|-----------|-------------|
| X Kg de K | -----< | 2.000.000 | Kg de suelo |
|-----------|--------|-----------|-------------|

X = **202,8 kg de K/ha**

Cálculo de Calcio

Calcio (cmol/kg) 5,23

1 cmol/kg de Ca = 200 mg/kg

Peso de Ca total en capa arable del suelo

| | | | |
|--------------------|--------|-----------|-------------------------|
| 1 cmol/kg de Ca | -----> | 200 | mg/kg de Ca |
| 5,23 cmol/kg de Ca | -----> | X | mg/kg de Ca |
| | | X = | 1046 mg/kg de Ca |
| 1046 kg de Ca | -----> | 1.000.000 | Kg de suelo |
| X Kg de Ca | -----< | 2.000.000 | Kg de suelo |
| | | X = | 2092 kg de Ca/ha |

Cálculo de magnesio

Magnesio (cmol/kg) 0,80

1 cmol/kg de Mg = 120 mg/kg

Peso de Mg total en capa arable del suelo

| | | | |
|-------------------|--------|-----------|------------------------|
| 1 cmol/kg de Mg | -----> | 120 | mg/kg de Mg |
| 0,80cmol/kg de Mg | -----> | X | mg/kg de Mg |
| | | X = | 96 mg/kg de Mg |
| 96 kg de Mg | -----> | 1.000.000 | Kg de suelo |
| X Kg de Mg | -----< | 2.000.000 | Kg de suelo |
| | | X = | 192 kg de Mg/ha |

Cálculo de Hierro (Fe)

Hierro (mg/kg) 10,87

Peso de Fe total en capa arable del suelo

| | | | |
|--------------|--------|------------|---------------------------|
| 1 kg | -----> | 10,87 | mg de Fe |
| 100 kg | -----> | 0,00001087 | Kg de Fe |
| 2.000.000 kg | -----> | X | Kg de Fe |
| | | 0,00005675 | X = |
| | | | 21,74 Kg de Fe /ha |

Cálculo de Manganeso (Mn)

| | | | |
|---|--------|-----------|---------------------------|
| Manganeso (mg/kg) | | 14,30 | |
| Peso de Mn total en capa arable del suelo | | | |
| 1 kg | -----> | 14,3 | mg de Mn |
| 100 kg | -----> | 0,0000143 | Kg de Mn |
| 2.000.000 kg | -----> | X | Kg de Mn |
| | | X = | 28,60 Kg de Mn /ha |

Cálculo de Zinc (Zn)

| | | | |
|---|--------|------------|--------------------------|
| Manganeso (mg/kg) | | 0,86 | |
| Peso de Zn total en capa arable del suelo | | | |
| 1 kg | -----> | 0,86 | mg de Zn |
| 100 kg | -----> | 0,00000086 | Kg de Zn |
| 2.000.000 kg | -----> | X | Kg de Zn |
| | | X= | 1,72 Kg de Zn /ha |

Cálculo de Cobre (Cu)

| | | | |
|---|--------|------------|--------------------------|
| Cobre (mg/kg) | | 0,27 | |
| Peso de Cu total en capa arable del suelo | | | |
| 1 kg | -----> | 0,54 | mg de Cu |
| 100 kg | -----> | 0,00000027 | Kg de Cu |
| 2.000.000 kg | -----> | X | Kg de Cu |
| | | X = | 0,54 Kg de Cu /ha |

Cálculo de Boro (B)

| | | | |
|--|--------|------------|-------------------------|
| Manganeso (mg/kg) | | 0,30 | |
| Peso de B total en capa arable del suelo | | | |
| 1 kg | -----> | 0,30 | mg de B |
| 100 kg | -----> | 0,00000030 | Kg de B |
| 2.000.000 kg | -----> | X | Kg de B |
| | | X = | 0,60 Kg de B /ha |

En el Cuadro 4 se expone un resumen de los cálculos efectuados sobre la cantidad de nutrientes existentes en el suelo.

