

Sensibilidad ambiental a la degradación de tierras de la meseta central de Guatemala

Diego Incer

Centro de Estudios de Ambiente y Biodiversidad, Instituto de Investigaciones

djincer@uvg.edu.gt

Resumen: La degradación ambiental de las tierras representa uno de los fenómenos que afecta biológicamente a un ecosistema, así como el impacto en la economía, ya que los suelos pierden su capacidad ecológica y productiva. El presente estudio utilizó el enfoque aplicado en el Valle del Cauca, en Colombia el cual fue adaptado en base al proyecto Medalus Project que buscó conocer el impacto de la desertificación en la Cuenca del Mediterráneo. Para el caso de Guatemala, se habían realizado esfuerzos para cuantificar la amenaza de la desertificación, sin embargo, solamente se había calculado mediante la utilización de variables climáticas. Este estudio se delimitó a evaluar las áreas sensibles a la degradación en los departamentos de Guatemala, Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá utilizando un enfoque de factores múltiples con las variables de topografía, clima, estado de la vegetación y suelo. Este estudio determinó que el 87% de la superficie posee una sensibilidad ambiental a la degradación, un 68% con una sensibilidad frágil, un 10% con una sensibilidad potencial y un 9% con una sensibilidad crítica. Dentro de las variables que hacen que la sensibilidad sea alta se encuentra que la geomorfología, el clima y el suelo posean valores que provocan que esta área posea una alta fragilidad, pero por otra parte la vegetación ejerce un contrapeso debido a que el 83% del área posee algún tipo de vegetación que actúa como un factor importante y como una barrera para que el área no posea una mayor sensibilidad crítica a la degradación. La importancia de utilizar este enfoque permitió conocer cuáles son los factores que provocan una mayor sensibilidad a la degradación y se puede dar seguimiento para tomar las medidas necesarias para proponer medidas de restauración en aquellas áreas en las cuales hay una fragilidad alta a la degradación.

Palabras Clave: Degradación de tierras, áreas sensibles ambientalmente, meseta central.

Land degradation of Guatemala central plateau and its environmental sensitivity

Abstract: The environmental degradation of land represents one of the phenomena that biologically affects an ecosystem, as well as the impact on the economy, since soils lose their ecological and productive capacity. The present study used the approach applied in the Valle del Cauca, in Colombia, which was adapted from the Medalus Project developed in order to understand the impact of desertification in the Mediterranean Basin. In the case of Guatemala, efforts had been made to quantify the threat of desertification, however, only climatic variables were taken in consideration. This study was limited to evaluating the areas sensitive to degradation in Guatemala, Chimaltenango, Sacatepéquez and Sololá departments using a multifactor approach with the variables of topography, climate, state of vegetation and soil. This study determined that 87% of the surface had an environmental sensitivity to degradation, 68% with a fragile sensitivity, 10% with a potential sensitivity and 9% with a critical sensitivity. Among the variables that made the sensitivity high, we found that the geomorphology, the climate and the soil have values that cause this area to have a high fragility; on the other hand, the vegetation exerts a counterweight because 83% of the area has some type of vegetation that acts as an important factor and as a barrier so that the area does not have a greater critical sensitivity to degradation. The importance of using this approach allowed us to know what were the factors that caused a greater sensitivity to degradation, hence, a follow-up can be implemented in order to take the necessary measures to propose restoration measures in those areas in which there is a high fragility to degradation.

Keywords: Land degradation, environmentally sensitive areas, central plateau.

Introducción

Guatemala posee una superficie total de 108,889 km² de los cuales para el año 2012 se distribuía en un 34% de cobertura forestal, un 38% de superficie destinada a la agricultura, un 24% a los medios semi-naturales y la restante superficie lo ocupaban las áreas urbanas, los humedales y áreas sin información (GIMBUT, 2014). Estudios realizados por el Grupo Interinstitucional de Mapeo de Bosques y Otros Usos de la Tierra (GIMBUT) ha calculado que la pérdida de cobertura forestal en Guatemala ha llegado a tener tasas de deforestación del 1.43% para el periodo 1991-2001, 1.16% , 2001-2006 y del 0.5% para el periodo 2010-2016 (UVG-INAB-CONAP, 2006; UVG, 2011; INAB, 2019). Al remover la cubierta natural de un ecosistema se inicia el proceso de degradación de un ecosistema. El proceso de degradación se manifiesta en una amplia gama de sucesos que se traducen en efectos negativos hacia la cubierta terrestre, como la deforestación, el pastoreo de alto impacto, la pérdida de los nutrientes del suelo, así como de las áreas aptas para el cultivo (Weinzierl et al. 2016).

A pesar que la tasa de deforestación ha ido disminuyendo, el cambio de uso de bosques a pastizales u otros usos de la tierra en el país (Graesser et al. 2015) ha provocado que la tierra y el ambiente sean sobre-utilizados provocando una degradación del suelo y del ecosistema (IARNA/URL, 2012) lo que al remover la cubierta natural acelera los procesos de degradación. La protección sostenible del suelo juega un papel muy importante en la seguridad alimentaria, el clima y la propia seguridad humana. La degradación del suelo representa uno de los mayores problemas que ocurren en todos los ecosistemas agro-ecológicos tanto en países con ingresos altos como bajos (Nkonya, 2016).

Para la Convención de Lucha contra la Desertificación de las Naciones Unidas, la degradación de las tierras se entiende como *la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso de una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento* (CNUUD, 1944). Mientras que para la FAO, la degradación de las tierras es el cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios (FAO, 2019).

