

Evaluaciones físico-químicas y geoambientales para incrementar las producciones agropecuarias en la UBPC Antonio Maceo

Alfredo Enrique Hidalgo Suárez

ahsuarez@geologia.ismm.edu.cu

Yordanis Anache Escobar

yaescobar@geologia.ismm.edu.cu

Reynier Silva Batista

rsbatista@geologia.ismm.edu.cu

Universidad de Moa (Cuba).

Resumen: Se evaluaron los parámetros físico-químicos y geoambientales del suelo y el agua en el Sector La Granja, Moa. Para la caracterización de suelos y agua se realizaron análisis de laboratorio. Se obtuvo que el área de pastoreo es afectada principalmente por los procesos de meteorización química y erosión por cárcavas, lo cual provoca la remoción de las capas superficiales de suelos y poca densidad de vegetación herbácea. Los suelos presentaron un bajo contenido de macronutrientes principales y los micronutrientes estuvieron dentro de los valores admisibles. Las aguas, por sus propiedades físicas, se ubicaron por encima de los valores referenciados en las normas consultadas. Según sus propiedades químicas todos los elementos esenciales se encontraron por debajo de los valores normados. Con la implementación del plan de medidas correctoras se logra incrementar la producción de leche de la unidad desde 1 y 1,5 litros diarios por vaca, hasta 2,5 y 3 litros diarios por vaca; además del incremento de la producción de viandas y hortalizas y el saneamiento del área de estudio.

Palabras clave: características físicas; características químicas; características geoambientales; agua; suelo.

Trabajo tutorado por la M. Sc. Yanet Borges Terrero y la M. Sc. Suraymi García Cruz.
Recibido: 29 mayo 2019 / Aceptado: 12 agosto 2019.

Geo-environmental and Physical-chemical assessments to increase agricultural production in Antonio Maceo UBPC

Abstract: The physical-chemical and geo-environmental parameters of soil and water in La Granja sector from Moa were evaluated. To characterize soils and water laboratory analyzes were carried out. It is obtained that grazing area is mainly affected by the processes of chemical weathering and erosion by cracks, which causes the removal of the superficial layers of soils and low density of herbaceous vegetation. Soils have a low content of main macronutrients and micronutrients are within the allowable values. Waters are above the values referenced in the standards consulted due to their physical properties. According to their chemical properties all essential elements are below the norm values. By implementing the action plan; production milk can be increased from 1 to 1.5 liters daily per cow to 2.5 and 3 liters daily per cow besides the increasing production of food and vegetables and the sanitation of the study area.

Keywords: physical characteristics; chemical characteristics; geoenvironment characteristics; water; soil.

Introducción

La producción agropecuaria es un proceso que requiere años de trabajo e inversión de capital, basados en el mejoramiento y buen manejo de las praderas, la fertilidad del suelo, alimentación del ganado, calidad del agua, capacitación del personal, conocimiento de las técnicas modernas de producción y la correcta toma de decisiones, sustentadas en registros de producción e información de mercado. Esto determina que los sistemas de producción no tengan un patrón único y definido de cómo producir más, sino que se deben considerar una combinación de factores que están disponibles en el medio interno y externo de la unidad productiva.

El conocimiento de los recursos naturales, su ubicación, sus características y potencial, es uno de los requisitos fundamentales para obtener una planificación eficiente que conduzca al desarrollo futuro. Además, es de gran importancia el análisis de la estrecha relación que se establece entre el suelo, el agua, las plantas y los animales; y como un mal uso y desconocimiento de ellos puede traer consigo pérdidas representativas en las producciones (Yakabi, 2014).

El municipio de Moa, por la naturaleza del medio geológico y las grandes reservas ferroniquelíferas que posee, en los últimos 50 años ha evidenciado un desarrollo minero-metalúrgico considerable, lo que ha provocado una serie de factores que conducen a la pérdida de la calidad de los suelos, constituyente principal para el desarrollo agropecuario. Se toma como referencia la única Unidad Básica de Producción Cooperativista (UBPC) del municipio de Moa que por años ha obtenido bajas producciones, tanto de leche como de viandas y hortalizas.

Material y métodos

La metodología utilizada tiene por objetivo mostrar una forma de evaluación a seguir, que comprenda el estudio de las características físico-química y geoambiental de las aguas y los suelos en la UBPC Antonio Maceo, ubicada en el Sector La Granja, Centeno, Moa:

I Etapa. Preliminar. Recopilación y revisión de la información existente

En esta etapa se realiza una búsqueda de información bibliográfica en: una serie de artículos científicos, trabajos investigativos, revistas, tesis de grado, de maestría y doctorales, así como informes relacionados con el tema a tratar. Se utiliza

documentación del Centro de Información del ISMM, de sitios web de internet especializados en el tema y entrevistas a los pobladores y trabajadores de La Granja.

