

Monitor Ecopraderas

Monitor Ecopraderas: Seguimiento del estado de las praderas de la Vega del Alagón mediante indicadores de satélite



INFORME

212

CLIENTE

**Ambienta
Ingeniería**

AUTORES

**Sergio Contreras
Corjan Nolet
Gijs Simons**

FECHA

Septiembre 2020

Monitor Ecopraderas: Seguimiento del estado de las praderas de la Vega del Alagón mediante indicadores de satélite

Monitor Ecopraderas

FutureWater Report num. 212

Cliente

Ambienta Ingeniería

Autores

Sergio Contreras – Líder de proyecto, Programación y Evaluación (s.contreras@futurewater.es)

Corjan Nolet - Programación

Gijs Simons - Programación

Fecha

17-09-2020

Como citar

Contreras, S., C. Nolet, G.W.H. Simons. 2020. Monitor Ecopraderas: Seguimiento del estado de las praderas de la Vega del Alagón mediante indicadores de satélite. FutureWater Report 212.

Resumen

En este documento se resumen las principales actividades y resultados derivados de la asistencia técnica realizada por FutureWater en el marco del proyecto *Grupo Operativo Ecopraderas* (en adelante *G.O. Ecopraderas*) financiado por la Junta de Extremadura a través de fondos de la Unión Europea (Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural) y del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.

El objetivo general de *G.O. Ecopraderas* es mejorar el manejo y la gestión sostenible de las praderas de la Vega del Alagón (Extremadura, España) mediante la transferencia e implementación de tecnologías innovadoras (objetivo específico 1), la identificación y fortalecimiento de buenas prácticas culturales (objetivo específico 2), y la difusión de la información y los resultados más relevantes entre los usuarios finales (objetivo específico 3).

FutureWater ha desarrollado el Monitor Ecopraderas que permite la visualización de estado ambiental de las praderas y otros pastos de la Vega del Alagón mediante información de satélite de moderada resolución temporal. El Monitor Ecopraderas destaca por la inclusión de diferentes elementos innovadores:

- El estado de las praderas se basa en el cálculo y combinación de índices de anomalías, zonal y temporal, del verdor vegetativo.
- Mayor discretización espacial mediante el uso de imágenes satélites de moderada resolución (30 m de resolución)
- Mayor rapidez y capacidad de cómputo mediante el uso la plataforma de geoprocesamiento en la nube *Google Earth Engine* (se ha seleccionado toda la colección de imágenes Landsat-8TM disponibles desde enero de 2014 hasta la fecha)
- Visor *web-mapping* con funcionalidades básicas de consulta interactiva.

El Monitor Ecopraderas ha sido configurado e implementado en una superficie total de 182 km² en la Vega del Alagón caracterizada por la presencia mayoritaria de praderas de riesgo y pastos, y para 6 fechas concretas para el periodo entre septiembre de 2019 y julio de 2020. Una evaluación preliminar de los resultados obtenidos en las parcelas piloto del proyecto apunta a la fortaleza de la metodología y las oportunidades de escalado y transferencia del Monitor a otras regiones, así como a las posibles mejoras que pueden acometerse en futuros desarrollos. El Monitor Ecopraderas se alza como una herramienta de gran utilidad para guiar la toma de decisiones en el ámbito de la gestión sostenible del territorio y para el manejo óptimo de las fincas.

Índice

Resumen	3
1 Objetivo y alcance	6
2 Aproximación metodológica	6
Area de estudio	10
3 Implementación y evaluación	11
3.1 Monitor Ecopraderas	11
Motor de cálculo y análisis	11
Visor 12	
3.2 Evaluación de resultados en fincas piloto	13
4 Conclusiones	15

Tablas

Tabla 1. Fechas de análisis en Ecopraderas y número de imágenes disponibles empleadas para el cálculo de los valores promedio anual y multianual de NDVI.	12
Tabla 2. Valores de Anomalías Normalizadas del índice de Vegetación para las fincas piloto del proyecto Ecopraderas. Los valores hacen referencia al valor de la mediana del índice de anomalía para todas las celdas contenidas en cada finca. ANV.E = anomalía espacial o zonal; ANV.T = anomalía temporal.....	13

Figuras

Figura 1. Lógica de cálculo para el cálculo del Índice de Anomalía Temporal Normalizada del 15 de septiembre de 2019 para una celda del área de estudio.....	8
Figura 2. Probabilidad de casos y acumulada según el valor de unidades tipificadas (Z-score) en una distribución normal de promedio = 0.0 y una desviación estándar = 1.0	9
Figura 3. Representación gráfica del proceso de categorización de anomalías seguido en Ecopraderas. El Índice Combinado de Anomalías Normalizadas (ICAN) queda representado por los cuadrantes extremos. La paleta de colores seleccionada prioriza la visualización de las anomalías espaciales (tonos rojos vs verdes) sobre las anomalías temporales (cambio en la tonalidad, oscuro vs claro).....	10
Figura 4. Valle del Alagón y extensión de praderas según cartografía del proyecto Ecopraderas. Se muestra la ubicación e identificador numérico de las fincas piloto del proyecto Ecopraderas.	10
Figura 5. Diagrama de flujo del Monitor Ecopraderas para el cálculo de los mapas de anomalías normalizadas del índice de vegetación (ANV.T y ANV.E). En gris aparecen los elementos que deben configurarse.....	11
Figura 6. Interfaz de usuario donde se muestra el script.....	12
Figura 7. Monitor Ecopraderas y funcionalidades básicas de consulta y visualización.....	13
Figura 8. Gráfico de dispersión de los valores de anomalía normalizada observados para las fincas piloto y todas las fechas analizadas.	15