Dentro de los impactos negativos de la degradación en los aspectos físicos están la compactación y modificación de las propiedades estructurales del suelo, como la textura o estabilidad de los agregados. Mientras que dentro de los aspectos biológicos existe una reducción en el contenido de la materia orgánica y una daño en la estructura ecológica y composición de la biota (Lavado Contador et al. 2010).

En lo que respecta a los impactos económicos, el costo de no actuar en prevenir la degradación de los suelos se ha calculado que puede alcanzar los 300 billones de dólares. Este cálculo muestra que todos los tipos de ecosistemas pueden ser afectados por la degradación de la tierra. Una de las dificultades para cuantificar los costos de la degradación ha sido la diferencia entre las metodologías empleadas, por lo que no se ha logrado realizar una comparación entre los estimados y ha llevado a tener políticas contradictorias (Nkonya, 2016).

En Guatemala se ha realizado un esfuerzo respecto a los planes de acción, en el año 2001 el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) presentó el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y Sequía (PROANDYS) sin embargo para el año 2005, el MARN no había realizado alguna de las actividades que el programa proponía (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- 2006).

En el PROANDYS, Guatemala utilizó una metodología basada en variables climáticas y de zonas de vida para establecer las áreas amenazadas a la desertificación y sequía utilizando el índice de aridez para establecer las zonas áridas, semiáridas y las sub-húmedas secas que hay en el país. También se utilizó un mapa de zonas de vida en las cuales se extrajeron las categorías de *Monte Espinoso subtropical, el Bosque Seco Tropical y el Bosque Húmedo Subtropical Templado* (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- 2007).

Para 2017, el MARN actualizó el PROANDYS a un Plan de Acción Nacional contra la Degradación de las Tierras, la Desertificación y la Sequía en Guatemala (PLANDYS) el cual responde a los compromisos adquiridos por Guatemala ante la CNUUD en el cual uno de sus principales aportes era el mapeo de las áreas sensibles ambientalmente a la degradación de tierras, la desertificación y la sequía en Guatemala.

Guatemala es uno de los cinco países que se encuentra dentro de la región Centroamérica, y esta ubicación y la particularidad de ser un territorio pequeño provoca que el país posea una diversidad natural y cultural única. El estar entre dos masas continentales y actuar como un puente provoca una variedad edáfica, de formas terrestres, rangos altitudinales y climáticos muy variables que hacen que el país posea una alta variabilidad de ecosistemas y especies (IARNA/URL, 2004).

Además Guatemala debido a su posición geográfica posee una alta variabilidad climática derivado a la influencia del océano Pacífico como el Atlántico (Bardales-Espinoza et al. 2019). Esta influencia provoca que Guatemala posea un riesgo alto al cambio climático debido a que los fenómenos asociados al clima se ha vuelto más frecuentes e intensos (Carrera et al. 2019).

La degradación de la tierra y el cambio climático han sido evaluados de diferentes enfoques generando a su vez una gran cantidad de conocimientos pero estos fenómenos han sido

