

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA DE LA TIERRA Y CAMBIOS EN LA COBERTURA DE LA TIERRA DEL ESTADO CARABOBO

(MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF LAND COVER AND LAND COVER CHANGE OF CARABOBO STATE)

Linares⁽¹⁾, Paredes⁽²⁾, Betancourt⁽³⁾ y Lorenzo⁽⁴⁾

¹ Linares, Eulicer. Ingeniero Civil. Magíster Scientiarum en Ingeniería Ambiental. Docente adscrito al Programa Ciencias Básicas y Aplicadas. UNELLEZ-VIPI San Carlos. Email: ealfdez86@gmail.com

² Paredes, Franklin. Doctor en Ingeniería. Docente adscrito al Programa Ciencias Básicas y Aplicadas. UNELLEZ-VIPI San Carlos. Email: franklinparedes75@gmail.com

^{3 y 4} Betancourt, Talmai y Lorenzo, Ángel. Ingenieros Civiles. Comité de apoyo en investigación para el UNELLEZ-VIPI San Carlos. Email: talbetancourt@gmail.com y angelrnzo@gmail.com

Recibido: 04/11/2022 **Aceptado:** 04/12/2022

RESUMEN

El uso del suelo representa un aspecto fundamental ya que implica la utilidad que se le da a la tierra de acuerdo a los tipos de vegetación, cuerpos de agua e infraestructura en relación a la actividad socioeconómica. La cobertura de la tierra es el resultado de la asociación de los componentes biológicos esenciales y característicos del suelo, que se constituyen además por su sistema estructural y funcional. La teledetección de cambios en la cobertura de la tierra utilizando percepción remota y datos de productos geoespaciales provee la información referencial para evaluar los impactos positivos y negativos a escala temporal. En ese sentido, el objetivo del estudio consiste en el análisis multitemporal (2000-2015) de la cobertura y cambios de la cobertura de la tierra en el estado Carabobo, Venezuela, a través de una metodología no experimental y descriptiva que identifica y evalúa las transiciones de cambio de las 7 clases de cobertura de la tierra según la CNUCLD. Para ello, se utilizaron las series de datos predeterminados (2000-2015) de la cobertura de la tierra de la Iniciativa de Cambio Climático de la Agencia Espacial Europea (ESA-CCI-LC) apoyado con las imágenes satelitales de resolución espacial con precisión adecuada y procesada con la herramienta QGIS para el mapeo y obtención de datos de cambio. Los resultados arrojaron que existe un 95,73% de superficie que han permanecido “estable” o “sin cambios” en la cobertura terrestre del estado Carabobo, mientras que un 3,46% ha presentado una degradación o pérdida en la cobertura de la tierra.

Palabras Clave: Cobertura de la Tierra, Cambios de Cobertura de la Tierra, Imágenes satélites.

ABSTRACT

Land use represents a fundamental aspect since it implies the utility that is given to the land according to the types of vegetation, bodies of water and infrastructure in relation to

socioeconomic activity. The land cover is the result of the association of the essential and characteristic biological components of the soil, which are also constituted by its structural and functional system. Remote sensing of land cover changes using remote perception and data from geospatial products provides baseline information to assess positive and negative impacts on a time scale. In this sense, the objective of the study consists of the multi-temporal analysis (2000-2015) of the land cover and changes of the land cover in the state of Carabobo, Venezuela, through a non-experimental and descriptive methodology that identifies and evaluates the Change transitions of the 7 land cover classes according to the UNCCD. For this, the predetermined data series (2000-2015) of the land cover of the Climate Change Initiative of the European Space Agency (ESA-CCI-LC) were used, supported by satellite images of spatial resolution with adequate precision and processed with the QGIS tool for mapping and obtaining change data. The results showed that there is 95,73% of the surface that has remained "stable" or "without changes" in the land cover of Carabobo state, while 3,46% has presented a degradation or loss in land cover.

Keywords: *Land Cover, Land Cover Change, Satellite Images.*

INTRODUCCIÓN

La Cobertura de la Tierra (LC, por sus siglas en inglés) es un parámetro que describe la capa o manto físico y biológico que es observado en la superficie de la Tierra. Estas características lo constituyen; la vegetación, áreas artificiales, rocas, suelos descubiertos, así como los cauces de agua superficiales, según la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, (CNULD, 2018). En ese sentido, se refiere a las áreas terrestres que entran en la clasificación de acuerdo a la firma espectral de la cobertura física, captada a través de las técnicas de teledetección (Sims y otros, 2021).

