

Pastoreo Racional Voisin con dosis única de emulsión asfáltica y roca fosfórica en suelos ácidos de baja fertilidad natural

Alonso D. Ojeda¹, Olgioy Domínguez-Quintero², Dalemys Suarez²

¹IZET, Centro de Ecología Aplicada, Laboratorio de Agroecología, Facultad de Ciencias. E-mail: alonso.ojeda@gmail.com

²Escuela Básica, Laboratorio de Investigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

Resumen: Un sistema de manejo agroecológico de Pastoreo Racional Voisin (PRV) fue establecido el año 2013, en la unidad de producción El Curay, en Venezuela, mediante división del área de las pasturas en más de 60 potreros. Esto permitió triplicar los rendimientos en pasto y leche desde el primer año de su fomento, al aumentar la carga animal de 1,2 a 3,7 UGM ha⁻¹ los años 2015-2016 y a 4,3, el año 2017. Los tratamientos experimentales: emulsión asfáltica (EA) con dosis única de 1,5 Mg ha⁻¹ diluida 1:6 partes de agua; roca fosfórica (RF) con dosis única de 440 kg ha⁻¹; emulsión asfáltica más roca fosfórica (EA+RF), con las mismas dosis anteriores, control-PRV, sin enmienda y testigo, sin pastoreo, con cuatro réplicas de campo, se establecieron en 16 potreros seleccionados al azar, en los cuales se realizaron muestreos periódicos de vegetación y suelo, para determinar rendimientos en materia seca (MS) y las fracciones lábiles de fósforo (P), mediante un procedimiento de extracción secuencial de P. Los más altos rendimientos de MS en kg/ha año⁻¹ de los pastos *B. brizantha* y *B. ruziziensis*, correspondieron a los tratamientos: EA (29.990-50.453) y EA+RF, (48.119-36.056) en comparación con el control-PRV (19.799-26.635) y RF (22.454-23.326), para los años 2015 y 2016, respectivamente. El testigo sólo presentó crecimiento de la vegetación secundaria. La aplicación de una dosis única de EA, como estrategia para acelerar los incrementos regulares en el tiempo y una producción sostenida, en suelos ácidos de baja fertilidad natural, mostró un incremento anual de 40,6% en MS, que representó 23,8 t ha⁻¹ año, relacionado principalmente al efecto de la emulsión asfáltica sobre las propiedades físicas de la capa más superficial del suelo; mientras que el tratamiento control-PRV, registró un incremento de 25,7%, 6,8 t ha⁻¹ año, asociado al manejo agroecológico de las pasturas. Por el contrario, los tratamientos con fuentes inorgánicas de P, RF y EA+RF, mostraron un incremento sólo de 3,7% y un decrecimiento de -33,5%, respectivamente. Los resultados demuestran que el PRV provee una alta fertilidad fosfórica; y que la EA, no modificó significativamente los contenidos de P de las fracciones lábiles en la capa superficial (0-3 cm) en estos suelos. Las fracciones lábiles de P en los tratamientos, control-PRV y EA, presentaron los valores más bajos, en comparación con los tratamientos bajo la influencia de la RF, pero en el rango alto de fertilidad fosfórica de acuerdo al criterio de Olsen. Lo anterior, desplaza al fósforo, como principal factor limitante de la productividad primaria en los suelos ácidos, bajo las condiciones de manejo de este trabajo, ya que los incrementos en los rendimientos se asociaron al manejo agroecológico de las pasturas en PRV, y particularmente a la EA, que indujo significativos efectos físicos sobre la formación de neoestructuras y la retención de humedad.

Palabras-claves: Pastoreo Racional Voisin, suelos ácidos, emulsión asfáltica, roca fosfórica, biofertilidad.

Introducción

En los últimos 200 años, la producción intensiva de alimentos en el mundo, se incrementó en base al mejoramiento genético, al uso de insumos agroindustriales (fertilizantes solubles y agrotóxicos) y, de arados y rastras, en grandes extensiones de los suelos agrícolas del planeta. Esta ruta de intensificación capitalista ha estado asociada a un deterioro ambiental, local y global, a numerosos problemas de salud humana y a crecientes costos de producción y dependencia agroindustrial, todo lo anterior, muy bien documentados en la literatura internacional especializada (Howard 1943; Voisin 1994; Chaboussou 1987; Widdowson 1993; Faulkner 1945 y Lavelle, 2000).

