

EVALUACIÓN DEL USO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN GANADERO INTENSIVO LIMPIO CON PASTOREO RACIONAL VOISIN (PRV) EN ZONA DE LADERA, SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO.

ESTUDIO DE CASO: FINCA BENDAVALS – MUNICIPIO DE VERSALLES-VALLE DEL CAUCA.

Alexandra CHAVERRA LASSO¹
Asesor Luis Alberto VARGAS MARIN- Línea DESMA

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto en el suelo que se genera con la implementación de un sistema de producción ganadero intensivo limpio (SPGIL) con pastoreo racional *Voisin* (PRV) en zona de ladera en la finca Bendavales del municipio de Versalles-Valle del Cauca-, para ello se realizó en primer lugar una caracterización, aplicando una entrevista que permitió obtener información sobre el manejo del suelo, pasto y ganado. En segundo lugar se realizaron muestreos de análisis de suelos dentro de la finca y otro fuera de ella con uso de sistema extensivo de ganadería con el fin de comparar las características químicas y biológicas para evaluar el impacto del manejo agroecológico del PRV en el suelo. Los datos del laboratorio se procesaron estadísticamente, las variables químicas del suelo se analizaron a través de prueba de hipótesis con *t-student* con una prueba previa de homogeneidad de varianzas a través de *F-fisher* y los datos biológicos con la prueba de *Kruskal-Wallis*. Los resultados permitieron identificar la existencia de diferencias significativas entre el sistema extensivo y el PRV en algunos factores edáficos como materia orgánica, porcentaje de carbono orgánico, el nitrógeno (N) y azufre (S) y una diferencia muy significativa en el calcio (Ca), producto de la fertilización orgánica natural producida por las excreciones de los animales sin necesidad de fertilización química. Debido a la mayor cantidad de materia orgánica encontrada en el suelo con PRV se presentó mayor diversidad solo en nematodos y diferencia significativa en la especie *Rhabdhitids sp* entre los dos tratamientos. Además se calculó el indicador acumulativo del suelo (IACS), comprobando una mejora de la calidad del suelo con el manejo del sistema PRV.

PALABRAS CLAVES: Sistema intensivo de ganadería limpia; Sistema Extensivo de ganadería; Pastoreo racional *Voisin*; Buenas prácticas ganaderas.

¹ Alexandra Chaverra Lasso. Ingeniera Industrial de la Universidad de los Andes, Docente de la Universidad del Valle del Cauca. Correo electrónico alexandra.chaverra@correounivalle.edu.co

ABSTRACT

This research aims to evaluate the impact on the soil generated by the implementation of a clean intensive livestock production system (SPGIL) with rational grazing *Voisin* (PRV) in a hillside area in the Bendavales farm in the municipality of Versalles, Valle del Cauca, for it was first carried out a characterization applying an interview that allowed to obtain information about the land management, pasture and cattle. Secondly, an experiment was carried out with samples of soil analysis within the farm and another outside it using an extensive livestock system in order to compare the chemical and biological-physical characteristics to assess the impact of the agro-ecological management of the PRV in soil. The laboratory data were processed statistically, the physical-chemical variables of the soil were analyzed through hypothesis test with t-student with a previous test of homogeneity of variances through F-fisher and biological and microbiological data with the test of Kruskal-Wallis. The results allowed to identify the existence of significant differences between the extensive system and the PRV in some edaphic factors such as organic matter, organic carbon percentage, nitrogen (N) and sulfur (S) and a very significant difference in calcium (Ca), Product of the natural organic fertilization produced by the excretions of the animals without need of chemical fertilization. Due to the greater amount of organic matter found in the soil with PRV, the biological diversity of the mesofauna was measured by the Shanon index, but the biological statistical analysis did not show significant differences between the two treatments. In addition, the cumulative soil indicator (IACS) was calculated, proving an improvement of soil quality with the management of the PRV system.

KEY WORDS: Intensive system of livestock production clean; Extensive system of livestock production; rational grazing *Voisin*; good cattle practice.

1. INTRODUCCIÓN.

En nuestro país y particularmente en la zona de ladera se ha asociado la producción ganadera con la degradación del suelo por sobrepastoreo y compactación del suelo, aunado a que el 98% de los sistemas de producción ganadera bovina en el trópico colombiano se basa en el consumo de pastos y forrajes que se ven agravados por el cambio climático, se hace necesario generar tecnologías sostenibles de fácil adopción que permita obtener rentabilidad y a la vez hacer un uso eficiente de los recursos disponibles.

Es así como surgen modelos agroforestales como los sistemas silvopastoriles investigados, estudiados e implementados en nuestro país; en Colombia existen proyectos como el de Ganadería Colombiana Sostenible, auspiciados por el Banco Mundial, la Federación Nacional de Ganaderos-FEDEGAN- y el Centro de Investigación para la investigación de sistemas sostenibles de producción Agropecuarias (CIPAV,2011), que promueven sistemas silvopastoriles (SSP), que permiten incrementar la diversidad biológica y la prestación de servicios ambientales en el ámbito predial, local, regional y global. Lamentablemente según expertos, algunos de ellos han fracasado porque se han identificado factores como el uso de especies que no se adaptan, mal manejo de la carga animal, el ataque de plagas, falta de capacitaciones y climas extremos.

Sin embargo, existe otro modelo endógeno, ecológico, fácil de emprender y económico, es el sistema de producción ganadera intensiva limpia (SPGIL) que maneja buenas prácticas ganaderas, con Pastoreo Rotacional Intensivo o Pastoreo Racional *Voisin* (PRV), el cual consiste en un manejo de pastos en el que se va rotando el ganado para favorecer la recuperación de los suelos, además prohíbe el uso de arado, agroquímicos fertilizantes, enmiendas y/o uso de drogas veterinarias químicas al ganado.

En otras palabras el PRV busca la rentabilidad del sistema ganadero basados en el adecuado manejo del pasto, siendo una tecnología agroecológica que busca obtener beneficios económicos al no hacer uso de ningún tipo de fertilización química o enmienda y no aplicar drogas comerciales veterinarias al ganado. Lo cual además de ser un beneficio ambiental para la biodiversidad y fertilidad del suelo, también genera una producción orgánica de leche o carne que es saludable y requerida en la actualidad por los consumidores.

La presente investigación consiste en un estudio de caso realizado en una finca ganadera localizada en el departamento del Valle del Cauca del municipio de Versalles, ubicada en la vertiente de la cordillera Occidental. En dicha finca han estado implementando durante 10 años el Sistema de Producción Ganadera Intensiva Limpia (SPGIL) con un Pastoreo Racional Intensivo (o Pastoreo Rotacional *Voisin*-PRV-) convirtiéndose en un proyecto de conservación del suelo en el municipio que favorece la calidad y fertilidad del mismo.

Este estudio se realizó con el fin de evaluar el impacto para el suelo que se generan con la implementación de un sistema de producción ganadero intensivo limpio (SPGIL) con pastoreo racional *Voisin* (PRV), donde la calidad del suelo cobra importancia dentro de los aspectos a medir, identificando propiedades químicas, biológicas y hasta microbiológicas que se traduce en el beneficio ambiental para la biodiversidad y fertilidad del mismo.

Por tal motivo, la recuperación de los suelos en los sistemas ganaderos es un gran reto que requiere de cambios en los modelos de producción que contengan técnicas eficientes y ambientales acompañados del compromiso de los ganaderos con la recuperación del entorno en la sostenibilidad de los suelos.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 AGROECOLOGÍA, DESARROLLO SOSTENIBLE Y RACIONALIDAD AMBIENTAL

El enfoque de la investigación se realizó desde la conceptualización de la agroecología, y el desarrollo sostenible. Entendido como “aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. Una actividad sostenible es aquella que se puede mantener” como lo definió el informe conocido como “Nuestro futuro Común” de la Comisión Brundlant (1987).

El concepto de desarrollo ha tenido evoluciones, tradicionalmente se medía sólo por el desarrollo económico de un territorio, y luego debido a la problemática del crecimiento económico surge la preocupación por la protección de los derechos humanos tanto individuales como colectivos de una comunidad, los cuales conllevan a un desarrollo social para generar bienestar con equidad, eliminación de condiciones adversas y creación de condiciones favorables y de oportunidades para obtener el desarrollo de las capacidades del ser humano en armonía con la naturaleza.

La investigación retomará algunos aportes teóricos de la Racionalidad Ambiental de la apropiación social de la naturaleza, donde Leff (2001, citado por Rivera, 2012) en su tesis doctoral en educación denominada “Encuentros de conocer en el enfoque agroecológico” afirma que la agroecología deviene así un campo en el que los conocimientos locales y científicos se ponen en juego y se forjan en la interfaces entre las cosmovisiones, las teorías y las prácticas.

