

Proyecto Esperanza

Julio 2021

Contents

1	Introducción	2
2	TMY	2
3	Serie temporal PVGIS	2
3.1	Radiación	2
3.2	Temperatura	3
4	Datos SPP	5
4.1	Radiación	5
4.2	Temperatura	7
4.3	Albedo	9
4.4	Análisis	11
4.4.1	Radiancia	11
4.4.2	Temperatura	12

1 Introducción

Realizamos el análisis de los datos meteorológicos de Esperanza¹, situada en República Dominicana. Los datos provienen de dos fuentes: los recogidos por PVGIS², correspondientes al periodo 2005-2015, y los datos SPP, en el periodo 2018-2021. El objetivo de este análisis es comparar con el año meteorológico tipo (TMY) de Solargis, que es un año de datos meteorológicos por horas representativo de perfil típico.

2 TMY

El año meteorológico tipo (TMY) se corresponde con la recopilación de datos meteorológicos representativos de la localidad, siendo así de utilidad para caracterizar el clima.

Las figuras 1 y 2 muestran la evolución mensual del acumulado de radiancia y la media de temperatura, respectivamente.

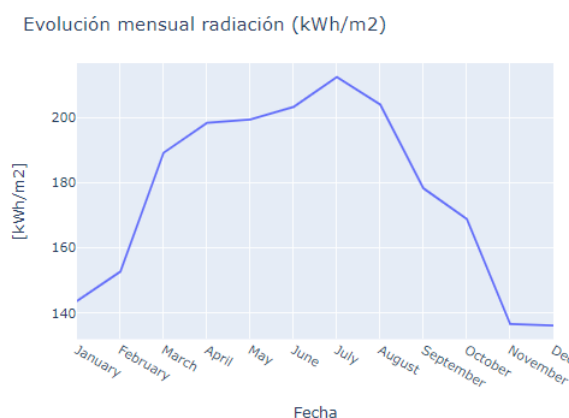


Figure 1: Radiancia acumulada mensual.

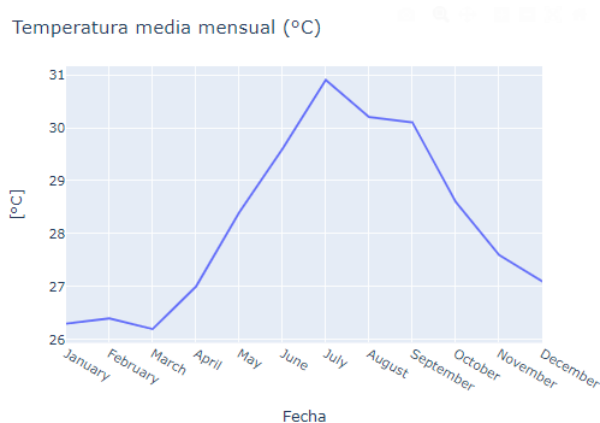


Figure 2: Temperatura media mensual.

3 Serie temporal PVGIS

Los datos meteorológicos del PVGIS se corresponden con un periodo de diez años, desde Enero 2005 hasta Diciembre 2015. Se analiza las variables Irradiancia Horizontal Global y Temperatura, para las que se tiene registros con intervalos horarios.

3.1 Radiación

Determinamos la radiación acumulada mensual (kWh/m^2) para cada año de la serie temporal PVGIS. Los resultados se muestran en la tabla 1. Se observa que los meses de mayor radiación se corresponden con Junio-Julio-Agosto. La columna de la derecha muestra el acumulado mensual total.

¹Coordenadas Lat, Long: 19.576622°, -70.964239°. Elevación: 122 m. UTC-4

²<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis> Something Linky

La figura 3 muestra la evolución mensual de este mismo acumulado, donde se puede observar picos de radiación en ciertos años, siendo más atípicos.

En la figura 4 podemos observar el acumulado horario para el periodo 2005-2015. El mediodía solar se corresponde con las horas de mayor irradiancia y se observa una distribución simétrica respecto a este.

Table 1: Radiación acumulada mensual en el periodo 2005-2015.