Por su parte, los Cambios en la Cobertura de la Tierra (LCC), indican una

modificación en algunas características estables de la superficie de la tierra, como el tipo de vegetación, propiedades del suelo, entre otras., aunque la cobertura del suelo también refleja el uso de los recursos de la tierra (es decir, suelo, agua y biodiversidad) bien sea para fines de la agricultura, la silvicultura y otros (FAO-GTOS, 2009), que en algunos aspectos, estos cambios en el uso de la tierra consiste en una alteración en la manera antropocéntrica que se usa o se gestiona la superficie terrestre (Patel y otros, 2019).

La cobertura de la tierra y los cambios en la cobertura de la tierra, representan uno de los tres indicadores, los cuales proporcionan el informe de reporte que permite estimar la proporción de tierra

proporción de tierra degradada (PTD), en relación con la superficie total de tierra que es además, el indicador 15.3.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), concerniente a la meta 15.3 ODS de la Agenda 2030 de la ONU, que sostiene:

“...luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo” (Sims y otros, 2021).

El análisis de los datos de la cobertura de la tierra mediante la observación de las dinámicas temporales apoya la comprensión de los desagavios que deriven entre los diversos tipos de beneficios; la producción alimentaria y la biodiversidad (Di Gregorio y O'Brien, 2012).

Esta serie de datos predeterminados (2000-2015) de cobertura terrestre de la Iniciativa de Cambio Climático de la Agencia Espacial Europea (ESA-CCI-LC) exhibe un conjunto de datos globales, de alta confiabilidad y calidad, exhaustivamente validado a nivel internacional y que contempla una clasificación por clases, con el objeto de lograr una mejor identificación y

evaluación en la transición de la cobertura terrestre (LC-LCC) según las clases establecidas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) (Penman y otros, 2003).

En este contexto, el objetivo de esta investigación se basa en el análisis multitemporal de la cobertura y cambios en la cobertura de la tierra, a través de la identificación de transiciones específicas del conjunto de clases predeterminadas de cobertura terrestre para un periodo de 15 años establecidos, a fin de monitorear que la degradación de la tierra a escala local.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Cobertura de la Tierra (LC)

La cobertura de la tierra, refiere a los aspectos físicos naturales estables del suelo, como sus componentes esenciales; estructura y homogeneidad. No obstante, los parámetros temporales como la fenología de la vegetación, nieve, inundaciones y áreas quemadas (incendios), no se consideran transiciones para el análisis del ODS 15.3.1.

Este indicador establece dos funciones: (1) identifica los cambios en la LC indicando una degradación de la tierra cuando existe una pérdida de los componentes ecosistémicos, considerados como adecuados en un contexto nacional o local; y (2) permite utilizar un sistema de clasificación de LC para evaluar otros indicadores, tales como: la Dinámica de Productividad de la Tierra (DPT) y la reserva de Carbono Orgánico del Suelo (COS).

Cambio de la Cobertura de la Tierra (LCC)

La CCI-LC-ESA estableció un periodo de 15 años, desde el 2000, a fin de evaluar el cambio anual de la LC clasificando en siete (7) clases de cobertura de la tierra del IPCC (1: área cubierta de árboles, 2: pastizales, 3: tierra de cultivos, 4: humedales, 5: área artificial, 6: otras tierras, 7: cuerpos de agua), los cuales suministran una leyenda predeterminada como base de datos completas para la LC (CNUCLD, 2018). Asimismo, se estiman los cambios en intervalos de cinco (5) años y como un cambio neto en el periodo 2000-2015 para las siete clases de LC de la CNUCLD. Estos cambios de LC-LCC se

codifican a través de un sistema de dos cifras; el primer dígito hace referencia a la clase en el primer año de cambio y el segundo dígito, corresponde a la clase en el último año del reporte de cambio:

- 11, 22, 33, indica que no existe ningún cambio de LC entre dos años diferentes de la evaluación, mientras que;
- 13 revela que ha habido un cambio de la LC, en efecto, se puede interpretar que: área cubierta de árboles (1) pasó a ser áreas para tierras de cultivo (3).