Cuadro 4. Resumen de cantidad de nutrientes existentes en el suelo (kg/ha) a 20 cm de profundidad

| Parámetros | Unidad | Resultados | Kg/ha |
|-----------------|---------|------------|--------|
| Nitrógeno total | % | 0,09 | 37,6 |
| Fósforo (P) | mg/kg | 9,63 | 19,26 |
| Potasio (K) | cmol/kg | 0,26 | 202,8 |
| Azufre (S) | mg/kg | 7,77 | 15,54 |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | 5,23 | 2092,0 |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | 0,80 | 192,0 |
| Hierro (Fe) | mg/kg | 10,87 | 21,74 |
| Manganeso (Mn) | mg/kg | 14,30 | 28,6 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 0,86 | 1,72 |
| Cobre (Cu) | mg/kg | 0,27 | 0,54 |
| Boro (B) | mg/kg | 0,30 | 0,60 |

- c. Determinar la cantidad de materia orgánica a incorporar para mejorar la fertilidad del suelo

Cantidad de materia orgánica (MO) a incorporar

Valor actual 1,22%

Meta inicial 1,80%

Meta final 2,41%

24,4 t de MO/ha -----> 1,22 % de MO
 X= 1,80 % de MO
 X= **36 t de MO/ha**

24,4 t de MO/ha -----> 1,22 % de MO
 X= 2,41 % de MO
 X= **48,2 t de MO/ha**

Cuadro 5. Cantidad de materia orgánica a incorporar para mejorar la fertilidad del suelo

| Valor | Materia orgánica (%) | Cantidad equivalente(t/ha) | Cantidad a incorporar (t/ha) |
|--------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|
| Actual | 1,22 | 24,4 | |
| Meta inicial | 1,8 | 36 | 11,6 |
| Meta final | 2,41 | 48,2 | 23,8 |

Nota: Al proyectar el valor de 1,22% a 2,41% se cambia el rango de clasificación a moderado

- d. Determinar la cantidad de nutrientes requeridos para un ciclo de producción

La diferencia entre suministro y demanda dividido sobre la eficiencia de nutrientes otorga un valor que permite tomar decisiones técnicas respecto a las necesidades del cultivo. Si el suministro de nutrientes del suelo es mayor que el requerimiento del cultivo, la recomendación técnica es de no aplicar el nutriente que se está evaluando, caso contrario, si el requerimiento es mayor al suministro se debe estimar la cantidad de nutrientes que serán aplicados (Cuadro 5)

Cuadro 6. Relación entre requerimiento (13 t/ha) y suministro de nutrientes del suelo

| Nutriente | Requerimiento (kg/ha) | Suministro (kg/ha) | Diferencia | Eficiencia de nutrientes |
|---------------|-----------------------|--------------------|------------|--------------------------|
| Nitrógeno (N) | 151,6 | 37,6 | 114,0 | 50% |
| Fósforo (P) | 25,9 | 19,26 | 6,7 | 35% |
| Potasio (K) | 229,1 | 202,8 | 10,5 | 60% |
| Azufre (S) | 26 | 15,54 | 26,3 | 60% |
| Calcio (Ca) | 39 | 2092 | -2053 | 70% |
| Magnesio (Mg) | 26 | 192 | -166 | 70% |

Fuente. Elaboración propia, 2020

Según el Cuadro 5 los elementos que se requiere aportar al suelo son: nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, contrariamente, el calcio y magnesio no requieren aplicar en esta campaña de producción La siguiente formula permite calcular de manera precisa la dosis de un nutriente específico:

$$\text{Dosis de nutriente} = \frac{\text{Demanda del cultivo} - \text{suministro del suelo}}{\text{Eficiencia de recuperación}}$$

Donde:

- Demanda del cultivo: Elemento puro que consume la planta desde la siembra a la cosecha o un ciclo productivo
- Suministro del suelo: Expresa la cantidad de un elemento determinado en un momento dado
- Eficiencia de recuperación: Es un valor que reúne criterios de propiedad y características de los nutrientes y fertilizante, método y época de aplicación, condiciones climáticas

A continuación, se efectúan los cálculos para determinar la cantidad de nutrientes requerido en base al rendimiento proyectado de 13 t MS/ha/año de *B. brizantha*.

$$N = \frac{151,6 - 37,6}{0,50} \quad P = \frac{25,9 - 19,26}{0,35} \quad S = \frac{26 - 15,54}{0,60} \quad K = \frac{229,1 - 202,8}{0,60}$$

$$N = 228 \quad P = 19,0 \quad S = 17,43 \quad K = 44$$

Se requerirá 308 kg de nutrientes en forma elemental, 228 kg de N, 44 kg de K, 19 kg de P y 17,43 kg de S, según esta relación las necesidades se distribuirán en 74, 16, 6,2 y 5,7% de nitrógeno, potasio y azufre respectivamente.

- e. Estimar los datos de nutrientes (Kg) en formas presentes en los fertilizantes

La composición de los fertilizantes se expresa como porcentajes de nitrógeno (N), pentóxido de fósforo (P_2O_5), azufre (S), óxido de potasio (K_2O), óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO) entre los más usados. Esta nomenclatura se emplea tradicionalmente para informar las concentraciones de elementos de nutrientes en los fertilizantes comerciales. Los datos de aporte al suelo, en forma de elemento puro, obtenido en el punto anterior se deben multiplicar por el factor de conversión a formas presente en los fertilizantes (cuadro 7).