Month	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
1	127,40	139,07	143,38	140,23	140,13	130,16	155,55	137,98	144,75	157,77	140,19	1556,62
2	154,10	142,26	149,47	165,35	132,38	134,68	155,28	162,79	168,38	162,45	143,50	1670,63
3	191,05	186,02	169,19	202,14	164,13	172,54	201,28	190,28	171,03	198,50	185,18	2031,33
4	183,55	191,62	191,30	192,68	194,60	178,47	214,69	179,36	217,94	206,74	218,97	2169,93
5	184,61	205,87	170,47	206,35	181,49	192,37	182,76	203,28	199,57	203,60	207,56	2137,90
6	183,89	189,44	204,41	189,19	181,90	187,92	185,31	201,63	184,64	198,34	202,96	2109,63
7	196,45	196,66	207,35	213,58	208,19	200,96	196,46	210,85	200,16	218,83	216,39	2265,87
8	191,33	192,31	194,73	186,65	201,54	198,86	194,67	198,23	209,70	196,37	211,94	2176,34
9	175,44	195,01	183,87	158,95	190,08	175,04	181,09	120,94	180,62	181,44	188,73	1931,20
10	145,99	162,42	141,83	167,06	173,37	166,99	170,49	159,70	167,34	173,96	168,24	1797,37
11	135,24	139,49	129,80	130,39	145,17	119,46	131,12	112,97	149,39	138,55	139,19	1470,78
12	134,43	140,25	131,05	132,31	132,17	116,16	135,87	136,96	136,66	134,39	135,48	1465,73

Evolución mensual radiación (kWh/m²)

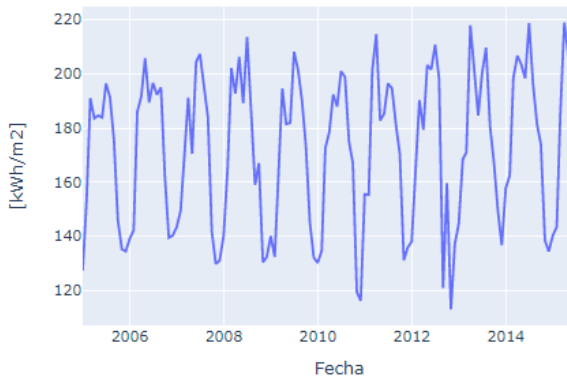


Figure 3: Radiancia acumulada mensual.

Evolución horaria radiación solar global

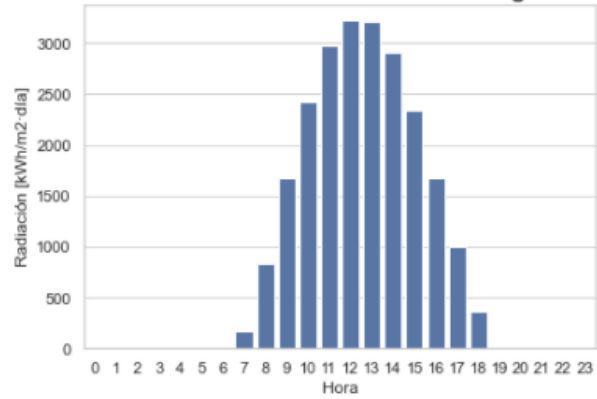


Figure 4: Radiancia acumulada horaria.

3.2 Temperatura

La tabla 2 indica el promedio de la temperatura del aire para cada mes de la serie temporal.

Las figuras 5 y 6 nos permiten observar la variación de la temperatura media obtenida para toda la serie 2005-2015 y la evolución mensual para cada año de la misma.

mientras que la figura 7 nos permite observar el promedio horario.

Table 2: Temperatura media mensual 2005-2015

Month	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
1	23,26012	23,9181	24,8468	23,31198	24,15298	24,68688	24,22566	24,01634	24,55411	25,20431	24,90263	24,28
2	22,41393	24,48188	25,38109	24,58967	23,45908	25,70323	24,44304	24,57323	24,86496	25,51558	24,83522	24,57
3	26,79392	25,0036	25,27653	25,27302	23,50426	26,41918	24,60599	24,6288	24,90263	26,218	25,97077	25,33
4	26,74857	25,84382	26,43124	25,97292	26,02042	26,4514	26,46913	25,7884	26,98206	27,00082	27,59469	26,48
5	27,50462	27,42265	27,28909	27,36179	26,53022	27,72664	26,62891	27,61474	26,84563	26,81844	27,84618	27,24
6	28,96222	28,75108	28,6706	28,32074	28,07631	28,78903	28,58469	29,64215	28,42807	29,00267	29,1521	28,76
7	29,39358	28,80589	29,03495	29,08778	29,62235	28,9902	28,64098	29,0137	28,85332	29,57185	30,12126	29,19
8	28,81848	29,03492	28,86159	28,94347	29,07954	29,29462	29,08257	28,84765	29,07677	29,13409	30,33809	29,14
9	29,01631	28,95415	28,65894	28,21224	28,78157	28,62431	28,40261	28,74944	28,82425	28,46218	29,82444	28,77
10	27,88692	28,35806	27,73668	27,97776	28,74495	27,96837	28,00739	27,86528	27,95319	28,25363	29,08325	28,17
11	26,12467	26,2501	25,4946	25,281	26,313	24,91013	25,48765	25,37018	26,21975	26,24707	26,50881	25,84
12	24,83817	25,70812	24,59024	23,98058	25,93285	23,07134	24,14769	24,84696	25,35294	24,75681	26,53031	24,89

