

Valoración ecológica de los servicios ecosistémicos prestados por el suelo en fincas cafeteras de la Cuchilla de San Juan, municipio de Belén de Umbría, Colombia

Ecological evaluation of the ecosystem services provided by the soil in coffee farms of La Cuchilla de San Juan, Colombia

Bis Davinson Bedoya-Gómez¹, Jeferson Marín-Fernández²

Resumen

Para la valoración ecológica de los servicios ecosistémicos prestados por los suelos en el municipio de Belén de Umbría (Colombia), se colectó información en dos periodos diferentes sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos de 15 predios, con coberturas asociadas a los sistemas de producción de café. Se delimitaron 3 unidades de análisis (área marginal alta, área óptima y área marginal baja) denominadas ventanas donde se determinaron 6 servicios ecosistémicos (disponibilidad de nutrientes, capacidad de enraizamiento, resistencia a la erosión, sumidero de dióxido de carbono, disponibilidad de agua y disponibilidad de actividad microbiana). Con base en fuentes primarias y secundarias se definieron las variables con mayor peso en la variabilidad de los servicios ecosistémicos y se realizó un proceso de estandarización para el manejo adecuado de la información. Después, mediante la ponderación de los valores de los servicios se determinaron tres índices (óptimo, de comportamiento y de gestión). Los resultados permitieron identificar que la disponibilidad de nutrientes y la disponibilidad de actividad microbiana es baja, la resistencia a la erosión y sumidero de dióxido de carbono muestra un comportamiento bajo y medio, en tanto la disponibilidad de agua y capacidad de enraizamiento presentó una valoración medio y alto. El predio El Consuelo, perteneciente al área marginal óptima fue la que obtuvo el mejor resultado en la valoración de los servicios; La Mirla, Los Pinos y El Progreso fueron los predios con menor valoración.

Palabras Clave: Ecosistema; índices; servicios de regulación; sistema de producción; Suelo

¹ Estudiante de Administración Ambiental, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia; bisdavinson@utp.edu.co, ORCID: 0000-0002-7160-3066

² Estudiante de Administración Ambiental, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia; jmarin698@utp.edu.co, ORCID: 0000-0002-6927-2587

Abstract

For the ecological assessment of the ecosystem services provided by the soils in the municipality of Belén de Umbría (Colombia), the information on the physical, chemical and biological properties of the soils in 15 properties associated with the coffee production systems was collected in two different periods. Three analysis units were delimited (high marginal area, optimum area and low marginal area) called windows where 6 ecosystem services were determined (nutrient availability, rooting capacity, erosion resistance, carbon dioxide sink, water availability and availability of microbiological activity). Based on primary and secondary sources, the variables with the greatest weight in the variability of ecosystem services were defined and a standardization process was carried out for the adequate management of the information. Then, by weighting the values of the services, three indices were determined (optimal, behavioral and management). The results allowed to identify that the availability of nutrients and the availability of microbiological activity is low, the resistance to erosion and carbon dioxide sink shows a low and medium behavior, while the availability of water and rooting capacity presented an average valuation and high. The "El Consuelo" property, belonging to the optimum marginal area, was the one that obtained the best result in the valuation of the services; "La Mirla", "Los Pinos" and "El Progreso" were the properties with the lowest rating.

Keywords: Ecosystem; indexes; regulation services; production system; ground

1. Introducción

El suelo como componente natural ha jugado un papel fundamental en la preservación, restauración y conservación de los ecosistemas. Además, es utilizado como soporte para el desarrollo de actividades productivas principalmente de alimento, al brindarle los elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas (Arcila, Farfán, Moreno, Salazar & Hincapié, 2007).

Es así como las características del suelo sumadas a las condiciones climáticas, geográficas y antrópicas, han hecho del territorio colombiano un lugar propicio para el desarrollo de sistemas productivos de café, cultivo que se ha constituido a través del tiempo como una oportunidad para el desarrollo rural en algunas zonas del país (Arcila et al., 2007).

Sin embargo, en los últimos años los servicios ecosistémicos se han visto afectados por los monocultivos, la aplicación de agroquímicos, los cambios en el uso del suelo y las dinámicas del cambio climático; factores que han incidido en el deterioro del suelo (erosión, pérdida del carbono orgánico, acidificación, desequilibrio de nutrientes, compactación, contaminación y pérdida de biodiversidad), afectando los sistemas productivos (Arcila et al., 2007). Por consiguiente, se realizó la valoración ecológica de los siguientes servicios ecosistémicos pertenecientes a la categoría de regulación: disponibilidad de nutrientes, resistencia a la erosión, capacidad de enraizamiento, sumidero de dióxido de carbono (CO₂), disponibilidad de agua y disponibilidad de actividad microbiológica, enmarcado en el proyecto de investigación "Servicios ecosistémicos, adaptación al cambio climático y planificación del territorio: Estrategias para el manejo de sistemas socio-ecológicos en la zona cafetera de Colombia", financiado por Colciencias.

Para ello, se construyó una propuesta metodológica que incluyó 15 fincas cafeteras pertenecientes a la Asociación de Productores de Café “Cuchilla de San Juan” del municipio de Belén de Umbría, Risaralda. Allí, se analizaron variables físicas, químicas y biológicas de los suelos, lo cual permitió valorar cada servicio ecosistémico, generar el índice integral de gestión para cada una de las fincas y proponer estrategias de manejo y conservación que apunten al mejoramiento de los servicios prestados por el suelo y en consecuencia de los sistemas de producción cafetero; de tal modo, que se pueda impactar de forma positiva la calidad de vida de las personas.

En el presente artículo se encuentra el marco conceptual, la propuesta metodológica, los resultados obtenidos y su respectiva discusión en función del manejo dado en cada finca. Además, aparecen las conclusiones y recomendaciones, las cuales van a desempeñar un papel importante en la toma de decisiones y la determinación de las actividades a realizar en los sistemas productivos de café de la zona.

2. Marco Conceptual

El suelo es fundamental para el desarrollo de la vida y de los demás procesos que se generan sobre la tierra. Sin embargo, la degradación y contaminación del suelo lo han llevado a un límite crítico (FAO, 2015), razón por la cual, diversos sectores institucionales, sociales y del ámbito académico han decidido aunar esfuerzos alrededor del mundo con el fin de mantener y mejorar sus condiciones.

El suelo de acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1994), posee unos límites y cumple unas funciones específicas.

Un cuerpo natural, compuesto de materiales orgánicos, minerales y materia viva; puede soportar la vegetación al aire libre y además cubre gran parte de la superficie de la tierra; su límite superior es el aire o el agua superficial; sus fronteras horizontales son las áreas donde el suelo cambia, a veces gradualmente a aguas profundas, rocas o hielo; el límite inferior puede ser la roca dura o depósitos de materiales virtualmente desprovistos de animales, raíces u otras señales de actividad biológica y que no han sido afectados por los factores formadores del suelo (Soil Survey Staff, 1994).

Por otro lado, la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (2017), considera que el suelo como componente natural es “fundamental para el mantenimiento de la biodiversidad, la seguridad alimentaria y nutricional, la disponibilidad de agua de calidad y la mitigación del cambio climático” (p. 13). Es decir, que el suelo dependiendo de su calidad y salud va a definir las condiciones ambientales de un territorio y, a la vez, va a determinar una función diferenciada para cada lugar.

En ese sentido, las condiciones van a estar justificadas por los servicios ecosistémicos, uno de los mayores beneficios que el suelo le presta al hombre, definidos como los beneficios que la sociedad adquiere de los ecosistemas en términos económicos y culturales (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005). Daily (1997) agrega que son “las condiciones y los procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los componen, sostienen y satisfacen la vida humana” (p. 3). Además, el mismo autor identifica seis servicios que son prestados por el suelo: Amortiguación y moderación del ciclo hidrológico; soporte físico de las plantas; retención y entrega de nutrientes a las plantas; eliminación de desechos y materia orgánica; renovación de la fertilidad del suelo, y regulación de los ciclos de elementos principales (Daily, 1997).

Sin embargo, para efectos del presente trabajo los servicios ecosistémicos se clasificaron de acuerdo a su función en servicios de regulación (MEA, 2005), definido como aquellos “procesos naturales de los que forman parte distintos componentes de la biodiversidad y ayudan a mantener el equilibrio de las interacciones y condiciones de los ecosistemas” (Zaccagnini, 2014, p. 22). En tanto, los servicios son definidos de la siguiente manera.

- Disponibilidad de nutrientes: Es uno de los servicios más importantes y evidentes al brindar los nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo a fin de producir alimentos y biomasa en general (Burbano, 2016).
- Resistencia a la erosión: Vista desde lo que explica Zhang et al. (2007) como “la importancia de mantener la estructura del suelo” (p. 255) ante “la posibilidad que puede presentar el suelo en mayor o menor grado a alterarse por efecto de las condiciones naturales o antrópicas” (Dossman, Camargo & Arias, 2009, p. 23) y de gran importancia para los sistemas cafeteros de Colombia por su ubicación en zonas de montaña con elevadas pendientes.
- Capacidad de enraizamiento: Está representado por el desarrollo y la distribución de las raíces, además de ser un factor importante en la productividad (Dossman, et al., 2009), este servicio es fundamental en el crecimiento del cultivo de café porque dependiendo de la facilidad con que las raíces puedan penetrar o no el suelo de forma lateral o en profundidad van a obtener el suministro de nutrientes y el agua suficiente para su desarrollo (Arcila, et al., 2007).
- Disponibilidad de agua: En los agroecosistemas es fundamental la capacidad de retención de agua disponible que el suelo les presta para el buen funcionamiento y desarrollo de las especies que en él habitan (Dossman, et al., 2009). Para el café y cualquier otra planta este servicio representa el vehículo a través del cual los nutrientes se disuelven en el suelo y se mueven en la planta (Arcila et al., 2007).
- Sumidero de dióxido de carbono (CO₂): En el marco del cambio climático y ante las circunstancias actuales de elevadas concentraciones de dióxido en la atmósfera (Burbano, 2016), el suelo por sus características asociadas a condiciones climáticas y aportes de materia orgánica puede facilitar o impedir la liberación de CO₂, a través de la transformación de éste en carbono orgánico (COS) con intermediación de los microorganismos y las planta (Dossman, et al., 2009).
- Disponibilidad de actividad microbiológica: “La actividad microbiana es importante para mantener la fertilidad del suelo y en la nutrición de las plantas” (Álvarez & Anzueto, 2004, p. 14). Además, “los microorganismos del suelo conducen la biodegradación de la materia orgánica y se establece como un importante reservorio lábil de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P)” Díaz y Acea (como se citó en Álvarez & Anzueto, 2004, p. 14).

Desde una función operativa según lo explica Ossa (2016) sistema puede definirse como un conjunto de elementos interconectados, en donde “el conjunto se comporta en forma organizada, coherentemente, como un todo integrado no deducible de sus partes” (p. 106). Se agrega, que un sistema también debe tener entradas y salidas y uno de los puntos más importantes es el límite o frontera que éste debe tener.

De esta manera, un sistema de producción agrícola se define como “la combinación (en tiempo y espacio) de los factores de producción disponibles en la propiedad rural” en el que se incluyen “la fuerza de trabajo, conocimientos técnicos, la superficie agrícola utilizada, las mejoras, maquinarias y equipos agrícolas, el capital, entre otros, visando la producción de vegetales y animales” (Paz, 2015, p. 33); en el cual, es importante considerar que más allá de que los sistemas de producción “son fuente de ingreso y generación de empleo en las zonas rurales” (Tobasura, 2011, p. 106), se debe prestar especial atención a la familia, campesino o productor porque son ellos quién en últimas toman la decisión más importante de los manejos que se deben realizar dentro del predio y los actores principales en la disminución de las brechas existentes entre sociedad naturaleza, en función de generar una producción ambientalmente sustentable.

