

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN TERRITORIAL Y
GEOGRÁFICA EN LOS MERCADOS DE CARBONO**

NATALIA MARCELA PITTA OSSES

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN EN PRESERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES**

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

FLORIDABLANCA

2015

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN TERRITORIAL Y
GEOGRÁFICA EN LOS MERCADOS DE CARBONO**

NATALIA PITTA OSSES

**Monografía para optar por el título de Especialista en Preservación y
Conservación de Recursos Naturales**

Director: M.Sc. Juan Carlos Forero Sarmiento

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA

**ESPECIALIZACIÓN EN PRESERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES**

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

FLORIDABLANCA

2015

Contenido

GLOSARIO	4
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 General.....	11
2.2 Específicos	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1 Marco conceptual	12
3.2 Marco Legal	14
4. MERCADO DE CARBONO	16
4.1 Antecedentes.....	18
4.2 Iniciativas REDD	19
4.3 Proyectos en Colombia	21
5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y TERRITORIAL	25
5.1 Antecedentes.....	25
5.2 Sistemas de Información Territorial (SIT)	25
5.3 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	29
5.4 Sistemas catastrales	31
5.5 Características	31
6. USO DE SIG Y SIT EN LOS MERCADOS DE CARBONO	35
6.1 En el mundo	35
6.2 En Colombia.....	38
Construcción de Resultados	39
Uso de la herramienta.....	39
7. DEBILIDADES Y FORTALEZAS DEL USO DE SIG Y SIT EN MERCADOS DE CARBONO	41
Ventajas de la implementación de SIG y SIT en iniciativas REDD+ (Gupta, 2012):.....	42
Desventajas de la implementación de REDD+ (Gupta, 2012):	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

GLOSARIO

Adaptación: “En los sistemas humanos, es el proceso de adaptación al clima actual o esperado, y a sus efectos, con el fin de moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. En los sistemas naturales, es el proceso de adaptación al clima actual y sus efectos; la intervención humana puede facilitar la adaptación al clima esperado” (IPCC-SREX, 2012).

AFOLU: De acuerdo con el IPCC, se trata de “un sector de inventarios de gases de efecto invernadero que abarca las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de las actividades relacionadas con la agricultura, la silvicultura y otros usos del suelo. “Con base en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios de gases de efecto invernadero nacional, el AFOLU consolida los sectores anteriores LULUCF (uso de la tierra, cambio de uso de la tierra o y silvicultura) y la agricultura.

Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero: Emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de las actividades humanas.

Ciclo de carbono: “Este término se utiliza para describir el flujo de carbono (en diversas formas, tal como dióxido de carbono) a través de la atmósfera, el océano, la biosfera y la litosfera terrestres” (IPCC-AR4, 2007).

Cambio Climático: “Se refiere a “un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural observada del clima durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 1992).

Variabilidad Climática: “La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en promedios y otras estadísticas (desviaciones estándar, la ocurrencia de extremos, por ejemplo) del clima, en todas las escalas espaciales y temporales más allá de la de los fenómenos meteorológicos individuales. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones en fuerzas externas naturales o antropogénicas (variabilidad externa)” (IPCC-AR4 2007).

Deforestación: “La conversión por actividad humana directa de tierras boscosas en tierras no forestales” (Acuerdos de Marrakech 2001, CMNUCC).

La degradación forestal: “La reducción de la capacidad de un bosque para producir bienes y servicios. El término ‘capacidad’ se refiere a la escala de tiempo y el estado de referencia de un bosque determinado. Aunque no se cree que esta definición básica sirva como sustituto de las definiciones existentes, se ofrece para aclarar los puntos en común entre ellas” (FAO, 2009).

Bosque: En el marco del Protocolo de Kioto, los bosques se definen como “un área mínima de tierra que va entre 0,05 y 1,0 hectáreas, con una cobertura arbórea (o un nivel equivalente de existencias) de entre 10-30 por ciento y con una altura del dosel

mínima entre 2 a 5 metros en su madurez in situ. Un bosque puede estar conformado tanto por formaciones forestales densas, donde los árboles de diversas alturas y el sotobosque cubren una elevada porción del terreno, o por masas boscosa abierta. También se consideran bosques a las masas forestales naturales y a todas las plantaciones jóvenes que están por alcanzar una densidad de copas entre el 10 y el 30 por ciento o una altura de los árboles de entre 2 a 5 metros; se incluyen bajo la denominación de bosque, las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa pero que temporáneamente se halla sin existencias, como resultado de la intervención humana, explotación, o causas naturales, pero que se espera vuelvan a convertirse en bosque.”(Acuerdos de Marrakech 2001, CMNUCC). Dentro del mecanismo de REDD+ CMNUCC no se ha establecido una definición común para bosques.

El calentamiento global: “El aumento gradual progresivo de la temperatura superficial de la Tierra que se cree es causado por el efecto invernadero y es responsable de los cambios en los patrones climáticos mundiales” (Glosario de la CMNUCC).

Efecto invernadero: “El proceso por el que se incrementa la temperatura de equilibrio de la Tierra debido a la presencia de gases en la atmósfera que absorben y reemiten la radiación de onda larga saliente, frenando su pérdida en el espacio” (Glosario de NOAA).

Inventario de gases de efecto invernadero (GEI): Un tipo de inventario de emisiones que se usa para entender las fuentes y tendencias de las actividades humanas que contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. El inventario de GEI para REDD+ debe ser parte y ayudar en el establecimiento de un inventario nacional de GEI que incluya las emisiones y absorciones de GEI provenientes de la generación de energía, de procesos industriales, del uso de solventes y otros productos, de la agricultura, de cambios en el uso de la tierra, de la silvicultura y de los sectores de descargas residuales.

Gases de efecto invernadero: : “Los gases invernaderos son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera en sí, y por las nubes. Este proceso causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre” (IPCC-AR4, 2007).

LULUCF: De acuerdo con el IPCC, se refiere al sector de inventarios de gases de efecto invernadero que genera emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes de las actividades relacionadas con el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y la silvicultura (de las siguientes categorías: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras).

Mitigación: “Es “el cambio tecnológico y los cambios en las actividades que reducen las emisiones por unidad de producción. Aunque varias políticas sociales, económicas y tecnológicas producirían una reducción de emisiones, con respecto al cambio climático, la mitigación implica la aplicación de políticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar los sumideros” (IPCCSRREN, 2011).

Depósito: “Componente del sistema climático, distinto de la atmósfera, que tiene capacidad para almacenar, acumular y emitir una sustancia que es motivo de preocupación (como el carbono, un gas de efecto invernadero, o un precursor). Los océanos, tierras y bosques son ejemplos de depósitos de carbono. Yacimiento es un término equivalente (la definición de ‘yacimientos’ incluye a menudo la atmósfera). La cantidad absoluta de sustancias preocupantes dentro de un depósito en un momento determinado se denomina reserva” (FAO, 2009).

Sumidero: “Todo proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera” (CMNUCC, 1992). Fuente: “Todo proceso o actividad que libera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gases de efecto invernadero a la atmósfera “(CMNUCC, 1992).

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN TERRITORIAL Y GEOGRÁFICA EN LOS MERCADOS DE CARBONO

AUTOR(ES): Natalia Pitta Osses

FACULTAD: Esp. en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales

DIRECTOR(A): Juan Carlos Forero Sarmiento

RESUMEN

El cambio climático es una problemática que afecta a todas las regiones del mundo, a pesar de que los causantes de que se haya acelerado dicho proceso son mayormente los países industrializados que emiten contaminantes en magnitudes muy altas para la resiliencia de los ecosistemas afectados. Debido a esta situación, el Protocolo de Kioto, establecido en 1997, crea un marco de compromiso para que todas las naciones firmantes se comprometan a alcanzar metas de reducción de emisiones que contribuyan a la disminución de la contaminación. Una de las alternativas planteadas es la Reducción de Emisiones por Degradación y Deforestación, REDD, que crea un mercado de bonos de carbono cuyo mecanismo básico consiste en la creación de espacios de preservación de ecosistemas en países en vía de desarrollo, cuyas toneladas de CO₂ almacenadas se venden de acuerdo al precio en el mercado, lo que beneficia a ambas naciones. El uso de Sistemas de Información Geográfica y Territorial (SIG y SIT) adquiere importancia para el ordenamiento del territorio, la descripción del estado de los bosques y la creación del inventario forestal, con lo que se incrementa la facilidad del manejo de los ecosistemas de interés para el mercado. En Colombia, el potencial para este tipo de proyectos es alto, pero debe crearse un marco normativo que proteja a las comunidades rurales e indígenas, y deben incrementarse los mecanismos de formación en lo relativo a los SIG y SIT, de manera que los proyectos tengan mayor solidez y se asegure su elegibilidad en el contexto comercial del Protocolo.

PALABRAS

CLAVES:

Sistemas de información geográfica, mercados de carbono, georreferenciación

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: IMPLEMENTATION OF TERRITORIAL AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (TIS AND GIS) IN CARBON MARKETS IN COLOMBIA

AUTHOR(S): Natalia Pitta Osses

FACULTY: Esp. en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales

DIRECTOR: Juan Carlos Forero Sarmiento

ABSTRACT

Climate change is an issue that affects all parts of the world, despite the cause of the acceleration of this process are mainly developed countries, which pollutant emissions are way higher for the ecosystems' resilience. Because of this situation, Kyoto Protocol, signed in 1997, created a commitment framework for all the signing countries to focus their efforts into the reaching of some goals in reduction of emissions, in order to reduce the planet's pollution. One of the main options created was the Reduction of Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD), which set up a carbon market as a basic mechanism for the creation of spaces for the preservation and conservation of forests in developing countries, and the carbon tons saved within this processes can be sold to industrialized countries as Reduction of Emissions Certificates (REC), establishing a bond of mutual benefit. Using Territorial and Geographic Information Systems (TIS and GIS) gained relevance over the years for the land use, the description of forests' current state and the creation of a forest inventory, which facilitates ecosystems' management for the carbon market. In Colombia, this projects have major potential, but a regulatory framework has to be created in order to protect rural and indigenous communities, and the mechanisms of formal education related to SIG and SIT have to be improved, in order to increase the projects' strength and its eligibility in the Protocol's commercial context.

KEYWORDS:

Geographic Information Systems, Land use, carbon market

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación que se presenta a nivel mundial, proveniente de fuentes industriales, comerciales y hasta públicas, ha representado una problemática de salud pública durante las pasadas décadas. Se han planteado numerosas propuestas y alternativas enfocadas al mejoramiento de las condiciones productivas, al cambio de políticas industriales por mecanismos limpios, mediante iniciativas de sostenibilidad en el marco de responsabilidad social empresarial. No obstante, todas estas propuestas requieren un amplio marco legal para funcionar eficazmente en el tiempo, lo que no es factible de cumplimiento en el corto plazo, debido a que las políticas propuestas carecen de la adopción de ese compromiso, especialmente por parte de los países que más emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) generan.

Las iniciativas REDD+, propuestas por las Conferencias de las Partes (COP) en el marco de las negociaciones auspiciadas por las Naciones Unidas para poner fin a la problemática ambiental de la contaminación, presentan la ventaja de tener componentes que incluyen la economía de mercado, el desarrollo social y la sostenibilidad, y han demostrado ser alternativas eficientes para el control de la reducción de emisiones por parte de países industrializados, mientras se apoya el progreso de las naciones en vías de desarrollo.

No obstante, para que las iniciativas sean eficientes y sostenibles, deben darse en un marco legal sólido, con apoyo gubernamental y garantías para las comunidades de las áreas de influencia. Con el fin de lograr estas condiciones, se ha propuesto el uso de Sistemas de Información Geográfica y Territorial (SIG y SIT) que permitan organizar la información recolectada en una plataforma versátil y eficiente, y que genere la base para el adecuado desarrollo de estos mecanismos de mitigación.

