

Anexos

Anexo 1. Código de las parcelas seleccionadas según el año, el cultivo de cereal de invierno declarado, el tipo de suelo, la superficie declarada y en las que se ha modificado su límite.

Anexo 2. Imágenes de satélite de Sentinel-2 empleadas.

Anexo 3. Script utilizado en Google Earth Engine (GEE) para obtener la serie de tiempo de NDVI.

Anexo 4. Script utilizado en Google Earth Engine (GEE) para obtener la firma espectral en el momento de máximo vigor vegetal.

Anexo 1. Código de las parcelas seleccionadas según el año, el cultivo de cereal de invierno declarado, el tipo de suelo, la superficie declarada y en las que se ha modificado su límite. Suelo arcilloso: Unidad Lacustre Superior. Suelo arcilloso: Unidad Lacustre Intermedia.

Parcela	Año	Cultivo declarado	Suelo	Superficie declarada	Modificado
50.243.0.0.5.20.2	2020	Avena	Arcilloso	5.38	
50.243.0.0.1.145.1	2020	Avena	Arcilloso	2.74	
50.243.0.0.1.17.1	2020	Avena	Arcilloso	8.35	
50.243.0.0.1.18.1	2020	Avena	Arcilloso	8.63	
50.243.0.0.6.145.1	2020	Avena	Arcilloso	7.99	
50.243.0.0.5.31.1	2020	Avena	Arcilloso	4.81	
50.24.0.0.33.132.2	2020	Avena	Arcilloso	1.2	
50.243.0.0.9.155.4	2020	Avena	Yesífero	4.81	
50.243.0.0.11.12065.2	2020	Avena	Yesífero	15.32	
50.243.0.0.11.10065.3	2020	Avena	Yesífero	16.95	
22.241.0.2.510.79.1	2020	Cebada	Arcilloso	39.91	
50.59.0.0.506.57.1	2020	Cebada	Arcilloso	21.2	
50.209.0.0.28.5.1	2020	Cebada	Arcilloso	34.51	
50.59.0.0.510.5.1	2020	Cebada	Arcilloso	20.31	X
50.243.0.0.6.74.2	2020	Cebada	Arcilloso	12.22	
22.241.0.2.513.3.1	2020	Cebada	Yesífero	16.95	
22.241.0.2.512.36.1	2020	Cebada	Yesífero	26.33	
50.243.0.0.5.80.1	2020	Cebada	Yesífero	9.31	
50.243.0.0.10.65.5	2020	Cebada	Yesífero	14.12	X
50.243.0.0.10.90.2	2020	Cebada	Yesífero	12.4	
50.243.0.0.4.67.1	2020	Cebada	Yesífero	3.46	X
50.59.0.0.509.21.1	2020	Cebada	Yesífero	14.95	
50.243.0.0.3.1.4	2020	Cebada	Yesífero	13.6	
50.59.0.0.507.14.3	2020	Trigo blando	Arcilloso	2.15	X
50.209.0.0.28.32.1	2020	Trigo blando	Arcilloso	6.02	
50.59.0.0.507.33.1	2020	Trigo blando	Arcilloso	2.04	
50.59.0.0.507.224.2	2020	Trigo blando	Arcilloso	3.3	
50.59.0.0.505.43.1	2020	Trigo blando	Arcilloso	6.72	
50.209.0.0.28.33.1	2020	Trigo blando	Arcilloso	3.76	
50.209.0.0.28.65.1	2020	Trigo blando	Arcilloso	11.92	
50.59.0.0.507.16.1	2020	Trigo blando	Arcilloso	4.47	
50.209.0.0.28.20.1	2020	Trigo blando	Arcilloso	29.66	
50.152.0.0.9.93.6	2020	Trigo blando	Arcilloso	1.49	
50.59.0.0.509.8.5	2020	Trigo blando	Yesífero	28.48	
50.243.0.0.11.46.2	2020	Trigo blando	Yesífero	14	
50.243.0.0.11.11061.3	2020	Trigo blando	Yesífero	17.36	
50.243.0.0.3.10.1	2020	Trigo blando	Yesífero	10.32	
50.243.0.0.5.160.2	2020	Trigo duro	Arcilloso	4.42	
50.243.0.0.1.3.1	2020	Trigo duro	Arcilloso	10.4	
50.243.0.0.6.69.1	2020	Trigo duro	Arcilloso	17.17	
50.243.0.0.5.138.2	2020	Trigo duro	Arcilloso	4.43	
50.243.0.0.1.158.1	2020	Trigo duro	Arcilloso	2.37	
50.243.0.0.1.4.1	2020	Trigo duro	Arcilloso	7.64	
50.209.0.0.28.25.1	2020	Trigo duro	Arcilloso	58.15	
50.243.0.0.10.79.2	2020	Trigo duro	Yesífero	13.16	
50.243.0.0.10.1.3.	2020	Trigo duro	Yesífero	7.88	
50.243.0.0.4.56.1	2020	Trigo duro	Yesífero	4.86	
50.243.0.0.3.46.1	2020	Trigo duro	Yesífero	1.21	

