

7. ANEXOS

ANEXO I

Desarrollo de un script para GEE para la obtención de valores de NDVI en un pixel dibujado. Los datos son obtenidos de la colección de Sentinel 2, escogiendo entre imágenes BOA (S2_SR) o TOA (S2). Se cargan las imágenes de las fechas que dura el ciclo fenológico del arroz en 2022 mediante un filtro y de la misma manera, se aplica un filtro para eliminar nubosidad. Finalmente, los resultados son representados en forma de gráfico.

```
var geometry: Polygon, 4 vertices

var sentinel = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_HARMONIZED")
  .filterDate('2022-05-01', '2022-11-25')
  .filterBounds(geometry)
  .filterMetadata('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 'less_than', 25);

var ndvi = sentinel.map(function(image) {
  return image.normalizedDifference(['B8', 'B4'])
    .rename('NDVI')
    .copyProperties(image, ['system:time_start']);
});

var chart = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: ndvi.select('NDVI'),
  region: geometry,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  scale: 10,
}).setChartType('LineChart')
.setOptions({
  title: 'Serie temporal NDVI_1C',
  legend: {position: 'none'},
  hAxis: {title: 'Fecha', format: 'dd/MM/YYYY', gridlines: {count: 10}, slantedText: true,
maxAlternation: 1, maxTextLines: 2},
  vAxis: {title: 'NDVI'},
  pointSize: 1,
  lineWidth: 1,
});
```



```
var fecha = ee.List.sequence(0, 360, 5)
    .map(function(dia) {
        return ee.Date('2022-05-01').advance(dia, 'day').format('dd/MM/YYYY');
    });
print(chart);
```

ANEXO II

Desarrollo de un script para GEE para la obtención de las bandas B04 y B08 de Sentinel 2 de la parcela de estudio. Para delimitar la parcela estudiada, se carga el archivo elaborado mediante QGIS al crear la capa vectorial parcela. Se cargan los datos de la colección de Sentinel 2, escogiendo entre imágenes BOA (S2_SR) o TOA (S2). Se cargan las bandas de las fechas que dura el ciclo fenológico del arroz en 2022 mediante un filtro y de la misma manera, se aplica un filtro para eliminar nubosidad. Finalmente, las imágenes se exportan a Google Drive.

```
var parcela: Table Projects/ee-marcosscano/assets/parcela
var Sentinel2=ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
.filterBounds(parcela)
.filterDate('2022-05-10','2022-11-06')
.filterMetadata('MGRS_TILE','equals','30SYJ')
.select(['B4','B8']);
Map.centerObject(parcela);
Map.addLayer(parcela);
print(Sentinel2);
var lista=Sentinel2.toList(Sentinel2.size());
var longitud=lista.size().getInfo();
var i=0;
var imagen;

while (i<longitud) {
  imagen=ee.Image(lista.get(i));
  var fecha=imagen.get('system:index').getInfo().substr(0,8);
  Export.image.toDrive({
    image:imagen,
    description:fecha,
    scale:10,
    region:parcela
  });
  i=i+1;
}
```

ANEXO III

Representación de los valores de cada banda espectral de Sentinel 2 (sin corregir) obtenidos mediante QGIS y GEE para imágenes 2A y 1C. A pesar de ser la misma banda estudiada, los valores son diferentes si han sido tratadas con QGIS o GEE.

Tabla 8: Valores de bandas 2A sin corregir obtenidas de Copernicus para su posterior tratado en QGIS y valores descargados directamente de GEE

	QGIS		GEE	
	B08	B04	B08	B04
10/05/2022	3283	2577	2283	1577
15/05/2022	3472	2947	2472	1947
25/05/2022	3512	2933	2512	1933
30/05/2022	3678	3161	2678	2161
04/06/2022	3692	3261	2692	2261
09/06/2022	3715	3378	2715	2378
19/06/2022	2511	2033	1511	1033
29/06/2022	2258	1725	1258	725
04/07/2022	2416	1892	1416	892
09/07/2022	2154	1657	1154	657
14/07/2022	3129	1986	2129	986
19/07/2022	3408	1804	2408	804
24/07/2022	2841	1467	1841	467
29/07/2022	2961	1408	1961	408
03/08/2022	3136	1323	2136	323
08/08/2022	3391	1217	2391	217
18/08/2022	3645	1162	2645	162
23/08/2022	3729	1119	2729	119
28/08/2022	4119	1186	3119	186
02/09/2022	4324	1156	3324	156
07/09/2022	4523	1226	3523	226
27/09/2022	4635	1458	3635	458
02/10/2022	4772	1583	3772	583
01/11/2022	3431	2372	2431	1372
06/11/2022	3257	2410	2257	1410

Tabla 9: Valores de bandas 1C sin corregir obtenidas de Copernicus para su posterior tratado en QGIS y valores descargados directamente de GEE