De igual forma, los sistemas de producción de café consideran los siguientes sistemas: “tradicional, tecnificado, con semisombra y con sombra” (Arcila et al., 2007, p. 19), en donde, para el caso de la región cafetera colombiana el mismo autor, menciona que “se han identificado áreas homogéneas con características de suelo, relieve y clima denominadas ecotopos cafeteros, que definen el entorno o el ambiente principal de los sistemas de producción de café” (p, 19). Además, de las condiciones físicas generadas por la ubicación geográfica y las condiciones climáticas, los sistemas van a estar en función de los arreglos y manejos que los propietarios de cada finca eligen, influenciados por condiciones socio-culturales, como la tradición y la forma de organización; económicas, asociada a la disponibilidad de recursos monetarios y; externas, relacionadas con la globalización, la tecnología y la asistencia técnica.

Con base a las clasificaciones naturales y antrópicas desarrolladas sobre los sistemas de producción cafeteros, el presente proyecto de investigación propuso realizar la categorización en función tres ventanas, entendidas como el área marginal alta, área óptima y área marginal baja, zonificación que se da acorde a los rangos altitudinales donde se cuenta con la mayor presencia de sistemas cafeteros y en los cuales se obtiene la mayor productividad de los mismos.

Por lo cual, la clasificación se convierte en un eje de análisis para la valoración de los servicios ecosistémicos e identificar el estado de los mismos en relación al sistema de producción cafetero. No obstante, son las condiciones reflejadas durante la valoración las que permiten prospectar y definir las estrategias, acciones o actividades a implementar por parte de los diferentes actores en pro de aprovechar los beneficios que se derivan de la función ecosistémica. En otras palabras, es lo que Costanza et al. (1997) justifica cuando dice que los “cambios en la calidad o cantidad de los servicios de los ecosistemas tienen valor en la medida en que cambian los beneficios asociados con los seres humanos o los costos de las actividades” (p. 255).

Finalmente, se determinó que para el caso de esta investigación la valoración sería ecológica, enfocada en medir la calidad del servicio con base a los umbrales que se establecieron durante la misma frente a los sistemas de producción de café.

3. Metodología

3.1 Área de estudio

El trabajo se realizó en fincas cafeteras pertenecientes a la Asociación de Productores de Café “Cuchilla de San Juan” municipio de Belén de Umbría, situado en el departamento de Risaralda, limita al norte con los municipios de Mistrató, Guática y Anserma, al sur con Apía y Viterbo, al oriente con los municipios de Risaralda y Anserma y al occidente con Pueblo Rico (Corporación Autónoma Regional de Risaralda [CARDER], 2017). Hace parte de la gran cuenca del río Cauca y es atravesado por afluentes principales como el río Risaralda, río Guarne y la quebrada Santa Emilia; comprende zonas montañosas de la Cordillera Occidental entre los 1000 y 2700 m.s.n.m (CARDER, 2017). El clima de la zona es bimodal con dos temporadas secas (diciembre-enero-febrero y junio-julio-agosto) y dos lluviosas (marzo-abril-mayo y septiembre-octubre-noviembre); con una temperatura promedio de 23 °C y precipitación promedio de 2217 milímetros por año.

En la **figura 1** se evidencia la distribución de los sistemas de producción analizados, correspondientes a las fincas: La Perla y El tabor perteneciente al área marginal alta (triángulo); La Pedrera, La Empresa, La Pradera, Bolivia, La Alejandría, El Progreso, Los Pinos, La Bella, El Porvenir, La Gloria - El Turpial, La Mirla y El Consuelo ubicadas en el área marginal óptima (círculo); y La Miranda localizada en el área marginal Baja (cuadro).

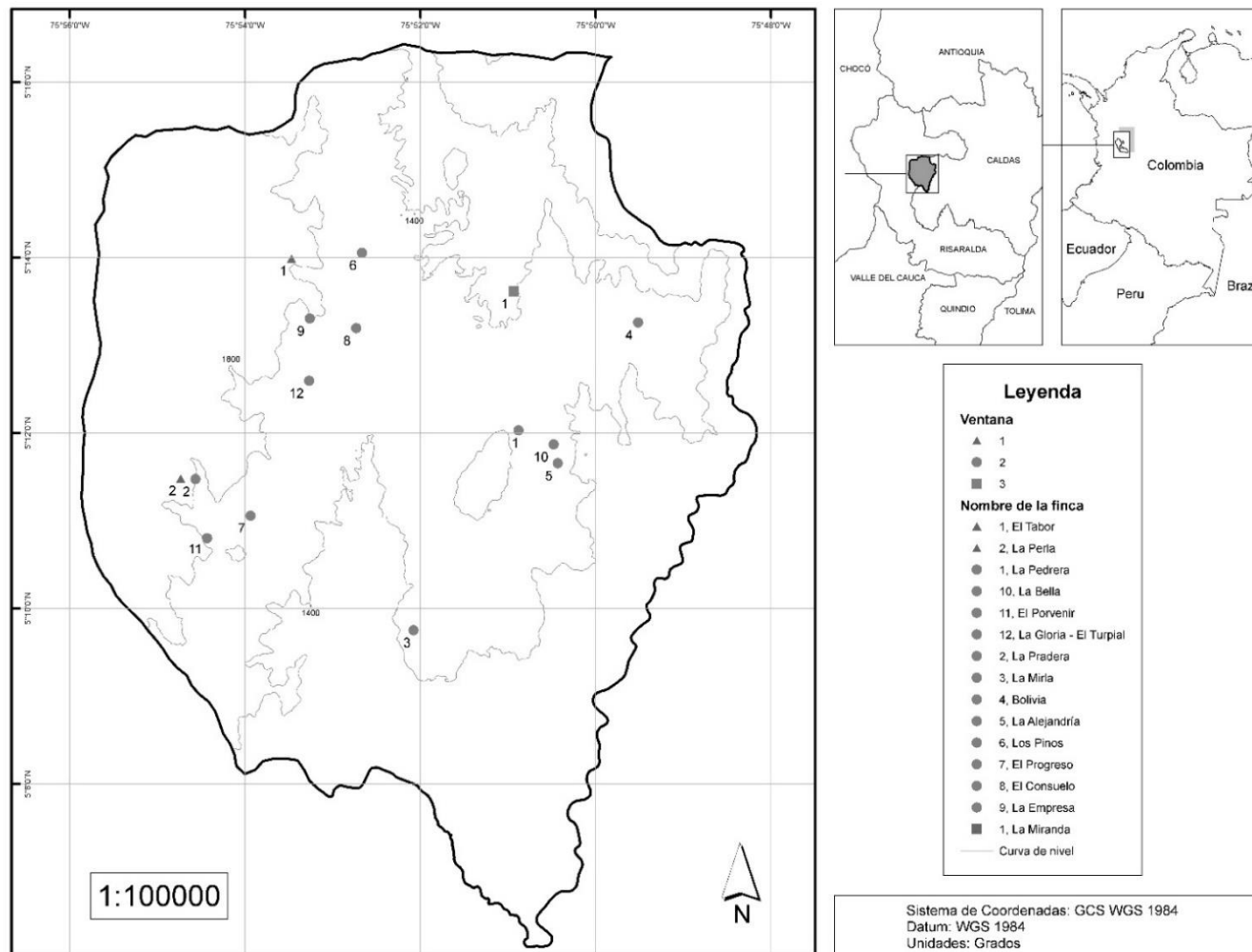


Figura 1. Ubicación del área de estudio

3.2 Muestreo

Para la recolección de la información fue necesario realizar dos muestreos de suelos en cada una de las fincas. El primer muestreo se realizó en enero del 2018 correspondiente a un periodo de bajas precipitaciones y el segundo se realizó en marzo del mismo año correspondiente a un periodo de altas precipitaciones. A partir de este, se identificaron las características físicas, químicas y biológicas de los suelos que permitió la valoración de los servicios ecosistémicos.

Para la realización del muestreo, se definieron tres ventanas acordes a las áreas óptimas y marginales en la producción de café:

- Área marginal alta: mayor a 1800 metros sobre el nivel del mar (msnm)

En esta área se encuentran dos fincas, con suelos franco arcillosos y pendiente ligeramente escarpada (25-50%). El 92 % del área muestreada corresponde a una cobertura de café y un arreglo de cultivo mayor a 8 surcos de café por una barrera de plátano. El restante 8% restante hace parte de otros arreglos de cultivo que no vinculan el café.

- Área óptima entre 1400-1800 msnm

A esta área pertenecen doce fincas, con suelos franco arcillosos y pendiente ligeramente escarpada (25-50%). El 82% del área muestreada tiene coberturas de café, café-plátano-arboles dispersos, café-plátano disperso, café de 6-8 surcos por una barrera de plátano y café mayor a 8 surcos por una barrera de plátano. El porcentaje restante (18%) hace parte de otros arreglos de cultivo que no vinculan el café.

- Área marginal baja: menor a 1400 msnm

En ésta área se muestreo una finca, con suelo franco arcilloso y pendiente ligeramente escarpada (25-50%). El 100% de área muestreada corresponde a un arreglo de cultivo mayor a 8 surcos de café por una barrera de plátano.

En cada una de las fincas se seleccionaron parcelas correspondientes a un área circular de 2000 metros cuadrados (m^2), con un punto central de parcela y 25 metros (m) de diámetro. Dentro de las parcelas se llevaron a cabo tres (3) repeticiones; para cada una de estas se recolectaron cuatro (4) muestras de suelo disturbadas en bolsas y no disturbadas en cilindros de volumen conocido en coherencia con las siguientes profundidades: 0-5 centímetros (cm), 5-10 cm, 10-15 cm y mayor a los 45 cm para el posterior análisis de las propiedades físicas; y a dos (2) profundidades: 0-25 cm y de 25-50 cm para el análisis de las propiedades químicas y microbiológicas.

Los resultados obtenidos fueron tabulados en una base de datos, utilizando la herramienta Microsoft Excel (2016), con el fin de facilitar el manejo de la información. En la **tabla 1** se pueden observar las variables analizadas.

Tabla 1. Variables analizadas

Variables		
Físicas	Químicas	Microbiológicas
Conductividad Hidráulica saturada Densidad real Porosidad total Humedad de campo Humedad gravimétrica (HG) pF 0; 1,87; 3,0; 4,17 Humedad volumétrica (HV) pF 0; 1,87; 2,5; 3,0; 4,17 % Agua aprovechable (AA) Macroporos % Mesoporos % Microporos % Distribución de agregados > 6,3 mm 6-4,5 mm 4,5-2 mm 2-1 mm 1-0,5mm 0,5-0,25mm 0,25-0,125mm <0,125mm Diámetro ponderado medio (DPM) % agregados > 2mm 2 - 1 mm 1 - 0,5 mm 0,5 - 0,25 mm 0,25-0,125mm Estabilidad estructural (mm) Masa del Suelo Kg	pH Conductividad Eléctrica (dS/m) Nitrógeno total % Materia Orgánica % Carbono orgánico del suelo (COS) % Dióxido de carbono (CO ₂) % Fósforo (P) ppm Calcio (Ca) cmol/Kg S Magnesio (Mg) cmol/Kg S Potasio (K) cmol/Kg S Aluminio (Al) cmol/Kg S Sodio (Na) cmol/Kg S Bases Totales (BT) cmol/Kg S Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) cmol/Kg S Capacidad de intercambio catiónico (CIC) cmol/Kg S Saturación de Bases % Saturación Aluminio % Hierro (Fe) ppm Manganeso (Mn) ppm Cobre (Cu) ppm Zinc (Zn) ppm Boro (B) ppm Azufre (S) ppm Arena % Arcilla % Limo % Clase Textural Fertilidad CO ₂ Fijado por Masa de Suelo t/ha	Actividad respiratoria de microorganismos que mide la cantidad de Kg CO ₂ / ha de suelo
Unidades		
Milímetros (mm) Porcentaje (%) Partes por millón (ppm) Kilogramos (Kg) Centímol/Kilogramo Suelo (cmol/Kg S) Toneladas/hectárea (t/ha) Decisiemens/metro(dS/m)		

3.3 Valoración Ecológica de los Servicios Ecosistémicos

3.3.1 Variables seleccionadas para la valoración

Para la valoración de cada uno de los servicios ecosistémicos, se seleccionaron variables físicas, químicas y biológicas obtenidas en el muestreo de suelo (**Tabla 2**). Los datos fueron sometidos a un proceso de estandarización para el manejo adecuado de la información. Los servicios valorados fueron analizados a nivel de finca y de ventana.

