

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 1 de 11

1. OBJETIVO

Estandarizar la secuencia lógica de las actividades relacionadas con la planeación técnica y científica, en la cual se establecen los lineamientos y pasos a seguir para llevar a cabo las actividades de toma de muestras en campo, empaque y etiquetado de muestras, registro de datos, remisión de muestras al laboratorio, registro de datos de resultados de análisis de laboratorio, actualización de bases de datos, manejo y análisis de la información para el monitoreo del ciclo del carbono en los ecosistemas de alta montaña en Colombia.

2. ALCANCE

Disponer de una secuencia lógica estandarizada para la realización de las actividades para el monitoreo de la dinámica del ciclo del carbono en ecosistemas de alta montaña, que incluye desde la planeación de las actividades hasta la publicación de resultados. Su objeto es establecer cómo los frágiles ecosistemas de alta montaña se adaptan a los efectos del Cambio Climático global y entender su funcionalidad como sumideros de gases de efecto invernadero.

Este protocolo se incluye dentro del mapa de procesos del Sistema de Gestión Integrado del IDEAM en el proceso misional de “*Generación de conocimiento e investigación*”.

3. DESARROLLO

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
1	Planeación y selección de sitios de muestreo				38 días
1.1	Realizar y aplicar el diseño metodológico para realizar la selección de los sitios de monitoreo. Se parte del Primer Protocolo para el Monitoreo de Los Ciclos del Agua y del Carbono en Alta Montaña (IDEAM, 2006).	Equipo técnico de Carbono (Conformado por Seis (6) profesionales del Grupo de bosques – Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental del IDEAM)	Metodología con el diseño estadístico. Recopilación de información secundaria. Mapa con la ubicación de los sitios de monitoreo.	Vo.Bo. Equipo de trabajo Grupo de Bosques	
1.2	Aplicar el diseño metodológico para la selección de los sitios de muestreo.	Equipo técnico de Carbono IDEAM	Mapa de ubicación y descripción de los sitios de monitoreo.	Aprobación del Diseño por el Grupo de Bosques	
1.3	Definir los sitios de monitoreo definitivos, resultado de aplicar los criterios especificados en el	Equipo técnico de Carbono	Sitios definitivos de monitoreo (Parcelas)	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 2 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
	protocolo de monitoreo del ciclo del carbono en ecosistemas de alta montaña (2006, 2020).		Mapas georeferenciados de localización de sitios de muestreo		
1.4	Planear y realizar el cronograma anual y hacer un check list de los recursos que se van a llevar en cada campaña (materiales y equipos); en caso de que hayan faltantes, se debe hacer las gestiones para conseguirlo.	Equipo técnico de Carbono	POA – PAA Plan de Trabajo y Cronograma de Actividades	Vo.Bo. del PAA, por parte del Coordinador(a) del Grupo de Bosques	
1.5	Definir las actividades y responsabilidades de los profesionales del equipo técnico de trabajo en monitoreo de carbono, para la realización de las actividades en campo, de acuerdo a los lineamientos y compromisos adquiridos para la vigencia anual.	Equipo técnico de Carbono	Acta de reunión de trabajo. Documento de planeación de trabajo de campo	Vo.Bo. Coordinador(a) de Bosques y Subdirector(a) de Ecosistemas	
2	Establecimiento de parcelas de monitoreo	Equipo técnico de Carbono			12 días
2.1	Implementar la red de monitoreo del ciclo del carbono mediante el establecimiento de parcelas permanentes y transectos y realización de monitoreos periódicos.	Equipo técnico de Carbono	Fotografías de parcelas materializadas Mapa de Parcelas georeferenciadas	N/A	
2.2	En cada sitio de muestreo se cuenta con una parcela de 20 X 25 metros dividida internamente en subcuadrantes de 5 X 5 metros. En los vértices de la parte baja (Pendiente abajo) de las parcelas se delimitan dos subparcelas de 5 X 5 metros (Anidadas dentro de la parcela de 20 X 25 metros) y otras dos subparcelas de 5 X 5 metros son establecidas al través de la pendiente y alejadas a unos 40 metros a lado y lado de la parcela de 20 X 25 metros. Dentro de cada parcela de 5 X 5 metros se delimita un cuadrante de 2 X 2 metros ubicado en todo el centro.	Equipo técnico de Carbono	Fotografías y coordenadas de parcelas materializadas	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 3 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
2.3	Establecer las parcelas en ambiente de páramo y de bosque altoandino, teniendo en cuenta que exista una parcela con un mínimo o ningún grado de intervención y otra parcela con un moderado o alto grado de intervención antrópica.	Equipo técnico de Carbono	Fotografías y coordenadas de parcelas materializadas	N/A	
3	Toma de datos y muestras para el compartimiento de biomasa aérea.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, muestras, fotografías	Formularios de campo diligenciados con Vo.Bo. Coordinador equipo de campo	10 días
3.1	En las parcelas de bosque de 20 X 25 metros: Realizar la medición de altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) de árboles de más de 10 cm de diámetro en las parcelas de bosque. Las mediciones de campo se registran en un formato físico.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías Croquis de localización de árboles en cada parcela.	N/A	
3.2	En las parcelas de 5 X 5 metros ubicadas en ambiente de páramo: Realizar la medición de diámetro de tallos a cinco cm del suelo y altura total de arbustos. Y realizar la medición de altura de tallos y diámetro de copa de frailejones. Las mediciones de campo se registran en un formato físico.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías	N/A	