1 Objetivo y alcance

El Grupo Operativo Ecopraderas, en adelante GO Ecopraderas, presenta como principal objetivo el mejorar el manejo y la gestión de las praderas de riego y otros pastos de la Vega del Alagón mediante la transferencia e implementación de tecnologías innovadoras, la identificación y fortalecimiento de buenas prácticas culturales, y la difusión de la información y los resultados más relevantes entre los usuarios finales.

El presente informe técnico se redacta como parte justificante de la asistencia técnica brindada por FutureWater al GO Ecopraderas, y como parte integrante de los desarrollos innovadores generados en el consorcio. La asistencia se encomendó para el diseño, evaluación e implementación de un Monitor para el seguimiento del estado ambiental/agronómico de las praderas de la Vega del Alagón (Cuadro 1), en adelante “Monitor Ecopraderas”.

Cuadro 1. Objetivo de la Asistencia Técnica de FutureWater para el GO Ecopraderas

Objetivo

Desarrollo de una herramienta operacional para la evaluación del estado vegetativo de las praderas de la Vega del Alagón mediante el seguimiento de indicadores satelitales de moderada resolución espacial y el análisis de patrones espacio-temporales de verdor vegetativo.

El Monitor Ecopraderas incluye los siguientes elementos de innovación:

- Cálculo de un índice combinado de anomalías del verdor vegetativo como indicador ambiental del estado de las praderas
- Mayor resolución espacial mediante el uso de imágenes satélites de moderada resolución espacial (Landsat-8TM de 30 m. de resolución)
- Uso de la plataforma de geoprocesamiento espacial en la nube *Google Earth Engine* permitiendo el análisis de grandes conjuntos de datos (colección Landsat-8TM desde enero de 2014 en adelante)
- Visualización de resultados a través de una plataforma de web-mapping con funcionalidades básicas de consulta interactiva.

En los apartados subsiguientes se detalla la aproximación metodológica empleada, su implementación y evaluación en el área de estudio, y se presentan los elementos más destacados de la herramienta de análisis y visualización.

2 Aproximación metodológica

El Monitor Ecopraderas permite el cálculo a nivel de celda (pixel) de dos índices de anomalías del Índice de Verdor Normalizado (NDVI), referidos al dominio temporal y espacial respectivamente, y de un índice categórico resultado de la combinación de ambos.

- **Anomalía Espacial Normalizada del índice de Vegetación** (en adelante, ANV.E). Mide la desviación en unidades de desviación estándar o tipificadas (*z-score*), del valor NDVI observado en una celda respecto del promedio observado en las celdas pertenecientes a la misma clase de uso. ANV.E permite

comparar para un periodo de tiempo específico el estado vegetativo de un pixel con sus homólogos más cercanos.

$$ANV.E_{izk} = \frac{NDVI_{izk} - \overline{NDVI_{zk}}}{\sigma_{zk}}$$

donde, ANV.E_{izk} es el valor de unidades tipificadas (Z-score) para la celda *i* de uso *z* durante el periodo de análisis *k*, y $\overline{NDVI_{zk}}$ y σ_{zk} son el valor promedio y de desviación estándar del NDVI observado en las celdas pertenecientes a la clase *z* en el periodo de análisis *k*.

- **Anomalía Temporal Normalizada del índice de Vegetación** (en adelante, ANV.T). Mide la desviación en unidades de desviación estándar o tipificadas (z-score), del valor NDVI observado en un pixel en un periodo de análisis respecto de valor promedio observado en un periodo de referencia. También se le conoce como SVI (Standardized Vegetation Index) o ZVI (Z-score Vegetation Index). ANV.T permite relativizar el estado vegetativo de un pixel con su comportamiento histórico.

$$ANV.T_{ik} = \frac{NDVI_{ik} - \overline{NDVI_i}}{\sigma_i}$$

donde, ANV.T_{ik} es el valor de unidades tipificadas (z-score) para el pixel *i* durante el periodo de análisis *k*, y $\overline{NDVI_i}$ y σ_i son el valor promedio y de desviación estándar del NDVI observado en el periodo de referencia, respectivamente.

