



Guía para la presentación y análisis de cartografía

Guía para la presentación y análisis de cartografía

Versión 1.1

Contenido

Índice de tablas	3
Índice de figuras	3
Siglas y acrónimos	4
Términos y definiciones	5
1. Introducción	6
2. Alcance	6
3. Presentación de la cartografía	7
3.1 Registro histórico de la cartografía	8
3.2 Ubicación de programas y proyectos	8
3.2.1 Ubicación de áreas	8
3.2.2 Ubicación de instalaciones o procesos industriales	9
3.3 Sistema de referencia de coordenadas	9
3.3.1 Sistema de coordenadas proyectadas	10
3.4 Formato de presentación de la cartografía	13
3.5 Calidad de la cartografía	14
3.5.1 Fuentes de información	15
3.5.2 Unidad de área mínima cartografiable	16
3.5.3 Unidad de área mínima forestal	16
3.5.4 Escala de cartografía	17
3.5.5 Resolución espacial	18
3.6 Diligenciamiento para la presentación de la cartografía	18
4. Análisis de la cartografía	19
4.1 Análisis de la calidad de la cartografía	19
4.2 Análisis espacial y temporal de la cartografía	19
4.3 Análisis de traslapes	20
4.3.1 Identificación sistematizada de traslapes	21
4.3.2 Confirmación de traslapes identificados	21
4.3.3 Resolución de traslapes identificados en el ciclo de certificación	25
5. Monitoreo de coberturas	26
6. Vigencias y régimen de transición	29
7. Referencias	31
8. Historia del documento	32

Índice de tablas

Tabla 1. Sistemas de coordenadas planas disponibles a nivel mundial.	10
Tabla 2. Escala y área cubierta en una cartografía.....	17

Índice de figuras

Figura 1. Presentación y análisis de la cartografía	7
Figura 2. Distribución de áreas de los programas y proyectos.	9
Figura 3. Representación de sistemas de referencia de coordenadas: A. Sistema de coordenadas planas. B. Sistema de coordenadas geográficas.	10
Figura 4. Sistema de coordenadas UTM.....	12
Figura 5. Sistema de coordenadas SIRGAS presente en América.	13
Figura 6. Formulario para la presentación de la cartografía.	19
Figura 7. Traslape espacial (A) o temporal (B) entre programas o proyectos.	20
Figura 8. Análisis visual de posibles traslapes. Las figuras A y B corresponden a programas o proyectos sin áreas superpuestas. Figura C, traslape parcial entre las áreas del programa/proyecto y D. traslape de área total del programa y/o proyecto.	22
Figura 9. Análisis de áreas superpuestas a través de herramienta “Intersect” disponible en ArcGIS Pro®.	23
Figura 10. Generación de la estimación del área presente en el polígono del traslape	24

Siglas y acrónimos

AGD	Australian Geodetic Datum
CGRS	Constrained Gauss Reference System
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
ETRS	European Terrestrial Reference System
FCCB	Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques
GCF	Green Climate Fund
GEI	Gases de efecto invernadero
GIS	Sistemas de Información Geográficos
GPS	Sistema de Posicionamiento Geográfico
NREF	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales
OVV	Organismo de Validación y Verificación
PDD	Documento de Descripción del Proyecto
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal y otras acciones en este sector
REM	REDD Early Movers
SCG	Sistema de Coordenadas Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referencia Geodésico para las Américas
SPCS	State Plane Coordinate System
SRC	Sistema de Referencia de Coordenadas
UTM	Universal Transverse Mercator

Términos y definiciones

Se aplicarán los términos y definiciones contenidas en el documento ***Términos y definiciones del programa de certificación voluntaria de Cercarbono***, disponible en www.cercarbono.com, sección: Documentación. Para los fines de la presente guía, especialmente los siguientes términos aplican:

- **Área:** extensión o superficie de tierra donde se desarrolla un programa o proyecto.
- **Cartografía:** representación gráfica de la superficie o área donde se desarrolla un programa o proyecto.
- **Dataset:** conjunto de datos geoespaciales tan pequeño como una sola característica o atributo de característica contenido dentro de un conjunto de datos más grande, presente en la cartografía de los programas o proyectos.
- **Dato geográfico:** información implícita o explícita a una ubicación relativa a la superficie terrestre que se encuentra dentro de la cartografía registrada en Cercarbono.
- **Dron:** dispositivo que permite capturar imágenes de diferentes tipos de terrenos y coberturas que facilitan la evaluación y seguimiento de las actividades propias del sector uso de la tierra.
- **Multi-polígono:** representación cartográfica que permite modelar áreas geográficas con límites complejos y estructuras internas mediante la agrupación de varios polígonos individuales presentes en programas o proyectos.
- **Registro cartográfico:** catálogo de conjuntos de datos geoespaciales que incluye información sobre su origen, contenido, calidad y otros metadatos relevantes. Este registro puede ser utilizado para gestionar y acceder a los conjuntos de datos geoespaciales presentes en la cartografía de programas o proyectos.
- **Sistema de referencia de coordenadas:** sistema de coordenadas referido a la superficie de la tierra a través de un Datum geodésico y utiliza uno o más números (coordenadas) para determinar unívocamente la posición de un objeto.
- **Sistema de coordenadas geográficas:** sistema basado en un esferoide de referencia como la Tierra, utiliza latitud y longitud para identificar la posición de un punto. La latitud se mide en grados hacia el norte o hacia el sur del Ecuador, mientras que la longitud se mide en grados hacia el este o hacia el oeste del meridiano de Greenwich y sus unidades están dadas principalmente por grados, minutos y segundos.
- **Sistema de Posicionamiento Global:** sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación y cronometría de acceso gratuito e ininterrumpido a usuarios civiles en todo el mundo. El sistema consta de satélites, estaciones en tierra y receptores. La localización y el cálculo del área de determinado lugar se genera a través de un receptor que puede tener una exactitud desde milímetros a metros.
- **Traslape:** intersección de las áreas incluidas en un programa o proyecto registrado en Cercarbono con otro(s) registrado(s) ya sea en Cercarbono o en otros estándares.
- **Ortofoto:** fotografía aérea o satelital de alta resolución que ha sido corregida geográficamente para eliminar los efectos del relieve del terreno y la inclinación de la

cámara, permitiendo tomar medidas precisas de parámetros tales como distancias y áreas.

- **Polígono:** figura geométrica plana y cerrada que representa áreas geográficas en mapas de los programas o proyectos; muestra atributos asociados que describen características específicas del área que representa, como la superficie o el perímetro, entre otros.

1. Introducción

La cartografía es una herramienta valiosa que permite identificar visualmente las áreas en las que se ubican los programas o proyectos registrados en Cercarbono. Su presentación es uno de los requisitos esenciales dentro del proceso de certificación, resaltado tanto en el marco normativo y técnico de Cercarbono como también en las metodologías seleccionadas por estos.

Es por ello necesaria la estandarización de dicha presentación, de manera que pueda ser susceptible de análisis de forma individual y comparativa durante el ciclo de certificación en cumplimiento de los principios de Cercarbono, entre ellos los de no doble contabilidad, integridad y transparencia.

De esta manera se identificarán con precisión los límites espaciales de cada programa o proyecto permitiendo, entre otros objetivos, dar certeza acerca del ámbito geográfico en que se producirán los resultados de las actividades inherentes a estos, así como la identificación y evaluación de traslapes, aportando elementos cuantitativos para posibilitar su resolución.

Con la presente guía se pretende homogenizar la información cartográfica de los programas y proyectos registrados en Cercarbono, con lo que se respalda la transparencia de sus acciones en un contexto espacial y temporal, disponible a actores involucrados en el proceso de certificación y a la sociedad en general.

2. Alcance

Esta guía es de aplicación obligatoria para todos los programas o proyectos registrados en Cercarbono, especialmente los relacionados con usos de la tierra -incluidas la conservación y la restauración de la biodiversidad- registrados en Cercarbono.