La llegada de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitió el planteamiento de toda una nueva ciencia dedicada al ordenamiento territorial y al apoyo en las nuevas tecnologías para conocer la conformación del terreno en diversas zonas del territorio y proponer los mejores usos para las mismas. No obstante, el factor social tiene suma importancia en la toma de decisiones concerniente a los usos del suelo, ya que no sólo influyen sus intereses, sino también sus tradiciones y limitantes. Por tanto, se hace necesaria la implementación de los Sistemas de Información Territorial, los cuales, apoyados en los SIG, permiten analizar la conformación territorial y proponer cambios o mejoras en el uso del suelo teniendo en cuenta la conformación de la sociedad en la zona de

influencia, y partiendo del análisis de variables cualitativas como la legitimidad del Estado, la economía y las particularidades de orden público.

Las alteraciones y externalidades relativas al cambio climático pueden manifestarse según diferentes síntomas, de acuerdo a la localización de las regiones a analizar, como cambios en la presencia de plagas, vectores y ciclos de vida de cultivos y biodiversidad asociada a la productividad (Escobar & Hennerberger, 2010). Por tanto, se hace la creación de un sistema multidisciplinar, que contemple las características ambientales y el potencial de recuperación del terreno, las necesidades de las comunidades afectadas y las ganancias económicas que resultarían de la aplicación del mecanismo REDD+.

La presente monografía es una revisión del estado actual de las iniciativas REDD+, aplicadas en el marco de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) en Colombia, usando las herramientas de SIG y SIT, así como las problemáticas que se han presentado durante la aplicación y las perspectivas a futuro dentro de un marco de operaciones enfocadas a la reducción de emisiones en territorio colombiano.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Identificar las metodologías de SIG y SIT usadas en propuestas de mercados de carbono, teniendo en cuenta su aplicación en Colombia y el mundo.

2.2 Específicos

- Determinar el uso de SIG y SIT en el territorio nacional, y las razones de que no se implemente en todo el territorio.
- Establecer los principales limitantes y retos respecto a la implementación de SIT y SIG a nivel nacional.
- Definir las fortalezas y debilidades del uso de SIG o SIT, teniendo en cuenta los factores limitantes.
- Proponer alternativas eficaces que permitan la implementación de SIG y SIT a nivel nacional, teniendo en cuenta las limitantes de las principales zonas del país.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Marco conceptual

El desarrollo sostenible es un tipo de uso de recursos que se enfoca en suplir las necesidades de los seres humanos, mientras preserva el medio ambiente, para que esas necesidades sean satisfechas en el presente y el futuro (Naciones Unidas, 1998, citado por Mukupa, 2011). La planeación del uso sostenible del suelo para producción agrícola requiere del uso de políticas orientadas al manejo y clasificación del suelo (teniendo en cuenta los datos históricos de su uso así como las estrategias y el potencial del mismo a futuro), y a los productores, con el fin de integrar mecanismos de recolección de datos con herramientas de información útiles a diferentes escalas (Verdoodt & Van Ranst, 2006).

Una de las principales preocupaciones de los países en la actualidad es lograr el entendimiento de las interrelaciones entre la población, el ambiente, los recursos naturales y el desarrollo económico con el fin de lograr el desarrollo sostenible (WCED, 1987, citado por Mukupa, 2011). Esta presión económica y de seguridad alimentaria ha ocasionado que se ocupe informalmente el territorio y se cree un conflicto relacionado con los límites entre parcelas y con la fragmentación del suelo, lo cual disminuye su productividad e incrementa la degradación, además de dificultar los procesos de ordenamiento territorial (Mukupa, 2011). El desarrollo de numerosas herramientas y tecnologías relacionadas al uso sostenible del suelo es el resultado del incremento en la conciencia de la necesidad de mejorar la seguridad alimentaria y disminuir la degradación del suelo (Verdoodt & Van Ranst, 2006)

La tierra es un recurso que debe ser preservado para generaciones futuras, lo cual implica que las problemáticas que enfrenta actualmente, como sobrepoblación, contaminación y explotación intensiva de recursos deben ser resueltas (Mukupa, 2011). En la actualidad, las metas productivas deben ser alcanzadas teniendo en cuenta objetivos sociales y ambientales; esto es especialmente aplicable regiones apartadas con alta importancia ambiental (Matthews, Craw, & Sibbald, 1999).

En la jerarquía del manejo de la tierra, las políticas públicas constituyen la herramienta principal. No obstante, el escenario en que un país se organiza para liderar acciones en el cumplimiento de objetivos concretos en relación al manejo de tierras casi nunca se da. Por el contrario, la cantidad de organizaciones dedicadas a fines diversos en este sector productivo, sin objetivos definidos ni cooperación mutua, dificultan el cumplimiento de las acciones de ordenamiento territorial (Dale & McLaughlin, 1998, citado por Mukupa, 2011).

La Comisión económica de las naciones unidas para Europa (1996) define la administración territorial como el proceso de determinar, almacenar y difundir información relativa a la tenencia, valor y usos de la tierra mediante la implementación de políticas públicas (Mukupa, 2011). Steudler, Rajabifard, et al. (citados por Mukupa, 2011) dividen la administración de tierras en cuatro componentes: jurídico (tenencia), regulatorio (desarrollo y planeación), fiscal (impuestos y tarifas tributarias) e informativo.

El manejo de tierras es una actividad creativa que se enfoca en el uso sostenible del suelo y sus recursos, mientras que la administración de tierras es un recurso de implementación que opera bajo las normas legales. No puede haber manejo sin administración, porque se perdería el contexto de la realidad (Mukupa, 2011). El manejo de la tierra puede describirse usando tres componentes: políticas territoriales, infraestructuras de información territorial y funciones de ordenamiento territorial. Incluye las políticas territoriales, los derechos sobre la tierra, sus aspectos económicos, el control, la reglamentación y el desarrollo de su uso, y se define como el proceso que da buen uso de los recursos de la tierra (Enemark, 2004b).

Para que el territorio se encuentre asegurado, se mejore el acceso a la tierra, se incremente la producción y el aprovechamiento de la demanda, es necesario que los acuerdos institucionales relativos a la administración territorial sean accesibles al público, y que los SIT se encuentren actualizados y sean de fácil manejo para el público (Mukupa, 2011).

Los mayores desafíos que enfrenta la creación de un sistema de información son la falta de confianza de la ciudadanía y la falta de recursos estatales. Por tanto, durante el proceso de modernización y/o creación de sistema, es necesario hacer partícipe a la comunidad y desarrollar herramientas comunes entre varias instituciones para facilitar la adquisición de la dotación requerida (Geopista, 2007). Igualmente, para la implementación de los SIT es necesario que se superen cuatro desafíos principales a nivel sociocultural: llenar la brecha educativa a nivel universitario, crear asociaciones nacionales de profesionales con perfil multidisciplinario, evaluar las necesidades de desarrollo en materia de ordenamiento territorial y establecer infraestructuras institucionales y organizacionales adecuadas para la administración cartográfica (Enemark, 2004b).

Un modelo básico de política territorial general, definida como la base para alcanzar la sostenibilidad ambiental económica y social, se basa en los sistemas catastrales, los sistemas de ordenamiento territorial y el manejo de la tierra, cuyo funcionamiento interno está sujeto a cambios en los métodos de implementación, según los resultados de evaluaciones periódicas a las actividades (Enemark, 2004b). Los

productores de bajos recursos, quienes generalmente ven sus derechos vulnerados y su productividad disminuida debido a la falta de conocimientos respecto a los SIT, deben ser incluidos en los programas de manejo territorial (Mukupu, 2011).

Una de las necesidades fundamentales del desarrollo institucional radica en el buen gobierno y la descentralización de los poderes, con el fin de facilitar las transacciones de bienes raíces, el régimen fiscal, el control del uso de la tierra y el desarrollo territorial. A nivel educativo, es necesario que se replantee el enfoque de la enseñanza, de modo que, en lugar de geometría y tecnología se dé más importancia al uso de la tierra y el ordenamiento territorial. La construcción de capacidades es otro concepto que ha evolucionado de acuerdo a los sistemas de información, ya que en la actualidad no se busca únicamente la capacitación del personal a corto plazo para tareas específicas, sino la inclusión de gran parte de la comunidad en el desarrollo de los programas de información, con el fin de establecer una plataforma de funcionamiento del SIT planteado a largo plazo, y teniendo en cuenta variaciones que puedan ocurrir en el tiempo (Enemark, 2004b).

3.2 Marco Legal

Los principios generales del Derecho Ambiental que existen y se aplican en el territorio colombiano, entre los cuales se incluyen los principios de daño permisible, cooperación internacional, ética transgeneracional, interdependencia ecológica, universalidad y conjunción, los cuales han creado el marco normativo idóneo para que sean aplicables políticas de naturaleza similar a los mecanismos REDD+. Todos estos principios se encuentran enmarcados en el Código de Recursos Naturales de Colombia, el Decreto 2811 de 1974, que otorgó al país la base legal en términos de medio ambiente y desarrollo sostenible.

Existen iniciativas enfocadas a la conjunción de los lineamientos de REDD+ con la legislación nacional, especialmente enfocados a los pueblos indígenas y minorías bajo influencia de normatividad especial, de manera que se cumplan las condiciones de los mecanismos REDD sin afectar las ventajas legales que tienen estas comunidades en el marco de la legislación nacional (Escobar & Hennerberger, 2010).

El planteamiento ideal consiste en desarrollar los mecanismos REDD+ usando redes de apoyo y conjunción en que se involucren los gobiernos y la sociedad civil, lo cual se logra mediante la capacitación de todas las partes en lo relativo a sus derechos, deberes y responsabilidades, especialmente en lo referido al manejo del

territorio y administración de los recursos percibidos en pago por la conservación o mejoramiento de los mismos. Por tanto, las inversiones enfocadas al mejoramiento de la educación de los grupos indígenas, con el fin de que conozcan los marcos legislativos que funcionan a su favor, se han visto reflejadas en diversidad de programas, como el Fondo cooperativo para el carbono de los bosques (FCPF), el Programa ONU-REDD, los programas de ayuda bilaterales y gobiernos de los países de REDD+ han invertido cientos de millones de dólares para los preparativos de REDD+.

4. MERCADO DE CARBONO

Las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) tienen 20% de su origen en acciones humanas derivadas del cambio en el uso de la tierra. Con el fin de crear una estrategia enfocada a la mitigación de las consecuencias negativas de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, como el cambio climático y el efecto invernadero, se ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que está en vigor desde 1994, y cuyas bases y estándares se encuentran consignados en el Protocolo de Kioto, para el período 2008-2012, actualizado en Río+20, donde se fijan objetivos hasta 2020 (Erni & Tugendhat, 2010). Entre las bases de los mecanismos para la mitigación de los efectos de los contaminantes en la atmósfera, se encuentran la captura de carbono, mediante la preservación de bosques existentes o el incremento de la misma, mediante la plantación de nuevas hectáreas de bosque y su mantenimiento durante un período determinado de tiempo. A continuación se explica en detalle el funcionamiento de los mecanismos REDD y las iniciativas enfocadas a cumplir estas metas de reducción.