Cuadro 7. Conversión de dosis de elemento puro a formas presentes en fertilizantes

| Descripción | Nitrógeno | Fósforo | Azufre | Potasio |
|--|-----------|----------|--------|---------|
| Dosis de elemento puro A) | 228,0 | 19,0 | 17,4 | 43,9 |
| Formas presente en los fertilizantes | N | P_2O_5 | S | K_2O |
| Factor de conversión a formas presentes en los fertilizantes (B) | 1 | 2,291 | 1 | 1,205 |
| Datos finales de nutrientes para decisión de compra (C= A x B) | 228,0 | 43,5 | 17,4 | 52,8 |

La operación resultante corresponde a los datos finales de nutrientes para decisión de compra o formas presente en fertilizantes, de esta forma se tiene que el requerimiento final es igual a 228, 38, 14,4 y 52,8 kg/ha para N, P_2O_5 , S y K_2O respectivamente.

f. Cantidad de fertilizante comercial requerido (kg/ha)

A partir de los datos expresados en óxidos es factible estimar la cantidad de fertilizantes simples o compuestos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Criterios para desarrollar el cálculo de fertilizantes

| Descripción | Nitrógeno | Fósforo | Azufre | Potasio |
|--|-----------|---|-------------------|----------------------|
| Formas presente en los fertilizantes | N | P ₂ O ₅ | S | K ₂ O |
| Cantidad de nutrientes para decisión de compra (kg/ha) | 228,0 | 43,5 | 17,4 | 52,8 |
| Fertilizantes sugeridos | Urea | Fosfato diamónico | Sulfato de amonio | Cloruro de potasio |
| Composición | 46% N | 18% N y 46% P ₂ O ₅ | 21% N y 24% S | 60% K ₂ O |

Por fines metodológicos el cálculo se inicia con los fertilizantes que tienen dos elementos y en este estudio de caso se inicia con el sulfato de amonio y fosfato diamónico.

Cálculo sulfato de amonio (azufre y nitrógeno)

$$\begin{array}{l}
 24 \text{ Kg de S} \text{ -----} \rightarrow \text{ En 100 kg Kg de Sulfato de amonio} \\
 17.43 \text{ Kg de S} \text{ -----} \rightarrow \text{ X Kg de Sulfato de amonio} \\
 \text{X} = \mathbf{72,64 \text{ Kg de Sulfato de amonio}}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 21 \text{ Kg de N} \text{ -----} \rightarrow \text{ En 100 kg Kg de Sulfato de amonio} \\
 \text{X Kg de N} \text{ } \leftarrow \text{-----} \text{ En 72,64 Kg de Sulfato de amonio} \\
 \text{X} = 15,254 \text{ Kg de N}
 \end{array}$$

Cálculo fosfato diamónico (fósforo y nitrógeno)

$$\begin{array}{l}
 46 \text{ Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ -----} \rightarrow \text{ En 100 kg Kg de Fosfato diamónico} \\
 43,5 \text{ Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ -----} \rightarrow \text{ X Kg de Sulfato de amonio} \\
 \text{X} = \mathbf{94,66 \text{ Kg de fosfato diamónico}}
 \end{array}$$

$$18 \text{ Kg de N} \text{ -----} \rightarrow \text{ En 100 kg Kg de Fosfato diamónico}$$

X Kg de N ←----- En 94,66 Kg de Fosfato diamónico

$$X = 17,04 \text{ Kg de N}$$

Cálculo de urea (nitrógeno)

Necesidad de N = 228 Kg de N - 15,254 Kg de N en sulfato de amonio - 17,04 Kg de N de fosfato diamónico

Necesidad de N = 195,7 kg de N

46 Kg de N -----> En 100 kg Urea

195,7 kg de N -----> X Kg de urea

$$X = \mathbf{425,53 \text{ Kg de Urea}}$$

Cálculo de cloruro potasio (potasio)

Necesidad de K₂O= 52,8 kg

60 Kg de K₂O -----> En 100 kg Cloruro de potasio

52.8 Kg de K₂O -----> X Cloruro de potasio

$$X = \mathbf{88,08 \text{ Kg de Cloruro de potasio}}$$

En el Cuadro 9 se muestra un resumen de los cálculos efectuados sobre la cantidad de nutrientes existentes en el suelo.

