

Factores que dan lugar a la degradación de los pastizales, papel importante de la mecanización

Factors that lead to degradation of grasslands, important role of mechanization

✉ Carlos Fresneda-Quintana^{I*}, Arturo Martínez-Rodríguez^{II}, Odalys Zamora-Díaz^{III} and Odalys Fresneda-Zamora^{III}

^IUniversidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba.

^{II}Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{III}Universidad de Ciencias Médicas “Raúl Dorticó Torrado”, Cienfuegos, Cuba.

*Autor para correspondencia: Carlos Fresneda-Quintana, e-mail: cfresneda291@gmail.com

RESUMEN: Entre los problemas de la degradación física de los suelos, la compactación y el adensamiento son los principales, y estos causan fuertes decrementos en los rendimientos posteriores de los cultivos de los mismos. La degradación de la estructura del suelo es un problema hoy en Cuba, que puede ocurrir en todos los suelos y a todos los niveles de producción pecuaria. Teniendo en cuenta lo anterior, este documento pretende exponer los principales cambios producidos en la estructura interna de los suelos como resultado de su degradación. La compactación del suelo, debido al colapso o disminución de los espacios de poros, es la causa más común de restricción física para el crecimiento y desarrollo de las raíces. Como agravante, la degradación de la estructura del suelo es comúnmente considerada como el tipo de degradación de tierras más difícil de localizar y reconvertir; la razón es que ésta degradación es un fenómeno subsuperficial. Finalmente se trata de establecer algunas posibles soluciones a dicha problemática, entre las cuales el método principal de restauración de la porosidad de las capas limitantes del crecimiento de las raíces y que se deben tener en cuenta los factores químicos y físicos del suelo, la especie, el tipo de suelo y el grado de degradación de las especies que se proponen restaurar, el uso de la aradura + grada o de la aradura sola resulta el método más eficiente para la recuperación de pastizales de las especies

Palabras clave: suelos, pastoreo, pisoteo, estructura del suelo, degradación, subsolador.

ABSTRACT: Among the problems of physical degradation of soils, compaction and densification are the main ones, and these cause strong decreases in subsequent crop yields. The degradation of the soil structure is a problem today in Cuba, which can occur in all soils and at all levels of livestock production. Taking into account the above, this document aims to expose the main changes produced in the internal structure of soils as a result of its degradation. Soil compaction, due to the collapse or reduction of pore spaces, is the most common cause of physical restriction for root growth and development. As an aggravating factor, the degradation of the soil structure is commonly considered the most difficult type of land degradation to locate and reconvert; the reason is that this degradation is a subsurface phenomenon. Finally, it is about establishing some possible solutions to this problem, among which the main method of restoring the porosity of the limiting layers of root growth and that must take into account the chemical and physical factors of the soil, the species, the type of soil and the degree of degradation of the species that are proposed to restore, the use of plowing v+ harrow or plowing alone is the most efficient method for the recovery of pastures of the species

Keywords: Soils, grazing, trampling, compaction, soil structure, degradation, subsoilers.

INTRODUCCIÓN

El constante pisoteo por parte del ganado al pastizal, produce compactación del suelo, esto implica que la permeabilidad se pierda paulatinamente, impidiendo que agua, aire y nutrientes ingresen en él, reduciendo progresivamente la producción del pastizal.

Existen grandes problemas que ocasionan los actuales sistemas de producción de pastos como son la erosión del suelo, pérdida precoz de la producción forrajera, largos períodos de espera entre la siembra e inicio de la producción.

Se considera que un pastizal está degradado cuando sus especies deseables han perdido su vigor y capacidad productiva por unidad de área y por animal y ocupan su lugar áreas despobladas y especies indeseables de escaso rendimiento y valor nutritivo, lo que provoca el deterioro ecológico y económico, que resulta incompatible con los sistemas ganaderos productivos. Entre las principales causas de la degradación de los pastizales se ha identificado el uso indiscriminado de la quema, la invasión de malezas, las plagas y enfermedades, los factores climáticos y la poca fertilidad de los suelos.

Recibido: 13/03/2024

Aceptado: 24/12/2024

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses

AUTHOR CONTRIBUTIONS: **Conceptualization:** C. Fresneda. **Data curation:** C. Fresneda, A. Martínez. **Formal Analysis:** C. Fresneda, A. Martínez. **Investigation:** C. Fresneda, A. Martínez, O. Zamora, O. Fresneda. **Methodology:** C. Fresneda. **Supervision:** C. Fresneda, A. Martínez. **Validation:** C. Fresneda, A. Martínez. **Visualization:** C. Fresneda, A. Martínez. **Writing-original draft:** C. Fresneda, O. Zamora, O. Fresneda. **Writing - review & editing:** C. Fresneda, A, O. Zamora, O. Fresneda.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