50.243.0.0.4.49.1	2020	Trigo duro	Yesífero	8.52	
50.243.0.0.9.11148.6	2020	Trigo duro	Yesífero	19.03	
50.243.0.0.11.34.1	2020	Trigo duro	Yesífero	6.04	
50.243.0.0.9.118.1	2020	Trigo duro	Yesífero	9.66	
50.243.0.0.4.1.1	2020	Trigo duro	Yesífero	13.06	x
50.243.0.0.10.23.1	2020	Trigo duro	Yesífero	10.42	
50.59.0.0.508.11.13	2020	Trigo duro	Yesífero	10.08	x
50.120.0.0.509.88.49	2020	Trigo duro	Yesífero	2.75	
50.243.0.0.10.13.2	2022	Avena	Yesífero	13.61	
50.243.0.0.10.9.2	2022	Avena	Yesífero	4.82	
50.243.0.0.10.8.3	2022	Avena	Yesífero	3.87	
22.241.0.2.512.36.1	2022	Cebada	Yesífero	26.33	
50.59.0.0.509.17.1	2022	Cebada	Yesífero	16.3	
50.243.0.0.3.10.1	2022	Cebada	Yesífero	10.32	
50.243.0.0.2.30.1	2022	Cebada	Yesífero	16.11	
50.243.0.0.11.11061.3	2022	Cebada	Yesífero	17.36	
50.243.0.0.11.27.1	2022	Cebada	Yesífero	10.6	
50.243.0.0.10.22.2	2022	Cebada	Yesífero	9.96	
22.241.0.2.512.8.1	2022	Trigo blando	Yesífero	7.67	
50.59.0.0.509.201.2	2022	Trigo blando	Yesífero	5.2	
50.243.0.0.10.85.1	2022	Trigo blando	Yesífero	8.75	
50.243.0.0.3.39.1	2022	Trigo blando	Yesífero	16.98	
50.243.0.0.3.11.1	2022	Trigo blando	Yesífero	6.59	
50.243.0.0.11.20.2	2022	Trigo blando	Yesífero	11.48	
50.243.0.0.9.132.1	2022	Trigo blando	Yesífero	17.69	
50.59.0.0.509.9.1	2022	Trigo duro	Yesífero	10.57	
50.243.0.0.11.10.2	2022	Trigo duro	Yesífero	11.49	
50.243.0.0.9.97.3	2022	Trigo duro	Yesífero	9.65	
50.243.0.0.9.139.21	2022	Trigo duro	Yesífero	6.07	
50.243.0.0.10.64.1	2022	Trigo duro	Yesífero	11	
50.243.0.0.10.112.2	2022	Trigo duro	Yesífero	14.99	
50.243.0.0.3.32.1	2022	Trigo duro	Yesífero	9.31	
50.243.0.0.4.2.1	2022	Trigo duro	Yesífero	7.55	
50.243.0.0.11.10065.3	2022	Trigo duro	Yesífero	16.95	
50.243.0.0.4.49.1	2022	Trigo duro	Yesífero	8.52	
50.243.0.0.6.64.3	2022	Avena	Arcilloso	17.25	x
50.243.0.0.5.133.1	2022	Avena	Arcilloso	5.52	
22.241.0.2.510.83.1	2022	Cebada	Arcilloso	24.01	
50.209.0.0.28.18.14	2022	Cebada	Arcilloso	25.47	
50.59.0.0.505.63.1	2022	Cebada	Arcilloso	9.12	
50.59.0.0.506.23.1	2022	Cebada	Arcilloso	26.71	
50.243.0.0.1.36.1	2022	Cebada	Arcilloso	11.44	
50.243.0.0.6.74.2	2022	Cebada	Arcilloso	12.22	
22.241.0.2.510.67.1	2022	Trigo blando	Arcilloso	9.66	
50.59.0.0.506.39.1	2022	Trigo blando	Arcilloso	7.78	
50.59.0.0.510.63.2	2022	Trigo blando	Arcilloso	18.51	
50.243.0.0.1.25.1	2022	Trigo blando	Arcilloso	25.43	
50.243.0.0.5.159.1	2022	Trigo blando	Arcilloso	4.93	
50.243.0.0.5.57.2	2022	Trigo blando	Arcilloso	5.53	
22.241.0.2.510.82.1	2022	Trigo duro	Arcilloso	40.41	
50.243.0.0.1.3.1	2022	Trigo duro	Arcilloso	10.4	
50.243.0.0.6.69.1	2022	Trigo duro	Arcilloso	17.17	
50.243.0.0.1.49.1	2022	Trigo duro	Arcilloso	18.52	
50.243.0.0.1.46.2	2022	Trigo duro	Arcilloso	8.78	
50.243.0.0.6.73.2	2022	Trigo duro	Arcilloso	11.04	

Anexo 2. Imágenes de satélite de Sentinel-2 empleadas.