En el marco del proyecto Ecopraderas, ANV.T se calcula utilizando periodos anuales. El valor observado hace referencia al promedio anual de NDVI hasta la fecha seleccionada, mientras que para el periodo de referencia se emplea el promedio multianual desde el 2014 hasta el inicio del periodo de análisis. En la Figura 1 se ilustra la lógica de análisis seguida para el cálculo de ANV.T para la fecha 15 de noviembre de 2019. El valor promedio anual del NDVI entre el 16/11/2018 y el 15/11/2019 (0.63), se centra y se reduce con el promedio multianual (0.59) y la desviación estándar multianual (0.15), respectivamente, ambos calculados para el periodo de referencia comprendido entre el 16/11/2014 y el 15/11/2018. En un segundo paso, se procede a la categorización de la anomalía temporal normalizada según un umbral de unidades tipificadas. Ver Cuadro 2 sobre categorización y selección de umbrales para el Monitor Ecopraderas en la Vega del Alagón.

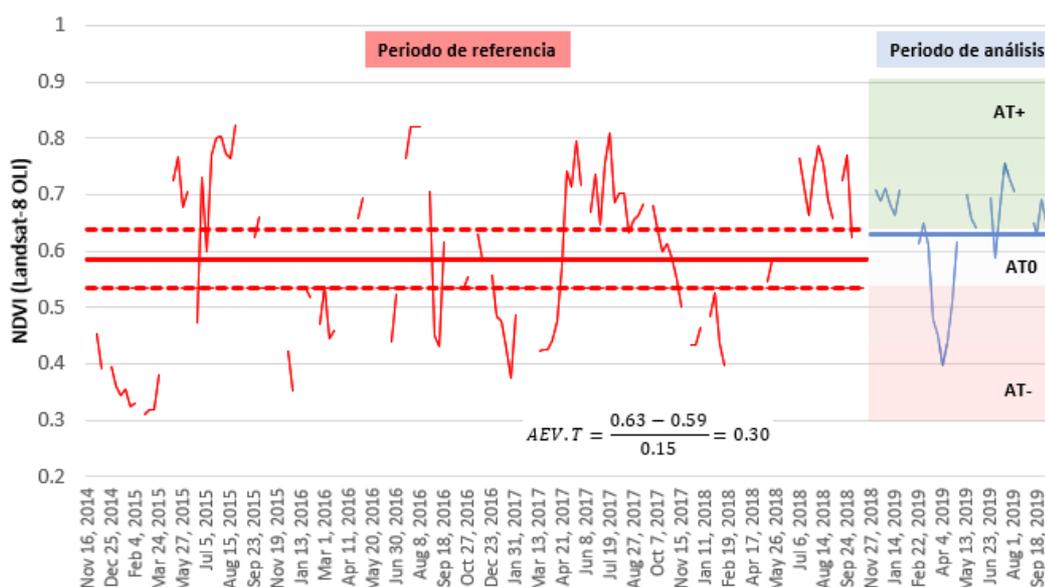


Figura 1. Lógica de cálculo para el cálculo del Índice de Anomalía Temporal Normalizada del 15 de septiembre de 2019 para una celda del área de estudio.

Cuadro 2. Categorización y selección de umbrales en Ecopraderas.

Categorización de Anomalías Normalizadas.

De acuerdo a los valores de los índices de anomalía normalizada, se han establecido tres categorías para discriminar las condiciones de “centralidad”, “anomalía positiva” y “anomalía negativa”. Se realizó un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto en la selección del umbral Z-score (1.0, 0.7 y 0.35) para la detección de las categorías extremas. En base a la evaluación de los resultados a escala regional y a nivel de las parcelas piloto de Ecopraderas, se seleccionó el valor de 0.35 unidades tipificadas (Z-score = ± 0.35) como umbral para ambos indicadores de anomalía normalizada. Asumiendo que la distribución (espacial y temporal) de valores de NDVI sigue una distribución normal, un umbral de 0.35 unidades tipificadas vendría a capturar alrededor del 30% de los valores observados alrededor de la media, y el restante distribuido equitativamente entre en las dos colas (Figura 2).

