



SMART ECOMOUNTAINS

Remote nevadensis:
un sistema para monitorizar
cambios en variables esenciales
de la biodiversidad

Javier Martínez-López, Beatriz P. Cazorla, **Domingo Alcaraz-Segura**, Miguel Antequera, Juan Otero, Nicolás Rodríguez, Thedmer Postma, Carlos Navarro, Rohaifa Khaldi, Ana del Águila, Pablo Guerrero, Ana Mellado, **Regino Zamora**

javier.martinez@ugr.es

Colaboradores y precursores: Javier Cabello, José Paruelo, Cecilio Oyonarte, Camilo Bagnato, Mariano Oyarzabal, Emilio Guirado, Andrés Reyes-Díez, Javier Blanco-Sacristán, Amanda Armstrong, Javier Herrero,
...



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



IISTA



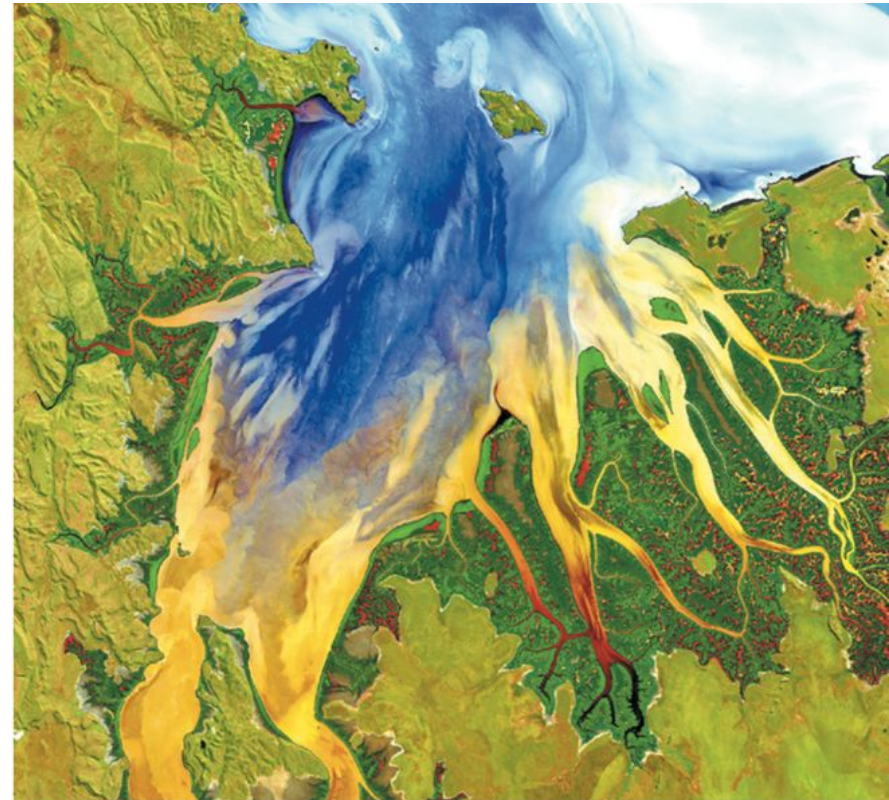
UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa



Sistema de monitoreo remoto de áreas protegidas de montaña

- Tiempo casi real
- Resultados comparables entre lugares
- Relevante para la gestión
- Comprensible por la ciudadanía
- Monitoreo de variables esenciales de la biodiversidad (*Conjunto de medidas esenciales que captan las principales dimensiones de la biodiversidad: composición, estructura y función*)
- Basado en *Google Earth Engine*



2015 | VOL 523 | NATURE | 403

Agree on biodiversity metrics to track from space

Ecologists and space agencies must forge a global monitoring strategy, say **Andrew K. Skidmore**, **Nathalie Pettorelli** and colleagues.

Dimensiones del ecosistema

Métricas derivadas de satélites que puedan utilizarse como conjunto de variables esenciales altamente informativas que caractericen diferentes dimensiones del funcionamiento de los ecosistemas

Ciclo de nutrientes

- Aerosoles

Servicios ecosistémicos

- Carbono
- Pastoreo

Carbono orgánico

- Índices de vegetación
NDVI-EVI
- Clorofila en cuerpos de agua
Clorofila-a
- Energía metabólica disponible
Modelo Passera

Balance de agua

- Evapotranspiración real
- Calor latente
- Dinámicas de la cobertura de nieve: *NDSI*, % días con nieve, diferencia en el % de nieve entre periodos, cobertura de nieve...
- Contenido en agua en la vegetación-suelo: *NDWI*, *LSWI*

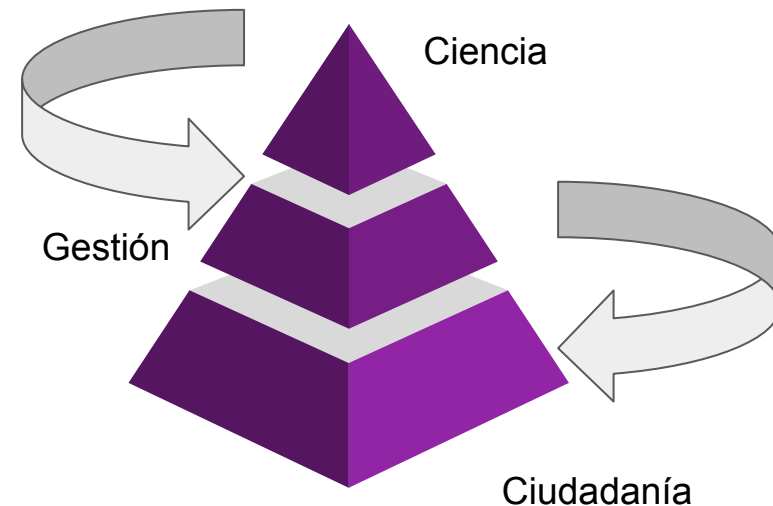
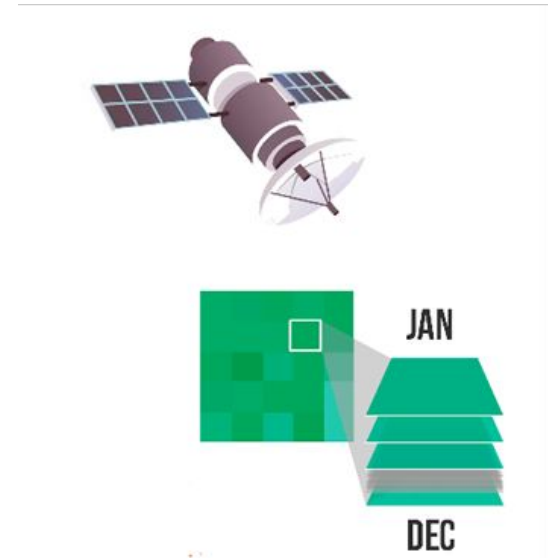
Balance de energía

- Temperatura superficial
- Albedo
- Evapotranspiración



Utilidad del monitoreo de áreas protegidas de montaña a partir de teledetección

- Identificación de patrones espaciales y temporales en funcionamiento ecosistémico
- Múltiples resoluciones espaciales y temporales (de metros a kilómetros)
- Menor coste y esfuerzo que las campañas de campo
- Cascada de usuarios



General

REMOTE Nevadensis nos alertará ante cambios en variables esenciales para la biodiversidad relacionadas con el funcionamiento de los ecosistemas, como son la producción primaria, el contenido en humedad del suelo o la cubierta de nieve, entre otras.

