

## PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA TIERRA, CUENCA DEL RÍO TINACO, COJEDES, VENEZUELA

*(Land productivity, Tinaco river basin, Cojedes, Venezuela)*

Luis Rumbo<sup>1\*</sup>, Franklin Paredes Trejo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela

\*Correspondencia a: [rumbotopo@gmail.com](mailto:rumbotopo@gmail.com)

Recibido: 30/01/2023

Aceptado: 03/03/2023

### RESUMEN

Se investigó la variabilidad espacio-temporal de la productividad de la tierra (LPD, por sus siglas en inglés) empleando datos obtenidos por percepción remota de la Plataforma Trends Earth, en la cuenca del río Tinaco, se usó como período inicial “2001-2017” y como período de comparación “2018-2020”. Se analizó la dinámica de la LPD usando imágenes del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI; por sus siglas en inglés) derivadas del sensor MODIS a bordo del satélite Terra. Este método usa un indicador que integra tres métricas en simultáneo, denominadas trayectoria o tendencia, estado y rendimiento. Dicho método lo adopta la Convención de la Naciones Unidas para el Combate de Tierras Degradadas. Los principales resultados son: al integrar las tres métricas: trayectoria, estado y rendimiento se obtiene la dinámica global de la productividad de la tierra en la CRT en el período 2001-2020, es importante comentar que el área de la cuenca que se encuentra declinando corresponde a 206,507 Km<sup>2</sup> (5,703%), existe declinación incipiente en un área de 354,747 Km<sup>2</sup> (9,797%), las zonas estables pero con una condición de estrés alcanzan un área de 1,163 Km<sup>2</sup> (0,032%); las zonas estables presentan un área de 1.789.404 Km<sup>2</sup> (49.416%) y las zonas que están mejorando su condición de productividad logran un área de 1.266.647 Km<sup>2</sup> (34.98%). La principal conclusión: la dinámica de la LPD en la CRT, muestra que existe degradación en un área de 206,507 Km<sup>2</sup> (5,703%); mientras que concurre degradación o declinación incipiente en un área de 354,747 Km<sup>2</sup> (9,797%).

**Palabras clave:** Productividad de la tierra, Trends Earth, cuenca del río Tinaco.

### SUMMARY

The spatio-temporal variability of land productivity (LPD) was investigated using data obtained by remote sensing from the Trends Earth Platform, in the Tinaco river basin, using "2001-2017" as the initial period. " and as comparison period "2018-2020". The dynamics of the LPD were analyzed using normalized vegetation index (NDVI) images derived from the MODIS sensor aboard the Terra satellite. This method uses an indicator that integrates three metrics simultaneously, called trajectory or trend, status and performance. This method is adopted by the United Nations Convention to Combat Degraded Lands. The main results are: by integrating the three metrics: trajectory, status and performance, the global dynamics of land productivity in the CRT in the period 2001-2020 is obtained, it is important to comment that the area of the basin that

is declining corresponds to 206,507 Km<sup>2</sup> (5,703%), there is an incipient decline in an area of 354,747 Km<sup>2</sup> (9,797%), the stable zones but with a stress condition reach an area of 1,163 Km<sup>2</sup> (0.032%); the stable zones present an area of 1,789,404 km<sup>2</sup> (49.416%) and the zones that are improving their productivity condition achieve an area of 1,266,647 km<sup>2</sup> (34.98%). The main conclusion: the dynamics of the LPD in the CRT, shows that there is degradation in an area of 206,507 Km<sup>2</sup> (5,703%); while there is degradation or incipient decline in an area of 354,747 km<sup>2</sup> (9,797%).

**Keywords:** Land productivity, Trends Earth, Tinaco river basin.

## **INTRODUCCIÓN**

Es importante mencionar, que después de aprobarse los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y la declaración del Decenio de las Naciones Unidas para los Desiertos y la Lucha contra la Desertificación (2010-2020) en septiembre de 2015, la comunidad global llegó a un acuerdo sobre la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, en la cual se incluyen 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y 169 metas (Naciones Unidas, 2018). El objetivo 15 insta a los países a proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una gestión sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.