Tabla 1¹. Tipos de Mercados de Carbono. Tomado de

Tipo de Mercado	Tipo de Mecanismos	Tipo de Certificado	Transacciones
<p>Mercados Regulados ó Mercados PK. Se hacen en el marco del Protocolo de Kioto, a través de tres tipos de mecanismos:</p>	<p>Proyectos MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio. El MDL tiene dos objetivos: Ayudar a los países industrializados a alcanzar sus metas de reducción de emisiones y, ayudar a los países en vías de desarrollo (como Colombia) en alcanzar sus metas de desarrollo sostenible (ej. desarrollo económico, bienestar social, mejorar el medio ambiente), pues vendiendo los bonos, créditos ó certificados de carbono, de un proyecto de MDL a un comprador, se generan ingresos adicionales para llevar a cabo proyectos de desarrollo sostenible.</p>	<p><u>Certificados de Reducción de Emisiones (CERs)</u> reducciones de emisiones de GEI provenientes de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) localizados en países en vías de desarrollo.</p> <p>Los hay temporales (RCE-T) y largo plazo (RCE-L) expedidos para el traslado de forestación y reforestación en los proyectos del MDL.</p> <p>1 CER = Bono carbono = 1 Tonelada de Dióxido de Carbono equivalente.</p> <p>Este es el único mecanismo en el que participan los países en vía de desarrollo, los no Anexo I).</p>	<p>Entre privados OTC via: The Emission Reduction Purchase Agreement (ERPA).</p>
	<p>Sistema de Comercio de Asignaciones de Emisiones de la Unión Europea (EUA). Es el derecho de emitir tantas toneladas de CO₂ asignadas a los países de la UE en un determinado tiempo. Establece los objetivos para que los países de la UE cumplan sus objetivos de reducción de GEI y determina límites máximos e intercambio comercial.</p>	<p>Emisiones de la Unión Europea (EU ETS). (comercio de bonos emitidos entre gobiernos de países desarrollados) <u>AAUs</u></p> <p>AAU (Unidad de negociable de 1 MtonCO₂e.) Es la unidad asignada de la cantidad. Corresponden a las cuotas de emisión asignadas por el Protocolo de Kyoto (Unidades de cantidades atribuidas - AAU (por sus siglas en inglés).</p> <p>EUA (derecho a emitir.) Permisos de la unión europea.</p> <p>ETS: Es el multinacional más grande de emisiones de gases de efecto invernadero negociables en el mundo y es un pilar de la política del clima de la Unión Europea. La primera fase de cumplimiento es de 2005 a 2007, mientras que la segunda fase de cumplimiento continúa de 2008 a 2012.</p>	<p>Los ERPA son los Acuerdos de compra firmados entre el comprador (de CER o ERU) y el vendedor.</p> <p>Mercado <i>Spot</i> surgirá cuando suficiente volumen de bonos haya sido emitido y hechos disponible.</p> <p>La Chicago Climate Exchange (CCX) es el único escenario en el continente americano en el que se pueden tranzar emisiones hoy. [3]</p>
	<p>Implementación Conjunta.</p>	<p><u>Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs)</u> provenientes de los proyectos de Implementación Conjunta (JI) localizados principalmente en países con economías en transición (p.e. Rusia, Ucrania y ciertos países de Europa del Este). (proyectos entre países Anexo I)</p> <p>La unidad es igual a 1 MtonCO₂e equivalente.) Unidad de reducción de emisiones.</p>	
<p>Mercados Voluntarios: No se hacen en el marco del protocolo de Kioto</p>		<p><u>Emisiones Reducidas Verificadas (VERs).</u> Son reducciones de emisiones que pueden usarse para el mercado voluntario de compañías que quieren "neutralizar" sus emisiones. Sin embargo, los VERs no pueden ser usados para cumplir los compromisos de reducción establecidos por el Protocolo de Kyoto.</p> <p>Reducción de Emisiones de Deforestación y Degradación <u>Plus.</u> (REDD Plus): es decir <u>adicionalmente</u> favorecen la biodiversidad y el clima y las comunidades humanas.</p>	<p><u>Programa de compras de offsetsa.</u></p> <p>-</p>

4.1 Antecedentes

El principal interés para la creación de un mercado de carbono provino del Banco Mundial, cuya perspectiva indica que es necesaria la mercantilización de los bienes y servicios ambientales con el fin establecer las valoraciones respectivas, así como para facilitar los procesos de compra y venta, negociaciones y establecimiento de condiciones de los acuerdos, ya que la base numérica que implica la mercantilización es preferible a una plataforma cualitativa. De esta manera, surge la línea de Carbon Finance, que asesora a los países en el proceso de consecución de los Certificados de Compensación de Carbono o Reducción de Emisiones de GEI a través del MDL o mercado regulatorio. La creación de los certificados permitió incorporar por primera vez a la economía mundial el valor de los daños causados por producción de GEI. A partir de ese momento, la promoción del Mercado de Carbono ha partido del Banco Mundial, llegando a administrar un monto total de fondos de US 850 millones, distribuidos de la siguiente forma:

- PCF (Prototype Carbon Fund): Fue el primer fondo de carbono, y su tarea principal consistió en ser el pionero en el mercado de reducción de emisiones, sobre una base de proyectos enfocados en la promoción del desarrollo sostenible, en el marco de actividades en que los actores se permitían la metodología de “aprender haciendo”².

- CDCF (Community Development Carbon Fund)³: Es un fondo que apoya el desarrollo de proyectos que se enfoquen no sólo en la reducción eficiente de emisiones, sino en el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores de las zonas en que se implementen los proyectos.

¹ ¹¹ El **Calentamiento Global** es producido por los **gases de efecto invernadero**, los cuales se producen en fase gaseosa del uso de los combustibles fósiles, mayoritariamente en actividades tales como: El transporte automotor terrestre y aéreo y la generación de subproductos de procesos industriales, la producción de energía (termoeléctricas), la extracción minera y la producción agropecuaria. Los Gases de Efecto Invernadero son: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorocarburos (HFC), Hexafluoruro de Azufre (SF₆) y Perfluorocarburos (PFC).

¹² Entró en vigencia el 16 de febrero de 2005. Según la www.unfccc.int, a 2007 ha sido ratificado por 174 países dentro de los cuales no se encuentra lamentablemente Estados Unidos y Australia, que en un principio firmaron la convención, pero no el protocolo al argumentar que afectaría en forma significativa y notoria su desarrollo económico. La entrada en vigor de Kyoto trajo consigo la adopción de los Acuerdos de Marrakech durante la COP/MOP 1, que se efectuó en diciembre del 2005, en Montreal, Canadá, donde se definieron las modalidades y procedimientos para la aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL.

¹³ “La dinámica de la CCX es la de una bolsa de valores tradicional, en la que oferentes y demandantes, privados y públicos, coinciden en un escenario para intercambiar un bien o servicio, sólo que en este caso lo que se tranza son certificados de emisiones reducidas”. Peña Efraín Peña y Lincoln Bent. El Mercado de Carbono. Miembros del comité de medio ambiente. Cámara de Comercio Colombo Americana. Colombia.

² Tomado de: The World Bank. Climate Finance. Recuperado el 29 de mayo de 2015 en [<http://carbonfinance.org/Router.cfm?Page=PCF&ItemID=9707&FID=9707>]

³ Tomado de: The World Bank. Climate Finance. Recuperado el 29 de mayo de 2015 en [<http://communitycarbonfund.org>]

- BioCF (Bio Carbon Fund): Es un fondo dedicado específicamente a la promoción de proyectos agroforestales, que se enfoquen en la reducción de GEI de origen forestal mediante el apoyo a la conservación de la biodiversidad y la reducción de la pobreza.

Una de las grandes falencias de las iniciativas REDD, que a la larga se ha demostrado que constituyen un mal necesario, es la ingente cantidad de requerimientos técnicos establecidos para la creación de una propuesta con posibilidades de ser aceptada por los organismos internacionales. La razón de esta particularidad burocrática radica en que el acompañamiento técnico, legal y financiero que requieren las propuestas nació de la necesidad de crear barreras y filtros para asegurar que se trate de iniciativas estructuradas teniendo en cuenta la reducción de emisiones en un marco social y económicamente sostenible.

Existen firmas y organizaciones dedicadas a prestar asesoría en la transacción de certificados de carbono, y la Organización No Gubernamental (ONG) más importante en la actualidad es Earth Ecotropics “Ecología aplicada para los recursos tropicales”, cuya tarea consiste en verificar que el propietario posea los títulos de propiedad correspondientes a la tierra en que se va a desarrollar el proyecto, registrar el mismo con su correspondiente línea base diagnóstica, demostrar la adicionalidad del proyecto, explicar su permanencia y sus planes de contingencia para la mitigación de fugas (eventuales incendios, talas ilegales, abandono de cultivos, etc.).

La Ha de biomasa tiene un valor de 5 dólares en el Mercado Voluntario en el marco de REDD, y de 15 a 20 dólares si se trata de bosque nativo existente en 25 años, en el marco de REDD+. En Colombia, existen tres zonas principales con potencial para esta clase de proyectos, a saber: el Pacífico, la Amazonía y los Andes, cuya línea base de biomasa, en promedio es de entre 50 y 250 Ton/Ha, con un contenido real de carbono de entre 25 y 125 Ton/Ha y potencial para capturar hasta 200 Ton/Ha en los próximos 25 años (Armenteras, Gast, & Villareal, 2003).

4.2 Iniciativas REDD

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) tiene su máximo órgano de autoridad representado en la Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés), encargada de discutir los alcances y estatutos de operación del mecanismo REDD+. Los mecanismos de captura de carbono se basan en el ciclo respiratorio de las plantas, el cual se centra en el consumo de dióxido de carbono que realiza la vegetación como fuente de la energía requerida para el crecimiento. A medida que crecen, los árboles consumen cada vez menos dióxido de carbono, de manera que deja de ser un método de captura de carbono, para convertirse en uno de almacenamiento. Ambas perspectivas son contempladas en REDD. Al remover árboles, se elimina su capacidad de captura de carbono. Si además son quemados, se libera el carbono almacenado en sí mismos

y en el suelo, y si se usan con fines madereros, la afectación varía de acuerdo al uso posterior del suelo del que hayan sido removidos (Escobar & Hennerberger, 2010).

El mecanismo se creó según decisión establecida en el Protocolo de Kioto, en 1993, con el fin de controlar las magnitudes de las emisiones de GEI por parte de países industrializados. No obstante, debido a la ineficacia de las acciones propuestas por los emisores, se crea la estrategia REDD, con el fin de aprovechar las condiciones predominantes en los países en vías de desarrollo enfocando los esfuerzos en la conservación y preservación de bosques, usando toneladas de carbono capturado como medida de la eficiencia de los sistemas empleados, así como créditos de carbono como incentivo económico para la promoción de estas estrategias (Arhin, 2014).

En 2007, la COP 13 (Bali), después de que las COP 11 y 12 hubieran considerado el mecanismo, ratificó REDD como una estrategia de características potencialmente benéficas y efectivas para la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación de los bosques, tras añadir la identificación de factores promotores de la deforestación y los costos asociados al inicio de las actividades propuestas en el marco del mecanismo.

Las negociaciones adelantadas en la CMNUCC en el sector responsable de lo relacionado al manejo y usos del suelo y la silvicultura (UTCUTS, por sus siglas en inglés) dieron como resultado la firma de compromiso mediante el cual los países desarrollados (que componen el anexo I del Protocolo de Kioto) se apropian de los parámetros establecidos en el marco de las actividades forestales como una forma sencilla y rentable de crear un impacto positivo frente al cambio climático. Como lo expresa textualmente el Plan de Acción de Bali: *“como el modo de compensar las emisiones, para evitar cambiar estrategias de consumo y energía de los principales emisores”*.

Las principales modificaciones, en relación a los acuerdos iniciales, son:

- La COP 15 (2009), tomó la decisión de incorporar el + en REDD para agregar conservación, manejo de los bosques y mejora de las existencias de carbono; también adoptó la decisión sobre la orientación metodológica para el desarrollo de las actividades del mecanismo.
- La COP 16 (2010), solicitó al Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (SBSTA, por su sigla en inglés) desarrollar un programa de trabajo para estudiar las causas de la deforestación, y sugirió a los países interesados en REDD+ desarrollar los siguientes elementos: i) una estrategia

o un plan nacional, ii) un nivel de referencia nacional, y iii) un sistema de vigilancia de bosques (Tenjo, 2012).