Específicos

Desarrollar un Virtual Research Environment (VRE) con tres tipos de usuarios finales:

- 1. Investigadores y gestores programadores**

Código y funcionalidades (importación mediante GEE o uso del editor de código específico)

- 1. Gestores e investigadores NO programadores**

Selección de variables y cálculos mediante una interfaz de usuario

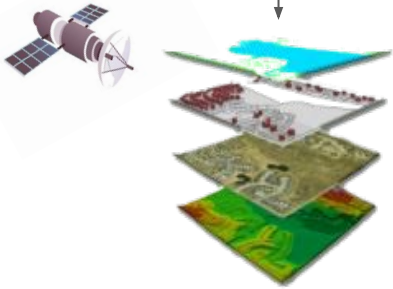
- 1. Ciudadanos**

Conjunto precalculado de variables (divulgación y educación ambiental)

Dimensiones del ecosistema

Variables

NDVI, EVI, NDSI, TS, LSWI...



Sensores

MODIS, LANDSAT y Sentinel-2

Fusión entre sensores

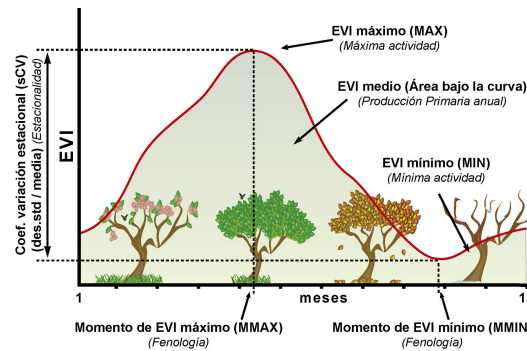
Filtrado de calidad

Relleno de huecos

Análisis

Valores de referencia
(media, mediana, mín, máx, suma o percentil)

Atributos funcionales
(media, SD, CV, mín, máx, momento mín y máx...)



Anomalías

Tendencias

Variabilidad espacial
Tipos Funcionales de Ecosistemas (TFEs), riqueza y rareza de TFEs

Usuarios finales

Programadores/investigadores
Código y funcionalidades (importación mediante un editor de código específico)

Gestores
Filtros y cálculos mediante una interfaz de usuario

Ciudadanos
Conjunto precalculado de variables y explicaciones detalladas



Exportación de datos, mapas e informes

Virtual Research Environment (VRE)

- **A. Investigador/gestor programador**

Editor de código, puede cargar librerías, funciones y assets



```
1 var remote = require('users/mantequera/remote:/remote.js');
2
3 remote.date.year.setFrom(2000).setTo(2020);
4 remote.date.month.setFrom(1).setTo(12);
5
6 remote.region.useProtectedArea('ESP', 'Sierra Nevada');
7
8 remote.source.reset();
9
10 /*
11 remote.source.setVariable('EVI');
12 remote.source.setSensor('Modis');
13 remote.source.setAggregation('mean');
14 remote.source.setCollection('MODIS/061/MOD13Q1');
15 remote.source.setBands(['EVI']).setCalc('b("EVI")*0.0001');
16 */
17
18 remote.source.setEcosystem('CPP').setVariable('EVI').setSensor('MODIS').setAggregation('mean');
19
20 var temporalDynamics = remote.workflow.getTemporalDynamics();
21
22 var efa = remote.workflow.getEfa('Mean', temporalDynamics);
23
24 remote.map.addLayers(efa, {min: 0, max: 1, palette: ['eadd4', '0b1e05']});
25
26 remote.report.addSerie(efa, 250);
27
28 remote.report.showChart();
```

- Variables agrupadas por funciones del ecosistema, y dentro de cada variable la resolución espacial y el sensor utilizado.
- Visualización de datos en tres formatos a elegir: tabla, mapa o gráfico.
- Descripción y documentación de las variables y los análisis

Virtual Research Environment (VRE)

- **A. Investigador/gestor programador**

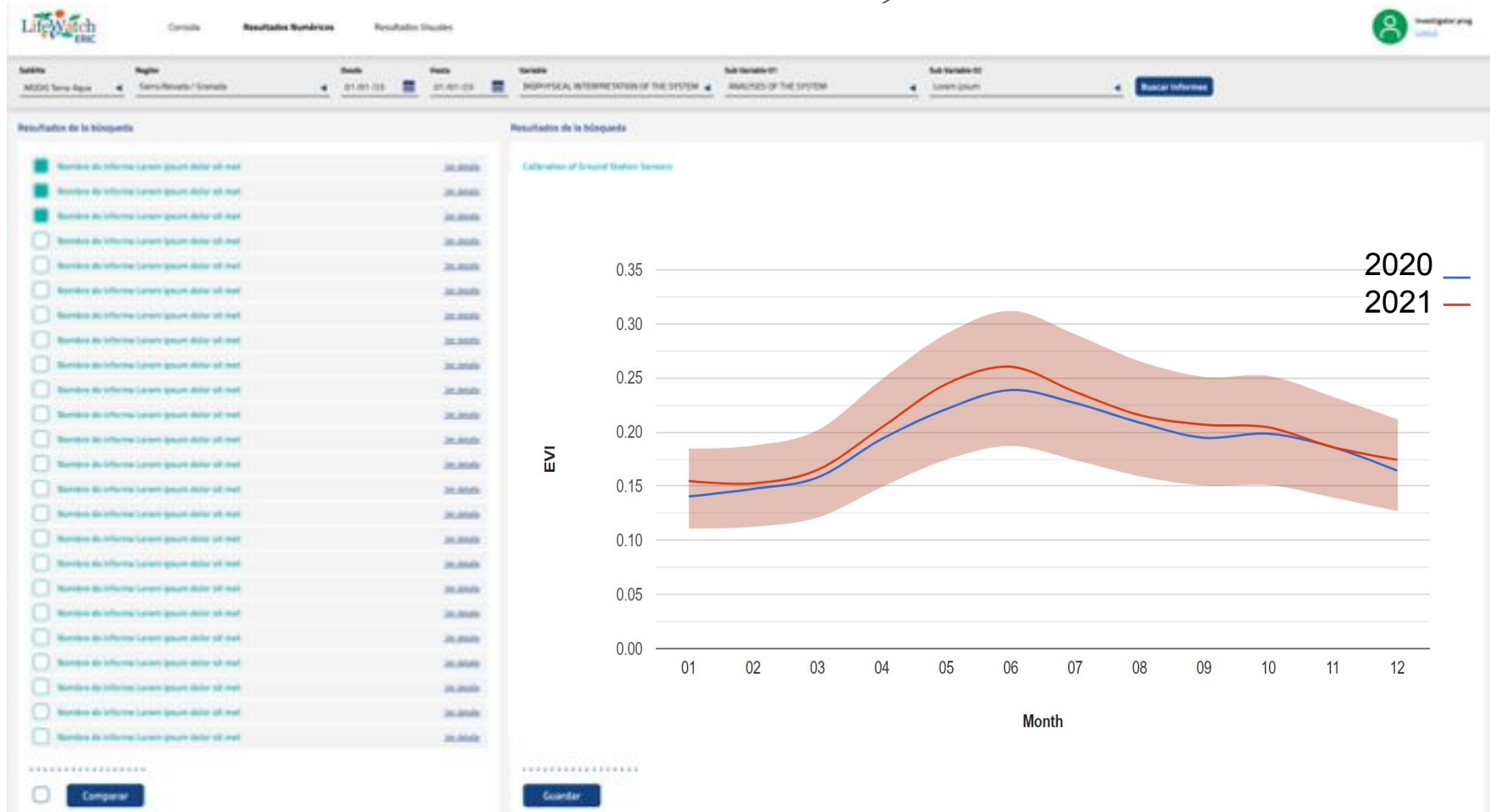
Visualizador con opción de selección de variables, sensor, fechas, análisis a realizar y descarga