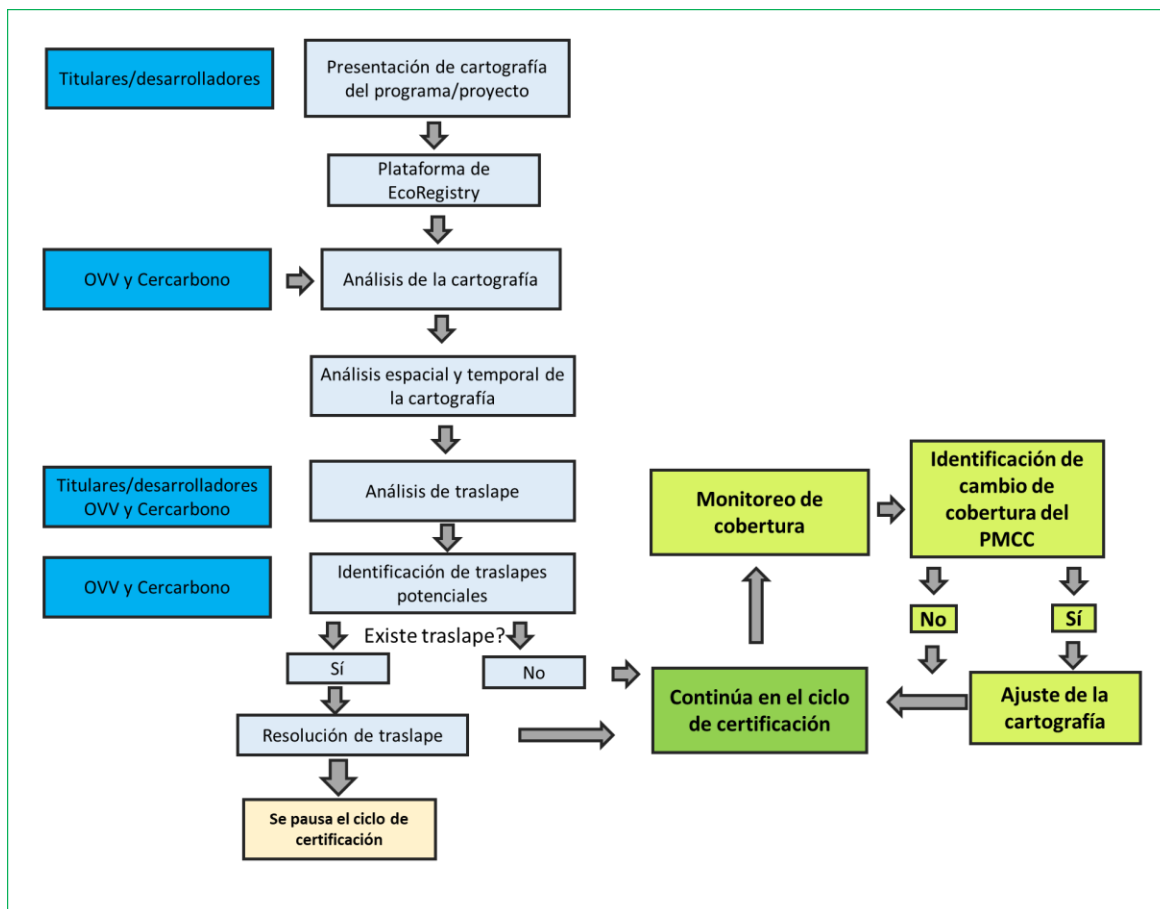
Está dirigida a titulares, desarrolladores y Organismos de Validación y Verificación (OVV) para dar orientaciones al personal encargado de la elaboración, presentación y análisis de la información cartográfica de dichos programas o proyectos.

Las actividades de programa y proyecto incluidas en dicho alcance son:

- Remoción de GEI.
- Reducción de emisiones de GEI.
- Reducción y reciclaje de materiales.
- Conservación y restauración de la biodiversidad.
- Otras que integren cartografía.

En la **Figura 1** se presentan los elementos clave que integra la presente guía, incluyendo los responsables a cargo de cada uno.

Figura 1. Presentación y análisis de la cartografía.



3. Presentación de la cartografía

Los titulares y desarrolladores deben asegurar que las coordenadas de las infraestructuras y/o áreas establecidas en los programas y proyectos registrados en Cercarbono sean identificables, comparables y medibles. Así mismo, de forma independiente deben comprobar que las áreas y/o infraestructuras no forman parte de otras iniciativas con el mismo alcance que integra la(s) metodología(s) seleccionada(s) para su implementación; además, deben asegurar su compatibilidad de acuerdo con el tipo de actividad que se pretende desarrollar, para evitar incidir en eventos de doble contabilidad o en situación de traslape espacial o temporal no compatible¹ de áreas o instalaciones.

¹ Existen situaciones en que la propia naturaleza de la información cartográfica (p.ej., un punto con el que se define una instalación), haga que varias actividades en esa instalación aparezcan definidas con la misma referencia cartográfica, lo que no necesariamente indica un traslape. Otras situaciones, como en las que se monitorea fugas, sus áreas de referencia tampoco presentarían una incompatibilidad entre proyectos que las comparten.

En las **Secciones 3.1 a 3.5**, se presentan los elementos que los titulares y desarrolladores de programas o proyectos registrados en Cercarbono deben considerar para la presentación de su cartografía. En la **Sección 3.6** se describe el formulario para el diligenciamiento de estos elementos.

3.1 Registro histórico de la cartografía

Los programas o proyectos deben registrar la referencia histórica (día.mes.año)² de las cartografías presentadas en las diferentes etapas del ciclo de certificación, especialmente cuando son modificadas, debido a solicitudes de cambio o revisiones en los procesos de validación, verificación o certificación.

3.2 Ubicación de programas y proyectos

Se refiere a la representación geográfica de la superficie, instalación o unidad de proceso donde se realizan las actividades de los programas o proyectos registrados en Cercarbono.

3.2.1 Ubicación de áreas

Programas y proyectos que no se implementen al interior de una instalación o unidad de proceso industrial deben describir su(s) área(s) total(es) en la presentación de su cartografía.

Para programas y proyectos en los que se requiere la descripción geográfica de la superficie que los representa, tales como los implementados en el sector uso de la tierra (incluidos los enfocados en biodiversidad) como mínimo debe considerarse en la presentación de la cartografía el área total y el área elegible, representadas en hectáreas (**Figura 2**).

Para el caso de los PMCC registrados en el sector energético que vinculen parques fotovoltaicos o requieran superficies mayores a una hectárea para desarrollar sus actividades, deben presentar la cartografía del área representada en un polígono.

Estos programas o proyectos deben presentar su cartografía en el formato establecido en la **Sección 3.4** cargándola en EcoRegistry tal como lo señala la **Sección 3.6** La y deberán coincidir con la información reportada en el PDD con relación al:

- **Área total del proyecto**

Esta área abarca la superficie total de un determinado programa o proyecto, incluyendo áreas elegibles y no elegibles (en las que también se incluyen, cuando apliquen, las áreas de monitoreo de fuga consideradas en algunos programas o proyectos del sector uso de la tierra). Por lo tanto, titulares y desarrolladores deben generar el levantamiento cartográfico y presentarlo como uno o varios polígonos, en el que se identifiquen claramente esas áreas.

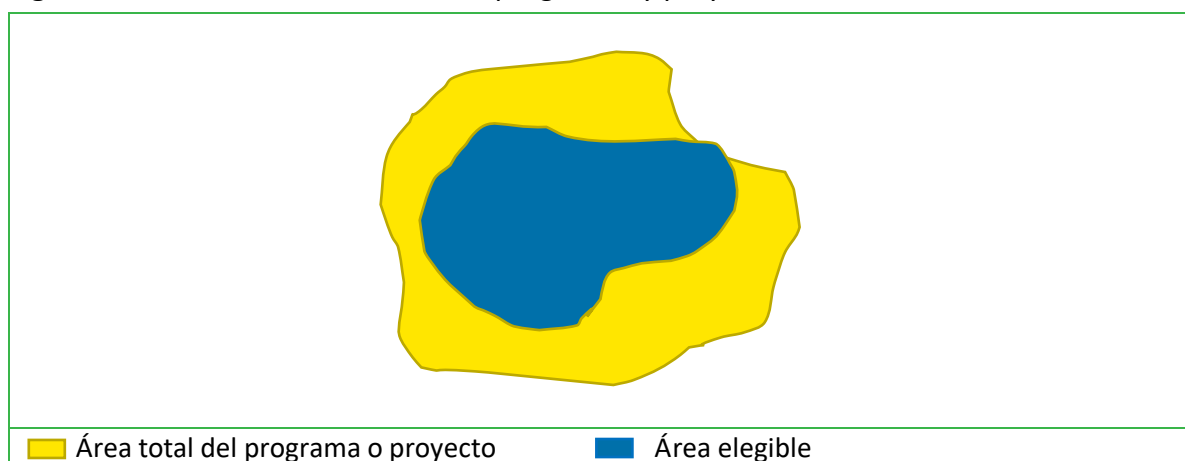
² Tanto de la generación de la cartografía como la del registro en la plataforma de EcoRegistry, como se establece en la **Sección 3.6**.

- **Área elegible**

Es la superficie terrestre, donde se desarrollan las actividades de programa o proyecto, susceptibles de ser certificadas. Dichas áreas deben cumplir con lo siguiente:

- Tener establecidos claramente sus límites geoespaciales.
- Cumplir con los criterios establecidos en las metodologías seleccionadas.
- Identificar, delimitar y representar a través de polígonos las áreas relacionadas a la cobertura arbórea elegible según la actividad y metodología desarrollada, como sucede en algunas del sector uso de la tierra, en las que se clasifican como bosque estable, bosque no estable y no bosque.

Figura 2. Distribución de áreas de los programas y proyectos.



- **Área no elegible**

Es la superficie de terreno que no cumple con los criterios de elegibilidad; esta superficie hace parte del área total del programa o proyecto y no es necesaria su representación en la cartografía, ya que se sobreentiende su existencia dentro de la misma al identificar y representar el área total y las áreas elegibles, establecidas en línea con la(s) metodología(s) seleccionada(s), quedando delimitada y definida claramente por diferencia entre ambas.