A pesar de que el mecanismo fue creado con el fin de establecer un marco de operaciones para dar a los países desarrollados oportunidad de mitigar las consecuencias de sus emisiones, también existen prácticas que adelantan los países en vías de desarrollo que contribuyen al cambio climático, aunque no en la misma escala que los primeros, a saber:

- La conversión de bosques a agricultura y ganadería, y todas las actividades que este cambio implica (deforestación, pérdida de biodiversidad, alteración de la calidad del suelo, etc.). Es necesario tener en cuenta que el potencial de deforestación del trópico, en Colombia y áreas circundantes, es mayor a 0.2% anual, lo que equivale a 600.000 hectáreas en ese período de tiempo, lo que convierte a la región en una zona potencial para la implementación de iniciativas REDD.
- La creación (involuntaria) de barreras para la implementación de iniciativas nacionales REDD, mediante trabas en la legislación, acciones precipitadas que generan descontento en la población, falta de claridad en lo relativo a los derechos de propiedad del suelo y una débil estructura de la tenencia de tierra, que contribuyen a la pérdida de incentivos relacionados con el pago por servicios ambientales.
- Las emisiones de GEI cuya fuente son los cambios en los usos del suelo tienen 7% de su procedencia en la América Tropical, lo que representa un impacto significativo para una región cuyo balance en relación a los GEI es positivo. Luego, aplicar mecanismos enfocados en la reducción de emisiones en esta área asegura un impacto positivo importante.

4.3 Proyectos en Colombia

Una de las particularidades de Colombia consiste en que las regiones periféricas (Amazonía, Pacífica, Orinoquía y Caribe) se han visto relegadas a un segundo plano en el manejo de recursos y resolución de conflictos, lo que implica una mayor presencia de grupos armados ilegales y poco control estatal, condiciones que dificultan la aplicación de iniciativas en el marco de REDD+ (Escobar & Hennerberger, 2010). Las organizaciones que cuentan con fondos para financiar proyectos REDD son el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) y el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF) del Banco Mundial (Erni & Tugendhat, 2010).

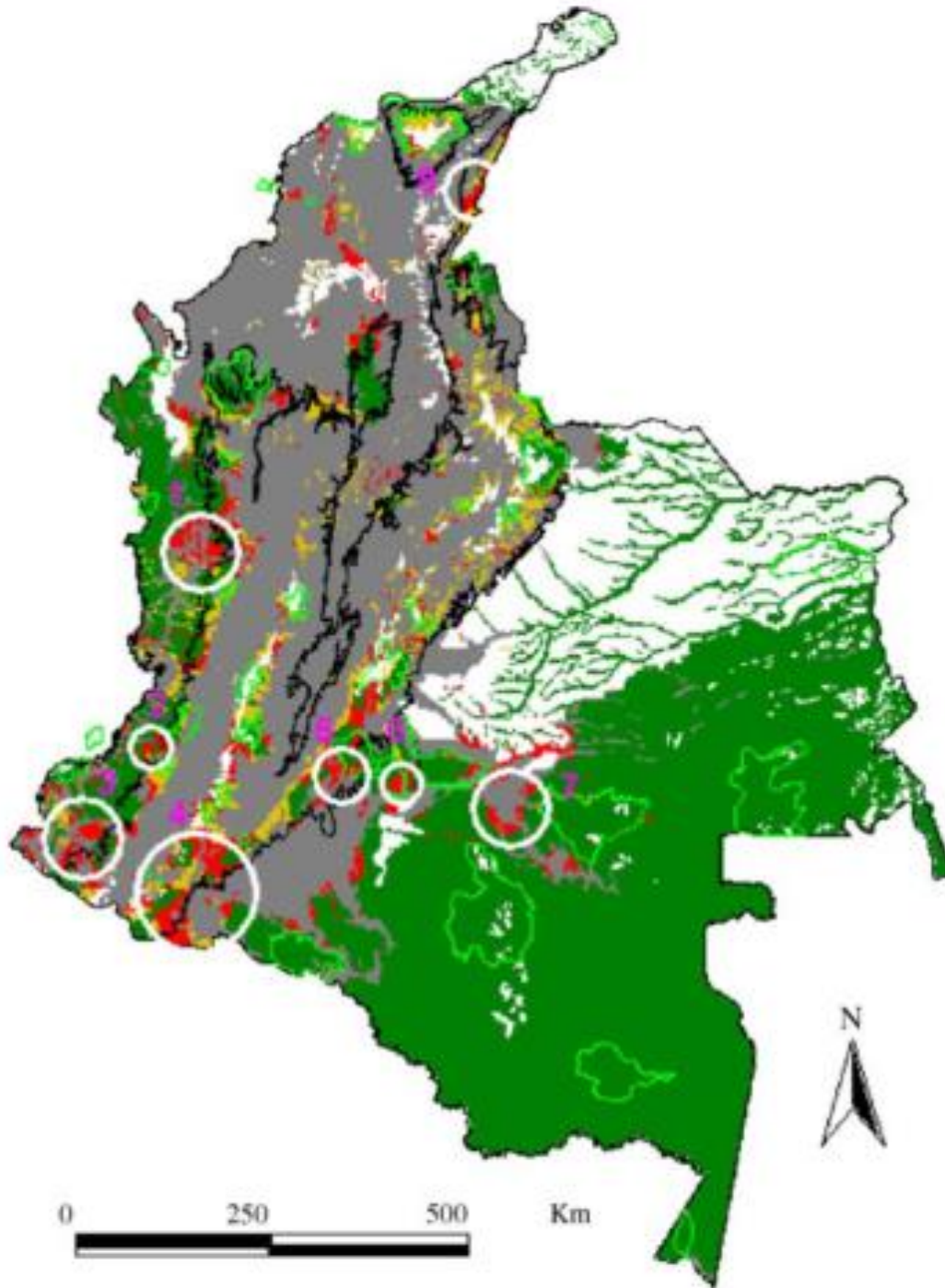


Figura 1. Predicción de puntos calientes de deforestación obtenidos al combinar áreas con la mayor probabilidad de transformación de usos del suelo (>70%) con áreas cuya tasa de crecimiento de la población rural es >2%. Las áreas rojas señalan puntos calientes de deforestación; las naranjas, áreas con alta probabilidad de transformación de usos del suelo; las zonas verdes representan bosques; las grises, áreas taladas; las verde claro, parques nacionales; y las blancas, áreas sin plantaciones. Las áreas en círculos representan los puntos con mayor valor de biodiversidad: : (1) Quibdó-Tribuga, (2) Farallones-Micay, (3) Patía-Mira, (4) Fragua-Patascoy, (5) Alto Duda-Guayabero, (6) Macarena, (7) Guaviare, and (8) Perija. Fuente: (Etter, McAlpine, Wilson, Phinn, & Possingham, 2006).

En las regiones ubicadas en el trópico, como Colombia, en que únicamente se presentan dos cambios estacionales en el año, y en que la presencia de lluvias o sequías es el factor regulador del aprovechamiento del suelo, especialmente para actividades agrícolas, las variaciones climáticas han tenido un impacto considerable en la dinámica productiva de los pobladores (Escobar & Hennerberger, 2010). Lo anterior implica que, además de considerar las condiciones cartográficas y topográficas de las zonas de acción, es mandatorio que se realice una evaluación a nivel social y productivo, con el fin de evitar problemáticas a futuro, tanto en relación con los pobladores, como en el marco de sus actividades económicas, antes de plantear la implementación de un proyecto en el marco de los mecanismos REDD+ (Rodríguez, Armenteras, & Retana, 2015).

Uno de los enfoques de conservación cuya utilidad ha demostrado ser aplicable a diversas áreas y sostenible en el tiempo es la práctica agroforestal. Colombia es un país con alto potencial ganadero, y de la población total bovina que existe en la actualidad a nivel nacional, el 11% se orienta a la lechería especializada, de los cuales, las explotaciones de tipo pastoril y silvopastoril se ubican en la zona andina y a altitudes superiores a los 1880 msnm (Rosendal & Schei, 2014). El uso de estas prácticas tiene diversidad de ventajas, ya que no sólo incrementa la producción pecuaria, sino que se acopla en los procesos productivos para fijar carbono en los suelos y la vegetación, incrementar la diversidad biológica y ayudar en la conservación de las fuentes de agua (Mies & Maya, 2009). La plantación de árboles de acacia negra (*Acacia decurrens*) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), como cultivo de cobertura y de pastoreo ha demostrado una alta eficacia en lo relativo a conservación y captura de carbono (Giraldo & Zapata, 2008).



Figura 2. Ejemplo de pasturas arborizadas. Fuente: (Ibrahim et al., 2007).

5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y TERRITORIAL

5.1 Antecedentes

Los sistemas de información geográfica (SIG) surgen debido a la necesidad de analizar características del entorno que se abarcaran desde una perspectiva óptica de distancia, como consecuencia de lo cual fuera posible elaborar una panorámica relativa al amplio espectro del ordenamiento territorial. Si bien es cierto que la creación de los SIG es una consecuencia de la aparición de los sistemas de información y las comunicaciones, así como los avances tecnológicos en lo relativo a la exploración espacial y los sistemas remotos, cabe destacar que los SIG constituyen, en la actualidad, un campo de estudio definido según los patrones inherentes a los sistemas catastrales y la identificación de diferencias geográficas.

Desde la década de 1960 se ha sido plenamente consciente de la necesidad de implementar sistemas de información que integren las características territoriales con las particularidades productivas y sociales de cada región. No obstante, sólo hasta épocas recientes se pudo avanzar con cierto grado de fluidez en el desarrollo y perfeccionamiento de estos sistemas, debido al avance tecnológico que existe en la actualidad (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011). Los sistemas de información son requeridos si se desea explorar la relación entre los recursos del suelo y sus usos, ya sea para determinar el potencial del uso del suelo, o el impacto de las actividades que ya se realizan sobre los recursos existentes (FAO, 1998, citado en Verdoodt & Van Ranst, 2006).

El territorio es un conjunto de acciones colectivas realizadas a partir de intereses y relaciones de poder de las personas y entre éstas y su ambiente, de modo que un Sistema de Información Territorial (SIT) contribuye a la planificación y ordenamiento del uso de la tierra, mediante la georreferenciación para la captación, el almacenamiento y el análisis de grandes volúmenes de información (Perucca, Kurtz, & Mosciaro, 2012).

5.2 Sistemas de Información Territorial (SIT)

Un SIT es una base datos organizada de manera que la información se encuentra tanto clasificada según sus particularidades, como interrelacionada entre sí de acuerdo a lo requerido por el analista. También se definen como sistemas de modelación que contienen la información de un territorio y modelan diversidad de usos e hipótesis en base a software especializados (Kumar et al., 2008). De igual manera, han sido adaptados a modelos de predicción climáticos a nivel regional, con el fin de analizar las interacciones entre terreno y atmósfera (Kumar et al., 2008). La estructura de los SIT emplea paradigmas de programación relativos a objetos,

como las observaciones, los datos de entrada, las modelaciones y otros parámetros de los datos (Kumar et al., 2008).

Su atractivo no sólo radica en su utilidad a nivel gubernamental, ya que, usado adecuadamente, es una herramienta básica para el diseño de Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y para la definición del monto de impuestos sobre el terreno según sus usos y las características de los dueños de las mismas, sino que también presenta particularidades llamativas para el sector privado, en términos de obtención de datos para la toma de decisiones en base a conocimiento del potencial de usos del suelo y de las predicciones relacionadas con tales usos. La importancia de establecer sistemas de ordenamiento territorial radica en que son la base del desarrollo económico, la cohesión social y la sostenibilidad ambiental (Enemark, 2004b). De igual manera, es una herramienta que puede usarse desde el punto de vista privado y particular: cualquier usuario puede, teniendo las bases teóricas necesarias, así como acceso al área de influencia de su proyecto, diseñar, implementar y evaluar un sistema de este tipo ya que, además de contener gran cantidad de datos, una de sus características es que suelen estar almacenados en una interfaz dinámica y adecuada para que, en teoría, cualquier persona pueda usarla (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011).