La agroecología desde el punto de vista de Miguel Altieri (1999, 2002a), es más que una disciplina que provee los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agro-ecosistemas que sean productivos y conservadores del

recurso natural, sino también que sean culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables. Esta abarca un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de la coevolución, la estructura y funcionamiento de los sistemas, en la que se alienta a los investigadores a conocer de la sabiduría y habilidades de los campesinos y a identificar el potencial sin límite que doten a los agro-ecosistemas con la capacidad de mantenerse o volver a un estado innato de estabilidad natural; este rendimiento sustentable de los agro-ecosistemas proviene del equilibrio óptimo de cultivos, suelos, nutrientes, luz solar, humedad y otros organismos coexistentes.

Por ello desde estas conceptualizaciones, el enfoque agroecológico consiste en sistemas sostenibles de producción donde se respeta el conocimiento del campesino o productor en concordancia con los desarrollos de la tecnología para la producción de alimentos sanos y de máxima calidad, evitando el uso de sustancias químicas y organismos modificados genéticamente (conocidos como OGM's o transgénicos), así como procurar la conservación del medio y del entorno natural, manteniendo el medio físico y la atmósfera sin contaminación, la fertilidad natural del suelo y la biodiversidad; en el caso de sistemas de producción pecuarios ecológicos se adiciona el proporcionar bienestar animal, brindando las condiciones que son necesarias para el desarrollo adecuado, evitando el maltrato e incomodidades a lo largo de la vida de los animales: manutención, manejo, transporte y criterios éticos previos al sacrificio.

2.2 ENFOQUE SISTÉMICO

En relación con el concepto de sistemas de producción pecuarios, estas se basan en la teoría general de sistemas desarrollada por el biólogo alemán Von Bertalanffy, definiendo sistema como el conjunto de partes o componentes interrelacionados e interdependientes que conforman un todo unitario y organizado para el logro de objetivos comunes, en un medio ambiente y tiempo determinado. Así mismo las características principales del sistema consisten en la interacción de las partes de las que está constituido, las relaciones e interdependencias entre las partes y las interacciones del sistema con el ambiente.

En el libro “André Voisin experiencia y aplicación de su obra en Cuba”(Sociedad Cubana de Producción y Utilización de los Pastos, 2008), menciona diferentes investigaciones realizadas en pastos y forrajes, que fueron el producto de experimentos como parte de la política del gobierno cubano de no depender de concentrados e insumos importados y buscar solo la explotación de los pastos; limitando los altos costos de los insumos y se buscaba una fórmula para un desarrollo sostenible, eficiente y que contribuyera a la conservación del medio (Pérez et al., 1996). Por ello en este país:

El PRV se concibió con un enfoque sistémico, en cuyas investigaciones trabajaron equipos multidisciplinarios para estudiar la composición florística, la biota edáfica, el reciclaje de nutrientes, las raíces, la dinámica de crecimiento y otros indicadores, de manera que se lograra

un resultado lo más completo posible acerca del complejo suelo-planta-animal. (p. 426)

2.1.1 Sistemas ganaderos: extensivos, semintensivos e intensivos. Con base en lo anterior un sistema ganadero es el conjunto de componentes de animal- suelo- planta, que se comportan como una unidad completa basada en una actividad productiva que se desarrolla en un terreno, que dependiendo de su extensión, permanencia de tiempo y manejo de los animales en el potrero, podemos clasificar los sistemas ganaderos en extensivos o tradicionales, semintensivos e intensivos.

En sistemas ganaderos extensivos o tradicionales la permanencia de los animales es larga, puede durar entre 30 a 60 días o más circulando en un mismo sitio, se pasan los animales cuando el potrero presenta un marchitamiento de color amarillo en el pasto o pradera, lo contrario sucede cuando se comienza a trabajar con la intensificación del sistema ganadero, la cual consiste en tener rotaciones de potreros más pequeños con una circulación más rápida del ganado, dependiendo del estado vegetal del pasto; a diferencia del semintensivo que no tiene la rigurosidad del sistema intensivo ya que consiste en el descanso del suelo y permite el rebrote del pasto porque los animales permanecen solo horas, bien en ciclos de mañana o tarde en ese potrero, evitando también la compactación del suelo y buscando el equilibrio entre suelo- planta-animal.

2.1.2 Ganadería ecológica- pastoreo racional *Voisin*. De acuerdo al manejo de los componentes del sistema ganadero con enfoque agroecológico se definieron conceptos de ganadería ecológica y sostenible.

La ganadería ecológica consiste en desarrollar sistemas productivos que respeten el medio ambiente y los animales mediante el uso responsable de la energía, los recursos naturales, la conservación del equilibrio ecológico local, la promoción de la salud, el bienestar animal y la satisfacción de necesidades del comportamiento de las distintas especies (Younie et al, 2004, citado por Muñoz, 2014). Es requisito de la ganadería ecológica eliminar los agroquímicos o insumos químicos y propender por implementar tecnologías orgánicas. El estudio de Muñoz (2014) define:

La ganadería sostenible, según la definición dada por Corpoica (1998), consiste en obtener y desarrollar una forma económicamente rentable de explotar la Ganadería sin deteriorar el entorno, la cual está muy relacionada con el concepto que al respecto emite Serrano (2003) citando a Landais (1999), quien definió el sistema ganadero sostenible como un sistema viable económicamente, soportable en cuanto a las exigencias de trabajo y sociales que supone, transmisible en términos de sucesión generacional y reproducible a largo plazo desde un punto de vista ambiental.(p.21).

Dentro de la percepción de ganadería sostenible en la tesis de Terán (2015) cita a Rúa (2009) para explicar en qué consiste el Pastoreo Racional de Voisin:

[...] es considerada “una tecnología más eficiente, más moderna y más ecológica para la producción de utilidades limpias sobre la base del pasto” (Pinheiro, 2011). El PRV nace de los estudios y experimentos del químico-físico francés André Voisin quien manejando una finca empezó a ocuparse de los pastos logrando establecer una rotación de pasturas que le permitió aumentar en un tercio el número de animales. Luiz Carlos Pinheiro, uno de sus muy apegados discípulos decidió seguir con los estudios y desarrollos en el sector agrícola y fue así como en 1970 creó la expresión de Pastoreo Racional Voisin para el sistema que había sido desarrollado por su maestro (p.12).

Igualmente lo explica Michel Rúa, experto en PRV, en el video “Donde nace el pastoreo racional Voisin” (Mag Cencod, 2014); afirmando que el PRV surge hacia finales de los años 50 por la iniciativa del físico- químico francés Andrés Marcel Voisin, quien heredó de su familia una ganadería de producción leche, al estar al frente del negocio se dio cuenta que la rentabilidad no era buena y empezó a aplicar sus conocimientos de la ciencia en el desarrollo de las pasturas y hacer observaciones que le dieron buenos resultados al empezar a reducir y hasta eliminar la fertilización química y otros insumos de la producción, que impedían que los pastos al igual que los animales tuvieran un buen rendimiento y que el negocio tuviera un balance positivo en cuanto ingresos versus costo para que la actividad se pudiera sostener en el tiempo, ese trabajo le tomo por lo menos una década y empezó a escribir y documentar esa experiencia en sus libros: “La dinámica de los pastos”, “Productividad de la hierba” y “Suelo, hierba, Cáncer”.

El PRV es una técnica o tecnología de producción eficiente respetuosa y amigable con el ambiente y el productor y sobre todo una tecnología altamente productiva y rentable, se manejan cargas animales de por lo menos de 3.000 a 3.500 kilos peso vivo de animal por hectárea, es decir entre 5 y 7 animales adultos por hectárea y en el caso de especies pequeñas se está hablando de 50 a 70 caprinos. Es una tecnología que usa altas cargas solo con pastoreo, sin uso de fertilizantes químicos, ni herbicidas, ni medicamentos veterinarios que hace que los costos de producción sean bajos y así obtener rentabilidad.

En el libro “André Voisin experiencia y aplicación de su obra en Cuba”(Sociedad Cubana de Producción y Utilización de los Pastos, 2008), recoge la historia, la ciencia y las reflexiones y los retos de la experiencia cubana en la aplicación de los postulados del científico francés. Allí define el sistema de pastoreo racional como:

El sistema de Pastoreo Racional Voisin, según Anon (1991), comprende no solo el método preconizado por Voisin (1963), con sus principios universales, sino también los factores complementarios del sistema, que son: el suministro de agua en los cuartones, la sombra en el mismo pastoreo, ofrecer los alimentos complementarios en el propio pastizal, y

la integración, en la misma unidad pecuaria, de las diferentes categorías del hato lechero (p.473).