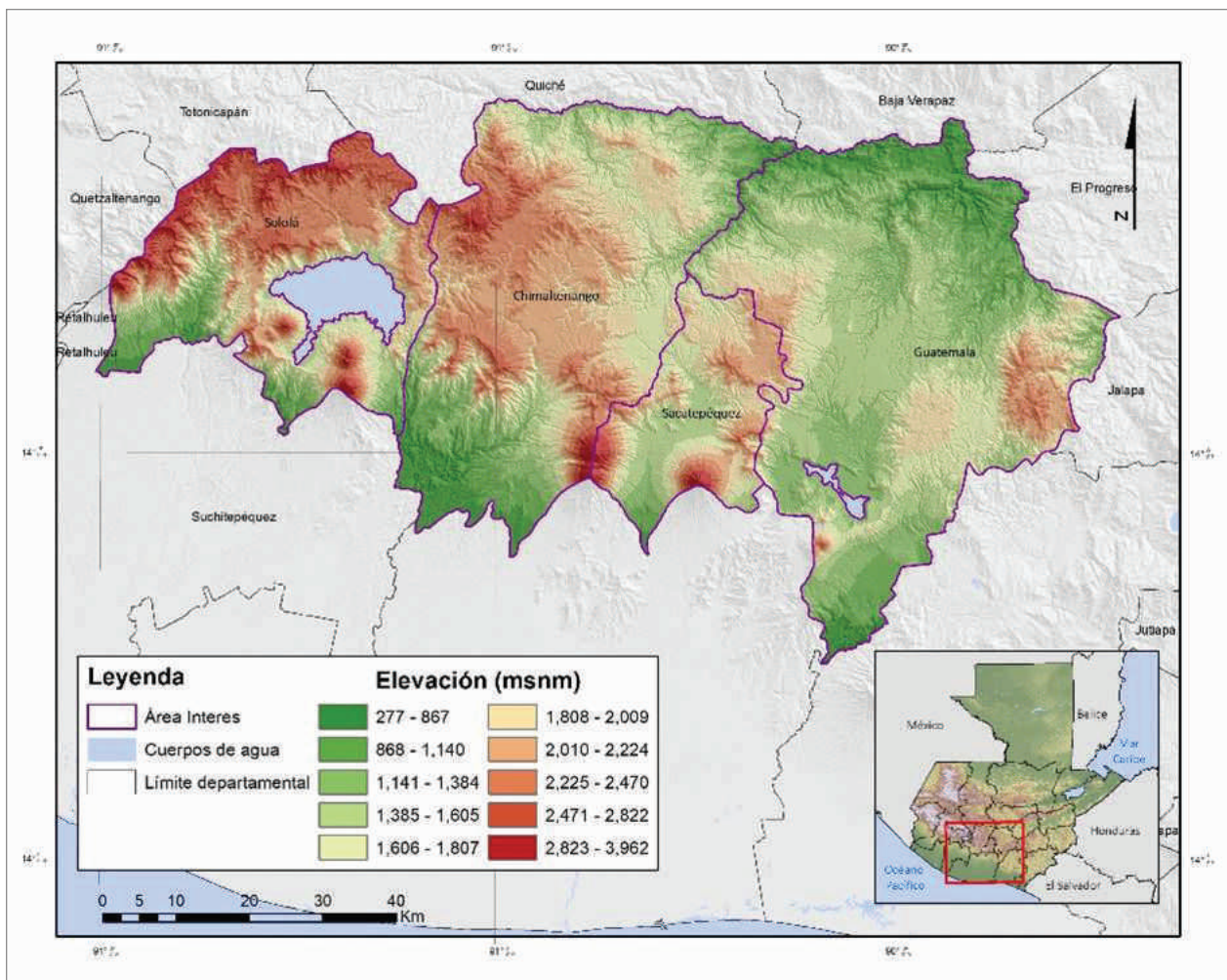


Figura 1. Área de estudio conformada por los departamentos de Guatemala, Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá para cuantificar las áreas ambientalmente sensibles.

evaluados de forma separada y se sabe poco de como impactan de una forma conjunta en los diferentes ecosistemas (Webb et al. 2017) Es importante conocer como estos fenómenos impactan de manera conjunta ya que los países en vías desarrollo tendrá grandes desafíos para luchar contra la degradación y desertificación para conservación de los ecosistemas y la sobrevivencia de los humanos (Huang et al. 2016).

El objetivo del estudio fue conocer la situación actual de la degradación de tierras en Guatemala, ya que el país al ser signatario de la Convención Marco De Las Naciones Unidas Contra La Desertificación y Sequia, y la importancia del mismo, y contribuir a enfocar esfuerzos y recursos en aquellas zonas en las cuales la sensibilidad fuese mucho mayor. Los mapas al ser una herramienta de gestión territorial ayudarían a cumplir con estos esfuerzos de reducir la degradación de tierras en el país.

Materiales y métodos

Como área de estudio se seleccionó la región conocida como meseta central de Guatemala, la cual abarca los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango y Sololá. Esta región tiene una extensión de 562,704 hectáreas, siendo Sololá y Guatemala los que mayor superficie abarcan. Se seleccionó esta región debido a que son áreas que cuentan con información de suelo actualizado con el resto del país. Ver Figura 1.

Para mapear las áreas degradadas en Guatemala se utilizó el enfoque desarrollado por Correa Moreno (2015) y así como el de Kosmas et al. (1999) El primer estudio se desarrolló para el Valle del Cauca en Colombia analizando la desertificación desde el enfoque de riesgo, mientras que el segundo estudio se desarrolló para el proyecto Desertificación y uso del suelo en el Mediterráneo (Medalus, por sus siglas en ingles).

Cuadro 1. Fuente de información para calcular las variables generales del modelo.

Factores/VARIABLES utilizados			
Topografía	Climatología	Estado de la vegetación	Suelo
Modelo de elevación digital	Worldclim 2 Fick y Hijmans, 2017	Mapa de cobertura vegetal GIMBUT, 2014	MAGA 2010, 2013, 2017

Cuadro 2. Variables para calcular las áreas sensibles ambientalmente a la degradación.

Variables de Topografía	Variables de Climatología	Variables de Estado de la vegetación	Variables de Suelo		
Pendiente	Índice de Aridez	Riesgo a fuego	Material Parental	CIC	Estructura de drenaje
Curvatura	Índice de números de meses secos	Resistencia a sequia	Textura	CE	
Índice topográfico de humedad	Índice de agresividad climática	Protección del suelo	Fragmentos de Roca	PSI	
Factor Longitud de Pendiente	Índice concentración de la precipitación	Uso intensivo del suelo	PH	Carbono	

Para el caso de Guatemala, se utilizó el enfoque de Correa Moreno (2015) pero utilizando la metodología de Kosmos et al. (1999) Se empleó este enfoque porque se adapta a los conceptos de Basso et al. (2000) y Kadovic et al (2016). Los primeros definen la sensibilidad ambiental como la relación de diferentes factores biofísicos y antropogénicos que contribuyen a la evolución de la degradación; los segundos, mencionan que las variables de topografía, climatología, suelo dan información acerca de las condiciones ambientales mientras

que el estado de la vegetación expresa la influencia de actividades antropogénicas.

La fuente de información de cada uno de los factores se detalla en el cuadro 1.

Las variables que se usaron para cada en cada uno de los variables generales se detallan en el cuadro 2.

Con respecto a la ponderación de la cada una de las variables utilizadas, el cuadro 3 muestra los valores utilizados.

Cuadro 3. Ponderación de las variables para calcular las áreas ambientalmente sensibles a la degradación.