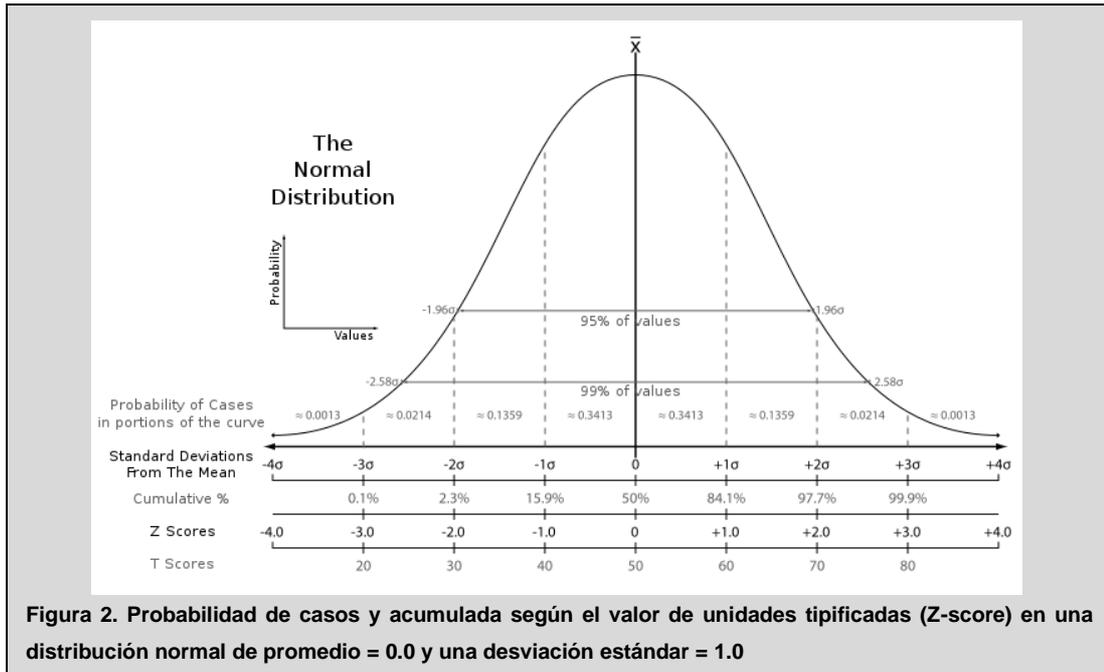


Figura 2. Probabilidad de casos y acumulada según el valor de unidades tipificadas (Z-score) en una distribución normal de promedio = 0.0 y una desviación estándar = 1.0

- **Índice Combinado de Anomalías Normalizadas (ICAN)** . Se trata de un índice categórico obtenido a nivel de celda y que resulta del cruce de las categorías previamente establecidas para AEV.T y AEV.S. En el mapa del Índice Combinado de Anomalías Normalizadas se representan las cuatro categorías extremas, i.e. AT+/AE+, AT-/AE+, AT-/AE+ y AT-/AE-.

Interpretación del ICAN. La identificación espacial de los extremos permite detectar situaciones óptimas y subóptimas del estado de las praderas. El ICAN se ha propuesto en Ecopraderas como un indicador que analizado a escala de región puede informar sobre la vulnerabilidad y los riesgos asociados al agroecosistema. Las anomalías a nivel de celda pueden explicarse por: a) factores locales que condicionan la productividad de los pastos (ej. capacidad agrológica del suelo, especies invasoras, niveles freáticos cercanos a superficie), o b) prácticas culturales ligados al manejo de las praderas (fertilización, riego). La detección de las categorías extremas (establecimiento de umbrales) y la relación de causalidad que subyace a cada estado requiere trabajos de verificación en campo.

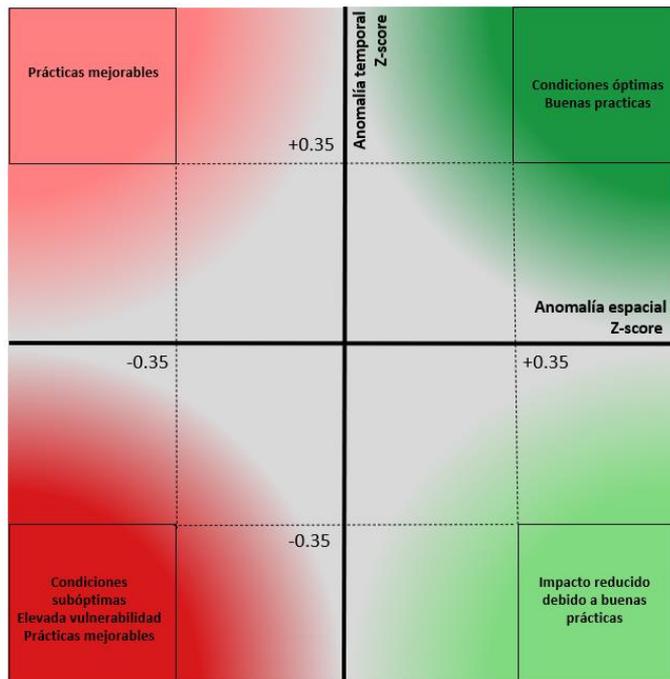


Figura 3. Representación gráfica del proceso de categorización de anomalías seguido en Ecopraderas. El Índice Combinado de Anomalías Normalizadas (ICAN) queda representado por los cuadrantes extremos. La paleta de colores seleccionada prioriza la visualización de las anomalías espaciales (tonos rojos vs verdes) sobre las anomalías temporales (cambio en la tonalidad, oscuro vs claro).

Area de estudio

El esquema metodológico y el analisis de datos/resultados se ha implementado y restringido al área cubierta por las praderas de la Vega del Alagón (Figura 4). La extensión de esta cobertura ha sido consolidada por parte del equipo de Ecopraderas bajo un proceso de fotointerpretación y digitalización, y cubre un área de 182 km². La cobertura espacial, en formato shapefile, se toma como insumo en la plataforma de cálculo y visualización.