La meta 15.3 se centra en “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” para 2030. El indicador adoptado para medir los resultados obtenidos en la meta 15.3 del ODS consiste en la “Proporción de tierra degradada en relación a la superficie total de tierra”. El seguimiento de este indicador se basa en el uso combinado de tres sub-indicadores, los cuales son: cobertura vegetal, productividad de la tierra y reservas de carbono en superficie y suelo.

En Venezuela resulta interesante producir trabajos científicos sobre la degradación de la tierra tanto en cuencas hidrográficas de interés nacional, regional y local, como en áreas bajo régimen de administración especial (ABRAES), a los fines de poder contribuir con las metas de la agenda 2030 y los ODS, es especial el ODS 15, tomando en consideración la meta 15.3.

La cuenca del río Tinaco (CRT) es la principal fuente hídrica para los municipios Tinaco y Falcón, de este río se abastecen múltiples sectores económicos del estado Cojedes; en especial, el subsector agrícola de secano, quien tiene una amplia presencia en esta región. A diferencia de otras unidades

hidrológicas, esta cuenca destaca por ser la única contenida totalmente en el territorio Cojedeño. Por lo antes expuesto, se seleccionó como unidad de estudio. Bajo estas premisas, surgió la inquietud de evaluar la dinámica de la productividad de la tierra en la CRT, estado Cojedes, Venezuela; para apoyar la medición del indicador 15.3.1 del objetivo de desarrollo sostenible 15 (ODS 15).

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **Unidad de estudio**

El estudio se realizó en la CRT, la cual de acuerdo al Plan de Ordenación y Manejo elaborado por la Empresa Regional

Desarrollos Hidráulicos Cojedes C.A., se encuentra ubicada en la jurisdicción de los municipios Falcón, Tinaco, San Carlos y Pao de San Juan Bautista, en el estado Cojedes y ocupa una extensión de 362.112,0 ha hasta el sitio de Presa denominado El Potrero donde el río cruza la cadena de Galeras del Pao, tiene una superficie estimada en 1.425 Km<sup>2</sup> (Paredes, 2009).

### **Metodología**

#### **Datos**

Se empleó la plataforma de Conservación International (Trends Earth), la cual se basa en una serie de fuentes de datos los cuales se mencionan a continuación:

#### **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)**

<b>Sensor / Conjunto de datos</b>	<b>Ventana Temporal</b>	<b>Resolución Espacial</b>	<b>Grado</b>	<b>Licencia</b>
AVHRR / GIMMS	1982-2015	8 km	Global	Dominio Público
MOD13Q1-coll6	2001-2016	250 m	Global	Dominio Público

#### **Mapa de Cobertura**

<b>Sensor / Conjunto de datos</b>	<b>Temporal</b>	<b>Espacial</b>	<b>Grado</b>	<b>Licencia</b>
ESA CCI Land Cover	1992-2018	300 m	Global	CC by-SA 3.0

#### **Carbono del suelo**

<b>Sensor / Conjunto de datos</b>	<b>Temporal</b>	<b>Espacial</b>	<b>Grado</b>	<b>Licencia</b>
Soil Grids (ISRIC)	Presente	250 m	Global	CC by-SA 4.0

## Métodos

Análisis de la Productividad de la tierra (LPD, por sus siglas en inglés) en la CRT:

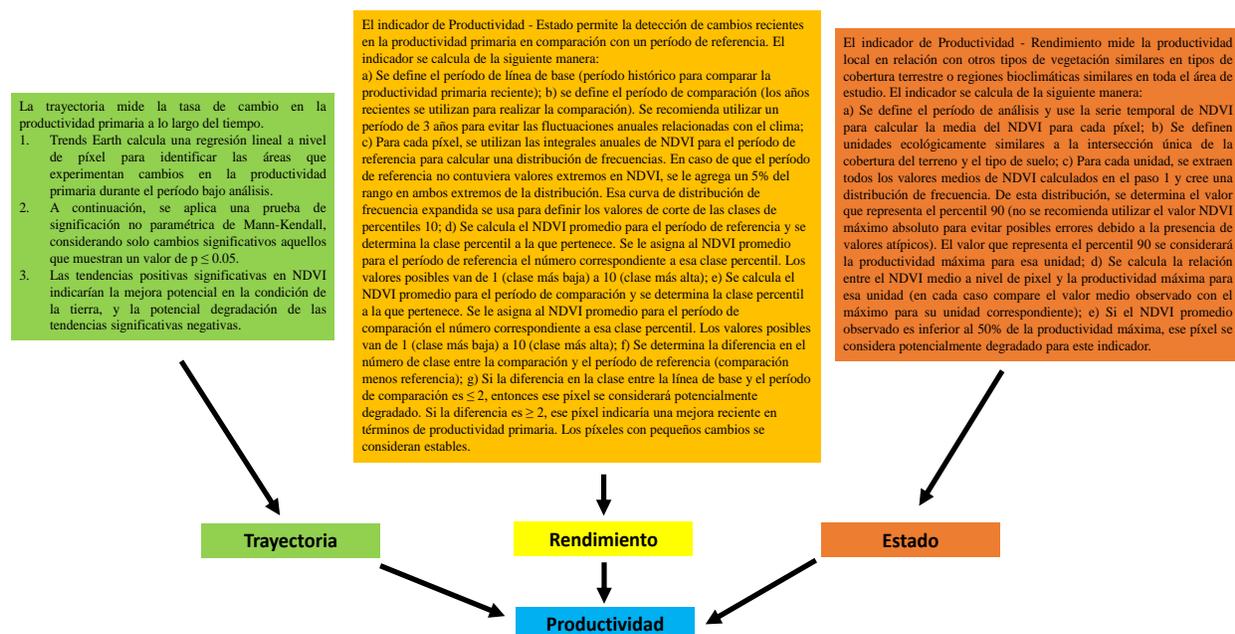
Para analizar la degradación de la tierra, la plataforma Trends Earth, realiza el cálculo de cada uno de los sub-indicadores como sigue:

### Sub-indicador – Productividad

La LPD, es la capacidad productiva biológica de la tierra, la fuente de todos los alimentos, fibras y combustibles que sustentan a los seres humanos (Comisión de Estadística de las Naciones Unidas 2016). El cálculo de Productividad Primaria Neta (PPN) consume mucho tiempo y es costoso de estimar, por esa razón, dependemos de la información detectada remotamente para derivar indicadores de PPN. Uno de los sustitutos más comúnmente usados de la PPN

es el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), que se calcula utilizando la información de las porciones roja e infrarroja cercano del espectro electromagnético. En Trends.Earth se hace uso de productos cada dos semanas de MODIS y AVHRR para calcular las integrales anuales de NDVI (calculado como el NDVI anual promedio para simplificar la interpretación de los resultados). Estas integrales anuales de NDVI se utilizan para calcular cada uno de los indicadores de productividad que se explican a continuación. La LPD se evalúa en Trends Earth utilizando tres medidas de cambio derivadas de datos de series de tiempo de NDVI: trayectoria, rendimiento y estado.

La figura 1 muestra la ruta metodológica.



**Figura 1.** Ruta metodológica para obtener la LPD en la CRT.

## Combinación de indicadores de productividad

Los tres sub-indicadores de productividad se combinan luego para generar los informes del ODS 15.3.1, por lo general se requiere el indicador de tres (3) clases, pero Trends Earth también produce el indicador para cinco (5) clases para informar el tipo de degradación que ocurre en el área.