La población de bovinos en el mundo crece con el aumento de la población humana. Así, los habitantes del planeta aumentaron desde 2,5 billones en 1950 a 6,1 billones en el 2001, mientras que la masa de bovinos creció desde 750 millones hasta 1,53 billones, y la de ovino-caprino desde 1,04 billones hasta 1,75 billones, en igual período de tiempo (Brown, 2003). Este comportamiento constituye una amenaza para las áreas ganaderas, de modo que en la actualidad los pastizales degradados en el mundo alcanzan 650 millones de ha, lo que representa cinco veces el territorio cultivado de los Estados Unidos. Si se tiene en cuenta que, prácticamente, las 4/5 partes de la producción mundial de la masa bovina-ovina caprina (52 millones de t) proviene de animales que se alimentan de pastos, es una necesidad conocer las causas de la degradación de los pastizales, así como las posibles soluciones de este problema (Brown, 2003). Cuba no se halla ajena a esta realidad. Por ejemplo, en la década del 80, los pastos mejorados representaban aproximadamente 60 % de los pastizales en el país. Hoy apenas constituyen 19 %, y algunos presentan un alto grado de degradación (Minag-Cuba, 2004). Este trabajo tiene como objetivo analizar el problema de la degradación de los pastizales, así como de su recuperación en Cuba y en otras regiones tropicales. Se ofrecen, además, alternativas que permiten introducir nuevas especies adaptadas, reemplazar las existentes y reponer las especies que están próximas a degradarse para restituir la productividad de las praderas tropicales, donde predominan especies improductivas y de poco valor nutritivo.

Los aireadores de pastizales presentan grandes ventajas tanto agrarias como económicas frente a las tradicionales técnicas de renovación, esta característica ha sido puesta al descubierto por otros países, que tratan de obtener su máximo provecho.

La tecnología de aireadores de pastizales en nuestro país no existe y su costo es elevado, en su mayoría pueden ser importados, hay que añadir que la mayor parte de los productores de pastos desconocen el accionar y ventajas de este apero debido a la escasa difusión del mismo en nuestro país

DESARROLLO DEL TEMA

Magnitud de la degradación de pastizales

La degradación de los pastizales está acompañada normalmente de la pérdida de la fertilidad natural de los suelos. Además, causa la disminución de la productividad del ganado y provoca grandes pérdidas económicas. Según la ONU, en 1991 las pérdidas causadas por la degradación de los pastos sobrepasaban 23 billones de dólares, de los cuales las 2/3 partes ocurrieron en África y Asia. Con razón se ha afirmado que la degradación de los pastos constituye la antecena de la desertificación. Los problemas más acuciantes del deterioro de los pastos se presentan en gran parte de África, norte de la India, Asia central, Mongolia, Brasil y América tropical.

La desertificación es un proceso complejo, que tiene causas humanas y naturales. Por ejemplo, en 1995, Winograd identificó que en América Latina y el Caribe la ganadería ha sido la actividad responsable del 40 % de la deforestación y creció la superficie de pastos en 21.4 millones de ha. La población ganadera se incrementó en 26 millones de animales en un período de solo 10 años. Como consecuencia de la degradación que han sufrido los pastos en esta región, la capacidad de carga decreció de 2 vacas/ha, Cuba también está afectada por la desertificación y la sequía en 14% de su territorio, para un total de 580 000 ha, distribuidas en 24 subzonas edafoclimáticas. Principalmente, la desertificación se desarrolla en áreas de ambiente seco y subhúmedo seco. Entre las principales causas de la desertificación se reconocen las de los autores siguientes: Martínez *et al.* (1984); Spain y Gualdrón (1991); Skerman y Riveros (1992); Fuentes *et al.* (1997):

- Deforestación como fuente de explotación de las riquezas naturales, para establecer nuevos cultivos y plantaciones, así como para obtener leña, carbón y madera rolliza.
- Ampliación del riego en regiones inconvenientes y utilización de las tierras con riego, aplicando tecnologías incorrectas.
- Alta concentración de ganado en los pastizales.
- Aniquilación de la vegetación perenne por el uso de la quema y del bulldócer,
- técnicas inadecuadas para la rehabilitación de los pastos.
- Bajos o ínfimos planes de reforestación con muy poca supervivencia.
- Poca aplicación de tecnologías de regeneración de las especies autóctonas.
- Reducción de la fracción de suelo cubierta de vegetación.
- Erosión y empobrecimiento del suelo por los arrastres de aguas pluviales.
- Aplicación inadecuada de técnicas en pastizales establecidos o en fomento.

Concepto de degradación

Se considera que un pasto está degradado cuando la especie deseable ha perdido su vigor y capacidad productiva por unidad de área y por animal, siendo reemplazado por áreas despobladas y especies indeseables de escaso rendimiento y valor nutritivo. Ello provoca el deterioro ecológico y económico, incompatible con sistemas ganaderos productivos. Criterios que deben considerarse para calificar un pastizal como degradado:

- Disminución de la cobertura vegetal, pequeño número de plantas nuevas provenientes de la resiembra natural.

- Disminución de la producción y calidad del forraje, inclusive en las épocas favorables de su crecimiento.
- Presencia de malezas de hojas anchas.
- Procesos erosivos del suelo por la acción de las lluvias.
- Gran proporción de malezas y colonización por gramíneas nativas.

Según [Andrade et al. \(2006\)](#), para caracterizar el grado de degradación de un pastizal ([Tabla 1](#)) se considera el porcentaje del área ocupada por plantas invasoras. Los objetivos de la rehabilitación según [Martínez et al. \(1984\)](#) y [Spain & Gualdrón \(1991\)](#) son los siguientes:

- Crear un sistema estable de producción de pastos o forrajes.
- Eliminar del sistema ecológico las especies indeseables que compiten por un nicho ecológico con las especies mejoradas.
- Restaurar el vigor, la calidad y la productividad del pastizal.
- Incrementar las poblaciones de las especies deseables, de modo que sean ellas las que predominen en el ecosistema
- Aumentar la protección del suelo ante la erosión.