Evolución mensual temperatura

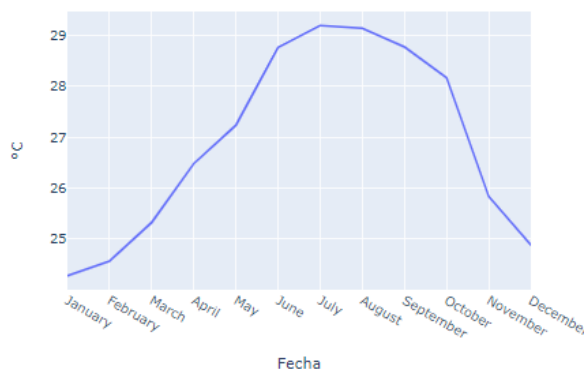


Figure 5: Temperatura media mensual total.

Evolución mensual temperatura

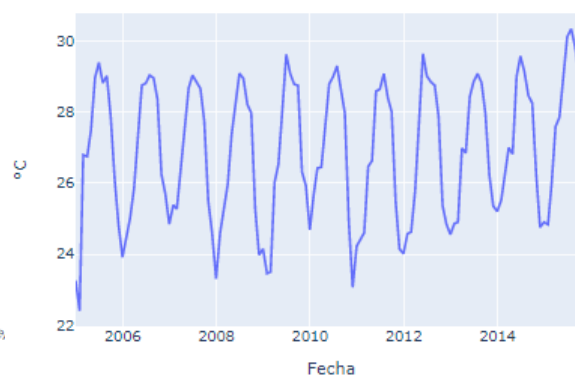


Figure 6: Temperatura media mensual.

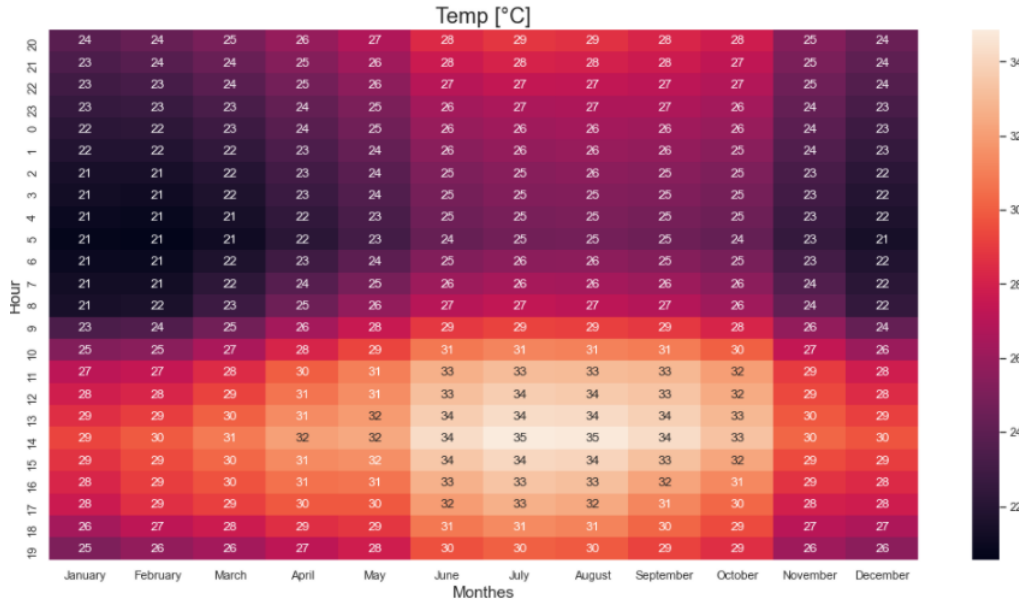


Figure 7: Temperatura media por horas 2005-2015.

4 Datos SPP

Presentamos los datos meteorológicos de campo correspondientes al periodo 2018-2021, para los que contamos con registros diezminutales. En ellos analizamos la irradiancia solar, la temperatura y el albedo.

En primer lugar, comentar que no existen suficientes registros recogidos para el mes de enero de 2018, así como para la irradiancia del mes de febrero de 2021, por lo que son descartados de nuestros cálculos³.