A partir, de la búsqueda de información científica relacionada con los servicios ecosistémicos que presta el suelo en zonas cafeteras, se definieron rangos de valoración (Tabla 3) para cada variable, utilizando una escala cualitativa y cuantitativa.

Tabla 2. Variables para la valoración ecológica de los servicios ecosistémicos

Servicio Ecosistémico	Variable	Método
Disponibilidad de nutrientes	pH Saturación de aluminio Capacidad de intercambio catiónico Saturación de bases Bases totales Contenido de carbono orgánico Potasio y Fósforo	Rangos establecidos en la metodología propuesta por Ortega (1987 como se citó en Malagón et al., 1995) para la cualificación de la disponibilidad de nutrientes y los rangos de contenidos minerales del suelo más adecuados en el desarrollo del café colombiano (Valencia et al., 1989; Valencia y Arcila, 1977 como se citó en Arcila et al., 2007).
Resistencia a la erosión	Tamaño de agregados Pendiente Cobertura vegetal Estabilidad estructural Precipitación	Adaptación de la metodología corine land cover para la clasificación de las coberturas, ponderación de isoyetas. A través del método de máximos y mínimos de los resultados obtenidos se determinaron los demás rangos de valoración.
Disponibilidad de agua	Mesoporos Agua aprovechable Materia orgánica	Máximos y mínimos para determinar los rangos de valoración.

Servicio Ecosistémico	Variable	Método
Capacidad de enraizamiento	Textura Porosidad Compactación	Los mejores suelos para el desarrollo del cultivo de café corresponden a suelos provenientes de cenizas volcánicas con textura franca y presencia de espacios porosos (Grisales, 1977 como se citó en Arcila et al., 2007). Para la compactación se tuvo como umbral máximo 3 mega pascales (MPa) debido a que este valor genera restricciones en el desarrollo de las raíces (Plaster, 2000; De León, 1998 como se citó en Dossman, et al., 2009). A través del método de máximos y mínimos se determinaron los demás rangos de valoración.
Sumidero de dióxido de carbono (CO₂)	CO ₂ fijado t/ha	Máximos y mínimos para determinar los rangos de valoración
Disponibilidad de actividad microbiológica	Actividad biológica Kg de CO ₂ / ha de suelo	Metodología de actividad respiratoria de microorganismos que mide la cantidad de CO ₂ / ha de suelo. A través del método de máximos y mínimos se determinaron los demás rangos de valoración.

Tabla 3. Rangos para cada variable analizada por servicio ecosistémico

Servicio Ecosistémico	Característica	Muy Alto 5	Alto 4	Moderado 3	Bajo 2	Muy Bajo 1
Disponibilidad de Nutrientes	pH	6,01 -7,39	5,51 – 6	5,01 - 5,5 ; 7,40 - 7,89	4,5 - 5 ; 7,9 - 8,5	< 4,5 >8,5
	Saturación de Aluminio (%)	<5	14 - 5,0	29 - 15	60 - 30	>60
	CICA (cmol/Kg S)	>20,0	16,0-20,0	11,0-15,0	5,0-10,0	<5,0
	Saturación de Bases (%)	>70	51-70	36-50	11--35	<10
	Bases Totales (cmol/Kg S)	>16	12,01 – 16	8,01 - 12	4,01 - 8	<4
	CO (%)	4,22 - 5,39	2,91- 4,10 ; 5,40 - 6,49	1,71 - 2,90 ; 6,50 - 7,60	0,50 - 1,70 ; >7,60	<0,50
	P (ppm)	>40	31 – 40	21 - 30	11,0 - 20	<10
	K (cmol/Kg S)	>0,40	0,31 - 0,40	0,21 - 0,30	0,10 - 0,20	<0,1
Resistencia a la Erosión	Tamaño de Agregados %	>90	90 – 80	79 -- 35	34 -- 25	< 25
	Cobertura	Bosque	Café-Plátano-Árboles dispersos	Café-Plátano disperso	Café-Plátano por barreras	Monocultivo
	Estabilidad estructural	> 5,00	3,01 - 5,00	1,51 - 3,00	0,5 - 1,5	< 0,5
	Pendiente %	<12	dic-25	25-50	50-75	>75
	Precipitación mm	<1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	>2500
Disponibilidad de Agua	Mesoporos	>17,5	17,5 -- 12,5	12,5 -- 10,5	10,5 -- 7,5	< 7,5
	Agua Aprovechable %	>10	7,5-10	5,0-7,5	2,5-5,0	<2,5
	Materia Orgánica %	9,1-7,2	7,1-5,1	5,0-3,0	2,9-1,0	<0,9

Servicio Ecosistémico	Característica	Muy Alto 5	Alto 4	Moderado 3	Bajo 2	Muy Bajo 1
Capacidad de Enraizamiento	Compactación Mpa	<0,6	0,6-1,4	1,4-2,2	2,2-3	>3
	Textura	Franco	Franco Arcilloso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arcillo Limoso	Arcilloso
	Porosidad total %	>50	50 -- 40	40 -- 30	30 -- 20	< 20
Sumidero de CO ₂	CO ₂ Fijado t/ha	Campaña 1 Ventana 1 = > 855,844 Ventana 2= >826,6675 Ventana 3= >875,295 Campaña 2 Ventana 1 = >846,1185 Ventana 2= >836,393 Ventana 3= >1274,0405	Campaña 1 Ventana 1 = 468,292 - 662,068 Ventana 2= 452,3275 - 639,4975 Ventana 3= 478,935 - 677,115 Campaña 2 Ventana 1 = 462,9705 - 654,5445 Ventana 2= 457,649 - 647,021 Ventana 3= 697,1165 - 985,5785	Campaña 1 Ventana 1 = 274,516 - 468,292 Ventana 2= 265,1575 - 452,3275 Ventana 3= 280,755 - 478,935 Campaña 2 Ventana 1 = 271,3965 - 462,9705 Ventana 2= 268,277 - 457,649 Ventana 3= 408,6545 - 697,1165	Campaña 1 Ventana 1 = 80,74 - 274,516 Ventana 2= 77,9875 - 265,1575 Ventana 3= 82,575 - 280,755 Campaña 2 Ventana 1 = 79,8225 - 271,3965 Ventana 2= 78,905 - 268,277 Ventana 3= 10,1925 - 408,6545	Campaña 1 Ventana 1 = <80,75 Ventana 2= <77,9875 Ventana 3= <82,575 Campaña 2 Ventana 1 = < 79,825 Ventana 2= < 78,905 Ventana 3= < 10,1925
Disponibilidad Actividad Microbiológica	Actividad Biológica Kg CO ₂ /ha S	3,09-3,83	2,34-3,08	1,59-2,33	0,84-1,58	0,09-0,83

3.3.2 Prácticas de manejo para el análisis de la valoración

Se realizó un taller con los productores de cada uno de los predios para conocer las prácticas de manejo que desarrollan, con el fin de analizar las incidencias que éstas tienen en los servicios ecosistémicos valorados. Para ello, se tuvo en cuenta las prácticas para mantener o conservar las buenas condiciones del suelo y el control fitosanitario; la información fue tabulada en un formato titulado “prácticas agronómicas” (**Anexo 1**).

3.4 Índices

Para la valoración ecológica de los servicios ecosistémicos prestados por el suelo, se generaron índices con el fin de cualificar la calidad del servicio frente a la unidad de análisis. De acuerdo a esto, se construyeron tres índices: Índice óptimo, de comportamiento y de gestión. Cada uno de ellos, se calculó para los dos periodos de muestreo; sin embargo, como principio de precaución sólo se tuvo en cuenta el de menor valor.

3.4.1 Índice óptimo

Corresponde al punto ideal en el que se deben encontrar los servicios valorados en función de garantizar las mejores condiciones para el sistema productivo. Lo ideal para los 6 servicios valorados es que cada uno alcance la escala de valoración 5 y con ello, poder cubrir el 100% del área que representa el hexágono, cuando la valoración no cumple con el fin ideal se constituyen los objetivos de mantenimiento, mejoramiento y restauración.

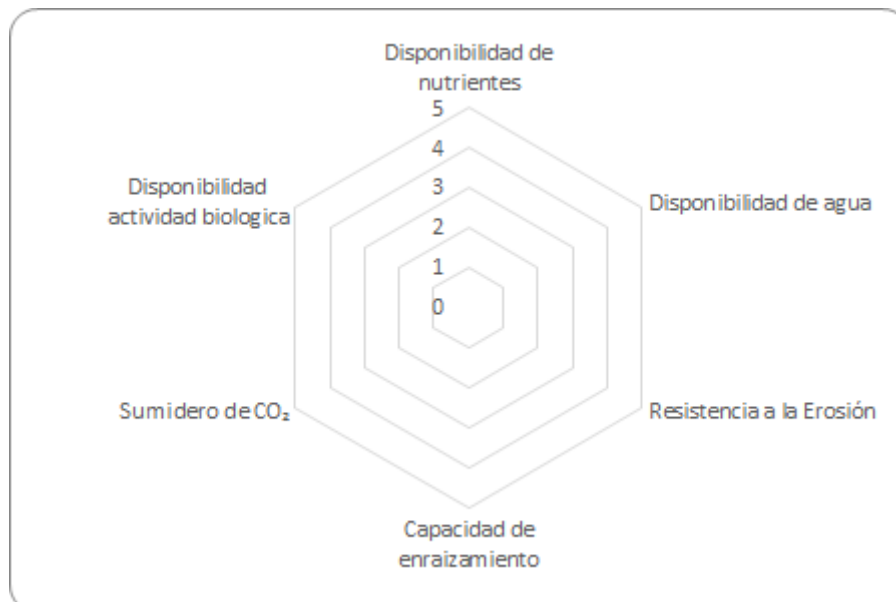


Figura 2. Hexágono para cálculo del índice ideal

Para el cálculo del área total, se tuvo en cuenta el perímetro, la apoteca y la longitud. Como ejemplo, se tiene que el hexágono anterior tuvo un área de 59,86 cm².

Tabla 4. Variables para el cálculo del área total

Área	59,86	cm ²
Perímetro	28,80	cm
Apoteca	4,16	cm
Longitud	4,80	cm

3.4.2 Índice integral de comportamiento

Mide cómo se encuentran los servicios ecosistémicos frente al tipo de cobertura que posee cada finca. De acuerdo a la valoración cuantitativa de cada servicio se calculó el área que ocupan los seis servicios dentro del hexágono para determinar la calidad en la que se encuentran (ver **figura 3**).