El Pastoreo Racional Voisin (PRV) es una tecnología agroecológica para la producción intensiva de alimentos limpios, que tiene como base las leyes universales del pastoreo (Voisin 1994) y el manejo integral agroecológico (Pinheiro-Machado 2011; y Pinheiro-Machado y Pinheiro-Machado Filho 2014), sin uso de agrotóxicos, ni de fertilizantes solubles y sin agredir los suelos con pases de rastra o de arado. La Figura 1, muestra las bondades del PRV sobre la dependencia agroindustrial, el cambio climático, la biofertilidad, la biocenosis de los suelos, la economía del agua, los costos de producción y los rendimientos sostenidos durante todo el año.

La respuesta diferenciada de los sistemas intensivos, agroindustriales y agroecológicos de PRV, en suelos ácidos de muy baja fertilidad natural y amplia distribución en el Trópico, es que los primeros, ofrecen una respuesta rápida con efectos de corta duración, alto impacto ambiental; y fuerte y onerosa dependencia agroindustrial, mientras que los segundos, ofrecen una respuesta paulatina, no dependiente, bajos costos de producción y sostenido incremento de la biofertilidad y los rendimientos. Por esta razón, el principal objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la emulsión asfáltica (EA) y la roca fosfórica (RF) en dosis únicas, al inicio del fomento del PRV, como aceleradores de los cambios en la producción de MS, en un suelo ácido, frecuentemente asociados a una baja fertilidad fosfórica, como principal factor limitante de la productividad primaria y secundaria en los ecosistemas tropicales.



Figura 1. Bondades de la tecnología agroecológica de PRV con dosis única de emulsión asfáltica.

Materiales y Métodos

La unidad de producción El Curay, dedicada a la producción de leche de ganadería bufalina, mestizos Murrah y Mediterráneo, está ubicada en el estado Barinas, en el municipio Barinas, en la confluencia de los ríos Santo Domingo y Calderas, bajo las coordenadas UTM: E 356857 y N 963618, al este de la población de Quebrada Seca. La terraza El Curay, constituye un paisaje singular debido a la intensa erosión fluvial que configuró desniveles de hasta 200 m entre los cauces actuales y el plano de las acumulaciones de sedimentos aluviales, pedregosos, de carácter torrencial, pertenecientes al Cuaternario Inferior.

El clima de acuerdo a la clasificación de Köppen, corresponde a bosque tropical lluvioso monzónico (Amw'gi); subtipo, selva tropical lluvioso, caracterizado por la presencia de una estación seca de corta duración e isothermas anuales de 24 y 26 °C. El registro de precipitación promedio mensual y anual (2.100 mm) de la estación meteorológica de Quebrada Seca (1950-1998) muestra que el 93,4% de las lluvias se concentran de abril a noviembre y sólo el 6,6% se produce entre diciembre y marzo.

Los suelos presentan en los primeros 20-30 cm de profundidad, textura franco-arcillo-arenosas y francas, con predominio de las primeras, con acumulación de arcilla por eluviación en los horizontes sub-superficiales, lo que determina una lenta permeabilidad en el perfil, pH medianamente ácidos, muy bajos contenido de fósforo y magnesio, y medianos de calcio, nitratos y amonio (Ruiz-Tirado, 2000).