4.1 Radiación

Para los registros de irradiancia solar contamos con dos sensores piranómetros, GHI1 y GHI2. Se ha analizado la radiación registrada para cada uno de ellos y determinado la desviación estándar entre ambos sensores. Los resultados se muestran en la tabla 3, donde se puede concluir que las mediciones son coherentes, ya que no se observan desviaciones muy superiores al 2%. Esto nos conduce a definir la media de ambos sensores (a partir de ahora, GHI).

Respecto a la radiación media de ambos sensores, la tabla 4 recoge los resultados del acumulado mensual para cada año de la serie temporal. La figura 8.a representa el acumulado mensual total⁴ de la radiación GHI junto al intervalo de desviación entre ambos sensores, GHI1 y GHI2. La figura 8.b muestra la evolución mensual de este mismo acumulado para todo el periodo registrado.

En la figura 9 podemos observar el acumulado horario para el periodo 2018-2021. El mediodía solar se corresponde con las horas de mayor irradiancia y se observa una distribución simétrica respecto a este.

³Esto se verá reflejado en el acumulado total de radiación.

⁴Apreciase que no se tiene años completos, dando lugar a meses de menor radiación.

Table 3: Desviación estándar entre ambos sensores (GHI1, GHI2) evaluada para el acumulado mensual de cada año, respecto radiación indicente (%).

Month	2018	2019	2020	2021
1		0,093935	0,157981	1,390372
2	0,163289	0,50141		1,422608
3	0,07564	0,53979	0,137779	1,56887
4	0,170983	0,428137	0,39336	1,420686
5	0,153642	0,373258	0,473291	2,04086
6	0,386241	0,450731	0,438743	
7	0,216567	0,814564	0,426159	
8	0,309769	0,764805	0,443335	
9	0,422709	0,363846	0,033092	
10	0,321695	0,381848	0,191206	
11	0,071189	0,114767	2,092275	
12	0,117384	0,174682	1,918541	

Table 4: Radiación acumulada mensual en el periodo 2018-2021.

Month	2018	2019	2020	2021	Total
1		157,353	146,3558	148,4506	453,68
2	144,1162	153,6536		154,4555	452,23
3	182,5826	190,7184	188,4716	191,5649	753,34
4	205,5779	209,1305	213,3545	198,1753	826,24
5	215,4284	198,9488	207,0479	211,0466	832,47
6	205,3245	210,0062	210,6762		626,01
7	211,4499	210,4617	213,0489		634,96
8	209,1035	203,9168	206,6754		619,7
9	177,6328	177,3637	185,0124		540,01
10	162,119	178,6056	174,5388		515,26
11	149,9405	147,9019	129,6941		427,54
12	149,3456	135,7604	135,7304		420,84

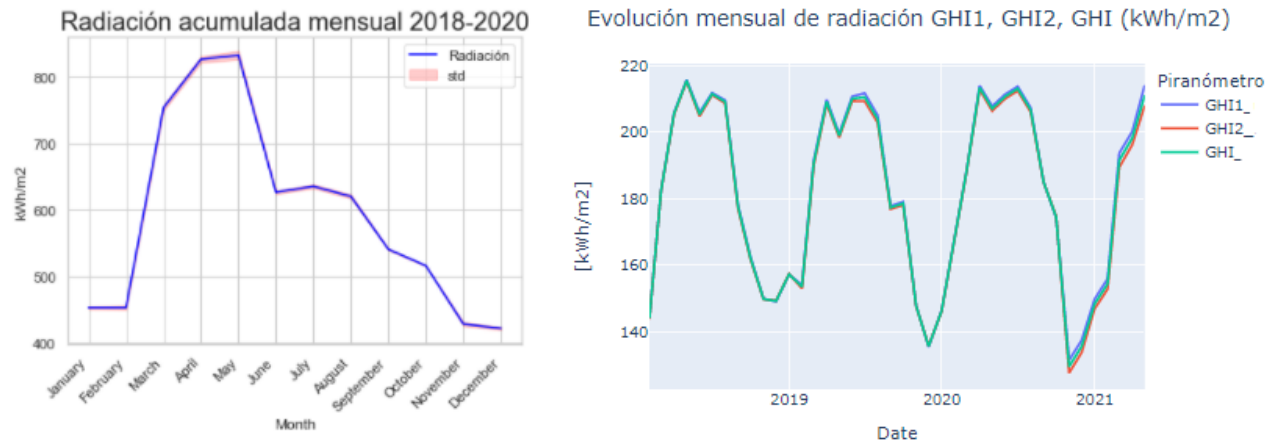


Figure 8: La figura (a) muestra el promedio entre GHI1, GHI2 evaluada para el acumulado mensual de cada año. La zona sombreada muestra la desviación entre ambos sensores. La figura (b) se corresponde con la radiancia acumulada mensual en el periodo 2018-2021.