TABLA 1. Grado de degradación de un pastizal

Grado de degradación	Porcentaje de áreas con especies invasoras
Productivas	0-10
Degrado leve	11-35
Degrado moderada	36-60
Degrado avanzada	61-100

Principales causas de la degradación de pastizales

Entre las principales causas de la degradación de los pastizales se pueden identificar las siguientes:

1. Uso indiscriminado de la quema: El uso frecuente y mal orientado del fuego puede perjudicar tanto al pasto como al suelo, ya que destruye toda la cobertura vegetal, dejando el suelo desprotegido hasta que rebrotan las hojas de las plantas. En ese período, en que el suelo sea que provocan arrastre de partículas que inician el proceso erosivo. Efectos negativos de la quema:

- Impide el retorno de la materia orgánica y aumenta la degradación de la misma.
- Expone el suelo a la erosión.
- Promueve la compactación del suelo. Además, la quema reduce la humedad del suelo, debido al aumento de la velocidad de escurrimiento y la evapotranspiración.

2. Más que una causa de la degradación de los pastizales, la invasión de malezas debe concebirse como una consecuencia de este proceso, ya que debido a su comportamiento oportunista las malezas ocupan los espacios que eventualmente quedan abiertos por el pasto base.
3. Las plagas y enfermedades: En el trópico existe gran número de plagas y enfermedades que atacan a los pastos, y que de cierta forma contribuyen a su degradación. Un buen ejemplo lo constituye el falso medidor y el salivazo en los pastizales.
4. Factores climáticos: Las sequías prolongadas pueden reducir el vigor y la capacidad de competencia del pasto, dejando espacios abiertos para el establecimiento de plantas invasoras. El período seco puede ser decisivo también al desencadenar el proceso de ocupación de áreas por plantas invasoras en pastos previamente empobrecido por la quema u otros factores de estrés. El exceso de humedad durante la época lluviosa también puede favorecer la proliferación de plagas y enfermedades. Además, en áreas donde la cobertura vegetal es escasa, las fuertes lluvias pueden contribuir a la pérdida de la fertilidad del suelo por erosión y lixiviación. Por otra parte, las altas precipitaciones que se producen en el trópico durante períodos cortos pueden influir en la compactación de los suelos. Una gota de agua sobre un suelo desnudo puede provocar una alta compactación.

En la [Tabla 2](#) se presentan los daños ocasionados por la invasión de salivita (*Monecphora bicinta fraterna*):

La compactación de los suelos agrícolas

Origen

Según: ([José y Enriques, 1994](#)) la compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la actividad agrícola, tienen su origen principalmente en:

TABLA 2. Evaluación de las pérdidas en bermuda cruzada en condiciones de campo, causadas por la plaga de salivita ([Barrientos, 1986](#))

Tratamiento	No. de ninfa	No. de adultos	Rendimientos, kg/ha	Perdida, %
Sin daño	6,0	1,0	3245,0 ^a	0,0
Medianamente dañado	37,0	96,0	2088,0 ^b	36,0
Muy dañado	60,0	208,0	1434,0 ^c	56,0
EE ±	-	-	0,180**	-

- Implementos de labranza del suelo.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Pisoteo de animales.

Causas

La compactación es causada por el efecto repetitivo y acumulativo producido por la maquinaria agrícola pesada y por el pastoreo excesivo, en condiciones de humedad elevada del suelo. No es específica de suelos agrarios, sino que también son susceptibles los lugares ocupados por edificios y las áreas recreativas muy frecuentadas. Existen dos tipos principales de compactación: la que se produce a poca profundidad o la que se produce a mayor profundidad, a nivel del sub suelo. La primera tiene lugar preferentemente en las fases preparatorias de la tierra para la siembra, con la utilización de fertilizantes y pesticidas.

La compactación a nivel del sub suelo es causada por la maquinaria pesada utilizada durante la cosecha y por la diseminación de restos orgánicos de origen animal con tanques de gran capacidad que poseen ejes pesados, la compactación del suelo es potencialmente la mayor amenaza para la productividad agrícola.

La incidencia de la erosión por el viento, propia de climas áridos y semiáridos, es casi siempre debida a la disminución de la cubierta vegetal del suelo, bien por sobrepastoreo o a causa de la eliminación de la vegetación para usos domésticos o agrícolas (Varillas, 2012).

Efectos

Ribes (1996), En la actualidad, debido a un mal manejo de la maquinaria agrícola es lo que ha producido una compactación de los suelos de cultivo, observando que en nuestro medio hay un aumento de la densidad aparente, la resistencia mecánica y una destrucción de la estructura del suelo. Una baja porosidad del suelo, produce una aireación y oxigenación menor, lo que incide en una disminución de absorción de nutrientes y agua, agravándose este fenómeno cuando se da riegos excesivos, produciéndose un ahogo y muerte de las raíces.

Los efectos que la compactación produce, se traducen en un menor desarrollo del sistema radical de las plantas la compactación modifica la actividad bioquímica y microbiológica del suelo. El mayor impacto físico que se produce, es la reducción de la porosidad, lo que implica una menor disponibilidad tanto de aire como de agua para las raíces de las plantas. Al mismo tiempo, las raíces tienen más dificultad en penetrar en el suelo y un acceso reducido a los nutrientes. La actividad biológica queda de esta forma, sustancialmente disminuida. Otro efecto de la compactación es el aumento de la escorrentía, disminuye la capacidad de filtración del agua de lluvia. Esto incrementa el riesgo de erosión producida por el agua y la pérdida de las capas superficiales de suelo y la consiguiente pérdida de nutrientes. Existen cálculos estimativos sobre la pérdida de productividad de las cosechas debido a este fenómeno

que en el caso de la compactación de la superficie de suelo alcanza valores de hasta el 13% mientras que la compactación del sub suelo puede ocasionar pérdidas de entre un 5-35% (Martínez et al., 1992).