Las emulsiones asfálticas tipo aceite en agua, contienen compuestos de hidrocarburos aromáticos con cadenas laterales parafínicas en grado variable, son sustancias policíclicas de alto peso molecular (>5000), aglomeradas en forma de partículas sólidas, que se asemejan a

los ácidos húmicos en sus altos contenidos aromáticos. Estos sólidos son dispersos en agua mediante el uso de surfactantes aniónicos o catiónicos que permiten generar emulsiones asfálticas estables. Estas sustancias, son de bajo costo en países productores de petróleo y constituyen subproductos de la industria petrolera; contienen 60% de agua, lo que le otorga importantes ventajas para su aplicación en frío, porque no requieren ningún proceso térmico previo, que genere emisiones de sustancias volátiles a la atmósfera y pueden usarse en amplias extensiones agrícolas, por la facilidad para su aplicación en campo con equipos sencillos de aspersión manual o industrial. Su aplicación a los suelos no se estima necesaria en forma recurrente, sólo la aplicación para activar la biocenosis de los suelos, con dosis única menor a 0,08% para una capa de suelo de 20 cm de profundidad. Son sustancias que pueden ser utilizadas en sistema de agricultura en pendiente, para reducir los procesos de erosión hídrica; como sustancias quelatantes de metales, para reducir la acidez potencial en los suelos y la adsorción específica de los fosfatos, lo que resulta de especial importancia en los suelos tropicales, caracterizados por la presencia de altos contenidos de oxi-hidróxidos de hierro y aluminio (Ojeda-Falcón, *et al.* 2012).



Figura 2. Tratamientos experimentales: EA (34, 38), RF (14, 55), EA+RF (17, 35), control (10, 24) y testigo (51). Los números entre paréntesis, identifican la distribución espacial de cada uno de los potreros.

La Figura 2, muestra el diseño experimental que incluyó cuatro tratamientos e igual número de réplicas de campo, distribuidos al azar en 16 potreros de producción. Los tratamientos: emulsión asfáltica (EA), roca fosfórica (RF), EA+RF y control-PRV, corresponden a: 1,5 Mg/ha de emulsión asfáltica catiónica, diluida 1:6 partes de agua; 440 kg ha⁻¹ de roca fosfórica Riecito; la aplicación conjunta de emulsión asfáltica y roca fosfórica con dosis similares a las anteriores; y el control experimental PRV, sin enmiendas, respectivamente. Los tratamientos con emulsión asfáltica y roca fosfórica, solo recibieron una dosis única el 14 de febrero de 2015. Los muestreos de suelo y vegetación, se realizaron durante un año en los periodos de mínima y máxima precipitación en tres puntos aleatorios, de un universo de 81 puntos posibles en cada uno de los ensayos. En cada punto de muestreo se utilizó un marco metálico de un metro cuadrado. Se determinó la composición botánica de

la vegetación. El pasto se cortó a ras del suelo, se pesó todo el forraje y luego se tomó una sub-muestra, la cual se pesó nuevamente y se colocó en una bolsa de papel previamente identificada y se llevó a 60 °C en estufa, para obtener el peso seco y expresar el rendimiento en kg de materia seca (MS). Para determinar las fracciones lábiles de P inorgánico: P-agua, P-resina y P-soluble en bicarbonato de sodio a pH 8,5, se realizó un procedimiento de extracción secuencial de P (Hedley, *et al.*, 1982), en 6 réplicas de suelo/tratamiento, de 0-3 cm de profundidad, con excepción del tratamiento testigo, que sólo incluyó 3 réplicas de suelo. Los resultados fueron tratados en base a un ANOVA de una vía ($p < 0,05$).

Resultados y Discusión

Efecto del Pastoreo Racional Voisin sobre la capacidad de carga animal

La Figura 3a, muestra el manejo previo de la unidad de producción, con pocos potreros de 3-4 ha de tamaño, una coloración uniforme de las pasturas, relacionado a un mal manejo del tiempo de reposo de las pasturas, y como consecuencia, se mantenían 32 búfalas en ordeño, con una producción de 38,5 L/día de leche para la elaboración de 7 kg de queso/día, y una muy baja carga animal de 1,2 UGM ha⁻¹. Por el contrario, la Figura 3b, muestra los cambios de división del área de 27 ha, en 60 potreros de 3.600 m² cada uno, en comparación con la situación original de la unidad de producción.



22 de noviembre de 2013



5 de enero de 2015

Diseño de rueda de carreta, con un número 14 meses después, con PRVen 60 potreros, reducido de potreros (10-12); pastoreo se aprecia el efecto ajedrez y pasturas en su continuo y coloración uniforme de los pastos. punto óptimo de reposo.