II Etapa. Trabajo de Campo

Los trabajos de campo tienen el objetivo de describir en el terreno los procesos geológicos, realizar muestreo e identificar los impactos fundamentales de la actividad antrópica sobre el medio, mediante los siguientes aspectos:

- Realización de marchas de reconocimiento para la descripción geológica de afloramientos e identificación de procesos geodinámicos que se desarrollan en el sector.
- Descripción de los tipos de suelos e identificación de criterios de productividad biológica, sobre la base de la densidad de vegetación y desarrollo del follaje.
- Identificación de impactos antrópicos sobre los factores ambientales en el área.
- Toma de muestras para la realización de análisis de laboratorios.

Equipamiento utilizado

- Mapas topográficos
- GPS
- Brújula
- Mapa geológico
- Libreta, lápiz, marcador
- Piqueta
- Pico
- Cámara fotográfica
- Frascos plásticos
- Bolsas de nylon

III Etapa. Análisis de laboratorio

Para la realización de este conjunto de análisis se emplearon equipos e instrumentales con una alta precisión en los resultados.

Suelo. Equipos y técnicas empleadas

- Determinaciones de pH, método electrométrico.
- Los elementos: N, P, K, Ca, Mg, Co, Mn, Zn, Fe, Mo, fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica.

Agua. Equipos y técnicas empleadas

- Para las determinaciones relacionadas con la conductividad y sólidos totales disueltos se empleó el conductímetro WTWLF – 330UNICAM.
- Determinaciones de pH, el potenciómetro WTW UNICAM.
- Por el método de análisis colorimétrico fueron determinados el color, la turbidez, Cr, NO₃, Fe, mediante el espectrofotómetro DR – 2000 y el espectrofotómetro ultravioleta visible Helios λ UNICAM.
- Para las determinaciones del Cl, Ca, dureza total, se empleó el método de valoración volumétrica, estableciéndose el residuo seco por el método gravimétrico.
- Los elementos pesados Na, Al, Si, se precisaron por espectrofotometría de absorción atómica.

IV Etapa. Procesamiento de la información

En esta etapa al obtener las informaciones necesarias de campo y laboratorio que garantizan el cumplimiento de los objetivos de la investigación se evalúan y procesan mediante herramientas de Office 2010, entre ellas Microsoft Excel y Word, etc. Para luego ser interpretados mediante tablas y gráficos.

Resultados y discusión

Características de los suelos

En el presente estudio la calidad de los suelos se evalúa a partir de la comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio del Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ) con los índices del sistema USDA (2011) y parámetros referenciales aportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el año 2012.

Potencial de hidrógeno (pH)

Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y en otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo (Liu & Hanlon, 2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados del análisis de pH y su clasificación, según USDA

Muestras	pH (%)	Clasificación
S-1	6,9	Neutro
S-2	7,6	Medianamente básico
S-3	4,7	Fuertemente ácido
S-4	4,5	Fuertemente ácido

En general, las muestras se concentran en torno a un pH de 4,5 a 7,6. El valor mínimo de pH es 4,5; que corresponde al punto S-4, y el valor máximo es de 7,6 para el punto S-2.

Según el sistema USDA, los valores van de pH neutro (S-1) a medianamente básico (S-2); estando ambos dentro de los ideales para suelos agrícolas. Es una condición adecuada para la asimilación de los nutrientes al estar disponibles muchos de los esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, donde los microorganismos proliferan con mayor facilidad.

Los valores para las muestras 3 y 4 son mucho más bajos, se clasifican como fuertemente ácidos, es pobre en bases (calcio, magnesio, potasio), la actividad de los microorganismos se reduce y el fósforo disponible disminuye, al precipitarse con el hierro y el aluminio.

El pH del suelo es una característica primordial en las propiedades químicas, al gobernar muchos de los procesos químicos. Específicamente, el pH controla la disponibilidad de los nutrientes; e, indirectamente, tiene influencia sobre los procesos biológicos y la actividad microbiana (Liu & Hanlon, 2012).

La mayoría de los cultivos se desarrollan adecuadamente en un suelo con pH entre 5,5 y 7,0, al estar disponibles muchos de los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En suelos ácidos, se encuentran Al^{3+} , Fe^{3+} , y Mn^{4+} , está relacionada con las condiciones de pluviometría.