Cuadro 9. Cantidad de fertilizantes requeridos por ha/año, muestra 323-2020

| Fertilizante | Cantidad (kg) | Redondeo (kg) | Bolsas (50 kg) |
|--------------------|---------------|---------------|----------------|
| Urea | 425,53 | 425 | 8,5 |
| Fosfato diamónico | 94,66 | 100 | 2,0 |
| Cloruro de potasio | 88,08 | 100 | 2,0 |
| Sulfato de amonio | 72,64 | 75 | 1,5 |

Nota: para fines de compra se debe efectuar el redondeo a cantidad de bolsas de 50 y 25 kg

El Cuadro 9 expone las necesidades de fertilizantes para la obtención de 13 t MS/ha/año de *B. brizantha*, en un predio del municipio de Andrés Ibáñez del departamento de Santa Cruz. Según el cálculo redondeado se requerirá un total de 14 bolsas de fertilizantes.

3.2. Programa de fertilización y recomendaciones técnicas

Estimar la cantidad de nutrientes que requiere un cultivo forrajero es un proceso largo que inicia con la decisión de analizar muestras de suelos. El siguiente paso consiste en traducir las necesidades de nutrientes a kilogramos de fertilizantes comerciales y estas a su vez fraccionarlas en ciclos de aplicación según la estación del año, fenología y condiciones climáticas entre los más relevantes. En el Cuadro 10 se presenta un método de cálculo, que sintetiza todo el procedimiento del capítulo 1.1., para estimar la cantidad de nutrientes y fertilizantes según rendimiento proyectado, complementa a esta información el Cuadro 11 en la que se propone el fraccionamiento de los fertilizantes en diferentes ciclos de aplicación.

Cuadro 10. Requerimiento de nutrientes para un rendimiento medio de 13 t MS/ha *B. brizantha*

| Método de cálculo | N | P | K | S | Ca | Mg |
|---|--------|-------------------------------|------------------|---|---------|--------|
| Absorción por tonelada | 11,70 | 2,00 | 17,60 | 1,00 | 3,30 | 3,00 |
| Requerimiento para rendimiento proyectado | 151,62 | 25,91 | 229,11 | 26,00 | 42,90 | 26,00 |
| Requerimiento total del cultivo | 151,62 | 25,91 | 229,11 | 26,00 | 42,90 | 26,00 |
| Cantidad presente en el suelo según análisis | 37,60 | 19,26 | 203 | 15,54 | 2092 | 192 |
| Total aporte de nutrientes del suelo | 37,60 | 19,26 | 202,8 | 15,54 | 2092,0 | 192,0 |
| Diferencia | 114,02 | 6,65 | 26,31 | 10,46 | -2053,0 | -166,0 |
| Eficiencia de nutriente | 50% | 35% | 60% | 60% | 70% | 70% |
| Dosis de elemento puro | 228,04 | 19,0 | 43,86 | 17,43 | | |
| Conversión a formas presentes en los fertilizantes | 1 | 2,291 | 1,205 | 1 | | |
| Formas presentes en los fertilizantes | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | | |
| Datos finales de nutrientes para decisión de compra | 228,04 | 43,5 | 52,85 | 17,43 | | |
| Fertilizante a comprar | Urea | PDA | KCl | (NH ₄) ₂ SO ₄ | | |
| | 46-0-0 | 18-46-0 | 0-0-60 | 21-00-00-24 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (kg) | 425,52 | 94,66 | 88,08 | 72,64 | | |
| Redondeo de fertilizante (kg) | 425 | 100 | 100 | 75 | | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (qq) | 8,50 | 2 | 2 | 1,50 | | |

Cuadro 11. Programa de aplicación de enmiendas y fertilizantes para un rendimiento proyectado de 13 t MS/ha/año de *B. brizantha*

| Insumo | Unidad | Cantidad | Ciclo | | | | | | Total | |
|--------------------|--------|----------|-------|----|----|----|----|----|-------|------|
| | | | - | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 |
| Materia orgánica | t | 11,6 | 11,6 | | | | | | | 11,6 |
| Urea | Kg | 425 | | 75 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 425 |
| Fosfato diamónico | Kg | 100 | | 50 | | | 50 | | | 100 |
| Cloruro de potasio | Kg | 100 | | 35 | | 30 | | 35 | | 100 |
| Sulfato de amonio | Kg | 75 | | 25 | | 25 | | 25 | | 75 |

Con la perspectiva de mejorar la calidad y rendimiento de los forrajes es recomendable monitorear el plan de fertilización propuesto. Como primera actividad de respaldo se debe estimar y registrar el volumen de las cosechas de forrajes, así como las fechas y cantidad de aplicación de las enmiendas y fertilizantes, con esta información se podrá validar el efecto del plan de fertilización en la producción esperada y ajustar las necesidades de nutrientes para la próxima campaña agrícola.