Figura 3. Imágenes contrastantes de GoogleEarth de la unidad de producción El Curay.

La tecnología agroecológica de PRV, indujo el efecto ajedrez, que representa un índice de pasturas bien manejadas con diferentes tiempos de reposo, desde los potreros recién pastoreados con coloraciones pálidas, hasta los potreros que reúnen las condiciones para su pastoreo de color verde oscuro, que corresponde al pasto en su punto óptimo de reposo. Esto permitió una producción de 143 L/día de leche, para la elaboración de 26 kg de queso/día, con 32 búfalas en ordeño y una capacidad de carga animal de 3,7 UGM/ha.

Efecto de la emulsión asfáltica y la roca fosfórica sobre los rendimientos

La Tabla 1, muestra los rendimientos promedios en MS (kg ha^{-1} y $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) para los tratamientos: EA, RF, EA+RF y control-PRV, durante el año 2015, periodos de mínimas y máximas precipitaciones y el año 2016, sólo periodo de máximas precipitaciones. Para ambos años, durante estos periodos, los mayores rendimientos se obtuvieron cuando se aplicaron los tratamientos EA y EA+RF. Los rendimientos para el periodo de mínimas precipitaciones en este trabajo, resultaron bajos en comparación con otros resultados de la literatura (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Rendimientos promedios de materia seca (MS) bajo un sistema agroecológico de Pastoreo Racional Voisin, edo. Barinas, Venezuela.

Tratamientos	Periodos de precipitaciones			2015	2016
	mínimas	máximas	máximas		
	2015		2016		
	kg /MS/ ha ⁻¹				
Emulsión asfáltica (EA)	1.615c	3.131b	6.054a	29.990	50.453
	(±136)	(±1.189)	(±2.877)		
Roca fosfórica (RF)	231d	3.043b	3.167b	22.454	23.326
	(±124)	(±1.285)	(±994)		
EA+RF	1.376c	5.891a	4.168ab	48.119	36.056
	(±433)	(±2.679)	(±2.552)		
Control-PRV	646d	2.367bc	3.344b	19.799	26.635
	(±448)	(±959)	(±1.214)		
<i>B. brizantha</i> , en suelos ácidos de sabana, fertilizados con NPK	3.755			Rao <i>et al.</i> , 2002	
	1.700	7.000		Lascano <i>et al.</i> , 2002	

Nota: Los rendimientos promedios sirvieron para estimar la producción total de MS en kg ha^{-1} para periodos de mínimas y máximas precipitaciones, al multiplicar por 5 y 7 meses, respectivamente; por ejemplo para el tratamiento de RF, periodo de mínimas precipitaciones la MS fue: $231 \text{ kg ha}^{-1} \times 5 \text{ meses} = 1.155 \text{ kg ha}^{-1}$.

La Tabla 2, muestra los rendimientos en MS kg ha^{-1} para ambos pastos (*B. brizantha* y *B. ruziziensis*), en periodos con mínimas y máximas precipitaciones en los distintos tratamientos. Los rendimientos más altos y más bajos correspondieron los tratamientos EA y RF, respectivamente, en ambos periodos de precipitación; mientras que los tratamientos control-PRV y EA+RF, mostraron rendimientos muy próximo al rango del INIAP, con excepción del control-PRV para el periodo de mínimas precipitaciones que resultó muy bajo.

El incremento en los rendimientos 2015 al 2016 (kg/ha año^{-1}) más alto correspondió a los tratamientos orgánicos: control-PRV y EA, 25,7% y 40,6%, respectivamente; mientras que los tratamientos que con fuentes inorgánicas: RF, mostraron un pequeño incremento de 3,7% y EA+RF, un decrecimiento anual de -33,5% (Tabla 1). Atribuimos al tratamiento control-PRV, $6,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}$ de incremento anual asociado al manejo agroecológico de las pasturas, que

induce una mayor biocenosis en los suelos, en su primera etapa de desintoxicación y rehabilitación de las propiedades de biofertilidad; mientras que 23,8 t ha⁻¹ año, lo relacionamos principalmente al efecto de la emulsión asfáltica sobre las propiedades físicas de la capa más superficial del suelo. Estos resultados están asociados a las bondades de los sistemas de manejo agroecológico de pasturas de PRV, que permiten un ingreso orgánico de bosta y orine, estimado en al menos 70 t/ha año⁻¹ (Pinheiro-Machado, 2011).