No obstante, para la estimación de estos cambios, es adecuado el uso de datos de percepción remota como la teledetección, a fin para interpolar los productos espaciales con la base de datos obtenidas en observaciones de campo y mediciones de encuestas, debido que estos datos anexos permiten proporcionar un espacio para evaluar de forma autónoma y precisa los productos de la LC (Laso Bayas y otros, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Unidad de estudio (UE): es representada por el área total de la superficie territorial del estado Carabobo, la misma se sitúa en la región centro-norte costera de

Venezuela, forma parte de la región central del país, de latitud norte: 10°35'30"N y 9°44'30"N y de longitud oeste: 67°30'50"O y 68°25'40"O. La superficie total de la UE es aproximadamente 4.651 km², cuya área representa el 0,5% del territorio nacional y con una extensión de 148 km de litoral costero.

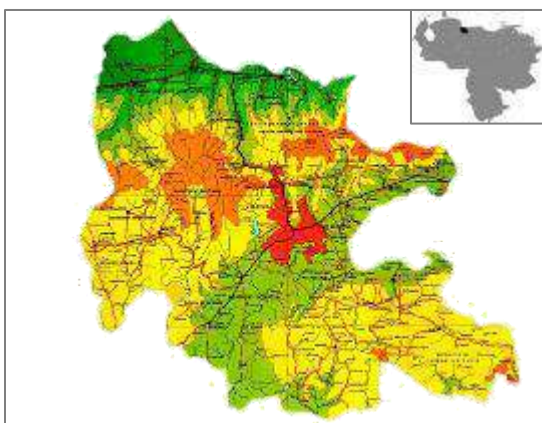


Figura 1. Mapa territorial del estado Carabobo, Venezuela.

Caracterización: La cobertura terrestre del estado Carabobo se describe por presentar un relieve fraccionado por la depresión tectónica que compone el Lago de Valencia, cuya superficie es ondulada y va desde la zona montañosa (costa marítima y linderos con el estado Aragua) a semiplanicie (hacia el sur de Valencia).

La vegetación es un gradiente que varía de acuerdo a la altura y latitud, en proporción con la estructura del suelo, con

una mayor predominancia de vegetación, en la región noreste hacia el área costera (400 – 1.500 m) con bosques (áreas arboleadas), aunque también describe zonas semiáridas al norte de la región costera, con características xerófila y de manglares.

Los cuerpos de agua, describen una importante hidrografía, entre ellas, el Lago de Valencia, con una superficie de 281 km², (4/5 parte) pertenecientes a la entidad, de los cuales drenan vertientes de agua que superan los 20 ríos, entre sus más destacados; el Cabriales (con desembocadura en el Lago de Valencia), Aguas Calientes, Güigüe y Guacara (Rondón y otros, 2008).

Métodos: La investigación se orienta en el análisis temporal de la cobertura de la tierra y cambio en la cobertura de la tierra, bajo el diseño no experimental y descriptivo de acuerdo a la obtención y procesamiento de datos asociados con patrones comparativos para la evaluación de indicadores de percepción remota.

Para ello, la utilización de la información espectral derivada de imágenes satelitales de la reflectancia superficial del producto estándar MODIS

(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) - Terra (SR-ORG: 6842), comprimidas en la base de datos (ESA-CCI-LC 300m Global anual), que proporciona estimaciones temporales de la vegetación, a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, según sus siglas en inglés), en toda la región del estado Carabobo, a escala local, que incluye la evaluación e interpretación de cambios en la estructura en la cobertura de la tierra en un periodo de 15 años (2000-2015), en relación con el ODS 15.3.1 de la CNUCLD.

Metadatos: Los datos predeterminados son suministrados como capas espaciales georeferenciadas tanto en formato ráster (GeoTIFF) como vectorial (Shapefile), siendo este último exclusivamente para la capa de cambio de LC. Para ello, se aplicaron los metadatos tanto en las coordenadas geográficas originales como en la proyección sinusoidal, utilizando el plugin ‘*trends.earth*’ de la herramienta QGIS para identificar, mapear y cuantificar los tipos de uso de la tierra de acuerdo a las 7 clases del IPCC-CNUCLD en referencia espacial y temporal en la distribución de los datos geográficos

digitales sobre el cambio de LC (en formato TIFF, PDF).