Para que la implementación de las recomendaciones técnicas sea efectiva, todo el proceso deberá ser acompañado y coordinado con personal técnico que tenga competencias y conocimiento sobre la temática nutrición y fertilización.

4. BIBLIOGRAFÍA

Bernal J. y Espinosa J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. International Plant Nutrition Institute (IPNI). 94p.

Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 157 p.

Guaygua G. y Espinoza D. 2010. Muestreo de suelos e interpretación de resultados de laboratorio. Fundación CETABOL, Santa Cruz Bolivia. 12p.

Instituto de la Potasa y el Fosfato (INPOFOS). 1998. Manual internacional de fertilidad del suelo, 2ª ed. Piracicaba, POTAFOS. 177p.

Raij, B. Van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (Ed.). 1997. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC. 285 p.

Valencia G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador. 61 p.



PROGRAMA DE INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS Y BALANCE NUTRICIONAL

HOJA DE CÁLCULO

La hoja de cálculo "Programa de Interpretación de análisis de suelos y Balance nutricional", fue preparado para estimar la cantidad de nutrientes requeridos y extraídos por las especies de forrajes gramíneas y leguminosas, como parte de la consultoría técnica financiada por la Fundación AGRITERRA. La hoja de cálculo se presenta como una herramienta de apoyo a los productores y técnicos, la misma consta de seis hojas que permiten efectuar los cálculos de nutrientes y fertilizantes. A continuación se detallan las hojas referidas y una explicación del procedimiento.

Resultados e interpretación de análisis de suelos (RIAS)
Saturación de aluminio y necesidades de encalado (S-Al & NE)
Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)
Extracción de nutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio (EN: NPK)
Especie cultivada (EC)
Balance nutricional y recomendaciones de fertilización (BN & RF)

PROCEDIMIENTO

- 1.- Registrar los resultados de análisis de suelos en la hoja RIAS
- 2.- Verificar si existe exceso de aluminio y sodio en las hojas S-Al & NE y IPS para su corrección
- 3.- Seleccionar la especie cultivada en la hoja EN: NPK y copiar los datos de extracción de nutrientes en la hoja EC
- 4.- Registrar el rendimiento proyectado (t MS /ha) en la hoja EC
- 5.- Con los resultados de la hoja BN& RF implementar la recomendación

Para cualquier comentario, duda o sugerencia comunicarse al número (591) 71750501 o al correo: oscar.colque@gmail.com

Enlace de descarga: <https://bit.ly/3v94yb4>

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS



Departamento: **Santa Cruz** Localidad:
 Municipio: **Warnes** Nombre productor: **Fernando Moreno**
 laboratorio: **CETABOL** Nro lab - mes-año **325-11-2020**

Cultivo anterior: **Brachiaria sp**
 Cultivo actual: **Brachiaria brizantha**
 Fecha: **11-nov-20**

| PARÁMETROS | UNIDAD | RESULTADOS | INTERPRETACIÓN |
|------------------------------|---------|------------|----------------|
| PH | - | 6,86 | Neutro |
| Conductividad eléctrica (CE) | umho/cm | 87,8 | No salino |

| RELACIONES CATIONICAS Y SU INTERPRETACIÓN | | |
|---|-----|------------------------|
| Ca/Mg | 3,7 | Relación óptimo |
| Mg/K | 2,3 | Aceptable |
| Ca/K | 8,3 | Margen adecuado para K |

| PARÁMETROS | UNIDAD | RESULTADOS | INTERPRETACIÓN |
|------------------------------------|-----------|------------|----------------|
| Materia orgánica (MO) | % | 3,34 | Moderado |
| Nitrógeno total | % | 0,19 | Moderado |
| Fósforo (P) | ppm | 43,14 | Muy alto |
| Azufre (S) | ppm | 9,21 | Moderado |
| Calcio (Ca) | cmol/kg | 5,86 | Moderado |
| Magnesio (Mg) | cmol/kg | 1,60 | Alto |
| Sodio (Na) | cmol/kg | 0,33 | Bajo |
| Potasio (K) | cmol/kg | 0,71 | Alto |
| Aluminio intercambiable (Al) | meq/100 g | 0,00 | Muy bajo |
| Acidez intercambiable (Al+H) | meq/100 g | 0,01 | Muy bajo |
| Capacidad de intercambio catiónico | cmol/kg | 8,51 | Moderado |

| PARÁMETROS | RESULTADOS DEL ANÁLISIS |
|-------------|-------------------------|
| Arcilla (%) | 19,30 |
| Arena (%) | 2,42 |
| Limo (%) | 78,28 |
| Textura | FRANCO LIMOSO |