Tabla 2. Estimación de MS de *B. brizantha* y *B. ruziziensis* en PRV en periodos con mínimas y máximas precipitaciones no ano de 2015

Tratamientos	Periodos de precipitaciones	
	mínima	máxima
	kg /MS/ ha ⁻¹	
Emulsión asfáltica (EA)	8.075	42.378
Roca fosfórica (RF)	1.155	22.169
EA+RF	6.880	29.176
Control-PRV	3.230	23.408
<i>B.ruziziensis</i> , manejo intensivos con altos insumos agroindustriales (INIAP 1991)	7.023-8.704	25.711-38.235

Las capacidades naturales para activar la biocenosis de los suelos han sido destacadas por distintos autores. Rao *et al.*, 1992, determinaron que un poco más del 50% de las raíces de *B. dictyoneura*, 2,1 t ha⁻¹, se localizan en los primeros 10 cm de profundidad del suelo, un año después de su fomento agronómico; mientras que López-Hernández *et al.*, 2006, registraron en un ingreso anual de 3,8% de carbono total en un sistema de acumulación y transformación de la materia orgánica, como las Majadas, descritos por López-Hernández y Ojeda, 1996; y Ojeda-Falcón, 2015, al evaluar un sistema de 18 años de PRV, al sur de la provincia de Santa Fé, Argentina, determinó un valor promedio de 3,7% de carbono orgánico, y un incremento de 2,2% en dicho lapso, con respecto al valor previo, al fomento agroecológico de las pasturas naturales.

Pero estos activos naturales de carbono y su biocenosis, pueden ser rápidamente degradados, debido a las prácticas de agresión a los suelos por medio de rastras y arados, que continúan teniendo el más amplio uso en los suelos agrícolas del planeta, que inducen un ciclo continuado de dependencia de los fertilizantes solubles, causan un alto impacto en los ecosistemas, generan altos costos de producción y una muy baja respuesta de los rendimientos.

En este trabajo, un año después, los tratamientos control-PRV y fuente orgánica de EA, sin uso de rastra, sin NPK, ni agrotóxicos, mostraron altos y sostenidos incrementos de los rendimientos. Este resultado corrobora la importancia del concepto de dosis única, que no pretende sustituir unos insumos (NPK y herbicidas) por otros (RF y EA), sino lograr una producción sostenida, con incrementos regulares en el tiempo, sin agresiones a la estructura y a la vida de estos suelos. Los incrementos sostenidos de los rendimientos otorgaron una mayor capacidad de carga animal de estas pasturas (4,3 UGM ha⁻¹ el año 2017) y un excedente de forraje para la conservación de pastos durante el período de menores precipitaciones, que

permiten mantener una alta y sostenida producción durante todo el año, no dependiente de los insumos agroindustriales, a muy bajos costos de producción y con una clara evolución de rentabilidad de la unidad de producción.

Efecto de la emulsión asfáltica y la roca fosfórica sobre las fracciones lábiles de P

La Figura 4, muestra la distribución espacial de las iso-concentraciones de las fracciones lábiles de P: P-agua, P-resina y P-inorgánico en bicarbonato de sodio pH 8,5. Como era de esperar, los valores significativamente más altos de P, estuvieron asociados al efecto de la roca fosfórica en estas fracciones, que corresponden a los tratamientos establecidos en los potreros 14, 17, 35y 55; en contraste con los tratamientos control-PRV, EA y testigo, en los potreros: 10, 24;34 y 38; y51, respectivamente, que presentaron los menores contenidos de P.