3.2.2 Ubicación de instalaciones o procesos industriales

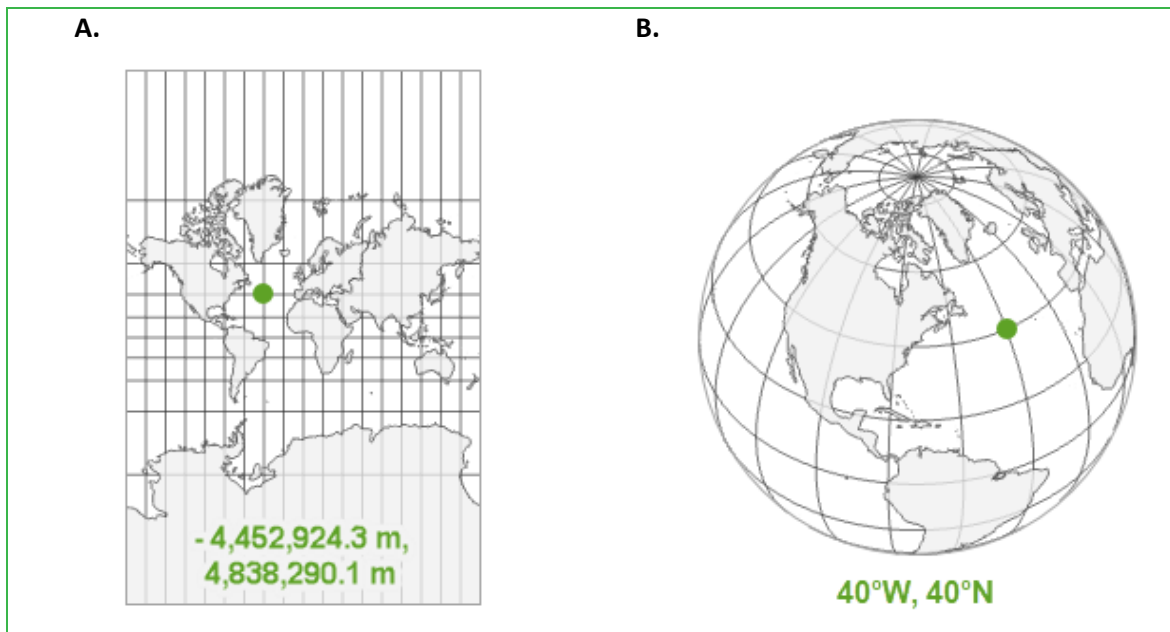
Programas y proyectos cuya actividad se desarrolle en edificios, instalaciones industriales o unidades de proceso específicas, pueden presentar su ubicación (coordenadas) como un punto fijo en la geografía en los formatos establecidos en la **Sección 3.4** y su carga debe realizarse en EcoRegistry tal como lo señala la **Sección 3.6**.

3.3 Sistema de referencia de coordenadas

Los Sistemas de Referencia de Coordenadas (SRC) permiten la definición de cualquier punto en la superficie terrestre, principalmente como coordenadas (valores de latitud y longitud). Estos se dividen en sistemas de referencia de coordenadas proyectadas/planas y geográficos (**Figura 3**).

Los programas y proyectos registrados en Cercarbono deben utilizar en su cartografía el sistema de referencia de coordenadas proyectadas/planas.

Figura 3. Representación de sistemas de referencia de coordenadas: A. Sistema de coordenadas planas. B. Sistema de coordenadas geográficas.



Fuente: Imagen adaptada de Esri, 2023.

3.3.1 Sistema de coordenadas proyectadas

Los sistemas de coordenadas proyectadas (o planas) son utilizados para representar la curvatura de la Tierra en un plano bidimensional, lo que permite una representación más precisa de distancias y áreas. Estos sistemas de coordenadas (ver **Tabla 1**), se basan en una proyección cartográfica específica, que es una transformación matemática de la superficie esférica de la Tierra a un plano (Morales, 2024).

Tabla 1. Sistemas de coordenadas planas disponibles.

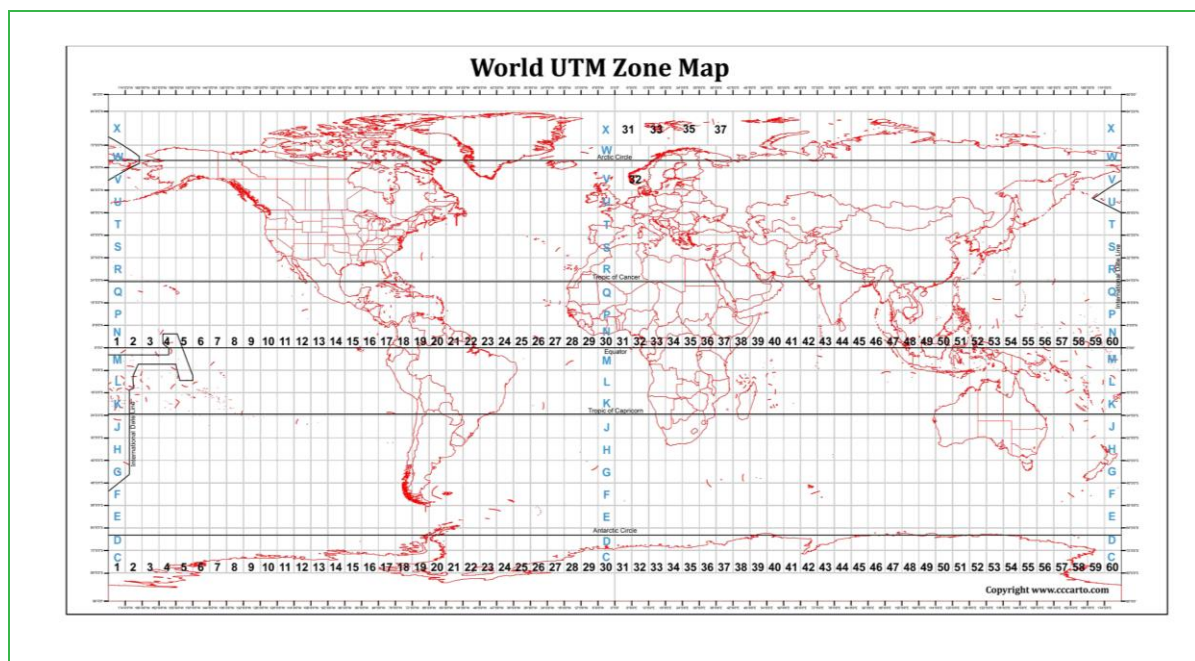
Región	Sistema de referencia de coordenadas	Países
A nivel mundial	UTM (Universal Transverse Mercator)	Todos los países.
África	<i>Albers Equal Area Conic</i>	Egipto y algunas regiones de África del Norte
	<i>Lambert Conformal Conic</i>	Marruecos y Túnez
	Gauss-Krüger	Sudáfrica y Angola
	Sistema de Coordenadas Rectangulares Planas	Sudáfrica, Kenia y Nigeria
	<i>Cassini-Soldner</i>	Argelia, Túnez y Marruecos
América	Versiones de cada país de origen enmarcados en el SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas)	Todos los países de América

Región	Sistema de referencia de coordenadas	Países
	Gauss-Krüger	Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela
	<i>State Plane Coordinate System (SPCS)</i>	Estados Unidos
	<i>CGRS (Constrained Gauss Reference System)</i>	Brasil
Asia	Sistema de Coordenadas Rectangulares Planas	Japón, Corea del Sur, Singapur, Taiwán, China, Indonesia, Malasia, Tailandia, entre otros.
	Sistema de Coordenadas Gauss-Krüger	China, India, Rusia y Corea del Sur.
	Sistema de Coordenadas Locales	Japón, Corea del Sur y Singapur
Europa	Versiones de cada país de origen enmarcados en el <i>European Terrestrial Reference System (ETRS)</i>	Alemania, Francia, España, Italia, Reino Unido, Suecia, Noruega, entre otros.
	Sistema de Coordenadas <i>Gauss-Krüger</i>	Alemania, Francia, España, Italia, Reino Unido, Suecia, Noruega, entre otros.
	Proyección de Lambert Conforme Cónica	Francia, Bélgica, Luxemburgo, Países Bajos, España, entre otros.
Oceanía	Australian Geodetic Datum (AGD)	Australia, Nueva Zelanda, Papúa Nueva Guinea e Islas del Pacífico.
	Sistema de Coordenadas Rectangulares Planas	Australia, Nueva Zelanda, Papúa Nueva Guinea, Fiji y Vanuatu.

Fuente: investigación independiente de Cercarbono.

A nivel internacional el sistema de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*) se utiliza para referenciar cualquier punto de la superficie terrestre, empleando un tipo particular de proyección cilíndrica que representa la tierra sobre un plano basado en cuadrículas. El sistema UTM divide a la Tierra en 60 husos de 6 grados de longitud que completan sus 360 grados. Los husos se enumeran en orden ascendente hacia el Este (Figura 4).

Figura 4. Sistema de coordenadas UTM.