Contenido de macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio

Estos tres elementos constituyen la composición del abono natural; de haber déficit en alguno de ellos o en porcentajes bajos, el suelo se puede considerar desde el punto de vista químico como infértil.

El mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los microorganismos que lo habitan: bacterias, hongos y nemátodos. Su déficit afecta de manera notable el desarrollo de las plantas, se manifiesta en las hojas viejas, que se vuelven cloróticas desde la punta hasta su totalidad a través del nervio central (Jamioy, 2011).

Los porcentajes de nitrógeno varían desde 0,04 % a 0,06 %, por lo que el suelo se clasifica como muy pobre en el contenido de nitrógeno; puesto que, según parámetros de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los suelos cuyos valores oscilen desde 0 hasta 0,1 % se clasifican como muy pobres.

De esta manera, el aporte de nitrógeno conduce a la obtención de forrajes y granos con bajo contenido proteico y baja fertilidad de los suelos. Esto va en detrimento del desarrollo de las plantas que tienen una alta demanda de este elemento químico, pues interviene en la multiplicación celular y se considera factor de crecimiento, por su importancia en la formación de los aminoácidos, proteínas y enzimas.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, el porcentaje de fósforo varía desde 0,026 % hasta 0,034 %; los suelos se clasifican como de bajo contenido de fósforos, según los parámetros establecidos por la FAO, cuando los valores del suelo oscilan entre 0 % y 0,12 %.

Tabla 2. Resultado de los macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio, según FAO

Muestras	Nitrógeno %	Clasif.	Fósforo %	Clasif	Potasio %	Clasif.
S-1	0,086	Muy Pobre	0,026	Bajo	0,056	Bajo
S-2	0,05	Muy Pobre	0,034	Bajo	0,034	Bajo
S-3	0,05	Muy Pobre	0,028	Bajo	0,042	Bajo
S-4	0,06	Muy Pobre	0,031	Bajo	0,086	Bajo

Es el fósforo luego del nitrógeno, el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos. Además, interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular. Contribuye al desarrollo de las raíces y las plántulas y mejora su resistencia a las bajas temperaturas. Incrementa la eficiencia del uso del agua y ayuda a combatir algunas enfermedades. Interviene en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía, además es considerado factor de precocidad, ya que activa el desarrollo inicial de los cultivos y favorece la maduración.

La carencia de fósforo se puede observar en el desarrollo débil del vegetal, tanto de su parte aérea como del sistema radicular. Las hojas se hacen más delgadas, erectas, con nerviaciones menos pronunciadas. Además, presentan un color verde pálido, con los bordes secos y un color entre violeta y castaño. Baja floración y poco desarrollo de las raíces.

El porcentaje de potasio varía desde 0,034 % hasta 0,086 %; los suelos se clasifican como de bajo contenido de potasio, al establecerse por la FAO que los suelos que tengan su contenido de potasio entre 0 y 0,12 % son suelos de bajo contenido de potasio.

El potasio es muy móvil y juega un papel múltiple. Mejora la actividad fotosintética; aumenta la resistencia de la planta a la sequía, heladas y enfermedades; promueve la síntesis de lignina, favorece la rigidez y estructura; la formación de glúcidos en las hojas; aumenta el tamaño y peso en los granos de cereales y en los tubérculos. Es de gran importancia en la activación enzimática, fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidrato, en el balance de agua, en el crecimiento meristemático. Además, interviene en la maduración, fructificación y calidad de los frutos.

Se percibe un retraso general en el crecimiento y un aumento de la vulnerabilidad de la planta a los posibles ataques de parásitos. Se hace notar en los órganos de reserva: semillas, frutos y tubérculos. Sus primeros síntomas, cuando es leve, se distinguen en las hojas viejas; pero cuando es aguda, son los brotes jóvenes los más severamente afectados, llegando a secarse. Las hojas jóvenes se ven como rojizas y las adultas se mantienen verdes, pero con los bordes amarillentos y marrones. Se reduce la floración, fructificación y desarrollo de toda la planta.

Contenido de calcio y magnesio

Se puede apreciar que el contenido de calcio presente en los suelos analizados oscila desde 0,043 % hasta 0,089 %; según la FAO todos los suelos cuyos valores de calcio estén por debajo de 2,51 % se clasifican como suelos de bajo contenido de calcio, por lo que todas las muestras en cuestión son clasificadas de bajo contenido de calcio (Tabla 3).