Variables Topográficas	Pendiente	Valor
	Plana a ligeramente inclinada	1
	Moderadamente inclinada	1.2
	Fuertemente inclinada	1.6
	Ligeramente, moderadamente o fuertemente escarpada	2
	Curvatura (Horizontal/Vertical)	Valor
	Cóncava / Cóncava ; Cóncava /Plana ; Plana / Cóncava ; Plana /Plana	1
	Cóncava / Convexa ; Convexa / Cóncava	1.3
	Plana/Convexa ; Convexa / Plana	1.6
	Convexa/Convexa	2
	Factor de longitud de la pendiente (LS)	Valor
	Bajo	1
	Medio	1.5
	Alto	2
Variables Climáticas	Índice de Aridez	Valor
	Húmedas	1
	Subhúmedas, Húmedas	1.3
	Subhúmedas secas	1.8
	Semiáridas, Áridas, Hiperáridas	2
	Índice de concentración de las precipitaciones	Valor
	Uniforme	1
	Altamente irregular, irregular	1.3
	Moderadamente estacional	1.6
	Estacional	2
	Índice de agresividad climática	Valor
	Muy bajo	1
	Bajo	1.2
	Moderado	1.5
Alto	1.8	
Muy alto	8	

Cuadro 3. Ponderación de las variables para calcular las áreas ambientalmente sensibles a la degradación.

Estado de la vegetación	Riesgo a fuego y capacidad de recuperación	Valor
	Cultivos permanentes arbustivos y arbóreos, cultivos agroforestales, cultivos confinados y áreas abiertas, sin o con poca vegetación.	1
	Mosaicos de cultivos; pastos y cultivos; cultivos, pastos y espacios naturales;	
	cultivos y espacios naturales.	1.3
	Mosaico de pastos con espacios naturales, bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado, bosque de galería y tipario, plantación forestal. Herbazal denso y abierto, arbustal denso y abierto, vegetación secundaria o en transición.	1.6
	Cultivos transitorios y permanentes herbáceos. Pastos	2
	Protection a erosion	Valor
	Bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado, bosque de galería y ripario, herbazal denso, arbustal denso	1
	Herbazal abierto, arbustal abierto, vegetación secundaria o en transición	1.3
	Plantación forestal, cultivos permanentes arbustivos y arbóreos, cultivos agroforestales, cultivos confinados. Mosaico de cultivos, pastos y cultivos, pastos con espacios naturales, cultivos, pastos espacios naturales	1.6
	Cultivos transitorios y permanentes herbáceos	1.8
	Pastos y áreas abiertas, sin o con poca vegetación	2
	Resistencia a la sequia	Valor
	Cultivos agroforestales, bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado, bosque de galería y ripario, plantación forestal. Herbazal denso y abierto, arbustal denso y abierto, vegetación secundaria o en transición.	1
	Plantación forestal, cultivos permanentes arbustivos y arbóreos, cultivos agroforestales, cultivos confinados. Mosaico de cultivos, pastos y cultivos, pastos con espacios naturales, cultivos, pastos espacios naturales	1.6
	Cultivos transitorios y permanentes herbáceos, cultivos confinados, pastos y áreas abiertas, sin o con poca vegetación	2
	Intensidad de uso del suelo	Valor
	Uso adecuado	1
	Subutilizado	1.3
Sobreutilizado	2	

Cuadro 3. Ponderación de las variables para calcular las áreas ambientalmente sensibles a la degradación.

Variables de Suelo	Material Parental	Valor
	Gabro, basalto, diabasa, anfibolita, ecogilita, mármol, dolomita, caliza, peridotita, serpentina	1
	Andesita, latita, diorita, toba de ceniza, pumita, toba de lapili, aglomerados y brechas. Pizarra, cenizas, arenas, lapilli, arenas y cenizas volcánicas (piroclastos no consolidados). Monzonita, cantos y gravas, aluviones, coluviones, lodos, lahares, sedimentos.	1.7
	Granodiorita, sienita, riolita, cuarzolita, cuarzodiorita, riocacita, dacita, esquistos. Conglomerado, brecha, tillita, cuarcita, neis, granulita, filita, arenisca. Limolita, lutita, shale, arcillolita, lodolita, marga	2
	Textura	Valor
	F, FA, FA, FA	1
	AA, FL, FA	1.2
	L, Ar, ArL	1.6
	A	2
	pH	Valor
	Ligeramente ácido a neutro.	1
	Moderadamente ácido	1.5
	Fuertemente ácido - ligeramente alcalino.	1.8
	Muy fuertemente a extremadamente ácido - Moderadamente, fuertemente y muy fuertemente alcalino.	2
	Erosión	Valor
	Sin erosión	1
	Ligera	1.3
	Moderada	1.6
	Severa a muy severa	2
	Profundidad	Valor
	Profunda a muy profunda	1
	Moderadamente profunda	1.2
	Superficial	1.6
	Muy superficial	2
	Drenaje	Valor
	Bien drenado	1
Moderadamente drenado - Moderadamente excesivo	1.2	
Pantanosos, muy pobres, pobres, imperfectos, excesivos	2	

Fuente: Correa Moreno, 2015

Para la operación de los factores se utilizó el sistema de información geográfica con el software ArcGis 10.5 y se remuestrearon cada una de las variables a un tamaño de píxel de 100 x 100. Para obtener el valor final de cada factor se operaron las variables con la siguiente ecuación:

$$AAASD = (\text{Topografía} * \text{Climatología} * \text{Estado de la vegetación} * \text{Suelo})^{1/4}$$

Para la ponderación de cada una de las variables se utilizaron los valores empleados en el estudio del Valle del Cauca, debido a que Colombia se encuentra en la región de Latinoamérica. Estos valores que se desarrollaron para la región de Colombia fueron desde 1 como el valor mínimo mientras que el valor 2 fue considerado como el máximo. No se utilizó la ponderación que detalla en el proyecto Medalus debido a que este estudio se enfocó en la región del Mediterráneo.