Código de referencia de la imagen	Fecha	Sensor
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20191008T105029_20191008T105335_T30TYL	2019-10-08	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20191013T105031_20191013T105439_T30TYL	2019-10-13	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20191112T105301_20191112T105437_T30TYL	2019-11-12	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20191207T105329_20191207T105822_T30TYL	2019-12-07	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20191227T105349_20191227T105429_T30TYL	2019-12-27	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200111T105421_20200111T105430_T30TYL	2020-01-11	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200116T105309_20200116T105304_T30TYL	2020-01-16	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200131T105251_20200131T105427_T30TYL	2020-01-31	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200205T105129_20200205T105627_T30TYL	2020-02-05	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200210T105201_20200210T105427_T30TYL	2020-02-10	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200215T105029_20200215T105845_T30TYL	2020-02-15	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200220T105051_20200220T105429_T30TYL	2020-02-20	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200311T105021_20200311T105739_T30TYL	2020-03-11	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200321T105021_20200321T105359_T30TYL	2020-03-21	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200425T104619_20200425T105831_T30TYL	2020-04-25	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200520T105031_20200520T105231_T30TYL	2020-05-20	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200530T105031_20200530T105134_T30TYL	2020-05-30	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200609T105031_20200609T105200_T30TYL	2020-06-09	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200624T104629_20200624T105850_T30TYL	2020-06-24	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200629T105031_20200629T105217_T30TYL	2020-06-29	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200704T104619_20200704T105143_T30TYL	2020-07-04	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200719T105031_20200719T105224_T30TYL	2020-07-19	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200724T104619_20200724T105715_T30TYL	2020-07-24	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20200729T105031_20200729T105032_T30TYL	2020-07-29	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20211002T104901_20211002T105424_T30TYL	2021-10-02	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20211007T104829_20211007T105534_T30TYL	2021-10-07	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20211012T105011_20211012T105447_T30TYL	2021-10-12	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20211022T105111_20211022T105446_T30TYL	2021-10-22	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20211106T105139_20211106T105141_T30TYL	2021-11-06	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20211116T105229_20211116T105226_T30TYL	2021-11-16	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20211126T105309_20211126T105346_T30TYL	2021-11-26	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220115T105309_20220115T105357_T30TYL	2022-01-15	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220120T105351_20220120T105629_T30TYL	2022-01-20	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220125T105229_20220125T105232_T30TYL	2022-01-25	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220130T105301_20220130T105543_T30TYL	2022-01-30	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220301T105001_20220301T105446_T30TYL	2022-03-01	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220425T104619_20220425T105855_T30TYL	2022-04-25	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220510T104621_20220510T104859_T30TYL	2022-05-10	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220515T104619_20220515T105900_T30TYL	2022-05-15	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220530T104631_20220530T105902_T30TYL	2022-05-30	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220604T104619_20220604T105858_T30TYL	2022-06-04	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220609T104631_20220609T105816_T30TYL	2022-06-09	MSI

COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220619T104631_20220619T105906_T30TYL	2022-06-19	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220629T104631_20220629T105903_T30TYL	2022-06-29	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220704T104629_20220704T105903_T30TYL	2022-07-04	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220709T105041_20220709T105923_T30TYL	2022-07-09	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220714T104629_20220714T105250_T30TYL	2022-07-14	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220719T105041_20220719T105038_T30TYL	2022-07-19	MSI
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED/20220724T104629_20220724T105903_T30TYL	2022-07-24	MSI

Anexo 3. Script utilizado en Google Earth Engine (GEE) para obtener la serie de tiempo de NDVI.