El desarrollo de un sistema de información requiere una inversión de gran cantidad de recursos, tanto humanos, como de infraestructura, dinero, tiempo y espacio, no sólo de aquellos directamente relacionados con la planeación y ejecución del mismo, sino de la comunidad ubicada en el área cuyas características se desean digitalizar. Estudios de caso con comunidades apartadas y en condiciones de bajo acceso a recursos informáticos han concluido que es más eficiente el programa que incluye entre sus estimaciones el conocimiento adquirido mediante fuentes tradicionales, pues aunque su recolección puede ser más tediosa y costosa, así como sujeta a errores, se ha demostrado que tiende a ser verídica y complementa la información global obtenida mediante herramientas más tecnificadas (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011). El objetivo del establecimiento de un SIT en una región determinada es optimizar el uso de los recursos en relación al uso eficiente del suelo, mediante la difusión de los datos, herramientas, experiencias e instrumentos que respalden la toma de decisiones de los entes públicos (Gobiernos Regionales de Chile, 2012).

Los SIT incluyen a las organizaciones y procedimientos para la recolección de datos, demarcación y mapeo de la tierra, almacenamiento de los derechos y transacciones del territorio, la resolución de disputas relacionadas con la tenencia de la tierra y los mercados de la tierra (Mukupa, 2011). La información territorial

debe estar organizada en una infraestructura de datos espaciales a nivel nacional, regional y local, según las políticas relativas al manejo de datos. (Enemark, 2004a). Además de los recursos que dependen de la planeación y ejecución de lo proyectado directamente por la empresa o institución interesada en el desarrollo del SIT, los datos son la parte fundamental del mismo. Debe tenerse claro que no se trata únicamente del método de recolección, o de la magnitud de los datos, sino de su organización, clasificación y mecanismos de interrelación, con el fin de incrementar su utilidad práctica al máximo (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011). Los SIT pueden ser usados para estudiar el impacto de observaciones a alta resolución, ya sea en la escala en que se obtuvo la observación o a una mayor escala (Kumar et al., 2008). Una de las herramientas más útiles de los sistemas de información son los predictores de los programas, ya que aprovechan la capacidad del suelo para mantener un uso específico durante un periodo de tiempo determinado, ya sea que se defina o no su impacto ambiental, de modo que se cruzan las características del suelo y los requerimientos del cultivo (o uso futuro proyectado) y el resultado sirve como base para la toma de decisiones (Verdoodt & Van Ranst, 2006).

Existen cuatro pilares principales de la administración de tierras, que se encuentran interrelacionados entre sí, y son: tenencia, valoración, uso y desarrollo de la tierra (Enemark, 2004a, 2004b). A pesar de su gran utilidad, los SIT no han sido aprovechados en su máximo potencial, debido principalmente a las dificultades logísticas asociadas a ellos, por falta de personal calificado en los países en vías de desarrollo, así como el difícil acceso a zonas rurales y el rechazo social que puede implicar la realización de una actividad medianamente invasiva en territorio de grupos étnicos y/o relativamente marginados (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011).

Para el desarrollo de un Sistema de Información de Recursos Territoriales (LRIS, por sus siglas en inglés) detallado, los análisis de suelos son una excelente fuente de información (mediante locación de estaciones climáticas y análisis del perfil del suelo) (Verdoodt & Van Ranst, 2006). Los LRIS tienen cinco componentes principales: los sistemas de información geográfica (SIG), los módulos de usos del suelo, los módulos de evaluación de impactos, la interfase gráfica del usuario y las herramientas de planeación de uso del suelo. (Matthews et al., 1999). La incorporación de conocimiento y prácticas no-científicas al manejo de tierras así como a las estrategias de planeación al respecto ha sido ampliamente aceptada debido a las dificultades que limitan a la ciencia convencional al solucionar problemas ecológicos complejos (Stevenson, 1996, citado en Mialhe et al., 2015). La productividad del suelo depende del clima, el suelo y el manejo, por lo que a

escala local, las herramientas ambientales son más apropiadas para estimar la productividad de la tierra (Verdoodt & Van Ranst, 2006), lo cual se logra mediante una óptima gestión del recurso y una adecuada labor administrativa, cuya esencia es, precisamente, su SIT (Mukupa, 2011).

Una de las problemáticas relacionadas al uso de SIT radica en que puede ser empleado con fines de lucro por algunos de los actores involucrados, ya sea creando información falsa en los datos con el fin de otorgar o sustraer tierras a ciertas actividades, o mediante la manipulación de las comunidades para que la información sea vagamente demarcada y quede espacio a cualquier adición fuera de regla (Dunn, 2007, citado por Mialhe et al., 2015). Aunque existen estándares y metodologías aceptadas internacionalmente, éstas no limitan la existencia de SIT fuera de ellos, ya que las condiciones locales pueden dificultar la aplicación de los estándares, y puede haber limitaciones si solo se usan las fuentes de información oficiales (Mialhe et al., 2015).

Los SIT son un marco de modelación establecido para la superficie del territorio, mediante la integración de modelos, mediciones, datos de campo, observaciones satelitales y tratamiento de información usando herramientas informáticas (Kumar et al., 2008). Los sistemas de toma de decisiones territoriales son una herramienta flexible para la exploración de escenarios de planeación de usos del suelo, ya que el prototipo integra los SIG y los sistemas basados en el conocimiento (KBS, Knowledge Based Systems) (Matthews et al., 1999). Un marco de análisis como los SIT es ideal para investigar la influencia del tratamiento de los datos en el mejoramiento de las respuestas del modelo (Kumar et al., 2008).

Una de las mayores ventajas de los SIT es su habilidad para modelar superficies a resoluciones aceptables, usando herramientas remotas. Para que la dinámica cliente/servidor se desarrolle de manera eficiente, es necesario que se cumplan criterios de facilidad en las metodologías de recolección, almacenamiento y distribución de la información, así como que se asegure la conectividad entre las bases de datos y la visualización de la información en un contexto apropiado y amigable para el usuario (Kumar et al., 2008). Un SIT debidamente implementado debe dar como respuesta no solo las bases de datos actualizadas y clasificadas, sino que debe asegurar la interoperabilidad entre las mismas, contar con herramientas de edición y actualización de la información, así como de documentación de datos (metadata), y visualización de los mismos (Web Mapping) (Gobiernos Regionales de Chile, 2012). Debido a que, en la actualidad, los sistemas catastrales y de información territorial se enfocan más en el usuario y menos en el

proveedor, el éxito del sistema se mide también según el alcance que dé a sus objetivos sociales y económicos (Enemark & Sevattal, 1999).

5.3 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son ante todo herramientas de ayuda en la resolución de problemas. De forma general, están compuestos por un conjunto de metodologías, procedimientos y programas informáticos especialmente diseñados para manejar información geográfica y datos temáticos asociados. El concepto de herramienta hace referencia a que el SIG no es el fin, sino el medio, ya que es una herramienta utilizada para preparar y presentar hechos que ocurren sobre la superficie terrestre, así que no debemos especializarnos en saber manejar un programa informático, sino en saber cómo aplicar su potencialidad para nuestro beneficio (Grupo SIG CIAF, n.d.).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están conformados por estructuras de datos espaciales organizados jerárquicamente según su grado de afectación sobre los demás parámetros, de manera que en la base de la organización se encuentran las interfases gráficas de los usuarios, las herramientas de planeación de usos del suelo, seguidas de los modelos de uso del suelo y estudios de impacto (Matthews et al., 1999). En la tabla 1 se presentan algunas definiciones de SIG:

Tabla 2. Definiciones de SIG. Tomado de (Grupo SIG CIAF, n.d.).

Autor	Definición de SIG
Aronoff (1989)	Algo manual o computarizado basado en un conjunto de procedimientos usados para almacenar y manipular datos referenciados geográficamente.
Dueker (1979)	Un caso especial de sistemas de información en el que la base de datos consiste en las observaciones de atributos, actividades o eventos distribuidos espacialmente representados mediante puntos, líneas o polígonos.
Burrough (1986)	Un poderoso conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real.
Devine y Field (1986)	Una forma de sistema de administración de la información que permite desplegar mapas de la información general.
NCGIA (1990)	Sistema compuesto por <i>hardware</i> , <i>software</i> y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación.
Cebrián y Mark (1992)	Base de datos computarizada que contiene información espacial.
Bosque (2000)	Conjunto de mapas de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto [...] tiene la misma localización (mismas coordenadas) en todos los mapas incluidos en el sistema de información. De este modo, resulta posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de esa zona.

Para la creación de sistemas de toma de decisión mediante la conexión entre SIG y modelos ambientales, se requiere del intercambio de datos entre ambos sistemas.

(Fedra, 1996, citado por Matthews et al., 1999) . Es importante destacar que los SIG y el catastro - al menos en la mayoría de los casos- son unidades complementarias, ya que el primero gestiona el manejo y análisis de los datos, mientras el segundo proporciona los recursos y el marco de referencia cartográfico para el desarrollo de los sistemas (Geopista, 2007). La integración de los SIG con otras clases de modelos y software debe servir como apoyo para diversas funcionalidades, como: selección y generación de mapas temáticos en diferentes estilos, acceso a datos distribuidos espacialmente, creación de plataformas modeladas de salida de datos (o animaciones) y análisis comparativos de escenarios alternativos (Matthews et al., 1999).

Aunque la literatura presenta diversas definiciones de un SIG, la definición más usada es la propuesta por Dueker y Kjeme (1989, pp. 94-103): “un SIG es un sistema integrado por equipos, programas, métodos, personas y aspectos institucionales para recolectar, almacenar, analizar datos geográficos y generar información de apoyo a la toma de decisiones” (figura 5). En general, los Sistemas de Información Geográfica son el conjunto organizado de personas, programas y equipos electrónicos que permiten, de una manera eficiente, capturar datos geográficos, almacenarlos, analizarlos y desplegarlos como conocimiento útil para la toma de decisiones y el seguimiento de situaciones o eventos.

Propiedades básicas de los SIG (Grupo SIG CIAF, n.d.):

- Son sistemas diseñados para la visualización de información geográfica expresada en forma de mapas.
- El eje central de su funcionamiento (análisis, consultas, recuperación de información, entre otros) se encuentra en la posición del elemento geográfico, representado por elementos gráficos (puntos, líneas y polígonos) y su información temática asociada.
- Dispone de un gran número de funciones de análisis y consulta para explotar la información geográfica enfocada hacia la resolución de un problema o necesidad, pudiendo realizar análisis simultáneos sobre diversos estratos de información.
- Son el resultado de múltiples disciplinas de las que se han extraído capacidades para el manejo de información geográfica.
- Almacenan las relaciones espaciales entre los diferentes elementos, lo que permite hacer preguntas al sistema de acuerdo con la capacidad del SIG y la necesidad del usuario.

5.4 Sistemas catastrales

El catastro es una herramienta al servicio de la población, mediante la cual se realiza la captura, mantenimiento y suministro de información sobre los bienes inmuebles, su propiedad, usos y aplicaciones (Geopista, 2007); de modo que el catastro territorial es la individualización y ordenamiento de la propiedad inmobiliaria por parte del Estado, en sus aspectos físico, jurídico y económico (Medina, Hodapp, Sánchez, Gómez, & Combaz, 2001). Un sistema de información catastral es una base de datos en que se almacena la información relativa a los atributos físicos, jurídicos y económicos de los inmuebles, para uso estatal o particular, teniendo en cuenta la importancia de la actualización y conexión de los datos con otras bases del sistema de información nacional (Geopista, 2007).

Los sistemas catastrales no son fines en sí mismos, sino que son herramientas para facilitar una administración territorial eficiente, promover progreso económico, cohesión social y desarrollo sostenible. Pueden constituir la base de los sistemas de ordenamiento territorial que, a su vez, servirán de plataforma para el uso adecuado de los SIT (Enemark, 2004b). Los sistemas cobijados bajo la infraestructura catastral, que además se encuentran interrelacionados entre sí son la tenencia, valoración, uso y desarrollo de tierras. Por tanto, los sistemas catastrales han cambiado de su naturaleza puramente legal y con beneficios estatales para volverse una herramienta social basada en tecnologías de información (Enemark & Sevatdal, 1999).