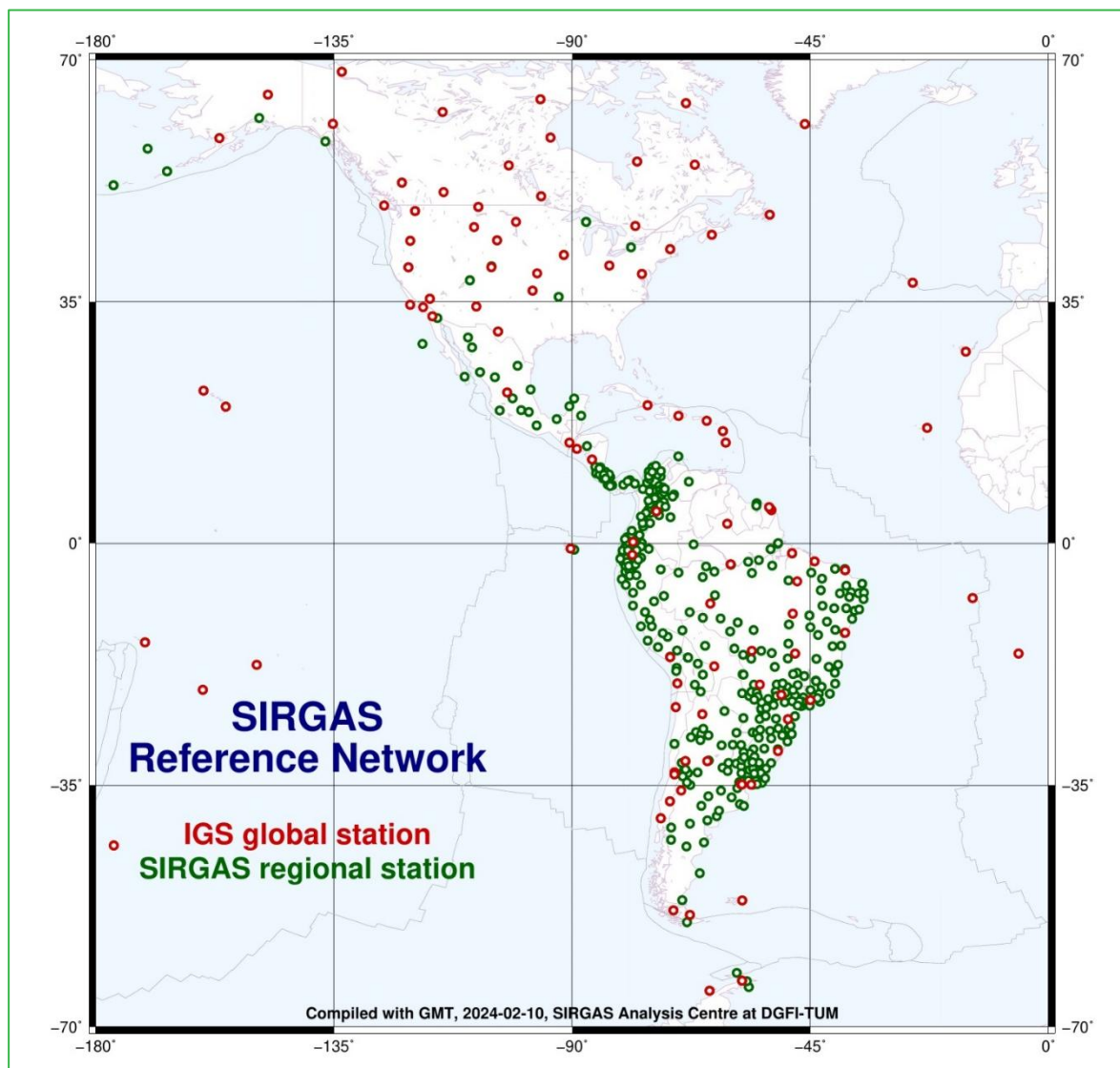


Fuente: Mavink, 2024.

Para países ubicados en Europa, Rusia y China además del UTM utilizan principalmente el sistema de coordenadas de *Gauss-Krüger* que presentan zonas de 3 y 6 grados de ancho, el cual se diferencia del UTM en algunos de sus parámetros como el factor de escala y en ocasiones el falso Este.

Entretanto, para países ubicados en las tres regiones de América (América del Norte, América Central y América del Sur), desde el año 2001 y por recomendación de la 7ª Conferencia Cartográfica de las Naciones Unidas para las Américas, se estableció adoptar como sistema de referencia al Sistema de Referencia Geodésico para las Américas (SIRGAS). Si bien este sistema implementa un sistema geocéntrico, es utilizado para generar las proyecciones planas de los sistemas de referencia en los países de las regiones de América, como es el caso de "SIRGAS 2000 Brasil Mercator", o "MAGNASIRGAS/Origen-Nacional", entre otros (**Figura 5**).

Figura 5. Sistema de coordenadas SIRGAS en América.



Fuente: SIRGAS, 2024.

Basados en las anteriores descripciones, los titulares y desarrolladores deben elegir y especificar el sistema de coordenadas planas utilizado en la cartografía del programa o proyecto registrado en Cercarbono, seleccionando ya sea el sistema UTM (especificando la zona en la que se basa la cartografía), o el oficialmente adoptado por el país donde se ubica el programa o proyecto como sucede en los países de América, que adoptan el sistema de coordenadas SIRGAS.

3.4 Formato de presentación de la cartografía

La cartografía de los programas y proyectos para el sector uso de la tierra y otros sectores que requieran demostrar que sus actividades se llevan a cabo en áreas específicas, debe ser

presentada en formato *shapefile*³ (.shp)⁴ con sus archivos auxiliares bajo coordenadas proyectadas/planas, tal como se establece en la **Sección 3.6**. Estos archivos deben ser consignados en una carpeta comprimida en formato Zip (.zip) y posteriormente ser cargada en EcoRegistry.

Los programas o proyectos que desarrollen sus actividades exclusivamente en edificios, instalaciones industriales o unidades de proceso (**Sección 3.2.2**), deben cargar su ubicación en EcoRegistry en formato *shapefile* (.shp).

3.5 Calidad de la cartografía

La información cartográfica presentada por los titulares o desarrolladores de programas y proyectos, deben considerar los siguientes lineamientos especificados en la Norma ISO 19157-1:2023 y que a continuación se resalta:

- Comprensión e incorporación de los conceptos de calidad y medición de información geográfica. Estableciendo los fundamentos necesarios para definir y comprender los factores que influyen en la calidad de la información geoespacial, como la precisión posicional, la precisión temática y la precisión temporal. Al comprender estos factores y sus implicaciones, los profesionales pueden desarrollar estrategias efectivas para medir y mejorar la calidad de la información geográfica en sus proyectos y aplicaciones.
- Definición de los niveles de conformidad de la calidad de la información en las especificaciones del producto de datos. Esto implica establecer los criterios y las métricas que se utilizarán para evaluar la calidad de la información, así como para determinar si se cumple con los requisitos establecidos para la información geoespacial en términos de precisión posicional, exactitud temática, integridad, consistencia y otros factores de calidad identificados en la norma.
- Especificación de aspectos de calidad en los esquemas de aplicación. Esto puede incluir criterios de calidad específicos que debe cumplir la información geoespacial para satisfacer las necesidades del proyecto o la organización, así como procedimientos para evaluar y garantizar la calidad de la información durante todo el ciclo de vida de esta.
- Evaluación y reporte acerca de la calidad de la información. Para ello, los expertos en GIS deben realizar evaluaciones sistemáticamente, siguiendo estos pasos:
 - Establecer criterios de calidad
 - Seleccionar métodos de evaluación
 - Recopilar información de calidad
 - Realizar análisis de calidad
 - Generar el informe de calidad, y,
 - Presentar los hallazgos.

³ Formato de datos vectoriales geoespaciales usado en *softwares* de sistemas de información geográfica (SIG).

⁴ Este tipo de formato fue seleccionado entre otros, por ser compatible con una amplia gama de funcionalidades y capacidades avanzadas en software GIS, como también por su estructura robusta para almacenar datos atributivos asociados con características geoespaciales de forma confiable y precisa.

El cumplimiento de los anteriores lineamientos sobre la calidad cartográfica debe quedar resaltados en el Documento de Descripción de Proyecto (PDD).

3.5.1 Fuentes de información

El titular o desarrollador del PMCC debe presentar la cartografía y suministrar evidencia de levantamiento cartográfico a partir de fuentes de información confiable y verificable con una resolución espacial media o alta y ser proporcionales a la escala del PMCC tal como se especifica en la **Sección 3.5.3**. En la **Tabla 2** se presentan algunas de las fuentes que se implementan en la generación de la cartografía del PMCC.

Tabla 2. Fuentes de información utilizados en la construcción de la cartografía

Tipo de sensor remoto / tecnología	Producto derivado	Origen de captura	Formato	Aplicaciones y consideraciones técnicas
Satélite óptico multiespectral	Imágenes multiespectrales (RGB, NIR, SWIR)	Satélites (Landsat, Sentinel-2, WorldView, Planet) y drones multiespectrales.	GeoTIFF, JP2	Adecuadas para clasificación de coberturas, monitoreo de cambios y análisis de NDVI/NBR.
Satélite óptico hiperespectral	Imágenes hiperespectrales	Satélites (PRISMA, EnMAP) y drones hiperespectrales.	GeoTIFF, HDF5	Mayor detalle espectral, útil para identificar especies y estado de vegetación.
Radar de apertura sintética (SAR)	Imágenes radar	Satélites (Sentinel-1, ALOS PALSAR, RADARSAT).	GeoTIFF, HDF5	Útil en zonas con nubosidad; detecta estructura y humedad.
LiDAR (Light Detection and Ranging)	Nubes de puntos 3D, modelos digitales de elevación (MDE/MDS)	Satélites (ICESat-2, GEDI), aeronaves, drones, vehículos terrestres.	LAS, LAZ, ASCII XYZ, GeoTIFF (derivados)	Permite estimar altura de vegetación, relieve y estructuras; muy preciso.
GNSS (Global Navigation Satellite Systems) (ej. GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou)	Coordenadas georreferenciadas precisas	Receptores GNSS portátiles o integrados en drones/dispositivos móviles.	CSV, shapefile, GPX	Fundamental para georreferenciación y control de calidad en cartografía.
Ortofotografía	Ortofotos georreferenciadas	Satélites, aeronaves, drones.	GeoTIFF, JPEG2000	Imagen corregida geométricamente para medición precisa de distancias y áreas.