El calcio es necesario en la división y crecimiento de la célula. Es el elemento estructural de paredes y membranas celulares, y básico para la absorción de elementos nutritivos. Participa junto con el magnesio en la activación de las enzimas del metabolismo de glúcidos y proteínas. Además, estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, forma compuestos de las paredes celulares, ayuda a reducir el nitrato (NO_3^-), activa varios sistemas de enzimas y neutraliza los ácidos orgánicos en la planta. También influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo.

Esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio. Es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadoras de nitrógeno.

Su déficit se observa en las diferentes plantaciones al no poseer un buen crecimiento de la raíz y del tallo. Impidiendo la obtención fácil de los nutrientes.

El porcentaje de magnesio varía para la muestra 1 y 2 desde 1,43 % hasta 1,90 %, respectivamente, según los valores de la FAO se clasifican como suelos de alto contenido de magnesio, al obtener valores por encima de 0,8 %, lo cual ayuda en la formación de aceites y grasas (Tabla 3).

Sin embargo, para las muestras 3 y 4 la clasificación es de bajo contenido de magnesio, los valores obtenidos oscilan desde 0,145 % hasta 0,192 %, donde, según la FAO, los suelos que tengan valores de magnesio por debajo de 0,4 % se clasifican como suelos de bajo contenido de magnesio.

El magnesio forma parte de la molécula de clorofila, por tanto, es esencial para la fotosíntesis y para la formación de otros pigmentos. Activa numerosas enzimas del metabolismo de las proteínas y glúcidos. Favorece el transporte y acumulación de azúcares en los órganos de reserva y el del fósforo hacia el grano. Al igual que el calcio, es constituyente de las paredes celulares. Influye en los procesos de oxidación-reducción.

Su déficit se distingue en las hojas viejas donde aparecen espacios entre las nervaduras de color amarillo, posteriormente afecta a las hojas jóvenes. La planta termina perdiendo las hojas. En ocasiones, la coloración de las hojas se torna rojizas y con manchas amarillas.

Tabla 3. Resultado de los macronutrientes: calcio y magnesio. Su clasificación, según FAO

Muestras	Calcio %	Clasif.	Magnesio %	Clasif.
S-1	0,044	Bajo	1,43	Alto
S-2	0,043	Bajo	1,90	Alto
S-3	0,089	Bajo	0,192	Bajo
S-4	0,075	Bajo	0,145	Bajo

Contenido de micronutrientes: cobre, manganeso, zinc, hierro y molibdeno

Los micronutrientes son los elementos requeridos en pequeñas cantidades por las plantas o animales, necesarios para que los organismos completen su ciclo vital,

catalizadores de numerosas reacciones del metabolismo vegetal, pero en exceso pueden ser tóxicos para las plantas (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado de los micronutrientes estudiados y sus valores referenciales, según FAO

Muestras	Cobre %	Manganeso %	Zinc %	Hierro %	Molibdeno %
S-1	0,006	0,215	0,006	8,54	0,001
S-2	0,024	0,471	0,01	8,15	0,002
S-3	0,002	0,121	0,004	17,63	0,001
S-4	0,002	0,153	0,005	15,44	0,002
Valores admisibles (%)	0,003	0,06	0,005	3,80	0,002

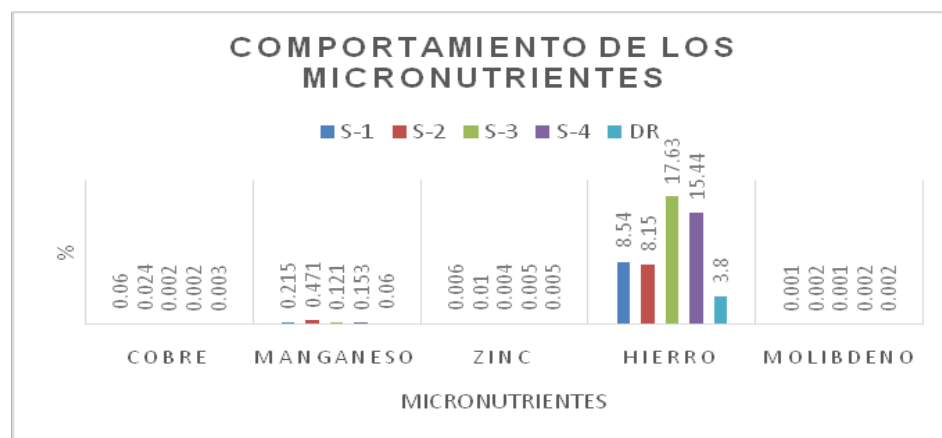


Figura 1. Comportamiento de los micronutrientes.