Los contenidos de fósforo resultaron mayores en el siguiente orden por fracción: P-resina>P-inorgánico en bicarbonato de sodio>P-agua. El P-agua, pese a representar la fracción con menor contribución del conjunto de las fracciones lábiles de P, cumple un rol en la activación de los procesos bioquímicos y microbiológicos, que alcanza la mayor estabilidad en estos sistemas agroecológicos de pasturas, debido al fomento permanente de neo-estructuras persistentes, que se preservan al suprimir el uso de rastras y arados, los cuales promueven su continua destrucción e inducen al ciclo continuado de dependencia de los fertilizantes solubles. Nash *et al.*, 2014, reconocen que en sistemas pastoreados, 85% del P contenido en las plantas, regresa al suelo en la biomasa que se descomponen y recicla.

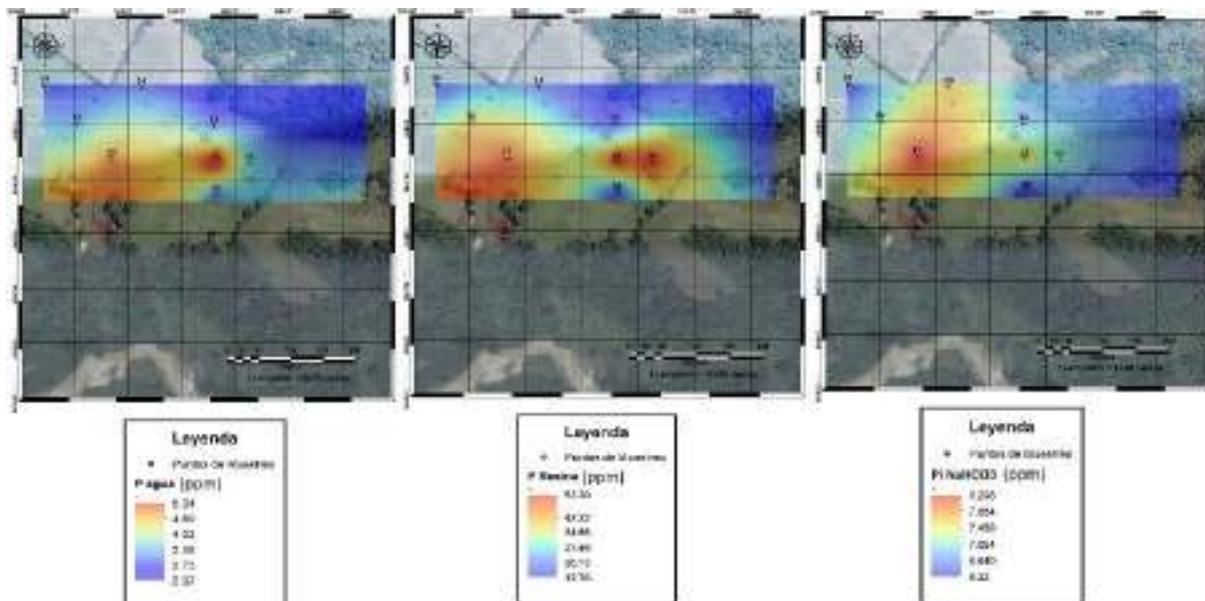


Figura 4. Concentraciones de las fracciones lábiles de P: P-agua, P-resina y Pi bicarbonato de sodio, dos años después de iniciado el manejo de las pasturas a través del sistema agroecológico de PRV.

La fracción de P-resina, representó la de mayor contribución entre las fracciones lábiles y como era de esperarse, mayor en los tratamientos con fuentes de RF. Sin embargo, valores de P entre 12-20 ppm en los tratamientos control-PRV y EA, resultaron altos comparativamente con otros registros de la literatura para suelos ácidos en pasturas naturales

(Ojeda-Falcón, 1995); lo que atribuimos a una intensa mineralización del P, en la capa más superficial del suelo, que recibe continuamente significativos aportes orgánicos, de bosta y orine de los semovientes; y que está representado por un entramado de raíces, cuyas rizósferas constituyen vastos y variados mecanismos de transformación (Lavelle, 2000) de las formas orgánicas de P.