The screenshot displays the LifeWatch ERIC VRE interface. At the top, there are navigation tabs: 'Consola', 'Resultados Numéricos', and 'Resultados Visuales'. Below this is a search and filter bar with the following fields: 'Satélite' (MODIS Terra-Aqua), 'Región' (Sierra Nevada / Granada), 'Desde' (01 /01 /23), 'Hasta' (01 /01 /23), 'Variable' (BIOPHYSICAL INTERPRETATION OF THE SYSTEM), 'Sub Variable 01' (ANALYSES OF THE SYSTEM), and 'Sub Variable 02' (Lorem ipsum). An 'Aplicar' button is located to the right of these fields. The main visualization area shows a satellite image of a mountain range with a snow-capped peak. On the left, there is a 'Capas' (Layers) panel with six items, each with a visibility toggle and a settings gear. In the top right corner, there is a user profile icon labeled 'Investigador prog' and 'Logout', and map controls including 'Mapa', 'Satélite', and zoom in/out buttons.

Virtual Research Environment (VRE)

- A. Investigador/gestor programador

Gráficos para informes con opción de selección de variables, sensor, fechas, análisis a realizar y descarga



Virtual Research Environment (VRE)

- **B. Gestor / Investigador NO programador**

Visualizador con opción de selección de variables, sensor, fechas, análisis a realizar y descarga

No posee consola de código para programar

The screenshot displays the LifeWatch ERIC VRE interface. At the top, there are navigation tabs for 'Resultados Numéricos' and 'Resultados Visuales'. The main search area includes a 'Satélite' dropdown set to 'MODIS Terra-Aqua', a 'Región' dropdown set to 'Sierra Nevada / Granada', and date range selectors for 'Desde' and 'Hasta' both set to '01 / 01 / 23'. The 'Variable' dropdown is set to 'BIOPHYSICAL INTERPRETATION OF THE SYSTEM', 'Sub Variable 01' to 'ANALYSES OF THE SYSTEM', and 'Sub Variable 02' to 'Lorem ipsum'. An 'Aplicar' button is visible. Below the search bar is a satellite map of the Sierra Nevada region, with labels for 'Cumbres Verdes', 'Sierra Nevada', and 'Cortijada Dehesa del Calvario'. The map includes navigation controls like 'Mapa', 'Satélite', and zoom in/out buttons.

- Variables agrupadas por funciones del ecosistema, y dentro de cada variable la resolución espacial y el sensor utilizado.
- Visualización de datos en tres formatos a elegir: tabla, mapa o gráfico.
- Descripción de las variables y los análisis

Virtual Research Environment (VRE)

- C. Ciudadano (Divulgación)

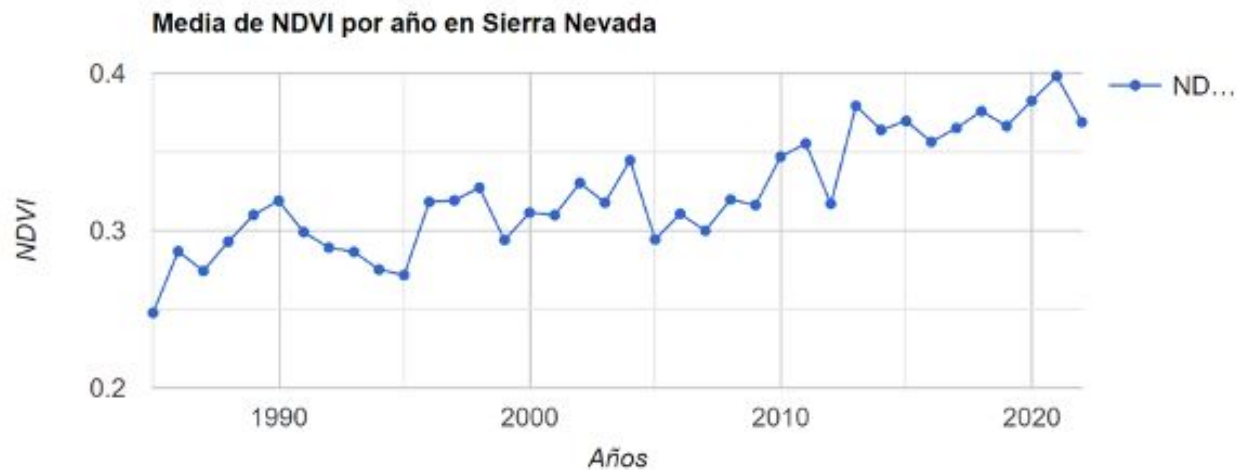
Análisis a realizar con las fechas por defecto, sin elección (con texto explicativo)

The screenshot displays the LifeWatch ERIC VRE interface. At the top, there are navigation tabs for 'Resultados Numéricos' and 'Resultados Visuales'. Below these is a control panel with the following elements: 'Satélite' set to 'MODIS Terra-Aqua', 'Región' set to 'Sierra Nevada / Granada', 'Desde' and 'Hasta' both set to '01 / 01 / 23', 'Variable' set to 'BIOPHYSICAL INTERPRETATION OF THE SYSTEM', 'Sub Variable 01' set to 'ANALYSES OF THE SYSTEM', and 'Sub Variable 02' set to 'Lorem ipsum'. A blue 'Aplicar' button is located to the right of these fields. The main area is a satellite map showing a mountainous landscape with labels for 'Cumbres Verdes', 'Sierra Nevada', and 'Cortijada Dehesa del Calvario'. In the top right corner, there is a user profile icon labeled 'Usuario Gestor' with a 'Logout' link. In the bottom right corner of the map area, there are 'Mapa' and 'Satélite' buttons along with zoom controls.

