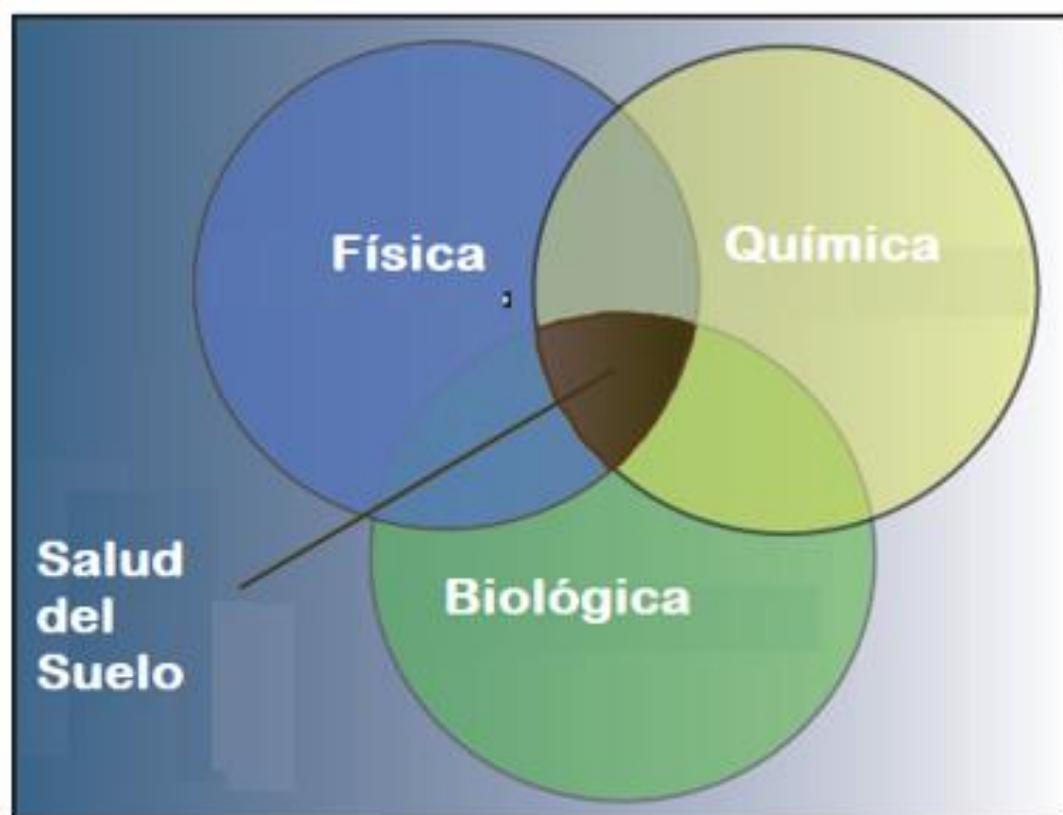


MANUAL PRACTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO.



Diciembre, 2022

AUTORES:

Dr.C. Julián Herrera Puebla

Dr.C. Javier Arcia Porrúa

Dra.C. Clara García Ramos

MsC. Amaury Rodríguez González

Agradecimientos a:

Dirección Instituto de Ingeniería Agrícola (IAgric)

Dirección Instituto de Suelos (IS)

Dirección de Suelos y Fertilizantes Ministerio Agricultura

Proyecto ecoVALOR

Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP)

Instituto de Geografía Tropical (IGT)

Direcciones Provinciales de Suelos de las Provincias de:

Holguín

Las Tunas

Villa Clara

Matanzas

Direcciones Provinciales del CITMA de las Provincias de:

Holguín

Las Tunas

Villa Clara

Matanzas

INDICE

I.	Introducción.....	4
II.	Indicadores seleccionados y su importancia en la determinación de la calidad del suelo.....	6
2.1.	Respiración del suelo.....	6
2.2.	Infiltración del suelo. ¿Por qué hacer esta prueba?.....	6
2.3.	Densidad aparente.....	7
2.4.	Conductividad eléctrica (CE).....	8
2.5.	pH del suelo.....	9
2.6.	Prueba de estabilidad de agregados en seco y húmedo.....	9
2.7.	Muestreo de lombrices.....	10
III.	Medición de la Calidad del Suelo.....	10
3.1.	Caracterización del Lote o Sitio.....	10
3.2.	Lineamientos para el Muestreo.....	11
IV.	Guía para la realización en campo de las observaciones para la obtención de los indicadores. .	13
4.1.	Respiración del Suelo.....	13
4.2.	Ensayo de Infiltración.....	14
4.3.	Ensayo de Densidad Aparente.....	16
4.4.	Ensayo de Conductividad Eléctrica.....	17
4.5.	Ensayo de pH del suelo.....	19
4.6.	Estabilidad de los Agregados.....	19
4.7.	Lombrices y otros componentes de la macrofauna.....	20
4.8.	Reciclaje de nutriente en la capa arable.....	21
V.	Otros elementos a tener en cuenta.....	23
5.1.	Compostaje.....	23
5.2.	Lombricultura.....	24
5.3.	Control de la erosión.....	24
5.4.	Productividad del agua.....	25
VI.	Recomendaciones generales.....	26
VII.	Encuesta.....	27
	Bibliografía.....	27

I. Introducción.

Se reconoce que la mecanización excesiva, la ausencia de rotaciones de cultivos, y falta de adiciones de materia orgánica han reducido el potencial de rendimiento de los suelos, por ello y de acuerdo con Idowu et al (2006), la salud del suelo y su mantenimiento ha captado la atención de los agricultores.

Doran y Parkin (1994) definieron la calidad del suelo como “la capacidad de un suelo para funcionar, dentro de un ecosistema y límites del uso de la tierra, para sostener la productividad, mantenerla calidad ambiental, y promover la salud de las plantas y los animales” En general, la salud del suelo y calidad del suelo se consideran sinónimos y se puede usar indistintamente. El Servicio Nacional de Conservación de Recursos

del Departamento de Agricultura de Los EE UU (NRCS, por sus siglas en inglés) define la calidad del suelo o la salud del suelo de manera similar, pero agrega la calidad inherente y dinámica del suelo a la definición. La calidad inherente del suelo es definida como “los aspectos de la calidad del mismo relacionados a la composición y propiedades naturales de un suelo influenciado por los factores y procesos de la formación del suelo, en ausencia de impactos humanos”. Mientras que la calidad dinámica “se relaciona con aquellas propiedades del suelo que cambian como resultado del uso del mismo y la gestión en la escala de tiempo humana” (Gugino et al, 2009).

La figura 1, (Idowu, et al, 2006) muestra los componentes de la calidad inherente y dinámica y sus interacciones. Como se señaló con anterioridad, el primero se relaciona con las características naturales (genéticas) del suelo (por ejemplo, textura), que son el resultado de los factores formadores del mismo. Estas son propiedades obtenidas en los levantamientos de suelos y generalmente no se puede modificar fácilmente. Por otro lado, el componente dinámico de la calidad se ve fácilmente afectado por las prácticas de gestión y se relaciona con los niveles de compactación, funcionamiento biológico, proliferación de raíces, etc. El componente dinámico es el de mayor interés para los productores porque un buen manejo de los mismos permite que los suelos puedan expresar su máximo potencial. Los componentes inherentes y dinámicos de la calidad del suelo interactúan, sin embargo, algunos tipos de suelo son mucho más susceptibles a la degradación y menos tolerantes a la mala gestión que otros. Finalmente, la Universidad de Cornell (Gugino *et al*, 2009), en su Manual de “Evaluación de la Salud del Suelo” sintetiza el concepto expresando que “la salud del suelo es un concepto que integra y optimiza las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para mejorar su productividad y calidad del medio ambiental (Idowu, *et al*, 2006).

Diversos trabajos tanto teóricos como prácticos se han desarrollado en Cuba sobre el tema de indicadores de calidad del suelo (Font et al, 2004; Colas, 2007; Cairo *et al*, 2011; Font *et al*, 2013; García y Sánchez, 2013; Díaz et al, 2005 y Rodríguez, 2010 entre otros), mientras que a nivel internacional sobresalen la SoilQuality Test Guide (USDA, 1999, Traducida al español por Luterris y Salazar, CNR-CNI-INTA, Argentina, 2000) y Cornell Soil Health Training Manual (Gugino *et al*, 2009) y la Guía de Salud de Suelos (Universidad de Cornell y Zamorano, 2000)

El Proyecto “EcoVALOR” implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y ejecutado por el Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP) del CITMA, con la participación de varios ministerios del país, entre ellos el de la agricultura en sus ramas forestal y agropecuaria, tiene el propósito es promover la generación de beneficios ambientales múltiples basados en la valoración económica de bienes y servicios eco sistémicos como herramienta para la toma de decisiones en diferentes niveles de gestión. En este sentido, el proyecto responde a la Estrategia de Desarrollo Económico y Social a 2030 al implementar incentivos

económicos, para lograr la sostenibilidad financiera en el uso y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, la lucha contra la contaminación, y el enfrentamiento al cambio climático

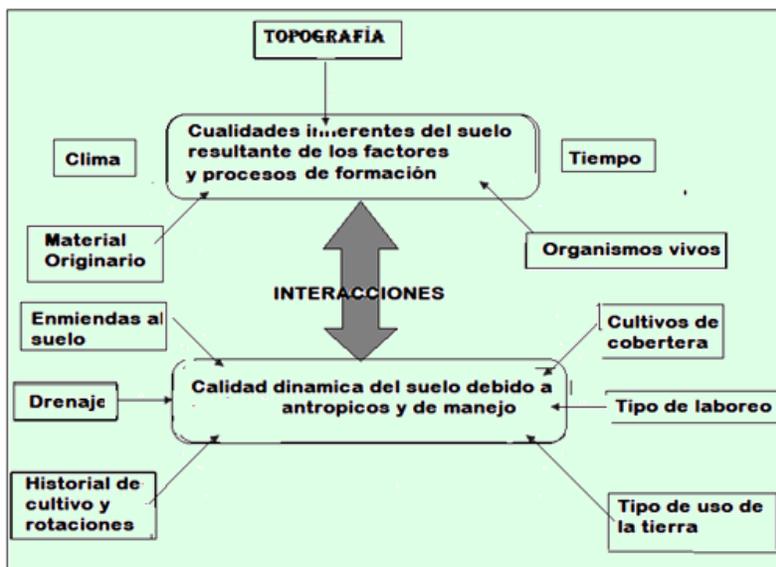


Figura: 1. Calidad inherente y dinámica del suelo y varios factores que la afectan

Más allá de la parte regulatoria, el proyecto cuenta con un componente (componente 3) muy fuerte en el desarrollo de metodologías, estudios que validen resultados de la investigación para demostrar y generar a nivel de las localidades pilotos, sistemas de producción que apliquen las evaluaciones económicas en esos sitios, directamente con los productores, y lograr desarrollar buenas prácticas consecuentes con su entorno natural.

La evaluación económica del efecto de las prácticas agrícolas sobre el medio ambiente, en particular del suelo y el agua, requieren de la evaluación de los cambios producidos en estos componentes del medio agroecológico, para poder evaluar, posteriormente, el efecto económico de estos cambios. Para realizar esta evaluación se requiere de indicadores de la salud del suelo y de la calidad del agua utilizada para riego (en el caso de ecosistemas bajo riego), así como de una metodología práctica que permita el seguimiento del comportamiento de los indicadores seleccionados.

La selección de indicadores que permitan evaluar la salud del suelo de modo tal que se cumplan las definiciones antes enunciadas sobre el término deben cumplir las siguientes condiciones (Castillo-Valdez, 2021):

- a) describir los procesos del ecosistema;
- b) integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo;
- c) reflejar los atributos de sostenibilidad;
- d) ser sensibles a variaciones de clima y manejo;
- e) ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo;
- f) ser reproducibles;
- g) ser fáciles de entender;
- h) ser sensibles a los cambios de uso del suelo por acción antropogénica; y cuando sea posible, ser componentes de una base de datos ya existente.

Teniendo en cuenta lo anterior, y los diversos trabajos al respecto antes citados, se propone la siguiente metodología.

II. Indicadores seleccionados y su importancia en la determinación de la calidad del suelo.

2.1. Respiración del suelo

Indica la producción de dióxido de carbono (CO₂) como resultado de la actividad biológica en el suelo por los microorganismos, raíces vivas, lombrices, nematodos e insectos.

La labranza o el cultivo pueden resultar en la pérdida de carbono del suelo (C) y aumentos en la cantidad de CO₂ liberado.

La actividad biológica es un reflejo directo de la descomposición de la materia orgánica en el suelo. La descomposición de la materia orgánica indica dos procesos: pérdida de carbono del suelo y entrega de nutrientes.

El uso de cultivos de cobertura ayuda a controlar la erosión y mejoran la labranza del suelo, aumentan los niveles de materia orgánica, mejorar la infiltración de agua y ayudan disminuir los problemas de plagas.

El uso de cultivos de cobertura y Materia Orgánica ayudan a reducir la temperatura del suelo, lo que aumenta la actividad microbiana.