Los sistemas catastrales pueden constituir la base de los SIG y SIT (Enemark & Sevatdal, 1999), ya que señalan quién es dueño de qué y qué pertenece a quién dentro de una base de datos de parcelas y predios (Enemark, 2004b). También sirven a un uso multipropósito, de modo que han debido ajustarse a los SIG y a las TICs. El enfoque de un modelo catastral debe ser la provisión de información territorial relativa al mercado de tierras, los sistemas urbanos y los sistemas de información de la comunidad (Enemark & Sevatdal, 1999). Una variación de los SIG, aplicable al catastro son los SIGCA (Sistema de Información Geográfico Catastral), que se encargan de la gestión de planos catastrales, cartografía digitalizada, parcelación, hidrografía, altimetría, infraestructura, vías, etc. (Geopista, 2007)

5.5 Características

Los recursos tecnológicos incluyen la implementación de software y hardware. Los primeros son los programas informáticos que permiten introducir, almacenar, editar consultar, generar, exportar y relacionar los datos alfanuméricos recolectados en otras fases de la implementación del SIT, así como crear los mapas y herramientas gráficas que serán empleadas en el análisis (Williamson, 1976).

Los estudios del uso de la tierra son esenciales para la planeación del desarrollo sostenible, y se han dado con mayor facilidad debido al progreso acelerado de tecnologías geoespaciales (Mialhe et al., 2015), pero entre las limitaciones del modelo se cuentan la escala temporal, la cantidad limitada de datos referentes a la retención de agua en el suelo, y las fallas en la modelación del balance hídrico (Verdoodt & Van Ranst, 2006). En las pasadas décadas, las herramientas ambientales de toma de decisión han evolucionado de modelos *booleanos* y biofísicos a sistemas complejos basados en datos matemáticos y espaciales. Aunque el uso de enfoques relativos a modelación y mapas descriptivos carecen de la rigurosidad de otros modelos, su uso puede ser de gran utilidad en diferentes contextos (Verdoodt & Van Ranst, 2006).

Los sistemas espaciales de toma de decisiones componen una herramienta que permite a los propietarios rurales explorar el potencial de uso de sus tierras, ya sea para implementar un nuevo modelo productivo o para introducir cambios en el mismo. La inversión en tecnologías de la información también se ha incrementado con el fin de alcanzar estas expectativas, ya no solo de consecución de la información, sino de análisis y distribución de la misma. Los modelos predictivos así como el uso de diversos tipos de mapas de acuerdo a las capacidades tecnológicas de cada región pueden proporcionar herramientas útiles para la planeación de los usos del suelo (Matthews et al., 1999).

En la actualidad, existen numerosos software de SIG, tanto comerciales como de libre acceso, además de los software tipo CAD (Computer-Aided Design) que, si bien no permiten la creación de mapas, sí reciben una gran cantidad de información y generan análisis útiles para la toma de decisiones (Mcintyre, 2008). No obstante, aunque estos son los programas más especializados, en el mercado y la red se encuentran disponibles diversidad de programas con características similares, con pequeñas variaciones dirigidas más que todo a la interacción con el usuario y a la interfaz en que se crean los mapas (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011).

Los sistemas de análisis de datos usando SIT pueden evolucionar a una plataforma que logre usar efectivamente sensores remotos de datos para mejorar nuestro entendimiento de los ciclos de agua y energía en el territorio. Con el desarrollo de nuevas herramientas de recopilación, clasificación y análisis de datos se hicieron evidentes las dificultades relativas a su manejo, a las limitantes de los sistemas computacionales y la complejidad de los algoritmos requeridos para el análisis (Kumar et al., 2008).

El uso de software y hardware que integren los datos recolectados mediante diversidad de mecanismos (Dale & McLaren, 1996), ya sea teledetección (como las

herramientas Google), recolección de datos en campo para su posterior digitalización, o compilación de conocimientos de las comunidades tradicionales para su análisis, validación y uso, constituyen una mejora en el manejo del territorio, ya que permiten conocer el estado actual del terreno, sus antecedentes históricos y sus características, con el fin de crear un plan de ordenamiento y hasta su potencial a futuro (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011).

Los sistemas de software y hardware más empleados para la realización proyectos de georreferenciación a mediana y pequeña escala son, respectivamente: ARC/INFO, ArcView, Erdas Imagine y Oracle server; así como un sistema de computadores conectados a un servidor con sistema AIX, estaciones de trabajo IBM y estaciones tipo PC, con sistema operativo Windows, además de scanner, plotter e impresoras láser (Medina et al., 2001).

El surgimiento y proliferación de este tipo de programas ha hecho evidente la necesidad de establecer una serie de estándares y normas relativas a los procesos de recolección, procesamiento y análisis de datos de información territorial, especialmente enfocados a la creación de bases de datos que puedan ser consultadas, comprensibles e intercambiables a nivel global y que tengan posibilidad de integración, con el fin de crear un sistema globalizado completo en que se pueda obtener información sobre cualquier parte del mundo, desde cualquier parte del mundo (Castellanos Pinto, Matta Oyola, & Castellanos Pinto, 2011). El principal organismo de estandarización es el OGC, y aunque la adopción de los estándares allí definidos es altamente recomendable, no es obligatoria, y puede ser flexible según las características y particularidades de cada caso (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011).

Se requiere una plataforma que integre los modelos físicos, las observaciones, los algoritmos y la infraestructura informática necesaria para alcanzar la complejidad asociada a los datos territoriales (Kumar et al., 2008). La integración efectiva de datos geoespaciales, sistemas de uso del suelo y modelos de análisis es esencial (Matthews et al., 1999).

Al momento de diseñar el SIT es necesario considerar el uso de Nodos locales o regionales, con el fin de establecer una dinámica de actualización de datos desde diferentes fuentes. Independientemente del tipo de herramienta que se escoja para el análisis de las condiciones de determinado territorio, los evaluadores siempre deben centrarse en la escala a la que se va a realizar dicho análisis: ya sea una finca, una vereda, municipio, departamento o país. Un entendimiento desarrollado de las variaciones locales en las características del territorio permite un mejor

análisis de las perspectivas y posibilidades del mismo". (Cools et al., 2013, citado por Verdoodt & Van Ranst, 2006).

La base de datos debe estar estructurada según: los datos fundamentales (carta base), temáticos (cartografías), objetivos raster y vectoriales (2d y 3d), direcciones y localizadores (geocording), metadatos, topología, atributos, tablas relacionales, etc., y para facilitar la interoperabilidad de datos, es necesario apegarse a las normas OGC que facilitan la inter-operatividad de datos geoespaciales sin necesidad de conversiones, lo cual simplifica el proceso. La norma técnica internacional de calidad para el diseño, creación e implementación de SIT es la ISO 19115, y el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) es una base de datos diseñada para los países de América Latina, con el fin de unificar los resultados de los programas encaminados a la georreferenciación territorial (Gobiernos Regionales de Chile, 2012).

Los software mencionados anteriormente requieren de dispositivos informáticos con capacidades de procesamiento y almacenamiento específicas, pero dada la diversidad de programas existentes y la estandarización de equipos actual, podría decirse que casi cualquier equipo puede hacer uso de estos software. Los elementos que forman parte del SIT se clasifican en: dispositivos de captura, gestión, almacenamiento y salida de información (Fondo Multilateral de Inversiones, 2011).

Si bien es cierto que los sistemas de información más detallados representan mayor utilidad al momento del análisis, también es posible aprovechar la zonificación a gran escala, con el fin de elaborar patrones y proyecciones que serían difíciles de dilucidar a escalas más pequeñas. De igual manera, la modelación debe llevarse a cabo teniendo en cuenta las recomendaciones de las autoridades y actores sociopolíticos del territorio (Veldkamp et al., 2001, citado por Verdoodt & Van Ranst, 2006).

Aunque las condiciones de manejo se alteran con el paso del tiempo, estos cambios no son considerados dentro de los análisis. Al evaluar la productividad a determinada escala, los factores elegidos también varían, ya que se depende de su efecto en la productividad, por lo que, para los casos de países en vías de desarrollo que carezcan de la cantidad de taos necesaria para análisis más rigurosos, se usa la herramienta de Tan (1992) y Van Ranst (1994) que combina herramientas cualitativas y cuantitativas (Verdoodt & Van Ranst, 2006).

6. USO DE SIG Y SIT EN LOS MERCADOS DE CARBONO

Los servicios ecosistémicos se presentan en amplios rangos y variedades, y pueden ingresar a los mercados internacionales dependiendo de la calidad en que se preserven y las características que ofrezcan a los sectores público y privado de otras naciones. La implementación de iniciativas REDD promueven la creación de estos mercados adicionales (diversidad biológica, agua, belleza escénica, etc.). Una de las regiones más activas en relación al diseño e implementación de iniciativas REDD son Centroamérica y México (4 países en el FCPF y 2 proyectos REDD en el mercado voluntario) (Mies & Maya, 2009).

6.1 En el mundo

La implementación de un SIT en una población periférica de Rwanda por parte de (Verdoodt & Van Ranst, 2006), en una región con características climáticas semejantes a las de las zonas de piedemonte del territorio colombiano, se realizó, a grandes rasgos, de la siguiente manera: para el análisis de las condiciones climáticas, así como de las características del suelo, se usó la información de 1833 perfiles del suelo y 197 estaciones meteorológicas ubicadas en el territorio de interés (Wang, Chen, Ju, & Li, 2010). Para el análisis se emplearon ArcInfo y ArcView, y la información se agrupó en 276 unidades taxonómicas, cada una de las cuales presentó una combinación única de material parental, estado del perfil del suelo, profundidad, drenaje, textura, así como características climáticas y de relieve (Wang et al., 2010). La información colectada se obtuvo desde 1989 mediante el uso de un SIG estatal y un software que relacionaba la información, la cual se agrupó según su cartografía en escala de 1:250.000 y 1:50.000 (Rudiyanto et al., 2015). Igualmente, se organizaron los análisis, datos y perfiles en dos bases de datos relacionadas mediante un factor común, que podía ser el número del perfil del suelo o el nombre de la estación meteorológica. La aplicación de un sistema de decisión que incorporó tres herramientas ambientales diferentes, ilustró la importancia del estudio de las características biofísicas del territorio (clima, suelo y relieve) a escala nacional, regional y local, especialmente en zonas de difícil acceso y con alta diversidad climática como Rwanda (o Colombia).

En Chile, el Ministerio de Agricultura, en conjunción con la corporación regional forestal presentó su Sistema de Información Territorial SIT CONAF, un servicio de mapas web en el cual se incluyen los datos de diferentes cubiertas cartográficas con herramientas como digitalización interactiva, intersección de cubiertas geográficas, carga y descarga de puntos y *tracks* desde GPS, localización y transformación de coordenadas, importación y exportación de cubiertas en formatos disponibles con el SIG y un catálogo de imágenes (Sánchez, 2012). También en

Chile, se dio el caso de la región de Los Ríos, cuya implementación se inició en 2009, se aplicaron estrategias de acción interinstitucional por parte de 5 unidades gubernamentales involucrando a 38 actores públicos mediante 18 convenios relativos al intercambio de la información correspondiente a 12 municipalidades. En el caso de Los Ríos, el gobierno regional adoptó el software GEONODO como plataforma para el SIT (Gobiernos Regionales de Chile, 2012).



Figura 3. Trabajo con comunidades indígenas para proyectos REDD+. Fuente: (US AID, Forest Carbon, Cooperación alemana, & WWF, 2014)

Mediante el estudio de caso de una región apartada en las Filipinas, fue posible construir una metodología aplicable a casos en los que los datos científicos no estaban disponibles, había limitaciones de recursos y de tiempo, y hubo que hacer uso de actividades que incluyeran los conocimientos empíricos de la comunidad (Mialhe et al., 2015). Lograr que la comunidad se integre en la creación de estas base de datos es una tarea ardua y compleja ya que requiere de la inversión del tiempo de los participantes en charlas, talleres, foros, etc. (Pearce et al., 2009, citado por Mialhe et al., 2015).