Agua: Características físicas: potencial de hidrógeno, conductividad, color, turbidez y STD

El análisis de los valores del potencial de hidrógeno representa su acidez o su alcalinidad, cuyo factor más importante es habitualmente la concentración de ácidos o bases debido a la mineralización total, en las muestras de aguas superficiales; se observa que los valores oscilan entre 7,67 y 8,13, los cuales se encuentran dentro de los rangos admisibles (NC 827: 2010), clasificadas como aguas débilmente básicas según Pasovox (1975), al estar sus valores en el rango de 7,5 y 8,5.

Respecto a las aguas subterráneas, los valores de pH (Tabla 5) oscilan en un intervalo de 7,0–8,12, están dentro de los valores permisibles por la NC 827:2010, y se clasifican según Pasovox (1975) como aguas neutras las muestreadas en el período poco lluvioso del 2013 y 2014 y como débilmente básicas las muestreadas en el período lluvioso de los años 2014 y 2015.

Tabla 5. Resultado del análisis de pH en las aguas superficiales y su clasificación

Año	Muestras	pH	Clasificación
2013 PPLL	M-1	8,13	Débilmente básicas
	M-2	7,58	Débilmente básicas
2014 PLL	M-1	8,0	Débilmente básicas
	M-2	7,6	Débilmente básicas
2014 PPLL	M-1	7,9	Débilmente básicas
	M-2	8,12	Débilmente básicas
2015 PLL	M-1	7,92	Débilmente básicas
	M-2	7,67	Débilmente básicas
NC 827: 2010		6,5-8,5	
OMS		6,5-8,5	

Se considera que con la implementación de las acciones de producción más limpia (PML) por las diferentes empresas del níquel se ha logrado disminuir la contaminación atmosférica y su composición al conseguir lluvias no tan ácidas; además, pueden estar compuestos que alteran la composición química y física de las aguas subterráneas (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados del análisis de pH en las aguas subterráneas

Año	pH	Clasificación
2013 PPLL	7,0	Neutras
2014 PLL	7,9	Débilmente básicas
2014 PPLL	7,2	Neutras
2015 PLL	8,12	Débilmente básicas
NC 827: 2010	6,5-8,5	
OMS	6,5-8,5	

La conductividad eléctrica presenta valores elevados para todas las muestras analizadas, lo que significa que se encuentran alterados debido a los sólidos en suspensión y la presencia de metales pesados procedentes, principalmente, de los residuales vertidos tanto de la actividad minera como de la actividad agropecuaria que tienen lugar en la zona.

Los valores de las aguas superficiales para el período poco lluvioso varían desde 241 us/cm hasta 665 us/cm y para el período lluvioso desde 225 us/cm hasta 451 us/cm. El agua subterránea para el período lluvioso presenta valores desde 129 us/cm hasta 280 us/cm y en el período poco lluvioso desde 230 us/cm hasta 243 us/cm.

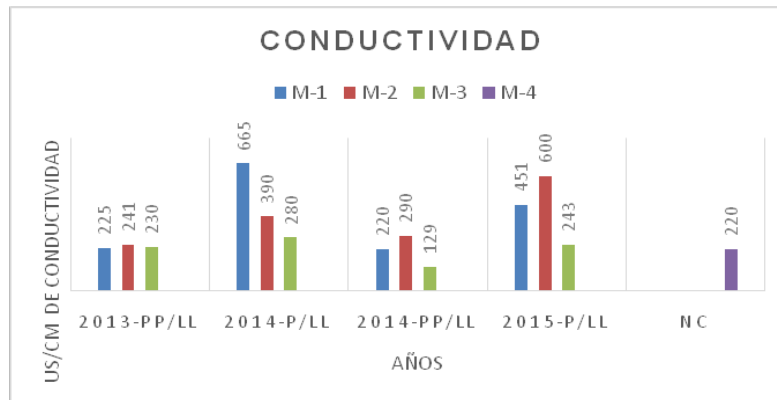


Figura 2. Comportamiento de la conductividad eléctrica.

El color y la turbidez se encuentran por encima de los valores permisibles en las normas utilizadas, esto se debe a que la zona de estudio está cerca del agua que está bajo la influencia de las labores mineras y de los residuales del proceso de extracción de níquel de la fábrica Pedro Sotto Alba.

El enturbiamiento del agua indica la calidad del agua; una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos patógenos (virus, parásitos y bacterias) causantes de enfermedades, los valores para las aguas superficiales oscilan desde 12 NTU hasta 32 NTU y para las aguas subterráneas varían desde 14 NTU hasta 27 NTU.