Prevención

Walter et al. (2020), Reporta, uno de los mayores problemas es el remediar la compactación del suelo, ya que implica altos costos, por lo tanto, es mejor evitar con un adecuado manejo de suelos y de la maquinaria agrícola. Entre los factores para que este fenómeno no llegue a niveles que afecten la productividad de la especie cultivada, están los siguientes:

La Maquinaria

Los factores que se describen, deben ser controlados, para mitigar los efectos que por mal uso de Maquinaria en las labores agrícolas se dan:

- Peso de la maquinaria: a mayor lastre de la maquinaria se presenta un mayor riesgo de compactar el suelo alcanzando profundidades mayores de tupimiento.
- Ancho y Presión de inflado de los neumáticos: A mayor área de los neumáticos (neumáticos más anchos) y menor presión de inflado, la compactación sobre el suelo es menor.
- Patinaje de las ruedas: Mientras exista tracción a los implementos de parte del tractor, el fenómeno del patinaje siempre va estar presente, lo que es necesario minimizarlo en función de su peso, estado de suelo, dando como valores permisibles del 15 - 18 % para suelos compactos y del 25 - 30% para suelos friables.
- Velocidad de trabajo: cuando la presión sobre el suelo es mantenida por un mayor tiempo el fenómeno de compactación tiene una mayor posibilidad de producirse, por lo que sería adecuado realizar las labores a una velocidad lo más alta posible. Además, el número de pasadas que se planifique, deberán ser las mínimas necesarias, ya que un mayor tiempo de permanencia de la maquinaria en el campo contribuye a una mayor compactación.
- Profundidad de trabajo del implemento de laboreo de suelos: se recomienda variar la profundidad de laboreo y/ o aireación utilizando implementos afines para dichas labores.

Factores relacionados con el suelo

Los factores o propiedades físicas que se relacionan directamente con la condición de un suelo, la textura, tipo y estabilidad de la estructura, densidad aparente, carga histórica, resistencia a la deformación. El contenido de humedad del suelo se relaciona con un mayor contenido de agua, el suelo puede deformarse y compactarse con menores presiones recibidas. Por lo tanto, las labores deben realizarse con el suelo lo más seco posible.

Medidas para evitar el problema

Es necesario recurrir a ciertas recomendaciones que ayuden a minimizar el problema de compactación en pastizales, de manera que los rendimientos se mantengan en niveles de productividad y no afecten a mermas significativas de disponibilidad de alimento para el ganado y entre estas se citan las siguientes:

- Incorporación de materia orgánica al suelo: la materia orgánica incorporada al suelo actúa directa e indirectamente favoreciendo la formación y la estabilidad de la estructura del suelo, lo que puede ayudar a prevenir la compactación.
- Uso de cubiertas vegetales: la penetración de las raíces y su posterior muerte producen poros continuos que ayudan al movimiento del aire y el agua en el suelo. Por medio de la cubierta vegetal, se incorpora también materia orgánica.
- Uso de camellones para la huella del tractor: al construir camellones para el paso de las ruedas de la maquinaria se evita que el efecto de la compactación llegue a mayor profundidad.
- Uso de pistas de circulación: al ubicar pistas exclusivas para el tránsito de la maquinaria se puede evitar el paso innecesario de maquinaria por la superficie del suelo.
- Ajustar maquinaria a una misma trocha: esta medida está orientada a reducir el área que es usada por la maquinaria, manteniendo una sola huella para el paso de las ruedas.

Correctivos para la compactación

[Navarro \(2020\)](#), aseguran que, para mitigar la compactación de un suelo, se pueden dar medidas correctivas como: el subsolado, aireado y medidas complementarias, que tienen efectos en el suelo, a mediano y largo plazo. El primero es una labor que va de 30 a 70 cm de profundidad y se lo realiza con un subsolador o cincel, en caso de labores de mantenimiento y roturas superficiales de zonas compactadas se recurre a aireadores, cuya profundidad de corte puede llegar a los 20cm, teniendo como implementos a sistemas de corte vertical mediante cuchillas rotativas y para complementar se incorpora restos vegetales, con el fin de suministrar materia orgánica al suelo.

Si la compactación que existe en un lote es superficial se puede solucionar relativamente fácil con roturación del suelo en los primeros 5 cm. usando rodillos aireadores o rastras rotativas. Si la compactación es en profundidad se deben realizar roturaciones hasta por lo menos 40cm., de profundidad usando principalmente escarificadores o subsoladores con los que se va rompiendo la capa endurecida para permitir la infiltración del agua y el paso de las raíces a través de los agrietamientos producidos. Hoy en día las descompactaciones por debajo de la profundidad normal del arado son difíciles de resolver y de alto

costo económico. Antes de utilizar el subsolador se debe identificar a qué profundidad está la compactación y pasarlo 5 a 10 cm. por debajo de la misma, y con el suelo lo suficientemente seco. Si se hace un subsolado cuando el lote tiene la humedad del suelo a capacidad de campo se puede crear más compactación en vez de eliminarla.