- Variables agrupadas por funciones del ecosistema, y dentro de cada variable la resolución espacial a cual obtenerla
- Visualización de datos en tres formatos a elegir: tabla, mapa o gráfico.
- Descripción de las variables y los análisis

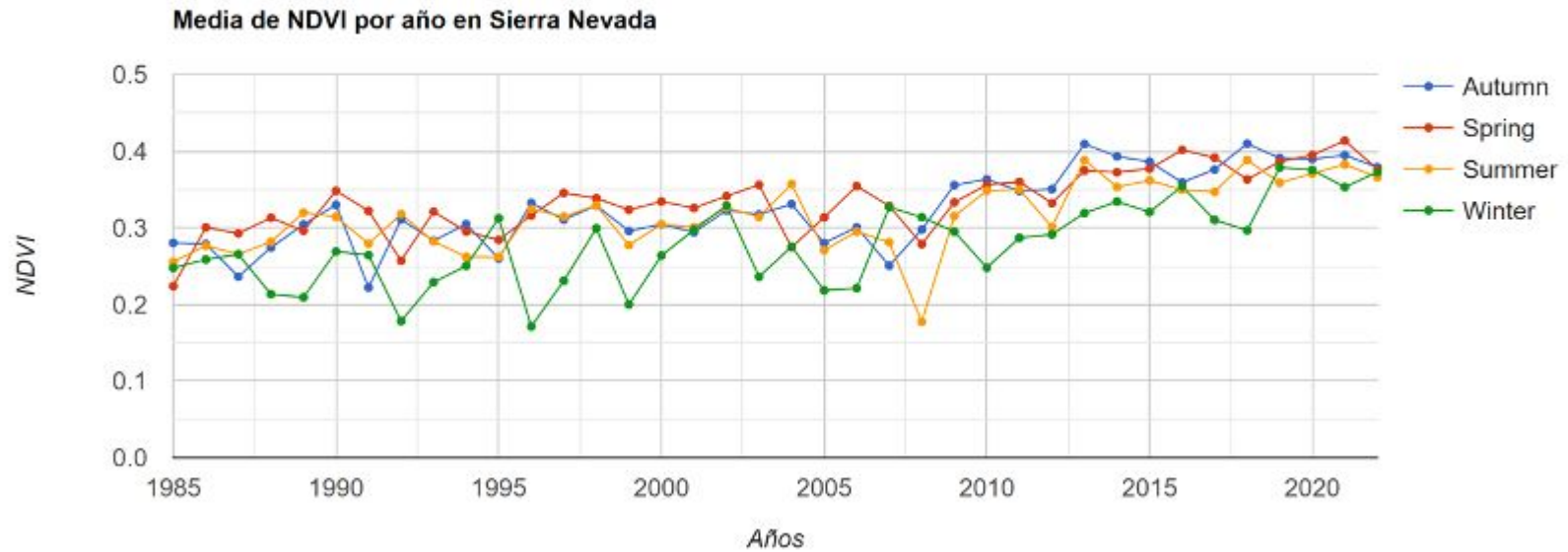
Virtual Research Environment (VRE)

- Seguimiento del índice de vegetación (Sierra Nevada)



Virtual Research Environment (VRE)

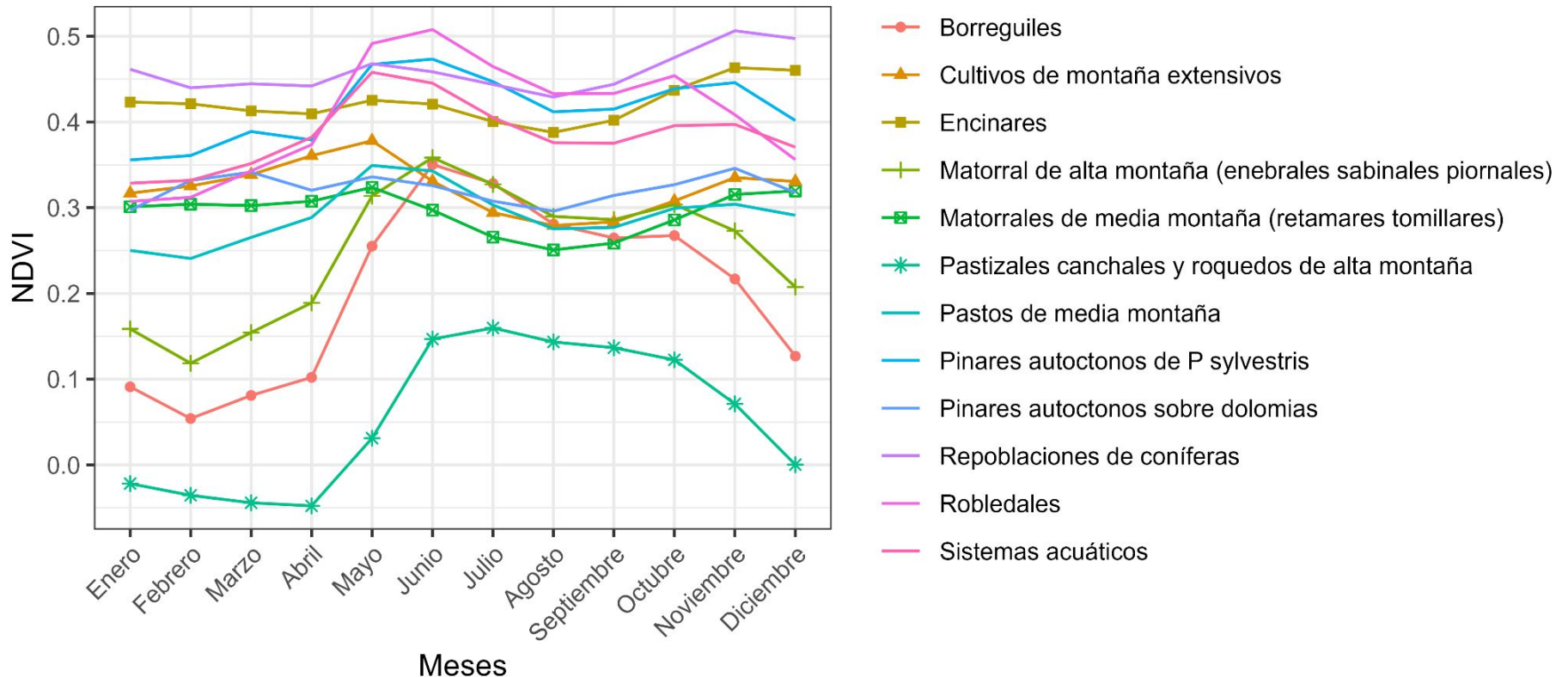
- Seguimiento del índice de vegetación (Sierra Nevada)