Cuadro 4. Rangos de valores para establecer la categoría de las áreas sensibles ambientalmente a la degradación.

Categoría	Subcategoría	Rango
No afecta	--	<1.17
Potencial	--	1.17-1.22
Frágil	Bajo (F1)	1.23-1.26
	Medio (F2)	1.27-- 1.32
	Alto (F3)	1.33 - 1.37
Crítico	Bajo (C1)	1.38 - 1.41
	Medio (C2)	1.42 - 1.53
	Alto (C3)	> 1.53

Fuente: Kosmas et al. 1999

Para obtener las categorías para las áreas ambientalmente sensibles a la degradación se utilizaron los rangos mostrados en el cuadro 4.

En el cuadro 5 se describen las categorías de las AASD.

Resultados y Discusión

Para la región de estudio, los resultados fueron que el 68% de la región se encuentra con una sensibilidad frágil, un 10% con una sensibilidad potencial y un 9% con una sensibilidad crítica. Para las áreas que no estarán afectadas por la degradación corresponde un 13% de la superficie. La figura 2 muestra las AAS.

Para la categoría frágil desagregando en las subcategorías F1, F2 y F3, los porcentajes se distribuyen en 19%, 32% y 17% respectivamente. Dentro de las características que se pueden destacar para estas áreas ambientalmente sensibles (AAS), las pendientes se encuentran en un rango del 10% hasta un 30% y que según la (FAO, 2009) se clasifican en fuertemente inclinado y modernamente escarpado. Esto hace que esta superficie sea susceptible a eventos climáticos extremos, ya que el área puede tener precipitaciones máximas por arriba de los 4,300 mm/año y un promedio de 1,500 mm/año según datos (Fick y Hijmans, 2017)

La Figura 3 muestra los valores medios para cada una de las variables que se utilizaron para determinar la sensibilidad a la degradación. Los valores bajos indican parámetros de buena calidad mientras que los valores altos muestran parámetros de baja calidad. Las variables de clima y suelo al mostrar valores altos nos indican que dentro de la región de estudio juegan un papel para que exista una mayor sensibilidad a la degradación. De distinta manera, la variable de geomorfología muestra valores altos solamente para las áreas frágiles y críticas. Por otra parte,

Cuadro 5. Descripción de las categorías de las áreas sensibles ambientalmente a la degradación.

Categoría	Subcategoría	Descripción
No afectadas Potenciales		Áreas en las cuales no hay una sensibilidad a la degradación. Áreas en donde la sensibilidad a la degradación es baja. Cambiaría de categoría si se dan una serie de eventos climáticos significativos y a su vez ocurre se da un uso incorrecto al suelo lo que provocaría impactos y se daría un cambio de categoría.
Frágiles	F1,F2,F3	Áreas en donde la sensibilidad a la degradación se encuentra en un frágil equilibrio entre la naturaleza y las actividades humanas. Estas áreas frente a un evento climático extremo y que el uso del suelo sea el incorrecto se favorecería a que por ejemplo se erosione el suelo con el aumento de la escorrentía. Estos factores llevarían a que estas áreas pasen a ser críticas.
Críticas	C1,C2,C3	Áreas que poseen una alta sensibilidad a la degradación, las cuales ya se pueden encontrar degradadas por el mal uso del pasado. Estas tierras se caracterizan por haber perdido y/o disminuido su productividad así como su valor ecológico.