| PARÁMETROS | RESULTADOS DEL ANÁLISIS | INTERPRETACIÓN |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Relación C/N | 10,37 | Medio, liberación de N normal |
| Saturación de bases (%) | 99,88 | Muy alto |
| Saturación de aluminio (%) | 0,00 | Óptimo, sin problema en general |

| PARÁMETROS | UNIDAD | RESULTADOS DEL ANÁLISIS |
|----------------|--------|-------------------------|
| Manganeso (Mn) | mg/kg | 78,36 |
| Hierro (Fe) | mg/kg | 34,99 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 5,69 |
| Cobre (Cu) | mg/kg | 2,07 |
| Boro (B) | mg/kg | 0,16 |

| ENCALADO | RESULTADOS |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Cultivo | Brachiaria brizantha |
| Saturación de aluminio tolerado | 40 |
| Necesidades de encalado | -6,13 |
| Criterio | NO NECESITA ENCALADO |

CANTIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO (0,20 m)

| NUTRIENTE | UNIDAD | RESULTADO | Kg/ha |
|-----------|---------|-----------|-------|
| Nitrógeno | % | 0,187 | 74,8 |
| Fósforo | ppm | 43,14 | 86,28 |
| Potasio | cmol/kg | 0,71 | 553,8 |
| Calcio | cmol/kg | 5,86 | 2344 |
| Magnesio | cmol/kg | 1,60 | 384 |
| Azufre | ppm | 9,21 | 18,42 |

| NUTRIENTE | UNIDAD | RESULTADO | Kg/ha |
|----------------|--------|-----------|-------|
| Hierro (Fe) | mg/kg | 78,36 | 156,7 |
| Manganeso (Mn) | mg/kg | 34,99 | 69,98 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 5,69 | 11,38 |
| Cobre (Cu) | mg/kg | 2,07 | 4,14 |
| Boro (B) | mg/kg | 0,16 | 0,32 |

Nota: En esta planilla se transcribe los resultados de laboratorio

SATURACIÓN DE ALUMINIO (%) Y NECESIDADES DE ENCALADO

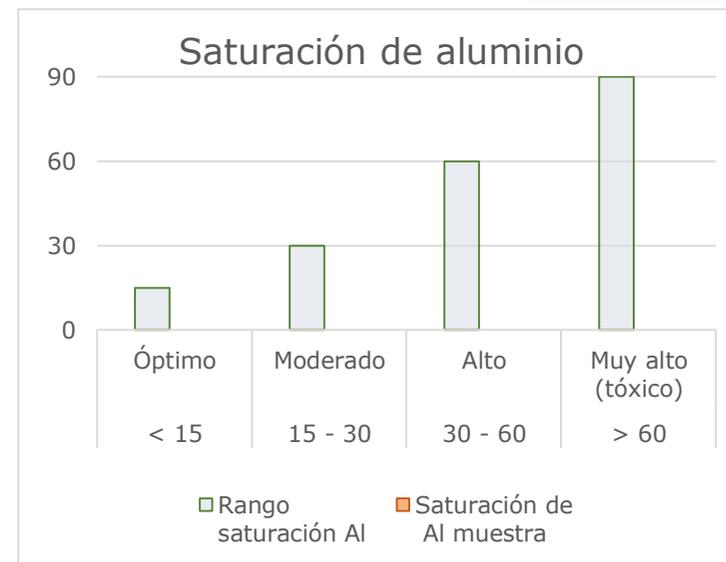


Elaborado por: Oscar Colque Fuentes

| Valor del análisis | | 0,00 | | Control |
|--------------------|---------------|---------------|------------|---------|
| | Rango | Saturación de | Al muestra | |
| | saturación Al | | | |
| < 15 | Óptimo | 15 | 0,0 | |
| 15 - 30 | Moderado | 30 | | |
| 30 - 60 | Alto | 60 | | |
| > 60 | Muy alto | 90 | | |

Diciembre, 2020

NO NECESITA ENCALADO



PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI)