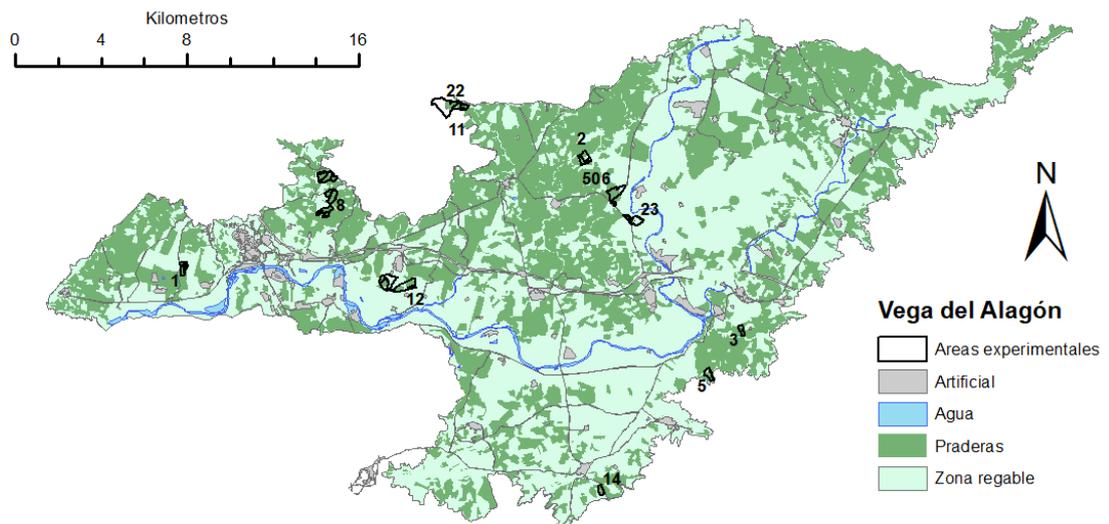


Figura 4. Valle del Alagón y extensión de praderas según cartografía del proyecto Ecopraderas. Se muestra la ubicación e identificador numérico de las fincas piloto del proyecto Ecopraderas.

3 Implementación y evaluación

3.1 Monitor Ecopraderas

El Monitor Ecopraderas está estructurado en dos componentes: (1) el algoritmo de cálculo y análisis, y (2) el visor o aplicación de interfaz diseñada para importar los mapas derivados de (1) y subirlos en la web para su visualización y consulta.

Ambas componentes se ha implementado en la plataforma de geoprocésamiento espacial en la nube *Google Earth Engine* (<https://earthengine.google.com/>) (en adelante, GEE) que permite disponer y analizar grandes volúmenes de datos espaciales de una forma rápida y eficiente. GEE dispone de una interfaz de programación (API) para lenguaje JavaScript.

El Monitor Ecopraderas se ha implementado para trabajar con la colección de imágenes de reflectancia superficial extraídas del producto *Landsat-8 Surface Reflectance Tier 1* disponibles desde 2014 hasta el presente.

Motor de cálculo y análisis

La cadena de procesamiento del algoritmo se esquematiza en la Figura 5.

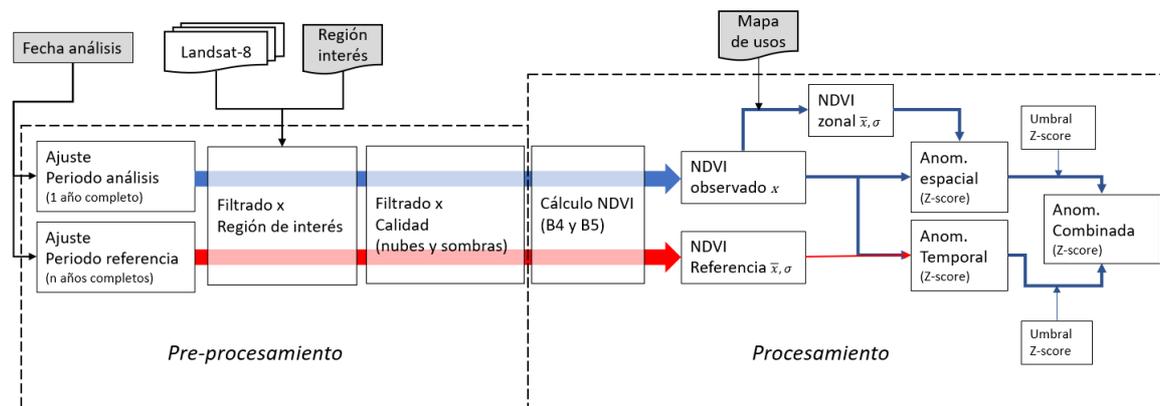


Figura 5. Diagrama de flujo del Monitor Ecopraderas para el cálculo de los mapas de anomalías normalizadas del índice de vegetación (ANV.T y ANV.E). En gris aparecen los elementos que deben configurarse

Los algoritmos, encadenados linealmente, se organizan en dos bloques o etapas:

1. Etapa de pre-procesamiento. Incluye: 1.1) la definición del periodo de análisis más el de referencia histórica utilizado para el cálculo de las anomalías temporales, 1.2) el recorte y filtrado de las imágenes Landsat-8 desde enero de 2014 para la región de estudio (esta última delimitada por la capa vectorial de coberturas de praderas del Alagón), y 1.3) el filtrado de los datos y la exclusión de celdas con presencia de nubes o sombras de nubes según la información de calidad que acompaña a cada imagen de satélite.
2. Etapa de procesamiento. Incluye: 2.1) el cálculo del NDVI para toda la colección de imágenes Landsat a partir de los datos de reflectancia de las bandas espectrales del rojo (B4: 0.64-0.67 μm) y del infrarrojo cercano (B5: 0.85-0.88 μm), previamente recortadas para la región de estudio y filtradas por calidad, 2.2) Cálculo los valores de NDVI promedio anual observados para el periodo de análisis, y promedio y desviación estándar multianual para el periodo de referencia histórico,