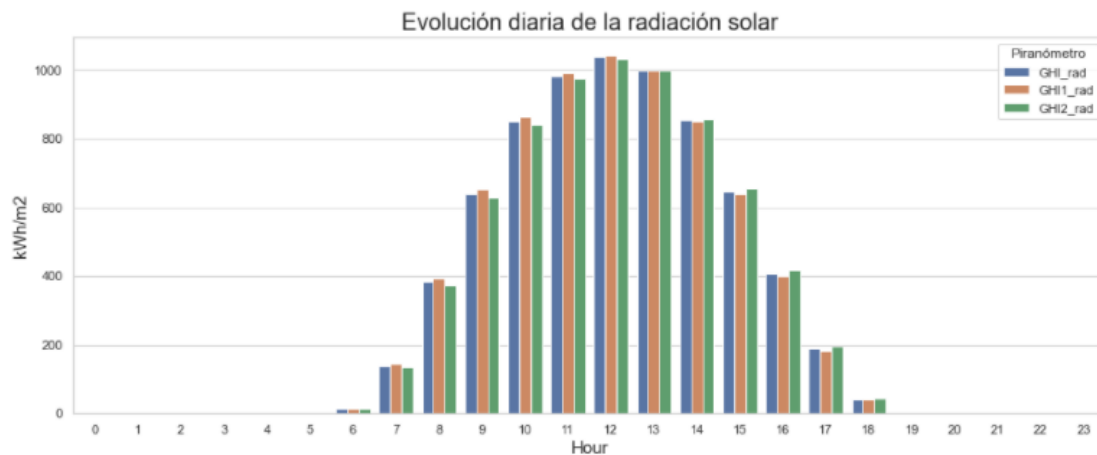


Figure 9: Evolución horaria de radiacia acumulada para los piranómetros GHI1, GHI2 y su media.

4.2 Temperatura

La figura 5 muestra el promedio de la temperatura del aire para cada mes de la serie temporal. Las figuras 11 y 10 representan la variación de la temperatura media obtenida para toda la serie temporal y la evolución mensual para cada año de la misma, respectivamente. La figura 12 nos permite observar el promedio horario.

Table 5: Temperatura media mensual 2018-2021.

Month	2018	2019	2020	2021	Total
1		24,82359	24,41924	24,5369	24,59
2	22,89959	24,89627	25,40576	25,01616	24,55
3	24,35895	25,6486	24,21729	24,79302	24,75
4	26,59427	26,8157	28,17404	25,85556	26,86
5	27,04471	27,16769	28,38042	27,11735	27,43
6	27,92664	28,12696	28,97119		28,34
7	28,60716	28,62618	28,99901		28,74
8	28,41821	29,00835	28,71213		28,71
9	28,07282	27,76108	28,11137		27,98
10	26,5932	27,14521	28,01699		27,25
11	26,54929	26,20436	25,43947		26,06
12	25,46599	25,3707	24,62873		25,16

Evolución mensual temperatura

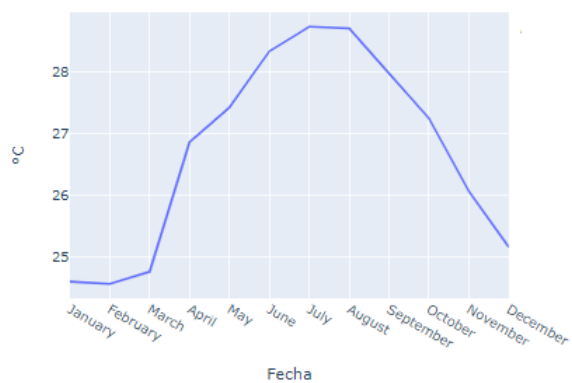


Figure 10: Temperatura media mensual total.

Serie temporal temperatura [°C]

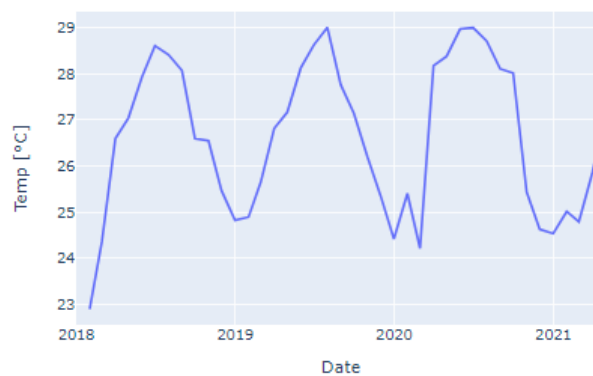


Figure 11: Temperatura media mensual.