El subsolado es una labor de elevado costo y por lo tanto debe hacerse sólo cuando las características del suelo lo justifican, antes de tomar la decisión de hacer esta labor debe estudiarse con detención el perfil del suelo, determinando la presencia de estratos de suelo compactados, analizando su ubicación y distribución espacial en el lote ([Walter et al., 2020](#)).

Aireación de los suelos agrícolas

[Gutierrez et al. \(1987\)](#) indican, la aireación del suelo se refiere al abastecimiento de oxígeno para el buen desarrollo de los microorganismos y de las raíces de las plantas que posee el suelo. En otras palabras, es el cambio que se produce entre los gases del suelo y los gases de la atmósfera. Entre los factores importantes para un buen desarrollo de las plantas, está la aireación del suelo, ya que los poros de este contienen una mezcla de agua y gases, constituyendo la atmósfera del suelo.

Importancia de la aireación del suelo en pastizales

[Da Silva & Kay \(1994\)](#) indican que, la aireación periódica de la tierra es fundamental para mantener sanas las tierras de cultivo. La salud de las cosechas o pastizales para el ganado depende de permitir a las plantas y hierbas formar redes de raíces profundas y fuertes. La tierra compactada es el resultado del paso de tractores y animales grandes que la aplastan, lo que inhibe el crecimiento de las raíces y la formación de microorganismos benéficos al colapsar las bolsas de aire necesarias. La formación de paja tiene los mismos efectos. En consecuencia, el proceso de reiniciar de agujeros de aire al hacer orificios en la tierra tiene un efecto saludable en el crecimiento de la flora agrícola al promover el crecimiento de las raíces y la mejora del riego. Los momentos óptimos para airear la tierra dependen del cultivo y de su temporada de crecimiento habitual.

Composición gaseosa del aire del suelo

[Valenzuela \(2022\)](#), explica, la composición gaseosa del suelo es la siguiente:

Oxígeno

Por encima de la superficie del suelo, la atmósfera contiene cerca de 21% de O₂, 0,035% de CO y más de 78 % de N₂.

En comparación, el aire del suelo tiene más o menos el mismo nivel de N, pero siempre tiene menos O y más CO₂. En las capas superiores de un suelo con una estructura estable y abundancia de macroporos, el contenido de O₂ puede estar sólo ligeramente por debajo de 20%.

En los horizontes inferiores de un suelo pobremente drenado, con pocos poros, puede caer a menos de 5%, o incluso hasta cerca de cero. Cuando la provisión de O₂ está virtualmente agotada, se dice que el ambiente del suelo es anaeróbico.

Los contenidos bajos de O₂ son típicos de los suelos mojados. Aunque en los suelos bien drenados, después de lluvias fuertes, el contenido de O₂ del aire del suelo puede disminuir marcadamente, especialmente si está siendo consumido rápidamente por raíces de plantas en Crecimiento muy activo o por microorganismos que descomponen materiales orgánicos convenientemente disponibles. Así, cuando el suelo está caliente el oxígeno se agota más rápidamente.

Afortunadamente, en muchos suelos el agua contiene cantidades pequeñas, pero significativas, de O₂N disuelto. Cuando todos los poros del suelo están llenos de agua, los microorganismos pueden extraer, para su metabolismo, la mayor parte del oxígeno disuelto.

Sin embargo, esta pequeña cantidad de O₂ disuelta se agota rápido, por lo que si no se quita el exceso de agua peligran la actividad aeróbica de los microorganismos y el crecimiento de las plantas.

Dióxido de carbono

Debido a que el contenido de N₂ del aire del suelo es relativamente constante, hay una relación general inversa entre los contenidos de los otros dos componentes principales -O y CO-decreciendo el O a medida que el CO₂ aumenta. A pesar de que las diferencias absolutas de las cantidades de CO₂ pueden no ser considerables, al compararlas son significativas. Así, cuando el aire del suelo contiene sólo 0,35% de CO₂, este gas está alrededor de 10 veces más concentrado que en la atmósfera. Cuando la concentración de CO₂ se hace tan alta como 10%, puede resultar tóxica para algunos procesos de las plantas.

Otros gases

Usualmente el aire del suelo tiene contenidos mayores de vapor de agua que la atmósfera, en los hechos, está saturada, salvo en la superficie o en su proximidad inmediata. En condiciones de anegamiento, las concentraciones de ciertos gases que se forman por la descomposición de la materia orgánica, como el metano (CH) y el sulfuro de hidrógeno (H₂S) son también notablemente más altas en el aire del suelo. Otro gas producido por el metabolismo microbiano anaeróbico es el etileno (CH₂). Este gas es particularmente tóxico para las raíces de las plantas, aunque esté en concentraciones más bajas que 1 μL/L (0,0001%). Se ha demostrado que cuando las velocidades de intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera son demasiado lentas, la acumulación de etileno inhibe el crecimiento de las raíces de numerosas plantas.