En el libro afirman que el sistema de PRV surgió de condiciones de clima templado en Francia, por ello al adaptarlo a nuestras condiciones, no sólo del clima sino también a los sistemas de explotación, a la genética de los animales, a las condiciones edáficas del suelo y pastos nativos, surgieron otras variantes al sistema de pastoreo.

Sin embargo, esas variantes incluyen los principios fundamentales del PRV- de cuatro pilares (fotosíntesis, suelo, transmutación de elementos, organismos en el suelo); explicados de una manera sencilla por Michael Rúa en un video (Mag Cencod, 2014) que son la base de sustentación del PRV:

La fotosíntesis es el proceso donde la energía lumínica la asimilan las plantas que la convierten en carbohidratos básicamente, son azúcares y almidones elaboradas a base de glucosa y se convierten en la mejor fuente de energía para los animales, para que estos pueden desempeñar sus funciones vitales y de producción, es así como la mejor fuente para la nutrición de los animales es el pasto, por ello hay que darle un manejo eficiente para que pueda ser bien asimilada por los animales y de esta manera no tener que depender de suplementos costosos; en el PRV la sal mineral siempre se sostiene a pesar de ser eficiente los pastos son generalmente deficientes en minerales.

En el suelo ocurre el ciclo del etileno, este es un gas producido por bacterias que trabajan en ausencia de oxígeno, cuando el ganado entra a comer una pastura y hace una ocupación de un potrero dentro de un tiempo determinado y sale de allí, se produce una compactación en el suelo, produce una ausencia de oxígeno y activa las bacterias anaeróbicas y producen el gas etileno, ese gas está involucrado en la mineralización de la materia orgánica, lo que hacen estas bacterias es descomponerla en el suelo, al estar el gas en altas cantidades va a permitir ahorrar en el uso de la fertilización nitrogenada, donde hace el mismo efecto sobre la pastura de hacer crecimiento y desarrollo.

Igualmente en el suelo ocurre la transmutación de elementos, ayudado por otro tipo de microflora como son las bacterias mesófilas aeróbicas y hongos, donde se produce un mecanismo del suelo a través del cual se producen minerales por la interacción entre otros minerales que hay en el suelo, por ejemplo la unión en sílice y carbono en unas moléculas determinados logra producir el calcio, por ello si estos elementos se hacen en laboratorios, serían sintéticos que cuestan más de lo que hace el mismo suelo, por ello hay que fomentar que se dé este mecanismo de la transmutación y esto se hace a través de la acumulación de la materia orgánica.

De ahí la importancia de la biota que hay en el suelo que la componen también meso y macroorganismos tanto de fauna como flora, tales como el escarabajo, las termitas, la lombriz, ácaros, nematodos, quienes incorporan todo el producto de la

descomposición de los desechos orgánicos al suelo, hace que se mantenga un nivel de fertilidad estable en el largo plazo porque todo el tiempo hay un aporte de materia orgánica producto a través de los excrementos de los animales que pastorean.

Además el PRV se basa en cuatro leyes universales que pueden ser aplicadas en cualquier territorio y en cualquier clima, dos se relacionan con el pasto y dos con animales ellas son: La ley de Reposo, Ley de Ocupación, Ley de los rendimientos máximos y Ley de rendimiento regular.

Para Pinheiro en su libro Pastoreo Racional Voisin, publicado en 2009 define las leyes así:

- **Ley de reposo.** Para que un pasto cortado por el diente del animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que, entre dos cortes sucesivos, a diente, haya pasado el tiempo suficiente que permita al pasto:
 - a. Almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un inicio de rebrote vigoroso.
 - b. Realizar su Llamada de crecimiento, o gran producción de pasto por día y por hectárea (p. 67).
- **Ley de ocupación.** El tiempo global de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto como para que un pasto cortado a diente el primer día, de la ocupación, no sea cortado nuevamente por el diente de los animales. Antes de que estos dejen la parcela (p.68).
- **Ley de los rendimientos máximos.** Es necesario ayudar a los animales para que puedan cosecharla mayor cantidad de pasto y para que este sea de la mejor calidad (p.69).
- **Ley de los rendimientos regulares.** Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es necesario que no permanezca más de tres días en una parcela. Los rendimientos serán máximos si la vaca no permanece más de un día en la misma parcela. Los animales logran su mejor rendimiento el primer día de ocupación, a medida que este tiempo se alargue los resultados se disminuyen, Lo anterior es lógico, ya que ellos al principio buscan los mejores pastos y sus mejores partes, al dejarlos más tiempo, lo encontrado es de volumen menor y de menor calidad (p.71).

Al referirse a los 3 días, una de las razones es porque la mayoría de pasturas inician el proceso de rebrote al cuarto día. Según Voisin, una vaca, consume en un mismo lote, en el primer día 64 kilos, en el segundo 44, y en el tercero 36 kilos de materia verde.

Es posible que en caso de dejar alargar el periodo de ocupación, el animal disminuya su cantidad de alimento y se produce un estrés de hambre.

2.1.3 Buenas prácticas ganaderas (BPG). Según Estrada (2014), en el sector bovino las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) son aquellas que están dirigidas a minimizar los riesgos en las actividades productivas que puedan afectar la calidad sanitaria de los alimentos, tales como el manejo del agua, del suelo, de los programas de fertilización, de aplicación de plaguicidas y herbicidas, de la protección del pasto, del uso y el manejo pos cosecha, de los elementos de apoyo, la salud y el bienestar de los trabajadores y la trazabilidad tanto de los insumos utilizados como de los productos cosechados.

Las buenas prácticas ganaderas se deben aplicar en todos los componentes de la finca (ICA, 2011); así mismo la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) presenta una cartilla muy didáctica de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) con una lista de chequeo para toda la finca.

2.2 PRODUCCIÓN LIMPIA

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) la producción limpia se define como

La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva de forma integrada para los procesos, productos y servicios con el fin de incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el medio ambiente y los seres humanos. La producción más limpia puede ser aplicada en cualquier proceso de cualquier actividad industrial o de servicios, a los productos por sí mismos y a diferentes actividades requeridas por la sociedad.

Por ello esta estrategia de gestión empresarial es aplicada al sistema ganadero y apoyada por FEDEGAN en una cartilla impresa denominada “Producción más limpia (PML) Ganadería bovina” (Bustamante y Pinzón, 2011), sus autores comentan que es una manera de producir con el mínimo impacto ambiental y se refiere a los componentes sobre los que trabaja la PML en ganadería bovina, que busca hacer uso eficiente de tres recursos claves: agua, energía y suelo. Con respecto a este último sostiene que es la base sobre la que sustenta física y productivamente la finca. De su capacidad productiva depende la producción de forraje y el contenido nutricional de éste. El suelo debe estar vivo y tener microorganismos y mesofauna para que conserve y retenga los nutrientes y tenga capacidad de entregárselos a los pastos, los forrajes y los árboles asociados a la pradera.

2.3 CALIDAD Y SALUD DEL SUELO

Otro concepto que se debe tener en cuenta para efectos de este estudio es la calidad y salud del suelo, según Bautista (2004) menciona y cita varios autores así:

Para Gregorich et al. (1994) la calidad de suelo es una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico. Arshad y Coen (1992) le dieron a este concepto una connotación más ecológica; la definieron como su capacidad para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, preservando un ambiente sano. Las definiciones más recientes de calidad del suelo se basan en la multifuncionalidad del suelo y no sólo en un uso específico, pero este concepto continúa evolucionando (Singer y Ewing, 2000). Estas definiciones fueron sintetizadas por el Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of America (Karlen et al., 1997) como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat.

En relación con la salud del suelo Romig, Garlynd, Harris y McSweeney (1995) la definen como el estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular.

2.3.1 Indicadores de calidad del suelo. En el libro Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2015), en el artículo “El Monitoreo del suelo en los procesos de restauración ecológica: Indicadores, cuantificadores y métodos” de Pizano y Curiel, mencionan la importancia de seleccionar indicadores de recuperación de los suelos de los cuales se pueda extraer una mayor cantidad de información sobre su estado; estos son tanto físicos, químicos como biológicos.