En Argentina, existe el programa nacional ecorregiones INTA, cuyo alcance es nacional, regional, provincial y departamental, mediante la definición de unidades espaciales homogéneas (denominadas celdas), y los indicadores de uso actual del suelo, oferta edáfica y limitantes ambientales y sociales (Perucca et al., 2012). El proyecto SIT fue financiado por el Banco Mundial y se implementó en la provincia del Chaco (Argentina) entre 1996 y 1997, mediante el mejoramiento de la infraestructura de la Dirección Provincial de Catastro, la adquisición de software, hardware, imágenes satelitales, capacitación de personal y realización de muestreo en campo con GPS. Para la modelación gráfica se tuvieron en cuenta cuatro capas de datos: el aspecto físico, referente a la cartografía, el aspecto jurídico en que se

define la naturaleza de los predios de acuerdo a su uso y propietario, el aspecto económico, según la clasificación de las actividades productivas y el potencial relativo a las especies de flora predominantes, y la ubicación de infraestructuras en cada parcela (Medina et al., 2001).

En España se diseñó un SIG abierto llamado GeoPISTA (Promoción e Identificación de Servicios emergentes de Telecomunicaciones Avanzadas), diseñado para ciudades pequeñas y medianas, mediante la georreferenciación de la información y la gestión territorial es una interfaz de uso didáctico. Ya cuenta con 70 entidades asociadas y entre sus ventajas se encuentra la estructura de almacenamiento de la información mediante capas y mapas, la carga y combinación de datos provenientes de diferentes ficheros, consultas, digitalización e impresión de mapas, como herramienta para el ordenamiento territorial, la delimitación de patrimonio, infraestructuras y vías, y la publicación con Web Map Server (WMS) (Geopista, 2007).

En países como Brasil, Ecuador, Panamá, Colombia y Paraguay existen serios escepticismos relativos al funcionamiento de las iniciativas REDD (Rodríguez et al., 2015), ya que, a pesar de que se funden en base a la promoción desde naciones enfocadas a una creación responsable de carbono para el mercado, la constante falta de consultas con las comunidades indígenas y campesinas han entorpecido el proceso a corto y mediano plazo (Erni & Tugendhat, 2010).



Figura 4. Bosque de Brasil. Área protegida bajo proyectos REDD+. Fuente: (US AID et al., 2014)

6.2 En Colombia

La ecología informática es uno de los componentes básicos de la efectividad de la planeación de los proyectos en el marco del Mercado de Carbono, y una de las principales herramientas en este ámbito es la Red IABIN sobre biodiversidad de las Américas, así como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), cuyas plataformas SIG y de percepción remota brindan información relevante sobre biomasa en el país (Giraldo & Zapata, 2008). No obstante su utilidad, la escala en que se presentan los mapas continúa siendo muy grande para que su representatividad sea importante, lo que obliga a los proponentes a contratar asesores que elaboren el inventario de biomasa de la zona del proyecto, con el fin de asegurar que la desactualización o inexactitud de los datos o se convierta en un impedimento para la aceptación del proyecto (Ibrahim et al., 2007).

El IGAC, con el fin de establecer las bases para el cumplimiento de una propuesta enfocada al mejoramiento de la gestión pública territorial, en el marco de la Infraestructura Colombia de Datos Espaciales (ICDE), creó el Sistema de Información Geográfico para el Ordenamiento Territorial (SIG-OT), como resultado de un Convenio de Cooperación Internacional suscrito entre el gobierno colombiano y la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI), con el objetivo de facilitar un proceso de toma de decisiones eficiente y oportuna por parte de las autoridades e instancias del Sistema Nacional de Planeación (presidente, congreso, ministros, gobernadores, asambleas, alcaldes, consejos, etc.).

En base a lo anterior, el desarrollo del SIG-OT ha contado con la participación activa de entidades nacionales y territoriales como la Federación Colombiana de Municipios, la Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Ministerio de Ambiente, de Agricultura, de Educación, de Transporte, de Cultura, de la Protección Social, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Servicio Geológico Colombiano (INGEOMINAS) y el IGAC, cuyas gestiones se enmarcan en un proceso de desarrollo tecnológico y participación interinstitucional (Rodríguez et al., 2015).

La metodología de construcción de resultados del SIG-OT se definió desde su creación, mediante el establecimiento de principios rectores basados en una estructura cooperativa compuesta por un grupo de gestión (directores, subdirectores y gerentes de 14 entidades), un grupo de ejecución y coordinación técnica (liderado por el IGAC, con el apoyo de los delegados de las instituciones nacionales participantes) y un grupo de referencia (Entidades del orden nacional y territorial).

Entre estos principios se destaca la utilización del método Rational Unified Process (RUP), que consiste en un proceso basado en iteraciones incrementales, mediante la evolución de prototipos ejecutables: en cada iteración, el sistema gana en desarrollo y facilidades, lo que favorece la construcción de resultados y la apropiación, el aprendizaje institucional y la retroalimentación por parte de las entidades. El Sistema Nacional de Planeación se enfocó en la obtención de resultados útiles y oportunos en su agenda mediante la construcción colectiva de conocimiento, y mediante la aplicación de la metodología participativa e incremental, se priorizaron las variables que contendría el sistema, se diseñó el modelo conceptual y se adelantó la documentación necesaria para soportar el desarrollo del SIG.

Construcción de Resultados

- Proyecto demostrativo Semilla (Primera iteración): A partir de diciembre de 2006 estuvo disponible en la red, y su principal objetivo fue apoyar los procesos de formulación, así como la introducción de un enfoque territorial, en el Plan Nacional de Desarrollo, todo enmarcado en los avances de los procesos de Agenda Interna y Visión Colombia 2019.
- Piloto nacional (Segunda iteración): Cuenta con 83 mapas predefinidos con cobertura nacional, relativos a temas estratégicos del desarrollo territorial. Adicionalmente, incluye expedientes departamentales con 41 mapas predefinidos por cada departamento. El aplicativo está disponible desde 2007, al servicio de las autoridades nacionales, regionales y municipales, así como a expertos, y público en general. La base de datos cuenta con 153 temáticas, y sus funciones incluyen la exportación de archivos espaciales y alfanuméricos.
- Piloto territorial (Tercera iteración): En 2008 se publicó una base de datos con información regional, para departamentos seleccionados de acuerdo a sus características geográficas, sociales, de frontera, heterogeneidad de desarrollo, presencia de comunidades étnicas, parques nacionales y situaciones de conflicto, entre los que se encuentran Nariño, Cauca y Valle del Cauca. La construcción de este piloto es un proceso continuo que no ha sido terminado, ya que el objetivo es completar la información mediante SIG de todo el país, textualmente: “apoyar la construcción de lineamientos para el desarrollo y el ordenamiento territorial, útiles para orientar el proceso de revisión y ajuste de los POT municipales”. Los cinco ejes que dimensionan y organizan los objetos de estudio identificados, son: Desarrollo Sustentable, Gobernabilidad y Desarrollo Institucional, Progreso Social, Competitividad y Desarrollo Económico, Integración, Conectividad y Organización del Territorio, y constituyen la estructura básica para el SI-GOT.

Uso de la herramienta

En el portal web del SIG-OT cuenta, en la actualidad, con mapas predefinidos sobre las dimensiones ambiental, social, institucional y económica. También existe un

apartado de SIG nacional, en el que se encuentran 153 temáticas que pueden ser visualizadas, consultadas y exportadas. Existen metadatos con cartografía básica a escala 1:500.000 (ríos, vías, cabeceras municipales, drenajes, etc.). Es posible hacer una consulta a la base de datos, ya sea por rangos o por máximos y mínimos, y hacer un análisis espacial por comparación temporal en forma de reporte funcional.

Entre las aplicaciones de mayor utilidad, se encuentran la observación de desequilibrios en el desarrollo territorial con el fin de definir las políticas y estrategias sectoriales con enfoque territorial, la determinación del análisis del gasto público y la proposición del mejoramiento y racionalización de las inversiones, así como la contextualización de las prioridades de las metas para los planes de desarrollo con enfoque territorial. Sobre todo, estas herramientas pueden ser usadas para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales, al crear una plataforma de conocimientos e inventario agroforestal que permita el planteamiento de proyectos enfocados al mercado de carbono.

7. DEBILIDADES Y FORTALEZAS DEL USO DE SIG Y SIT EN MERCADOS DE CARBONO

Una de las mayores problemáticas relativas a REDD+ es la base de su funcionamiento, que se concentra en un sistema mercantilista, o funciona según el modelo capitalista de mercado, lo que implica que existe la posibilidad de incrementar utilidades si se pierde la ética empresarial, como se ha visto en numerosos casos (Larson et al., 2013). En este orden de ideas, la iniciativa se ha visto salpicada de escándalos relativos al aprovechamiento de las tierras ancestrales indígenas, sin consentimiento de los pueblos que allí residen, y amenazando a destruir esta muestra de patrimonio histórico inmaterial únicamente con el fin de incrementar el lucro obtenido de los créditos de carbono (Erni & Tugendhat, 2010).

Los mecanismos REDD, a pesar de su antigüedad, aún son considerados iniciativas en discusión en tanto que el incentivo enfocado al reconocimiento de los esfuerzos de conservación de la cobertura vegetal y el almacenamiento neto de carbono se ha ampliado a otros escenarios, como el incremento del volumen de reservas forestales y la gestión sostenible de los bosques, actividades en sí mismas chocantes con la tradición productiva de los países en vías de desarrollo (Escobar & Hennerberger, 2010).

Dentro de los mecanismos REDD existe un sistema enfocado en las garantías que deben plantearse previo a la implementación de las iniciativas, con el fin de asegurar que se alcancen los objetivos esperados y los resultados proyectados. Dichas garantías pueden enfocarse en cuatro categorías, a saber: prevención, mitigación, promoción y transformación. Las dos primeras basadas en acciones sobre eventos pasados, y las dos segundas en base a acciones del futuro. El marco de garantías dentro de REDD+ propuesto en la COP 16 (Cancún) se creó debido a las falencias del sistema, identificadas tras la aparición de diversos casos de corrupción de agentes públicos y privados en relación a los derechos de las comunidades indígenas y campesinas, y a las irregularidades relativas a las transacciones en los mercados de carbono (Arhin, 2014).

Aunque la gobernanza global se ha incrementado sustancialmente en los últimos años, las iniciativas REDD+ se encuentran dentro de las estrategias gubernamentales usadas para promover la conservación forestal a nivel mundial (Larson et al., 2013). Un análisis "glocal" (global a local a global) de los escenarios relativos a estas iniciativas plantea una visión general de los recursos humanos y financieros requeridos para alcanzar éxito en las iniciativas, y los resultados

demonstraron que, a pesar de la multitud de beneficios que se plantean en el marco de estas propuestas, se puede crear un marco de conflictos Norte-Sur y marginalización de las comunidades (Gupta, 2012).

Ventajas de la implementación de SIG y SIT en iniciativas REDD+ (Gupta, 2012):

1. La reducción de emisiones por deforestación puede ser costo-efectiva, en términos de que es una política sostenible y eficaz para la reducción de emisiones de GEI. La aplicación de SIG y SIT, en conjunción con la recolección de información proveniente de la fuente primaria (observaciones propias y de los pobladores y las comunidades locales), constituye un gasto importante de la creación de la propuesta para REDD, pero debe efectuarse para incrementar la eficiencia de la misma.

2. Permite ganar tiempo en la lucha contra el cambio climático. El uso de herramientas satelitales, en lugar de realizar un mapeo topográfico en campo, permite agilizar la creación del esqueleto de biomasa disponible en las zonas de interés. Aunque el potencial de uso sí se determina con mayor precisión partiendo de análisis de campo, es necesario aprovechar los mapas obtenidos mediante herramientas informáticas para delimitar los diversos usos antes de conocer la naturaleza de los mismos.

3. Puede ayudar a mitigar la pobreza local, especialmente en zonas con alto abandono del Estado, mediante la compensación de los agentes sociales encargados del mantenimiento de los bosques. De igual manera, debido a que los bosques son sistemas cambiantes, es necesario que se establezca una base educativa relativa a los SIG, que permita su disponibilidad a largo plazo, lo cual crea una plataforma de desarrollo para las comunidades locales y les otorga control sobre el uso de sus tierras.