Además, esto provoca un incremento de la coloración de las aguas con una variación de los valores desde 30 Pt/Co hasta 60 Pt/Co para las aguas superficiales y de 27 Pt/Co hasta 38 Pt/Co para las subterráneas.

El contenido de sólidos totales disueltos (STD) presenta valores por encima de los referenciales en las normas analizadas. El agua natural tiene iones en disolución que son proporcionales a la cantidad de sustancias disueltas, conductividad y salinidad. Este incremento puede estar influenciado por la actividad minera que se desarrolla cerca de la zona y también por la actividad agropecuaria. Los valores se encuentran en un intervalo de 500 mg/l a 1 368 mg/l, para las aguas superficiales y de 500 mg/l hasta 800 mg/l para las subterráneas.

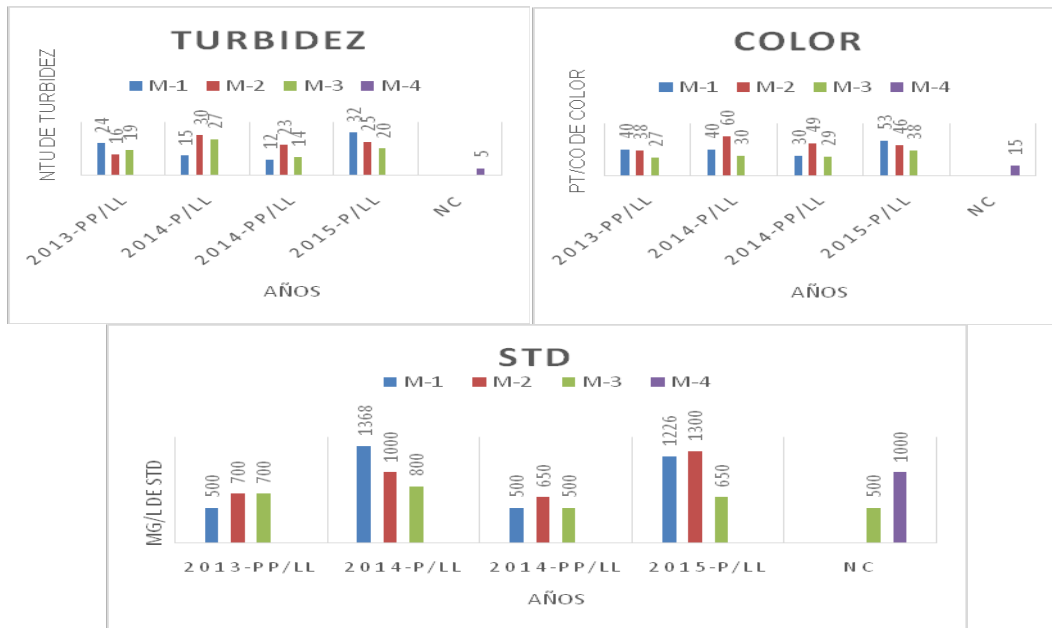


Figura 3. Comportamiento de la turbidez, color y (STD).

Características químicas de las aguas superficiales y subterráneas

El análisis de las características químicas refleja que en todas las muestras analizadas los elementos naturales sodio, cloruro y calcio están por debajo de los valores establecidos en la NC 827:2010 influenciado por el tipo de litología existente en la zona, lo que afecta la calidad de las aguas para el consumo animal, ya que estos elementos son esenciales para el desarrollo del organismo, fundamentalmente en la formación de los huesos, dientes, en la coagulación de la sangre, actividad enzimática, aporte energético, transporte mineral y en otras funciones vitales.

Según Sager (2000), cuando los animales beben, en períodos largos, aguas con bajo contenido de cloruro, y no se ponen a su alcance suplementos minerales, aparecen síntomas de baja ganancia de peso (poco engorde), pelaje áspero y baja fertilidad.

En el caso del hierro, las aguas subterráneas están en el rango admisible, mientras que las aguas superficiales presentan valores por encima de los establecidos por la NC 827:2010 lo cual está influenciado por el tipo de litología presente en la zona y por la actividad minera y agropecuaria que tienen lugar cerca del área de estudio.



Figura 4. Comportamiento del sodio, cloruro, calcio y hierro.

En los elementos aluminio, sílica y dureza total se observa que los valores obtenidos están dentro de los rangos admisibles en las normas analizadas.