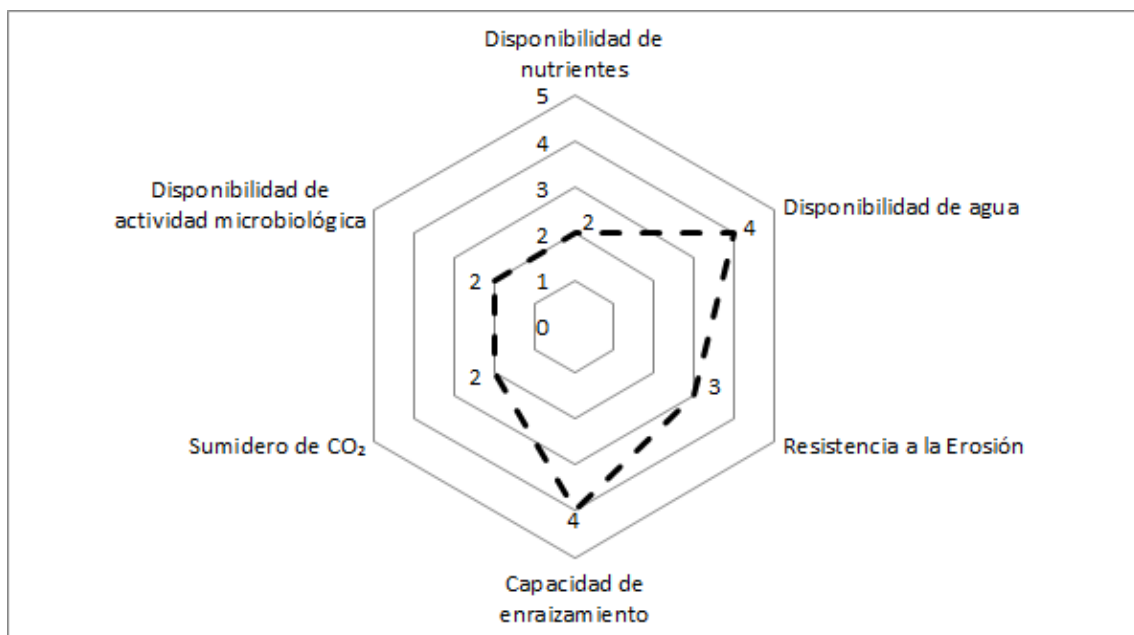


Figura 3. Cálculo del índice integral de comportamiento

La línea de color negro corresponde al área que ocupan los seis servicios valorados frente al índice ideal; para el cálculo de ésta, se midió la distancia de cada uno de los lados y su respectiva altura del punto central; luego, se calculó el área de cada uno de los lados y se realizó la sumatoria de los seis lados para determinar el espacio que ocupan los seis servicios valorados respecto al área total en porcentaje.

Tabla 5. Variables para el cálculo del área que ocupan los servicios

Lado	cm	Altura (h) cm	Área (A) cm ²
1	2,00	2,80	2,8
2	3,20	4,20	6,72
3	3,30	2,50	4,125
4	3,50	2,80	4,9
5	3,30	1,80	2,97
6	2,00	2,50	2,5
Área Total 59,86 cm²		Área Polígono cm²	24,02
		% del total	40

De acuerdo a la **tabla 5**, los seis servicios valorados ocupan un área de 24,02 cm² que representan el 40% del área total.

3.4.3 Índice integral de gestión

Se da como resultado de la diferencia entre el área del índice óptimo y el área del índice de comportamiento que de acuerdo al rango de clasificación (**Tabla 7**) establece la prioridad en la toma de decisiones y las actividades a realizar para llevar los servicios al índice óptimo.

De acuerdo a los datos anteriores, se tiene lo siguiente:

Tabla 6. Cálculo índice integral de gestión

Índice ideal %	Índice integral de comportamiento %	Índice integral de gestión %
100	40	60

Según el cálculo del índice integral de gestión, los servicios muestran que las acciones de planificación deben estar encaminados a una media prioridad de restauración, acorde al rango de clasificación (**Tabla 7**). De esta manera, se realizó el cálculo de los índices para cada una de las fincas.

Tabla 7. Rango de clasificación para índice de gestión

Valor (%)	Valoración
> 80	Alta prioridad de restauración
79 - 60	Media prioridad de restauración
59 - 40	Prioridad de mejoramiento
39 - 20	Media prioridad de mantenimiento
< 20	Baja prioridad de mantenimiento

Alta prioridad de restauración: indica un máximo deterioro de los servicios ecosistémicos prestados por el suelo, en el cual se deben implementar acciones de restauración encaminadas a recuperar las condiciones mínimas y generar la funcionalidad ecológica.

Media prioridad de restauración: refleja un deterioro crítico de los servicios ecosistémicos prestados por el suelo.

Prioridad de mejoramiento: indica un deterioro moderado de los servicios ecosistémicos prestados por el suelo, en el cual se deben implementar acciones en conjunto con las actividades productivas con el fin de moderar la inversión en términos económicos.

Media prioridad de mantenimiento: refleja un buen estado de los servicios ecosistémicos prestados por el suelo, sin embargo, se pueden implementar acciones que mejoren sus condiciones a un nivel de total funcionalidad.

Baja prioridad de mantenimiento: indica que los servicios ecosistémicos prestados por el suelo se encuentran en sus condiciones mínimas y la funcionalidad ecológica es plena.

4. Resultados

Los resultados están dados por la valoración de cada uno de los servicios y los índices integrales de valoración para cada finca, en relación con la ventana a la que pertenece:

Tabla 8. Resultados obtenidos en la valoración de servicios

Ventana	Finca	Valoración de servicios					
		Disponibilidad de nutrientes	Disponibilidad de agua	Resistencia a la Erosión	Capacidad de enraizamiento	Sumidero de CO ₂	Disponibilidad actividad microbiológica
Área marginal alta	La Perla	2	3	3	4	3	2
	El Tabor	3	4	2	3	3	2
Área óptima	La Pedrera	2	4	2	4	3	2
	La Empresa	2	4	2	4	3	3
	La Pradera	2	3	2	4	3	2
	Bolivia	2	4	3	3	3	2
	Alejandría	2	4	3	4	3	2
	El Progreso	2	3	3	3	2	2
	Los Pinos	2	3	3	3	2	2
	La Bella	2	3	3	4	2	3
	El Porvenir	2	3	3	4	3	2
	La Gloria - El Turpial	2	4	2	4	3	2
	La Mirla	2	3	3	3	2	2
	El Consuelo	3	4	3	4	3	2
Área marginal baja	La Miranda	2	3	3	4	3	2

Los servicios fueron valorados de acuerdo a la siguiente escala (**Tabla 9**):

Tabla 9. Escala de valoración

1	Muy bajo
2	Bajo
3	Moderado
4	Alto
5	Muy Alto

Tabla 10. Resultados obtenidos en los índices para cada ventana

Ventana	Finca	Cobertura	Índice óptimo (%)	Índice de comportamiento (%)	Índice Integral de gestión (%)	Valoración	
Área marginal alta	La Perla	Café-plátano 1:2-5/1 ³	100	32	68	Media prioridad de Restauración	
	El Tabor	Café		36	64		
Área óptima	La Pedrera	Café-Plátano 3:>8/1 ⁴		35	65		Prioridad de mejoramiento
	La Empresa	Café		42	58		
	La Pradera			30	70	Media prioridad de Restauración	
	Bolivia	Café-Plátano-Árboles dispersos		36	64		
	Alejandría			39	61		
	El Progreso			26	74		
	Los Pinos			27	73		
	La Bella			35	65		
	El Porvenir			35	65		
	La Gloria- El Turpial			Café-plátano 2:6-8/1 ⁵	38		62
	La Mirla				26		74
El Consuelo	Café-plátano disperso				43	57	Prioridad de mejoramiento
Área marginal baja	La Miranda	Café-Plátano 1:2-5/1	34	66	Media prioridad de Restauración		

³ De 2 a 5 surcos de café por una barrera de plátano

⁴ Más de 8 surcos de café por una barrera de plátano

⁵ De 6 a 8 surcos de café por una barrera de plátano

5. Discusión

La discusión se desarrolló con base a los servicios valorados y a los índices integrales de valoración que se definieron para cada una de las fincas y su correspondiente ventana, teniendo en cuenta las formas de manejo que lleva a cabo cada productor en su finca.

Tabla 11. Discusión de resultados

Ventana	Discusión
Área marginal alta	<p>Los resultados muestran que en ambos predios la disponibilidad de actividad microbiológica, junto con el servicio de disponibilidad de nutrientes en La Perla y la resistencia a la erosión en El Tabor presentan un nivel bajo, es decir el 33,33% de los servicios valorados; dichas condiciones se encuentran asociadas a suelos bajos en fertilidad tal y como se mostró en el análisis de suelo (Anexo 2 y 3) y el uso de herbicidas e insecticidas (Anexo 1) que afectan directamente los microorganismos que habitan el suelo (Odum y Barret, 2006); a nivel general, se muestra que servicios como la resistencia a la erosión, disponibilidad de nutrientes y sumidero de CO₂, se alternaron en la escala de valoración entre un nivel bajo y medio, propiciado por condiciones como bajos contenidos de materia orgánica, suelos estructuralmente inestables y con inclinaciones ligeramente escarpadas, en donde los esfuerzos que han hecho los productores por realizar labranza mínima y aplicar materia orgánica no han sido suficientes.</p> <p>En relación a los servicios de disponibilidad de agua y capacidad de enraizamiento La Perla y El Tabor obtuvieron una valoración media y alta. Aunque, es importante mencionar que mientras el valor más alto para La Perla fue en el servicio de capacidad de enraizamiento, el de El Tabor se presentó en el servicio de disponibilidad de agua. No obstante, cuando se analizan los resultados del muestreo, se observa que el agua aprovechable del predio La Perla para la campaña 2 se encontraba en un nivel intermedio (Anexo 2), condición que afectó directamente el servicio en dicho predio, en tanto El Tabor presentaba una textura arcillosa (Anexo 3), lo que favoreció su capacidad de retención de agua (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura [INTAGRI], 2017). En ese sentido, se justifica porque a pesar de pertenecer a la misma ventana (área marginal alta) se presentaron diferencias en algunos servicios.</p> <p>Finalmente, es importante mencionar que en cuanto al índice de comportamiento no se presentaron diferencias significativas, con un 32% y 36% para La Perla y El Tabor en su orden respectivo, ambos arrojaron como resultado que se deben emprender o promover acciones hacia una media prioridad de restauración en función de fortalecer los servicios que se encuentran en un nivel bajo y medio, realizando aplicación de materia orgánica, disminuyendo el uso de agroquímicos e implementado nuevos arreglos de cultivos.</p>
Área óptima	<p>Para esta unidad de análisis, se evidencia que de los 12 predios analizados 10 presentan media prioridad de restauración (83,33%), con áreas asociadas a coberturas de café-plátano con árboles dispersos y café-plátano en barreras; y sólo los predios La Empresa y El Consuelo se encuentran en prioridad de mejoramiento, relacionado con coberturas de café-plátano disperso y monocultivo de café. Lo anterior, indica que, si bien el tipo de cobertura influye directamente en el estado de los servicios ecosistémicos, no es la única determinante en su valoración y, por ende, variables como la precipitación, pendiente, tipo de suelo, geografía y actividades antrópicas (Anexo 1) también influyen en las diferencias de los resultados obtenidos, pues estas variables son propias de cada sistema productivo de café.</p>