Fuente: Salvati y Bajocco, 2011; Pravalie et al. 2017

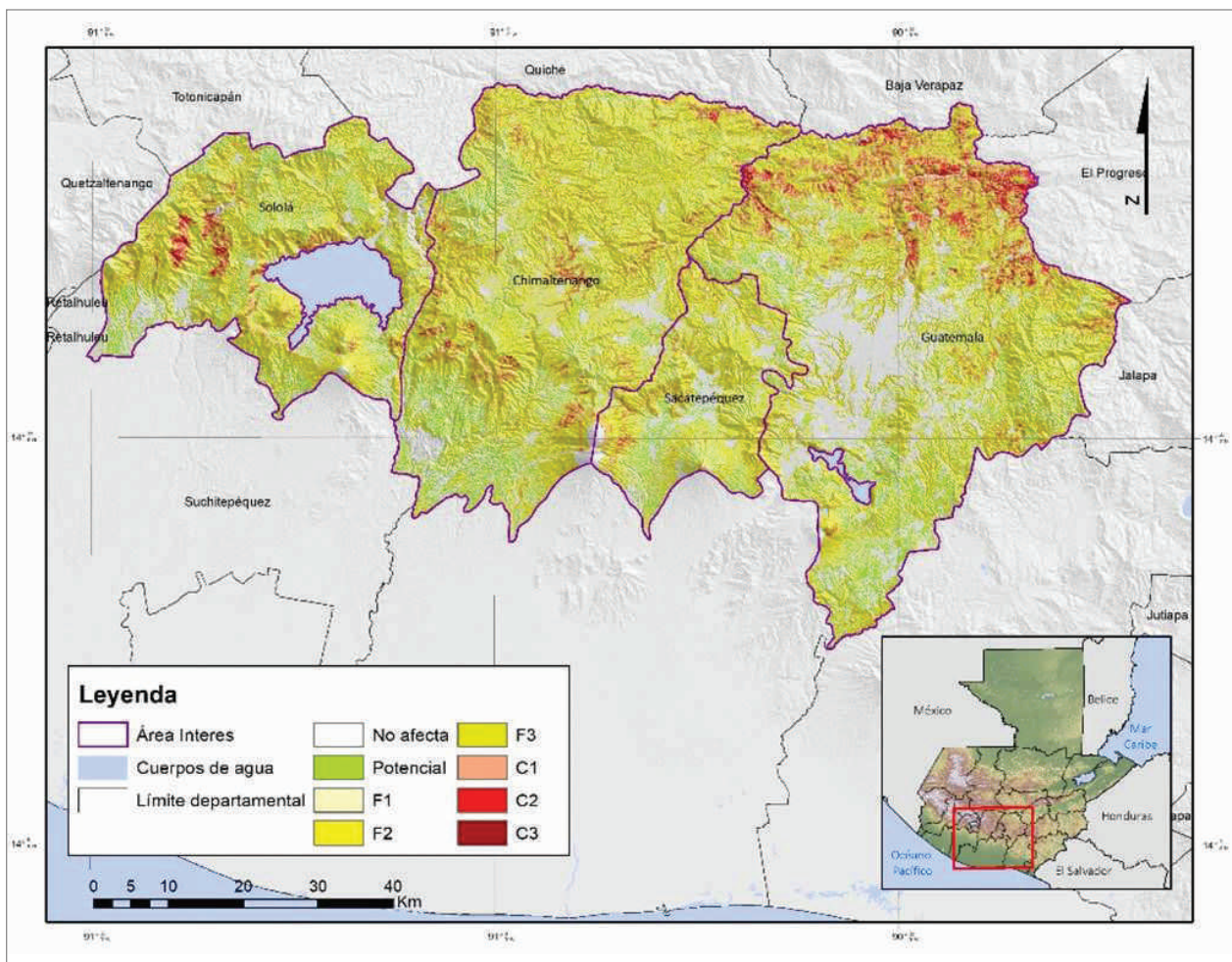


Figura 2. Áreas ambientalmente sensibles a la degradación en la meseta central de Guatemala.

la variable vegetación, muestra valores bajos en comparación de las otras variables reflejando que esta variable juega un papel importante dentro de esta región ya que el 83% posee una cobertura vegetal lo que permite mitigar los efectos de los valores altos de sensibilidad que aportan las otras variables.

Dentro de la categoría crítica, los porcentajes desagregados para las AAS se distribuyen en un 6% para C1 y un 3% para la C2, mientras que para la AAS C3 no hay representatividad. Dentro de las características en esta categoría, las pendientes para las dos AAS se clasifican como *muy escarpadas* debido a que los porcentajes se encuentran en un rango del 30% hasta un 60%(FAO, 2009) En cuanto a las precipitaciones en estas AAS según (Fick and Hijmans, 2017) se encuentran desde los 4,000 mm/año anuales como máximo hasta 780 mm/año como mínimo, teniendo como promedio 1,200 mm/año.

En cuanto a la categoría potencial no se tiene una desagregación por lo que dentro de este 10%, las características en cuanto a

la pendiente se clasifican como fuertemente inclinada con un rango del 10% al 15% según (FAO, 2009) Dentro del rango de las precipitaciones en esta categoría los valores se encuentran

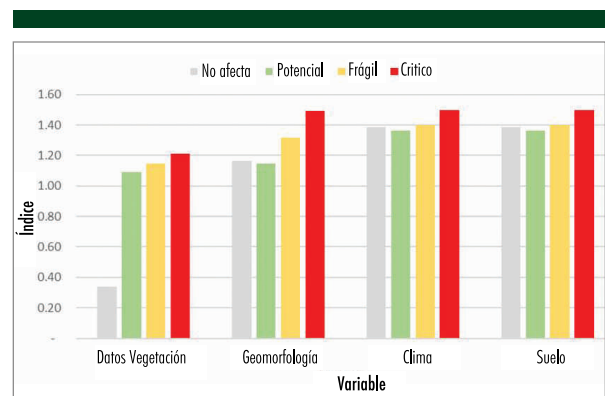


Figura 3. Valores promedio de las variables por categoría de las áreas ambientalmente sensibles a la degradación

desde los 4,300 mm/año como máxima hasta 853 mm/año como mínimo, teniendo precipitaciones promedio de 1,600 mm/año (Fick y Hijmans, 2017).

Otras de las características presentes del área de estudio, realizando el análisis para las categorías crítica, frágil y potencial, es el uso del suelo que poseen estas superficies. Dentro de los usos mayoritarios dentro del área de estudio un 32% posee una cubierta forestal, un 22% posee un tipo de vegetación arbustiva-matorral, un 18% posee una utilización dedicada a la agricultura anual, un 13% es utilizada para la producción de café y por último un 8% corresponde al tejido urbano.