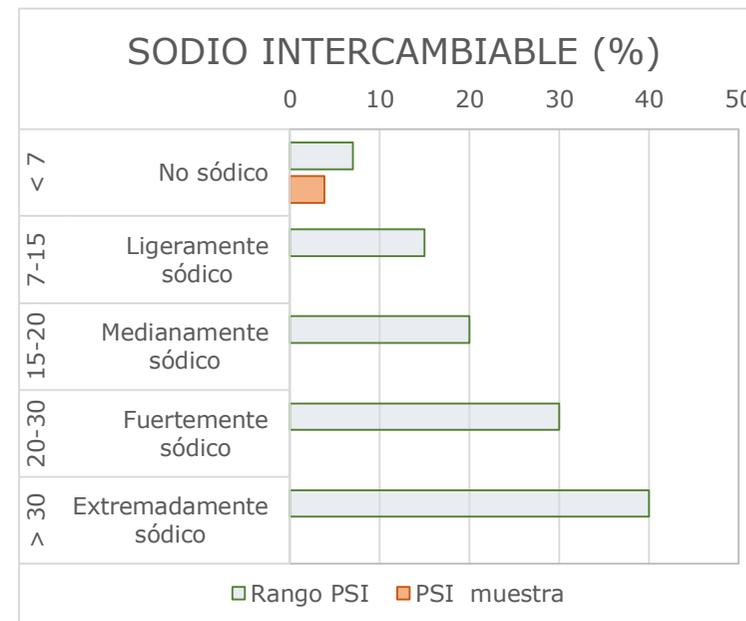


Elaborado por: Oscar Colque Fuentes

| | | Valor del análisis | 3,88 | |
|-------|-----------------------|--------------------|-------------|---------|
| | | Rango PSI | PSI muestra | Control |
| < 7 | No sódico | 7 | 3,9 | |
| 7-15 | Ligeramente sódico | 15 | | |
| 15-20 | Medianamente sódico | 20 | | |
| 20-30 | Fuertemente sódico | 30 | | |
| > 30 | Extremadamente sódico | 40 | | |

Diciembre, 2020

No sódico



Extracción de nutrientes (kg/ha/año) de especies gramíneas y leguminosas



| Nro | Familia | Especie | Nombre común | Nitrogeno | Fósforo | Potasio | Total NPK |
|-----|-------------|----------------------------------|-------------------|-----------|---------|---------|-----------|
| 1 | Gramineas | <i>Lolium perenne</i> | Raigras inglés | 30,0 | 5,2 | 27,8 | 63,0 |
| 2 | Gramineas | <i>Avena sativa</i> | Avena | 27,0 | 4,0 | 24,0 | 55,0 |
| 3 | Gramineas | <i>Pennisetum clandestinum</i> | Kikuyo | 27,8 | 2,6 | 24,6 | 55,0 |
| 4 | Gramineas | <i>Dactylis glomerata</i> | Pasto Ovillo | 29,0 | 3,3 | 22,7 | 54,9 |
| 5 | Gramineas | <i>Lolium multiflorum</i> | Raigras anual | 26,0 | 2,9 | 21,7 | 50,5 |
| 6 | Gramineas | <i>Hordeum vulgare</i> | Cebada | 26,3 | 4,0 | 19,7 | 50,0 |
| 7 | Gramineas | <i>Festuca arundinacea</i> | Festuca Alta | 21,9 | 3,5 | 23,7 | 49,2 |
| 8 | Gramineas | <i>Zea mays L.</i> | Maíz forrajero | 22,0 | 4,0 | 19,0 | 45,0 |
| 9 | Gramineas | <i>Festuca pratensis</i> | Festuca | 16,8 | 2,4 | 20,3 | 39,5 |
| 10 | Gramineas | <i>Andropogon gayanus</i> | Andropogon | 13,0 | 1,1 | 20,0 | 34,1 |
| 11 | Gramineas | <i>Bromus unioloides</i> | Cebadilla | 14,6 | 2,0 | 17,3 | 33,9 |
| 12 | Gramineas | <i>Pennisetum purpureum</i> | Elefante | 12,5 | 2,2 | 19,1 | 33,7 |
| 13 | Gramineas | <i>Poa annua</i> | Poa | 13,6 | 2,4 | 17,3 | 33,3 |
| 14 | Gramineas | <i>Brachiaria brizantha</i> | Brizantha | 11,7 | 2,0 | 17,6 | 31,3 |
| 15 | Gramineas | <i>Phalaris arundinacea</i> | Alpiste | 12,7 | 1,9 | 16,6 | 31,2 |
| 16 | Gramineas | <i>Panicum maximum</i> | Gatton Panic | 12,9 | 1,8 | 15,7 | 30,5 |
| 17 | Gramineas | <i>Cynodon dactylon</i> | Pasto bermuda | 12,3 | 2,3 | 14,8 | 29,4 |
| 18 | Gramineas | <i>Paspalum notatum</i> | Pasto bahia | 12,0 | 1,5 | 15,0 | 28,5 |
| 19 | Gramineas | <i>Brachiaria mutica</i> | Pará | 11,9 | 1,6 | 14,7 | 28,2 |
| 20 | Gramineas | <i>Melinis minutiflora</i> | Pasto gordura | 11,0 | 1,2 | 15,0 | 27,2 |
| 21 | Gramineas | <i>Digitaria decumbens Stent</i> | Pangola | 11,5 | 1,8 | 13,8 | 27,1 |
| 22 | Gramineas | <i>Sorghum bicolor</i> | Sorgo Forrajero | 10,6 | 2,8 | 12,7 | 26,1 |
| 23 | Gramineas | <i>Brachiaria decumbens</i> | Decumbens | 12,1 | 1,1 | 12,0 | 25,1 |
| 24 | Leguminosas | <i>Medicago sativa</i> | Alfalfa | 32,6 | 2,5 | 22,8 | 58,0 |
| 25 | Leguminosas | <i>Trifolium repens</i> | Trébol Blanco | 30,0 | 3,3 | 20,0 | 53,3 |
| 26 | Leguminosas | <i>Leucaena leucocephala</i> | Leucaena | 31,0 | 1,5 | 20,0 | 52,5 |
| 27 | Leguminosas | <i>Neonotonia wightii</i> | Soya perenne | 26,0 | 2,0 | 21,0 | 49,0 |
| 28 | Leguminosas | <i>Trifolium pratense</i> | Trébol Rojo | 21,7 | 3,0 | 22,9 | 47,6 |
| 29 | Leguminosas | <i>Vicia sativa</i> | Vicia | 25,9 | 3,0 | 18,5 | 47,4 |
| 30 | Leguminosas | <i>Estilosantes sp.</i> | Stylosanthes | 21,0 | 1,5 | 18,0 | 40,5 |
| 31 | Leguminosas | <i>Lotus corniculatus</i> | Trébol de cuernos | 20,5 | 2,2 | 15,8 | 38,5 |