Ventana	Discusión
<p>Área óptima</p>	<p>En función de ello, es importante que los propietarios de éstos predios realicen procesos de gestión ambiental que permitan apuntar al mejoramiento integral de los servicios ecosistémicos desde las propiedades físicas, en donde acciones como la disminución del uso de herbicidas y plaguicidas es un factor importante en la recuperación de la disponibilidad de actividad microbiológica (Odum y Barret, 2006); de igual forma, la aplicación de materia orgánica y la implementación de técnicas de manejo (labranza mínima y planificación por lotes) como línea estratégica en los cultivos de café, son fundamentales para la conservación y mejora continua de los servicios ecosistémicos que presta el suelo.</p> <p>No obstante, es importante mencionar que los predios La Pedrera, La Pradera, Bolivia, La Bella, El Porvenir y La Gloria-El Turpial presentan un comportamiento similar en los resultado obtenidos y, por tanto, se encuentran en media prioridad de mantenimiento; dicha situación, indica que las formas de manejo y la asistencia técnica para los sistemas productivos de café, ha sido similar independientemente de las condiciones propias de cada uno; esto también refiere, que las actividades antrópicas tienen un impacto mayor al de las restricciones impuestas por el medio natural. Según el taller de suelos, realizado con los propietarios y productores de los predios, se evidencia la planificación por medio de lotes en función de la siembra y recolección, pero no se ha tomado en cuenta para el manejo diferenciado de las prácticas culturales acorde a las condiciones del territorio, pues el uso de agroquímicos, prácticas de labranza y densidad de siembra se realizan de forma similar dentro de los predios (Anexo 1).</p> <p>Adicional a ello, es importante realizar actividades de carácter prioritario que permitan mantener las condiciones de disponibilidad de agua y capacidad de enraizamiento encontradas en el territorio, servicios que son determinantes para el establecimiento de los cultivos café y la productividad de los mismos (Dossman, 2009). A su vez, debe implementarse acciones que permitan mejorar la disponibilidad de nutrientes asociado a una baja fertilidad en la mayoría de los predios (Anexo 4 al 15), la resistencia a la erosión, el sumidero de CO₂ y la disponibilidad de actividad microbiológica. Acciones como la transformación hacia sistemas agroforestales, el manejo de la pendiente y la planificación por lotes va a ser muy importante no solo para la mejora integral de los servicios ecosistémicos sino también como forma de adaptación al cambio climático (Burbano, 2016).</p> <p>Finalmente, en los resultados obtenidos para esta unidad de análisis se puede observar que los predios La Mirla, Los Pinos y El Progreso presentaron los índices de comportamiento más bajos, con un 26% para los 2 primeros y un 27% para el tercer predio. De igual forma, la valoración por servicios muestra que los 3 predios presentan un nivel bajo en la disponibilidad de nutrientes, sumidero de CO₂ y disponibilidad de actividad microbiológica; en tanto, los otros 3 servicios presentan un nivel de valoración medio. Si bien, la valoración indica que se encuentran en media prioridad de mejoramiento como los predios anteriormente mencionados, el índice de gestión para La Mirla (73%), Los Pinos (74%) y El Progreso (74%), permite inferir que se deben realizar mayores esfuerzos en su recuperación y, por lo tanto, las acciones a desarrollar se deben implementar con mayor prontitud.</p>

Ventana	Discusión
Área marginal baja	<p>El 50% de los servicios valorados corresponde a un nivel medio representados por la disponibilidad de agua, resistencia a la erosión y sumidero de CO₂. La disponibilidad de nutrientes y la disponibilidad de actividad microbiológica se encuentran en un nivel bajo (33,33%). Además, la capacidad de enraizamiento fue el único servicio que se mantuvo en un nivel alto (16,67% de los servicios valorados).</p> <p>En relación a ello, factores como el aumento de la temperatura por el nivel altitudinal al que se encuentra (< 1400 msnm), una pendiente ligeramente escarpada, el uso de herbicidas e insecticidas y la aplicación de materia orgánica (Anexo 1), tuvieron incidencia directa en su comportamiento. Además, es una zona donde los procesos de humificación se dan de manera rápida, lo cual requiere de nuevos arreglos de cultivos, bacterias fijadoras de nutrientes y aplicación constante de materia orgánica.</p> <p>A pesar, de que fue el único predio en el área marginal baja, no fue el de condiciones más deficientes respecto al área marginal alta y el área óptima. Tampoco, posee diferencias significativas en los análisis realizados (Anexo 16) y en las prácticas de manejo, el índice de comportamiento es similar, pues muestra que se deben promover acciones en una media prioridad de restauración que procure por el mejoramiento de los servicios. De igual manera, es de tener en cuenta que una sola finca no es representativa para esta área, pues son zonas marginales donde los sistemas productivos de café presentan limitaciones naturales para su desarrollo.</p>

De manera general, el comportamiento de los servicios valorados es similar en las tres ventanas, se esperaba que el área óptima obtuviera mejores resultados por encima del área marginal alta y baja. Sin embargo, esto no se logró evidenciar, pues las formas de manejo son homogéneas en cada una de las ventanas, además la cobertura tampoco es un factor de diferencia entre las áreas debido a que coberturas con monocultivo en café (Finca La Empresa) logro presentar mejores resultados en comparación con otros arreglos de cultivo. Es importante resaltar que los únicos predios (El Consuelo y La Empresa) que presentaron prioridad de mejoramiento se encuentran en el área óptima, el resto de predios poseen media prioridad de restauración. No obstante, los predios del área marginal alta y baja son poco representativos frente al área óptima que posee doce predios, lo cual dificulta realizar comparaciones entre los servicios.

6. Conclusión

La noción sobre los servicios ecosistémicos que presta el suelo a sistemas de producción cafetero se ha centrado en la identificación y categorización de los mismos dentro de los sistemas, haciendo énfasis en su importancia y como conservarlos. Sin embargo, abordar los servicios ecosistémicos incluye, asumir la interpretación de sus funciones desde un enfoque interdisciplinario en función de comprender las interrelaciones que se producen en el sistema y de esta manera identificar los procesos que inciden directa o indirectamente en la disminución o mejoramiento de la producción cafetera.

En este sentido, la valoración de servicios ecosistémicos realizada en el presente trabajo hizo frente a las limitantes teóricas que existen, a través de la implementación de una metodología que articula el conocimiento con la práctica, a fin de generar información a nivel local sobre el estado de los servicios que permitiera tomar decisiones sobre las líneas estratégicas para la conservación, adaptación al cambio climático y mejoramiento de la calidad de vida de los productores de café.

De igual forma, la valoración por servicios ecosistémicos e índices se convierte en una herramienta sumamente importante para la toma de decisiones de profesionales integrales, en donde su función implique la generación de estrategias y modelos de la adaptación para la restauración, mejora o mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

Incluso la herramienta es un modelo propositivo, que permite ser usada desde diferentes ámbitos: en el social, los productores y campesinos que busquen hacer un manejo adecuado de sus predios puedan obtener un mejor conocimiento del territorio y con base a ello mejorar la producción, disminuir el deterioro del suelo y planificar el predio acorde a sus condiciones; en el académico, a partir de la implementación de proyectos que quieran cualificar las condiciones del suelo, identificar las relaciones que se presentan dentro de los sistemas y conocer los impactos de las prácticas de manejo que se han desarrollado en los sistemas productivos y; en el institucional, a través de la inclusión de la valoración de los servicios en los planes, programas y proyectos que coordinados con los entes territoriales orienten el desarrollo de nuevas prácticas que sean ambientalmente sostenibles y culturalmente aceptadas.

Al ser una metodología que promueve el conocimiento de procesos directamente relacionados con el sector rural, permite trabajar de forma concisa en la disminución de las brechas de pobreza que existen en el campo colombiano, a través del empoderamiento que se puede tener del campo por el nivel de conocimiento que se logra alcanzar con la herramienta.

De esta forma, la herramienta permitió llegar a reflexiones importantes respecto a los sistemas productivos de café que se desarrollan en el municipio de Belén de Umbría.

Los resultados indican que desde el punto de vista de los sistemas productivos de café, las áreas marginales tanto alta como baja tuvieron un índice de gestión que debe estar encaminado a la media prioridad de restauración de los servicios, es decir que los servicios prestados por el suelo se encuentran en un nivel crítico; lo que no difiere de la gestión que se debe desarrollar en el área óptima, pues 10 de los 12 predios ubicados en esta ventana se encuentran también en la media prioridad de restauración y solo 2 en prioridad de mejoramiento.

Ninguna de las áreas presentó el índice de gestión orientado hacia el mantenimiento de los servicios, lo que evidencia un deterioro importante de los servicios ecosistémicos en relación a los sistemas productivos de café en la zona estudiada. Por tanto, es evidente

que las dinámicas antrópicas asociada a los procesos de adaptación y formas de manejo han sido más incidentes que los mismos factores climáticos y geográficos, los cuales no pueden ser intervenidos de forma directa por el hombre.

El tipo de cobertura tampoco fue una variable determinante en los resultados de los servicios ecosistémicos valorados para esta zona, si bien, se presentaron algunas variaciones éstas no fueron significativas. Lo cual, no quiere decir que en otras zonas del país donde se desarrollen sistemas productivos de café u otros cultivos, el tipo de cobertura no tenga incidencia, pues cada lugar tiene condiciones propias en cuanto al tipo de suelo, clima, altitud, pendiente y prácticas de manejo.

En cuanto a los resultados obtenidos por servicios, los datos se agrupan de la siguiente manera: servicios como la disponibilidad de agua y la capacidad de enraizamiento tuvieron un comportamiento medio y alto; la resistencia a la erosión y el sumidero de CO₂ estuvieron en un rango bajo y medio, influenciado por la pérdida de materia orgánica del suelo y pendientes elevadas principalmente; mientras que la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiológica tuvieron un bajo comportamiento, en donde el uso desmesurado de agroquímicos sin tener en cuenta los procesos que permiten mantener los nutrientes del suelo y las consecuencias que tienen sobre los ecosistemas vivos del suelo han llevado a las pérdida de los mismos.

No obstante, la valoración más alta se obtuvo del predio El Consuelo, por lo cual es importante resaltar que fue el único sistema productivo de café con un nivel medio en la valoración de la disponibilidad de nutrientes en una cobertura café-plátano disperso; como factor diferencial con respecto a los otros predios y que si pudo incidir de forma directa en el resultado se identificó que la pendiente es moderadamente inclinada (7 - 12%, según clasificación corine land cover).

La pendiente afecta de manera directa los servicios de resistencia a la erosión y disponibilidad de agua y de forma indirecta el servicio de disponibilidad de nutrientes. En tanto, la valoración por índice más baja fue propia de los predios El Progreso y La Mirra cuyas coberturas corresponde a café-plátano-árboles dispersos y café-plátano 2:6-8/1 en su orden respectivo.

Es de tener en cuenta que los sistemas productivos de café muestran la misma tendencia en cuanto al tipo de semilla, arreglos en cada sistema y asistencia técnica, influenciados por un ente institucional en común (Federación Nacional de Cafeteros a nivel nacional y Comité Departamental de cafeteros a nivel regional). Lo anterior, da cuenta de la necesidad de romper con el modelo imperante que se ha desarrollado por décadas en el en la producción cafetera del país, donde ha primado la búsqueda de estrategias que aumenten la productividad para satisfacer la demanda insaciable del mercado, incluso por encima del bienestar mismo de los productores y los servicios que facilitan la producción.

Por último, es importante resaltar que esta investigación es fundamental para el Administrador Ambiental porque le permite liderar y poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación, en el cual gestionar y/o participar en la formulación, evaluación y control de planes, programas y proyectos son importantes para la toma de decisiones en cuanto al uso, manejo y conservación del suelo y la biodiversidad.

7. Recomendaciones

Ante la necesidad de romper con el modelo imperante de la producción cafetera y aportar elementos como medidas de adaptación al cambio climático, se sugiere realizar procesos de planificación sectorial en los predios, acorde a las condiciones geográficas y previo estudio de las propiedades físicas, químicas y biológicas. A partir de ello, se desarrollaron estrategias de tipo autónoma, planificada y mixta.

Las estrategias autónomas están referidas a aquellas acciones realizadas de forma empírica por los habitantes del territorio, teniendo en cuenta el acceso y disponibilidad de recursos.

Las estrategias planificadas están diseñadas con objetivos de planificación desde organismos institucionales, donde se brinda orientación a los productores para prevenir y mitigar los posibles problemas ambientales y fitosanitarios que se presentan en los sistemas productivos, con el ideal de mejorar su rendimiento y productividad de manera sostenible.

Las estrategias mixtas son acciones que se complementan tanto con elementos de las estrategias autónomas como de las estrategias planificadas.

De esta manera, en la tabla 12 se describen acciones a desarrollar por cada tipo de estrategia y a qué servicio ecosistémico contribuye.