### Integración de los sub-indicadores

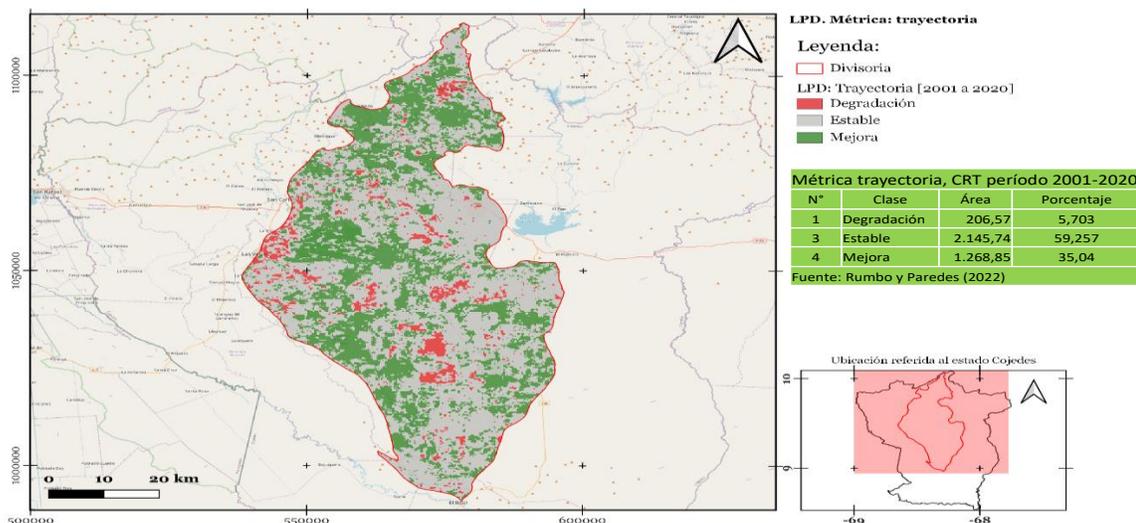
La integración de los tres sub-indicadores del ODS 15.3.1 se realiza siguiendo la regla de uno afuera-todos afuera, esto significa que si un área fue identificada como potencialmente degradada por cualquiera de los sub-indicadores, entonces esa área se considerará potencialmente degradado para fines informativos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Productividad de la tierra en la CRT

#### 1.1. Indicador trayectoria

Para tener una primera aproximación de las zonas degradadas en la CRT se analizó la dinámica de la LPD para el periodo 2001-2020 usando imágenes del índice de vegetación normalizada (NDVI; por sus siglas en inglés) derivadas del sensor MODIS a bordo del satélite Terra. Este método usa un indicador que integra tres métricas en simultáneo, denominadas trayectoria o tendencia, estado y rendimiento. Cabe destacar que dicho método lo adopta la Convención de la Naciones Unidas para el Combate de Tierras Degradadas para la detección de suelos degradados a escala global. La metodología y su racionalidad se explica en Sims *et al.*, (2017). El mapa resultante se muestra en la figura 2.