Virtual Research Environment (VRE)

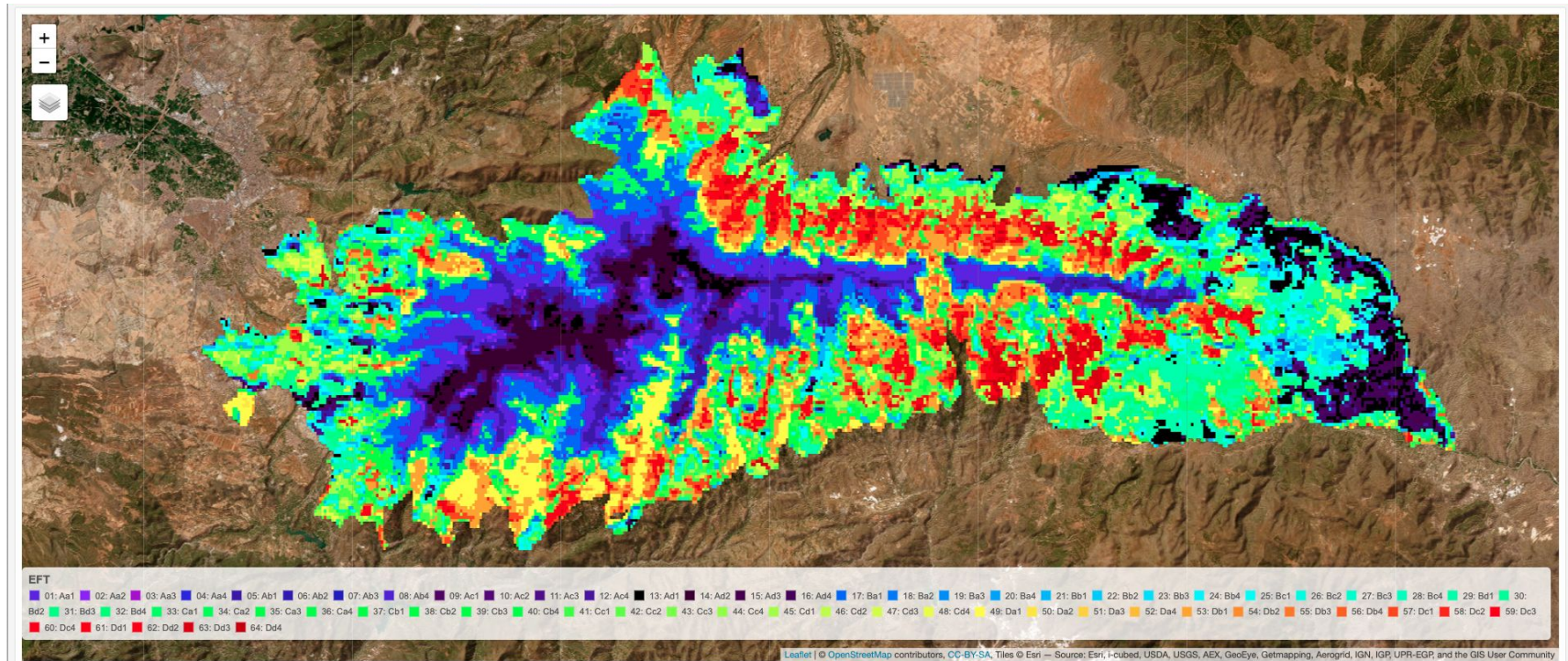
- Seguimiento del índice de vegetación (Sierra Nevada)

Valor mensual interanual(1985-2023)
de NDVI por tipo de ecosistema



Virtual Research Environment (VRE)

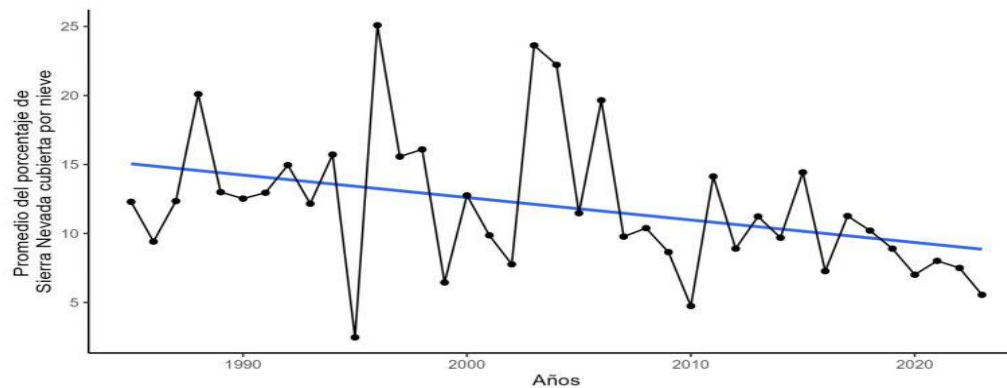
- **Diversidad de Tipos Funcionales de Ecosistemas** (prod. primaria, fenología y estacionalidad)
- **Rareza, riqueza, disimilaridad de EFTs, etc.** (Demo [online](#))



Cazorla et al. A remote sensing-based dataset to characterize the ecosystem functioning and functional diversity in the Biosphere Reserve of Sierra Nevada (SE Spain), *Earth Syst. Sci.* DOI: 10.5194/essd-2021-223