3.3	En las parcelas de 2 X 2 metros ubicadas al interior de las parcelas de 5 X 5 metros en ambiente de páramos: Realizar la medición de cobertura de arbustos y herbáceas utilizando un cuadrante de 1 X 1 metro elaborado con tubos de PVC de ½" y cuerda plástica formando 25 subcuadrantes de 20 X 20 cm. Las mediciones de campo se registran en un formato físico.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 4 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
3.4	Tomar las muestras de necromasa en un cuadrante de 1 X 1 metro localizado en la parte exterior de las parcelas de 5 X 5 metros, el cual se identificará por banderas de vinilo color fucsia o rojo oscuro y con base metálica de 30 cm de largo. Recoger todo el material seco y hojas que han caído de las plantas ubicadas en el cuadrante. Para el caso de las parcelas de bosque, las muestras se subdividen en mantillo fino (hojarasca) y mantillo grueso (Material leñoso). Secar el material en el laboratorio y tomar el peso seco del material, el cual se registra en el formato dispuesto para este efecto.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, muestras, fotografías	N/A	
3.5	Tomar muestras de hojarasca en las parcelas de bosque, utilizando tres trampas de hojarasca de 1 X 1 metro de lado, elaboradas en malla de polisombra de ojo de malla de 2 milímetros y una altura de 50 cm del suelo. Las trampas se ubican en tres de los cuadrantes de las parcelas de bosque de 20 X 25 metros. Recoger todas las hojas y ramitas que han caído de los árboles, separar el material en hojas y material leñoso (detritos). En el laboratorio secar el material en un horno de secado o mufla a 70° C por un tiempo de 48 horas y tomar el peso seco de la muestra analizada, el cual se registra en el formato dispuesto para este efecto	Equipo técnico de Carbono	Formatos, muestras, fotografías	N/A	
3.6	<i>Análisis de descomposición (Litter bags):</i> Sembrar o instalar en cada una de las parcelas de 5 X 5 metros cuatro bolsas de	Equipo técnico de Carbono	Formatos, muestras, fotografías	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 5 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
	descomposición, las cuales tienen una medida de 30 X 30 cm y un ojo de malla de 2 mm y dentro de las cuales se ha colocado 20 gr. de material autóctono previamente recogido en un sitio aledaño a las parcelas y que ha sido secado en laboratorio en una mufla a 70° C por 48 horas. En cada campaña, recoger cuatro bolsas de campañas pasadas para determinar el tiempo y grado de descomposición de cada muestra en laboratorio. En el laboratorio, volver a tomar el peso fresco y secar en un horno de secado o mufla a 70° C por un tiempo de 48 horas; tomar el peso seco de la muestra analizada, el cual se registra en el formato dispuesto para este efecto.				
4	Toma de muestras para los análisis de características fisicoquímicas de suelos	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías, muestras	Vo.Bo. Supervisor y/o líder del equipo de campo	5 días
4.1	<i>Análisis de Textura:</i> muestra integrada a 10 cm, a 20 cm y a 30 cm de profundidad. Al interior de la parcela de 5 X 5 metros, tomar muestras para análisis de textura sobre uno de los costados cercanos al perímetro de la parcela haciendo uso de un barreno tipo holandés y tomando un peso aproximado de un kilogramo. Llevar la muestra al laboratorio en donde se efectúa el análisis por el método granulométrico y los resultados se consignan en los formatos diseñados para este propósito. Se toma muestras para análisis de textura una vez al año por ser un parámetro que no varía en el corto tiempo.	Equipo técnico de Carbono Profesional para laboratorio del IDEAM	Formatos, fotografías, muestras	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 6 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
4.2	<i>Análisis de Carbono orgánico en el suelo:</i> Al interior de la parcela de 5 X 5 metros, tomar muestras para análisis de Carbono orgánico sobre uno de los costados cercanos al perímetro de la parcela, haciendo uso de un barreno tipo holandés y tomando muestras a 10 cm de profundidad y otras a 20 cm y 30 cm. La muestra se puede tomar haciendo uso de los cilindros para muestras inalteradas, que están elaborados en acero de 5 cm de alto por 5 cm de diámetro. Transportar la muestra al laboratorio, donde se efectúan los análisis de Carbono orgánico siguiendo el método de Walkley Black o el método de Combustión y los resultados se consignan en los formatos diseñados para este propósito.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías, muestras	N/A	
4.3	<i>Toma de muestras para Densidad Aparente del suelo:</i> Al interior de la parcela de 5 X 5 metros, tomar muestras para análisis de densidad aparente del suelo sobre uno de los costados cercanos al perímetro de la parcela, haciendo uso de un barreno tipo holandés y tomando una muestra a 10 cm de profundidad y otras a 20 cm y 30 cm. La muestra se toma haciendo uso de los cilindros para muestras inalteradas, que están elaborados en acero y con dimensiones de 5 cm de alto por 5 cm de diámetro. Transportar la muestra al laboratorio en donde se efectúan los análisis de Densidad Aparente y los resultados se consignan en los formatos diseñados para este propósito.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías, muestras	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 7 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
4.4	<i>Medición de Respiración de Suelos – CO₂</i>: Al interior de la parcela de 5 X 5 metros, pero cerca al perímetro de la subparcela de 2 X 2 metros, efectuar las mediciones de respiración de CO₂ en suelos, utilizando un analizador infrarrojo de gases (IRGA) modelo Licor Li-8100 y una campana o cámara hermética de 10 cm de diámetro sobre dos anillos de PVC de alta densidad de 10 cm de diámetro, instalados de manera permanente en cada parcela (Uno con hojarasca y otro con suelo desnudo). En campo, tomar datos de fecha, hora de medición y las condiciones atmosféricas más relevantes como: nubosidad del cielo, llovizna y viento. Con un termohigrómetro, tomar datos de temperatura y humedad del suelo. Al IRGA se pueden conectar también dos sensores de temperatura y humedad del suelo para que se registren automáticamente estos datos. Los datos analizados son dispuestos en bases de datos.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías Bases de datos actualizadas	N/A	