2.3) Cálculo de los valores de promedio anual y desviación estándar zonificados por tipo de cobertura (en Ecopraderas restringido a la cobertura de uso “praderas”), 2.4) Cálculo de los índices de anomalía zonal y temporal, y 2.5) Categorización y obtención del índice combinado de anomalías en base a unos umbrales previamente concertados.

La plataforma *Google Earth Engine* permite compatibilizar de una manera intuitiva y flexible las labores de programación de comandos (*scripting*), la generación y análisis de resultados en formato de consultas específicas, mapas o gráficos (histogramas, gráficos de dispersión, diagramas de caja, series temporales), y la gestión y descarga de mapas a un ordenador local o a un espacio reservado en la nube. En la Figura 6, se presenta un ejemplo de la apariencia del interfaz en el que se presenta el histograma de valores de anomalía espacial normalizada del índice de vegetación (ANV.S) observados en el área de praderas bajo estudio para la fecha 15/07/2020. En general, alrededor de 60 imágenes Landsat se han utilizado para calcular el valor anual promedio de NDVI para un fecha de análisis, y de 300 imágenes para calcular el promedio y desviación estándar multianual (Tabla 1).

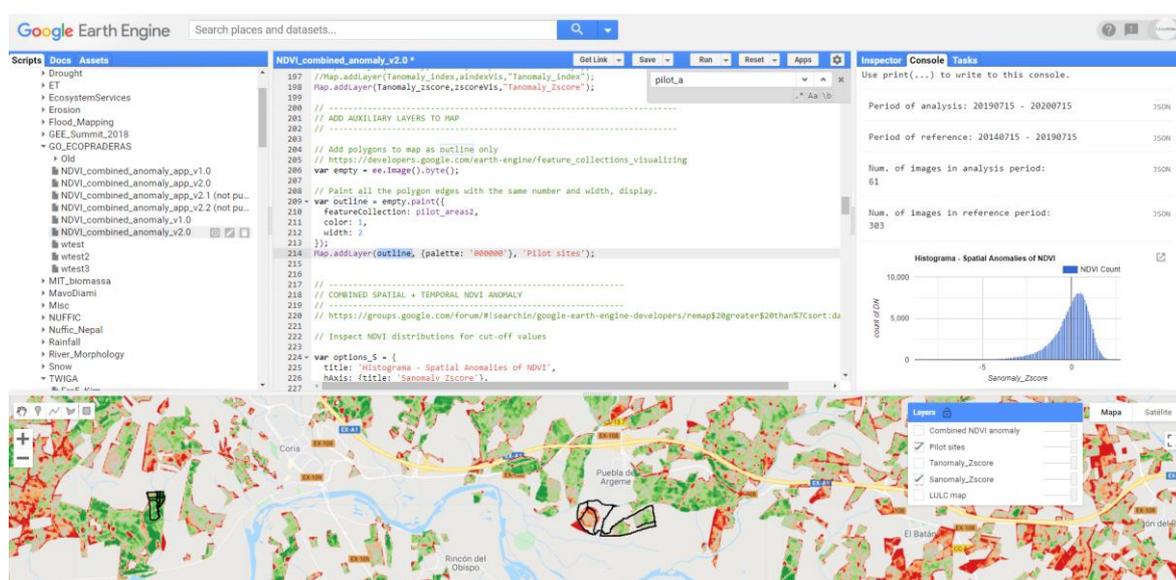


Figura 6. Interfaz de usuario donde se muestra el script

Tabla 1. Fechas de análisis en Ecopraderas y número de imágenes disponibles empleadas para el cálculo de los valores promedio anual y multianual de NDVI.

Fecha	Periodo análisis (num. imágenes)	Periodo referencia -histórico- (num. imágenes)
15/09/2019	60	241
15/11/2019	65	240
15/01/2020	65	300
15/03/2020	66	301
15/05/2020	61	303
15/07/2020	61	303

Visor

Las salidas cartográficas del Monitor Ecopraderas se han habilitado a través de la página web <https://futurewaterl.users.earthengine.app/view/ecopraderas>

Se trata de una aplicación diseñada y programada en la propia plataforma de *Google Earth Engine*. A través de la misma, el usuario de Ecopraderas tiene acceso a los mapas de anomalías calculadas para las 6 fechas de análisis establecidas en Ecopraderas.

El visor permite representar dos mapas al mismo tiempo gracias a la inclusión de una barra deslizadora que divide el área de visualización en dos paneles. Para el panel derecho, el usuario puede seleccionar el tipo de anomalía normalizada, zonal o temporal, así como la fecha de análisis. Para el panel izquierdo, se puede seleccionar el índice combinado de anomalías. La activación/desactivación de los mapas en el visor se hace a través de los botones habilitados al efecto. La ubicación de las parcelas piloto siempre están habilitadas en el visor.