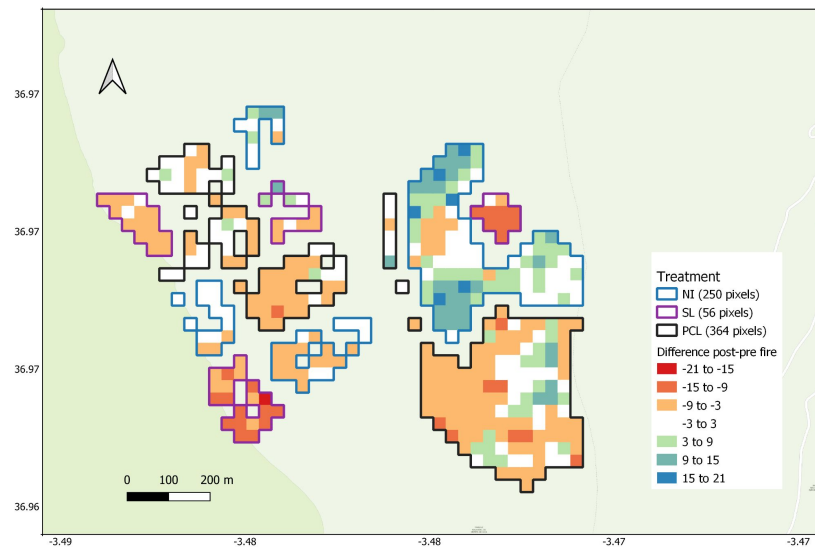
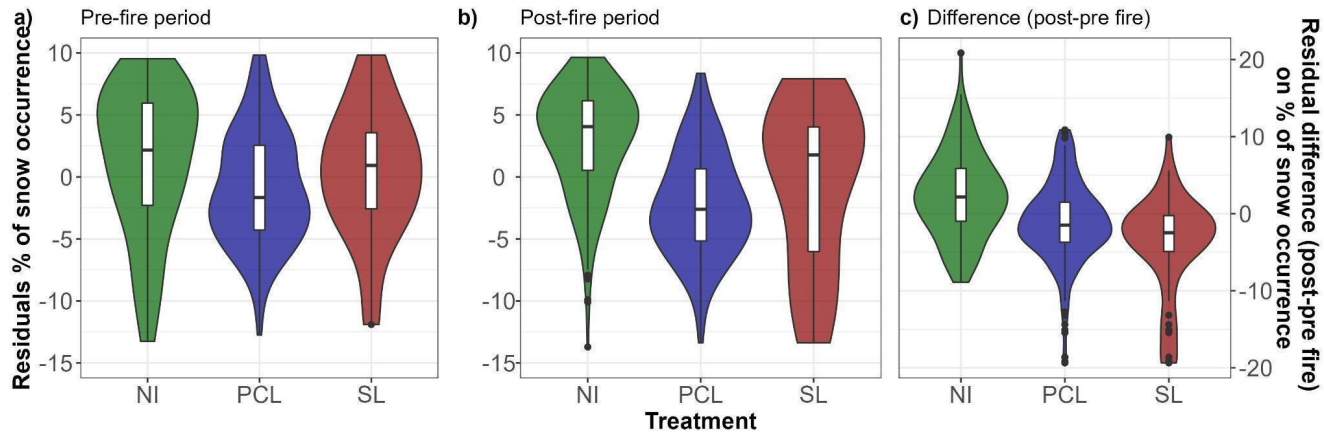
Virtual Research Environment (VRE)

- Seguimiento de la cubierta de nieve



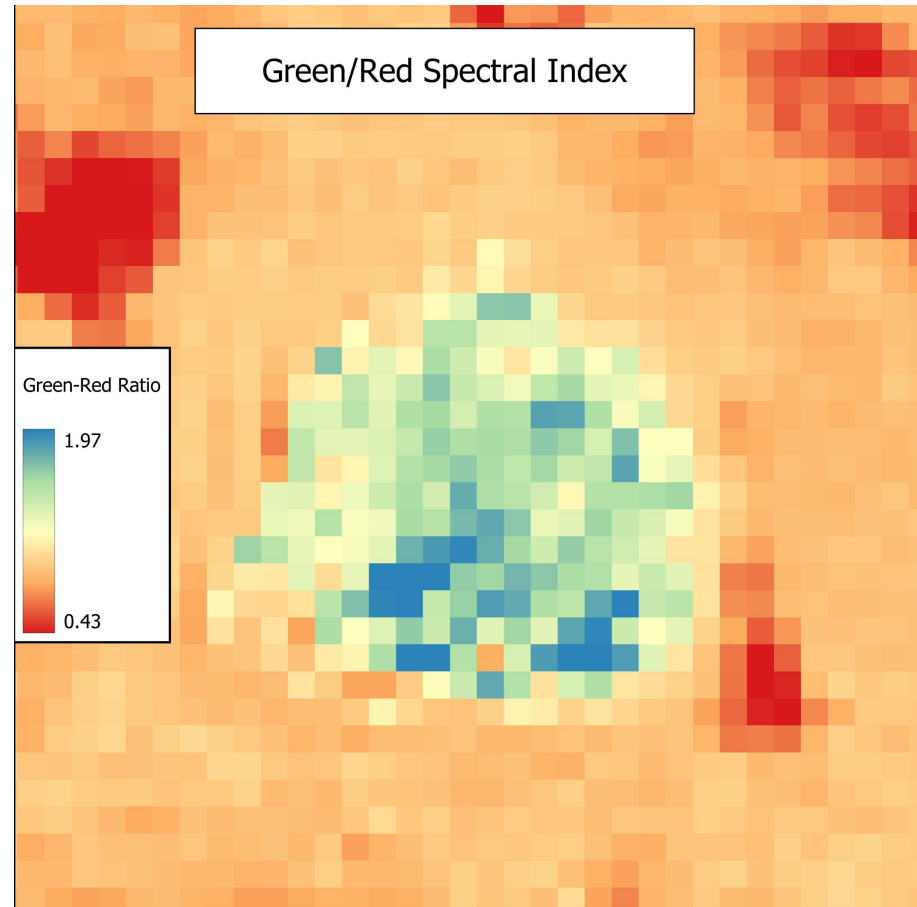
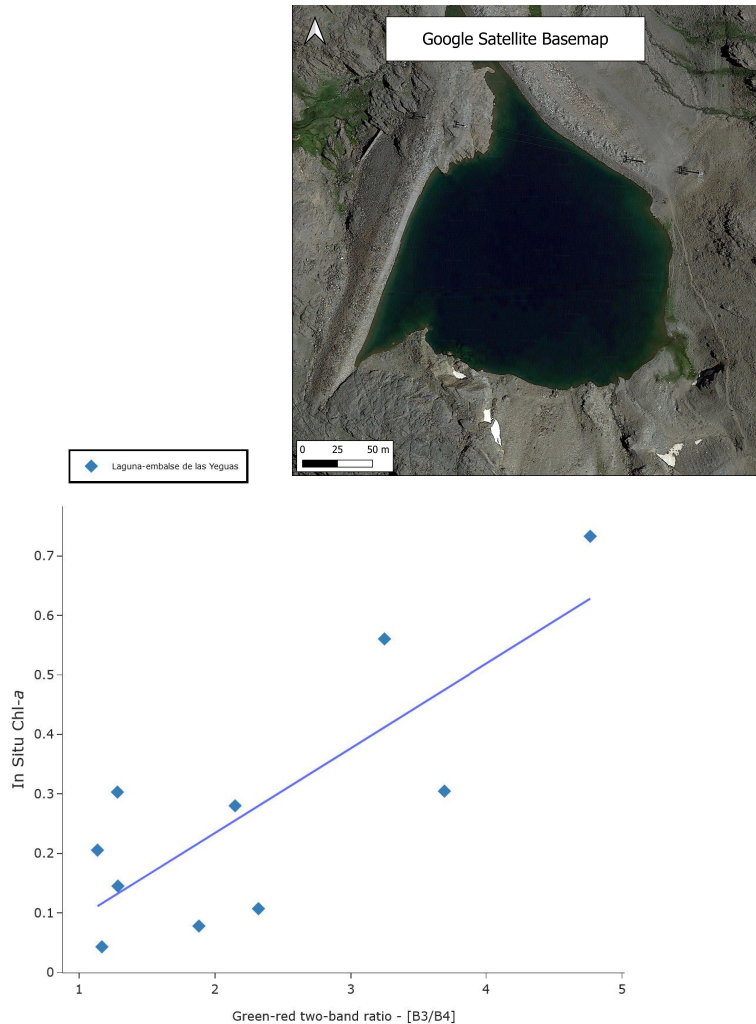
Virtual Research Environment (VRE)