En este contexto, la restauración ecológica de ecosistemas degradados depende directamente de la recuperación de la salud del suelo, sus interacciones con el agua y la vegetación, y su capacidad de sostener el funcionamiento de los ecosistemas (Arshad y Martin, 2002). Los suelos degradados se caracterizan por haber perdido la comunidad vegetal que existía previa al disturbio y su estructura original, reflejado en un incremento en la densidad aparente o una compactación y una reducción en la estabilidad de sus agregados e infiltración del agua (McKinley et al. 2005, Li y Shao, 2006). Adicionalmente, los suelos de ecosistemas degradados se caracterizan por almacenar menos materia orgánica, lo que se traduce en una menor capacidad de retención hídrica y una reducción de reservas de carbono y nutrientes, lo cual resulta en una menor biodiversidad microbiana y una actividad biológica limitada (McKinley et al. 2005). La degradación de los ecosistemas esta

también asociada a un proceso de acidificación del suelo (reducción de pH) que limita la disponibilidad de nutrientes para las plantas, que puede llegar a provocar en escenarios extremos la liberación masiva de elementos tóxicos para las plantas como el aluminio o el hierro (Stuhrmann et al., 1994).

La meta de la restauración debe ser entonces la de recuperar la "calidad" o "salud" del suelo, definida como la capacidad de un tipo de suelo para funcionar, dentro de parámetros naturales o de manejo, de mantener la productividad vegetal y animal, la calidad del agua y el aire, y mantener la salud humana y el hábitat (Karlen et al. 1997, Doran y Zeiss 2000). Para ello, es necesario identificar aquellos indicadores útiles para hacer un seguimiento fiable en el tiempo de la capacidad de recuperación de las funciones ambientales de los suelos de ecosistemas en proceso de restauración (Arshad y Martin 2002). Sin embargo, por la naturaleza del suelo, existe una enorme diversidad de indicadores, tanto de carácter físico y químico, como biológico (McKinley et al. 2005, García et al. 2012) (p. 76).

Se resumen en indicadores físicos del suelo aquellos que reflejan la manera en que el suelo acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La textura, estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada.

Los indicadores químicos del suelo son los que se refieren a condiciones que afectan las relaciones suelo- planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos.

Por último los indicadores biológicos del suelo, se relacionan con la abundancia de micro, meso y macroorganismos de la fauna y flora, incluidos bacterias, hongos, nematodos, lombrices, anélidos y artrópodos.

3 METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la finca Bendavales del municipio de Versalles ubicado en el norte del Valle del Cauca en una vertiente de la cordillera Occidental y sus límites son: al norte con los municipios de El Cairo y Argelia; al sur con el municipio de El Dovio; al occidente con la serranía de los Paraguas y el municipio chocono de Sipi y al oriente con los municipios de Toro y La Unión. Su altitud es de 1.860 msnm y tiene una temperatura promedio de 20 °C. Sus coordenadas geográficas son: Latitud No. 4°, 34', 43" y Longitud 76°, 12', 23'.

La finca Bendavales se encuentra ubicada en el oriente del municipio de Versalles en la Vereda el Diamante. El origen del suelo o material parental es de cenizas volcánicas, posición geomorfológica de colinas altas, con posición fisiológica vertiente, pendientes del 25% al 50% y unidad cartográfica de consolidación Fondesa. La anterior información es extraída con base en los diferentes estudios del municipio de Versalles como el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT, 2001) y Planes de Desarrollo Municipal (Alcaldía, 2012-2016), así como el Plan de Manejo Ambiental, PAM, (UMATA, 2014).

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para el estudio de caso corresponde al predio Bendavales, el cual posee un área total de 22 hectáreas, de las cuales 4 están en bosques, representando 18 hectáreas que implementa un sistema de producción intensiva limpia (SPGIL).

Se recolectaron 3 muestras en época de verano de los suelos de cobertura pastura, en una extensión de 18 hectáreas de la finca. Así como 3 testigos del sector aledaño que trabajan con otro sistema de producción.

3.3 DESARROLLO METODOLÓGICO

3.3.1 Para la caracterización se realizó la entrevista al propietario de la finca Bendavales para conocer aspectos como información del predio, manejo del ganado, aspectos productivos, agronómicos, y ambientales. También se utilizó la observación directa y análisis fotográfico, así mismo la investigación de fuentes secundarias sobre PRV.

3.3.2 Para la comparación de las características químicas y biológicas del suelo, primero se realizó la recolección de muestras de suelo de ambos tratamientos (producción ganadera intensiva limpia con PRV implementado en la finca Bendavales y el sistema de producción extensivo tradicional), las cuales fueron enviados a un laboratorio certificado de suelos y foliares en la ciudad de Roldanillo, quien se encargó de enviar las biológicas y microbiológicas a un laboratorio en la ciudad de Bogotá.

Posteriormente se procesan los resultados estadísticos de los análisis de las muestras para comparar las características edáficas y demostrar si hay diferencias significativas de ambos tratamientos.

3.3.3 Para el análisis del grado de alteración en el suelo se usó la metodología de Indicador Acumulativo de la Calidad del Suelo (IACS), que según Obando y Montes (2007) permite comparar los efectos de diferentes sistemas de manejo en la calidad de los suelos, mediante la valoración de un conjunto mínimo de indicadores seleccionados según las condiciones específicas de la finca o el predio objeto de valoración. Para ello se seleccionaron 10 indicadores de calidad de suelo de acuerdo a las muestras tomadas y con base en la observación, cada indicador tomará un valor entre 1 a 5, donde 1 extrema, 2 severa, 3 moderada, 4 leve y 5 ninguna.

La sumatoria de la calificación de los 10 indicadores seleccionados es el Indicador acumulativo de la calidad del suelo IACS para cada muestra, representada por la fórmula de Montes y Obando (2007):

$$IACS = \sum_{i=1}^n I_i$$

Donde I_i , es el i ésimo indicador de calidad y n es el total de indicadores, que para la investigación toma el valor de 10, es así como el IACS oscila entre el valor mínimo de 10 y máximo de 50, como se muestra en la tabla No.1. Para evaluar el IACS en porcentaje, el 100% corresponde al máximo valor de 50, como si sacaran el máximo puntaje en cada indicador, es decir que se puede interpretar como una sostenibilidad alta del sistema donde el manejo de la tierra es el óptimo.

Para calcular la calificación del indicador acumulativo de calidad de suelos, IACS, se seleccionaron 10 indicadores, que se muestran en la tabla 2, de los cuales 8 indicadores se basaron en el análisis de suelos, los otros dos, que indican la cobertura y altura del pasto así como el desarrollo de raíces se realizaron con mediciones y observación directa, dejando registro fotográfico. De acuerdo al resultado del IACS lo comparamos con la tabla 1 y de esta manera se conoce el grado de alteración del suelo en cada una de las muestras, luego se procesan estadísticamente para comparar la existencia de diferencias significativas en la mejora de calidad del suelo.

Tabla 1: Calificación y grado de alteración de calidad de suelo.

Índice Acumulativo	Porcentaje (%)	Diagnóstico de calidad/sostenibilidad	Grado de alteración
> 40	> 80	Alta	Ninguno
30 – 40	60 – 80	Saludable/sostenible	Leve
25 – 29	50 – 58	Saludable /sostenible con medidas de remediación	Moderado
20 – 24	40 – 48	Saludable con otro uso de la tierra (por ejemplo, cultivos menos exigentes o tolerantes a estrés)	Severo
< 20	<40	No saludable (degradación irreversible a corto plazo)/insostenible	Extremo

Fuente: Adaptado de Lai (1994) y Obando y Montes (2007)

Tabla 2: Evaluación de indicadores de calidad de suelo

INDICADOR	Resultado (1-5)		
	Pobre 1-2	Regular 3-4	Bueno 5
pH	pH 5 o más bajo	pH 5,1 a 5,9 y más 7	pH más de 6 a 7
% Materia Orgánica	Menos de 7	7 a 9,9	Más de 10
% Carbono	Menos de 4	4 a 5,9	Más de 6
% Nitrógeno	Menos de 0,25	0,25 a 0,29	Más de 0,3
Potasio meq/100g	Menos 0,32	Entre 0,32 y 0,5	Más de 0,5
Calcio meq/100g	Menos de 4,4	4,5 a 6,9	Más de 7
Azúfre meq/100g	Menos de 5,5	5,5 a 6,9	Más de 7
Cobertura y altura del pasto/observación directa	Cobertura suelo menos 50% y altura pasto menos de 10cm	Cobertura entre 50% y 80% con altura de pasto entre 10 a 20 cm	Cobertura mayor 80% y altura del pasto más de 20 cm
Desarrollo de raíces/observación directa	Pocas raíces finas en la superficie	Algunas raíces finas en la superficie	Muchas raíces finas en la superficie
Diversidad de especies I Shannon	Menos 1	Entre 1 y 2	Más de 2

Fuente: Elaboración propia con base en análisis de suelos

3.4 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para el desarrollo del trabajo se requirió del uso de las siguientes técnicas para la recolección de la información:

3.4.1 Observación directa. Este instrumento se utilizó durante la caracterización inicial de la finca para recolectar información sobre el estado del suelo, pastos, la salud y bienestar de los animales, infraestructura existente para el manejo del ganado y permitió identificar aspectos de tipo ambiental en la finca como el estado de los pastos y la cantidad así como profundidad de las raíces.