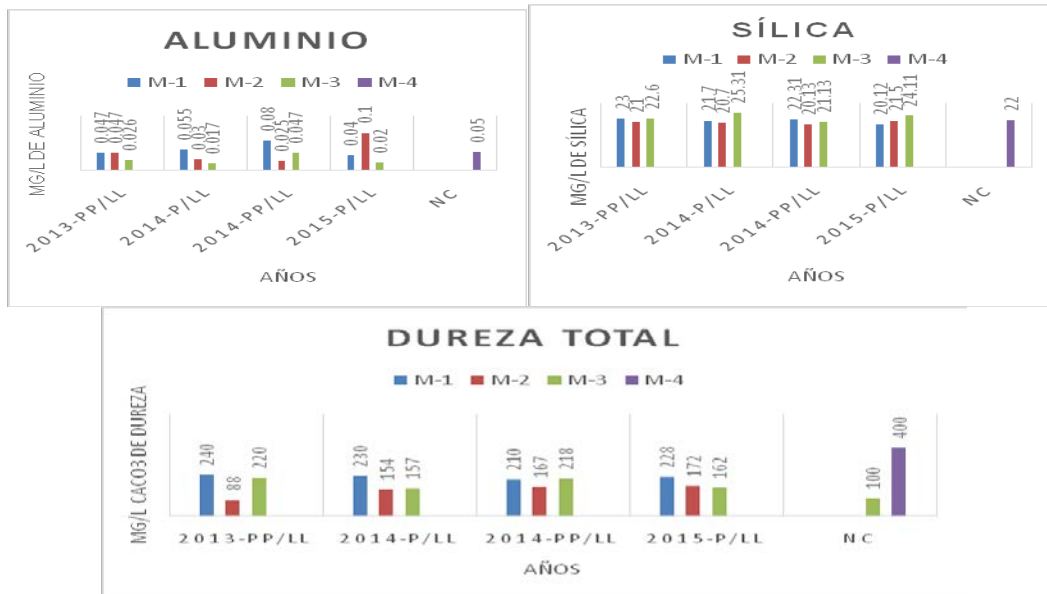


Figura 5. Comportamiento del aluminio, sílica y dureza total.

El nitrito es un elemento indicador de contaminación, la concentración máxima admisible es 0,2 mg/l, según la NC: 827:2010, aunque debe de estar ausente según las normas de la Organización Mundial de la Salud. Las concentraciones cercanas a

estos límites indican la posibilidad de contaminación orgánica que sería comprobada con el análisis bacteriológico.

Sus valores oscilan para el período poco lluvioso desde 0 hasta 0,017, siendo mayor en el período lluvioso desde 0,034 hasta 0,045; puede estar influenciado con vertimientos de elevadas concentraciones de materia orgánica u arrastres producto de las precipitaciones.

El cromo total generalmente no aparece en grandes concentraciones en las aguas naturales. Sus valores oscilan desde 0 mg/l hasta 0,032 mg/l, estando por debajo de los valores permisibles en las normas analizadas.

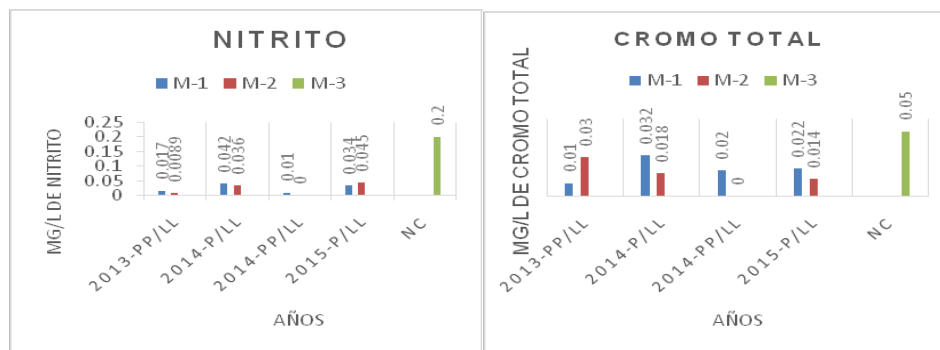


Figura 6. Comportamiento del nitrito y cromo total.

Análisis microbiológico

A las muestras de aguas superficiales y subterráneas realizadas en el año 2015 se les efectuó el análisis microbiológico (muestra de agua del río (M-1), del tanque (M-2) y del pozo (M-3)); se obtiene como resultados la existencia de +16 bacilos de *Escherichia coli* cada 100 m³, que demuestra deterioro de la calidad del agua por la contaminación con bacilos coli originados por los desechos sólidos y líquidos orgánicos que se depositan en las fuentes superficiales de agua y por la presencia de letrinas cercanas a las tomas de agua subterráneas y a los acuíferos. El consumo por los animales de esta agua contaminada les provoca contagio con la bacteria en cuestión y, por ende, reducción de su calidad de vida y de sus producciones, además de que al emplearse en el riego afectan el desarrollo de las plantaciones, especialmente los vegetales y hortalizas que no llevan cocción.