El análisis multitemporal: Consta del proceso cronológico de interpretación obtenida de la observación digital para dos periodos temporales de imágenes satelitales en la UE y que fueron contrastadas, para identificar los cambios en la cobertura del suelo, a través de su dinámica evolutiva y en ese sentido, se han determinado las ganancias o pérdidas de cobertura de la tierra desde 2000 a 2015.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los cambios en la cobertura de la tierra (LC) fueron ordenados mediante una matriz que especifica los cambios de la superficie del suelo (km²) e indica la transición de una clase de LC a otra clase LCC desde el periodo inicial hasta el año final del reporte (2000-2015).

Tabla 1. Matriz de cambios entre clases de la Cobertura de la Tierra: LC-LCC periodo 2000 - 2015 en el estado Carabobo, Venezuela.

Fuente: Elaboración propia

2015 2000	Área arbolada	Pastizales	Cultivos	Humedales	Áreas artificiales	Otras tierras	Cuerpos de agua
Área arbolada	2.093,72	10,40	17,24	0,37	5,32	0,00	1,10
Pastizales	11,86	1.528,81	0,73	0,00	49,70	0,00	0,79
Cultivos	24,70	22,44	773,93	0,24	30,07	0,00	0,00
Humedales	0,49	0,00	0,00	24,69	0,49	0,00	2,63
Áreas artificiales	0,00	0,00	0,00	0,00	201,47	0,00	0,00
Otras tierras	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cuerpos de agua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	42,37

Discusión: La tabla 1 se establece la línea base “estable” (color gris) referencial, que representa la neutralidad de degradación de la tierra, es decir, las áreas que han permanecido “sin cambios” dentro de su clase, en relación al año de referencia del reporte (2015). En el mismo contexto, se resalta la permanencia característica de las áreas cubierta de árboles (2093,72 km²) y el área de pastizales (1528,81 km²) que representan la mayor parte del territorio carabobeño en materia de cobertura vegetal y en conjunto con las otras clases representa el 95,73% del área permanente.

inundadas), ejemplo: el cambio de áreas arboladas a áreas de cultivo, pastizales o artificiales. Mientras que las superficies de transición (*debajo de la línea base*), se consideran áreas en “recuperación” (forestación, invasión de la vegetación).

La matriz de cambios LC de la superficie, el total de las filas, menos el valor diagonal indica que “no hay cambios” y representa las pérdidas del LC, mientras que el total de las columnas, menos el valor diagonal; “sin cambios” constituye las ganancias para cada una de las clases de LC en el periodo establecido.

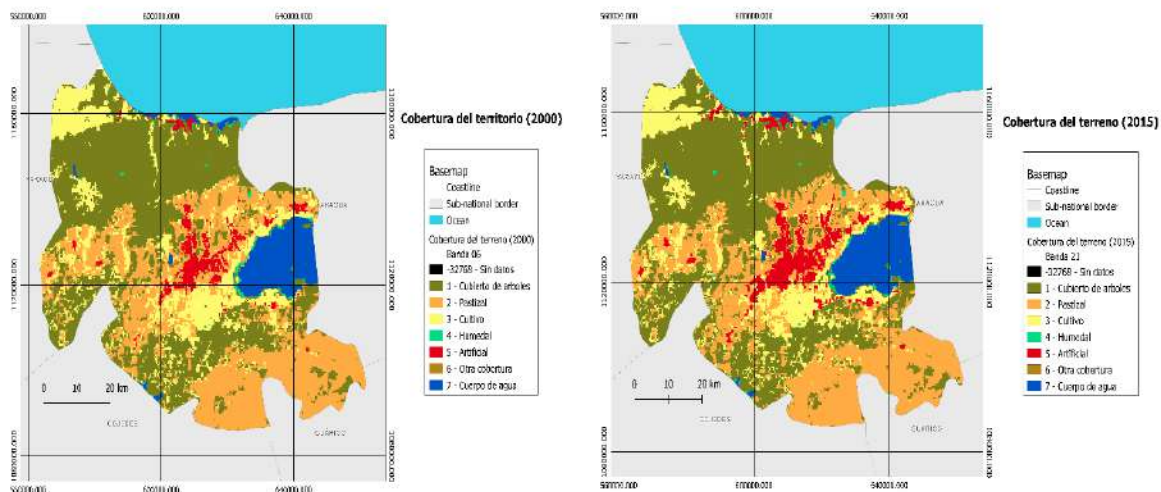


Figura 2: Mapas de la Cobertura de la Tierra (LC) para el año 2000 y LC en 2015 en el estado Carabobo, Venezuela.