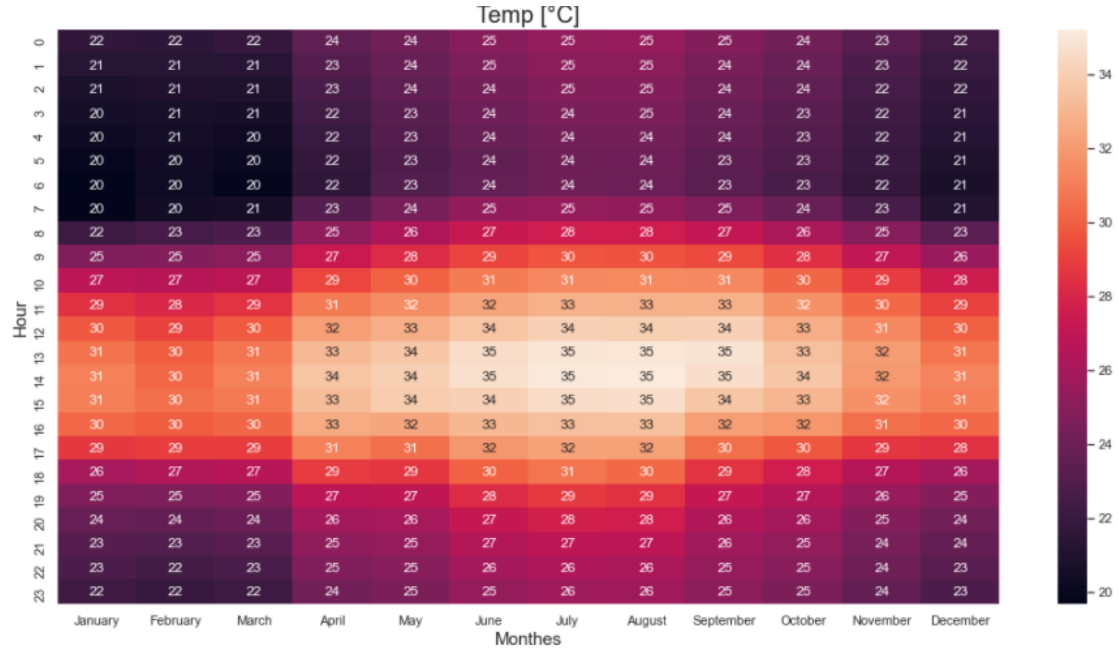


Figure 12: Temperatura media por horas 2018-2021.

4.3 Albedo

Para determinar el albedo, que se corresponde con la fracción de radiación reflejada respecto de radiación incidente, contamos con dos piranómetros (UP and DOWN), para los que tenemos registros desde Marzo de 2020 hasta Mayo de 2021.

La figura 13 muestra el acumulado horario para ambos piranómetros, donde se puede observar que sus etiquetas son correctas, así como una distribución simétrica respecto del mediodía solar.

Para los siguientes cálculos restringimos los registros a aquellos que se corresponden con las horas centrales de radiación, es decir, mediodía solar ± 2 horas e irradiancias mayores de 800 W/m^2 registradas por el piranómetro UP. De esta forma, la figura 6 muestra el agregado del albedo mensual para cada año y el total entre ambos, representado en la figura 14. Se observa que el mes de menor albedo se corresponde con febrero, para el cual solo tenemos registros del año 2021.

Table 6: Albedo mensual

Month	2020	2021	Total
1		0,156864	0,156864
2		0,146479	0,146479
3	0,165746	0,156484	0,16065
4	0,179468	0,161475	0,170774
5	0,164276	0,161868	0,163052
6	0,166098		0,166098
7	0,16264		0,16264
8	0,167509		0,167509
9	0,164075		0,164075
10	0,167024		0,167024
11	0,162005		0,162005
12	0,158249		0,158249

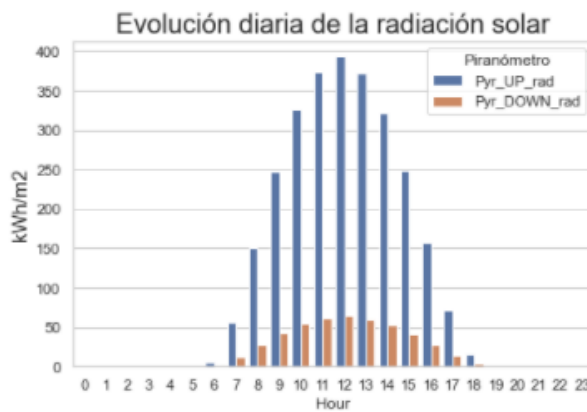


Figure 13: Evolución horaria piranómetros.