La tecnología mecánica de renovación de praderas

Técnicas para la recuperación de los pastizales

La recuperación o rehabilitación de un pastizal consiste en la restitución de su capacidad productiva por unidad de área y por animal, hasta alcanzar grados ecológicos y económicos aceptables. El término rehabilitación supone la presencia de una o más especies forrajeras deseables que son susceptibles a ser conservadas, estimuladas o complementadas (Spain & Gualdrón, 1991). De ahí que, en el momento de aplicar alguna labor de recuperación del pastizal se debe tener en cuenta que las especies deseables tengan una aceptable composición botánica. Entre las técnicas más utilizadas para la rehabilitación efectiva de pastizales degradados se encuentran: - Subsolación doble. - Aradura - Aradura + grada - Aradura + grada + materia orgánica - Aradura + grada + fórmula completa (0.5 t/ha) Entre ellas, las de menor relación costo-beneficio y mayor impacto técnico- económico son las de aradura + grada y aradura + grada + fertilización con fórmula completa. Se han identificado diversas razones que justifican la preferencia por el uso de técnicas de recuperación y rejuvenecimiento de pastizales degradados quinquenio 1998 - 2003, se degradaron aproximadamente 27 %, para un total de 70 000 ha, lo que produjo pérdidas económicas de 25 700 pesos en ese período (Minag-Cuba, 2004). Entre las ventajas de la rehabilitación con respecto a la siembra nueva de pastos degradados se pueden encontrar las siguientes: - No se necesita de semillas y puede representar un ahorro de hasta 43 % de los costos de plantación cuando se utiliza semilla vegetativa para la siembra. - Se reduce el tiempo de recuperación del pasto y se logra un mejor uso de la tierra. - Se obtienen producciones de biommasas similares entre siembra y rehabilitación, por lo que se reducen los costos/t de MS producida cuando se rehabilitan los pastos. - Se evitan los efectos dañinos de la erosión eólica. - El costo de rehabilitación del pasto Cuba CT-115 con la aplicación de aradura más grada puede reducirse entre 3.1 y 8.7 veces en relación con las plantaciones nuevas, en dependencia de que se aplique o no fertilización química. La Tabla 3 muestra la ventaja económica de la rehabilitación con respecto a la siembra nueva para varias especies de pastos en estado de degradación.

Cascajosa (2005), plantea que la intervención mecánica para renovar praderas degradadas puede desarrollarse mediante varias operaciones, las cuales dependen de la condición de la postura, del suelo y de las condiciones agroclimáticas del lugar. Aunque se han usado rastreras de discos y otros implementos tradicionales para la renovación, algunos implementos que no invierten el perfil del suelo, y que están basadas en herramientas verticales consiguen mejores resultados.

Equipos

Cascajosa (2005), explica que en el mercado internacional se han desarrollado máquinas e implementos para la renovación de praderas, las cuales pueden realizar solo el corte del suelo y del césped o incluir aplicación de abonos y semillas.

TABLA 3. Costo de la siembra nueva o de la rehabilitación para varios pastos degradados, pesos cubanos (Padilla & Febles, 2007)

Especies	Siembra	Rehabilitación	Diferencias
Guinea likoni fertilizada	303,58	120,19	183,39
Guinea likoni sin fertilizar	225,79	91,87	133,91
Pasto estrella fertilizado	304,79	12,19	184,60
Pasto estrella sin fertilizar	227,62	91,87	135,75

Renovador de praderas con “Paratill”

Lozano (2004), explica que la herramienta consiste en pares de brazos estacionarios que se ajustan en la barra de tiro. En frente de estos tiene un cortador que pasa a través del césped y de los residuos vegetales. Las observaciones han mostrado que este deja una superficie de suelo aún más suave que un arado de cinches o un subsolador parabólico.

El Paratill, levanta el suelo en vez de presionarlo y da mejor resultado cuando hay un contenido de humedad cercano al 50% o menos de la capacidad de campo, con un suelo bien drenado, pero no muy seco. En estas condiciones el césped queda casi intacto y el suelo estalla a lo largo de los planos de deslizamiento naturales produciéndose pocos terrones sueltos. Con un suelo más seco habrá terrones más grandes. Pero si está muy húmedo, habrá acumulación de rastrojo frente al Paratill y no habrá estallido del suelo.

Cascajosa (2005), reporta el Paratill incrementa en 13% el rendimiento de materia seca en el primer corte, pero no afecta significativamente los rendimientos después de esto

Renovador de praderas con cinceles

Cascajosa (2005), El arado cincel es una herramienta de labranza vertical que permite labrar el suelo, sin invertirlo entremezclando superficialmente los restos vegetales. El arado de cinceles es una herramienta óptima que permitirá efectuar labores conservacionistas, además de favorecer ciertos procesos como la mejor infiltración del agua de lluvia, reducción del planchado, mejor conservación de la humedad, reducción de la erosión, etc.

Consta de una determinada cantidad de arcos de acero (cada cincel insume entre 7 y 10 HP para ser fraccionado), separados generalmente a 35 cm uno de otro, y en sus extremos inferiores se les coloca una púa de acero endurecido.

Este implemento se pasa por el campo a una profundidad de entre 18 y 25 cm, se estima conveniente su uso a una velocidad de entre 7 y 10 km/h. Son herramientas de fácil regulación, de mantenimiento mínimo.

Lozano (2004), menciona el equipo especializado en Colombia para la renovación de praderas es un arado de cinceles, montado de tal forma que no permite que el césped se levante. Su objetivo principal es romper las capas compactas de suelo a diferentes profundidades y airearlo atravesando la capa de pasto, sin invertir el perfil.

La profundidad de operación de los cinceles puede ser hasta de 60 cm. Esta depende de la profundidad a la que se encuentren, si hay, capas compactas. Además, los cinceles ayudan a oxigenar el suelo, haciendo estallar los terrones en frente de la herramienta.

El corte hecho al césped ayuda a su renovación, este se desarrolla limpiamente gracias a los discos cortadores que van delante de los cinceles.