En términos generales, puede considerarse la matriz de transición (*encima de la línea base*) como para aquellas áreas “degradadas” (deforestadas,

Los mapas de generación satelital, reflejan las características de acuerdo al uso del suelo en ambos periodos (Figura 2), con base en la leyenda específica de las

7 clases de LC de la CNULD. Sin embargo, los flujos de transición de cambio LC es una evaluación subjetiva, ya que al clasificar las pérdidas y ganancias se debe tener en cuenta el uso de acuerdo al contexto nacional y local del país.

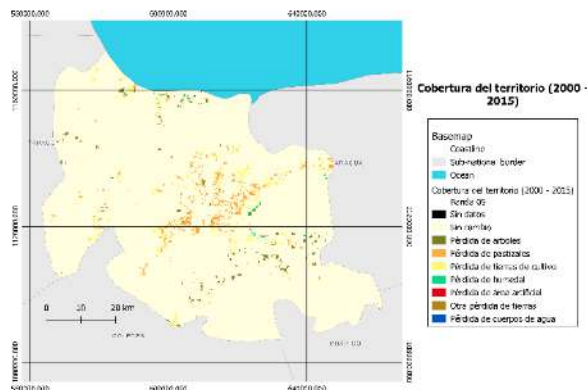


Figura 3. Mapa de Cambio de la Cobertura de la Tierra (LCC) para el periodo 2000-2015 en el estado Carabobo, Venezuela.

En contexto, la figura 3 refleja las áreas que generaron cambios de LC en Carabobo, especificando cada tipo de las clases de la CNULD, con un en total un 3,46% de “degradación” o pérdida.

Tabla 2. Flujos de cambio de la Cobertura de la Tierra (LC-LCC) periodo 2000 - 2015 en el estado Carabobo, Venezuela.

Clases	Área inicial 2000 (Km ²)	Área final 2015 (Km ²)	Cambios en el área (Km ²)	Cambios en el área (%)
Área arbolada	2.130,45	2.133,55	+ 3,10	0,15%
Pastizales	1.611,14	1.555,24	-55,90	-3,47%
Cultivos	855,45	795,46	-59,99	-7,01%
Humedales	30,75	27,19	-3,56	-11,58%
Áreas artificiales	174,67	286,62	+111,95	64,09%
Otras tierras	0,00	0,00	0,00	0,00%
Cuerpos de agua	42,27	46,67	+4,39	10,39%

Fuente: Datos obtenidos de la estimación de áreas de LC-LCC con la herramienta QGIS. Elaboración propia

La tabla 2 revela el flujo de cambio de la LC-LCC de las clases en un periodo multitemporal (2000-2015), en el cual, los cambios en la superficie no es más que la diferencia entre el área final (2015) y el área inicial (2000), donde: los valores negativos (-) representan la “pérdida” en unidades de km² de la cobertura terrestre por cada clase, mientras que los valores positivos (+), significa que hubo una mejora o “ganancia” respecto al área de la clase específica que se valora.

El estado Carabobo, representa apenas el 0,5% del territorio nacional, no obstante, es un estado que posee una alta tasa poblacional en incremento (áreas artificiales), que implica un crecimiento de 64,09% en un periodo de 15 años.

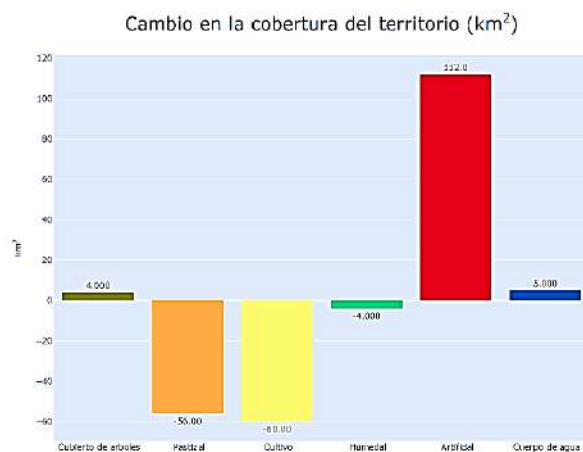


Figura 4. Flujos de Cambio en la Cobertura de la Tierra (2000-2015) en el estado Carabobo.