La fracción de P-inorgánico en bicarbonato de sodio, también fue afectada por los tratamientos, en un orden de magnitud menor y valores de P similares para suelos ácidos. Ojeda-Falcón, 1995, al comparar un área en barbecho con distintos sistemas de labranza de suelos, registró un incremento del 12% en esta fracción; y lo relacionó con la acumulación paulatina de materia orgánica en el barbecho, asociado a un patrón de acumulación paulatino de P-inorgánico soluble en bicarbonato de sodio, que pudiera representar una alternativa de manejo de la fertilidad fosfórica. Esta observación, está completamente corroborada para los sistemas agroecológicos de pasturas con PRV, ya que la suma de las fracciones lábiles (Pagua+Presina+Pi en bicarbonato de sodio) en los tratamientos control-PRV, arrojó un valor de 21,05 ppm, que de acuerdo con los criterios de Olsen, lo incluye en el rango alto (20,1-30,0 ppm) de fertilidad fosfórica.

Los resultados demuestran que el PRV provee una alta fertilidad fosfórica; y que la EA, no modificó significativamente los contenidos de P de las fracciones lábiles en la capa superficial (0-3 cm) en estos suelos, desplazando al fósforo, como principal factor limitante de la productividad primaria en los suelos ácidos, bajo las condiciones de manejo de este trabajo. Por el contrario, la RF arrojó una sumatoria de las fracciones lábiles de P de 67 ppm, que pudo resultar tóxico, al mostrar los más bajos rendimientos de MS durante los dos años evaluados (Tabla 1). El contraste de los rendimientos en MS entre el PRV y la EA parecen asociados a otro factor limitante de la productividad primaria, ajeno a la fertilidad fosfórica; y es probable que esté más bien relacionado con los efectos físicos que inducen la EA sobre la formación de neo-estructuras persistentes y mayor retención de humedad, lo que explique un alto rendimiento promedio en MS de 50 t ha⁻¹ año, por encima de los promedios internacionales, en los tratamientos con dosis única de emulsión asfáltica.

Conclusiones

Los resultados demuestran que la tecnología agroecológica de Pastoreo Racional Voisin, logra incrementos sostenidos de la producción de pastos, desde el primer año de su fomento, sin uso de fertilizantes solubles del tipo NPK, suprimiendo, el pase de rastra o arado y las aplicaciones de agrotóxicos. Lo anterior, tiene particular importancia porque romper la dependencia de los insumos agroindustriales, reduce los costos de producción y tributa en un ahorro de divisas de la economía nacional.

La aplicación de EA, como estrategia para acelerar los cambios, es muy relevante para el manejo sostenido de las pasturas, particularmente, en los suelos ácidos-arenosos de baja fertilidad natural, porque los rendimientos en MS se incrementaron en un corto plazo, en 23,8 t ha⁻¹ año, en comparación con el tratamiento control-PRV, bajo el concepto de dosis única de emulsión asfáltica, que permitió una producción sostenida, con incrementos regulares en el tiempo.

El sistema de manejo agroecológico de las pasturas con PRV, mostró incrementos constantes en la carga animal desde el primer año. Se demostró que el PRV provee una alta fertilidad fosfórica; y que la EA, al no modificar los contenidos de P de las fracciones lábiles

en la capa superficial (0-3 cm) en estos suelos, desplaza al fósforo, como principal factor limitante de la productividad primaria en los suelos ácidos, bajo las condiciones de manejo de este trabajo.

Se concluye, que el PRV modificado con dosis única de emulsión asfáltica constituye una ruta agroecológica, segura y viable, para una amplia frontera agrícola de los suelos ácidos-arenosos en la región del Trópico, que rompe el ciclo continuado de la dependencia de insumos agroindustriales, tributa altos rendimientos de alimentos limpios, libres de agrotóxicos, indispensables para la soberanía y seguridad alimentaria del planeta

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología, a través del FONACIT, el financiamiento del proyecto de investigación de área estratégica N° 2011000447 *El Pastoreo Racional Voisin, una Tecnología Agroecológica para Mitigar los Efectos del Cambio Climático y Fortalecer la Seguridad Alimentaria, en las Sabanas Bien Drenadas de Venezuela, mediante el Fomento de Pastizales como Sumideros Estratégicos de Carbono.*