Para las áreas con cobertura forestal, las AAS se distribuyen de la siguiente manera, para las ASS en F1, F2 y F3 los porcentajes son de 22%, 37% y 18% respectivamente que en su conjunto suman un 75%. El resto para este uso se distribuye un 11% para las AAS potenciales y un 5% para la C1 y un 2% para la C2. Es importante conocer cómo se está utilizando el suelo dentro de la región de estudio debido a que se podrán diseñar planes para la adaptación y mitigación para las AAS.

Dentro de la vegetación arbustiva-matorral, la tendencia es muy similar a la cobertura forestal, debido a que las AAS en la categoría frágil se distribuyen en un 13% para la F1, 34% para la F2 y un 25% para la F3 que en su conjunto constituye un 72% para esta categoría. Dentro de la categoría crítica se destaca que un 11% corresponde para la C1 y un 6% para la C2 y finalmente un 5% corresponde a las áreas AAS potenciales.

Es importante conocer la distribución de las AAS en este uso del suelo, debido a que en áreas del país es la transición hacia un bosque secundario, sin embargo, posee una alta dinámica de cambio a otro uso. La dinámica de los matorrales-guamiles es importante conocerlas ya que por lo general, esta temporalidad abarca entre 3 a 5 años (Parraguez-Vergara et al. 2018)

Para el uso del suelo que está dedicado a la agricultura anual, nuevamente la categoría frágil para sus AAS se encuentra distribuida de la siguiente manera un 21% para F1, un 39 para F2 y un 18% para F3 que en su conjunto representan un 78%. Para la categoría crítica un 6% corresponde para C1 y un 3% para la C2 y finalmente un 9% para la categoría potencial. Es importante tomar medidas para prevenir la degradación de tierras en este uso del suelo ya que como menciona (Aguilar-Stoen et al. 2016) a pesar de ser parcelas privadas son de pequeña escala donde la predominancia de cultivos, son el maíz y el frijol, sirven para crear pequeñas cadenas de negocios.

Otro detalle a tomar en cuenta, son aquellas áreas que poseen una cobertura forestal en zona donde la pendiente es mayor al 15%, ya que si ocurre un cambio de uso del suelo de bosques a agricultura anual, estaría aumentado y/o acelerando el proceso para que ocurra una degradación de suelos (Hellin, et al. 2018)

Otro uso del suelo representativo dentro de la región, son las tierras dedicadas a la producción de café ocupando un 13% de la superficie. Para la categoría frágil, es sus tres AAS, un 27% se encuentra en F1, un 25% en F2 y un 5% en F3, teniendo un 57% en total para esta categoría. En cuanto a la categoría potencial se contabiliza un 25% con este tipo de sensibilidad mientras que solamente un 1% corresponde a la AAS C1 dentro de la categoría crítica.

Este cultivo posee una importancia debido a que al ser cultivo agroforestal puede ser un factor importante para restaurar y/o mejorar aquellas áreas que han sido degradadas (Augustine et al. 2006) Pero hay que tomar en cuenta que es un cultivo que posee una sensibilidad a las sequías, a los excesos de humedad y los vientos extremos (Tucker et al. 2010) con lo cual hay que tener medidas de adaptación y mitigación frente a estos riegos.

Conclusión

La meseta central de Guatemala posee un 86% de su superficie considerada como frágil a la degradación de tierras. Por otra parte, también se determinó que la cobertura vegetal presente en el área ayuda que las ASS no tengan una categoría crítica. El mapa de las AAS generado es un instrumento útil para los tomadores de decisión, así como los organismos que por competencia deben luchar contra la degradación de tierras o establecer medidas de restauración de aquellas tierras que aún no se encuentran degradadas. Se recomienda utilizar este enfoque metodológico para futuros estudios en Guatemala ya que el analizar independientemente cada una de las variables y luego obtener el índice de AAS permite comprender los pesos que cada una de las variables tiene dentro del área de estudio. Sin embargo, dentro los retos para aplicar este enfoque es la necesidad de contar con información actualizada de cada una de las variables debido a que esto permitirá conocer el avance/retrocesos de la degradación.

Agradecimientos

A Daniel Ariano por sus aportes y conocimientos sobre biodiversidad y ecosistemas para la revisión de este artículo. Al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo que permitió desarrollar esta investigación en el país A Gabriela Fuentes por el liderazgo en la formulación y construcción del PLANDYS que permitió desarrollar esta metodología.

Bibliografía

Aguilar-Stoen, M., Taylor, M., Castellanos, E. (2016) *Agriculture, Land Tenure and International Migration in Rural Guatemala* Journal of Agrarian Change, 16 (1): 123-144. doi: 10.1111/joac.12091.