La humedad del suelo es muy importante: un suelo seco tiene poca o ninguna actividad microbiana

2.2. Infiltración del suelo. ¿Por qué hacer esta prueba?

La labranza afecta la tasa de infiltración temporalmente. Inmediatamente después de la labranza, puede ocurrir mayor tasa de la infiltración debido al aflojamiento de las costras superficiales o áreas compactadas. Un suelo poco saludable volverá a ser un con una baja tasa de infiltración luego de estabilizado el efecto inicial de la labranza.

La labranza esponja el suelo. Sin embargo, la labranza altera aún más los agregados y la estructura del suelo, creando el potencial para la compactación, la formación de costras en la superficie y la pérdida de superficie continua de poros conectados.

Los suelos compactados tendrán menos espacio poroso, lo que resultará en tasas de infiltración más bajas. suelos que tienden a formar costras superficiales, que sellan la superficie del suelo, pueden haber reducido severamente la tasa de infiltración.

La infiltración se ve afectado por el desarrollo de las raíces de las plantas, madrigueras de lombrices, agregación del suelo y por incrementos generales en materia orgánica estable.

La textura o el porcentaje de arena, limo y arcilla afectará la tasa de infiltración.

El mayor contenido de materia orgánica en el suelo influye en la capacidad de infiltración del suelo a través de la mayor granulación del suelo en agregados estables al agua, disminución de la formación de costras, mejor drenaje interno, y mayor cantidad de agua almacenada.

Acorde con la textura del suelo, una mayor capacidad de infiltración significa una mejor estructura del mismo, lo que facilita la labranza mínima, mayor capacidad de almacenamiento de agua, menor erosión, mejor formación y cosecha de cultivos de raíces y sistemas de raíces de plantas más profundos y prolíficos.

Para la selección de un sistema de riego apropiado debe conocerse el valor de infiltración del suelo. Si el suelo desarrolla una estructura adecuada con el aumento de carbón activo, el valor de la infiltración aumentará.

Tabla 1. Criterios de evaluación de la Infiltración del suelo (Mesa y Naranjo, 1982)

Evaluación	mm. hora⁻¹
Muy lenta	< 1.25
Lenta	1.25 – 5.00
Moderadamente lenta	5.00 - 20
Moderada	20 - 65
Moderadamente rápida	65 - 125
Rápida	125 - 250
Muy Rápida	> 250

2.3. Densidad aparente

Es la medida de partículas y el espacio poroso entre las partículas, esta puede servir como un indicador de compactación y restricciones relativas al crecimiento de las raíces.

La densidad aparente puede ser alterada por el cultivo; pisoteo por animales; maquinaria de agricultura; y el clima (impacto de la gota de lluvia). El incremento de las labores de campo y el peso de la maquinaria, así como el laboreo con el suelo muy húmedo tienden a incrementar la compactación y con ello los valores de densidad aparente del suelo. Minimizar el número y peso de las operaciones de campo. Todos sabemos que suelos con buena estructura y una extensa red de raíces son más resistentes a la compactación. La densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de compactación y como valor relativo de restricción del sistema radicular

Tabla 2. Valores de densidad aparente en relación a la textura y restricción del crecimiento radicular.

Textura del suelo	Densidad aparente ideal	Densidad aparente que puede afectar el desarrollo radicular	Densidad aparente que restringe el desarrollo de las raíces
		g cm⁻³	
Arena, loam arenoso	< 1.60	1.69 >	1.80
Loam arenoso, loams	< 1.40	1.63 >	1.80
Arena arcillo arenosa, loams, arcilla loamosa	< 1.40	1.60 >	1.75
Limos, limos loamoso	< 1.30	1.60 >	1.75
Limo loamoso, limo arcillo loamoso	< 1.40	1.55 >	1.65
Arena arcillosa, limos Arcilla, algunas	<1.10	1.49 >	1.58
arcillas loamosas (35-45% arcilla)	<1.10	1.39 >	1.47
Arcillas (>45% arcilla)			

2.4. Conductividad eléctrica (CE)

El exceso de sales dificultará el crecimiento de las plantas al afectar el equilibrio suelo-agua. Las sales asociadas a la salinidad del suelo se forman como resultado de la asociación de iones con carga positiva asociados con la salinidad del suelo. Como resultado de estas cargas, los iones cargados positivamente (cationes) hidrógeno H^+ , potasio K^+ , calcio Ca^{2+} , magnesio Mg^{2+} , sodio Na^+ , e iones con carga negativa (aniones) como cloro Cl^- , sulfatos SO_4^{2-} , bicarbonatos CO_3H^- y carbonatos CO_3^{2-} . El test realizado en el campo no indica el tipo de sales presentes, solo la concentración de sales expresada como conductividad eléctrica (CE). Las interpretaciones específicas del sitio para la calidad del suelo dependerán del uso específico de la tierra y la tolerancia del cultivo a las sales. Un valor de CE moderado a alta indicará una posible reducción de la producción de cultivos, reducción de respuestas microbianas y reducción de la calidad del suelo.

El tiempo y la cantidad de riego pueden ayudar en el manejo de suelos salinos. el uso del suelo dependerá de la tolerancia a la salinidad del cultivo. En caso de que la parcela sea regada, esta prueba debe realizarse también al agua utilizada para el riego

Tabla 3. Valores de CE, y clases de salinidad para una suspensión de suelo: agua de 1:1

Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹ a 25° C)	Clase de salinidad	Respuesta del cultivo	Respuesta de los microorganismos
0 – 0.98	No Salino	Efectos casi insignificantes	Pocos organismos afectados
0.98 – 1.71	Muy ligeramente salino	Se restringe el rendimiento de los cultivos muy sensibles	Se alteran procesos microbianos muy selectos (nitrificación de-nitrificación)
1.71 – 3.16	Ligeramente salino	Se restringe el rendimiento de la mayoría de los cultivos	Influye en la mayor parte de los procesos microbianos (respiración/amonificación)
3.16 – 6.07	Moderadamente salino	Solo los cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente	Predominan los microorganismos tolerantes a las sales (hongos, actinomicetos, algunas bacterias)
> 6.07	Fuertemente salinos	Solo los cultivos muy tolerantes obtienen producciones satisfactorias	Solo un selecto grupo de organismos halófitos se mantienen activos.

Nota: Los valores de CE de la tabla anterior se refieren a valores que se obtienen en las pruebas de campo (ver metodología), por lo que difieren de los valores obtenidos en laboratorio con el uso del extracto de pasta saturada.

Tabla 4. Guía sobre la calidad del agua (Mesa y Naranjo, 1982)

Conductividad (dS m⁻¹)	Clasificación
< 0.75	Excelente a buena
0.75 – 2.0	Buena a tolerable
2 - 3	Dudosa a inadecuada
> 3	inadecuada

Para mayor información sobre la clasificación de las aguas para riego se sugiere consultar la norma NC1048: 2014. Calidad del agua para preservar el suelo especificaciones.

2.5. pH del suelo.

La disponibilidad de nutrientes se ve afectada por los cambios en la solubilidad de los minerales del suelo. La mayoría de los minerales son más solubles en suelos ligeramente ácidos que en suelos neutros o ligeramente básicos.

La mayor disponibilidad para la mayoría de los nutrientes se encuentra entre pH 6 y 7. Los macronutrientes están más disponibles para la planta en este rango de pH.

El pH del suelo también afecta la actividad de los microorganismos benéficos, lo que afecta la disponibilidad de los nutrientes. En general, los hongos funcionan en un amplio rango de pH, pero las bacterias y los actinomicetos funcionan mejor a pH intermedio y alto.

Se recomienda una inspección visual de los cultivos, pastos, árboles, etc., para observar si presentan quemadura de las hojas, clorosis parcial o uniforme, atrofia en las plantas o coloración inusual, por nombrar algunas.

Los suelos que contienen de 0,5% a 30% CaCO₃ son suelos amortiguados y tienen un pH superior a 7. Si se pretende aplicar azufre elemental o ácido sulfúrico al campo, debe asegurarse que el mismo tiene carbonato de calcio (CaCO₃).

2.6. Prueba de estabilidad de agregados en seco y húmedo

Al humedecerse rápidamente, el agua que ingresa a los poros hace que el aire quede atrapado dentro de los mismos aumentando la presión y causando su rotura.

Los agregados del suelo protegen la materia orgánica dentro de su estructura del ataque microbiano, por tanto, la formación y conservación de agregados permite conservar la materia orgánica en el suelo

Las operaciones de labranza que pulverizan los agregados del suelo son las más perjudiciales. La labranza secundaria suele ser más perjudicial para el suelo que la labranza primaria. Se recomienda minimizar la labranza, por ello se prefieren los sistemas que maximizan los residuos en la superficie y usar la labranza con moderación para resolver problemas específicos del suelo.

Prácticas principales: cultivos de cobertura, labranza cero, rotación de cultivos, acolchado, compostaje.

2.7. Muestreo de lombrices.

Las lombrices de tierra son más activas durante las primeras horas de la mañana cuando la temperatura del suelo es más fresca, que es el mejor momento para observar su actividad.

Las lombrices alteran drásticamente la estructura del suelo, el movimiento del agua, la dinámica de los nutrientes, y el crecimiento de las plantas.

Las lombrices obtienen su nutrición de los microorganismos y materia orgánica contenida en el suelo, a medida que estos pasan a través de la lombriz de tierra y se descomponen en el intestino, los nutrientes retenidos por, la materia orgánica y los microorganismos se liberan en una forma en que pueden ser utilizados por las plantas.

Al mismo tiempo las lombrices se mezclan y crean agregados. Las lombrices de tierra pueden voltearlas seis pulgadas superiores del suelo en diez a veinte años.

Las lombrices aumentan la porosidad y el drenaje a medida que se desplazan por el suelo, la capacidad de retención de agua disponible al aumentar la porosidad y la agregación del suelo estas también crean canales para el crecimiento de raíces y también transportan residuos de plantas u materiales orgánicos más abajo en el suelo.

III. Medición de la Calidad del Suelo

Los indicadores de la calidad del suelo descritos anteriormente han sido seleccionados para evaluar la calidad agrícola del suelo y los mismos pueden ser usados como un instrumento de análisis para detectar la tendencia o dirección general de la calidad del suelo, es decir, si los sistemas de manejo que se están utilizando en la finca están conservando, mejorando o degradando el suelo. El adecuado uso de los mismos y la correcta interpretación de los resultados dependen de lo bien que sean interpretados los indicadores con relación a uso de las tierras y los objetivos ecológicos.

Existen dos formas básicas para evaluar la calidad del suelo (USDA, 1999):

- Hacer mediciones periódicamente, a lo largo del tiempo, para monitorear cambios o tendencias en la calidad del suelo;
- Comparar valores medidos con los de una condición del suelo estándar o de referencia.

Empleando las dos formas de evaluar la calidad del suelo, los indicadores pueden ser usado para:

- realizar comparaciones entre distintos sistemas de manejo para determinar sus respectivos efectos sobre la calidad del suelo;
- realizar mediciones en un mismo lote a lo largo del tiempo para monitorear las tendencias de la calidad del suelo, determinadas por el uso y manejo del mismo;
- comparar áreas problema dentro de una finca, con áreas sin problemas;
- comparar valores medidos con condiciones edáficas de referencia o con el ecosistema natural.

3.1. Caracterización del Lote o Sitio

Antes de comenzar la caracterización es importante obtener tanta información sobre el sitio y los suelos como sea posible. Los indicadores de la calidad del suelo deben ser evaluados dentro del contexto de las características del sitio, y climáticas.

Es conveniente registrar la información obtenida en una planilla como la que se muestra en el Anexo 1, la cual será luego almacenada en formato digital, con el fin de crear una base de datos de los sitios muestreados. Como la información registrada se acompaña de las coordenadas geográficas del centroide del sitio muestreado, será posible acompañar luego esta información de

un mapa digital del área. Por ello es conveniente que, al hacer el muestreo, el equipo de trabajo cuente con un GPS o un teléfono con la aplicación conveniente al respecto.

Los siguientes son detalles que deberán ser considerados al caracterizar el sitio donde se va a estimar la calidad del suelo en el campo.

Tipo de Suelos: El nombre del tipo de suelo puede obtenerse del mapa de suelos del municipio según la II Clasificación de los Suelos de Cuba. Un muestreo con barrena puede indicar lo conveniente de la clasificación que aparece en el mapa o no. De existir amplia discrepancia con la misma sería conveniente entonces estudiar un perfil del suelo representativo del sitio por un pedólogo con experiencia.

Signos de erosión: Signos de erosión incluyen cárcavas, surcos, desarrollo de pedestales, áreas expuestas de subsuelo, daño a plantas por materiales transportados por el viento, etc. El Anexo 2 (Benítez, 2015) informa sobre los elementos a tener en cuenta para esta evaluación.

Historia de manejo: este ítem incluye una descripción del manejo pasado y presente de tierras y cultivos; tipo, volumen y método de fertilización; uso previo; y si se a nivelado o no anteriormente el área.

Pendiente y aspectos topográficos del terreno: Registre porcentaje de la pendiente en los sitios de muestreo dentro del lote, y mencione lomas, elevaciones, depresiones, pozos etc.

La tabla 5 (Mesa y Naranjo, 1982) recoge índices para la evaluación de las pendientes.

Tabla 5. Evaluación de Pendientes.