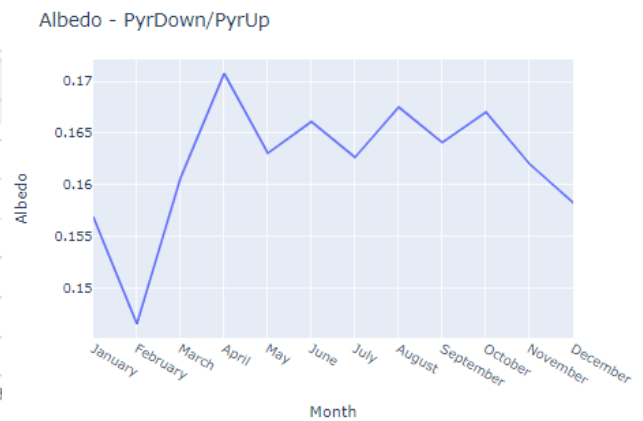


Figure 14: Albedo agregado mensual.

4.4 Análisis

Realizamos la comparativa de los resultados presentados anteriormente para el periodo 2018-2021 frente al año TMY, calculando las respectivas desviaciones.

4.4.1 Radiancia

La figura 15 nos muestra el acumulado mensual de la serie temporal frente al acumulado TMY, donde podemos observar que siguen una tendencia similar al TMY (línea azul), presentando desviaciones en ciertos meses, p.e. mayo. El área amarilla indica los máximos y mínimos de radiación obtenidos para cada mes de la serie temporal 2005-2015 de PVGIS, mientras que el área verde se corresponde con la desviación estándar. Los resultados para la desviación estándar se presentan en la tabla 7, mostrada en porcentaje, para cada año con respecto al de referencia y la figura 16 muestra la desviación tota.

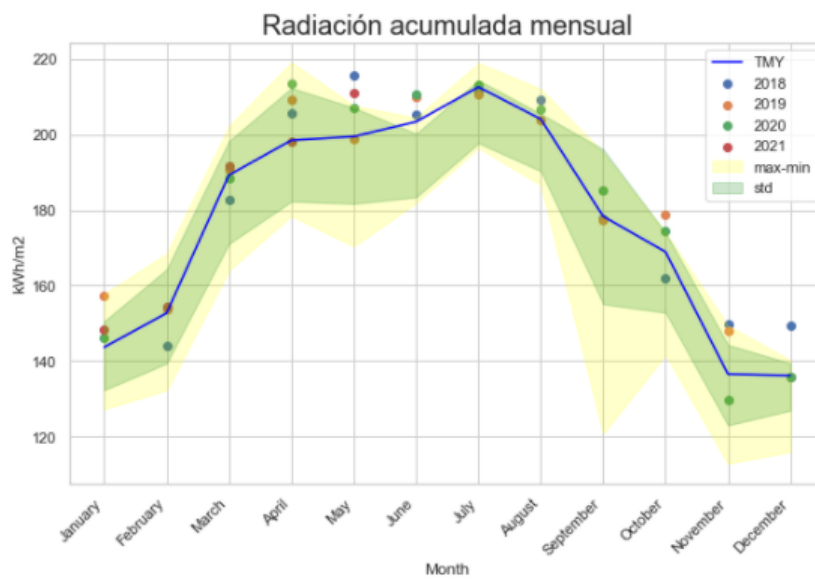


Figure 15: Radiación acumulada mensualmente 2018-2021 y TMY.

Table 7: Desviación estándar de la radiación para cada mes con respecto el año de referencia (%).

Month	2018	2019	2020	2021
1		4,750521	0,924081	1,65297
2	2,810688	0,312252		0,574816
3	1,748786	0,401256	0,192485	0,624975
4	1,808954	2,704259	3,768764	0,056619
5	4,019155	0,113141	1,917739	2,92042
6	0,497903	1,649345	1,814122	
7	0,247081	0,479611	0,129149	
8	1,250848	0,020389	0,655738	
9	0,187097	0,262571	1,882341	
10	2,007389	2,873183	1,669261	
11	4,88306	4,136856	2,527779	
12	4,825854	0,16139	0,172385	