3.4.2 Entrevista. Fue aplicada al dueño de la finca, experto en forrajes y pastoreo racional, como insumo para la caracterización el sistema de producción ganadera intensiva limpia (SPGIL) en zona de ladera.

3.4.3 Análisis de suelo. Para el análisis se empleó la recolección de muestras de suelo las cuales se enviaron a un laboratorio certificado para el análisis físico, químico y biológico. Las tomas de muestras se realizaron a 30 cm de profundidad, recorriendo ambos predios en zigzag y tomando 25 submuestras, cada una de estas se mezclaron para formar las 6 muestras de aproximadamente 1,0 kg cada una, de las cuales 3 son del testigo y 3 son de la finca con PRV.

Estas muestras fueron enviados al laboratorio de suelos y foliares de la Agrolab, de la ciudad de Roldanillo, quien se encargó de enviar las biológicas y microbiológicas a un laboratorio en la ciudad de Bogotá.

Este tipo de análisis incluye las siguientes determinaciones: textura por Bouyoucos, pH por potenciómetro, Materia Orgánica (MO) por método de Walkey-Black, Fósforo disponible (P) por método de Bray II, Nitrógeno Total (N) por método de Kjeldahl, potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) por método de acetato de amonio 1N pH7, Aluminio por método KCl, hierro (Fe), cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn) por extracción por DTPA, conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE) por electrométrico, capacidad de intercambio catiónica efectiva CICE, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos cloruros; comparando cada una de estas variables de la finca con las de otro sistema convencional que usa fertilización o enmiendas.

Las muestras fueron tomadas muy temprano en la mañana con el fin obtener muestras representativas de la biota del suelo, ya que es un indicador biológico de la calidad de suelos (Feijoo y Knapp, 1998) debido a que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, las quemadas, la tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo (Blair; Boleen; & Freckman, 1996).

Para el procedimiento de medición de la microfauna y mesofauna presente en el suelo se desarrolló en el laboratorio con método de análisis de LBC- 200 y 201, siendo protocolos internos confidenciales validados por el mismo, donde relacionan el número de individuos encontrados en 250 cm³ de suelo. Estos datos bioedáficos fueron sometidos a análisis cuantitativos aplicados a la variable de

diversidad y abundancia de la comunidad biótica de acuerdo a Krebs (1999), para el cálculo del índice de diversidad se utilizó la propuesta por Shannon y Wiener:

$$H = - \sum (n/N) \cdot \log_2 (n/N)$$

H=Índice de diversidad de Shannon- Wiener

n=número de individuos del morfogrupo

N=número total de individuos de la muestra.

El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

3.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con los datos de laboratorio se construyó una base de datos en el software Excel, la cual se exportó al programa estadístico S.A.S. (Statistical Analysis System) V.7. Las variables químicas del suelo se analizaron a través de prueba de hipótesis con *t-student* con una prueba previa de homogeneidad de varianzas a través de *F-fisher*. El IACS y los indicadores biológicos se comprobaron con la prueba *Kruskall-Wallis*.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN EN LA FINCA BENDA VALES CON PRV.

4.1.1 Información del Predio. La entrevista fue atendida por el IA Pablo Muñoz la finca tiene una extensión de 22 ha.de las cuales 4 están en bosques, ubicada en la vereda El Diamante del municipio de Versalles- Valle del cauca, quien ha implementado desde hace 10 años el PRV.

4.1.2 Información del manejo de ganado. Se desarrolla una actividad ganadera de producción de leche, manejan ganado Holstein, vacas promedio de 10 litros diarios, se ordeña en el potrero y no hay infraestructura de establo, para evitar pisoteo del ganado en el terreno y enfermedades podales en épocas de invierno cuando se forman lodazales. También se cuenta con equinos particularmente yeguas. Es importante resaltar que se observó tranquilidad en los animales, era evidente una pasividad de los mismos, observando el bienestar animal.

4.1.3 Información de manejo de suelo y pastos. En la finca Bendavales se dejaron potreros pequeños, porque de esta forma se disminuye la pérdida por pisoteo y se facilita el manejo de los animales, así mismo el uso de cerca eléctrica móvil hace que los animales se vayan desplazando. Solo se deja el ganado por 24 horas en el potrero, con el fin de lograr la recuperación de pastos en 60 días, por ello con el manejo de PRV los potreros solo se ocupan 6 días durante los 365 días y descansan el resto (359 días), para recuperarse se busca una rotación donde se elige el potrero que tiene más pasto, teniendo en cuenta que no se puede dejar florecer ni dar biche, recordar que al animal le gusta descopar si se deja más de 12 horas el animal come algo que no le gusta y se presenta el efecto serrucho, se enflaquece y disminuye su productividad.

En el manejo de potreros de la finca no se aplica fertilización química ni gallinaza o porquinaza o algún otro tipo de enmienda, todos estos materiales comúnmente utilizados constituyen elementos que interfieren la actividad biológica de los microorganismos del suelo. Además su aplicación en suelos biológicamente equilibrados resulta innecesaria.

Otros aspectos claves del manejo de la finca son los siguientes: primero no existe control químico de malezas, no se guadaña el remanente del pasto pues los equinos hacen esta labor. Sin roturación mecánica del suelo - siembra de pastos sin sembrar, estas semillas aparecen en el estiércol

Pero el aporte más importante al suelo en finca limpia bien manejada, contrario a lo que sucede con la agricultura y la ganadería convencionales, lo constituye la restauración paulatina de los niveles de materia orgánica y del equilibrio natural del suelo, haciéndolo más productivo a medida que se mejora su fertilidad natural.

Para lograr estos beneficios se requieren tres condiciones básicas:

1°: La estrategia de las altas cargas instantáneas, que ya se mencionó; consiste en colocar un elevado número de animales en un espacio determinado con comida suficiente en un corto tiempo (máximo un día), para que los animales siempre estén descopando y dejen en ese espacio, un elevado número de deposiciones.

2°: Mantener los factores biológicos intactos y de ser posible incrementarlos. Todos los organismos, como la lombriz de tierra, insectos y microorganismos como hongos y bacterias, emprenden una intensa labor biológica de transformación del estiércol y la orina en sustancias benéficas para el suelo una vez desocupado el potrero.

3°: Evitar la aplicación de sustancias que interfieran con esta labor biológica tales como son los matamalezas, los purgantes de efecto residual prolongado (Ivermectinas) y las gallinazas con sus contenidos de cal, hormonas y del petróleo.

Se observó biodiversidad forrajera en la finca lo que explica que se debe considerar también el aporte de las leguminosas por su capacidad natural de incorporar al suelo Nitrógeno del aire por acción de las bacterias nitrificantes simbióticas de la raíz.

Parece paradójico, pero controlar las malezas a machete también constituye solución al problema, donde las raíces roturan el suelo de manera natural contribuyendo así a disminuir el problema de compactación, a la vez que extraen nutrientes de las capas inferiores y lo colocan a disposición de los pastos en la parte superficial.

Entran a los potreros primero las vacas y por último los equinos, para terminar de comer el remanente que dejan las primeras, el aporte que generan los equinos es la fertilización natural en el potrero con sus excrementos, obvio que genera una renta al venderlos después.

4.2 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Los resultados del análisis de suelo permitieron identificar la existencia de diferencias significativas entre el sistema tradicional o extensivo y el Pastoreo Racional Voisin (PRV) en factores edáficos químicos, ello se realizó por medio de la prueba t-student cuyos resultados deben ser $<0,05$ para demostrar dicha diferencia.

Las variables materia orgánica (MO) y porcentaje de carbono orgánico (CO%) presentaron diferencias significativas entre el sistema Extensivo y el PRV mientras que las variables pH, conductividad eléctrica (C.E.) y capacidad intercambio catiónico efectiva (C.I.C.E.) no presentaron diferencias significativas, como se observa en la tabla 3.

En cuanto a los macronutrientes (tabla 4), se evidencia una diferencia muy significativa en la variable calcio (Ca) y resultaron significativas el nitrógeno (N) y azufre (S). La variable fósforo (P) no fue tomada en cuenta en los análisis ya que una de las muestras estaba contaminada mostrando un valor muy alto.

En los análisis de los elementos menores (tabla 5) y las relaciones catiónicas (tabla 6) no se evidenciaron diferencias significativas entre el sistema extensivo y el PRV.