Llano	Menor de 1%
Casi llano	Entre 1% y 2%
Ondulado	Entre 2% y 8%
Fuertemente ondulado	Entre 8% y 16%
Alomada	Entre 16% y 30%
Fuertemente alomada	Mayor que 30%

Locación de la finca o lote y de las áreas de muestreo: Incluya Longitud y Latitud (si hay una unidad GPS disponible), una indicación sobre la ubicación (metros de distancia desde un sitio de referencia), y un dibujo del área mostrando las áreas de muestreo.

Información climática: Este ítem incluye precipitaciones y temperaturas promedio altas y bajas para cada mes.

Ubicación de áreas ecológicamente sensibles: Este ítem incluye la locación de lagunas, cauces, zonas muy húmedas y otros sitios ecológicamente frágiles adyacentes a la finca en cuestión.

Se sugiere, para mayor información sobre la descripción del sitio, consultar el "Manual de Procedimientos de Manejo Sostenible de Tierras" (Urquiza *et al*, 2011)

3.2. Lineamientos para el Muestreo

Importante: Cuándo, dónde y cuán profundo debe ser el muestreo, y qué cantidad de muestras hay que tomar, depende primariamente de las preguntas y problemas que se observan visualmente en el recorrido previo por el campo y de las respuestas obtenidas del dueño o responsable de la finca o de los campos.

✓ ¿Cuándo debe muestrearse?

El momento del muestreo es importante, pues las propiedades del suelo varían con las estaciones y con las operaciones de manejo, como la labranza. Usualmente, para la evaluación general de la

calidad del suelo, se recomienda un muestreo por año de la finca. El muestreo anual permite la detección de cambios a largo plazo en localidad edáfica. Un buen momento para muestrear es aquel en el que el clima está más estable, y durante el cual el suelo no fue disturbado, tal como después de la cosecha o hacia el final del período de crecimiento.

✓ **¿Dónde Muestrear?**

Una consideración importante al determinar dónde muestrear en una finca o lote es la variabilidad del área. Las propiedades del suelo naturalmente varían a lo largo de un lote y hasta a lo largo de un mismo tipo de suelo. La variabilidad edáfica también es afectada por las operaciones de manejo. Las características generales a considerar dentro del sitio de muestreo son:

- Áreas de surcos y de entresurcos,
- Diferencias en el tipo de suelo,
- Diferencias de manejo
- Áreas con y sin paso de maquinarias,
- Diferencias en el crecimiento de cultivos,
- Áreas afectadas por salinidad versus áreas no afectadas,
- Diferencias en la pendiente, y áreas húmedas versus áreas no húmedas (Drenaje).

Algunos lineamientos generales para la elección de sitios de muestreo son los siguientes:

- 1) Para una estimación general de localidad del suelo seleccione sitios de muestreo dentro de un lote que sea representativo del mismo. Obtener información catastral del polígono. y ubicar el sitio en el mapa de suelos 1:25 000. Recorra a este mapa de suelos, para identificar diferencias y variaciones entre tipos de suelos, dentro de la unidad de mapeo. Si no existen diferencias notables con lo registrado en el mapa, un muestreo con barrena puede ser útil para constatar las diferencias o similitudes y también para establecer las ubicaciones de las áreas más representativas del sitio.
- 2) Para la evaluación de los sitios problemáticos dentro de un lote, muestree áreas que sean representativas de estos sitios problema
- 3) Al comparar sistemas de manejo, asegúrese que los sitios elegidos para la comparación estén localizados en el mismo tipo de suelo y en los mismos rasgos topográficos. Por ejemplo, si los sitios en un lote se miden sobre huellas de
- 4) Maquinarias, en el otro lote los sitios de muestreo deberán corresponder, también, a huellas de maquinarias.
- 5) Al monitorear cambios con el paso del tiempo, en la calidad del suelo, asegúrese que cada vez se midan los mismos sitios dentro del lote (geo referenciar los puntos de muestreo). Asimismo, trate de realizar las medidas en iguales condiciones de humedad para reducir la variabilidad.

En algunos casos puede ser conveniente comparar sitios de muestreo a lo largo de un gradiente de tipos de suelo, de humedad, pendiente, u otros rasgos, en lugar de hacer la observación en un solo punto

✓ **¿Cuántas Muestras?**

El número de muestras o medidas a tomar dependerá de la variabilidad en el campo. Se recomienda la recolección de un mínimo de tres muestras o mediciones de cada una de las combinaciones de tipo de suelo y manejo. En general, cuanto mayor sea la variabilidad mayor será el número de

medidas necesarias para conseguir un valor representativo a la escala de la finca o lote. Al medir CE, pH, del suelo a escala de lote, ocho o nueve muestras con barrena, tomadas a través del lote, podrán ser agrupadas y mezcladas, y dos submuestras, de este material mezclado, analizadas. Al tomar muestras a través de un lote, manténgase apartado de áreas manifiestamente diferentes y que no sean representativas del lote, tales como caminos de tierra y bordes del lote, bandas de fertilización, sectores ubicados a menos de 50 metros con de un camino mejorado, baches, sectores erosionados, etc.

Se recomienda el conocimiento de la Norma NC ISO 10381-1. Calidad del suelo — Muestreo (1981).

IV. Guía para la realización en campo de las observaciones para la obtención de los indicadores.

4.1. Respiración del Suelo

La respiración del suelo es un indicador de la actividad biológica (por ej. de microbios y raíces). Esta actividad es tan importante para el ecosistema edáfico como lo son pulmones sanos para nosotros. Sin embargo, mayor actividad no es siempre mejor; puede indicar inestabilidad del sistema (por ej. después de la labranza).

4.1.1. Trabajo de campo

1. Determinar y ubicar los puntos de muestreos y georreferenciarlos.
2. Tomar las muestras de suelo de 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm. (1 kg de cada profundidad). Identifique las muestras con una etiqueta pequeña escrita con lápiz dentro y fuera de la bolsa.

- Número de muestra.
- Fecha.
- Lugar.
- Coordenadas.
- Determinaciones analíticas a realizar.

4.1.2 Análisis de laboratorio.

- ✓ Pesar 25 g de suelo y colocar en potes plásticos herméticamente cerrados
- ✓ Añadir al suelo agua para llevar al 60% de la capacidad máxima de retención de humedad
- ✓ Colocar en un pomo de cristal 50 ml de NaOH
- ✓ Colocar con cuidado los potes plásticos dentro del pomo de cristal
- ✓ Tapar bien los pomos
- ✓ Paralelamente montar un blanco como control
- ✓ Incubar por 24 h a 28-30 °C
- ✓ Tomar una alícuota de 5 ml de solución de NaOH y trasvasar a Erlenmeyer
- ✓ Añadir 2.5 ml de BaCl₂ al 20% y 3 gotas del indicador (en solución alcohólica al 2%).
- ✓ Valorar con HCl hasta observar cambio de coloración de azul a blanco precipitado.
- ✓ Los resultados se expresan en mg CO₂/g de suelo y se calculan a través de la fórmula:

$$\text{mg CO}_2/\text{g de suelo} = \frac{(K - V)}{P_m \times V_p} \times 1.1$$

donde:

K: ml de HCl gastados en la valoración control

V: ml de HCl gastados en la valoración de la muestra

Vc: Volumen total de la solución colectora de NaOH

Vp: Volumen de la alícuota utilizada para valorar

Pm: peso en gramos de la muestra

Para:

Solución colectora de NaOH Solución valorante de HCl

NaOH (0.05 N)

HCl (0.025 N)

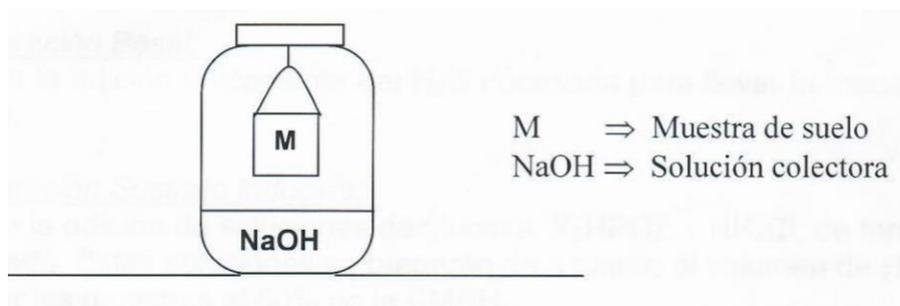
NaOH (0.10 N)

HCl (0.05 N)

NaOH (0.2 N)

HCl (0.1 N)

El Factor de conversión, depende de la concentración de HCl. En este caso es 1.1 pues se utilizará HCl (0.05 N) y 1 ml de HCl (0.05 N) equivale a 1.1 mg de CO₂.



4.2. Ensayo de Infiltración.

La velocidad de infiltración es una medida de cuán rápidamente el agua penetra en el suelo. El agua que penetra demasiado lentamente puede provocar anegamiento en terrenos planos o erosión por escurrimiento en campos en pendiente.

El ensayo de Infiltración se realiza en los puntos seleccionados utilizando un anillo de 6 pulgadas de diámetro (15.24 cm) que puede fabricarse a partir de los tubos de aluminio utilizados para el riego. Este anillo se fabrica cortando una sección del tubo de 13 cm de largo, y se realiza un bisel en uno de los extremos, que será en lo adelante el borde inferior. Se realiza una marca alrededor del anillo a 6 cm del borde superior. Se recomienda disponer de al menos dos (2) tubos de este tipo.

4.2.1 Materiales necesarios para la prueba.

- ✓ 2 anillos de infiltración como los explicados anteriormente,
- ✓ Pedazo de Nilón para cubrir el fondo del anillo.
- ✓ Probeta de 500 ml o frascos enrasados a 444 ml (pomos comunes de agua)
- ✓ Martillo
- ✓ Pedazo de madera.

4.2.2. Procedimiento para la realización de la prueba.

1. Clavar el anillo en el suelo.
2. Limpie el área del muestreo de residuos superficiales. Si el sitio está cubierto con vegetación, corte ésta tan cerca de la superficie como sea posible.

3. Usando el martillo y el bloque de madera, clave el anillo de 6 pulgadas, con el borde biselado hacia abajo, hasta la línea marcada en el exterior del anillo).
4. Cubra con una lámina de plástico, el anillo y la superficie del suelo dentro del anillo. Este procedimiento evita disturbar la superficie del suelo al agregar agua.
5. Agregar Agua.
6. Llene la botella plástica, o el cilindro marcado, hasta la marca de 444 mL, con el agua que se utiliza en el sitio.
7. Vierta los 444 mL de agua de agua) en el anillo recubierto con la envoltura de plástico.
8. Sacar la cobertura de plástico tirando con cuidado hacia fuera, dejando el agua dentro del anillo. Anote el tiempo.
9. Registre el tiempo (en minutos) que requiere 1 pulgada (2.54 cm) de agua para penetraren el suelo.
10. Pare el reloj justo cuando la superficie se ponga brillante.
11. Anote este tiempo (en minutos) en la hoja de trabajo de los Datos de Suelo (Tabla 6)



Repetición del ensayo de Infiltración.

En el mismo anillo, efectué los pasos 2, 3 y 4 con una segunda porción de agua. En la hoja de trabajo Datos de Suelo, registre el número de minutos transcurridos para la segunda medida de infiltración. Si la humedad del suelo está a, o cerca de, la capacidad de campo, el segundo ensayo no es necesario. El contenido de humedad del suelo afecta la velocidad de infiltración; por esto, esencialmente se efectúan dos ensayos de infiltración (sí el suelo está seco). La primera porción de agua moja el suelo, y la segunda da una mejor estimación de la velocidad de infiltración del suelo.

Tabla 6. Modelo de registro de la Infiltración

Prueba de Infiltración Sitio:					
	Sitio de muestreo (coordenadas)	1er tiempo de infiltración (min)	1ra infiltración (mm/hora)	2do tiempo de infiltración (min)	2da infiltración (mm/hora)
1					
2					
3					
4					

4.3. Ensayo de Densidad Aparente

La Densidad aparente (D_a) es el peso del suelo para un volumen determinado. Se utiliza para medir la compactación. En general, cuanto mayor la densidad, menor el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de raíces, y el desarrollo de las plantas. La medida de la densidad aparente debe ser realizada en la superficie del suelo y/o en una zona compactada (piso de arado, etc.), si es que está presente. Mida la densidad aparente cerca (entre 3,28 y 6,56 cm) del sitio de los ensayos de respiración e infiltración. Para obtener una medida más representativa de la densidad aparente del área, se pueden tomar muestras adicionales.



Materiales necesarios para medir densidad aparente:

- Anillo de diámetro y altura conocido ($Volumen\ cm^3 = diámetro\ cm^2 \times altura\ cm$)
- Martillo
- Bloque de madera
- Palita de jardinero
- Cuchillo de hoja ancha
- Bolsas sellables y marcador
- Balanza (precisión 0,1 g)
- Cucharón para medir de 1/8 de taza (30mL)
- Acceso a una estufa



Consideraciones: Para suelos rocosos o gravillosos se utiliza el procedimiento descrito en la norma NC ISO 11272:2003, (Calidad del suelo. Determinación de la densidad aparente base suelo seco)

1. Clave el anillo en el suelo. Usando la maza y el bloque de madera, clave el anillo de diámetro conocido con el borde biselado hacia abajo, hasta que se llene el anillo. (Figura 6). Si esto no es posible, entonces debe medir la altura del espacio vacío del anillo que

queda sobre el suelo. Haga cuatro mediciones (a espacios similares) de la altura del borde superior del anillo desde la superficie del suelo y calcule el promedio. Anote el promedio en la hoja de trabajo de Datos de Suelo.