- Seguimiento de la cubierta de nieve tras incendios (manejo forestal)



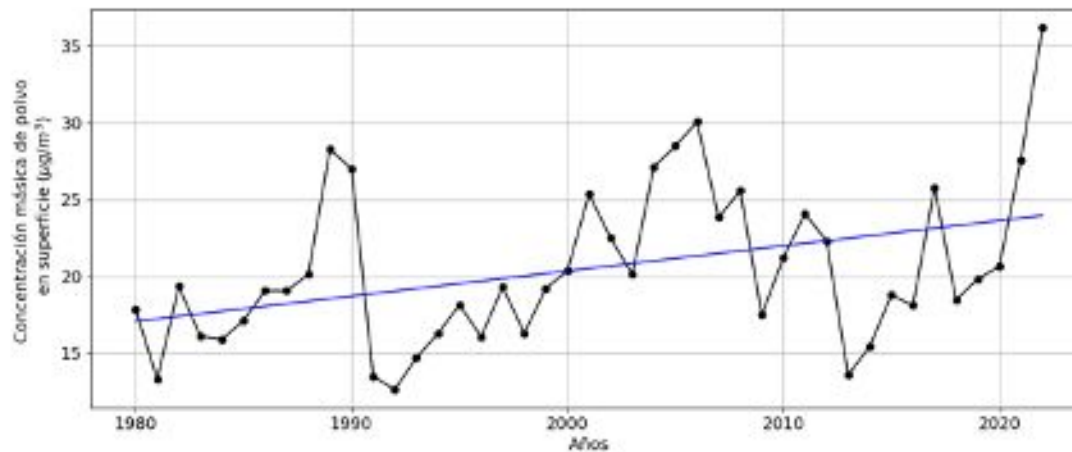
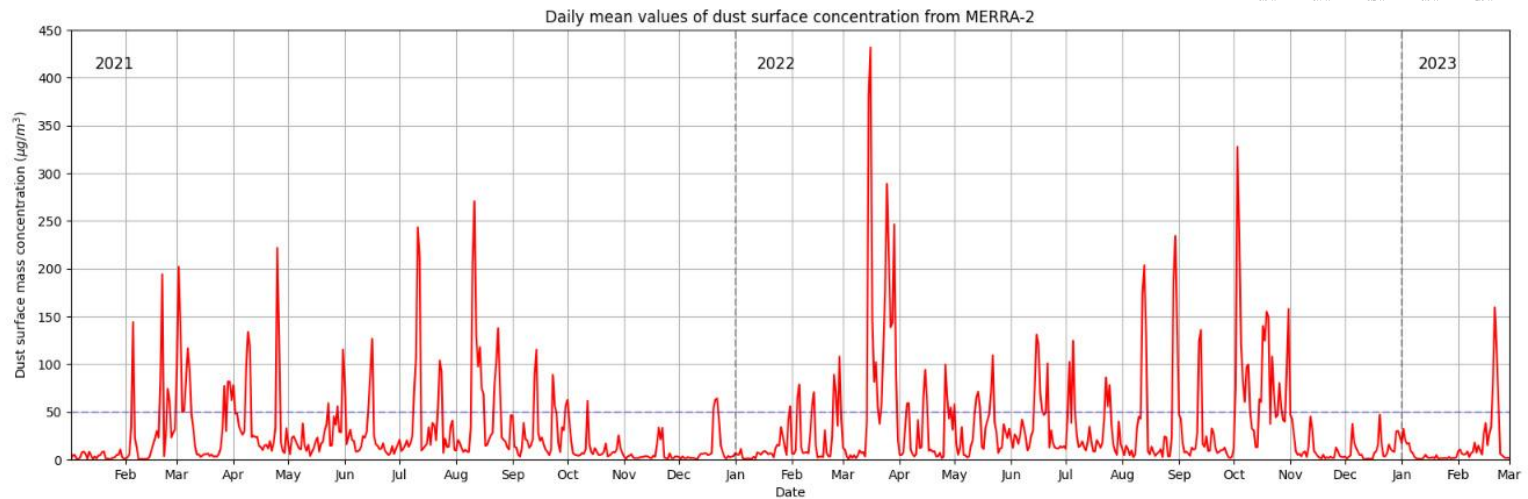
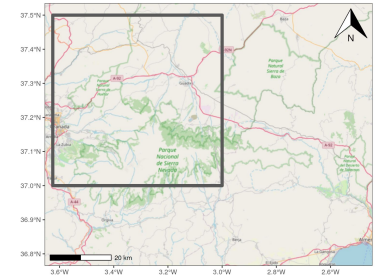
Virtual Research Environment (VRE)

- Monitorización de clorofila-a en lagunas de alta montaña (Sentinel-2)



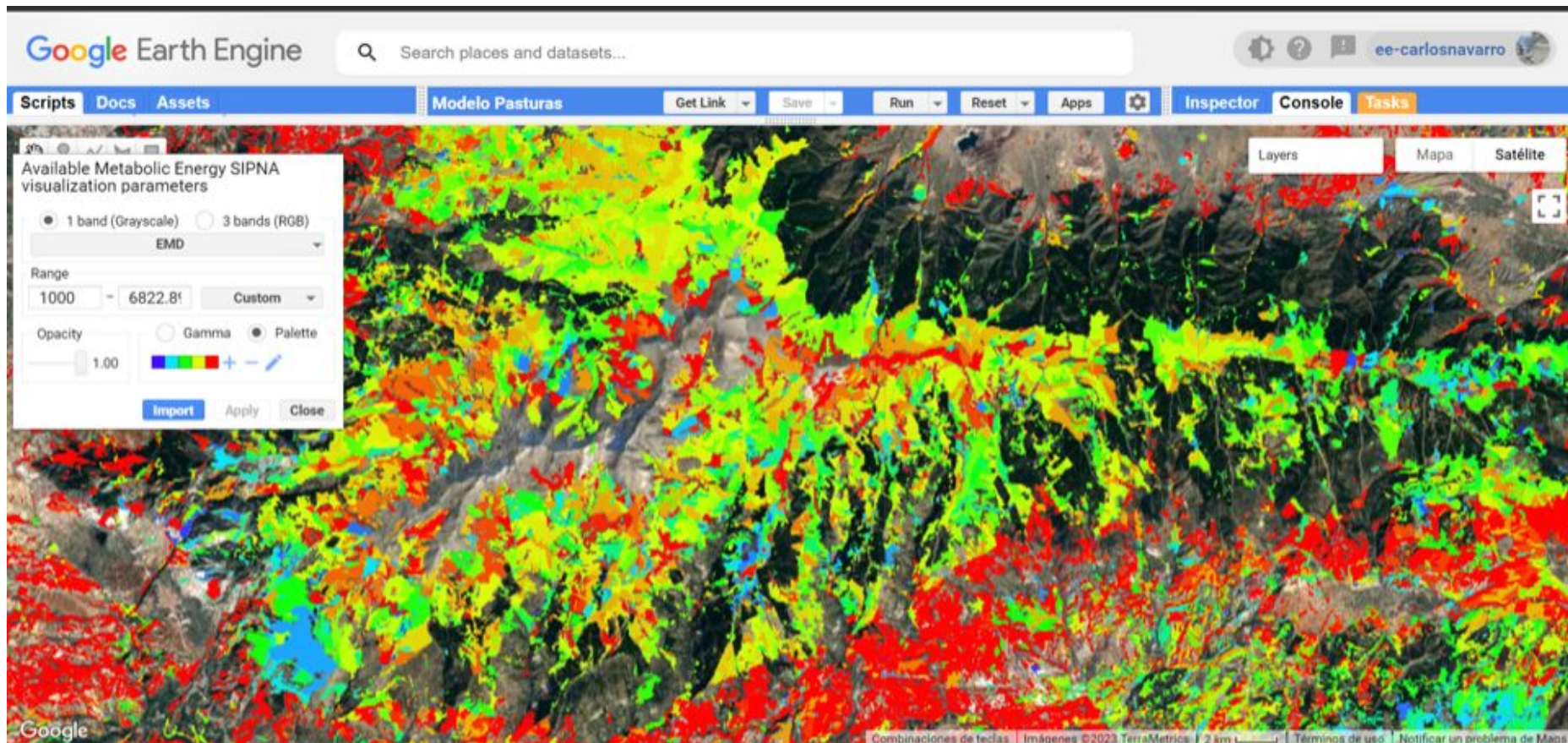
Virtual Research Environment (VRE)