	QGIS		GEE	
	B08	B04	B08	B04
10/05/2022	3094	2567	2090	1570
15/05/2022	3196	2821	2200	1820
25/05/2022	3278	2860	2280	1860
30/05/2022	3359	2953	2359	1953
04/06/2022	3419	3133	2419	2133
09/06/2022	3418	3198	2418	2198
19/06/2022	2454	2143	1454	1143
29/06/2022	2272	1914	1272	914
04/07/2022	2216	1854	1216	854
09/07/2022	2197	1799	1197	799
14/07/2022	3035	2072	2035	1072
19/07/2022	2981	1820	1981	820
24/07/2022	2854	1700	1854	700
29/07/2022	2932	1642	1932	642
03/08/2022	3062	1564	2062	564
08/08/2022	3270	1492	2270	492
18/08/2022	3456	1442	2456	442
23/08/2022	3500	1412	2500	412
28/08/2022	3804	1476	2804	476
02/09/2022	4023	1416	3023	416
07/09/2022	4183	1471	3183	471
27/09/2022	4281	1644	3281	644
02/10/2022	4373	1764	3373	764
01/11/2022	3149	2411	2149	1411
06/11/2022	3049	2442	2049	1442

ANEXO IV

Representación de los valores de bandas estudiadas de Sentinel 2 (corregidas) obtenidos mediante QGIS y GEE para imágenes 2A y 1C. Una vez se ha aplicado la corrección correspondiente, los valores obtenidos son los mismos para las imágenes tratadas con QGIS y GEE.

Tabla 10: Valores de bandas 2A obtenidas de Copernicus para su posterior tratado en QGIS y valores descargados directamente de GEE aplicando su correspondiente corrección

	QGIS		GEE	
	B08	B04	B08	B04
10/05/2022	0,228	0,158	0,228	0,158
15/05/2022	0,247	0,195	0,247	0,195
25/05/2022	0,251	0,193	0,251	0,193
30/05/2022	0,268	0,216	0,268	0,216
04/06/2022	0,269	0,226	0,269	0,226
09/06/2022	0,272	0,238	0,272	0,238
19/06/2022	0,151	0,103	0,151	0,103
29/06/2022	0,126	0,073	0,126	0,073
04/07/2022	0,142	0,089	0,142	0,089
09/07/2022	0,115	0,066	0,115	0,066
14/07/2022	0,213	0,099	0,213	0,099
19/07/2022	0,241	0,080	0,241	0,080
24/07/2022	0,184	0,047	0,184	0,047
29/07/2022	0,196	0,041	0,196	0,041
03/08/2022	0,214	0,032	0,214	0,032
08/08/2022	0,239	0,022	0,239	0,022
18/08/2022	0,264	0,016	0,264	0,016
23/08/2022	0,273	0,012	0,273	0,012
28/08/2022	0,312	0,019	0,312	0,019
02/09/2022	0,332	0,016	0,332	0,016
07/09/2022	0,352	0,023	0,352	0,023
27/09/2022	0,363	0,046	0,363	0,046
02/10/2022	0,377	0,058	0,377	0,058
01/11/2022	0,243	0,137	0,243	0,137
06/11/2022	0,226	0,141	0,226	0,141

Tabla 11: Valores de bandas 1C obtenidas de Copernicus para su posterior tratado en QGIS y valores descargados directamente de GEE aplicando su correspondiente corrección

	QGIS		GEE	
	B08	B04	B08	B04
10/05/2022	0,209	0,157	0,209	0,157
15/05/2022	0,220	0,182	0,220	0,182
25/05/2022	0,228	0,186	0,228	0,186
30/05/2022	0,236	0,195	0,236	0,195
04/06/2022	0,242	0,213	0,242	0,213
09/06/2022	0,242	0,220	0,242	0,220
19/06/2022	0,145	0,114	0,145	0,114
29/06/2022	0,127	0,091	0,127	0,091
04/07/2022	0,122	0,085	0,122	0,085
09/07/2022	0,120	0,080	0,120	0,080
14/07/2022	0,203	0,107	0,203	0,107
19/07/2022	0,198	0,082	0,198	0,082
24/07/2022	0,185	0,070	0,185	0,070
29/07/2022	0,193	0,064	0,193	0,064
03/08/2022	0,206	0,056	0,206	0,056
08/08/2022	0,227	0,049	0,227	0,049
18/08/2022	0,246	0,044	0,246	0,044
23/08/2022	0,250	0,041	0,250	0,041
28/08/2022	0,280	0,048	0,280	0,048
02/09/2022	0,302	0,042	0,302	0,042
07/09/2022	0,318	0,047	0,318	0,047
27/09/2022	0,328	0,064	0,328	0,064
02/10/2022	0,337	0,076	0,337	0,076
01/11/2022	0,215	0,141	0,215	0,141
06/11/2022	0,205	0,144	0,205	0,144

ANEXO V

Representación de los valores de NDVI medios de la parcela completa calculados mediante QGIS a partir de la corrección de las bandas.