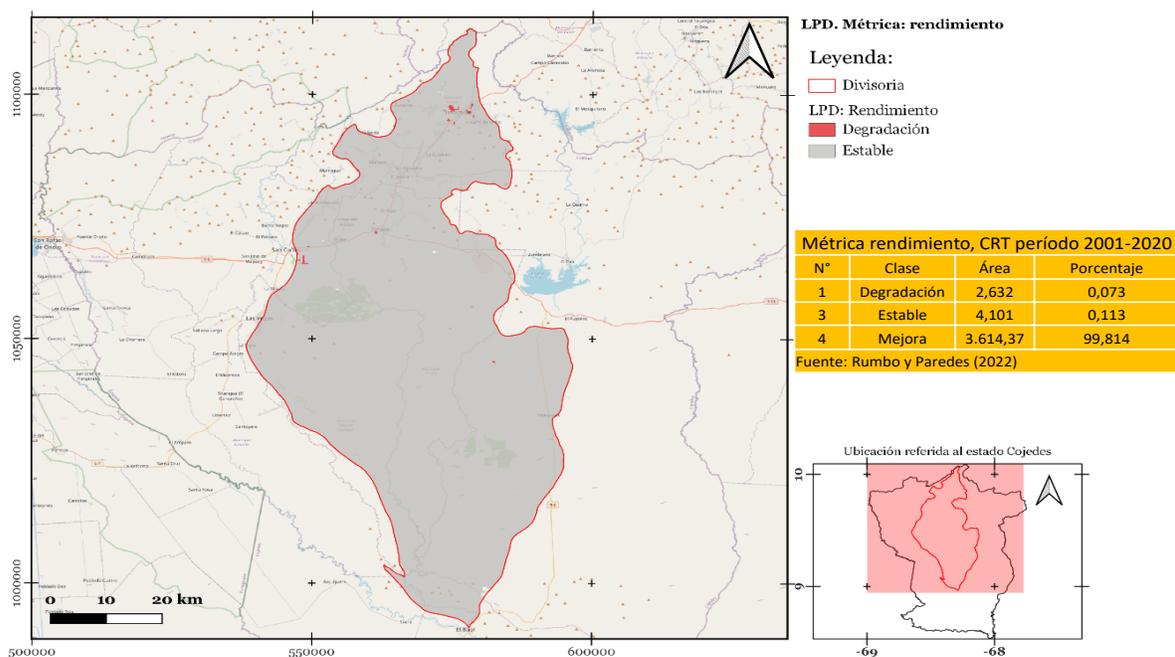


**Figura 2.** LPD, métrica trayectoria CRT, período 2001-2020

Las zonas con mayor extensión espacial de degradación en los suelos se ubican en la periferia de los sectores: eje San Carlos - La Blanca - Las Vegas, Tinaquillo; y tres núcleos el primero ubicado a 23,47 Km de Caño Benito, un segundo núcleo a 23,58 Km de Caño Benito y un tercer núcleo distante 21,10 Km del poblado de Campo Alegre (mostrados en color rojo). La figura 2 muestra que un área de 206,57 Km<sup>2</sup> (5,703%) presenta degradación, 2.145,742 Km<sup>2</sup> (59,257%) se mantiene estable y 1.268,851 Km<sup>2</sup> (35,04%) presenta mejora.

Al evaluar la métrica rendimiento en toda la cuenca puede verificarse que existe degradación en tres núcleos importantes los cuales son: Tinaquillo, Tinaco y San Carlos, manteniéndose el resto de la cuenca estable. Presumiblemente, este resultado pudiera estar asociado en el caso de Tinaquillo, al crecimiento de su núcleo urbano y al incremento de la actividad minera. En el caso de los municipios Tinaco y San Carlos, pudiera estar asociado al crecimiento de sus núcleos urbanos. El mapa resultante se muestra en la figura 3.

### 1.2. Indicador rendimiento



**Figura 3.** LPD, métrica rendimiento CRT, período 2001-2020

Se observa que existe degradación en un área de 2,632 Km<sup>2</sup> (0,073%), se mantiene estable un área de 4,101 Km<sup>2</sup> (0,113%) y

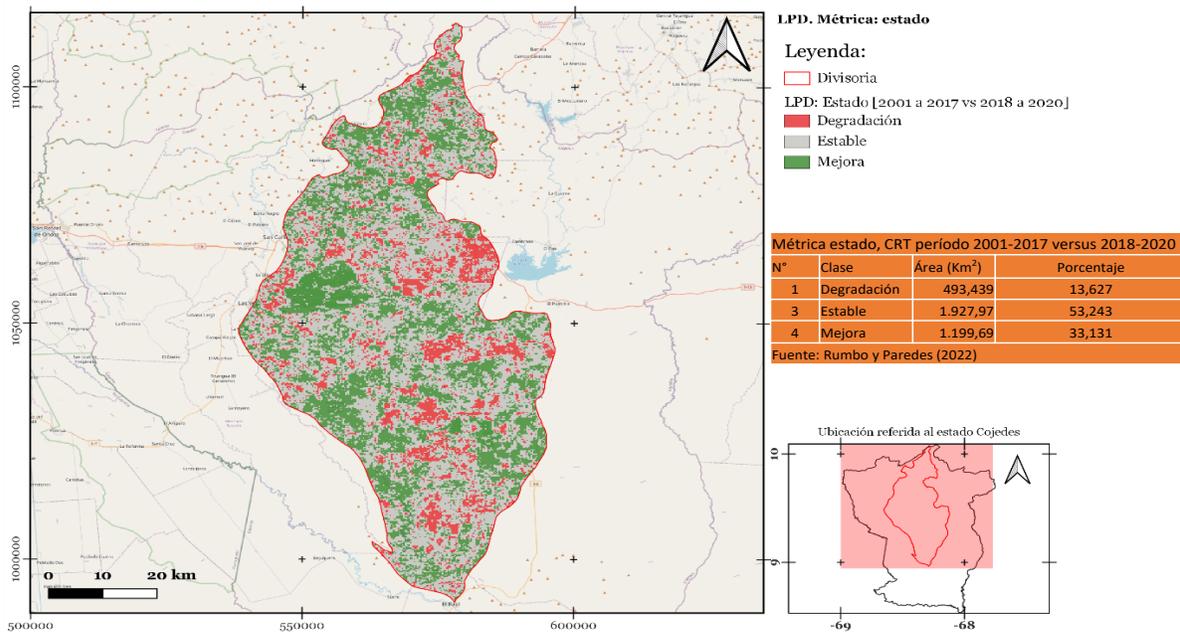
existe mejora en un área de 3.614,367 Km<sup>2</sup> (99,814%). Se debe recordar que la métrica mide la productividad local en relación con