Nota: Use la barrena para sondear la profundidad de una zona compactada. Si se encuentra una, excave hasta la superficie de ese sector y deje una superficie pareja. Proceda como en el punto 1.

2. Remueva el anillo. Cave alrededor del anillo, con una palita de jardinero debajo de éste, y levántelo con cuidado previendo pérdidas de suelo.
3. En caso de utilizar una barrena para determinación de densidad aparente, el proceso es más sencillo y solo es necesario que siga las instrucciones del fabricante. Estos equipos vienen generalmente acompañados de anillos (caja de 24 anillos) de 53 mm de diámetro y altura de 51 mm, con un volumen interior de 100cc. Al trabajar con este equipo el anillo debe llenarse completamente, por lo que el volumen considerado en 1 muestra es de 100cc.
4. Remueva exceso de suelo
5. Remueva el exceso de suelo de la muestra con un cuchillo de hoja ancha. La base de la muestra deberá ser plana, cortada y nivelada siguiendo los bordes del anillo.
6. Poner la Muestra en una Bolsa y Etiquetar.
7. Toque la muestra lo menos posible. Usando el cuchillo de hoja ancha empuje la muestra dentro de una bolsa de plástico con cierre. Asegúrese que toda la muestra ha sido introducida en la bolsa. Cierre y etiquete la bolsa.

Nota: Los pasos 5-7 pueden ser realizados en un laboratorio si no hay una balanza disponible en el campo. El paso 8 requiere acceso a una estufa

8. Pese y Registre la Muestra
 - a. Pese la muestra del suelo en su bolsa (si la bolsa es demasiado pesada para la balanza, transfiera aproximadamente la mitad hacia otra bolsa de plástico; el peso de las dos bolsas deberá ser sumado). Registre el peso (suma de las dos bolsas, si correspondiere) en la hoja de trabajo de Datos de Suelos.
 - b. Pese una bolsa de plástico vacía para calcular el peso exacto de la muestra. Anote el peso (suma de dos bolsas de plástico vacías, si corresponde) en la hoja de trabajo Datos de Suelos.
9. Tome una Sub muestra para Determinar Contenido de Agua y Peso del Suelo Seco.
 - a. Mezcle bien la muestra, “amasándola” con los dedos. Tome una sub muestra(no compactada), y póngala en un pesafiltro de peso conocido
10. Pese y Registre la Sub muestra
 - a. Pese la sub muestra de suelo en su pesafiltro de peso conocido. Registre el peso en la hoja de trabajo de Datos de Suelo.
11. Ingrese el peso en la hoja de trabajo de datos de Suelo.
12. Seque la submuestra.

Continúe el procedimiento según indica la norma NC 110: 2001 (calidad del suelo. Determinación de la humedad del suelo. Método gravimétrico) y registre el peso en la hoja de trabajo de Datos de Suelo.

4.4. Ensayo de Conductividad Eléctrica.

Un exceso de sales puede ser perjudicial para la salud de las plantas. Las sales pueden, también, dificultar la penetración de agua en el suelo y aumentar la aparición de compactación superficial.

Las muestras de suelo para conductividad eléctrica (CE) deben tomarse a una profundidad de 0 a 10cm. Muestras compuestas pueden ser recogidas, a lo largo del lote, y se pueden tomar dos sub muestra para el análisis). La Conductividad eléctrica y el pH se miden en la misma sub muestra.

Materiales que se requieren para medir conductividad eléctrica (CE):

- Recipiente graduado (30 mL)
 - Recipientes plásticos de 120 mL, con tapa
 - Equipo portátil para medir CE
 - Solución de calibración (0.01 M Cl K)
 - Agua destilada.
1. Extraiga una sub muestra. La muestra de suelos debe ser minuciosamente mezclada antes de tomar una sub muestra. Tome una sub muestra de 30 ml, y póngala en un recipiente plástico.
 2. Agregue agua a la sub muestra y mezcle. Agregue 30 mL de agua destilada al recipiente que contiene el suelo. La resultante de la mezcla suelo/agua, corresponde a una relación 1:1 de suelo a agua, en base a volumen.
 3. Ponga la tapa sobre el recipiente y agite vigorosamente alrededor de 25 veces.
 4. Mida y Registre la CE (Asegúrese que el medidor de CE esté calibrado antes de efectuar una medición)
 5. Abra el recipiente e inserte el medidor de CE en la mezcla de suelo – agua. Realice la lectura mientras las partículas del suelo estén todavía suspendidas en la solución. Para evitar que las partículas se depositen, mueva suavemente la solución con el medidor de CE. No sumerja el medidor por encima del nivel de inmersión. Permita que la lectura se estabilice, (que es cuando permanece igual por 10 segundos).
 6. Ingrese la lectura de CE en la hoja de trabajo de Datos de Suelo, en decisiemens por metro (dS/m)
 7. Guarde la mezcla de suelo- agua para la medición de pH.
 8. Apague el medidor – Enjuague minuciosamente el medidor con agua estilada y guárdelo.

Notas sobre Ce. Cuando no hay agua destilada disponible se puede usar agua potable o agua de lluvia. Mida la conductividad de la fuente del agua y substraiga el valor de la CE de la fuente de agua del valor de la CE de la muestra. Las relaciones entre conductividad eléctrica y concentración de sales son sólo aproximadas. Relaciones generales que han sido establecidas son (Rhoades, 1999):

1) Concentración total de cationes (o aniones) = meq/L = 10x CE (dS/m).

2) Total de sólidos disueltos = mg/l @ 640 x EC (dS/m).

3) Presión osmótica = kPa (a 25°C) @ 0.36 x CE (dS/m).

Cuando el NO₃ es el ion principal en la solución del suelo, una relación muy útil ha sido establecida entre la CE (en una mezcla de agua y suelo 1:1), las lecturas pertinentes y la concentración de nitrato (NO₃⁻) en el suelo (Smith y Doran, 1996, citados por USDA, 1999):

CE (dS/m)x 140³ mg N(en NO₃⁻)/kg de suelo

Esta relación presupone la completa extractabilidad del NO₃⁻ del agua, y que el NO₃⁻ sea el anión predominante en la solución del suelo.

Conversiones

1dS/m (decisiemens por metro) = 1 mmhos/cm (milimhos por centímetro)

1 dS/m (decisiemens por metro) = 1000 mS/cm (micro siemens por centímetro)

1000mS/cm (micro siemens por centímetro) = mS/cm (milisiemens por centímetro)

4.5. Ensayo de pH del suelo

La acidificación del suelo puede ser un indicador de un exceso de aplicaciones de fertilizante de N, y pérdida de N por lixiviación, un pH elevado puede ser un indicador de exceso de sales en el suelo.

Para determinación del pH, use la misma mezcla suelo – agua, preparada para el ensayo de CE, para llevar a cabo el ensayo de pH. Si comienza con una muestra nueva, lea la introducción y siga los pasos 1-3 del capítulo de Ensayo de CE, acerca de cómo preparar la muestra.

Materiales necesarios para medir pH:

- Recipiente graduado (30 mL)
- Botella plástica
- Soluciones tampón(buffer) para calibración
- Equipo portátil para medir pH
- Agua destilada

Consideraciones: Si la muestra de suelo está saturada o muy mojada, una razón 1:1, en base a volúmenes, de suelo- agua, no va a obtenerse en la mezcla suelo-agua. Deje secar el suelo antes de proceder con el Paso 1. Asimismo, una pequeña cantidad de sales difunden desde el pHmetro de bolsillo; por esto, las mediciones de CE deben siempre ser realizadas primero cuando se miden CE y pH en una misma muestra.

1. Mida y Registre el pH. Es necesario periódicamente calibrar su medidor de pH (vea Apéndice C, por instrucciones). Si el medidor no ha sido usado durante un tiempo, ponga el medidor en agua potable por alrededor de 5 minutos, antes de calibrar o hacer lecturas.
2. Espere alrededor de 10 a 15 minutos, después de la medida de CE, para medir el pH. Esto les da tiempo a las partículas del suelo de asentarse. Inserte el medidor de pH en el sector superior de la solución y prenda el medidor. Espere hasta que se estabilice (0-30 segundos), y registre la lectura digital en la hoja de trabajo de datos de Suelo.
3. Enjuague el Medidor de Bolsillo
4. Enjuague completamente el electrodo con agua destilada.
5. Guarde el electrodo con algunas gotas de la solución tampón de pH = 7 y ponga la tapa.
6. Consejos para el mantenimiento: Chequee las pilas y calibre los medidores de CE y pH periódicamente.
7. Asegúrese de dejarlos limpios para que continúen funcionando correctamente.

4.6. Estabilidad de los Agregados.

Aunque esta prueba puede realizarse en el campo (USDA, 1999), la falta del equipamiento necesario conduce a la preferencia de realizar la misma en los laboratorios provinciales de suelo. El procedimiento para la toma de muestras esta descrito en la norma NC ISO 11074-2:2003, que indica tomar las muestras en condiciones naturales, conservando su estructura, trasladar al laboratorio de forma cuidadosa evitando que las mismas se pulvericen o compacten. Usar un recipiente o envase de capacidad 2.5 Kg. Tener extremo cuidado, si se trata de bolsa de polietileno. Cerrar la bolsa o envase para conservar la humedad de la muestra.

La muestra debe entregarse al laboratorio adecuadamente etiquetada.

Una vez entregada la muestra al laboratorio, se seguirá el procedimiento descrito en la norma NC 1044: 2014, que indica la realización del ensayo en dos partes, tamizado en seco y tamizado en húmedo.

El laboratorio devuelve los resultados finales de la determinación del tamaño de los agregados obtenidos por el tamiz seco y húmedo como se muestra en las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Reporte de los resultados del tamiz seco (%).

No Muestra	Profundidad (cm)	> 10 mm	10 mm a 7 mm	7 mm a 5 mm	5 mm a 3 mm	3 mm a 2 mm	2 mm a 1 mm	1 mm a 0,5 mm	0,5 mm a 0,25 mm	< 0,25 mm
1										
2										

Tabla 8. Reporte de los resultados del tamiz húmedo (%).

No Muestra	Profund (cm)	> 5 mm	5 mm a 2 mm	2 mm a 1 mm	1mm a 0,5 mm	0,5 mm a 0,25 mm	< 0,25 mm
1							
2							

4.7. Lombrices y otros componentes de la macrofauna.

4.7.1 Trabajo de campo

1. Ubicación de los puntos de muestreos determinados en el trabajo de gabinete.
2. Tomar las muestras de la macrofauna edáfica (según la metodología propuesta por Cabrera 2014).
3. Recolección de la macrofauna en el campo preferiblemente durante la estación lluviosa y en horario de la mañana, donde esta fauna tiene una mayor actividad en el suelo.
4. Abrir cinco cuadrantes de suelo de 25 x 25 cm hasta la profundidad de 20 cm (Anderson e Ingram, 1993; método TSBF) con el empleo de una coa y con el mismo distanciamiento entre cuadrantes, de más de 5 m, pero no más de 20 m.
5. Extraer por cuadrante el contenido de suelo y depositarlo en bandejas plásticas o una manta de polietileno para revisar en el campo y recolectar todos los organismos visibles con la utilización de pinceles y pinzas pequeñas. Incluir en la revisión, la hojarasca superficial dentro del cuadrante.
6. Colocar la macrofauna extraída en frascos de vidrio o plástico con tapas, que contengan formaldehído al 4% para conservar las lombrices de tierra y alcohol etílico al 70% para preservar el resto de los organismos. Cada frasco con una cantidad suficiente que cubra los organismos recolectados.

7. En caso de que se estudien varios sistemas de cultivo a la vez añadir en el frasco una etiqueta pequeña escrita con lápiz que refiera el sistema de cultivo, el número del cuadrante estudiado, lugar, coordenadas y la fecha de colecta.
8. Incorporar el suelo revisado al cuadrante abierto.

4.7.2 Análisis de laboratorio.

Para la separación y conteo de la macrofauna en el laboratorio, el análisis contemplará la suma de los cinco cuadrantes estudiados por sistema de cultivo.

1. Separar la macrofauna por tipos de organismos (lombrices, milpiés, hormigas, chinches, orugas, arañas, ciempiés, etc.).
2. Contar los individuos de cada tipo de organismo.
3. Resumir los datos en una tabla (anexo 3)

4.8. Reciclaje de nutriente en la capa arable

MICROBIOLOGÍA.

-Grupos microbianos

-Grupos funcionales

4.8.1 Trabajo de campo

1. Ubicación de los puntos de muestreos determinados en el trabajo de gabinete.
2. Tomar las muestras de suelo de 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm. (1 kg de cada profundidad).
3. Identificación de las muestras con una etiqueta pequeña escrita con lápiz dentro y fuera de la bolsa.
 - Número de muestra.
 - Fecha.
 - Lugar.
 - Coordenadas.
 - Determinaciones analíticas a realizar.