Tabla 12. Acciones a desarrollar por cada tipo de estrategia

Tipo de estrategia	Estrategia	Disponibilidad de nutrientes	Disponibilidad de agua	Resistencia a la Erosión	Capacidad de enraizamiento	Sumidero de CO ₂	Disponibilidad actividad microbiológica
Autónomas	Aplicación de materia orgánica, teniendo en cuenta que el proceso de humificación y mineralización está en función de las condiciones geográficas y climáticas. *	x	x	x		x	x
	Manejo de arvenses de interferencia media y baja con los cafetales, considerando las especies aptas acorde a las condiciones geográficas y climáticas **		x	x			x
	Barreras vivas, teniendo en cuenta el tipo de especie que se adapte a las condiciones geográficas y climáticas, y que no perjudiquen los sistemas productivos **				x	x	
	Adecuar canales de desagües en los caminos y cultivos que permitan el correcto flujo del agua			x			
	Conservar hojarasca en el suelo	x		x		x	x
	Asociación de cultivos **	x		x			x
	Siembra de especies arbóreas para sombrío **	x	x	x	x	x	x
	Mínima labranza					x	
Planificadas	Fertilización con productos orgánicos	x					
	Controles biológicos						x
	Evitar pérdida de cobertura vegetal a través de quemas			x			
Mixtas	Establecimiento de sistemas agroforestales, teniendo en cuenta el tipo de especie, las condiciones geográficas y climáticas y el área de distribución **	x	x	x	x	x	x
	Siembra en curva nivel			x	x		

* Procesos de humificación y mineralización varían en función de las condiciones geográficas y climáticas

** El manejo, las especies y el tipo de arreglo varían en función de las condiciones geográficas y climáticas

8. Agradecimientos

El proceso de investigación estuvo enmarcado en el proyecto “Servicios ecosistémicos, adaptación al cambio climático y planificación del territorio: Estrategias para el manejo de sistemas socio ecológicos en la zona cafetera de Colombia”, financiado por El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS). Por lo cual, se expresa su agradecimiento al grupo de investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos (GATA) de la Universidad Tecnológica de Pereira por brindarnos la oportunidad de participar en el proyecto, el apoyo y compromiso durante el proceso; a la Asociación de productores de café de alta calidad, Cuchilla del San Juan de Belén de Umbría-Risaralda por el tiempo, disponibilidad y participación en las actividades establecidas durante el desarrollo de la investigación.

9. Referencias

- Álvarez, J. y Anzueto, M. (2004). *Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México*. Agroagencia volumen 38: 13-22. *Request PDF*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/28134252_Actividad_microbiana_del_suelo_bajo_diferentes_sistemas_de_produccion_de_maiz_en_los_altos_de_chiapas_Mexico [accessed Nov 06 2018].
- Arcila, J. et al., (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Fitotecnia, Prácticas de cultivo, Caficultura Manejo de cafetales. Editorial Blanecolor Ltda. Chinchiná, Cenicafé. 309 p. 6A6Aa: xa A62.
- Burbano, H. (2016). *El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria*. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda (2017). Sistema de Información Ambiental y Estadístico (Belén de Umbría). Recuperado de: <http://siae.carder.gov.co/belen-de-umbria/belen-de-umbria-datos-generales>
- Costanza, R. et al, (1997). *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. Ecological Economics Research and Applications Inc., PO Box 1589, Solomons, Maryland 20688, USA. Volumen 387: 253-260.
- Daily, G. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Washington, California. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=Mwy8BwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=Nature%27s+Services:+Societal+Dependence+On+Natural+Eco+systems&ots=0-653BSGzP&sig=C7G-PTiRRwnumsJ4t_vl6x7Rt5Q#v=onepage&q=Nature's%20Services%3A%20Societal%20Dependence%20On%20Natural%20Ecosystems&f=false
- Dossman, M. Arias, L. y Camargo, J. (2009). *Guía metodológica para la determinación de servicios ecológicos prestados por el suelo*. Universidad Tecnológica de Pereira, Publiprint LTDA. Dosquebradas, Risaralda.

- Malagón, D. Pulido, C. Llinas, R y Chamarro, C (1995). *Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC. Recuperado de: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>
- Odum, E. y Barrett, G. (2006). *Fundamentos de ecología*. Ed. CENGAGE Learning, quinta edición, S.A., México.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo (GTIS). (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS)*. Resumen Técnico., Roma, Italia. p. 1.
- Ossa, C. (2016). *Teoría General de Sistemas. Conceptos y aplicaciones. Colección de textos académicos*. Editorial UTP. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/7424>
- Paz, A, (2015). *Enfoque sistémico en administración rural: Estudio de la unidad de producción familiar*. Ciencias Administrativas Año 3 – N° 5. ISSN 2314 – 3738. <http://revistas.unlp.edu.ar/CADM>
- Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS). (2017). Libro Blanco sobre el tratamiento del suelo en los libros de texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato en España. 2ª Edición. Lleida: Diputación de Lleida. 76 p. + Anejos. Memoria, disponible en línea en abierto en: www.secs.com.es
- Soil Survey Staff. (1994). *Keys to Soil Taxonomy*. United States Department of Agriculture: Soil Conservation Service. Sixt edition. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051858.pdf
- Zaccagnini, M. Wilson, M y Oszust, D. (2014). *Manual de Buenas Prácticas para la Conservación del suelo, la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires, Argentina. 95 p. 210x297 cm.
- Zhang, W., et al, (2007). *Ecosystem services and disservices to agriculture*. Ecological Economics. 64(2):253–260. www.elsevier.com/locate/ecocon.

ANEXOS

Anexo 1. Prácticas Agronómicas

Ventana	Finca	Manejo	Productor
Área marginal alta	La Perla	Control con fab y detergente la araña roja Labranza Mínima Conservación de bosques	Gonzalo de Jesús Pérez Muñoz
	El Tabor	Fumigar con <u>Sistemin</u> para controlar la araña roja, y para el mal rosado inyectar el palo con <u>derosan</u> , Incorporar materia orgánica al suelo, en especial la cereza o pulpa del café y labranza cero.	Orlando de Jesús Quintero Mesa
Área óptima	La Pedrera	Eliminación de los árboles de café por plaga de yaga macana Labranza mínima, manejo de arvenses y aplicación de pulpa al plátano	Edilson de Jesús Posada Garcés
	La Empresa	Aplicación de lorsban, y abono cada tres meses con producción. Además, de pollinaza y pulpa de café	Martha Isabel Impatá Mesa
	La Pradera	Pocas veces se fumiga labranza mínima, en la cual se desyerba y se deja los residuos sobre el suelo a manera de protección	Humberto Toro Vélez
	Bolivia	Control biológico para controlar las plagas Limpias con guadaña, y en algunos lotes con herbicida (matamalezas)	Héctor Javier Montes Aristizábal
	Alejandría	Aplicación de herbicida y utilización de la guadaña. Para el control de la broca aplica Beauveria Bassiana y nitrato de potasio con estacionaria	Jairo de Jesús Duque Zapata
	El Progreso	Control de la broca de manera manual y con trampas. La primera se hace echando las brocas en una botella de gaseosa, posteriormente les echa agua y las deja en promedio tres días para que se mueran. Las trampas, están hechas con botellas de gaseosa, se llena de agua y se pone un gotero hacia arriba con 5 ml de alcohol etílico y 5 ml de etanol.	Juan Pablo Muñoz López Robinson Villarreal
	Los Pinos	Control químico con fungicidas e insecticidas para el hongo, la	

Ventana	Finca	Manejo	Productor
		palomilla, cochinilla, nemátodos y roya. Además, se realiza labranza mínima, control de arvenses con guadaña, riego de pulpa y siembra de árboles para controlar la erosión en algunos lotes.	Antonio Orlando Preciado Velásquez
	La Bella	Control de malezas solamente en el plato y mantiene coberturas de herbáceas Aplicación de químicos para fertilizar y fumiga cuando la enfermedad está muy avanzada	Consuelo de Jesús Lozano de Moreno
	El Porvenir	Aplicación de herbicida una vez al año Fumigaciones para fertilizar, además para la eliminación del picudo en el plátano Utiliza la guadaña y el machete. Además de la media luna para deshojar el plátano	José Daniel Pérez Cardona
	La Gloria - El Turpial	Aplicación de fertilizantes, coberturas vivas, labranza con machetes, e incorporación de materia orgánica. Para el control de broca se recolecta los granos de café caídos al suelo	Pedro Antonio Velásquez Flórez
	La Mirla	Siembra de árboles para conservar agua Manejo de aguas Tanque de lixiviados Cercas vivas Rompevientos Beneficios de sombrío para la erosión Incorporación de materia orgánica	Margarita Díaz Monsalve
	El Consuelo	Uso de químicos para el control de plagas Riego de pulpa, desyerbas a mano y con guadaña	Libardo De Jesús Flórez Aricapa
Área marginal baja	La Miranda	Insecticidas cuando aparece la broca Incorporación de materia orgánica	Miguel Fernando García Montes

Anexo 2. Características del suelo de la finca La Perla

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,59	Potenciometría	pH	4,82
Saturación de Aluminio %	7,96	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	6,30
CICA Cmol/Kg S	9,80	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	9,52
Bases Totales Cmol/Kg S	7,64	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	8,83
Fósforo ppm	5,40	Bray II	Fósforo ppm	6,16
Potasio Cmol/Kg S	0,22	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,28
CO%	2,13	Walkey-Black	CO%	2,00
CO ₂ fijado t/ha	268,21	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	411,67
Fertilidad	5,1	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,32

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,45	Incubación en medio cerrado y titulación	Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,56

Valoración

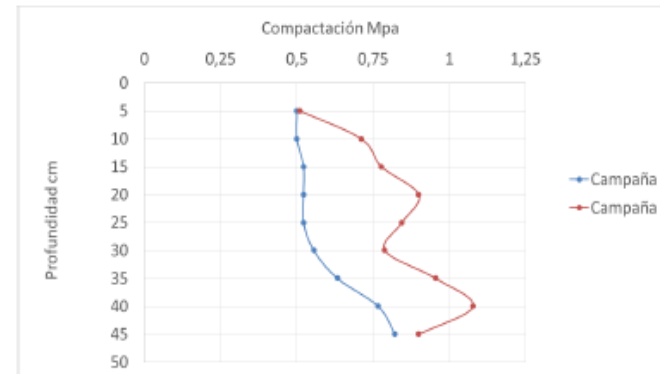
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
----------	------	----------	------	----------

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	10,26	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	6,84
Estado de agregación mm	96,27	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	93,30
Porosidad total %	69,89	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	52,14
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	17,09
	Macroporos +		Macroporos +	35,05
	Microporos		Microporos	
Estabilidad estructural mm	0,61	DPM = MSSSI% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	2,04
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco Arcilloso



Anexo 3. Características del suelo de la finca El Tabor

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,76	Potenciometría	pH	4,87
Saturación de Aluminio %	20,35	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	11,69
CICA Cmol/Kg S	8,77	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	7,40
Bases Totales Cmol/Kg S	3,94	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	3,90
Fósforo ppm	3,27	Bray II	Fósforo ppm	6,37
Potasio Cmol/Kg S	0,14	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,31
CO%	2,30	Walkey-Black	CO%	2,58
CO ₂ fijado t/ha	375,53	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	337,09
Fertilidad	4,12	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,14

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,70	Incubación en medio cerrado y titulación	Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,84

Valoración

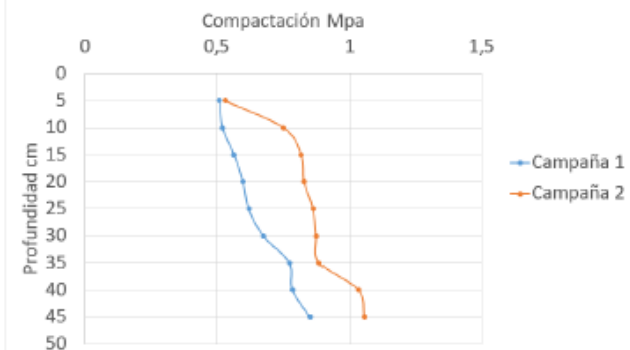
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
----------	------	----------	------	----------