Estos rebanan la pradera y permiten que los cinceles penetren sin levantar la capa de pasto.

Los renovadores de praderas comerciales están provistos con un mecanismo dosificador de agroquímicos. Este se acciona por una rueda guía en contacto con el suelo que transmite el movimiento por una cadena al dosificador de la tolva de almacenamiento. El agroquímico es depositado en el surco abierto por los cinceles según la calibración.

Renovador de praderas japonés

Ortiz-Cañavate (2012), indica que en 1993 desarrollaron un equipo que incluye varias operaciones: Prepara una banda angosta sobre la cual aplica fertilizantes, resiembra y cubre el suelo, compactándolo. La preparación se hace hasta 10 cm mediante un mecanismo de cuchillas rotativas fijas a un eje rotativo.

Los elementos activos son 4 cuchillas en forma de L y 2 cuchillas rectas, con las cuales se logra un perfil en el suelo en forma de T de 6 cm de acho por 10 cm de profundidad.

- Mientras la cuchilla recta ablanda el suelo cortando la raíz, la cuchilla en forma de L hace un hueco suficientemente ancho para la cama de la semilla. La potencia para las unidades de siembra y fertilización provienen de una rueda que va al suelo.
- La rueda compactadora actúa solo sobre el agujero debido a la acción de un resorte independiente

Lozano (2004), explica que la máquina, de montaje integral, opera a un ancho de 2,16 m y es halada por un tractor de 60 HP. La unidad rotativa labra un ancho de cerca de 5 cm cada 27 cm. Posee 2 mecanismos de siembra para cada fila para sembrar diferentes tamaños de semilla. wq

Tiene 8 ruedas de presión con resortes independientes para presionar los surcos de la semilla.

La calibración de la semilla se hace igual que en una sembradora de grano fino. Además, se pueden sembrar diferentes tamaños de semillas, desde leguminosas hasta forrajes.

Esta consiste en el uso de implementos con cuchillas rotativas para hacer la cantidad necesaria de escarificación y sembrar leguminosas sobre una pradera existente. Las cuchillas cortan surcos a través de la hierba en el suelo. Los puntos de corte de las cuchillas tienen una superficie de carburo de tungsteno para trabajo en suelos pesados o pedregosos.

Renovador de praderas de acción vertical “AerWay”

Ortiz-Cañavate (2012), expone que una máquina interesante es el llamado “AerWay” usada ampliamente en Norteamérica y varios países europeos.

Consiste básicamente en una estrella de cuchillas que giran libremente alrededor de un eje. Su movimiento se origina al avanzar sobre el suelo. Las cuchillas están dobladas un pequeño ángulo en el sentido perpendicular al avance. Con esta herramienta se hace aireación y escarificación al mismo tiempo.

Algunos modelos comerciales permiten una barra de herramienta para alojar desde 1 hasta 4 filas de discos, además puede tener anchos desde 3,60 m hasta 7,9 m.

Consideraciones generales

- Para la recuperación de los pastizales se deben tener en cuenta los factores químicos y físicos del suelo, la especie, el tipo de suelo y el grado de degradación de las especies que se proponen restaurar. La experiencia en Cuba indica que las labores mecánicas al suelo son eficientes cuando se precisan la época, el pasto y las malezas que se eliminan del ecosistema.
- La aplicación de la aradura + grada es la labor mecánica que más efecto positivo ha tenido en la recuperación de pastizales de gramíneas, tanto en investigaciones científicas como en la práctica productiva.
- La aradura + grada, como mínima labranza al suelo, constituye una opción técnico- económica para la recuperación de pastizales de gramíneas tropicales.
- En Cuba, el uso de la aradura + grada o de la aradura sola resulta el método más eficiente para la recuperación de pastizales de las especies del género *Cynodon* y *Panicum*, cuando se aplica al suelo después de estabilizado el período lluvioso. Esta labor cultural puede combinarse con la aplicación de fertilizante químico u orgánico, cuando la degradación del pastizal fue provocada por la carencia de nutrientes en el suelo.
- El empleo de las labores de aradura + grada, solas o combinadas con la aplicación de fertilizante, también resulta un método eficiente para el control del espartillo en pastizales degradados.
- Otro aspecto que se debe tener en cuenta es la ventaja técnico- económica que posibilita la rehabilitación de pastizales con respecto a las siembras nuevas.
- El uso de labores de aradura + grada, después de estabilizadas las precipitaciones y con las poblaciones adecuadas, constituye una opción que no debe descuidarse por parte del productor primario, debido a los beneficios que representan, a corto plazo, para una finca o empresa.

CONCLUSIONES

La degradación de los pastizales normalmente es la pérdida de la fertilidad natural de los suelos su-