4.8.2 Análisis de laboratorio

1. Registro de entrada de las muestras.
2. Establecer la identidad y el número de organismos pertenecientes a los grupos microbianos más representativos del suelo, esto se puede realizar mediante la siembra microbiológica en medios de cultivo que favorezcan su crecimiento con la finalidad de realizar el conteo de bacterias, hongos y actinomicetos. Para ello se emplean medios no selectivos, pero específicos o diferenciales para cada uno de estos grupos. Un estudio de los grupos fisiológicos se realiza empleando medios y/o condiciones de cultivo selectivos, que permiten poner en evidencia organismos que realizan determinado proceso metabólico como por ejemplo **fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, celulíticos, etc.**
3. **Técnica:** Conteo de microorganismos viables por el método de la suspensión-dilución seriada de la muestra de suelo. Referencia más cercana: NC-ISO 4833: 2011.
4. **Objetivo:** Recuento de grupos poblacionales microbianos al determinar la presencia de bacterias, hongos y actinomicetos en una muestra de suelo al realizar la enumeración de microorganismos viables por conteo de colonias luego de incubación en aerobiosis a 30°C.

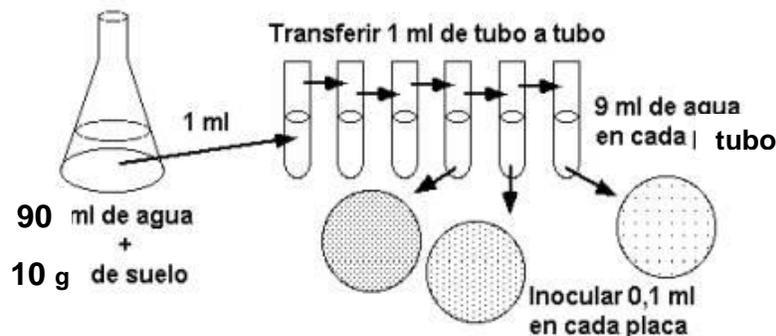
- Determinar la humedad del suelo (NC-110, 2001). Esto se realiza con el objetivo de reportar luego el número de células o sea número de unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco (ufc/g de suelo seco).
- De una muestra de suelo fresco, previamente mezclada y cuarteada (a la que se le han retirado las raíces, piedras y terrones) se pesan 10g empleando una cuchara metálica flameada con alcohol y se suspende en un Erlenmeyer con 90 ml de solución salina estéril (0,85% NaCl), dilución $1/10$ ó 10^{-1} .
- Agitar por 30 min. en zaranda a 170 rpm.
- A partir de ésta mezcla, se hacen las diluciones decimales seriadas. Para ello, se debe disponer de tubos de ensayo con 9 ml de agua estéril y pipetas estériles. Rotular como dilución, 10^{-2} , 10^{-3} sucesivamente hasta 10^{-9} .
- Con una pipeta estéril, transferir 1 ml del erlenmeyer al primer tubo de dilución (tubo 1) y agitar. Descarte la pipeta y repita la operación para cada uno de los tubos con 9 ml.

Procedimiento de trabajo

Es importante agitar cada tubo en agitador (o en su defecto aspirar varias veces con la pipeta) antes de transferir cada ml entre los tubos y antes de tomar la alícuota para la siembra, para garantizar homogenización de la muestra.

Esquema

Siembra por diseminación en placas Petri. Diluciones seriadas: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , hasta 10^{-9} .



La siembra en placas Petri puede realizarse de dos formas:

- Siembra a profundidad:** En este caso se toma 1 ml del tubo cuya dilución nos interesa sembrar y lo descargamos en la placa vacía estéril. Verter el medio de cultivo agarizado (temp. aprox. de 45°C) en cantidad aproximada de 15 ml. Aplicar un suave movimiento rotatorio a las placas para homogenizar.
- Siembra por diseminación en superficie:** Tomar 0,1 ml de la dilución a sembrar y descargarlo sobre el medio de cultivo contenido en la placa que ya debe estar firme para realizar la siembra. Con espátula de Drigalsky, previamente flameada con alcohol se disemina bien la alícuota descargada en la placa semi abierta.

- Se sembrarán 3 diluciones para cada medio de cultivo y siempre 3 placas por dilución.
- Generalmente se escogen las siguientes diluciones o en su entorno para los diferentes grupos:
- Bacterias: Diluciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} , en medio Agar nutriente, agar extracto de suelo.
- Hongos: Diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} , en medio Agar Rosa de bengala.
- Actinomicetos: Diluciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} , en medio Gauze.
- Solubilizadores de P: Diluciones 10^{-3} y 10^{-4} , en medio Pikovskaya.
- Fijadores de N: Diluciones 10^{-3} y 10^{-4} , en medio Ashby.
- Incubar las placas a temperatura de 30°C.
- Lectura de las placas a las 48-72 horas para conteo de bacterias y hongos y 5-7 días para conteo de actinomicetos.

Resultados e interpretación

Se siembran varias diluciones para obtener el rango adecuado de conteo. Se consideran contables colonias de 1-2 mm, en un número entre 30 y 300 colonias por placa y se promedian las tres placas por dilución. El resultado del conteo se expresa con dos cifras significativas multiplicando por el inverso de la dilución. Ej. $2,4 \times 10^6$ ufc/g de suelo seco.

V. Otros elementos a tener en cuenta

Otros elementos a considerar en la evaluación de los servicios ecosistémicos de la finca están relacionados con el uso de los residuos orgánicos y la productividad del agua, por ello a continuación se incluyen elementos para la determinación de como se utilizan y miden estos parámetros para el establecimiento de la línea base y en los muestreos sucesivos.

Residuos orgánicos como materia prima

Una forma de dar uso racional a los residuos orgánicos que se producen en la finca consiste en transformarlos en fertilizantes orgánicos, que son productos destinados a la nutrición vegetal o a la enmienda de suelos y se caracterizan por su alto contenido de humus, microorganismos y compuestos orgánicos útiles a las plantas y el suelo. Se conocen tres métodos principales para transformar mezclas de residuos y otros materiales en fertilizantes orgánicos (Velarde *et al*, 2004), estos son: compostaje, producción de humus de lombriz y producción de lodos en instalaciones generadoras de biogás. En los tres métodos, los agentes para la conservación de los residuos en fertilizante orgánicos son organismos vivos, que pueden estar en el medio ambiente o ser introducidos por el hombre. El método de transformación está definido por los organismos que intervienen.

En esta guía nos referiremos principalmente al compost y la lombricultura.

5.1. Compostaje

El compost se define, según Velarde *et. al* (2004) como un polímero equivalente a humus natural, resultante de la descomposición controlada de la materia orgánica. Según los autores antes citados, una ampliación de este término incluye al conjunto de materiales orgánicos e inorgánicos que se

obtienen en instalaciones específicas para la descomposición y humificación de los residuos agrícolas y agroindustriales mediante la acción de microorganismos aerobios.

El compostaje o composteo, es la técnica de producir compost y consiste en controlar la transformación de los compuestos degradables de carbono en otros más estables, dentro de un medio en que coexisten compuestos orgánicos e inorgánicos que también sufren transformaciones. Los procedimientos para la fabricación del compost y las determinaciones respecto a su calidad han sido descritos por Velarde et al (2004) y Arias, Martínez y García (2010), por tanto se recomienda evaluar en el sitio:

- Producción o no de compost y su aplicación.
- Disponibilidad de residuos orgánicos en la finca y como se usan.
- Si se fabrica compost, revisar la calidad del mismo acorde al Manual de procedimientos para abonos orgánicos (Arias, Martínez y García, 2010).
- Se recomienda obtener muestras para su análisis en laboratorio.

5.2. Lombricultura

La lombricultura es una técnica para la transformación de los residuales sólidos orgánicos por medio de la acción combinada de lombrices y microorganismos. (Arias, Martínez y García, 2010). Las principales diferencias entre el compostaje y la producción de humus de lombriz consisten en que, el segundo constituye un producto de más calidad que el compost y se obtiene mediante transformaciones realizadas por anélidos seleccionados, mientras que en el compost la ejecutan microorganismos. En la producción de humus, utilizando lombrices, los propios organismos vivos constituyen un producto valioso para la alimentación animal y otros fines. El compost es más fácil de producir, requiere menos fuerza de trabajo y es por tanto, menos costoso (Velarde et al,2004). Los procedimientos para la fabricación del humus de lombriz y las determinaciones respecto a su calidad han sido descritos por Martínez, et al (2003) y Arias, Martínez y García (2010), por tanto se recomienda evaluar en el sitio:

- Producción o no de humus de lombriz y su aplicación.
- Disponibilidad de residuos orgánicos y tipos para la producción de humus.
- Si se fabrica humus de lombriz, revisar la calidad del mismo acorde al Manual de procedimientos para abonos orgánicos (Arias, Martínez y García, 2010).
- Se recomienda obtener muestras para su análisis en laboratorio.

5.3. Control de la erosión

La erosión del suelo es el proceso mediante el cual el suelo es desprendido y arrastrado por la lluvia, el viento o ambos. Este proceso se acentúa en mayor o menor grado en función de la pendiente del área, el contenido de M.O., la intensidad y duración de las precipitaciones, tipo de suelo, labores de cultivo utilizadas, coberturas vegetales y si se riega el área del manejo que se haga del riego y del tipo de riego empleado en función de las características del área regada (Fuentes 2002).

Para evitar la erosión, además de un manejo adecuado del suelo, que es en si la primera y mejor obra de conservación a emplear, se utilizan diferentes medidas de conservación en función del tipo de erosión encontradas en el área y de las características de las mismas.

En función de lo anterior, al evaluar el área en función de la conservación del medio la primera observación a realizar es conocer el grado de erosión que posee la parcela y determinar las causas que la provocan.

La medida siguiente consiste en conocer si hay obras de conservación del suelo y como estas funcionan, si no existen recomendar las obras más apropiadas y luego controlar periódicamente su ejecución y funcionamiento.

Para conseguir lo anterior se sugiere al técnico encargado del levantamiento, un estudio de las Indicaciones Prácticas de conservación de Suelos para los Agricultores (Fuentes *et al*, 2003) y la Metodología para medir las Acumulaciones de Suelos Retenidos en las obras de Conservación de Suelos (Fuentes, 2019)

Para efectuar estas observaciones se recomienda:

1. Realizar recorridos de observación en los campos y determinar el tipo y grado de erosión
2. Si existen obras de conservación de suelos, seleccionar las obras en las que se van a trabajar para tener una visión de las cantidades de los suelos depositados o retenidos y así estimar hasta donde se debe medir las retenciones de los suelos.
3. En una misma obra pueden existir puntos diferentes de acumulaciones de suelos depositados (La acumulación disminuye a medida que se avanza pendiente arriba en las obras). En este caso se puede estimar un nivel de medición en toda la obra, siempre y cuando el nivel preestablecido esté presente en todos los puntos de acumulación de suelos de la obra que vamos a medir.
4. En este trabajo es necesario contar con dos especialistas conocedores de la conservación de suelos o un especialista y un obrero, para poder medir y capturar la información. El anexo 4 muestra una guía de cómo realizar los muestreos.
5. Las mediciones de la acumulación o retención de los suelos se calculan a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Suelo Acumulado en las obras (SA)} = \frac{A \times P}{2 \times L \times Da}$$

explicada en la Metodología para medir las acumulaciones de suelos retenidos en las obras de conservación de suelos (Fuentes *et al*, 2019)

6. Para conocer las t. año de suelos y nutrientes acumulados en las obras, campos de cultivos fincas o unidades agropecuarias se parte del año base de establecidas las obras.
7. Los resultados obtenidos en las mediciones en las obras son transferidos al modelo de recolección de datos de campo, los que son evaluados en tablas Excel (anexo 5) expresando las cantidades de suelos retenidos para cada obra establecidas en los campos, totales para los campos, los totales por fincas, unidades productivas, provincias o nación.

5.4. Productividad del agua.

En los sistemas agrícolas la productividad del agua (WP) se define como la cosecha física o económica por unidad de agua consumida por el cultivo (en kg/m³ o \$/m³). El numerador puede ser expresado en términos de rendimiento del cultivo (kg/ha) o en términos monetarios (\$/ha), mientras que en el denominador puede usarse la transpiración, la evapotranspiración, el agua aplicada por riego o agua total (riego más lluvia), entre otros (González *et al*, 2010).

La definición anterior implica que el conocimiento de esta relación permite estimar la eficiencia con que se utiliza el agua y por tanto el valor que ella aporta a la producción e indica, al comparar en cada finca el valor obtenido con los estándares nacionales (recogidos en la Resolución 17-2020 del INRH) y que forman parte del Balance Nacional del agua. Por ello, en las áreas intervenidas por el proyecto, donde actualmente se riega o se introducirá el riego conocer la productividad del agua obtenida antes y después de la intervención.