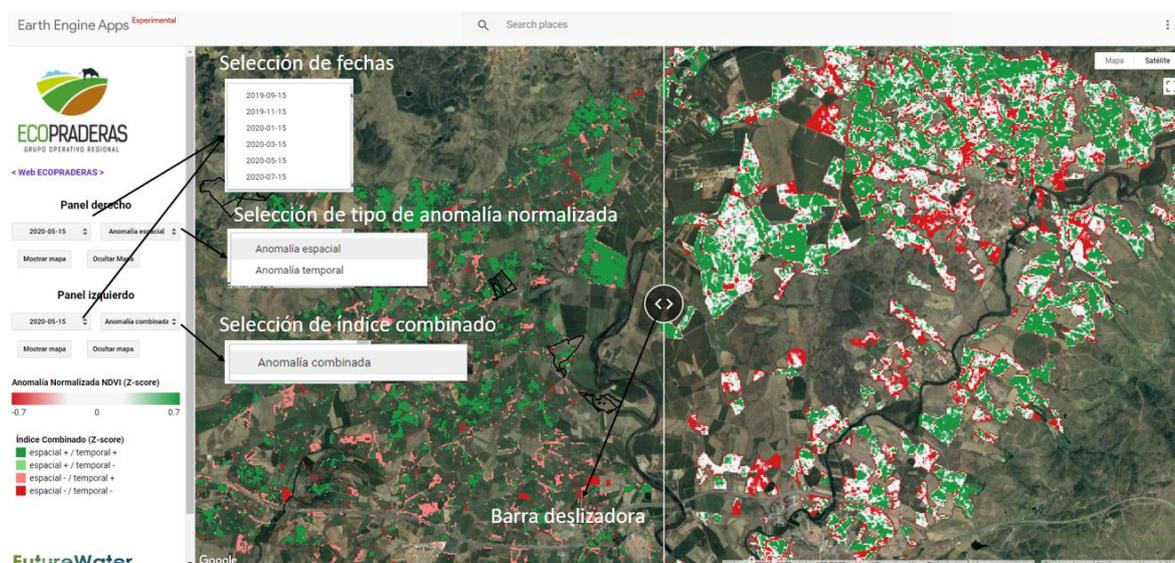


Figura 7. Monitor Ecopraderas y funcionalidades básicas de consulta y visualización.

3.2 Evaluación de resultados en fincas piloto

La metodología fue evaluada para el conjunto de fincas piloto del proyecto Ecopraderas (Figura 4). Los valores de las Anomalías Normalizadas del índice de Vegetación para la dimensión espacial y temporal se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de Anomalías Normalizadas del índice de Vegetación para las fincas piloto del proyecto Ecopraderas. Los valores hacen referencia al valor de la mediana del índice de anomalía para todas las celdas contenidas en cada finca. ANV.E = anomalía espacial o zonal; ANV.T = anomalía temporal

ID Finca	Finca	Anomalía	2019		2020			
			15 Sep	15 Nov	15 Ene	15 Mar	15 May	15 Jul
23	Adesval	ANV.E	-0.27	-0.24	-0.39	-0.32	0.10	-0.01
		ANV.T	-0.39	-0.28	-0.40	-0.44	-0.50	-0.61
506	Agroq. Álvarez	ANV.E	-0.27	-0.17	-0.20	0.05	0.29	0.29
		ANV.T	0.27	0.42	0.46	0.45	0.61	0.45
14	Cicytex	ANV.E	0.96	1.20	1.24	1.24	1.10	1.25
		ANV.T	-1.58	-1.29	-1.19	-1.27	-1.55	-1.68
1	Copal	ANV.E	-0.57	-0.43	-0.26	-0.04	0.42	0.51

		ANV.T	-0.35	-0.11	0.36	0.52	0.90	1.02
12	Ambienta	ANV.E	0.23	0.26	0.11	0.14	0.19	0.38
		ANV.T	0.07	0.14	-0.04	-0.14	-0.27	-0.05
11	CCRR (Guijo de Coria_1)	ANV.E	-0.04	0.02	0.00	0.04	0.16	0.02
		ANV.T	1.11	1.14	1.23	1.15	1.01	0.82
2	CCRR (Guijo de Galisteo)	ANV.E	-0.38	-0.33	-0.29	-0.04	0.35	0.11
		ANV.T	0.30	0.46	0.62	0.60	0.88	0.60
22	CCRR (Guijo de Coria_2)	ANV.E	-0.24	-0.15	-0.18	-0.06	0.17	0.17
		ANV.T	0.99	1.18	1.17	1.11	0.98	0.92
3	Asedagro_1	ANV.E	-0.14	-0.22	-0.11	0.11	0.43	0.26
		ANV.T	-0.64	-0.77	-0.73	-0.61	0.01	-0.14
5	Asedagro_2	ANV.E	0.18	0.14	0.05	0.14	0.25	0.08
		ANV.T	1.17	1.08	0.92	1.02	1.07	0.24

Cómo se puede comprobar en la Figura 8, apenas ninguna de las fincas mostraron valores pertenecientes a las categorías extremo establecidas para el índice combinado de anomalías. La gran mayoría presentaron valores de NDVI para la fecha de análisis por encima del promedio zonal del area cubierta por praderas y pastos. Solo la finca Cicytex mostró valores extremadamente anómalos a lo largo de todo el periodo de estudio, con valores de NDVI muy inferiores a los de la media zonal, pero superiores al promedio multianual de la finca en cuestión. Se observa igualmente que la variabilidad observada es mayor para las anomalías zonales que para las temporales, lo que sugeriría la necesidad de adoptar diferentes umbrales para una correcta identificación de las categorías extremas de cada tipo de anomalía.