- Partículas gruesas en la atmósfera (polvo sahariano): Merra-2



Virtual Research Environment (VRE)

- **Modelización de pastos para Sierra Nevada** (Energía metabólica disponible - MJ ha año; Passera 1999)



Virtual Research Environment (VRE)

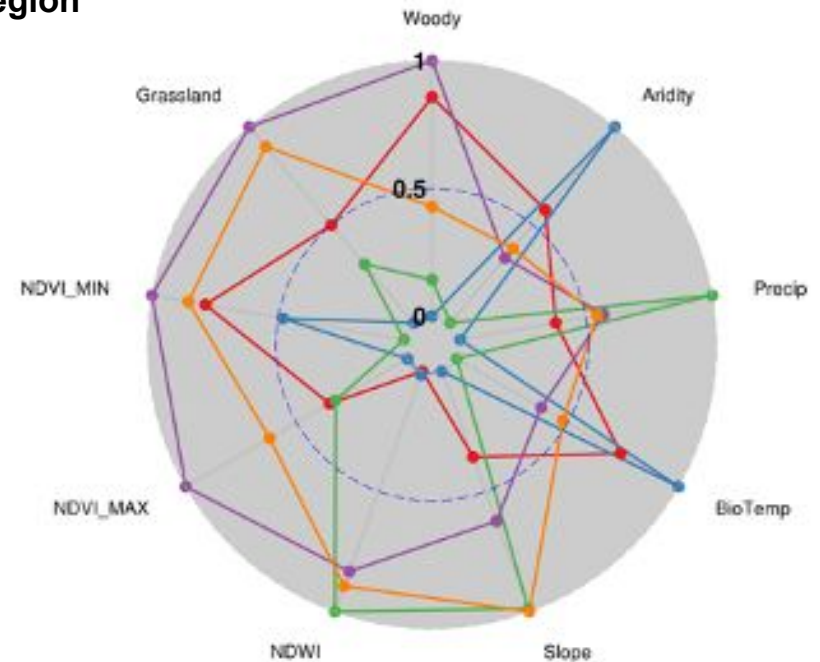
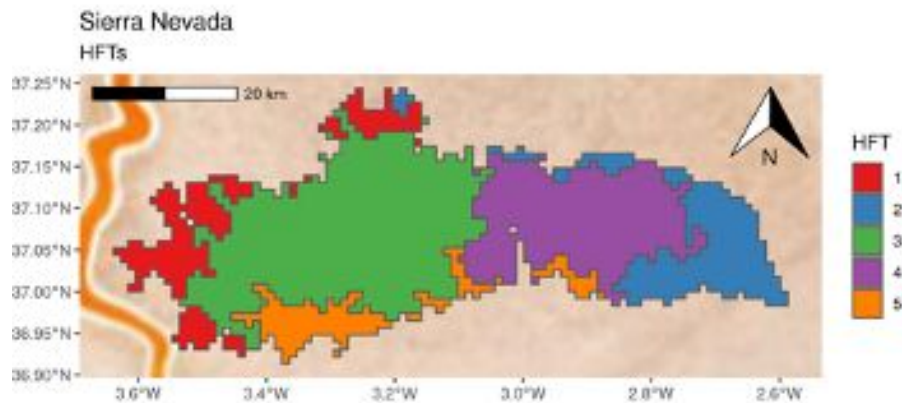
- Modelización de dispersión de semillas por vertebrados en Sierra Nevada



Pérez-Luque et al. 2023. *diveRpine: Diversification of pine plantations in Mediterranean mountains. An interactive R tool to help decision makers. Ecological Indicators 147, 110021. doi:10.1016/j.ecolind.2023.110021*

Virtual Research Environment (VRE)

- **Diversidad de Tipos Funcionales de Hábitats**
 - **Variabes climáticas, estructurales y funcionales** (precip. y temp. media, estacionalidad, cobertura de herbáceas/leñosas, pendiente, humedad del suelo/vegetación.)
- **Zonas potencialmente similares dentro de la ecorregión**
- **Conectividad entre AAPP**



Digital Observatory for Protected Areas (DOPA) - Joint Research Centre



Sistema de **seguimiento de variables esenciales de la biodiversidad** relacionadas con la **estructura, el funcionamiento y los servicios de los ecosistemas**: e.g. ciclo de carbono, agua, nutrientes, energía, etc.

Condiciones de referencia, tendencias, cambios abruptos y anomalías de forma rápida, fidedigna y en cualquier territorio.

El **Virtual Research Environment (VRE)** de LifeWatch tiene tres tipos de usuarios: **investigador programador, gestor e investigador no programador, y ciudadano.**

- Romper la barrera de acceso a la información satelital para investigadores o gestores no programadores

Estos sistemas de seguimiento han demostrado ser **útiles y necesarios** para investigadores, gestores y la sociedad en general (*Global Forest Watch, Global Surface Water Bodies, Digital Observatory for Protected Areas, Protected Planet, ...*)

Virtual Research Environment (VRE)

**¿Cuales son
vuestras
necesidades?**

javier.martinez@ugr.es