Tabla 12: Valores de NDVI aplicando corrección a las bandas 2A

	NDVI
10/05/2022	0,18
15/05/2022	0,12
25/05/2022	0,13
30/05/2022	0,11
04/06/2022	0,09
09/06/2022	0,07
19/06/2022	0,19
29/06/2022	0,27
04/07/2022	0,23
09/07/2022	0,27
14/07/2022	0,37
19/07/2022	0,50
24/07/2022	0,60
29/07/2022	0,66
03/08/2022	0,74
08/08/2022	0,83
18/08/2022	0,88
23/08/2022	0,92
28/08/2022	0,89
02/09/2022	0,91
07/09/2022	0,88
27/09/2022	0,78
02/10/2022	0,73
01/11/2022	0,28
06/11/2022	0,23

Tabla 13: Valores de NDVI aplicando corrección a las bandas 1C

	NDVI
10/05/2022	0,14
15/05/2022	0,09
25/05/2022	0,10
30/05/2022	0,09
04/06/2022	0,06
09/06/2022	0,05
19/06/2022	0,12
29/06/2022	0,16
04/07/2022	0,17
09/07/2022	0,20
14/07/2022	0,31
19/07/2022	0,41
24/07/2022	0,45
29/07/2022	0,50
03/08/2022	0,57
08/08/2022	0,64
18/08/2022	0,69
23/08/2022	0,72
28/08/2022	0,71
02/09/2022	0,76
07/09/2022	0,74
27/09/2022	0,67
02/10/2022	0,63
01/11/2022	0,21
06/11/2022	0,17

ANEXO VI: RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030

Este Trabajo Final de Máster ayuda al cumplimiento de los ODS descritos a continuación.

Tabla 14: Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.			x	
ODS 2. Hambre cero.			x	
ODS 3. Salud y bienestar.	x			
ODS 4. Educación de calidad.				x
ODS 5. Igualdad de género.				x
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.	x			
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.			x	
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.	x			
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.	x			
ODS 10. Reducción de las desigualdades.			x	
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.		x		
ODS 12. Producción y consumo responsables.	x			
ODS 13. Acción por el clima.	x			
ODS 14. Vida submarina.	x			
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.	x			
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				x
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.			x	

ODS 3 Salud y bienestar: como dice la meta 3.9 de este objetivo, “Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo”. Gracias a la utilización de las tecnologías en la agricultura de precisión, se puede lograr reducir el uso de unidades fertilizantes, aplicando únicamente en el momento y lugar necesario.

ODS 6 Agua limpia y saneamiento: El cultivo del arroz, es un cultivo que requiere grandes cantidades de agua para desarrollarse, pero mediante el correcto uso de las tecnologías en la agricultura se logra realizar un uso eficiente de los recursos hídricos, protegiendo y reestableciendo los ecosistemas relacionados con el agua de la Albufera.

ODS 8 Trabajo decente y crecimiento económico: Este proyecto pretende lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra. A su vez promueve la creación de puestos de trabajo, tanto perfiles jóvenes tecnológicos como mano de obra cualificada del campo, promoviendo la economía de las zonas rurales, en especial el de la Albufera promoviendo un turismo sostenible.

ODS 9 Industria, innovación e infraestructura: Una de las metas propuestas por este objetivo y se consigue con el presente estudio es “Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, incluso garantizando un entorno normativo propicio a la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos, entre otras cosas.” Aumentando el acceso a las tecnologías ya que las plataformas utilizadas son de libre acceso.

ODS 12 Producción y consumo responsable: Mediante la utilización de las tecnologías se promueve la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales, al igual que la práctica de una agricultura ecológica, disminuyendo emisiones contaminantes a lo largo del ciclo de vida del cultivo.

ODS 13 Acción por el clima: Mediante el uso de imágenes satelitales se puede predecir posibles periodos adversos, y poder responder y adaptarse de la mejor manera a los riesgos relacionados con el clima, reduciendo los efectos del cambio climático por alertas tempranas.

ODS 14 Vida submarina: Tanto la Albufera como el mar Mediterráneo, se encuentra muy próxima a la finca de estudio, el agua filtrada o saliente tras el riego, posiblemente termine en el mar o en dicho humedal, por lo que hay que prevenir y reducir al máximo la contaminación del agua de riego mediante la reducción lo máximo posible de productos químicos.

ODS 15 Vida de ecosistemas terrestres, como se ha descrito en el objetivo anterior, la parcela de trabajo se encuentra muy cerca de la Albufera, del cual depende la vida de gran cantidad de animales acuáticos y terrestres.