5	Análisis de metano y CO₂ en Humedales	Equipo técnico de Carbono		Vo.Bo. Supervisor y/o líder del equipo de campo	4 días
5.1	<i>Localización de sitios de muestreo</i>: Para escoger los sitios de muestreo, se deben ubicar ecosistemas con características de humedal permanente que estén cerca de las parcelas de monitoreo de Carbono en ecosistemas de alta montaña. También se escogen humedales que tengan un aceptable estado de conservación y que mantengan la vegetación	Equipo técnico de Carbono	Mapas de localización Escala 1:10.000 Fotografías Tabla con nombres y coordenadas de los sitios	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 8 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
	autóctona del ecosistema circundante. En cada sitio, se debe seleccionar un transecto que recorra el humedal en el mismo sentido de la dirección del flujo de agua. Sobre el transecto seleccionado se ubican entre 10-12 collares de PVC de 40 cm de diámetro y 30 cm de altura, los cuales se dejarán instalados permanentemente en el sitio. Los collares se colocan siguiendo la variabilidad de la topografía del humedal teniendo en cuenta que involucren formas vegetales identificadas como cojines y las piscinas o lugares inundados de agua.				
5.2	<i>Monitoreo de CO₂ en humedales:</i> Para el monitoreo de CO₂ se debe instalar sobre los collares de PVC una cámara transparente sellada de 60 cm de altura y 40 cm de diámetro la cual cuenta con un sensor de radiación fotosintética activa (PAR) y sensores de diferentes variables atmosféricas: humedad relativa, punto de rocío, presión barométrica, temperatura del aire, déficit de presión de vapor de agua y temperatura virtual. El CO₂ es medido usando un analizador de gases infrarrojo de modelo EGM4 y de marca PP Systems EGM4. Las mediciones son realizadas por dos minutos en cada micrositio con una lectura realizada cada 4 segundos. Las condiciones atmosféricas externas y datos de CO₂ se registran en un formato establecido. Se toman datos de temperatura ambiente, humedad relativa, nubosidad y recorrido del viento.	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías Bases de datos actualizadas	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 9 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
	Se realizan observaciones diarias por 5 días consecutivos en cada una de las visitas. En la medida de lo posible también se realizan mediciones nocturnas para comparar las emisiones.				
5.3	<i>Medición de metano en humedales:</i> La medición de los flujos de metano se lleva a cabo usando una cámara opaca de 25 cm de altura y 40 cm de diámetro. Los anillos sobre los que va ubicada la cámara de metano son los mismos sobre los que se realizan las medidas de CO₂ más cuatro anillos en cada sitio que están ubicados sobre zonas de terrenos “bajos” con inundación evidente (piscinas). Las mediciones de metano son realizadas durante una hora en cada anillo a intervalos de 15 minutos. El metano es medido en la cámara cada 15 minutos usando una muestra de gases extraída por una jeringa de gases de 500 ml. Las muestras son almacenadas en bolsas Tedlar que previamente han sido purgadas con aire puro estándar sin CO₂ o metano. Las bolsas que se deben mantener protegidas de la radiación ambiente son llevadas en el mismo día a la estación donde se tiene instalado un cromatógrafo de gases a base de ionización de llama (FID). El cromatógrafo funciona a base de celdas de hidrógeno que son recargadas usando tanques de 20 lb con contenidos precisos y conocidos de metano. Los resultados son registrados en un formulario en el cual también se apuntan datos sobre las condiciones ambientales	Equipo técnico de Carbono	Formatos, fotografías, Muestras Bases de datos actualizadas	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 10 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
	como: Nubosidad, temperatura, humedad relativa y viento. Si las condiciones ambientales y de seguridad lo permiten también se programan mediciones nocturnas para evaluar los ciclos de emisiones diurnas y nocturnas.				
6	Análisis de muestras en laboratorio	Equipo técnico de Carbono		Vo.Bo. Supervisor y/o líder del equipo de campo	20 días
6.1	Para determinar la biomasa en necromasa y hojarasca, se debe secar la muestra en un horno con temperatura controlada a 70° C por un tiempo de 48 horas y se toma el peso seco.	Personal de laboratorio	Formatos diligenciados	N/A	
6.2	Secar el contenido de las bolsas de descomposición en un horno con temperatura controlada a 70° C por un tiempo de 48 horas o hasta que se obtenga un peso constante y tomar el peso seco. Se obtiene la tasa de descomposición.	Personal de laboratorio	Formatos diligenciados	N/A	
6.3	Para determinar el contenido de Carbono orgánico en suelos, se aplica el método de Walkley y Black.	Personal de laboratorio	Formatos diligenciados	N/A	
6.4	Para determinar la densidad aparente del suelo, se utiliza el método del cilindro analizando las muestras inalteradas.	Personal de laboratorio	Formatos diligenciados	N/A	
7	Actualización de bases de datos y Registro Gráfico	Equipo técnico de Carbono		Vo.Bo. Coordinador(a) Grupo de Bosques	3 días
7.1.	Los resultados del monitoreo plasmados en formatos físicos y posteriormente complementados con los resultados obtenidos en laboratorio, deben ser incluidos en la plataforma Open Foris, creando un set de formularios para cada campaña y sitio. Como respaldo se conserva una base de datos en Excel.	Equipo técnico de Carbono	Base de datos alfanumérica Reportes de salida plataforma Open Foris. Bases de datos de Excel	N/A	