Bibliografía citada

- Faulkner EH. 1945. La insensatez del labrador. El ateneo, Buenos Aires. 243p.
- Hedley MJ, JWB, Stewart, y BS, Chauhan. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1970-1976.
- Howard A. 1943. An agricultural testament. Oxford University Press. New York XVII 253p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) 1991. Informes técnico anuales 1984-1992. Programa de ganadería bovina y pastos estación experimental Napo-Payamino. Quito, Ecuador.
- Lascano C, Pérez R, Plazas C, Medrano J, Pérez O, Argel PJ 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110) Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. CIAT.
- Lavelle P. 2000. Ecological challenges for soil science. Soil Science. 165:1:73-86.
- López-Hernández D., López AY., Hernández-Valencia I., Ojeda AD y Hernández C. 2006. Implicaciones de la Fertilización Orgánica sobre Indicadores de Calidad de Suelos en Granjas Agroforestales Localizadas en el Amazonas Venezolana. 279-286. Tomo II. Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Gallardo, J. (Ed.) Badajoz, España
- López-Hernández D. y AD Ojeda. 1996. Alternativas en el Manejo Agroecológico de los Suelos de las Sabanas del Norte de Suramérica. Ecotropicos 9 (2): 99-115. Sociedad Venezolana de Ecología.
- Nasha DM, PM Haygarth, BL Turner, LM Condron, RW McDowell, AE Richardson, M Watkins y MW Heaven. 2014. Using organic phosphorus to sustain pasture productivity: A perspective. Geoderma 221-222; 11-19.
- Chaboussou F 1987. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos. Porto Alegre: L&PM, 253p.
- Ojeda-Falcón AD, O Domínguez-Quintero, T Herrera, F Liendo, E Leal. 2012. Efecto de las Emulsiones Asfálticas sobre la Adsorción de P en un Kandiu stult de Sabana. XIX Congreso

- Latinoamericano. 16-20 de abril de 2012, Mar del Plata, Argentina. Sociedad Latinoamericana de Ciencia del Suelo.
- Ojeda-Falcón AD. 2015. La intensificación de la agricultura y el modelo eco-productivo socialista en Venezuela. Tiempos para pensar Investigación social y humanística hoy en Venezuela, Tomo I (Compiladora Alba Carosio). Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO). Fundación Centro de Estudios Latinoamericanos Rómulo Gallegos, Caracas, Venezuela. pág 385-394.
- Ojeda-Falcón AD. 1995. Transformación del Fósforo Orgánico en un Ultisol de Sabana Sometido a Distintas Alternativas de Manejo Agroecológico. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UCV.
- Pinheiro-Machado LC. 2011. Pastoreo Racional Voisin, Tecnología Agroecológica para el Tercer Milenio. Editorial Hemisferio Sur. 253p.
- Pinheiro-Machado LC, LCPinheiro-Machado Filho. 2014. A Dialética da Agroecologia. Contribuição para um mundo com alimentos sem veneno. Editora Expressão Popular. São Paulo 360p
- Rao MI, JWMiles, CPazas, JRicaurter, RGarcía. 2002. Determinación de la variación genotípica sobre la tolerancia a la época seca en accesiones y recombinantes genéticos de *Brachiaria* en Los Llanos Orientales de Colombia En: Informe Anual 2001. Proyecto de Gramíneas y Leguminosas tropicales del CIAT (IP-5). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Rao IM., AAyarza, RJThomas, MJFisher, JISanz, JMSpain, y CELascano. 1992. Soil-Plant Factors and Processes Affecting Productivity in Ley Farming. Chapter 9 145-175. Pastures for the Tropical Lowlands. 238 p. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia
- Ruiz-Tirado M. 2000. Tabaco y sociedad en Barinas siglo XVII. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones. 363p.
- Voisin A. 1994. Productividad de la hierba. Hemisferio Sur, Buenos Aires. XXXIII. 515p.
- Widdowson RW. 1993. Hacia una agricultura holística: un enfoque científico. Hemisferio Sur Buenos Aires. 270p.