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	7,51	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	10,76
Estado de agregación mm	68,40	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	83,79
Porosidad total %	61,13	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	69,59
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	25,89
	Macroporos + Microporos		42,55	
	Macroporos + Microporos		43,07	
Estabilidad estructural mm	1,38	DPM = MSSi% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	2,64
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso



Anexo 4. Características del suelo de la finca La Pedrera

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,40	Potenciometría	pH	4,77
Saturación de Aluminio %	24,42	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	15,18
CICA Cmol/Kg S	7,71	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	6,12
Bases Totales Cmol/Kg S	2,70	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	2,26
Fósforo ppm	4,88	Bray II	Fósforo ppm	6,16
Potasio Cmol/Kg S	0,25	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,34
CO%	2,51	Walkey-Black	CO%	3,36
CO ₂ fijado t/ha	323,05	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	483,23
Fertilidad	4,02	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,02

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,06	Incubación en medio cerrado y titulación	Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,70

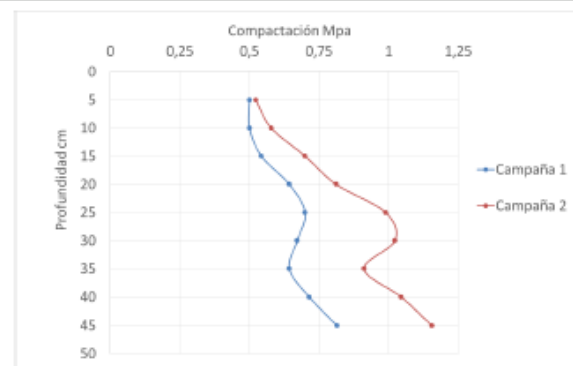
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2		
Agua aprovechable cm	10,27	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	8,62	
Estado de agregación mm	85,84	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	82,73	
Porosidad total %	68,88	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	66,07	
Tipos de poros %	Mesoporos	24,35	Cilindro de volumen	Mesoporos	21,62
	Macroporos + Microporos	44,54		Macroporos + Microporos	44,44
Estabilidad estructural mm	0,76	DPM = MSSI% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,99	
Textura	Franco	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso	



Anexo 5. Características del suelo de la finca La Empresa

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,74	Potenciometría	pH	4,67
Saturación de Aluminio %	8,75	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	15,04
CICA Cmol/Kg S	5,77	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	6,26
Bases Totales Cmol/Kg S	4,58	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	3,44
Fósforo ppm	5,95	Bray II	Fósforo ppm	12,07
Potasio Cmol/Kg S	0,16	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,35
CO%	2,63	Walkey-Black	CO%	2,85
CO ₂ fijado t/ha	431,3	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	419,26
Fertilidad	4,99	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,13

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,38	Incubación en medio cerrado y titulación	Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	2,02

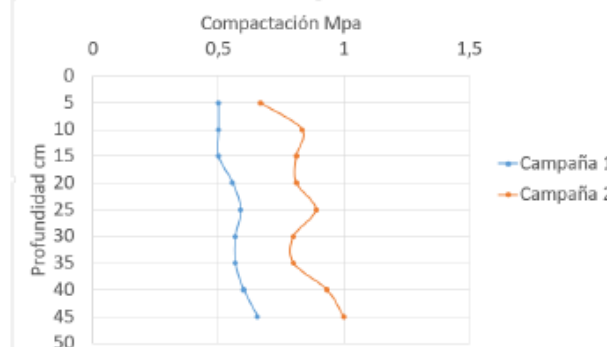
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	9,60	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	8,85
Estado de agregación mm	85,24	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	86,10
Porosidad total %	61,03	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	65,79
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	21,92
	Macroporos + Microporos		43,87	
Estabilidad estructural mm	1,09	DPM = MSSI% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,94
Textura	Franco	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso



Anexo 6. Características del suelo de la finca La Pradera

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,65	Potenciometría	pH	4,75
Saturación de Aluminio %	12,12	Sat Al = (Al Cmol/kg S / CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	14,00
CICA Cmol/Kg S	9,55	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	7,01
Bases Totales Cmol/Kg S	6,52	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	2,80
Fósforo ppm	8,18	Bray II	Fósforo ppm	13,78
Potasio Cmol/Kg S	0,20	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,16
CO%	2,10	Walkey-Black	CO%	2,11
CO ₂ fijado t/ha	297,42	CO ₂ fijado t/ha = (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	317,46
Fertilidad	4,89	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	4,65

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,59	Incubación en medio cerrado y titulación	Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,33

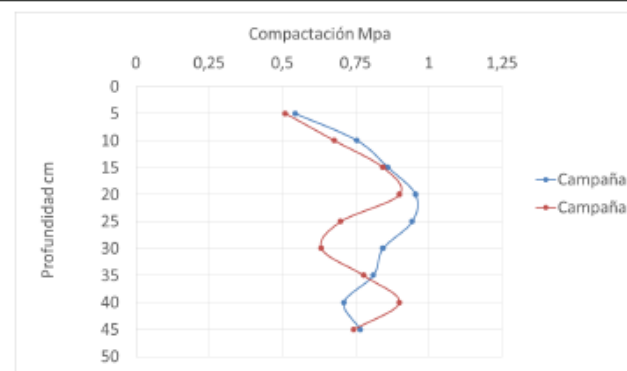
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2		
Agua aprovechable cm	11,00	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	6,70	
Estado de agregación mm	90,28	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	86,67	
Porosidad total %	65,81	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	64,84	
Tipos de poros %	Mesoporos	25,33	Cilindro de volumen	Mesoporos	18,8
	Macroporos + Microporos	40,48		Macroporos + Microporos	46,04
Estabilidad estructural mm	1,02	DPM = MSSI% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,95	
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso	



Anexo 7. Características del suelo de la finca Bolivia

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	5,00	Potenciometría	pH	5,36
Saturación de Aluminio %	6,11	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	3,10
CICA Cmol/Kg S	10,25	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	7,15
Bases Totales Cmol/Kg S	8,16	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	5,13
Fósforo ppm	4,28	Bray II	Fósforo ppm	5,67
Potasio Cmol/Kg S	0,27	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,20
CO%	2,07	Walkey-Black	CO%	2,08
CO ₂ fijado t/ha	318,51	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	366,08
Fertilidad	5,69	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,66

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1	MÉTODO	CAMPAÑA 2
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,15	Incubación en medio cerrado y titulación
		Actividad biológica kg CO ₂ /ha S
		1,85

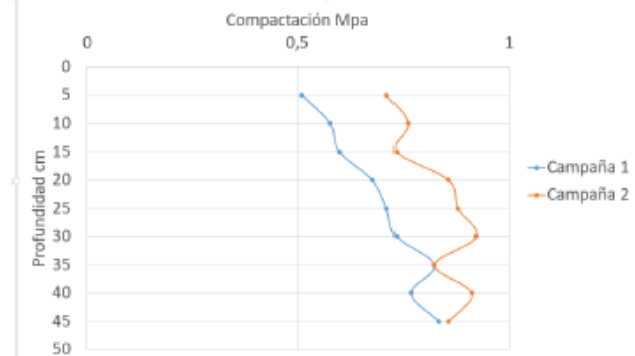
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	9,47	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	10,50
Estado de agregación mm	98,53	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	93,92
Porosidad total %	62,98	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	59,41
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	25,66
	Macroporos +		Macroporos +	33,76
	Microporos		Microporos	
Estabilidad estructural mm	1,16	DPM = MSSI% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,85
Textura	Arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Arcilloso



Anexo 8. Características del suelo de la finca La Alejandría

Propiedades Químicas

CAMPANA 1		MÉTODO	CAMPANA 2	
pH	4,76	Potenciometría	pH	4,87
Saturación de Aluminio %	20,35	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	11,69
CICA Cmol/Kg S	8,77	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	7,40
Bases Totales Cmol/Kg S	3,94	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	3,90
Fósforo ppm	3,27	Bray II	Fósforo ppm	6,37
Potasio Cmol/Kg S	0,14	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,31
CO%	2,30	Walkey-Black	CO%	2,58
CO ₂ fijado t/ha	375,53	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	337,09
Fertilidad	4,12	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,14

Propiedades Biológicas

CAMPANA 1	MÉTODO	CAMPANA 2
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,70	Incubación en medio cerrado y titulación
		Actividad biológica kg CO ₂ /ha S
		1,84

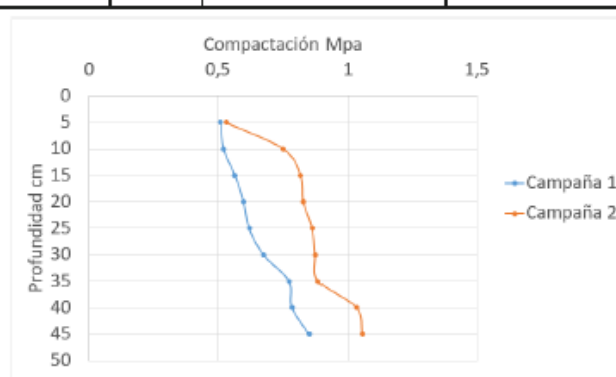
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPANA 1		MÉTODO	CAMPANA 2	
Agua aprovechable cm	7,51	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	10,76
Estado de agregación mm	68,40	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	83,79
Porosidad total %	61,13	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	69,59
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	25,89
	Macroporos +		Macroporos +	43,07
	Microporos		Microporos	
Estabilidad estructural mm	1,38	DPM = MSSl% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	2,64
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso



Anexo 9. Características del suelo de la finca El Progreso

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,80	Potenciometría	pH	4,39
Saturación de Aluminio %	6,41	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	10,56
CICA Cmol/Kg S	11,76	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	8,73
Bases Totales Cmol/Kg S	7,48	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	5,56
Fósforo ppm	4,37	Bray II	Fósforo ppm	6,13
Potasio Cmol/Kg S	0,23	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,37
CO%	1,70	Walkey-Black	CO%	1,44
CO ₂ fijado t/ha	214,67	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	279,68
Fertilidad	5,06	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	4,97

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1	MÉTODO	CAMPAÑA 2
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,42	Incubación en medio cerrado y titulación
		Actividad biológica kg CO ₂ /ha S
		1,16

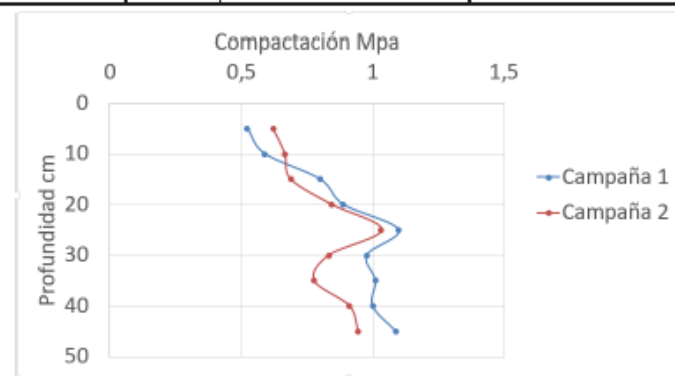
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2		
Agua aprovechable cm	9,05	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	8,90	
Estado de agregación mm	95,39	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	94,40	
Porosidad total %	69,69	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	54,47	
Tipos de poros %	Mesoporos	21,81	Cilindro de volumen	Mesoporos	22,11
	Macroporos + Microporos	47,88		Macroporos + Microporos	32,36
Estabilidad estructural mm	0,71	DPM = MSSi% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,95	
Textura	Arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso	



Anexo 10. Características del suelo de la finca Los Pinos

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,61	Potenciometría	pH	4,77
Saturación de Aluminio %	5,18	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	6,63
CICA Cmol/Kg S	14,82	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	8,34
Bases Totales Cmol/Kg S	7,88	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	6,65
Fósforo ppm	4,58	Bray II	Fósforo ppm	6,11
Potasio Cmol/Kg S	0,20	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,33
CO%	1,54	Walkey-Black	CO%	1,13
CO ₂ fijado t/ha	259,2	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	208,49
Fertilidad	5,10	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,39