Para ello; es necesario:

- Conocer las características del suelo utilizando los valores mostrados en el anexo 2 o determinada in situ con el fin de determinar en cuanto se ajusta las aplicaciones de riego en la finca con lo óptimo permitido por el suelo.
- Caracterizar el sistema de riego en cuanto a gasto de agua aplicado en cada riego. Para ello se debe evaluar el sistema según los procedimientos establecidos para cada técnica de riego. En este sentido debe conocerse el caudal unitario entregado por el sistema, y el tiempo de operación, lo que permite conocer la norma de riego parcial entregada.
- Es necesario que el usuario del sistema de riego anote las fechas de riego y tiempo de riego en cada posición en el campo con el fin de determinar la cantidad total de agua aplicada y la frecuencia, lo que permite una comparación con los estándares nacionales establecidos para cada cultivo (Resolución 17-2020 del INRH).
- Debe tenerse un control de la cantidad de lluvia caída y la fecha de ocurrencia durante el tiempo de desarrollo del cultivo en el que se va a estimar la productividad. Esto es necesario para conocer la productividad del agua total y de riego: además permite conocer la oportunidad que se brinda a las lluvias para suplir la necesidad de agua del cultivo sin la intervención del riego.
- Finalmente es imprescindible conocer el rendimiento obtenido del cultivo.
- El resultado final obtenido es la razón entre el agua aplicada y el rendimiento, lo que permite conocer cuántos m³ se utilizan para producir una unidad de cultivo (kg, ton, etc) o cuantas unidades de cultivo se producen por cada m³ de agua empleado en el riego o en el agua total recibida por el cultivo.

VI. Recomendaciones generales

Al caracterizar el área por primera vez, es recomendable estudiar un perfil del suelo que permita comprobar su pertenencia a la clasificación obtenida de acuerdo a el mapa de suelos de la localidad a la vez que se estudia la profundidad de las raíces, la existencia o no de horizontes compactados y sus posibles causas, y la estructura del suelo. Este perfil debe ser geo-referenciado.

También deben obtenerse muestras, acorde con la norma NC ISO 10381-1.(Calidad del suelo — Muestreo) para realizar un estudio completo en laboratorio de las características químicas del suelo que incluyan determinaciones de NPK, Capacidad de intercambio, M.O., y otras características químicas siguiendo las normas cubanas al efecto.

Así mismo, si se posee, deberá medirse la compactación hasta 30 cms de la superficie del suelo por horizontes de 10 cm.

Son importantes también las determinaciones de la capacidad de campo del suelo, lo que permite determinar la norma neta de riego parcial para cada cultivo en función de su profundidad radicular y ciclo vegetativo. Al realizar esta determinación se debe seguir lo indicado en la norma NC-1042 (2014). Una guía útil para estos valores se muestran en el anexo 2, tomada del trabajo de Cid et al (2012)

Si es posible, se deberían tomar muestras con anillos utilizando la barrena de muestreo de densidad aparente y determinar la capacidad de agua disponible en el suelo para las plantas. Estas muestras pueden ser procesadas en los laboratorios de física de suelos de la provincia de Camagüey y del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, que cuentan del equipamiento necesario para ello.

VII. Encuesta

La línea de base requiere el aporte de una visión cualitativa, que nace desde el intercambio con cada uno de los actores y muestra una visión de la situación actual, tanto desde el punto de vista social, de la disponibilidad de diferentes bienes y servicios y el posible impacto que puedan provocar la introducción de nuevas técnicas.

La **técnica de encuesta**, es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación, que junto a indicadores cuantitativos permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz, que permite la conformación de una línea base o punto de partida. Se puede definir la encuesta, según García Ferrando 1979, como “una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos, representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características”. El caso que nos ocupa, consiste en evaluar el impacto de nuevas prácticas y/o tecnologías implementadas en una Unidad de Producción.

La incorporación de una encuesta, junto a indicadores cuantitativos, en la conformación de la línea base nos permitiría conocer la situación social, productiva y económica que existe en la unidad de producción.

Al final del proceso de sistematización de las nuevas prácticas aplicadas (junto a la información cuantitativa de los indicadores evaluados), poder explicar los niveles de satisfacción, preocupación e impacto provocado en las Unidades Productivas y obtener respuestas que permitan perfeccionar y extender las nuevas prácticas a otros actores con ecosistemas similares.

La encuesta que se propone a continuación, debe ser realizada al menos a 3 directivos (por separado) de la Unidad de Producción, al menos 3 obreros pertenecientes a ésta y al menos 3 directivos de la Empresa que atiende la unidad. En total serían al menos 9 fichas de encuesta.

La misma se repetirá al final del Proyecto (**junio 2024**), donde se puntualizará sólo con las nuevas prácticas incorporadas, valorando siempre los cambios que se hayan producido por la introducción de las nuevas prácticas de manejo.

Bibliografía.

1. Arias Márquez Edelmira, F. Martínez, Clara Garcia Ramos. (2010). Manual de procedimientos para áonos orgánicos. Biblioteca ACTAF. 4ta edición. ISBN 978-959-7210-17-7. 27 pp
2. Benítez, Jump José R. (2015). Evaluación Visual del Suelos. Guía de Campo. consultado en <https://suelosandinos.files.wordpress.com/2015/02/evaluacion-visual-de-suelos-j-benites.pdf>.
3. Cabrera, G. C. (2014): Manual Práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba.
4. Castillo-Valdez, X., Etchevers, J. D., Hidalgo-Moreno, C. Ma. I. y Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana* 39: 1-12. e698. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
5. Cairo Pedro, B. Díaz Martín, A. Reyes Hernández, J. Machado de Armas, Ariany Colas Sánchez, Alianny Rodríguez Urrutia, P-Torres Artilles, Oralia Rodríguez López, A. Dávila Cruz, Sirley Gatorno Muñoz, R. Jiménez Carrazana y

- Yamisey Yera Yera (2011). Algunas experiencias sobre la evaluación y selección de indicadores de calidad de los suelos de la región central de Cuba. Centro Agrícola, 38(4): 51-54; oct.-dic., ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001. CE: 09,11 CF: cag094111820
6. Cid, Greco; Teresa López; Felicita González; Julián Herrera y María Elena Ruiz (2012). Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba. Revista INGENIERÍA AGRÍCOLA, ISSN-2306-1545, RNPS-0622, Vol. 2, No. 2, julio-diciembre, pp. 25-31.
 7. Colás Sánchez Ariany (2007). Selección de indicadores de calidad para un suelo Ferralítico Rojo compactado. Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Agricultura Sostenible Mención Fitotecnia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
 8. Díaz B., Pedro Cairo, Oralía Rodríguez, Inés Abreu, P. Torres, R. Jiménez, A.
 9. Dávila y Ariany Colás.(2005). Evaluación de la sostenibilidad del manejo del suelo pardo con carbonato (Inceptisol) a través de indicadores de calidad del mismo. Centro Agrícola, año 32, no. 2, abr.-jun.,pp 73-78.
 10. Font, Lisvet, P. Chaveli, B. Calero, O. Muñiz, R. Curbelo , M. González (3) y J. O. Marrero. (2004). Calidad del suelo y sostenibilidad agrícola. Métodos de Estimación. Centro Agrícola, año 31, no. 1-2, ene-jun., ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001
 11. Font Vila Lisbet; B. Calero Martín(3); O. Muñiz Ugarte), P. Chaveli Chávez); A.Del Castillo Ramírez(2), Luisa Mendoza Rodríguez, R. Curbelo Rodríguez(2); Odalis Calero Macías(2), A.Castillo Acanda, R. Montero Casas y Marialina Valenciano Abreu.(2013) ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO: CRITERIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS. Agrotecnia de Cuba Volumen 37, no. 2,pp 77-90.
 12. Fuentes, A. O., N. Castellanos, P. Couso, A. Cardenas y J.M. Pérez. Indicaciones prácticas de conservación de suelos para los agricultores (Ingeniería Ambiental). Instituto de Suelos, MINAG. 76 pp, ISBN: 959-246-072-9.
 13. Fuentes, A. O., Suarez, R., Salgado, M., Marrero, a., Martínez, F., Dueña. G., Soca, M., Gómez, L., Hernández, O. y Linares, A. (2019): Metodología para medir las acumulaciones de suelos retenidos en las obras de conservación de suelos. Instituto de Suelos, MINAG. 103 pp. ISBN: 978-959-285-059-0.
 14. García, Y., Wendy Ramírez y Saray Sánchez (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Pastos y Forrajes, Vol. 35, No. 2, abril-junio, 125-138.
 15. González Felicita, J. Herrera, Teresa López (2010). Productividad del agua en maíz, soya y sorgo en suelo Ferralítico Rojo del sur de La Habana. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN 1010-2760 Vol. 19, No. 1, pp 65-72.
 16. GuginoB.K., O.J. Idowu, R.R. Schindelbeck, H.M. van ES, D.W. Wolfe, B.N Moebius-Clune, J.E. Thies and G.S. Abawi (2009).Cornell Soil Helath Assesment Manual. Second Edition. ISBN 0-9676507-4-7<http://www.nysaes.cornell.edu>, Cornell University, New York.
 17. Idowu J., H. van Es, R. Schindelbeck, G. Abawi2, D. Wolfe,Janice Thies1, Beth Gugino2, Bianca Moebius1, and D.Clune.(2006). Soil Health Assessment and

- Management: The Concepts. *What's Cropping Up?* A NEWSLETTER FOR NEW YORK FIELD CROPS & SOILS VOLUME 16, NUMBER 2, MAR-APR,
18. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. (2020). ÍNDICES DE CONSUMO DE AGUA para las producciones, los servicios y el riego agrícola, Resolución 17/2020 (GOC-2020-557-O61).
 19. Lutters y Salazar, CNR-CNI-INTA, Argentina, 2000.
 20. Martínez, F., Calero, B. J., Nogales, R. y Rovesti, L. (2003): Lombricultura. Manual Práctico. 102 pp.
 21. Nápoles Mesa, A.; M. Naranjo (1982). Manual de Interpretación de los Índices Físico-Químicos y Morfológicos de los Suelos Cubanos. Ministerio de la Agricultura. Dirección General de Suelos y Fertilizantes. Editorial Científico Técnica, Ciudad de la Habana edición 1984.
 22. Oficina Nacional de Normalización (NC): 1999. Calidad del suelo. Pretratamiento de las muestras para los análisis físico-químicos. NC 11464: 1999 -- La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
 23. Oficina Nacional de Normalización (NC):1999. Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. NC 52: 1999. -- La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
 24. Oficina Nacional de Normalización (NC) (2001). CALIDAD DEL SUELO. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO. MÉTODO GRAVIMÉTRICO. NC 110: 2001. ICS: 13.080.
 25. NC ISO 11074-2 (2003) : Calidad del suelo — Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo
 26. Oficina Nacional de Normalización (NC) (2003). (CALIDAD DEL SUELO- DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE BASE SUELO SECO. NC ISO 11272:2003, ICS: 13.080.20
 27. Oficina Nacional de Normalización (NC) (2014). CALIDAD DEL AGUA PARA PRESERVAR EL SUELO — ESPECIFICACIONES. NC 1048: 2014. ICS: 13.080.20.
 28. Oficina Nacional de Normalización (NC) (2014). CALIDAD DEL SUELO — DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO. NC 1042: 2014.
 29. ICS: 13.080.20.
 30. Oficina Nacional de Normalización (NC) (2014). CALIDAD DEL SUELO — DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL NC 1044: 2014. NC 1044: 2014. ICS: 13.080.20.
 31. Oficina Nacional de Normalización (NC): 2014. Calidad del suelo. Determinación de los componentes orgánicos. NC 1043: 2014. -- La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
 32. Oficina Nacional de Normalización (NC): 2015. Calidad del suelo-determinación de pH. NC 2001:2015. -- La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
 33. Rodríguez Urrutia Alianny, (2010). Selección de indicadores de la calidad de los suelos hidromórficos de la costa norte de Villa Clara. Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Agricultura Sostenible Mención Fitotecnia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
 34. Rhoades, J.D., F. Chanduvi y S Lesch (1999). Soil Salinity Assessments. Methods and interpretation of soil salinity measurements. FAO Irrigation and Drainage Paper 53. ISBN 92-5-104281-0, Rome, Italia.

35. Universidad de Cornell y Zamorano (2002). Guía de Salud de Suelos. Manual para el cuidado de la salud de suelos. ISBN: 1-885995-59-8., Tegucigalpa, Honduras C.A 162 p.
36. USDA, Servicio de conservación de Recursos Naturales (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo (Traducción al Español del:
37. “Soil Quality Test Kit Guide” Realizada por Alberto Lutens y Juan Carlos Salazar Lea Plaza. Instituto de Suelos, CRN – CNIA – INTA, ARGENTINA. Julio, 2000
38. Urquiza Rodríguez Nery, C. Alemán García, L. Flores Valdés, Marta Ricardo y Yulaidis Aguilar Pantoja. (2011). Manual de Procedimientos para Manejo Sostenible de Tierras. Programa de Asociación de País para el Apoyo al Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. CIGEA, ISBN: 978-959-287-027-7.

ANEXO 1.

Descripción del sitio:			Fecha
Ubicación en mapa	Latitud	Longitud	Altura
Ubicación geográfica	Provincia	Municipio	
CCS/CPA/UBPC			
Propietario			
Información del Suelo			
Tipo de suelo			
Pendiente*			
Erosión			
Manejo Actual			
Sistema de Cultivos (Rotaciones, Cultivos de Cobertura, etc.)			
Fertilizantes/Pesticidas (Insumos de N, uso de pesticidas, etc)			
Labranzas/Cubierta de residuos			
Tipo, profundidad, frecuencia, Fechas, % de cobertura, etc)			
Riego Si No	Tipo de riego: Superficial, Aspersión, Pivote, localizado (subrayar)		
Frecuencia (días)			
Fuente de agua	Río, canal, Presa, micro presa, pozo		
Años de uso			
HISTORIA DE MANEJO EN EL PASADO			
Sistema de Cultivos (Rotaciones, cultivos de cobertura, etc. Fertilizantes/Pesticidas (Insumos de N, uso de pesticidas, etc) Labranzas/Cubierta de residuos (Labranzas pasadas, frecuencia y tipo) Riego (riego anteriores, ¿durante qué lapso?			
Eventos Extraordinarios			
(Inundaciones, fuego, nivelaciones de terrenos, tala, limpia de marabú)			

ANEXO 2.