	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DEL CICLO DEL CARBONO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA	Código: GCI-BG-PC001
		Versión: 02
		Fecha: 10/07/2025
		Página: 11 de 11

No	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL	TIEMPOS DE ACTIVIDAD
7.2	Todas las actividades de monitoreo en campo desarrolladas en cada una de las campañas son registradas fotográficamente para conservar una evidencia histórica del proceso.	Equipo técnico de Carbono	Banco de fotografías formato JPG, JPEG	N/A	
7.3	Mapificar la ubicación de los individuos arbóreos en las parcelas de bosque, localizándolos con coordenadas precisas y de tal modo que se facilite la localización e identificación de cada árbol en cada campaña que se realice.	Equipo técnico de Carbono	Archivos cartográficos en formato PDF	N/A	

NOTA: Se aclara que a pesar de que existe un protocolo desde el año 2007 y que cuya publicación está en la página web del IDEAM desde el año 2012, se han generado varias versiones que han pasado por procesos de revisión y ajuste de los Grupos de Bosques y de Suelos y Tierras de la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, y del Grupo de investigación AFOLU en alta montaña de la Subdirección de Estudios Ambientales hasta consolidar la presente versión que se publica en el Sistema de Gestión Integrado del IDEAM. Las versiones previas se describen en el formato E-SGI-F010 GESTIÓN DEL CAMBIO.

4. HISTORIAL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Descripción
01	17/11/2020	Creación del documento de protocolo según los requerimientos del SGI y observaciones de la Oficina Asesora de Planeación para publicar en la página web del IDEAM.
02	10/07/2025	Se actualiza el Formato de acuerdo con el memorando enviado por la OAP memorando 20251100097283 lineamientos para la actualización documental en el marco de la implementación del aplicativo suite visión. Pasa de M-GCI-E-PC007 a GCI-BG-PC001.

ELABORÓ: Edgar Augusto Blanco Tovar Profesional Especializado Grupo de Bosques Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental	REVISÓ: Amparo Rodríguez León Coordinadora Grupo de Bosques Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental	APROBÓ: Ana Celia Salinas Martín Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental
---	---	---