Para generar una colecta adecuada y precisa de la información cartográfica se debe tener en cuenta que el área mínima cartografiable (ver **Sección 3.5.2**), entendida como la unidad mínima de interpretación de fuentes cartográficas y correspondiente con la escala de trabajo, debe ser igual al tamaño mínimo establecido en la definición de bosque del país donde se implementa el PMCC.

Para la clasificación de las coberturas (como bosque estable, bosque no estable y no bosque) se deberá implementar ortofotos, las cuales podrán ser construidas o descargadas de algún portal de datos geospaciales de suscripción gratuita o de pago. Adicionalmente

se contempla la implementación de metodologías, escala espacial y unidades de medición de áreas mínimas generadas por las entidades de monitoreo de bosque del país donde se encuentre el PMCC.

3.5.2 Unidad de área mínima cartografiable

Es entendida como la unidad mínima de interpretación de fuentes cartográficas, correspondiente con la escala de trabajo utilizada (**Sección 3.5.3**), debe ser igual a la unidad mínima establecida en el contexto en el que se desarrolle el programa o proyecto, siguiendo la metodología seleccionada o directrices aplicables, tal como las establecidas por algunos países en su definición de “bosque”.

Para los PMCC que desarrollen actividades agrícolas se designará como unidad mínima el lote (actividad de cultivos agrícolas leñosos) o rodal (actividad de reforestación o restauración forestal, la cual, puede ser una unidad continua o estar conformada por varios polígonos que pueden tener áreas menores al área mínima de bosque definida por el país donde se ubica el PMCC, los cuales pueden estar separados por una característica del terreno (línea eléctrica, camino forestal, red hídrica, zonas de protección, entre otros), siempre y cuando dicha separación no sea mayor a 20 metros entre los puntos más cercanos, en caso que la distancia de separación sea mayor a 20 m el desarrollador o titular del PMCC debe justificar la distancia, teniendo en cuenta las condiciones de paisaje en línea con las normativas ambientales vigentes nacionales o subnacionales. Las imágenes de identificación y monitoreo deben tener una resolución espacial alta, aceptado imágenes desde 10 cm hasta 5 m por *pixel* y contar con un área mínima de 0.25 ha. Adicionalmente, se debe cumplir las siguientes condiciones:

- El titular o desarrollador del PMCC deberá aportar evidencia —mediante cartografía, imágenes de sensores remotos o verificación en campo— que demuestre que los rodales separados están ecológicamente conectados y pertenecen a la misma unidad de manejo, a pesar de la separación física.
- Cualquier separación que supere los 20 metros debe estar debidamente justificada desde el punto de vista técnico, demostrando que se mantiene la continuidad ecológica de la intervención y que los rodales separados siguen funcionando como una unidad de manejo coherente.
- Las separaciones originadas por vías o corredores operativos deben ser demostrablemente necesarias para el adecuado establecimiento, mantenimiento, monitoreo y cosecha de los rodales, sin que ello provoque una fragmentación ecológica significativa.
- La separación espacial no debe utilizarse como un mecanismo para incrementar artificialmente las cifras de reducción de emisiones o remociones del PMCC.

3.5.3 Unidad de área mínima forestal

Para fines cartográficos la unidad mínima forestal corresponderá a la unidad de cobertura forestal continua más pequeña que pueda ser identificada, medida y auditada. En este sentido, se adopta como área e referencia general 1 ha, salvo que exista una unidad diferente establecida de manera oficial por el país donde se desarrolle el PMCC.

3.5.4 Escala de cartografía

El titular o desarrollador debe garantizar que la escala de la cartografía sea proporcional al área del programa o proyecto permitiendo su adecuado análisis, en tal sentido, se debe utilizar la escala generada por la entidad oficial de asuntos cartográficos y adoptada por el país donde se desarrolle el PMCC (**Tabla 3**).

Tabla 3. Escala y área cubierta en una cartografía en alguno de los países donde se registran PMCC en Cercarbono.

País	Entidad	Escala (mín-máx)	Área cubierta mínima por hoja (ha)	Área cubierta máxima por hoja (ha)
Colombia	IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi	1:500 - 1:500000	14,6	6000000
México	INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía	1:1000 - 1:250000	4	150000
Honduras	DGGM/INETER - Dirección de Geografía y Cartografía	1:10000 - 1:50000	100	2500
El Salvador	IGCN - Instituto Geográfico y del Catastro Nacional	1:5000 - 1:50000	25	2500
Nicaragua	INETER - Dirección General de Geodesia y Cartografía	1:10000 - 1:250000	100	150000
República Dominicana	ICM/SGN - Instituto Cartográfico Militar	1:5000 - 1:100000	25	10000
Panamá	IGN - Instituto Geográfico Nacional	1:1000 - 1:100000	4	10000
Ecuador	IGM - Instituto Geográfico Militar	1:1000 - 1:1000000	4	6000000
Perú	IGN - Instituto Geográfico Nacional	1:1000 - 1:500000	4	6000000
Brasil	IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística	1:1000 - 1:1000000	4	6000000
Chile	IGM - Instituto Geográfico Militar	1:5000 - 1:250000	25	150000
Argentina	IGN - Instituto Geográfico Nacional	1:10000 - 1:500000	100	6000000
Bolivia	IGM - Instituto Geográfico Militar	1:10000 - 1:250000	100	150000
Costa Rica	IGN - Instituto Geográfico Nacional	1:5000 - 1:200000	25	40000
Paraguay	IGM - Instituto Geográfico Militar	1:10000 - 1:100000	100	10000
Ghana	SMD - Survey & Mapping Division	1:2500 - 1:50000	625	2500
Etiopía	GSE - Geological Survey of Ethiopia	1:10000 - 1:250000	100	150000

País	Entidad	Escala (mín-máx)	Área cubierta mínima por hoja (ha)	Área cubierta máxima por hoja (ha)
Turquía	GDM - General Directorate of Mapping	1:1000 - 1:1000000	4	6000000
India	Sol - Survey of India	1:10000 - 1:1000000	100	6000000
Nepal	DoS - Department of Survey	1:10000 - 1:250000	100	150000
Bangladesh	SoB - Survey of Bangladesh	1:10000 - 1:250000	100	150000
Laos	NGD - National Geographic Department	1:10000 - 1:100000	100	10000
Vietnam	DMA - Defence Mapping Agency	1:2000 - 1:100000	4	10000
Indonesia	BIG - Badan Informasi Geospasial	1:1000 - 1:250000	4	150000
Malasia	JUPEM - Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia	1:1000 - 1:500000	4	6000000
Egipto	ESA - Egyptian Survey Authority	1:5000 - 1:1000000	25	6000000

3.5.5 Resolución espacial

Programas o proyectos con áreas mayores a una hectárea podrán utilizar imágenes de satélites con escala alta (ver **Tabla 3**) y resolución media-baja, dependiendo del sensor consultado (ejemplo, imágenes tomadas de los sensores de la constelación Landsat).

A continuación, se describen las resoluciones espaciales permitidas por Cercarbono:

- **Resolución espacial media-baja:** información con una resolución espacial de 10 m a 30 m, lo que permite definir escalas de trabajo menores de 1:50.000, provenientes de sistemas de sensibilidad espectral o imágenes satelitales como Sentinel, Landsat, SPOT, ALOS, AVNIR-2, ASTER e IRSS.
- **Resolución espacial alta:** información con una resolución espacial menor a 5m, lo que permite definir escalas de trabajo mayores de 1: 50.000, provenientes sistemas de sensibilidad espectral, imágenes satelitales o aéreas como RapidEye, ortofotos y LiDar.

3.6 Diligenciamiento para la presentación de la cartografía

La información requerida para el correcto análisis de la cartografía presente en el programa o proyecto debe ser diligenciada y cargada en EcoRegistry por parte del titular o desarrollador del programa o proyecto registrado en Cercarbono, de acuerdo con la etapa del ciclo de certificación que lo requiera.

Para este diligenciamiento, en EcoRegistry se desplegará un formulario con sus respectivo instructivo, tal como se establece en **la Figura 6**.

Figura 6. Formulario disponible en EcoRegistry para la presentación de la cartografía.

								
Formulario para la presentación de la cartografía a Cercarbono por parte de un programa o proyecto								
Fecha de cargue en EcoRegistry	Fecha de elaboración de cartografía	Archivo	País	Ubicación	Área total del proyecto (ha)	Área elegible del proyecto (ha) (Cuando aplique)	Sistema de Coordenadas	Comentarios

4. Análisis de la cartografía

4.1 Análisis de la calidad de la cartografía

Una vez que los titulares y desarrolladores de programas o proyectos registrados en Cercarbono han presentado su cartografía, la cual, debe ser auditada en los procesos de validación y verificación como posteriormente revisada en el proceso de certificación, teniendo en cuenta que se:

- Verifique el sistema de coordenadas utilizado en la cartografía de las áreas, las cuales deberán estar ceñidas a un sistema de coordenadas planas o proyectadas como anteriormente se especificó.
- Verifique(n) el(los)polígono(s) y coordenadas, incluyendo el punto específico o área total y áreas elegibles (cuando aplique) del programa o proyecto⁵. Pueden ser establecidos por capas o multi-polígonos.
- Evalúe/revise el punto específico de ubicación o el área total y elegible (cuando aplique), contrastándose con información soportada en el Documento de Descripción del Proyecto (PDD) de cada programa o proyecto.
- Analice/revise que la cartografía sea tenida en cuenta solo para el alcance de la actividad establecida en un determinado programa o proyecto (especialmente en el sector uso de la tierra). Este punto es detallado a continuación.