causa disminución de la productividad del ganado y provoca grandes pérdidas económicas, con razón se ha afirmado que la degradación de los pastos constituye la antesala de la desertificación, Cuba también está afectada por la desertificación y la sequía en 14 % de su territorio la desertificación se desarrolla en áreas de ambiente seco y subhúmedo seco. La deforestación como fuente de explotación de las riquezas naturales, para establecer nuevos cultivos y plantaciones, así como para obtener leña, carbón y madera rolliza, la aplicación de tecnologías incorrectas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.; FERREIRA, M.; BATISTA, J.; ANDRADE, M.; CARNEIRO, A.: “Sistema de Produção de Forragens: Alternativas para la sustentabilidade da Pecuária”, En: *Anais de Simposios da, Anais de simposio da 43 Reanido Anual de SBT_Joao Pessoa_PB2006*, vol. 43, 2006.
- BARRIENTOS, A.: *Control de Plagas. En: Tecnologías para la ganadería vacuna. Principales resultados científico-técnicos*, Inst. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba, La Habana, Cuba, 55 p., 1986.
- BROWN, L.: *Pastos mundiales se deterioram solo pressão crescente, [en línea]*, 2003, Disponible en: <http://www.wwluma.org.br>.
- CASCAJOSA, M.: *Ingeniería de labranza*, Ed. Tébar, . México D.F., 96-101 p., 2005.
- DA SILVA, A.; KAY, B.D.: “Effect of water content variation on the least limiting water range of soils from properties and management”, *Soil Sci. Am. Journal*, 61: 884-888, 1994.
- F G, J.; P J, E.: *Principios Básicos del riego por superficies*, no. ser. Num-10-11/94 HD, 1994, ISBN: 84-491-0262-6.
- FUENTES, A.; CASTELLANO, N.; PENAS, J.: “Proceso de la desertificación y la Sequía en Cuba”, En: *III Conferencia Regional de América Latina y el Caribe sobre la lucha contra la desertificación. La Habana, Cuba*, vol. 4, p. 7, 1997.
- GUTIERREZ, E. m; GALAVIZ, S.A.; CASTRO, D.A.: *Variación de la textura, densidad, porosidad y otras propiedades físicas de los sedimentos del talud continental al SW de la península Baja California*, Inst. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, México, México, 1987.
- LOZANO, O.F.: *Nuevos conceptos y estrategias para la renovación de praderas degradadas en el trópico alto colombiano*, 2004.
- MARTÍNEZ, H.; PADILLA, C.; SISTACH, M.: “Labores de cultivo para el mejoramiento de los pastos”, *Revista ACPA*, 8: 38, 1984.
- MARTÍNEZ, J.; NOGUERA, P.; NÉSTOR, P.; WILHEMUS, C.; TYRONE, J.; CASANOVA, A.: “Efecto de la compactación del suelo sobre la producción de forraje en pasto guinea (*Panicum maximum Jacq.*)”, *Revista de la Facultad de Agronomía-Universidad del Zulia*, 2(3): 97-108, 1992.

- MINAG-CUBA: *Informe de la comisión ministerial sobre recuperación de la ganadería*, Inst. Ministerio de la Agricultura (MINAG), Dirección Nacional de Ganadería. Grupo Nacional de Ingeniería en la Ganadería, La Habana, Cuba, La Habana, Cuba, 19 p., 2004.
- NAVARRO, S.J.H.: *Compactación de los suelos*, Inst. Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ingeniería en construcción, Valparaíso, Chile, 2020.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J.: *Tractores técnica y seguridad*, Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 121-132 p., 2012, ISBN: 84-8476-520-2.
- PADILLA, C.; FEBLES, G.: “Opciones Técnicas económicas para la recuperación de pastizales y control de malezas.”, En: *IV. Forum Latino Americano de Pastos y Forrajes. II Congreso Internacional de producción Animal*, Ed. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 2007.
- RIBES, D.M.: *Estudio de la compactación de los suelos sometidos a un proceso de nivelación laser*, Ed. Universitat de Lleida, 1996, ISBN: 84-89727-64-3.
- SKERMAN, P.; RIVEROS, F.: *Gramíneas tropicales*. Colección FAO: *Producción y potencial vegetal*. No. 23, no. 23, Inst. Org. Nac. Uni. Agr. Alim.(fao), Roma, Roma, Italia, 1992.
- SPAIN, J.M.; GUALDRÓN, R.: “Degrado y rehabilitación de pasturas”, En: *Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de investigación*. Cali: CIAT, Red internacional de evaluación de pastos tropicales. Sexta reunión Comité Asesor CIAT. Cali, Colombia, Cali, Colombia, pp. 269-283, 1991.
- VALENZUELA, B.G.I.: *Balance de carbono de dos agroecosistemas en un suelo del distrito de riego del Río Zulia, departamento norte de Santander-Colombia*, Ibonne Geaneth Valenzuela Balcázar, 2022.
- VARILLAS, R.P.E.: *Desertificación en el altiplano Andino Peruano: Comparación de manejo del territorio por las sociedades pretéritas*, 2012.
- WALTER, R.A.J.; GÓMEZ, E.J.; FATECHA, D.A.F.; LEGUIZAMÓN, C.A.R.: *Compactación del suelo y su efecto en el crecimiento vegetativo de soja, maíz y guandú*, Investigación Agraria, Inst. Universidad Nacional de Asunción Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay, 2020.

Carlos Fresneda-Quintana, MSc., Profesor Auxiliar. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Cuba. e-mail: cfresneda291@gmail.com, Tel: +53 43595541 - MOVIL: 56284628.

Arturo Martínez-Rodríguez, Dr.Cs., Profesor e Investigador Titular, Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH). Cuba. e-mail: armaro646@gmail.com, Tel: +53 59874467.

Odalys Zamora-Díaz, Dra., Profesora Instructora, Universidad de Ciencias Médicas “Raúl Dorticó Torrado” Cuba. e-mail: odalyszd2@gmail.com Tel: +53 43595541.

Odalys Fresneda-Zamora, Dra., Profesora Instructora, Universidad de Ciencias Médicas “Raúl Dorticó Torrado” Cuba. e-mail: odalys.8504@gmail.com Tel: +53 43595541- MOVIL: 55418792.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.