otros tipos de vegetación similares en tipos de cobertura terrestre o regiones bioclimáticas similares en toda el área de estudio, se usó el periodo 2000-2020.

### 1.3. Indicador estado

Para la detección de cambios recientes en la productividad primaria en comparación con un período de referencia, se ha calculado

el indicador estado, en este caso se usó como período inicial “2001-2017” y como período de comparación “2018-2020”. Se usó el período de comparación “2018-2020” para minimizar la influencia de las fluctuaciones anuales relacionadas con el clima sobre el NDVI. El resultado numérico y el mapa resultante se muestran en la figura 4.



**Figura 4.** LPD, métrica estado CRT, período 2001-2020

Un análisis visual del mapa permite ubicar los siguientes núcleos de degradación: Tinaquillo, núcleos cercanos a los poblados de Vallecito y Manrique, Eje San Carlos – La Blanca – Las Vegas, núcleo emplazado al oeste de Zambrano y el Pao, núcleo ubicado al suroeste del poblado El Pueblito, núcleo situado al oeste del sector Matapalos y núcleos de extensión considerable dispuestos al norte de El Baúl. La figura 3 muestra como

son los cambios recientes en la métrica estado, así se tiene que, la degradación alcanza un área de 493,439 Km<sup>2</sup> (13,627%), las áreas que se mantienen estable están por el orden de 1.927,973 Km<sup>2</sup> (53,243%) y las áreas que mejoran alcanzan un área de 1.199,689 Km<sup>2</sup> (33,131%).

### 2. LPD integral CRT, 2001-2020

Al integrar las tres métricas: trayectoria, estado y rendimiento se obtiene el resultado numérico mostrado en la tabla 1, la dinámica global de la productividad de la tierra en la CRT, período 2001-2020, se muestra en la figura 5.

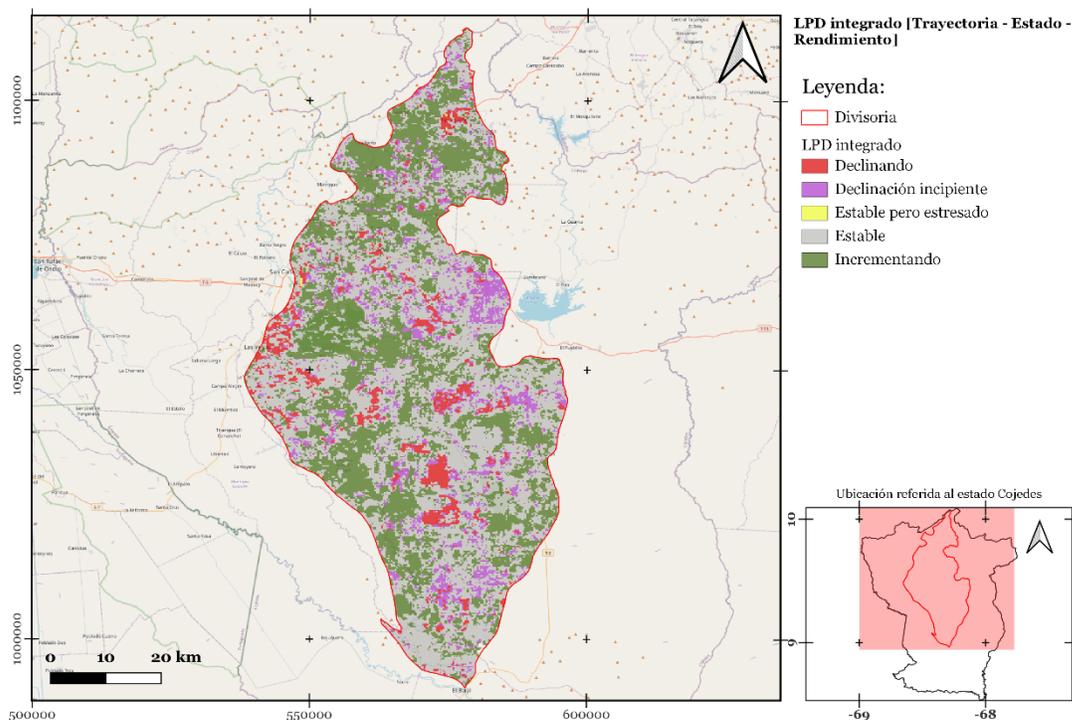
**Tabla 1.** LPD integral CRT, 2001-2020