4.2 Análisis espacial y temporal de la cartografía

En los procesos de validación y de verificación, las áreas incluidas en cada programa o proyecto deben ser sometidas a análisis/revisión para asegurar que las mismas no estén en

⁵ Para programas o proyectos REDD+ verificar que estén alineados al Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) nacional o jurisdiccional cuando aplique, teniendo en cuenta las divisiones ecológicas establecidas en él (como biomas, ecotipos, entre otros).

situación de traslape, especialmente para programas o proyectos en el sector uso de la tierra; para esto se debe realizar cuando menos lo siguiente:

- Revisar las cartografías de los programas y proyectos registrados en Cercarbono (plataforma de EcoRegistry), con potencial de traslape de acuerdo con la ubicación del proyecto o programa bajo análisis.
- Consultar los registros nacionales de iniciativas ambientales del país en que se desarrolla el programa o proyecto (si está disponible). Esta información debe ser consignada en el informe de validación o verificación (incluyendo enlace de acceso),
- Consultar en repositorios de información sobre programas ambientales nacionales o subnacionales en el país donde se implementa los programas o proyectos.
- Consultar en los registros de los otros estándares afines con la actividad de programa o proyecto.
- Consultar para programas o proyectos REDD+ en el repositorio de información sobre los NREF presentados a la CMNUCC o de programas de pagos por resultados del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCCB), Biocarbon Fund, Programa REDD Early Movers (REM), GCF (Green Climate Fund) y en las páginas sobre reporte de la acción por el clima de los gobiernos de Alemania, Noruega, Reino Unido, entre otros.
- Consultar en la base de datos de proyectos de Ecosystem Market Place.

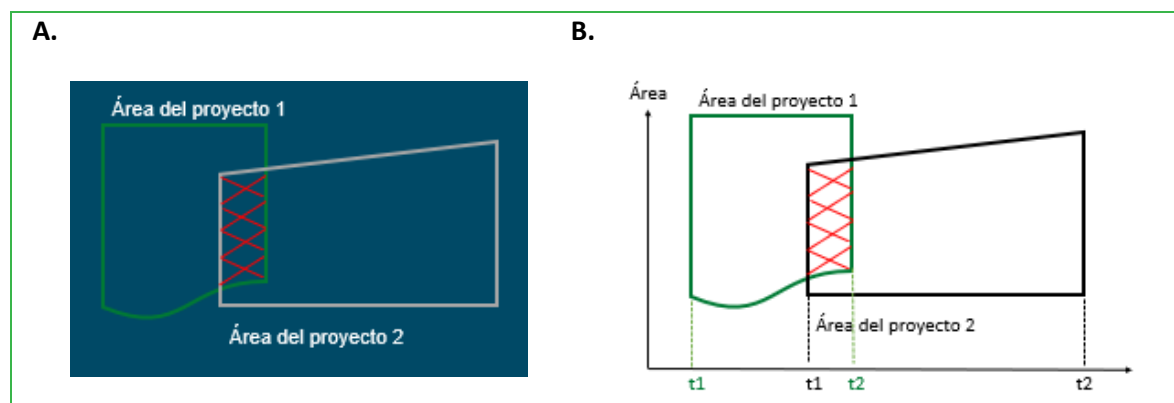
4.3 Análisis de traslapes

En los procesos de validación, verificación y certificación, después de la revisión general de la cartografía se debe efectuar el análisis de traslape que permitirá:

- Prevenir o detectar eventos de doble contabilidad.
- Identificar posibles intersecciones de áreas que involucren diferentes programas o proyectos.
- Identificar posibles intersecciones temporales entre diferentes programas o proyectos.
- Garantizar la transparencia en los procesos de validación, verificación y certificación.

El traslape de un programa o proyecto registrado en Cercarbono con otro(s) registrado(s) ya sea en Cercarbono o en otros estándares puede ser de tipo espacial o temporal (**Figura 7**).

Figura 7. Traslape espacial (A) o temporal (B) entre programas o proyectos.



- **Traslape espacial**

Se presenta cuando dos o más programas o proyectos presentan un área parcial o total común superpuesta.

- **Traslape temporal**

Se presenta cuando dos o más programas o proyectos además de un traslape espacial, presentan una superposición en el período de registro ante un estándar y/o en el período de acreditación otorgado por el estándar.

Si se presenta un traslape se debe tener en cuenta que pueden ser:

- **Compatible:** superposición simultánea del área “parcial o total”, donde pueden coexistir dos o más programas o proyectos, siempre y cuando las actividades y resultados finales sean diferentes entre sí. Por tanto, se revisa y analiza principalmente el traslape de tipo espacial.
- **No compatible:** superposición simultánea del área “parcial o total”, del período de registro o acreditación y de la actividad de los programas o proyectos. Por tanto, no pueden coexistir dos o más programas o proyectos, teniendo en cuenta las anteriores características. Por tanto, se revisa y analiza los traslape de tipo espacial y temporal.

4.3.1 Identificación sistematizada de traslapes

En los procesos de formulación, validación, verificación y certificación, para la identificación de posibles traslapes entre dos o más programas o proyectos, los titulares/desarrolladores, OVV y Cercarbono pueden utilizar e integrar diversas formas de realizarlo, ya sea utilizando herramientas automatizadas disponibles como la desarrollada por EcoRegistry o utilizando procedimientos internos propios para identificarlos.

La herramienta GeoCarbon de EcoRegistry está disponible para los titulares/desarrolladores y OVV autorizados por Cercarbono, con la que se identifican si existen o no posibles situaciones de traslape geográfico, generando un reporte automatizado sobre el programa o proyecto bajo análisis.

4.3.2 Confirmación de traslapes identificados

En los procesos de validación, verificación y certificación, una vez se han identificado potenciales traslapes, ya sea con la utilización de herramientas automatizadas o mediante procedimientos internos, se analiza la cartografía para corroborar el traslape o esclarecer que las áreas no lo presentan de la siguiente manera:

4.3.2.1 Recopilación y homogenización de cartografía con posibles traslape

Se recopilan las cartografías de cada uno de los programas o proyectos con potenciales traslapes para ser analizados mediante *softwares* especializados en Sistemas de Información Geográficos (GIS).

Con el fin de asegurar la homogeneidad de la cartografía, se debe revisar si éstas presentan los mismos sistemas de coordenadas. De no ser así, estas se proyectarán a un solo tipo del sistema de coordenadas planas. El sistema de coordenadas planas seleccionado dependerá

del país en el que se desarrolla el programa o proyecto como se estableció en la **Sección 3.3.1.**

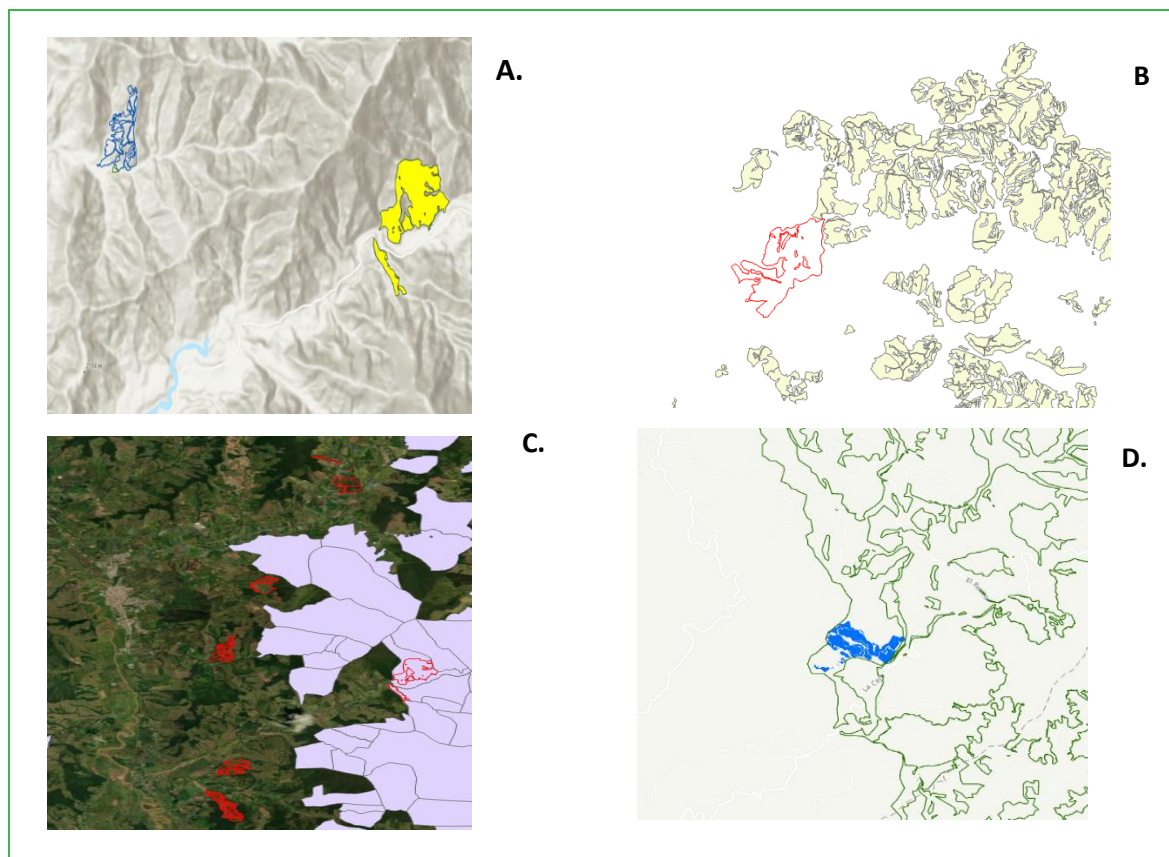
Para este paso del análisis de traslape se debe utilizar un software especializado en GIS, en el caso de Cercarbono ArcGIS pro®. Existen otros softwares que brindan el mismo tipo de análisis de la información geográfica y la selección de este dependerán de las consideraciones técnicas del organismo que realice el análisis de traslape.