Propuesta de plan de acción

1. **Incorporación de materia orgánica:** bien descompuesta previa a la siembra o con tres meses de anticipación para facilitar su descomposición, los materiales a utilizar pueden ser el estiércol de ganado vacuno o aves de corral.
2. **Fertilización química:** reposición o mantenimiento del nivel de los nutrientes según resultados del análisis químico de suelo. La dosis de nutrientes debe ser parcelada, es decir, aplicada por lo menos en dos oportunidades con el fin de evitar pérdidas de los mismos por inmovilización.
3. **Prever cobertura muerta:** mantener sobre la superficie del suelo restos de hojas, tallos y raíces de plantas, principalmente en los meses lluviosos, al presentarse en esta temporada un alto índice de erosividad.
4. **Corrección de la acidez del suelo:** los resultados de los análisis de las muestras de suelos nos indica que la parcela 2, según su pH, se clasifican como suelos fuertemente ácidos, donde la aplicación de cal agrícola ayuda a reducir la acidez de los suelos. Dicha enmienda debe ser aplicada por lo menos tres meses antes de la siembra.
5. **Rotación de cultivos:** en principio, las rotaciones de cultivos se utilizan para conservar y mantener la fertilidad del suelo, donde se debe comenzar con las leguminosas para aportar nitrógeno a los cultivos siguientes.
6. **Rotación de cuartones:** dividir el área de pastoreo en cuartones y realizar la rotación de los animales por los cuartones para favorecer el crecimiento vegetativo del pasto.
7. **Siembra de viandas:** todas las aguas analizadas dieron contaminación con bacilos coli; se recomienda, mientras se desarrolla el saneamiento ambiental de esta área, monitorear con frecuencia las aguas y cuando persista la contaminación sembrar viandas que llevan un tiempo de cocción.
8. **Agua de beber:** se necesita realizar el saneamiento ambiental de las aguas en análisis y desinfectar el tanque de almacenamiento de la unidad y transportar el agua de consumo de los animales desde la planta potabilizadora de Moa.
9. **Suministro de nutrientes:** suministrar con frecuencia comidas con alto contenido nutritivo (pienso) o suplemento vitamínico y de hierro a los animales de la unidad porque no están supliendo las necesidades de vitaminas y minerales que necesita el organismo animal.

Conclusiones

Al evaluar el contenido de los macronutrientes y micronutrientes presentes en los suelos se pudo comprobar que poseen una baja disponibilidad y asimilación de los elementos: nitrógeno, potasio, fósforo y calcio, conocidos como nutrientes esenciales, por lo que se clasifican como suelos infértiles, y el contenido de los micronutrientes está dentro de los valores permisibles.

Las aguas superficiales y subterráneas se caracterizan, desde el punto vista físico, como no aptas para el consumo animal, desde el punto de vista químico como aguas de bajo contenido de minerales esenciales y desde el punto de vista microbiológico son aguas contaminadas con bacilos coli y según su clasificación para su uso en riego son aguas buenas para el riego.

Con la implementación del plan de acciones se logra incrementar la producción de leche de la unidad desde 1 L y 1,5 L diarios por vaca, hasta 2,5 L y 3 L diarios por vaca; además del incremento de la producción de viandas y hortalizas y el saneamiento del área de estudio.

Referencias bibliográficas

FAO. 2012. Agricultura. La subnutrición en el mundo en el 2012. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Consulta: 14 feb 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/am859s/am859s01.pdf>.

Jamioy, D. 2011. *Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicasquímicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano*. Tesis de maestría. Universidad nacional de Colombia.

Liu, G. & Hanlon, E. 2012. Soil pH range for optimum commercial vegetable production. University of Florida.

Norma Cubana N. C. 827: 2010. *Agua potable-Requisitos sanitarios*. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. Pasovox, E. 1975. *Clasificación de las aguas según su PH en libro Hidrogeología general*. Niedra, San Petersburgo.

Sager, R. L. 2000. Agua para bebida de bovinos. *Reedición de la Serie técnica*, (126). Consulta: 24 may 2018. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/67-agua_para_bebida_de_bovinos.pdf

USDA. Soil Quality Indicators: Soil pH. Washington D.C: USDA. Consulta: 27 may 2018. Disponible en: <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/health/assessment/?cid=stelprdb1237387.>>.

Yakabi, K. 2014. *Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina, San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí, Lima*. Tesis de grado. Universidad Católica del Perú.