- Augustine, C.M.J., Vogt, K.A., Harrison, R.B., Hunsaker, H.M. (2006) *Nitrogen-fixing trees in small-scale agriculture of mountainous Southeast Guatemala: Effects on soil quality and erosion control* Journal of Sustainable Forestry 23 (4): 61-80. doi: 10.1300/J091v23n04_04.
- Bardales Espinoza, W.A., Castañón, C., Herrera Herrera, J.L. (2019) *Clima de Guatemala, tendencias observadas e índices de cambio climático* En: Castellanos, E.J., Paiz-Estévez, A., Escribá, J., Rosales-Alconero, M., Santizo, A. (Eds.), *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala* (pp. 20-39) Guatemala: Editorial Universitaria UVG. Disponible en: <https://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2019/07/1RepCCGuaCap2.pdf>.
- Basso, F. et al. (2000) 'Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: An example covering the Agri basin (Southern Italy)', *Catena*, 40(1), pp.19-35. doi:10.1016/S0341-8162(99)00062-4.
- Carrera, J.L. (2019) *¿Qué tan vulnerables somos? Elementos para entender la vulnerabilidad de Guatemala*. En: Castellanos, E.J., Paiz-Estévez, A., Escribá, J., Rosales-Alconero, M., Santizo, A. (Eds.) *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala* (pp. 64-85) Guatemala: Editorial Universitaria UVG. Disponible en: <https://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2019/07/1RepCCGuaCap4.pdf>.
- CNULD (1994) *Texto de la convención* pp. 66.
- Correa Moreno, D. L. (2015) *Indicadores de riesgo de desertificación en zonas del Valle del Cauca* (Colombia) pp. 99.
- FAO (2009) 'Guía para la descripción de suelos.', Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación, p. 100. Available at: [file:///C:/Users/Alina Belen Ortiz/Downloads/a0541s00\(1\).pdf](file:///C:/Users/Alina%20Belen%20Ortiz/Downloads/a0541s00(1).pdf).
- FAO (2019) *Degradación del Suelo* Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/> (Consultado: 28 Noviembre 2019)
- Fick, S.E., Hijmans, R.J. (2017) *WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas* International Journal of Climatology, 37 (12): 4302-4315. doi: 10.1002/joc.5086.
- GIMBUT (2014) *Memoria Técnica. Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012 y Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001 - 2010 Guatemala*.
- Graesser, J., Aide, T.M., Grau, H.R., Ramankutty, M. (2015) *Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America* Environmental Research Letters 10: 034017. doi: 10.1088/1748-9326/10/3/034017.
- Hellin, J., Rattner, B.D., Meizen-Dick, R., Lopez-Ridaura, S. (2018) *Increasing social-ecological resilience within small-scale agriculture in conflict-affected Guatemala* Ecology and Society 23 (3): doi: 10.5751/ES-10250-230305.
- Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G., Guo, R. (2016) *Accelerated dryland expansion under climate change* Nature Climate Change 6 (2): 166-171. doi: 10.1038/nclimate2837.
- IARNA/URL (2004) *Perfil ambiental de Guatemala -Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática-* doi: 10.1073/pnas.0703993104.
- IARNA/URL (2012) *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012 Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*.
- INAB (2019) *Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010* pp. 112.
- Kadović, R. et al. (2016) 'Land Sensitivity Analysis of Degradation using MEDALUS model: Case Study of Deliblato Sands, Serbia', *Archives of Environmental Protection*, 42(4), pp. 114-124. doi: 10.1515/aep-2016-0045.
- Kosmas, C. Kirby, M., Geeson, N. (1999) *Medalus Project: Mediterranean Desertification and Land Use. Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas* European Commission Community Research.
- Lavado Contador, J. F., Schnabel, S., Gomez Gutierrez, A., Pulido Fernandez, M. (2010) *Mapping sensitivity to land degradation in Extremadura SW Spain* Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 53: 387-390.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (2006) *III Informe Nacional sobre la Implementación de la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (2007) *Programa de Acción Nacional de lucha contra la Desertificación y Sequía de Guatemala -PROANDYS Guatemala*.
- Nkonya, E., Mirzabaev, A. Von Braun, J. (2016) *Economics of Land Degradation and Improvement-A Global Assessment for Sustainable Development* Springer Open.
- Parraguez-Vergara, E., Contreras, B., Clavijo, N., Villegas, V., Paucar, N., Ther, F. (2018) *Does indigenous and campesino traditional agriculture have anything to contribute to food sovereignty in Latin America? Evidence from Chile, Peru, Ecuador, Colombia, Guatemala and Mexico* International Journal of Agricultural Sustainability 16 (4-5): 326-341. <https://doi.org/10.1080/14735903.2018.1489361>
- Prvălie, R., Savulescu, I., Patriche, C., Dumitrascu, M., Bandoc, G. (2017) *Spatial assessment of land degradation sensitive areas in southwestern Romania using modified MEDALUS method* *Catena*, 153: 114-130. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.02.011>
- Salvati, L., Bajocco, S. (2011) *Land sensitivity to desertification across Italy: Past, present, and future* *Applied Geography*, 31(1): 223-231. doi: 10.1016/j.apgeog.2010.04.006.
- Tucker, C.M., Eakin, H., Castellanos, E.J. (2010) *Perceptions of risk and adaptation: Coffee producers, market shocks, and extreme weather in Central America and Mexico* *Global Environmental Change*, 20 (1): 23-32. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2009.07.006.
- URL/IARNA (2009) 'Conflicto de uso del territorio y deterioro de las tierras', *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009. Las señales críticas y su relación con el desarrollo.*, p. 320.
- UVG, INAB, CONAP (2006) *Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y Mapa de Cobertura Forestal 2001*.

UVG (2011) *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2006 y dinámica de la cobertura forestal 2001-2006* pp. 97.

Webb, N.P., Marshall, N.A., Stringer, L.C., Reed, M.S., Chapell, A., Herrick, J.E. (2017) *Land degradation and climate change: building climate resilience in agriculture* *Frontiers in Ecology and the Environment* 15 (8): 450-459. <https://doi.org/10.1002/fee.1530>

Weinzierl, T., Wehberg, J., Bohner, J., Conrad, O. (2016) *Spatial Assessment of Land Degradation Risk for the Okavango River Catchment, Southern Africa* *Land Degradation and Development*, 27 (2): 281-294. <https://doi.org/10.1002/ldr.2426>