PROPIEDADES FÍSICAS E HIDROFÍSICAS DE LOS SUELOS SELECCIONADOS

Prof. cm	SBDM Da g cm ⁻³	SDUL Cc cm ³ cm ⁻³	SLCF Arena %	SLCL Arcilla %	SLSI Limo %	SLDR Inf. Básica m día ⁻¹	SLLL Límite Prod cm ³ cm ⁻³	SSAT Suelo Satur. cm ³ cm ⁻³	SSKS K sat cm h ⁻¹
Alítico amarillento de baja actividad arcillosa típico (Ferralítico cuarcítico amarillo lixiviado típico)									
20	1,30	0,161	88,2	6,6	5,2	1,4	0,127	0,386	6,2
60	1,45	0,176	80,9	14,4	4,7	1,2	0,140	0,431	5,3
100	1,57	0,264	57,1	30,5	12,4	0,5	0,211	0,394	2,9
Alítico amarillento de alta actividad arcillosa típico (Ferralítico cuarcítico amarillo lixiviado típico)									
20	1,42	0,207	87,2	6,2	6,6	2,6	0,166	0,393	1,6
40	1,58	0,219	86,7	6,3	7,0		0,175	0,344	
60	1,55	0,279	76,6	13,9	7,5	4,7	0,225	0,341	2,9
100	1,50	0,339	56,1	35,7	8,2	0,2	0,271	0,405	0,1
Alítico amarillento de alta actividad arcillosa húmico (Ferralítico cuarcítico amarillo lixiviado húmico)									
25	1,30	0,280	78,5	10,4	11,1	5,4	0,224	0,477	3,2
50	1,37	0,300	80,3	11,6	8,1	2,2	0,240	0,493	1,2
80	1,41	0,305	67,5	24,1	8,4		0,244	0,500	
100	1,57	0,319	40,8	51,3	7,9	0,52	0,255	0,405	0,3
Ferralítico Rojo típico. (Ferralítico Rojo típico)									
Prof. cm	SBDM Da g cm ⁻³	SDUL Cc cm ³ cm ⁻³	SLCF Arena %	SLCL Arcilla %	SLSI Limo %	SLDR Inf. Básica m día ⁻¹	SLLL Límite Prod cm ³ cm ⁻³	SSAT Suelo Satur. cm ³ cm ⁻³	SSKS K sat cm h ⁻¹
20	1,11	0,374	34,5	39,0	26,5	1,9	0,299	0,517	45,0
40	1,20	0,413	35,5	38,5	26,0		0,330	0,594	
60	1,20	0,408	41,0	37,6	21,4		0,326	0,474	8,1
80	1,25	0,421	31,7	39,6	28,7		0,337	0,434	
100	1,30	0,425	30,0	37,0	33,0		0,340	0,478	38,0
Ferralítico Rojo húmico (Ferralítico Rojo, no tiene correlación)									
20	1,19	0,405	26,3	57,7	16,0	0,6	0,324	0,536	2,0
40	1,21	0,411	27,1	57,4	15,5		0,329	0,532	1,9
60	1,21	0,396	17,8	72,6	9,6		0,317	0,513	5,4
80	1,23	0,400	14,3	77,9	7,8		0,320	0,480	5,2
100	1,24	0,373	16,0	77,0	7,0		0,298	0,453	0,3
Ferralítico Rojo compactado hidratado (Ferralítico Rojo compactado)									
20	1,18	0,394	20,9	57,4	21,7	4,9	0,315	0,480	102,3
40	1,28	0,431	17,7	61,8	20,5		0,345	0,530	60,5
60	1,20	0,397	28,9	62,8	14,3		0,318	0,540	47,8
80	1,20	0,396	20,3	61,4	18,3		0,317	0,490	39,1
Ferralítico pardo rojizo mullido (Ferralítico pardo rojizo, no tiene correlación)									
20	1,04	0,345	41,2	35,3	23,5	1,5	0,276	0,618	3,9
40	1,00	0,320	45,1	34,9	20,0	0,8	0,256	0,617	6,6
60	1,18	0,288	47,2	31,4	21,4	0,03	0,230	0,617	0,13
80	1,26	0,302	47,8	29,9	22,3	0,01	0,242	0,497	0,04

Pardo sialítico mullido (Pardo sin carbonato, no tiene correlación)

Prof. cm	SBDM Da g·cm ⁻³	SDUL Cc cm ³ ·cm ⁻³	SLCF Arena %	SLCL Arcilla %	SLSI Limo %	SLDR Inf. Básica m·día ⁻¹	SLLL Limite Prod cm ³ ·cm ⁻³	SSAT Suelo Satur. cm ³ ·cm ⁻³	SSKS K sat cm·h ⁻¹
20	1,14	0,293	51,1	21,2	27,7	3,7	0,234	0,570	18,2
40	1,34	0,343	43,4	33,5	23,1		0,274	0,490	
60	1,20	0,265	44,0	33,1	22,9	0,24	0,212	0,550	2,1
80	1,28	0,282	41,2	31,3	27,5	0,05	0,226	0,520	0,9

Pardo sialítico cálcico (Pardo con carbonato, no tiene correlación)

20	1,31	0,424	51,8	27,2	21,0	2,1	0,339	0,520	8,1
40	1,35	0,414	51,2	29,0	19,8	0,7	0,331	0,500	1,8
80	1,35	0,405	60,9	26,2	12,9	3,1	0,324	0,500	23,8

Pardo sialítico vértico (Pardo sin y con carbonato plastogénico)

20	1,15	0,528	19,3	63,4	17,3	0,17	0,422	0,573	2,6
40	1,2	0,511	17,5	60,9	21,6		0,409	0,570	1,9
60	1,37	0,485	22,1	40,2	37,7		0,388	0,568	3,2
90	1,39	0,512	28,1	28,9	43,0		0,410	0,522	3,1

Pardo sialítico grisáceo mullido (Pardo grisáceo, no tiene correlación)

20	1,51	0,291	67,8	10,2	22,0	0,6	0,233	0,430	1,8
40	1,46	0,277	64,2	15,2	20,6		0,222	0,450	3,0
60	1,43	0,259	53,8	32,2	14,0		0,207	0,460	2,4
80	1,59	0,289	51,9	22,5	25,6		0,231	0,400	3,0

Vertisol pélico típico (Oscuro plástico no gleyzado y gleyzoso, no tiene correlación)

20	0,926	0,587	12,5	64,5	23,0	0,43	0,470	0,639	1,5
60	1,08	0,519	13,1	63,1	23,8	0,17	0,415	0,590	0,9
80	1,08	0,481	8,6	72,6	18,8	0,17	0,385	0,592	0,7

Vertisol pélico mullido (Oscuro plástico no gleyzado y gleyzoso, no tiene correlación)

Prof cm	SBDM Da g·cm ⁻³	SDUL Cc cm ³ ·cm ⁻³	SLCF Arena %	SLCL Arcilla %	SLSI Limo %	SLDR Inf. Básica m·día ⁻¹	SLLL Limite Prod cm ³ ·cm ⁻³	SSAT Suelo Satur. cm ³ ·cm ⁻³	SSKS K sat cm·h ⁻¹
20	0,94	0,499	24,2	60,0	15,8	1,12	0,399	0,647	0,5
60	1,02	0,455	23,5	63,2	13,3		0,364	0,614	0,3
80	1,15	0,491	24,4	68,1	7,5		0,393	0,565	0,3

Vertisol pélico cálcico (Oscuro plástico no gleyzado y gleyzoso, no tiene correlación)

15	1,10	0,617	12,5	64,5	23,0	0,96	0,557	0,630	3,8
40	1,10	0,468	11,6	67,1	21,3		0,374	0,585	2,9
100	1,29	0,542	10,4	70,8	18,8		0,434	0,580	2,5

Vertisol crómico típico (Oscuro plástico gris amarillento)

30	1,00	0,591	18,6	53,2	28,2	0,11	0,473	0,614	0,3
55	1,02	0,581	24,7	52,0	23,3		0,465	0,622	0,04
76	1,05	0,550	14,5	66,6	18,9		0,440	0,611	0,04
132	1,09	0,568	19,8	57,5	22,7		0,454	0,596	0,04

Vertisol crómico mullido (Oscuro plástico gris amarillento)

20	1,03	0,518	16,8	63,1	20,1	0,3	0,414	0,620	1,32
50	0,97	0,497	20,1	57,8	22,1		0,410	0,640	1,26
95	1,02	0,506	23,6	55,1	21,3		0,405	0,620	1,29

Prof cm	SBDM Da g·cm ⁻³	SDUL Cc cm ³ ·cm ⁻³	SLCF Arena %	SLCL Arcilla %	SLSI Limo %	SLDR Inf. Básica m·día ⁻¹	SLLL Límite Prod cm ³ ·cm ⁻³	SSAT Suelo Satur. cm ³ ·cm ⁻³	SSKS K sat cm·h ⁻¹
Vertisol crómico cálcico (Oscuro plástico gris amarillento)									
20	1,06	0,745	19,5	67,0	13,5	1,03	0,596	0,793	3,6
40	1,07	0,770	19,6	68,5	11,9		0,616	0,829	3,1
60	1,07	0,793	20,3	68,9	10,8		0,634	0,835	2,3
80	1,11	0,738	18,4	70,4	11,2		0,590	0,861	2,1
100	1,16	0,737	19,6	70,0	10,4		0,590	0,831	1,8

Hidromórfico gley vértico típico (Oscuro plástico gleyzado, no tiene correlación)

Prof. cm	SBDM Da g cm ⁻³	SDUL Cc cm ³ cm ⁻³	SLCF Arena %	SLCL Arcilla %	SLSI Limo %	SLDR Inf. Básica m día ⁻¹	SLLL Límite Prod cm ³ cm ⁻³	SSAT Suelo Satur. cm ³ cm ⁻³	SSKS K sat cm h ⁻¹
20	1,03	0,506	15,83	60,63	23,54	1,4	0,405	0,600	3,0
50	1,02	0,522	14,69	62,62	22,69		0,418	0,610	2,5
90	1,02	0,502	16,40	63,79	19,81		0,402	0,610	2,7

Hidromórfico gley vértico mullido (Oscuro plástico gleyzado, no tiene correlación)

20	1,06	0,440	8,1	76,9	15,0	1,8	0,352	0,543	4,9
70	1,08	0,505	3,7	83,9	12,4		0,404	0,588	3,2
105	1,12	0,554	6,9	84,3	8,8		0,443	0,614	1,4

Hidromórfico gley vértico cálcico (Oscuro plástico gleyzado, no tiene correlación)

16	1,01	0,610	6,5	63,0	30,5	0,72	0,493	0,630	2,1
35	1,01	0,569	9,9	68,7	21,4	0,22	0,455	0,610	0,9
60	1,01	0,535	4,0	73,6	22,4	0,10	0,428	0,622	0,4
88	1,02	0,517	2,8	72,9	24,3	0,3	0,414	0,619	1,04

Hidromórfico gley nodular ferruginoso húmico (Incluye Gley Ferralítico, no tiene correlación)

20	1,44	0,444	35,2	15,8	49,0	0,24	0,355	0,460	5,6
40	1,45	0,419	35,1	27,5	37,4		0,335	0,440	4,8
60	1,31	0,388	27,6	29,7	42,7		0,310	0,490	1,3
80	1,31	0,339	22,5	45,0	32,5		0,271	0,480	1,1
100	1,36	0,369	23,3	49,3	27,4		0,295	0,500	0,9

Hidromórfico gley nodular ferruginoso típico (Incluye Gley Ferralítico y Amarillento cuarácítico concrecionario)

20	1,56	0,452	39,9	27,4	32,7	1,2	0,362	0,682	131,7
40	1,60	0,397	34,5	30,6	34,9		0,318	0,531	
60	1,63	0,409	26,8	52,6	20,6		0,327	0,751	45,0
80	1,65	0,388	23,7	53,1	23,2		0,310	0,775	55,0
100	1,65	0,373	24,3	52,0	23,7		0,298	0,782	

Hidromórfico gley nodular ferruginoso húmico petroférico (Incluye Gley Ferralítico, y Amarillento cuarácítico laterizado)

Prof cm	SBDM Da g cm ⁻³	SDUL Cc cm ³ cm ⁻³	SLCF Arena %	SLCL Arcilla %	SLSI Limo %	SLDR Inf. Básica m día ⁻¹	SLLL Límite Prod cm ³ cm ⁻³	SSAT Suelo Satur. cm ³ cm ⁻³	SSKS K sat cm h ⁻¹
25	1,30	0,283	78,5	10,4	11,1	6,1	0,226	0,447	28,2
50	1,35	0,297	80,3	11,6	8,1	0,2	0,238	0,462	1,6
80	1,35	0,290	67,5	24,1	8,4	0,2	0,232	0,435	1,3
100	1,60	0,333	40,8	51,3	7,9		0,266	0,410	1,1

LEYENDA: Prof: Profundidad, cm; SBDM: Densidad Aparente o Peso Volumétrico, g·cm⁻³; SDUL: Límite Superior de la Reserva Fácilmente Utilizable (comúnmente llamada Capacidad de Campo), cm³·cm⁻³; SLCF: Arena, %; SLCL: Arcilla, %; SLSI: Limo, %; SLDR: Tasa de Drenaje en m·día⁻¹; SLLL: Límite Inferior de la Reserva Fácilmente Utilizable (comúnmente llamado Límite Productivo), cm³·cm⁻³; SSAT: Suelo Saturado, cm³·cm⁻³; SSKS: Conductividad Hidráulica Saturada, cm·h⁻¹.