Imports son los archivos importados como las imágenes de satélite o los archivos vectoriales shape de las parcelas. *FilterBounds* y *FilterDate* son modificados según el conjunto de parcelas y el periodo de tiempo a estudiar.

```
Imports
var imageCollection: ImageCollection "Sentinel-2 MSI: MultiSpectral
Instrument, Level-2A"
var parcela: Table users/xxxxxxxxx/trigoblando_s_arc_2020 //Se modifica

//Filtro de imágenes de satélite de Sentinel 2.
var collection = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")
  .filterBounds(parcela)
  .filterDate('2019-10-01', '2020-07-31') //Se modifica
  .filterMetadata('MGRS_TILE','EQUALS','30TYL')
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
print(collection)
Map.addLayer(parcela,{color:"red"});

//Cálculo NDVI en una colección.
var addNDVI = function(image){
  var ndvi =image.normalizedDifference(["B8","B4"]).rename("NDVI");
  return image.addBands(ndvi);
};

var ndviCollection = collection.map(addNDVI);

//Composite Greeners Pixel para visualizar el NDVI en el mapa.
var composite = ndviCollection.qualityMosaic('NDVI').clip(parcela);
print(composite);

var ndviPalette = ['FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
  '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
  '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];
Map.addLayer(composite.select('NDVI',{min:0,max:1,
palette:ndviPalette},'ndvi'));

//Gráfico de la serie temporal del periodo de estudio del NDVI medio de las
parcelas.
var chart = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: ndviCollection.select('NDVI'),
  region: parcela,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  scale:250,
})
print (chart)

//Gráfico con la desviación estándar del NDVI del conjunto de las parcelas.
var chart2 = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: ndviCollection.select('NDVI'),
  region: parcela,
  reducer: ee.Reducer.stdDev(),
  scale:250,
})
print (chart2)
```

Anexo 4. Script utilizado en Google Earth Engine (GEE) para obtener la firma espectral en el momento de máximo vigor vegetal.

Imports son los archivos importados como las imágenes de satélite, los archivos vectoriales shape de las parcelas y las áreas dibujadas de donde se obtiene la reflectancia. *FilterDate* es modificado según el periodo a estudiar. *FeatureCollection* es modificado según la parcela dibujada para obtener la firma espectral.

```
Imports
var imageCollection: ImageCollection "Sentinel-2 MSI: MultiSpectral
Instrument, Level-2A"
var avena_yes: Table users/xxxxxxxx/avena_s_arc_2020 //Se modifica
var avena_arc: Table users/xxxxxxxx/avena_s_yes_2020 //Se modifica
var limite: Polygon, 4 vertices
var avena_yesifero: Feature 0 MultiPolygon, 1 property) //Se modifica
var avena:arcilloso: Feature 0 (MultiPolygon, 1 property) //Se modifica

//Filtro de imágenes de satélite de Sentinel 2.
var image = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")
  .filterBounds(limite)
  .filterDate("2020-04-24","2020-04-26") //Se modifica
  .filterMetadata('MGRS_TILE','EQUALS','30TYL')
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE',30))
print(image)

var sent_img = image.median().select(['B2','B3','B4','B5','B6','B7','B8',
'B11','B12']).clip(limite);

//Niveles Digitales (ND) a Reflectancia.
var sent_img =
image.median().multiply(0.0001).select(['B2','B3','B4','B5','B6','B7','B8',
'B11','B12']).clip(limite);

//Combinación de bandas para ver la imagen a color natural o al infrarrojo
(FCC).
Map.addLayer(sent_img,{bands:['B4','B3','B2'],min:0, max:0.4}, 'Color
natural');
Map.addLayer(sent_img,{bands:['B8','B4','B3'],min:0, max:0.4}, 'FCC');

//Añadir las parcelas al visor.
Map.addLayer(avena_yes,{color:'blue'})
Map.addLayer(avena_arc,{color:'yellow'})

//Elegir las bandas a incluir y definir las entidades que se van a utilizar.
Choose bands to include and define feature collection to use
var subset = sent_img.select(['B2','B3','B4','B5','B6','B7','B8',
'B11','B12'])
var samples = ee.FeatureCollection([avena_yesifero,avena_arcilloso]); //Se
modifica

//Opciones de personalización del gráfico.
var plotOptions = {
  title:'Firma espectral con Sentinel 2A',
  hAxis: {title: 'Longitud de onda (micrómetros)'},
  vAxis: {title: 'Reflectancia'},
  lineWidth: 1,
  pointSize: 4,
  series: {
```

```

    0: {color: 'blue'},
    1: {color: 'orange'},
  });

  //Define una lista de longitudes de onda de Sentinel-2 para las etiquetas del
  eje X.
  var wavelengths = [0.49, 0.56, 0.66, 0.70, 0.74, 0.78, 0.83, 1.61, 2.19];

  //Crear el grafico y establecer las opciones.
  var Chart1 = ui.Chart.image.regions(
    subset, samples, ee.Reducer.mean(), 12, 'label', wavelengths)
    .setChartType('ScatterChart')
    .setOptions(plotOptions);
  print(Chart1);

```