Tabla 3: Propiedades químicas del suelo en dos sistemas de producción de ganadería en ladera. Municipio de Versalles- Valle del Cauca 2017

Variable	Sistema	Límite inferior	Media	Límite superior	Desviación estándar	Coficiente de variación %	t calculado	Significancia
pH	Extensivo	5,22	5,63	6,04	0,1644	2,92	-0,43	0,6862 N.S.
	PRV	4,66	5,75	6,83	0,4349	7,56		
M.O	Extensivo	3,75	6,55	9,34	1,1271	17,21	-2,98	0,04 *
	PRV	7,63	8,6	9,56	0,3897	4,53		
CO%	Extensivo	2,19	3,81	5,42	0,65	17,06	-2,99	0,04 *
	PRV	4,44	5	5,55	0,25	5		
C.E	Extensivo	0,02	0,085	0,1459	0,0245	28,82	-1,57	0,1905 N.S.
	PRV	0	0,149	0,313	0,066	44,3		
C.I.C.E.	Extensivo	0,538	4,33	8,12	1,52	35,1	-1,81	0,14 N.S.
	PRV	3,46	6,33	9,2	1,15	18,17		

* En la última columna N.S. significa que no existe una diferencia significativa entre el sistema extensivo y PRV y (*) significa diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Comparación de macronutrientes del suelo en dos sistemas de producción de ganadería en ladera. Municipio de Versalles- Valle del Cauca 2017

Variable	Sistema	Límite inferior	Media	Límite superior	Desviación estándar	Coficiente de variación %	t calculado	Significancia
N	Extensivo	0,1261	0,2133	0,3006	0,0351	16,46	-2,81	0,0483 *
	PRV	0,244	0,2733	0,302	0,0115	4,21		
K	Extensivo	0	0,48	1,077	0,2406	50,13	-0,13	0,9 N.S.
	PRV	0	0,513	1,4105	0,361	70,37		
Ca	Extensivo	1,3302	2,6067	3,8731	0,5138	19,71	-6,5	0,0029 **
	PRV	4,18	4,6733	5,1666	0,1986	4,25		
Mg	Extensivo	0	1,4667	4,6012	1,2618	86,03	0,58	0,59 N.S.
	PRV	0,1281	1,0267	1,9252	0,3617	35,23		
S	Extensivo	4,4886	5,9667	7,4447	5,595	93,77	-4,59	0,01 *
	PRV	6,6731	8,35	10,027	0,6751	8,09		

En la última columna N.S. significa que no existe una diferencia significativa entre el sistema extensivo y PRV, () significa diferencia significativa y (**) diferencia muy significativa.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Elementos menores del suelo en dos sistemas de producción de ganadería en ladera. Municipio de Versalles- Valle del Cauca 2017

Variable	Sistema	Límite inferior	Media	Límite superior	Desviación estándar	Coefficiente de variación %	t calculado	Significancia
Fe	Extensivo	26,66	55,66	84,67	11,676	20,98	-0,97	0,38 N.S.
	PRV	56,082	62,33	68,58	2,5166	4,04		
Mn	Extensivo	0	6,46	15,548	3,655	56,58	-0,31	0,77 N.S.
	PRV	0	7,36	15,77	3,38	45,92		
Cu	Extensivo	0	1,256	3,39	0,8591	68,4	-0,62	0,57 N.S.
	PRV	0,296	1,616	2,93	0,531	32,86		
Zn	Extensivo	0	1,3533	3,1092	0,7068	52,23	-0,81	0,46 N.S.
	PRV	0	2,046	5,295	1,3079	63,92		
B	Extensivo	0,1762	0,29	0,4038	0,0458	15,79	-0,72	0,51 N.S.
	PRV	0,1817	0,32	0,4583	0,0557	17,41		

* En la última columna N.S. significa que no existe una diferencia significativa entre el sistema extensivo y PRV.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Relaciones catiónicas del suelo en dos sistemas de producción de ganadería en ladera. Municipio de Versalles- Valle del Cauca 2017

Variable	Sistema	Límite inferior	Media	Límite superior	Desviación estándar	Coefficiente de variación %	t calculado	Significancia
Ca/Mg	Extensivo	3,45	3,83	4,2128	0,1528	3,99	-1,62	0,24 N.S.
	PRV	2,1	4,9	7,699	1,1269	23		
Ca/K	Extensivo	0	4,4333	13,749	3,7501	84,59	-1,32	0,25 N.S.
	PRV	0,0684	8,2333	16,398	3,2868	39,92		
Mg/K	Extensivo	0	1,1667	3,6549	1,0017	85,86	-0,77	0,48 N.S.
	PRV	0,3919	1,6667	2,99414	0,5132	30,79		
(Ca+Mg)/K	Extensivo	0	5,6667	16,868	4,5092	79,57	-1,3	0,26 N.S.
	PRV	1,0433	10	18,957	3,6056	36,06		
Ca : K	Extensivo	0	4,4333	13,749	3,7501	84,59	-1,32	0,25 N.S.
	PRV	0,0684	8,2333	16,398	3,2868	39,92		

*En la última columna N.S. significa que no existe una diferencia significativa entre el sistema extensivo y PRV.

Fuente: Elaboración propia

Igualmente, para el caso de los indicadores microbiológicos no se detectaron diferencias estadísticas significativas, ya que en cada tratamiento se encontraron distribuidas las siguientes especies *Trichoderma sp*, *Penicillium sp*, *Mucor sp.*, *Fusarium sp.*, *Levaduras*, *Bacterias Mesófilas Aerobias*, *Pseudomonas sp*, *Cladosporium sp*, expresadas en la tabla 7.

Por el contrario dentro de la mesofauna, fueron los nematodos el grupo representativo, donde solo una especie (*Rhabditis*) presentó diferencias significativas entre los dos tratamientos.

Tabla 7: Microorganismos del suelo en dos sistemas de producción de ganadería en ladera. Municipio de Versalles- Valle del Cauca 2017

Microorganismos	Sistema		Kruskal-Wallis Test	Significancia	
	PRV	Extensivo			
Trichoderma	200	200	0,4839	0,4867	N.S.
Penicillium	10000	10000	0,2222	0,6374	N.S.
Aspergillus	100	0	0,222	0,6374	N.S.
Mucor	2000	300	1,7647	0,184	N.S.
Fusarium	1000	300	0,4286	0,5127	N.S.
Paecilomyces	0	0	1	0,3173	N.S.
Cladosporium	200	0	2,4	0,1213	N.S.
Bacterias mesófilas	470000	1000000	0,4412	0,5066	N.S.
Pseudomonas	7200	43000	2,3333	0,1266	N.S.

* En la última columna N.S. significa que no existe una diferencia significativa entre el sistema extensivo y PRV.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Mesofauna del suelo en dos sistemas de producción de ganadería en ladera. Municipio de Versalles- Valle del Cauca 2017

Mesofauna	Sistema		Kruskal-Wallis Test	Significancia	
	PRV	Extensivo			
Rhabditis	550	1050	3,8571	0,0495	*
Meloidogyne	350	500	2,333	0,1266	N.S.
Pratylenchus	0	0	1	0,31	N.S.
Criconema	0	0	1	0,317	N.S.
Xiphinema	100	0	2,5	0,1138	N.S.
Colembolos	2	1	2,6344	0,1046	N.S.
Sinfilidos	0	0	1	0,3173	N.S.
Lombrices	0	0	0	1	N.S.

* En la última columna N.S. significa que no existe una diferencia significativa entre el sistema extensivo y PRV y (*) significa diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

4.3 EVALUACIÓN DE LA ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO

De conformidad con los resultados del laboratorio y a la observación directa se procedió a la evaluación de los indicadores seleccionados de la tabla No. 2, asignado un valor de 1 a 5 a cada indicador, luego se realiza la sumatoria de los valores de los 10 indicadores para cada repetición en ambos tratamientos y de esta manera se calcula el IACS, Indicador acumulativo de la calidad del suelo,

como se muestra en la tabla No.9. De acuerdo al puntaje promedio de IACS de los testigos o sistema de referencia representado por ganadería extensiva y manejo químico se obtiene un puntaje promedio de 28,6, significando de conformidad a la metodología de Obando & Montes (2007) resumidas en la tabla 1, el suelo tiene un grado de alteración moderado. Por otro lado los valores presentados con el sistema PRV implementado en la finca arrojó un promedio del IACS de 41,6 que representa un suelo sin grado de alteración.

Al analizar los datos estadísticamente con la prueba *Kruskall- Wallis*, tabla No. 10, se observa que las variables materia orgánica, calcio, azufre, desarrollo de raíces, cobertura vegetal y el mismo resultado del IACS presentaron diferencias significativas, indicando que el manejo agroecológico acompañado con PRV mejora las condiciones en el suelo.