En este orden de ideas, la tendencia de esta clase, refleja una ganancia significativa (111,95 km²) en lo que respecta la LC (Figura 2 y 4) específicamente en las áreas aledañas a los cuerpos de agua, pastizales y tierras de cultivos, donde el impacto social ha influido exponencialmente, generando una degradación en la cobertura del suelo, lo que ha conllevado además a la pérdida de la vegetación, alteración del ecosistema original, siendo los municipios Valencia, Los Guayos, Guacara, aledaños al Lago de Valencia los más incidentes en estos cambios de cobertura del suelo.

El análisis de degradación del suelo a través del indicador de cobertura de la tierra integra la aplicación de un método total (IOAO: *one out, all out*), “uno fuera, todos fuera”, donde una cantidad significativa demuestra una reducción o cambio negativo en la LC que comprenden las tendencias de degradación de la tierra y que se correlaciona con otros indicadores para establecer una mejor correlación, ya que un aspecto clave para el monitoreo y control de la cobertura de la tierra es

definir la “degradación” en términos de cambios de LC, DPT y COS.

CONCLUSIONES

Los resultados han demostrado la confiabilidad con los datos obtenidos a través de la teledetección y que ha permitido estimar los cambios en la cobertura del suelo, considerando que existe un 3,46% superficie degradada en contrarresto con el 95,73% de áreas que han permanecido estable, lo que tiene una gran relevancia en las tendencias del suelo. Sin embargo, puesto a una baja probabilidad de degradación activa de la tierra que es, por lo tanto, una situación satisfactoria o aceptable, no excluye la posibilidad de que la cobertura ya haya sufrido procesos de degradación y se permanezca en ese estado degradado (es decir, no se está degradando más pero tampoco está recuperándose), debido que solo un 0,81% ha presentado una mejoría superficial de la LC. Es importante tener en cuenta la estacionalidad temporal, ya que podría crear incertidumbre en la detección de LC-LCC, ejemplo, imágenes obtenidas en épocas diferentes (estación seca-lluviosa) podrían interpretarse de

forma distintas de la LC debido a cambios significativos en la cobertura vegetal en diferentes épocas del año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, CNULD (2018). Default data: methods and interpretation. A guidance document for 2018 UNCCD reporting. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn, Germany.
- Cowie, A.L, Orr, B.J., Castillo Sanchez, V.M., P. Chasek, N.D. Crossman, A. Erlewein, G. Louwagie, M. Maron, G.I. Metternicht, S. Minelli, A.E. Tengberg, S. Walter, S. Welton. (2018). Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality Environ. Sci. Policy, pp. 25-35.
- Di Gregorio, A. y O'Brien, D., (2012). Overview of Land-Cover Classifications and Their Interoperability. In Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications, págs. 37–48.
- FAO-GTOS. (2009). Land Cover: Assessment of the status of the development of the standards for the Terrestrial Essential Climate Variables. Global Terrestrial Observing System, Rome.
- IPCC (2019). Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P., Federici, S. (eds). Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.
- Laso Bayas, J.C., See, L., Fritz, S., Sturn, T., Perger, C., Dürauer, M., Karner, M., Moorthy, I., Schepaschenko, D., Domian, D., McCallum, I. (2016). Crowdsourcing In-Situ Data on Land Cover and Land Use Using Gamification and Mobile Technology. Remote Sensing 8 (11), p.905.
- Patel, S., Verma, P., Shankar, G. (2019). Agricultural growth and land use land cover change in peri-urban India. Environmental Monitoring and Assessment 191(9). DOI:10.1007/s10661-019-7736-1
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., (2003). Intergovernmental Panel on Climate Change Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplucf/gpplucf.html>)
- Rondón de Esteller, C., Esteller, R y Este de Villarroel, M. (2008). Diccionario toponímico del estado Carabobo. (3ª edición actualizada y ampliada). Valencia: Universidad de Carabobo, 2008;29-72.
- Sims, N.C., Green, C., Newnham, G.J., England, J.R., Held, A., Wulder, M.A., Herold, M., Cox, S.J.D., Huete, A.R., Kumar, L., Viscarra-Rossel, R.A., Roxburgh, S.H. y McKenzie, N.J. (2021). Guía de buenas prácticas, Indicador 15.3.1 de los ODS: Proporción de tierra degradada en relación con la superficie total de tierra. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), Bonn, Alemania.