Clase	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Sin datos	2.632	0.073
Declinando	206.507	5.703
Declinación incipiente	354.747	9.797
Estable pero estresado	1.163	0.032
Estable	1.789.404	49.416
Mejorando	1.266.647	34.98

**Fuente:** Rumbo y Paredes, (2022)

Es importante comentar que, en el periodo analizado, el área de la cuenca que se encuentra declinando corresponde a 206,507

Km<sup>2</sup> (5,703%), en el mapa son todas aquellas zonas de coloración roja. Existe declinación incipiente en un área de 354,747 Km<sup>2</sup> (9,797%) son todas aquellas áreas en tonalidad morada, las tonalidades en amarillo se corresponden con zonas estables pero con una condición de estrés alcanzan un área de 1,163 Km<sup>2</sup> (0,032%). En el mismo orden de ideas, las zonas en tonalidad azul se consideran estables y cuentan con un área 1.789.404 Km<sup>2</sup> (49.416%), por último las zonas en tonalidad verde significa que están mejorando su condición de productividad y alcanzan un área de 1.266.647 Km<sup>2</sup> (34.98%).



**Figura 5.** LPD integrado, Trayectoria-Estado-Rendimiento, CRT

La información generada puede servir como un marco de referencia para futuros abordajes relacionados con proyectos de recuperación y manejo sustentable de la CRT, claro está, siempre de la mano con lo establecido en el Plan de Ordenación del Territorio del estado Cojedes y con las distintas realidades socio-ambientales presentes en la CRT. En tal sentido para lograr la neutralidad cero con respecto a la degradación de la tierra de aquí hasta 2030, ésta y toda la información de línea base que pueda generarse deben ser tomadas en cuenta por los diferentes organismos involucrados en la toma de decisiones en el área ambiental.

Como conclusión final puede afirmarse que, aprovechando la plataforma de Trends Earth y su conjunto de datos (obtenidos por percepción remota), se pudo identificar como es la dinámica de la LPD en la CRT, encontrando que existe degradación en un área de 206,507 Km<sup>2</sup> (5,703%); mientras que concurre degradación o declinación incipiente en un área de 354,747 Km<sup>2</sup> (9,797%).

## **REFERENCIAS**

- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. Recuperado de:[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf). [Consulta: 2022, febrero 23]
- Paredes, T., F. (2009). Nociones Elementales de la Climatología e Hidrología del estado Cojedes. Publicaciones del Área de Estudios de Postgrado – Serie Investigación. UNELLEZ, San Carlos, Cojedes - Venezuela
- Sims, N. C., Green, C., Newnham, G. J., England, J. R., Held, A., Wulder, M. A., & McKenzie, N. (2017). Good practice guidance. SDG indicator 15.3.1: proportion of land that is degraded over total land area. In United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn, Germany
- Trends.Earth. Conservación Internacional. Disponible en línea en: <http://trends.earth>. 2018. [Consulta: 2022, febrero 23]