Sin embargo el porcentaje de carbono y le nitrógeno a pesar de que no resultaron significativos por estar arriba del 5%, estos no sobrepasaron el 10%. A diferencia pH, el fósforo e índice de *Shannon* que no presentaron diferencias significativas entre ambos sistemas de producción, que coincide con la prueba *t student*.

Tabla 9. Calificación de los indicadores e Índice de calidad de suelo IACS para el sistema PRV y el Extensivo.

INDICADOR	Resultado (1-5)			PRV			EXTENSIVO		
	Pobre 1-2	Regular 3-4	Bueno 5	Repetición			Repetición		
				1	2	3	1	2	3
Ph	pH 5 o más bajo	pH 5,1 a 5,9 y más de 7	pH más de 6 a 7	5	4	4	4	4	4
%Materia Orgánica	Menos de 7	7 a 9,9	Más de 10	4	4	4	2	3	2
% Carbono	Menos de 4	4 a 5,9	Más de 6	4	4	3	2	2	3
% Nitrógeno	Menos de 0,2	0,2 a 0,29	Más de 0,3	4	4	3	3	3	2
Potasio meq/100g	Menos 0,32	Entre 0,32 y 0,5	Más de 0,5	5	3	2	2	4	5
Calcio meq/100g	Menos de 4,4	4,5 a 6,9	Más de 7	4	4	4	3	3	3
Azufre meq/100g	Menos de 5,5	5,5 a 6,9	Más de 7	5	5	5	2	3	3
Cobertura y altura del pasto/ observación directa	Cobertura suelo menos 50% y altura pasto menos de 10cm	Cobertura entre 50% y 80% con altura de pasto entre 10 a 20 cm	Cobertura mayor 80% y altura del pasto más de 20 cm	5	5	5	2	2	3
Desarrollo de raíces/observación directa	Pocas raíces finas en la superficie	Algunas raíces finas en la superficie	Muchas raíces finas en la superficie	5	5	5	2	3	3
Diversidad de especies Índice Shannon/calculado	Menos 1	Entre 1 y 2	Más de 2	3	4	4	3	2	4
TOTAL				44	42	39	25	29	32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Indicadores del IACS del suelo en dos sistemas de producción de ganadería en ladera. Municipio de Versalles- Valle del Cauca 2017

Indicador	Sistema		Kruskal-Wallis Test	Significancia	
	PRV	Extensivo			
pH	4	4	1	0,3173	N.S.
Materia Orgánica	4	2	4,5	0,0339	*
% Carbono	4	2	3.33	0,0679	N.S.
Nitrógeno	4	3	2,72	0,099	N.S.
Potasio	3	4	0,0505	0,8222	N.S.
Calcio	5	3	4,5	0,0339	*
Azufre	4	3	5	0,0253	*
Cobertura Vegetal	5	2	4,5	0,0339	*
Desarrollo raíces	5	3	4,5	0,0339	*
Índice Shannon	4	3	0,889	0,3458	N.S.
IACS	42	29	3,857	0,0495	*

Fuente: Elaboración propia

5 DISCUSIÓN

En la investigación se presenta una diferencia muy significativa en el calcio (Ca), que coincide con el estudio de Flores (1996), el cual concluye que los animales pueden devolver al suelo a través de sus excreciones, hasta 90% del N, K y Ca, 80% del P y 50% de la MO que consumen en sus alimentos. Así mismo que las deposiciones de bostas incrementan el contenido de Ca, materia orgánica y otros minerales.

En consecuencia se confirma que la materia orgánica, resulto con diferencia significativa siendo mayor en el PRV que en el sistema extensivo, lo anterior también lo corroboran diferentes estudios, entre ellos el de Perea (1991, citado por Jaramillo, 2002) comparando un pastoreo tradicional con un pastoreo intensivo en diferentes años confirmando que la MO aumenta con el paso de los años con un pastoreo intensivo de 24 horas, al igual que Pinheiro (2009).

Así mismo es importante resaltar que existe una relación entre la materia orgánica y el porcentaje de Carbono, % CO, donde el humus del suelo representa el 85% de la MO y el color negruzco de este se debe principalmente a la cantidad del carbono que lo compone (Velasco, 2015), por tal motivo al haber una significancia en la MO, también la habrá en el % CO como se evidencia en este estudio, en concordancia con otras investigaciones Aguilera; Borie; & Pereirano (1999) y Martínez; Fuente; & Acevedo (2008), donde el carbono orgánico es esencial para la actividad biológica del suelo, actuando como fuente de energía para los organismos.

En la investigación de Ojeda et al. (2014) se concluye que además del carbono también el nitrógeno (N) y azufre (S) mejoran sustancialmente con el sistema PRV como resultado del manejo animal en los potreros.

Estos resultados están de acorde con el documento inédito del IA Muñoz, propietario de la finca Bendavales, en reconocer que el aporte más importante al suelo en una finca limpia, bien manejada, lo constituye la restauración paulatina de los niveles de materia orgánica y del equilibrio natural del suelo, haciéndolo más productivo a medida que se mejora su fertilidad natural.

En relación con los indicadores biológicos, dentro de la mesofauna identificada fueron los nematodos, quienes representaron la mayor población, agrupados en dos grupos funcionales bacteriófagos (género *Rhabditis* sp.) y fitoparásitos (género *Meladogyne* sp., y en menor cantidad *Pratylenchus* sp., *Xiphinema* sp., *Criconema* sp.), es de resaltar la presencia de nematodos fitoparásitos, perjudiciales para cultivos en el tratamiento con PRV, que se atribuyen a la presencia de suelos donde hay mayor materia orgánica, lo anterior esta de acorde con el estudio de Bohlen y Edwards (1994). Además la investigación de Wing; Ching; & Figueroa (2011, citado por Chavez et al. 2015) encontraron la presencia de *Pratylenchus* sp. y *Xiphinema* sp. en varias especies de pastos de uso común en sistemas lecheros en San Carlos Costa Rica.

Por el contrario los nematodos bacteriófagos (género *Rhabditis*) presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos, siendo menor la población en el tratamiento de PRV que el extensivo, resultado que concuerdan con estudios (Ibañez; Blanco; Bello & Revuelto 2005 & Leguizamo 2008) sobre la nematofauna, comparando bosques altoandinos y pastizales, en el primero se registró un 67% de bacteriófagos que presentan una alta capacidad de adaptación, así como pueden colonizar y sobrevivir más fácilmente debido a que su fuente de alimentación son bacterias, siendo la población más numerosa en ambientes edáficos y solo se presentó un 3% de nematodos fitoparásitos.

Los indicadores microbiológicos no mostraron diferencias significativas entre ambos tratamientos.

El resultado del análisis estadístico del indicador acumulativo del suelo (IACS) comprueba el estado del suelo sin grado de alteración por el manejo agroecológico con un sistema de producción ganadera limpia acompañado con PRV, implementado en la finca Bendavales, de allí la importancia y necesidad de realizar actividades concernientes a la conservación de suelos para mejorar la calidad del mismo. Lo anterior coincide con estudios de evaluación de la calidad de los suelos como el de Obando y Montes (2007) para diferentes sistemas (bosque, café y pasturas) en suelos de Caldas y la investigación de Lozano (2014) con el indicador de sostenibilidad del suelo IGSA en suelos cafeteros del municipio de Rovira Tolima.

6 CONCLUSIONES

La sostenibilidad de la ganadería está en la capacidad de preservar la calidad de los recursos naturales en los que sustenta, por ello se demostró el impacto positivo en el suelo generado por la implementación del sistema de pastoreo racional Voisin (PRV) en zona de ladera, con el fin de animar e incentivar el compromiso de más productores y ganaderos para que incluyan estas acciones integrales promoviendo más la conservación en los suelos y por ende la calidad y sostenibilidad del mismo.

Los sistemas ganaderos limpios endógenos, unido al PRV son estrategias fáciles y sencillas para lograr la sostenibilidad, donde las puede adoptar el campesino colombiano promedio, con el objetivo de lograr el equilibrio entre suelo- planta- animal, con enormes beneficios ambientales relacionadas con el manejo y conservación de suelos, la eficiencia de utilización de los pastos por mantener y mejorar la fertilidad del suelo.

El manejo agroecológico en la ganadería con el sistema de pastoreo racional Voisin (PRV) asociado a un sistema de producción limpio favorece el aumento de la materia orgánica (MO) en el suelo debido a la fertilización natural logrando buena cobertura y altura de pastos así como la biodiversidad de especies forrajeras y de esta manera mantener permanentemente una buena oferta forrajera a pesar de la variabilidad climática.

Existen impactos positivos desde el punto de vista ambiental del PRV que logran mejorar algunos factores edáficos del suelo, representado no solo en el aumento de materia orgánica sino también de otros elementos como el carbono orgánico, nitrógeno, calcio, debido a la fertilización orgánica natural producida por el estiércol y la orina de los animales sin necesidad de fertilización química.