4. Funciona como un marco comercial que permite la llegada de mayor cantidad de recursos a las zonas que más lo necesitan. La inclusión de la información de los proyectos en las bases de datos geográficas a nivel global permite que el acceso de gobiernos e instituciones nacionales y de otros países se facilite, lo que incrementa el potencial de pago por servicios ambientales a largo plazo.

Desventajas de la implementación de REDD+ (Gupta, 2012):

1. El marco de la iniciativa contempla la mercantilización de los bienes y servicios forestales, desde madera hasta carbono. Aunque este cambio en la naturaleza de

los bosques puede beneficiar el intercambio comercial en los mercados voluntarios, también puede promover las problemáticas relativas al control de la tierra. En tal caso, la desventaja proviene del mal manejo de las herramientas SIG, pues aunque lo ideal es que la información esté disponible para el público y cualquier organización interesada en apoyar este tipo de iniciativas, proveer demasiada información relativa la tenencia y usos de la tierra puede ser contraproducente, especialmente en países con falencias a nivel de seguridad y garantías para las comunidades locales.

2. Las relaciones Norte-Sur pueden verse afectadas negativamente debido a que la atención derivada de los proyectos REDD+ desvía de la opinión pública el hecho de que grandes emisores como Estados Unidos, Canadá y Rusia se han negado a adherirse a iniciativas enfocadas a la mitigación de impactos. Una de las consecuencias directas de esta falta de políticas promueve la imagen internacional de que el sur no puede progresar debido al cubrimiento que requiere el Norte, dada su ingente volumen de contaminantes.

3. A pesar de los esfuerzos desde diversas organizaciones privadas y gubernamentales, aun no se ha controlado el tráfico de influencias y las políticas orientadas al aprovechamiento de las condiciones de vulnerabilidad de los pueblos indígenas y las comunidades locales (Ituarte-Lima, McDermott, & Mulyani, 2014). En este caso el uso de las herramientas SIG y SIT tiende a delimitar los proyectos que cuentan con apoyo gubernamental o de organizaciones cuyos costos de asesoría son elevados, pues el manejo de esta clase de instrumentos requiere, en la gran mayoría de los casos, de apoyo externo. En ese orden de ideas, los proyectos que no cuenten con una estructura basada en SIG y SIT tienden a ser rechazados, lo que impulsa a los entes que promueven el tráfico de influencias a limitar el acceso general a estas herramientas para asegurar la selección de sus propuestas.

4. Finalmente, la escasez de disponibilidad de recursos para el mantenimiento de los programas e iniciativas REDD+, en gran medida derivados de la falta de objetivos que predomina posterior al Protocolo de Kioto, entorpece la creación y promoción de estas alternativas. Esta es, probablemente, la mayor desventaja de la aplicación de SIG y SIT en los mercados de carbono: partiendo de las premisas de que muchas de las zonas que se incluyen en las propuestas pertenecen a comunidades indígenas y campesinas, y que el costo de un levantamiento de información topográfica y cartográfica es costoso, la falta de los fondos necesarios para utilizar este tipo de herramientas entorpece todas las zonas con uso potencial para hacer parte de los proyectos enmarcados en los Mercados de Carbono.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las metodologías de SIG y SIT usadas en el marco de los Mercados de Carbono se dividen en diversidad de categorías, según su costo (pueden ser gratuitas o de pago), el tipo de información que contengan y el grado de disponibilidad de dicha información.
- En el territorio nacional, únicamente se han planteado proyectos para créditos de carbono en el Pacífico, la Amazonía y los Andes, y el uso de SIG y SIT está prácticamente limitado al SIG-OT del IGAC (Armenteras et al., 2003).
- La inexactitud que presentan los datos del SIG-OT hace necesaria la implementación de herramientas SIG de carácter privado, realizadas para cada caso particular.
- Los principales limitantes del uso de SIG en el territorio nacional son de orden económico.
- A largo plazo es conveniente establecer SIG y SIT en todo el territorio, para facilitar la delimitación de zonas con usos potenciales para proyectos con créditos de carbono.
- Los SIG de uso gratuito son de alto atractivo para la creación de una base de datos a nivel nacional, la cual puede llenarse haciendo uso del carácter público de muchas entidades relacionadas con estos proyectos.
- Pueden crearse propuestas que incluyan instituciones de educación superior para que las tesis de los estudiantes se enfoquen en el levantamiento de la información en el marco de SIG de determinadas zonas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arhin, A. A. (2014). Safeguards and Danguards: A Framework for Unpacking the Black Box of Safeguards for REDD+. *Forest Policy and Economics*, 45, 24–31. doi:10.1016/j.forpol.2014.05.003
- Armenteras, D., Gast, F., & Villareal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*, 113(2), 245–256. doi:10.1016/S0006-3207(02)00359-2
- Castellanos Pinto, I. C., Matta Oyola, S. A., & Castellanos Pinto, F. C. (2011). *Diseño y desarrollo de un Sistema de Información Territorial a escala municipal, disponible para los entes gubernamentales e implementado en el municipio de Cota*. Bogotá, Colombia.
- Dale, P. F., & McLaren, R. A. (1996). GIS in land administration (pp. 859–876).
- Enemark, S. (2004a). Building Land Information Policies. *UN, FIG, PC IDEA Inter-Regional Special Forum on The Building of Land Information Policies in the Americas*, 1–20.
- Enemark, S. (2004b). La Construcción de políticas de Información Territorial. In *Foro Especial Interregional de las Naciones Unidas, FIG y PC IDEA* (pp. 1–21). México.
- Enemark, S., & Sevattal, H. (1999). Cadastres , Land Information Systems and Planning - is decentralisation a significant key to sustainable development ? *UN-FIG Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development*.
- Erni, C., & Tugendhat, H. (2010). *¿Qué es REDD? Una guía par las comunidades indígenas*. (IWGIA, SERVINDI, AIPP, FPP, & TEBTEBBA, Eds.). Lima, Perú: IWGIA.
- Escobar, D., & Hennerberger, B. (2010). *REDD+ como un mecanismo de mitigación del cambio climático y su aplicabilidad desde una visión de los pueblos indígenas amazónicos de Colombia*.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114(2-4), 369–386. doi:10.1016/j.agee.2005.11.013
- Fondo Multilateral de Inversiones. (2011). *Diseño e implementación de Sistemas de Información Territorial [SIT]*. (S. Vélez, Ed.) (Banco Inte). Washington D.C.

- Geopista. (2007). *Catastro como motor de los Sistemas de Información Territoriales en entidades locales. Caso de éxito de GeoPISTA*. España.
- Giraldo, A., & Zapata, M. (2008). Captura y flujo de carbono en un sistema silvopastoril de la zona Andina Colombia. *Arch. Latinam. Prod. Anim.*, 16, 215–220.
- Gobiernos Regionales de Chile. (2012). *Bases técnicas para licitación pública por consultoría. Sistema de información territorial (SIT) para el diseño de la infraestructura de datos espaciales (IDE) - Región de Los Ríos*. Santiago de Chile.
- Grupo SIG CIAF. (n.d.). *Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Telecentro Regional en Tecnologías Geoespaciales*.
- Gupta, J. (2012). Glocal forest and REDD+ governance: win–win or lose–lose? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(6), 620–627. doi:10.1016/j.cosust.2012.09.014
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., ... Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería de Las Américas*, (45), 27–36.
- Ituarte-Lima, C., McDermott, C. L., & Mulyani, M. (2014). Assessing equity in national legal frameworks for REDD+: The case of Indonesia. *Environmental Science & Policy*, 44, 291–300. doi:10.1016/j.envsci.2014.04.003
- Kumar, S. V., Reichle, R. H., Peters-Lidard, C. D., Koster, R. D., Zhan, X., Crow, W. T., ... Houser, P. R. (2008). A land surface data assimilation framework using the land information system: Description and applications. *Advances in Water Resources*, 31(11), 1419–1432. doi:10.1016/j.advwatres.2008.01.013
- Larson, A. M., Brockhaus, M., Sunderlin, W. D., Duchelle, A., Babon, A., Dokken, T., ... Huynh, T.-B. (2013). Land tenure and REDD+: The good, the bad and the ugly. *Global Environmental Change*, 23(3), 678–689. doi:10.1016/j.gloenvcha.2013.02.014
- Matthews, K. B., Craw, S., & Sibbald, A. R. (1999). Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning. *Integrating Geographic Information System and Environmental Models With Search and Optimisation Algorithms, Computers*, 23(1).
- Mcintyre, M. (2008). Review of Land Information Systems for Land Administration , Land-use Planning and Management. *The Pacific Islands Forum Secretariat LMCM Project*.

- Medina, H., Hodapp, I., Sánchez, C., Gómez, S., & Combaz, S. (2001). Sistema de Información Territorial (SIT) de la dirección provincial de catastro y cartográfica de la provincia del Chaco, 1–10.
- Mialhe, F., Gunnell, Y., Ignacio, J. A. F., Delbart, N., Oganía, J. L., & Henry, S. (2015). Monitoring land-use change by combining participatory land-use maps with standard remote sensing techniques: Showcase from a remote forest catchment on Mindanao, Philippines. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 36, 69–82. doi:10.1016/j.jag.2014.11.007
- Mies, E., & Maya, D. (2009). *REDD + Marco Conceptual y Experiencias Latinoamericanas*. (G. Cavallazzi, Ed.). Bogotá, Colombia: InWent-International Weiterbildung und Entwicklung.
- Mukupa, W. (2011). Land Administration to Support Sustainable Development Land Administration to Support Sustainable Development, (May), 18–22.
- Perucca, R., Kurtz, D., & Mosciaro, J. (2012). *Sistemas de Información Territorial: Base para la toma de decisiones a diferentes escalas*. Buenos Aires.
- Rodríguez, N., Armenteras, D., & Retana, J. (2015). Land Use Policy National ecosystems services priorities for planning carbon and water resource management in Colombia. *Land Use Policy*, 42, 609–618. doi:10.1016/j.landusepol.2014.09.013
- Rosendal, G. K., & Schei, P. J. (2014). How may REDD+ affect the practical, legal and institutional framework for “Payment for ecosystem services” in Costa Rica? *Ecosystem Services*, 9, 75–82. doi:10.1016/j.ecoser.2014.04.009
- Rudiyanto, Setiawan, B. I., Arief, C., Saptomo, S. K., Gunawan, A., Kuswarman, ... Indriyanto. (2015). Estimating Distribution of Carbon Stock in Tropical Peatland Using a Combination of an Empirical Peat Depth Model and GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 152–157. doi:10.1016/j.proenv.2015.03.020
- Sánchez, G. (2012). Sistema de Información Territorial Corporación Nacional Forestal Sistema de Información Territorial SIT-CONAF. In *Monitoreo de Ecosistemas Forestales* (pp. 1–47). Santiago de Chile.
- Tenjo, M. J. (2012). REDD+ en Colombia, 46/47(February), 70–75.
- US AID, Forest Carbon, M. and C., Cooperación alemana, & WWF. (2014). *Salvaguardas socioambientales de REDD+*.
- Verdoodt, A., & Van Ranst, E. (2006). Environmental assessment tools for multi-scale land resources information systems: A case study of Rwanda.

Agriculture, Ecosystems and Environment, 114(2-4), 170–184.
doi:10.1016/j.agee.2005.10.006

Wang, J., Chen, J., Ju, W., & Li, M. (2010). IA-SDSS: A GIS-based land use decision support system with consideration of carbon sequestration. *Environmental Modelling and Software*, 25(4), 539–553.
doi:10.1016/j.envsoft.2009.09.010

Williamson, I. P. (1976). CADASTRES AND LAND INFORMATION SYSTEMS IN COMMON LAW JURISDICTIONS or economic data in a statewide land information system , but to suggest that from a practical point of view , the development of a broad land information system will be more politically .