4.3.2.2 Análisis de posibles áreas traslapadas

Una vez recopilada y homogeneizada la cartografía de los programas o proyectos con posible traslape se deben realizar los siguientes pasos:

- 1) Evaluación visual de las áreas que hacen parte de los programas o proyectos con posible traslape para identificar si las áreas de estos están superpuestas (ver **Figura 8**).

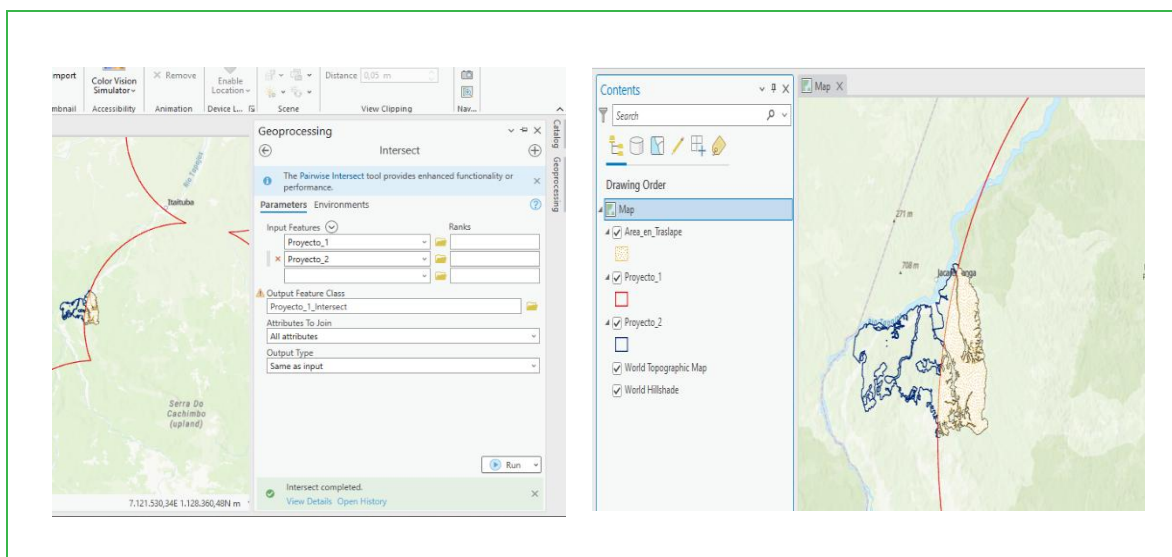
Figura 8. Análisis visual de posibles traslapes. Las figuras A y B corresponden a programas o proyectos sin áreas superpuestas. Figura C, traslape parcial entre las áreas del programa/proyecto y D. traslape de área total del programa y/o proyecto.



- 2) Análisis de las áreas a través de la herramienta GIS, una vez se identifica visualmente que las áreas de los programas o proyectos están superpuestas. Se realiza para calcular intersecciones geométricas entre los polígonos que conforman las áreas de los programas o proyectos; Cercarbono implementa la herramienta “Intersect” disponible

en el software ArcGIS Pro®, la cual crea un polígono con las áreas traslapadas (ver **Figura 9**).

Figura 9. Análisis de áreas superpuestas a través de herramienta “Intersect” disponible en ArcGIS Pro®.



- 3) Una vez se ha creado el polígono con las áreas traslapadas (superpuestas) se genera la estimación del área presente en el polígono del traslape (ver **Figura 10**), utilizando este proceso general:
- a) Abrir la tabla de atributos del polígono.
 - b) Crear una columna específica para las áreas del polígono verificando que las unidades del polígono sean hectáreas.
 - c) Calcular el área del polígono a través de la herramienta “Calculate Geometry”.
 - d) Por último, se calcula el área total del polígono a través de la herramienta “Statistics”.

Figura 10. Generación de la estimación del área del polígono del traslape



4.3.2.3 Reporte del análisis de áreas traslapadas

Una vez se ha realizado el análisis de las posibles áreas traslapadas entre dos o más programas o proyectos, se genera un reporte final en el que se concluye si existe o no el traslape.

En el proceso de validación o verificación, este reporte debe ser extendido al titular o desarrollador del programa o proyecto a través de una solicitud (de aclaración o correctiva), la cual debe ser reflejada y haber sido subsanada en el informe final de validación o verificación.

En el proceso de certificación el reporte final se enviará al titular, desarrollador u OVV del programa y proyecto, anexo a la solicitud de cambio respectiva mediante la plataforma de EcoRegistry.

4.3.3 Resolución de traslapes identificados en el ciclo de certificación

Una vez se han identificado las áreas traslapadas en los programas o proyectos registrados en Cercarbono, se debe tener en cuenta en qué etapa del ciclo de certificación se encuentran:

- **En las etapas de registro y de certificación:**

Cercarbono enviará mediante la plataforma de EcoRegistry el reporte final con los traslapes potenciales identificados a los titulares/desarrolladores de programas o proyectos que están en estas etapas, quienes deben revisar los criterios de elegibilidad de la metodología seleccionada y realizar los ajustes pertinentes.

Los titulares/desarrolladores deben realizar acercamientos independientes o mediados por Cercarbono, a solicitud de las partes, con los titulares/desarrolladores de los programas o proyectos involucrados, tanto aquellos registrados en Cercarbono como los registrados en otros estándares para la resolución de estos traslapes.

Si los programas o proyectos no llegan a un consenso, deben acudir a las autoridades competentes para dirimir las diferencias o dejar en espera la situación, en este caso el ciclo de certificación del programa o proyecto en situación de traslape se pausará hasta en tanto se alcanza una resolución voluntaria o legal.

Adicionalmente se deben contemplar en estas etapas los siguientes escenarios:

- ***Si se presenta un traslape compatible:***

El titular/desarrollador en estas etapas debe demostrar que las actividades a desarrollarse en las áreas tienen un alcance diferente del programa/proyecto ya registrado o implementado en Cercarbono o en otros estándares.

- ***Si se presenta un traslape no compatible:***

El titular/desarrollador en estas etapas debe evaluar/retirar las áreas en situación de traslape teniendo en cuenta:

- Si los períodos de registro y de acreditación de los proyectos o programas en traslape son iguales, se debe realizar un análisis sobre la titularidad de la propiedad y su participación en la actividad de programa o proyecto. El titular es quien elige en qué programa o proyecto participará, eliminándose las áreas del programa o proyecto que no cuente con su aval.
- Si los períodos de registros y de acreditación son diferentes, se respaldará al primer programa o proyecto registrado ante el sistema de registro nacional del país (si existe) donde se implementa o implementará el programa o proyecto. Posterior y suplementariamente a ello se respaldará al primer programa o proyecto registrado o certificado ante Cercarbono⁶ o en otro estándar.
- Si el programa o proyecto ha generado créditos de carbono, Cercarbono activará los procedimientos correspondientes a ajustes *post*-certificación o a hechos descubiertos después de la certificación establecidos en su marco normativo. Dichos créditos seguirán siendo considerados como válidos mientras no se determine lo contrario, no obstante, podrán ser bloqueados preventivamente (si hay disponibles) hasta resolverse la situación de traslape.

- **En las etapas de validación o verificación:**

Serán directamente los OVV quienes deben generar los reportes de traslapes identificados y realicen las respectivas solicitudes a cada programa o proyecto.

5. Monitoreo de coberturas

Los PMCC registrados bajo las metodologías del sector uso de la tierra como son la REDD+ o Forestal Agrícola deberán contemplar dentro del área total y elegible la siguiente clasificación en relación con su cobertura y según aplique a la actividad que se desarrolle (**Figura 2**):

- I. Áreas de bosque estable.
- II. Bosque no estable.
- III. No bosque.
- IV. Asentamientos.

Para generación del monitoreo de las coberturas se deberán seguir los siguientes pasos:

⁶ Ello porque cumple con los lineamientos establecidos para el ciclo de certificación, establecidos en el protocolo de Cercarbono.