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1	MÉTODO	CAMPAÑA 2
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,20	Incubación en medio cerrado y titulación
		Actividad biológica kg CO ₂ /ha S
		1,52

Valoración

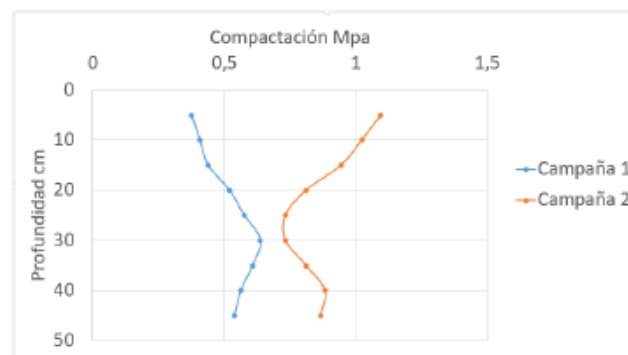
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
----------	------	----------	------	----------

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	9,03	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	5,92
Estado de agregación mm	85,80	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	91,29
Porosidad total %	60,51	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	57,20
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Tipos de poros %	Mesoporos
	Macroporos +			Macroporos +
	Microporos			Microporos
Estabilidad estructural mm	1,21	DPM = MSSI% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	2,34
Textura	Arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Arcilloso



Anexo 11. Características del suelo de la finca La Bella

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,80	Potenciometría	pH	5,02
Saturación de Aluminio %	7,18	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	7,26
CICA Cmol/Kg S	7,13	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	6,63
Bases Totales Cmol/Kg S	5,56	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	3,45
Fósforo ppm	4,43	Bray II	Fósforo ppm	5,07
Potasio Cmol/Kg S	0,14	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,18
CO%	1,85	Walkey-Black	CO%	0,98
CO ₂ fijado t/ha	337,995	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	140,62
Fertilidad	5,69	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	4,4

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1	MÉTODO	CAMPAÑA 2
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,63	Incubación en medio cerrado y titulación
		Actividad biológica kg CO ₂ /ha S
		1,73

Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	9,42	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	8,17
Estado de agregación mm	80,38	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	84,82
Porosidad total %	56,79	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	66,79
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	21,36
	Macroporos + Microporos		Macroporos + Microporos	45,43
Estabilidad estructural mm	0,97	DPM = MSSi% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,84
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso



Anexo 12. Características del suelo de la finca El Porvenir

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,81	Potenciometría	pH	4,44
Saturación de Aluminio %	4,75	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	12,11
CICA Cmol/Kg S	8,59	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	7,16
Bases Totales Cmol/Kg S	7,77	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	5,35
Fósforo ppm	5,68	Bray II	Fósforo ppm	21,02
Potasio Cmol/Kg S	0,41	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,23
CO%	1,63	Walkey-Black	CO%	1,82
CO ₂ fijado t/ha	292,54	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	370,98
Fertilidad	5,57	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,42

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,51	Incubación en medio cerrado y titulación	Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,40

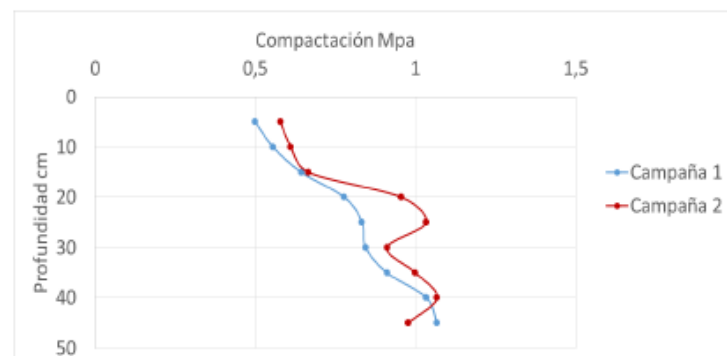
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	6,72	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	5,77
Estado de agregación mm	96,11	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	94,53
Porosidad total %	57,72	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	52,88
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	15,82
	Macroporos +		37,06	
	Microporos			
Estabilidad estructural mm	0,96	DPM = MSSSI% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,93
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso



Anexo 13. Características del suelo de la finca La Gloria-El Turpial

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,76	Potenciometría	pH	5,22
Saturación de Aluminio %	11,75	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	11,07
CICA Cmol/Kg S	5,16	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	5,83
Bases Totales Cmol/Kg S	3,37	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	2,69
Fósforo ppm	5,60	Bray II	Fósforo ppm	8,64
Potasio Cmol/Kg S	0,12	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,24
CO%	2,67	Walkey-Black	CO%	2,73
CO ₂ fijado t/ha	424,46	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	370,64
Fertilidad	4,39	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,26

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1	MÉTODO	CAMPAÑA 2
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,30	Incubación en medio cerrado y titulación
		Actividad biológica kg CO ₂ /ha S
		1,85

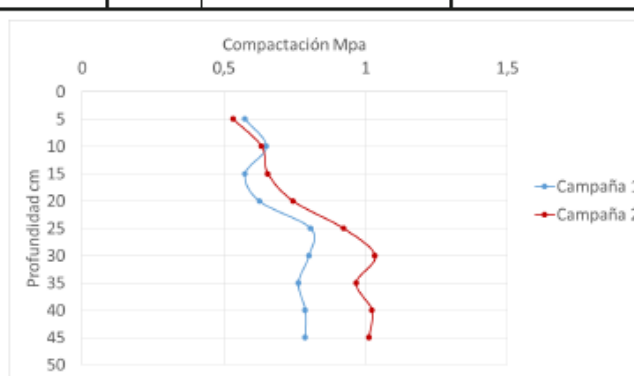
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	7,96	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	8,75
Estado de agregación mm	77,84	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	80,13
Porosidad total %	61,88	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	68,33
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	22,47
	Macroporos +		42,47	
	Microporos		45,86	
Estabilidad estructural mm	1,58	DPM = MSSi% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,91
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso



Anexo 14. Características del suelo de la finca La Mirla

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	4,37	Potenciometría	pH	4,71
Saturación de Aluminio %	7,90	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	7,61
CICA Cmol/Kg S	10,78	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	7,60
Bases Totales Cmol/Kg S	8,22	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	5,91
Fósforo ppm	4,05	Bray II	Fósforo ppm	2,20
Potasio Cmol/Kg S	0,23	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,39
CO%	1,65	Walkey-Black	CO%	1,03
CO ₂ fijado t/ha	252,01	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	175,82
Fertilidad	4,86	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	5,26

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,31	Incubación en medio cerrado y titulación	Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	2,19

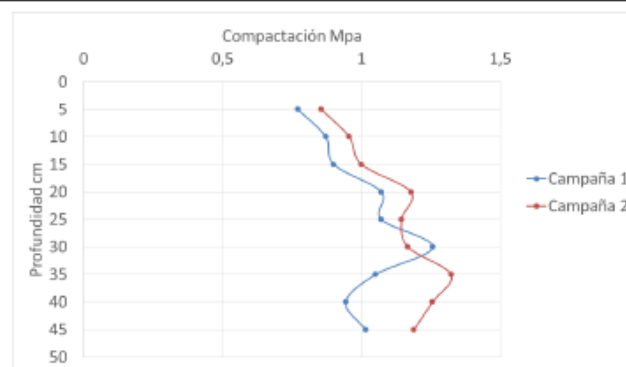
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2		
Agua aprovechable cm	9,87	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	7,13	
Estado de agregación mm	97,19	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	96,48	
Porosidad total %	63,53	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	60,55	
Tipos de poros %	Mesoporos	23,29	Cilindro de volumen	Mesoporos	18,17
	Macroporos + Microporos	40,24		Macroporos + Microporos	42,39
Estabilidad estructural mm	1,49	DPM = MSSI% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,91	
Textura	Arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Arcilloso	



Anexo 15. Características del suelo de la finca El Consuelo

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	5,53	Potenciometría	pH	5,76
Saturación de Aluminio %	1,62	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	1,91
CICA Cmol/Kg S	9,60	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	7,35
Bases Totales Cmol/Kg S	6,92	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	6,27
Fósforo ppm	5,82	Bray II	Fósforo ppm	6,27
Potasio Cmol/Kg S	0,15	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,50
CO%	2,42	Walkey-Black	CO%	2,78
CO ₂ fijado t/ha	427,94	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	311,34
Fertilidad	5,69	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	6,98

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1	MÉTODO	CAMPAÑA 2
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,55	Incubación en medio cerrado y titulación
		Actividad biológica kg CO ₂ /ha S
		1,76

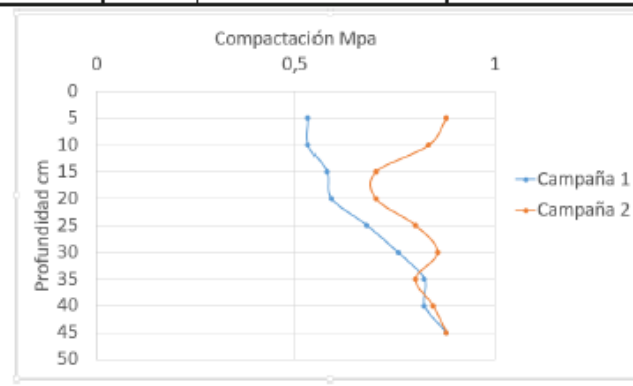
Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	9,03	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	10,98
Estado de agregación mm	71,52	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	77,69
Porosidad total %	58,59	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	74,07
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	26,51
	Macroporos + Microporos		Macroporos + Microporos	47,56
Estabilidad estructural mm	1,31	DPM = MSSi% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	1,95
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso



Anexo 16. Características del suelo de la finca La Miranda

Propiedades Químicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
pH	5,01	Potenciometría	pH	5,69
Saturación de Aluminio %	5,37	Sat Al = (Al Cmol/kg S/ CICE Cmol/Kg S)*100	Saturación de Aluminio %	1,36
CICA Cmol/Kg S	7,58	Acetato de Amonio 1N pH 7. Volumetría	CICA Cmol/Kg S	8,02
Bases Totales Cmol/Kg S	6,44	BT=Ca+K+Mg+Na Cmol/ Kg S	Bases Totales Cmol/Kg S	7,45
Fósforo ppm	12,57	Bray II	Fósforo ppm	19,02
Potasio Cmol/Kg S	0,19	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Potasio Cmol/Kg S	0,31
CO%	2,28	Walkey-Black	CO%	2,05
CO ₂ fijado t/ha	435,86	CO ₂ fijado t/ha= (CO ₂ *Ms)/100000 a 50 cm de profundidad	CO ₂ fijado t/ha	491,55
Fertilidad	5,79	FT=((0,7*F1)+(0,3*F2))* K	Fertilidad	7,04

Propiedades Biológicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	1,42	Incubación en medio cerrado y titulación	Actividad biológica kg CO ₂ /ha S	2,05

Valoración				
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto

Campaña 1: Enero de 2018

Campaña 2: Marzo de 2018

Propiedades Físicas

CAMPAÑA 1		MÉTODO	CAMPAÑA 2	
Agua aprovechable cm	5,19	AA= Capacidad de campo - Punto de marchitez permanente	Agua aprovechable cm	4,68
Estado de agregación mm	92,50	% agregados > 0,5 mm	Estado de agregación mm	94,69
Porosidad total %	55,17	Pt= ((Dr - Da) / Dr) + 100	Porosidad total %	44,08
Tipos de poros %	Mesoporos	Cilindro de volumen	Mesoporos	13,12
	Macroporos +		Macroporos +	30,96
	Microporos		Microporos	
Estabilidad estructural mm	1,49	DPM = MSSi% * Xi / 100	Estabilidad estructural mm	2,07
Textura	Franco arcilloso	Triángulo de textura	Textura	Franco arcilloso