Nota: Los suelos están identificados de acuerdo a la última Clasificación de Suelos establecida en el país (Hernández, et al., 1999), y su correlación (Hernández, et al., 2003) con la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (IS, 1980).

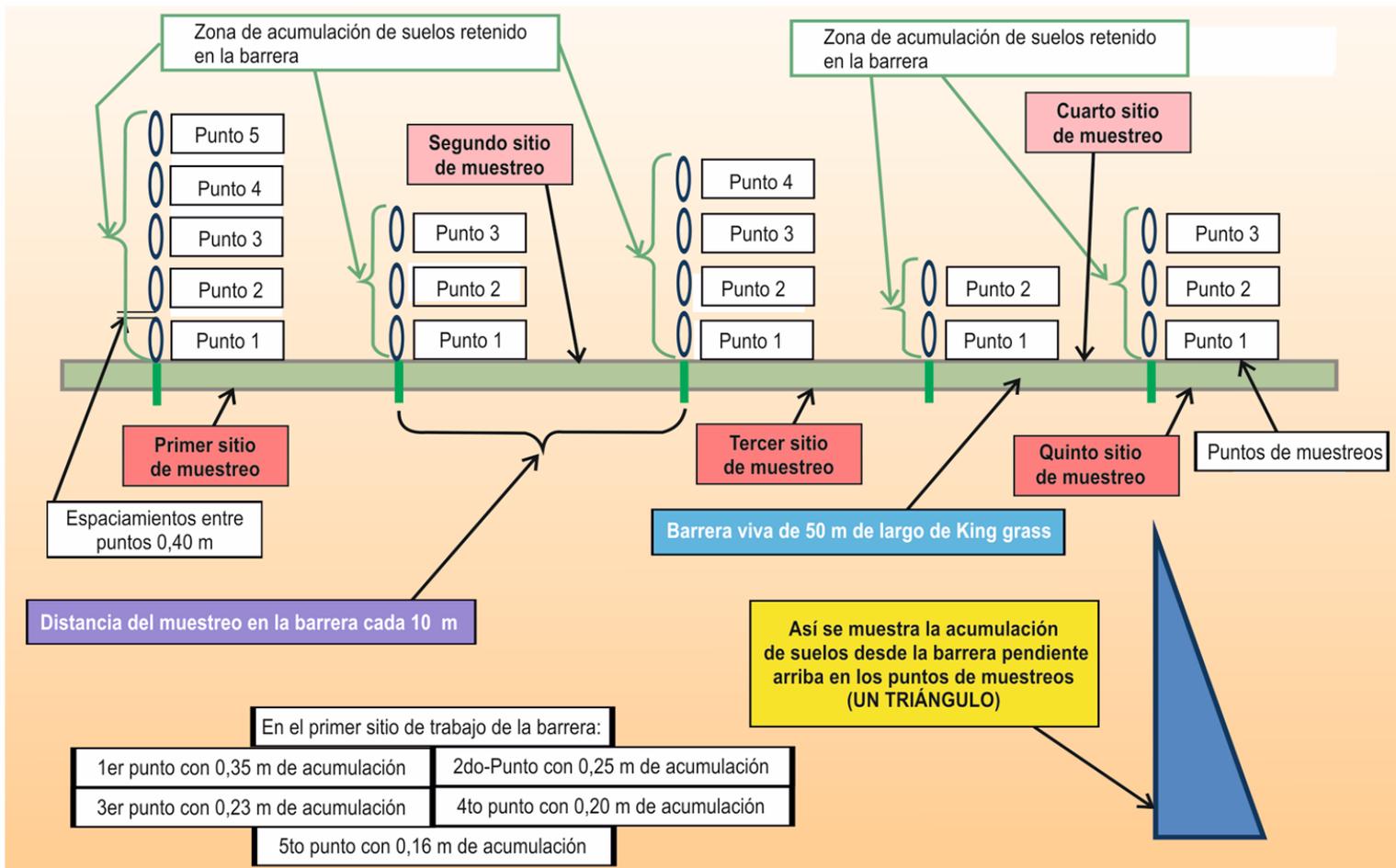
ANEXO 3.

MODELO PARA EL REGISTRO DE LA MACROFAUNA

Organismos de la macrofauna	Sistema 1		Sistema 2		Sistema 3	
	No. de Tipos de organismos	No. De individuos Por tipo	No. de Tipos de organismos	No. De individuos Por tipo	No. de Tipos de organismos	No. De individuos Por tipo
Lombrices de tierra						
Milpiés						
Total de Detritívoros						
Hormigas						
Total de Omnívoros						
Chinches y salta hojas						
Orugas						
Total de Herbívoros						
Arañas						
Ciempiés						
Total de Depredadores						
Otros organismos no identificados						
TOTAL DE LA MACROFAUNA						

ANEXO 4.

DIAGRAMA PARA REALIZAR LOS MUESTREOS, EJEMPLO REALIZADO EN UNA BARRERA VIVA DE KINGGRASS DE 50 M DE LONGITUD.



ANEXO 5.

ENCUESTA PARA EL LEVANTAMIENTO DE LÍNEA DE BASE

DATOS GENERALES DE LA PERSONA ENCUESTADA

Nombres y Apellidos: _____

Edad: _____ Sexo: M _____ H _____

Nivel escolar: Universitario __ Técnico: __ Dirigente: __ Obrero: __ Propietario tierra: __

1. DATOS GENERALES DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

1.1. Provincia: _____ Municipio: _____

1.2. Nombre de la Unidad de Producción: _____

1.3. Estructura organizativa que pertenece: UBPC: _____ Productor Privado: _____ CCS _____
CPA _____ Otra _____

1.4. Cuántos miembros beneficiarios (socios) existen en la unidad de producción: _____

1.5. Tiempo de permanencia en la zona: _____

1.6. Actividad principal de la unidad: Cultivos varios _____ Ganadería _____ Caña de Azúcar
_____ otros _____

1.7. Números de Técnicos de Campo: _____, M _____ H _____

1.8. ¿Qué tipo de sistema de cultivo que utilizan? Tradicional _____ Semi-mecanizado _____ Mecanizado

2. DESCRIPCION FÍSICA DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN.

2.1. Área total (ha): _____

2.2. Área productiva de atendida con infraestructura de riego (ha): _____ Sin riego: _____

2.3. Tipología según su nivel tecnológico de maquinaria agrícola. alto _____ medio _____ manual _____

3. CRITERIOS DE LOS SUELOS Y AGUAS DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN.

3.1. Como considera los tipos de suelos: Arenoso __, Arcilloso __, Franco __, Limoso __, F- arenoso
_____, F- arcilloso _____, F- limoso _____.

3.2. Topografía de las zonas de intervención: Plana __, Semiplana __, Ondulada __, Inclínada __

3.3. Pendiente predominante: 2% _____, 5% _____, 7% _____, 10% _____, más
del 10% _____.

3.4. ¿Cómo considera se encuentran las tierras? Contaminadas _____ Limpias _____.

Si la respuesta es contaminada:

a. ¿Qué tipo de contaminantes cree tener? Altas cantidades de Agroquímicos: _____, presencia de
metales pesados _____, presencia de estiércoles _____.

3.5. Mencione tres problemas que considere puedan presentar sus suelos: Erosionados _____ Altos % de
Alcalinidad _____ Plagados _____, Poca Materia Orgánica _____ Poca Fertilidad _____, Suelos
salinizados _____, Suelos compactados _____.

3.6. ¿Conoce Usted si se han realizado análisis de laboratorio en los suelos en el área de intervención? Si
_____, No _____.

Si la respuesta es SI:

a. ¿Qué tipo de análisis ha hecho? Fertilidad _____, Microbiológico _____, Metales pesados
_____.

b. ¿Con que periodicidad los hace? Una vez al año _____, Cada dos años _____, Cada tres años
_____, Cada cinco años _____, Solo una vez _____.

c. ¿Mencione el laboratorio con el cual los hace? _____.

3.7. Tienen pozos: SI _____ NO _____, ¿Cuántos? _____ Profundidad del agua (m): _____

3.8. ¿Mencione tres problemas (si presentan) que actualmente tienen en cuanto a calidad del agua?
Aguas con Heces _____, Plaguicidas _____, Fertilizantes _____, Alcalinas _____, Siempre turbias
_____, Pesadas _____, contaminadas con aguas negras _____.

3.9. ¿Cómo hacen ustedes para afrontar estos problemas?

4. CARACTERISTICAS PRODUCTIVAS DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN.

4.1. ¿Mencione los tres principales cultivos agrícolas que siembra como cultivo principal (dentro de un sistema de rotación de cultivo) en los últimos tres años, según prioridad?

Cultivo	Área	Rdto. (t/ha)	Año 1	Año 2	Año 3
			Fecha siembra		

4.2. ¿Mencione los tres principales cultivos agrícolas que siembra en rotación en los últimos tres años, según su prioridad?

Cultivo	Área	Rdto. (t/ha)	Año 1	Año 2	Año 3
			Fecha siembra		

4.3. ¿Mencione los tres principales cultivos agrícolas que siembra SIN rotación en los últimos tres años, según su prioridad?

Cultivo	Área	Rdto. (t/ha)	Año 1	Año 2	Año 3
			Fecha siembra		

4.4. ¿Cuál o cuáles son sus cultivos principales de preferencia económica en la zona? _____, _____, _____.

4.5. ¿Qué tipo de semilla utilizan?

- Cultivo principal. Criolla _____, Mejorada _____, Certificada _____.
- Cultivo en rotación. Criolla _____, Mejorada _____, Certificada _____.
- Cultivo sin rotación. Criolla _____, Mejorada _____, Certificada _____.

5. MANEJO DE PLAGAS.

5.1. ¿Conoce usted las plagas (insectos) que atacan los cultivos en las zonas? SI ___ NO ___

Si contesta SI, entonces:

¿cuales? _____, _____, _____

5.2. ¿Aplican algunas técnicas de Manejo para evitar el ataque de plagas? SI ___ NO ___

5.3. Mencione algunas Técnicas de Manejo que practican los productores en las zonas de interferencias:

Manual ___ Químico ___ Biológica ___ Cultural ___ Botánico ___

6. MANEJO DE ENFERMEDADES.

- 6.1. ¿Conoce usted las enfermedades que atacan sus cultivos? SI ____ NO ____
6.2. ¿Cuáles son las enfermedades que más atacan sus dos principales cultivos?

_____, _____, _____

Cultivo	En la raíz o tallo	En el follaje	En el fruto

- 6.3.Cuál es la técnica de manejo que practican para el control: Manual ____ Químico ____ Biológica ____ Cultural ____ Botánico ____ Ninguna ____.

COMERCIALIZACIÓN.

- 7.1. ¿Dónde venden la producción? Local _____, Nacional _____, Exportación _____.
7.2. ¿A quién vende su producto? Intermediarios _____, Empresas comercializadoras _____, Otras _____

8. COSTOS, RENDIMIENTOS.

- 8.1. ¿Manejan Ficha técnica de la producción? SI____, NO ____ . Si es SI, adjuntar ésta a la encuesta (por cultivos)

- 8.2. ¿Cuáles son los costos de producción?

Cultivo	Costo de producción (\$/t)

(considerando precios actuales)

9. SERVICIOS DE APOYO EN LA ZONA.

- 9.1. ¿En unidad, tienen incorporada la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas? Si _____, No_____.
Si es NO, estarían de acuerdo en incorporarlo en su plan y trabajar en la implementación de las BPA.
Si_____, No_____.

- 9.2. ¿Disponen en su plan de trabajo de presupuesto para la implementación de las BPA? Si_____, No_____.

- 9.3. ¿Reciben capacitaciones en temas relacionados con la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas? Si_____, No_____.

- 9.4. Mencione los temas relacionado a la implementación de las BPA en las capacitaciones que ha recibido:

- 9.5. Mencione las áreas específicas en las que vienen trabajando:

- 9.6. ¿Recibe algún otro apoyo financiero por parte de alguna entidad? Si_____, No_____.

9.7. ¿En qué temas? _____, _____,
_____, _____.

9.5. Mencione las áreas específicas en las que vienen trabajando:

9.6. ¿Recibe algún otro apoyo financiero por parte de alguna entidad? Si _____, No _____.

9.7. ¿En qué temas? _____,

_____,
_____,
_____.

9.8. ¿Conoce en qué consisten los servicios ecosistémicos? Sí _____ No _____