1. **Análisis preliminar:** el cual permite establecer una región en la que se analiza la cobertura de bosque estable y los cambios que ha sufrido (bosque no estable o no bosque, ésta última si aplica, ya que puede corresponder a otras categorías de uso de la tierra) bajo un período igual o superior a diez años. El análisis preliminar permite confirmar las áreas elegibles y no elegibles, como también las actividades de programa o de proyecto que el PMCC va a implementar.

La documentación usada para el análisis debe considerar la totalidad del área a incluir en el PMCC y se deben sustentar las coberturas existentes en la fecha para la cual se hace dicho análisis. La interpretación cartográfica debe complementarse para soportar las coberturas (y su clasificación) a la fecha de inicio del PMCC y aquellas al momento del soporte legal.

2. **Uso y Análisis de imágenes:** se podrá usar imágenes provenientes de sensores como CBERS, RapidEye, ASTER, Sentinel 2, Sentinel 1, LiDAR, entre otros. Las imágenes deberán tener una cobertura de nubes menor al 10 %, para alcanzar este umbral de porcentaje de nubosidad se podrá generar mosaicos de imágenes provenientes de un periodo menor a un año. Las imágenes deberán ser corregidas geométrica y radiométricamente para eliminar distorsiones o utilizar ortofotos que ya incluyen este tipo de correcciones.

Para identificar y clasificar las coberturas presentes en el área del PMCC se podrá implementar índices estructuras o espectrales según aplicabilidad y disponibilidad de estas (Tabla 4).

Tabla 4. Índices espectrales o estructurales implementados en el análisis de cobertura arbórea.

Índice	Tipo de índice	Fuente de datos	Fórmula / Método de cálculo	Descripción
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	Espectral (óptico)	Satélites multiespectrales (Landsat, Sentinel-2, Planet), drones multiespectrales	$(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$	Diferencia vegetación / no vegetación
EVI (Enhanced Vegetation Index)	Espectral (óptico)	Satélites multiespectrales	$2.5 \times (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + 6 \times \text{Red} - 7.5 \times \text{Blue} + 1)$	Diferencia bosques densos / vegetación baja / no vegetación
GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index)	Espectral (óptico)	Satélites y drones multiespectrales	$(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green})$	Separación de cultivos / praderas / bosques según clorofila
SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)	Espectral (óptico)	Satélites y drones multiespectrales	$[(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + L)] \times (1 + L)$, $L \approx 0.5$	Clasificación en áreas áridas o con alta influencia de suelo
NDWI (Normalized Difference Water Index)	Espectral (óptico)	Satélites multiespectrales	$(\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$	Separación de coberturas hídricas vs. vegetación o suelo

Índice	Tipo de índice	Fuente de datos	Fórmula / Método de cálculo	Descripción
Difference Water Index)			(Green + NIR)	
Hmax (Altura máxima del dosel)	Estructural (LiDAR)	LiDAR satelital (GEDI, ICESat-2), LiDAR aerotransportado, drones LiDAR	Máxima altura de retorno	Distingue bosque alto, bosque bajo, arbustal, pastizal
Hmean (Altura media del dosel)	Estructural (LiDAR)	LiDAR satelital, aerotransportado o drones	Promedio de altura de retornos	Refina clasificación de tipos de vegetación
Canopy Cover (Cobertura del dosel)	Estructural (LiDAR)	LiDAR, fotogrametría 3D	% de retornos por encima de un umbral	Determina presencia de bosque vs. áreas abiertas
RVI (Radar Vegetation Index)	Estructural (SAR)	SAR polarimétrico (Sentinel-1, ALOS PALSAR, RADARSAT)	$(4 \times HV) / (HH + VV)$	Estima biomasa y densidad de vegetación
VH/VV Ratio	Estructural (SAR)	SAR dual-pol (Sentinel-1)	VH / VV	Diferencia vegetación vs. superficies duras o agua
HH/HV Ratio	Estructural (SAR)	SAR polarimétrico	HH / HV	Diferencia bosque denso vs. cultivos/pastizales
Entropía (H)	Estructural (SAR)	SAR polarimétrico (descomposición Cloude-Pottier)	Medida de aleatoriedad de dispersión	Diferenciar tipos de cobertura según dispersión
Alpha angle (α)	Estructural (SAR)	SAR polarimétrico	Ángulo medio de dispersión	Diferencia vegetación volumétrica vs. doble rebote

Una vez calculados los índices se deberán definir los rangos característicos para cada cobertura y se validados y verificados en campo, en la **Tabla 5** se presentan rangos típicos de los índices que podrán usar en la clasificación de las coberturas. Se sugiere combinar al menos un índice espectral y uno estructural con el fin de mejorar la precisión en la cartografía.

Tabla 5. Rangos típicos de índices usados en la clasificación de coberturas.

Índice	Rango típico	Interpretación	Cobertura probable
NDVI	< 0.1	Muy baja o nula vegetación	Agua, suelo desnudo, infraestructura
	0.2 – 0.5	Vegetación baja o dispersa	Pastizal, cultivos jóvenes
	> 0.6	Alta biomasa vegetal	Bosque denso
EVI	< 0.2	Vegetación escasa	Suelo expuesto o pasto ralo
	0.3 – 0.5	Vegetación moderada	Arbustal, cultivos
	> 0.5	Alta densidad de vegetación	Bosque
NDWI	> 0.3	Alta presencia de agua	Ríos, lagos, humedales

índice	Rango típico	Interpretación	Cobertura probable
	< 0.1	Baja humedad superficial	Vegetación seca, suelo
Hmax (m)	< 1	Sin estructura arbórea	Pastizal, cultivos bajos
	1 – 5	Arbustal o regeneración	Matorral, vegetación secundaria
	> 15	Bosque alto	Bosque primario o secundario maduro
Hmean (m)	0.5 – 3	Vegetación baja	Pastizal, arbustal
	> 8	Vegetación alta	Bosque maduro
Canopy Cover (%)	< 20%	Cobertura muy baja	Áreas abiertas, cultivos
	20 – 70%	Cobertura media	Arbustal, bosque ralo
	> 70%	Cobertura alta	Bosque cerrado
VH/VV ratio	< 0.2	Superficies lisas o agua	Agua, suelo desnudo
	0.3 – 0.6	Vegetación baja o media	Pastizal, arbustal
	> 0.6	Vegetación volumétrica	Bosque denso

Para realizar la clasificación de las coberturas se podrá utilizar métodos de clasificación “supervisada” y “no supervisada” a través de las diferentes herramientas presentes en los softwares especializados en GIS:

- Método supervisado.** Requiere datos de entrenamiento y se pueden usar algoritmos como: *Random Forest*; *Support Vector Machine* (SVM); *K-Nearest Neighbors* (KNN) o Redes neuronales convolucionales, entre otros.
 - Método no supervisado.** Se genera a través de agrupación por similitud espectral y los métodos más usados son *K-Means* y ISODATA.
3. **Análisis temporal de las coberturas:** Previo a cada proceso de verificación, deberá realizarse un análisis temporal que identifique y cuantifique los cambios o la permanencia de las coberturas dentro del área del proyecto, comparando la información más reciente con los periodos anteriores para detectar variaciones significativas en su extensión o condición.

Se aceptarán otras propuestas metodológicas relacionadas con la clasificación de las áreas (bosque estable, bosque no estable y no bosque) o subclasificación que se consideren pertinentes, siempre y cuando sean justificadas y soportadas técnicamente. Por lo tanto, se debe aplicar una metodología que permita la clasificación de las áreas presentes en el PMCC de una manera clara.

6. Vigencias y régimen de transición

Este documento entra en vigencia el día de su publicación, y en caso de discrepancia, prevalece sobre cualquier disposición que pudiera encontrarse en otros documentos normativos de Cercarbono, respecto de los temas incluidos en él.

Los lineamientos aquí expresados aplican a programas o proyectos registrados en Cercarbono teniendo en cuenta:

- Su adopción completa de nuevos programas o proyectos registrados en Cercarbono en el momento de su publicación.
- Para proyectos y programas ya registrados, la cartografía será actualizada en línea con la presente guía en cada nuevo evento de verificación.

7. Referencias

Esri. (2023). *Sistemas de coordenadas, proyecciones y transformaciones*. Disponible en: kutt.it/P5hGgW.

International Standard (ISO) 19157:2013. *Geographic Information - Data Quality*. First edition 2023-04.

Mavink. (2024). Consultado el 27.02.2024. Disponible en: <https://mavink.com/explore/Map-of-UTM-Zones>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Glosario*. Disponible en: kutt.it/WgART6.

Morales, A. (2024). Diferencias entre los sistemas de coordenadas geográficas y proyectadas. Disponible en: kutt.it/PNN7mm.

SIRGAS (2024). Consultado el 16.02.2024, disponible en: <https://sirgas.ipgh.org/2022>.

8. Historia del documento

Versión	Fecha	Comentarios o cambios
1.0	20.03.2024	Versión inicial.
1.1	07.11.2025	Se ajusta escala cartográfica, presentación de coordenadas de infraestructuras de PMCC registrados en el sector energía. Adicionalmente, se actualiza Figura 2 y se hace precisión de las diferentes coberturas armonizadas a las metodologías de Cercarbono (REDD+ y Forestal Agrícola). De igual manera se actualiza fuentes de información, unidad de área mínima y se incorpora Sección 5 “monitoreo de coberturas”.