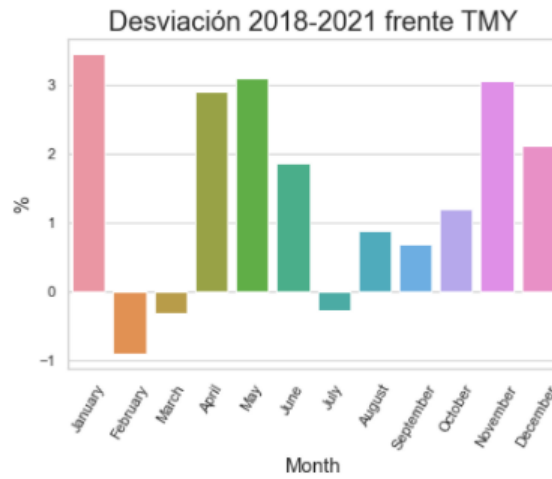


Figure 16: Desviación (%) radiación acumulada mensualmente 2018-2021 y TMY.

4.4.2 Temperatura

La figura 17 muestra la comparativa del promedio de temperatura del TMY frente a la serie temporal. El área gris indica los intervalos de temperatura máxima y mínima obtenidos para la serie temporal 2005-2015 PVGIS, mientras que el área verde indica la desviación estándar. La línea azul se corresponde con el TMY. Se observa que se obtienen temperaturas inferiores para los datos de campo.

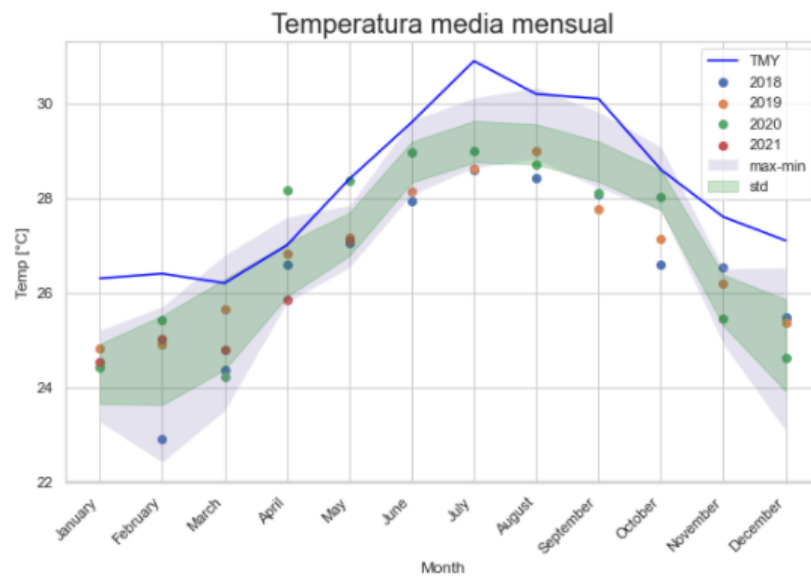


Figure 17: Temperatura media mensual 2018-2021 y TMY.

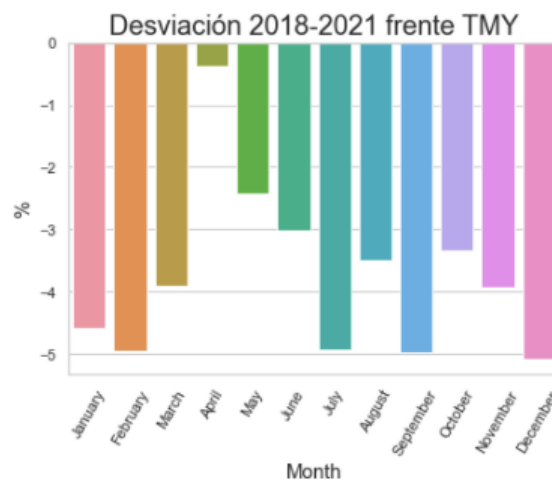


Figure 18: Desviación (%) temperatura media mensual 2018-2021 y TMY.

Table 8: Desviación estándar de la temperatura para cada mes con respecto el año de referencia (%).

Month	2018	2019	2020	2021
1		2,806857	3,575597	0,881551
2	6,629555	2,847969	1,883039	0,69192
3	3,513458	1,052283	3,783804	0,703491
4	0,751355	0,341296	2,174153	0,572218
5	2,386076	2,169569	0,034476	0,641327
6	2,826629	2,488239	1,06218	
7	3,710098	3,679313	3,076032	
8	2,949991	1,972931	2,46336	
9	3,367407	3,885248	3,303371	
10	3,508383	2,543337	1,019248	
11	1,903461	2,528329	3,913997	
12	3,014784	3,190595	4,559547	