La elección de los valores umbrales también debe regirse por la disponibilidad de datos e indicadores de campo que permitan verificar el estado de los pastos con la información proporcionada por el satélite y realizar una correcta interpretación a escala regional.

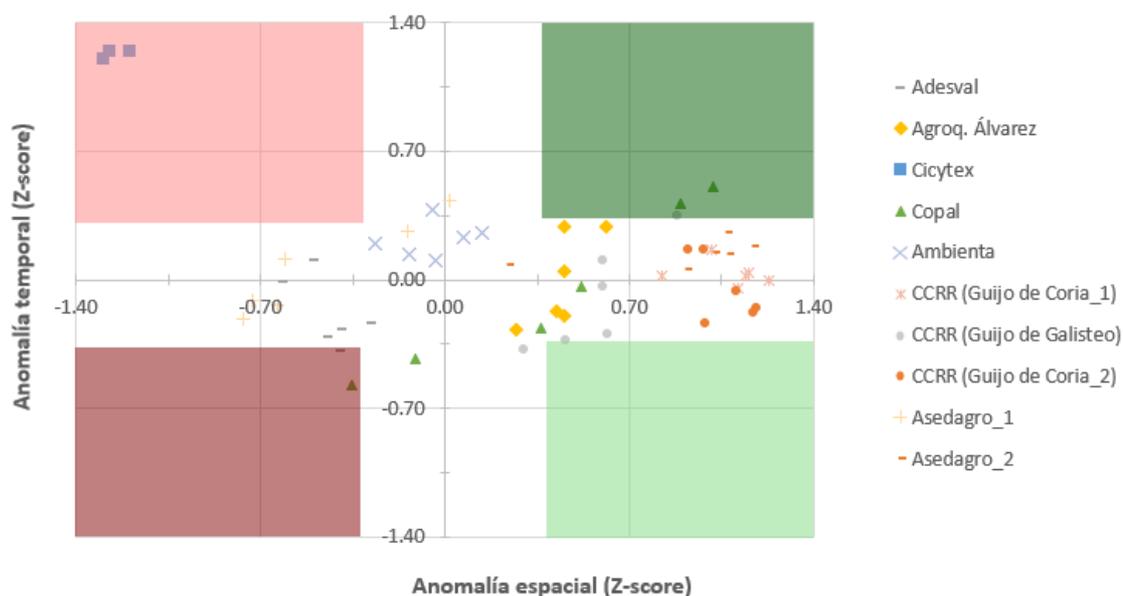


Figura 8. Gráfico de dispersión de los valores de anomalía normalizada observados para las fincas piloto y todas las fechas analizadas.

4 Conclusiones

Se ha diseñado e implementado satisfactoriamente el Monitor Ecopraderas, un sistema que permite el seguimiento del estado de las praderas y pastos de la Vega del Alagón en base a índices zonales y temporales de anomalía normalizada (técnica Z-score) del índice de vegetación NDVI. Ambos índices de anomalía se combinan para la obtención de un indicador categorizado (ICAN) que permite la identificación y detección rápida de condiciones de anomalía extrema estrechamente vinculados a factores locales y/o prácticas culturales. El análisis regional de la información proporcionada por el Monitor Ecopraderas se alza como una herramienta de gran utilidad para guiar la toma de decisiones en el ámbito de la gestión del territorio y de la gestión de fincas.

El Monitor se configurado para calcular el NDVI y las anomalías a partir de la colección de imágenes Landsat-8 disponible desde 2014 (más de 300 imágenes hasta el 15 de julio de 2020), utilizando como base de programación la plataforma de geoprocesamiento Google Earth Engine. El proceso de normalización ha seguido la técnica Z-score, pero también se han evaluado la basada en el cálculo de percentiles. Para la transferencia de los resultados, se ha desarrollado una aplicación específica con funcionalidades básicas de consulta y visualización (<https://futurewater.nl.users.earthengine.app/view/ecopraderas>).

Las categorías establecidas para el Índice Combinado de Anomalías Normalizadas (ICAN) se basa en la selección de umbrales que deben establecerse en base a observaciones de campo, preferiblemente en áreas con condiciones óptimas. Esta información no ha podido analizarse en tiempo, pero su disponibilidad en el futuro puede mejorar sustancialmente el proceso de categorización, la detección de condiciones de anomalía extrema, y la plena operacionalización del proceso de cálculo.