Fuente: Van Raij, 1996, Bernal y Espinosa, 2003, Ciampiti y García 2007

INFORMACIÓN SOBRE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

| | |
|---|----------------------|
| Especie cultivada | Brachiaria brizantha |
| Requerimiento de nutrientes para producir | 13 t/ha |

| Nutriente | Kg/t |
|-----------|------|
| N | 11,7 |
| P | 2,0 |
| K | 17,6 |
| S | 2,0 |
| Ca | 3,0 |
| Mg | 2,0 |



Requerimiento de nutrientes para producir 13 t/ha de pasto Brachiaria brizantha

Requerimiento de nutrientes para producir 13 t/ha de pasto *Brachiaria brizantha*



$$\text{Dosis de nutriente} = \frac{(\text{Suministro} - \text{demanda})}{\text{Eficiencia}}$$

| Condiciones para cálculo | N | P | K | S | Ca | Mg |
|--|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|---|-------------------|
| Demanda de nutrientes por tonelada (kg) | 11,70 | 2,00 | 17,60 | 2,00 | 3,00 | 2,00 |
| Demanda total de nutrientes (kg) | 152,10 | 26,00 | 228,80 | 26,00 | 39,00 | 26,00 |
| Suministro del suelo según análisis (kg/ha) | 74,8 | 86,28 | 553,8 | 18,42 | 2344 | 384 |
| Diferencia | 77,30 | -60,28 | -325,00 | 7,58 | -2305,00 | -358,00 |
| Decisión | Fertilizar | No aplicar | No aplicar | Fertilizar | No aplicar | No aplicar |
| Mínimo a aplicar para llenar las necesidades de planta y suelo | 77,30 | 0,00 | 0,00 | 7,58 | 0,00 | 0,00 |
| Eficiencia de nutriente | 0,50 | 0,35 | 0,60 | 0,60 | 0,80 | 0,80 |
| | N | P | K | S | Ca | Mg |
| Dosis de elemento puro | 77,3 | 0,0 | 0,0 | 7,6 | | |
| Formas presente en los fertilizantes | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | | |
| Factor de conversión a formas presentes en los fertilizantes | 1 | 2,291 | 1,205 | 1 | | |
| Datos finales de nutrientes para decisión de compra | 77,3 | 0 | 0 | 7,6 | 0 | 0 |
| Fertilizante a comprar | Urea | PDA | Cl K | K ₂ SO ₄ | (NH ₄) ₂ SO ₄ | |
| Formula comercial | 46-00-00 | 18-46-0 | 00-00-60 | 00-00-50-18 | 21-00-00-24 | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (Kg) | 71 | 0 | 0 | | 31,6 | |
| Cantidad de fertilizante a comprar (qq) | 1,4 | | | | 0,6 | |