Aunque no se identificaron diferencias significativas en los indicadores biológicos, cabe resaltar que el grupo taxonómico predominante fue la nemotofauna, donde la presencia de nematodos fitoparásitos, perjudiciales para cultivos se presentó en el tratamiento con PRV atribuible a la presencia de suelos donde hay mayor materia orgánica.

Otro aspecto relevante de la investigación es la información brindada por el Indicador acumulativo del suelo (IACS) en la finca Bendavales, con manejo agroecológico de un sistema de producción ganadera limpia acompañado con PRV, permitió evaluar el menor grado de alteración del suelo comprobando que el PRV es una remediación o mejoramiento a las condiciones específicas del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA S, BORIE G, PEREIRANO P. (1999). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista Frontera Agrícola* 5 (1-2): 33-38.

<http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/121051>

Alcaldía Municipal de Versalles (2016). Plan de Desarrollo 2016-2019. Recuperado de <http://versalles-valle.gov.co/apc-aa-files/63303135626637343066333939383335/plan-de-desarrollo-versalles-2016-2019-2.pdf>

Alcaldía Municipal de Versalles. Plan desarrollo 2012-2015. Recuperado de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/versalles-pd2012-2015.pdf>

Alcaldía Municipal de Versalles. Esquema de Ordenamiento Territorial 2001. Análisis de la dimensión ambiental. Recuperado de:

[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/ambiental_versalles_\(21 pag 39 kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/ambiental_versalles_(21_pag_39_kb).pdf)

ALTIERI, M. (1999). *Agroecología bases científicas*. Montevideo: Nordan-Comunidad.

ALTIERI, M. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de plagas*. 64 (3) pp. 17-24.

BAUTISTA (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13 (2): 90-97. Mayo 2004. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. Recuperado de: www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/572/541.

BERTALANFFY V. L (1968). *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1976.

BLAIR, J., BOLEEN, P. & FRECKMAN, D. (1996). Soil invertebrates as indicator of soil quality. *Science Society of America*. (49) pp. 273-292

BOHLEN, P.J. & EDWARDS, C.A. (1994). The response of nematode trophic groups to organic and inorganic nutrient inputs in agroecosystems. *Soil Society of America* 35: 235-244

BRUNDLANT, G. (1987). *Informe Nuestro Futuro Común*. USA: Oxford University

BUSTAMANTE, C. & PINZÓN, W. (2011) Producción más limpia-PML en la ganadería Bovina. *Fedegan*. Recuperado de <http://www.fedegan.org.co/produccion-mas-limpia-pml-ganaderia-bovina>.

CHAVERRA, A. (Entrevistadora) (2016). *Entrevista con IA. Pablo Muñoz, propietario y administrador Finca Bendavales*. Finca Bendavales.

CHÁVEZ, L.; RIVAS, O.; ÁLVAREZ, A.; RAMÍREZ, A. & LICEA, L. (2015). Censo de nematodos del suelo en ecosistemas Ganaderos de montaña en la provincia Granma, *Revista Granma Ciencia* Vol 19 No.3 septiembre- diciembre .

DANE (2015). Encuesta Nacional Agropecuaria- ENA. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>

EOT (2001). *Esquema de Ordenamiento territorial Versalles Valle del Cauca 2001. Ambiental*. Recuperado de: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/ambiental_versalles_\(21_pag_39_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/ambiental_versalles_(21_pag_39_kb).pdf)

ESTRADA, R. (2014). *Factores que afectan el posicionamiento estratégico agro industrial de calidad y ambiental, existente para el sector pecuario de córdoba, con base en las bpa, bpm y bpg*.(Tesis.) Universidad de Manizales.

FEDEGAN (2010). *Cartilla de Buenas Prácticas Ganaderas*.ISSBN:978-958-8498-16-4.

FEIJOO, M. & Knapp, B. (1998). El papel de los macroinvertebrados como indicadores de fertilidad y perturbación de suelos de laderas. *Suelos Ecuatoriales*, 28, pp. 254-259.

FLORES, A. (1996). Significado de las excreciones del ganado en pastoreo en el sistema Suelo- Pasto-Animal. Recuperado de: http://www.academia.edu/2647964/Significado_de_las_excreciones_del_ganado_en_pastoreo_en_el_sistema_Suelo-Pasto-Animal.

GIRALDO, C., REYES, L.K. & MOLINA, J. (2011). Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos. Manual 2, *Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 51 p

IBAÑEZ, J.J.; BLANCO, A.; BELLO, A. & REVUELTO, J.L. (2005) Estructura y variabilidad de las nematocenosis en relación con diversos factores bióticos y abióticos del medio en una vaguada dehesada del oeste español. Alcalá, España. p.1326-1333

ICA. (2011). *Las Buenas Prácticas Ganaderas en la Producción de Leche*. Produmedios, Bogotá. Pag.33.

- ICA. (2011). Las Buenas Prácticas Ganaderas en la Producción de Leche.
- JARAMILLO, D. (2002) Introducción a la ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias de Medellín.
- KREBS, C. (1999). *Ecological methodology*. Ed. Benjamin/Cummings. California. Usa. 620 p. ISBN0-321-02173-8
- LEGUIZAMO, M. C. & PARADA, J. (2008) Nematodos del suelo en el sistema maíz-soya y en hábitats naturales adyacentes de la Altillanura colombiana (Meta). *Rev. Corpoica* (9)1 pp. 61-65
- LOZANO A. (2014). Determinación del estado de sostenibilidad de los suelos a nivel de finca cafetera en el municipio de Rovira Tolima. Universidad de Manizales. Recuperado de:<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2003>
- Mag Cenccod (productores) (2014). Pilares fundamentales del Pastoreo Racional Voisin (vídeo). Entrevista a Michel Rúa. Cartago, Costa Rica. Recuperado de:<https://www.youtube.com/watch?v=GL5A5KoYKoA>
- Mag Cenccod (productores) (2014). *Dedonde nace el Pastoreo Racional Voisin* (vídeo). Entrevista a Michael Rúa. Cartago, Costa Rica. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=KFWvTcQqjAl>
- MARTÍNEZ, E.; FUENTE, J. P. & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- MUÑOZ, M. (2014). Caracterización de los sistemas de producción ganadera del municipio de labranzagrande Boyacá. (Tesis) Unad. Recuperado de: repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2567/1/4045129.pdf
- MUÑOZ P. (2016). *Proyecto de Lechería Intensiva en zona de Ladera*. Manuscrito no publicado.
- OBANDO, F, MONTES J.M. (2007). Indicadores de calidad del suelo y funciones de edafotransferencia pedológica en sistemas de producción de mora en el departamento de Caldas. *Suelos ecuatoriales* 37 (1):101-109.
- OJEDA, F., PINHEIRO, M., CORE. O & ECHARRI N. (2014). 18 años de pastoreo racional voisin al sur de la provincia de Santa Fe, República de Argentina. *Cuadernos de Agroecología*, 9, 2. Recuperado de:<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/15838/10014>.
- PINHEIRO, L. (2009). *Pastoreo Racional Voisin*. Buenos Aires, Argentina. Ed. Hemisferios Sur S.A.

PIZANO, C. Y CURIEL, J. (2015) El monitoreo del suelo en los procesos de restauración ecológica: indicadores, cuantificadores y métodos. En *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. (pp. 74-86) Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia.

RIVERA G, C. C. (2012). Encuentros de conocer en el enfoque agroecológico. Recuperado el 28 de agosto de 2015 (Tesis) de *Biblioteca digital Univalle*: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4714/1/CB-0475891.pdf>

Sociedad Cubana de Producción y Utilización de los Pastos. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" (2008). *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Editora: Milagros de la C. Milera Rodríguez. Recuperado de: <http://www.unah.edu.cu/sites/default/files/pdf/libroprvcompleto.pdf>.

TERÁN, J.M. (2015). Evaluación entre dos sistemas de pastoreo para ganado lechero (*Bostaurus*) en Machachi, Pichincha. *Universidad San Francisco de Quito USFQ*. Recuperado <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5041>

UNEP Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- Manual de producción más limpia- Introducción a la producción más limpia. Recuperado de http://www.unido.org/fileadmin/import/71360_1Textbook.pdf.

Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria UMATA Versalles. (2016). Plan Agropecuario Municipal PAM 2016-2019- Desarrollo Rural y ambiental del Municipio de Versalles. Recuperado de: <http://versalles-valle.gov.co/apc-aa-files/63303135626637343066333939383335/plan-municipal-agropecuario-pam-versalles-2016-2019.pdf>