



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**

Universidad de Sonora
Departemnto de Ciencias exactas y Naturales, Lic. en
Física
TENSORES II

Introducción a la física moderna I

José Alberto Medina Campuzano
pepe88beto@hotmail.com

05 Mayo 2019

1. Introudcción

La Evapotranspiración de referencia ET_0 , es uno de los parámetros mas importantes en los estudios hidrológicos, ambientales y agrícolas y juega un papel muy importante en los proyectos de manejo de irrigación y uso de agua en la agricultura. La ET_0 es estimada por diversos métodos: utilizando lisímetros, sistemas de covariancias turbulentas o utilizando métodos indirectos utilizando variables climáticas.

El requerimiento de conocer un conjunto de valores de las variables climáticas ha sido una de las limitantes de la aplicación de la Ecuación de Penman-Monteith. Por ello se han desarrollado toda una serie de ecuaciones para el cálculo alternativo de la ET_0 bajo diversas condiciones climáticas. En esta actividad nos daremos la tarea de evaluar cuáles son las mejores alternativas de la ecuación de Penman-Monteith para una región climática como la nuestra (zona semiárida seca).

2. Desarrollo:

Una vez familiarizados con el artículo de K. Djaman y el reporte 56 de la FAO, trataremos de aplicar los principales resultados de ese estudio y haremos un contraste con los datos que tenemos

del viñedo ubicado cerca de Hermosillo. Se nos proporciona información del viñedo, dichas como: Latitud 28° 55.117' N, Longitud 111° 18.638' W, altitud 101m. Estos datos serán usados más adelante.

El desarrollo de este proyecto se basa en tres puntos generales.

2.1. Parte 1:

En la primer parte se pide hacer una tabal de promedios mensuales como la mencionada en el articulo de Djaman.

De los siguientes datos.

Latitud (° N)

Longitud (° O)

Elevación (m)

Velocidad del Viento ($WS_{ms} s_{SW} VT$ en m/s)

Tmax (Max de $AirTC_{Avg}$ en °C)

Tmin (Min de $AirTC_{Avg}$ en °C)

RHmax (Max de RH en porcentaje)

RHmin (Min de RH en porcentaje)

RHmean (Promedio de RH en porcenatje)

Rs (Radiación neta Rn_{Avg} en MJ/m²/día)

Para finalizar esta parte también se pide 3 gráficas, con las variaciones mensuales de: Temperaturas, Humedad Relativa y Radiación Solar.

Comenzamos leyyendo los datos, guardandolos en nuestro Data Frame. Seguido de juntar las columnas de "Date" y "tiempo". En una columna llamada "FECHA", la pasamos a variable fecha.

Para poder manejarla. Mediante un comando soltamos todos los renglones donde contienen nan, es decir que esten vacíos. Luego creamos columnas para el año, mes, día, hora. Esto lo hacemos porque queremos sacar el promedio de estos datos al mes.

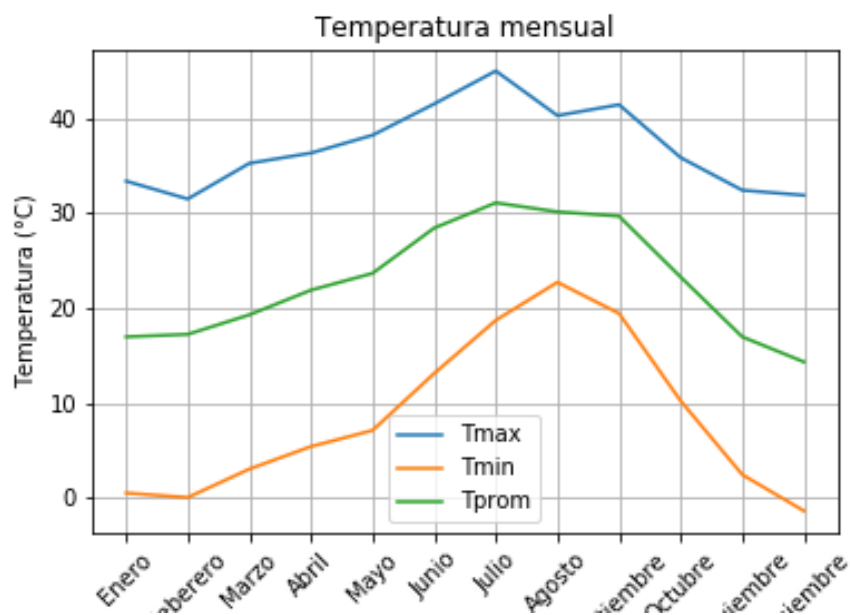
Asi que creamos otro dataframe donde guardamos los promedios mensuales, usados mediante:

```
df2=pd.DataFrame({
    "vel_prom":df1.groupby(['AÑO','MES'])["WS_ms_S_WVT"].mean(),
    "Tmax":df1.groupby(['AÑO','MES'])["AirTC_Avg"].max(),
    "Tmin":df1.groupby(['AÑO','MES'])["AirTC_Avg"].min(),
    "Tprom":df1.groupby(['AÑO','MES'])["AirTC_Avg"].mean(),
    "RHmax":df1.groupby(['AÑO','MES'])["RH"].max(),
    "RHmin":df1.groupby(['AÑO','MES'])["RH"].min(),
    "RHprom":df1.groupby(['AÑO','MES'])["RH"].mean(),
    "Rs":df1.groupby(['AÑO','MES'])["Rn_Avg"].mean()
})
```

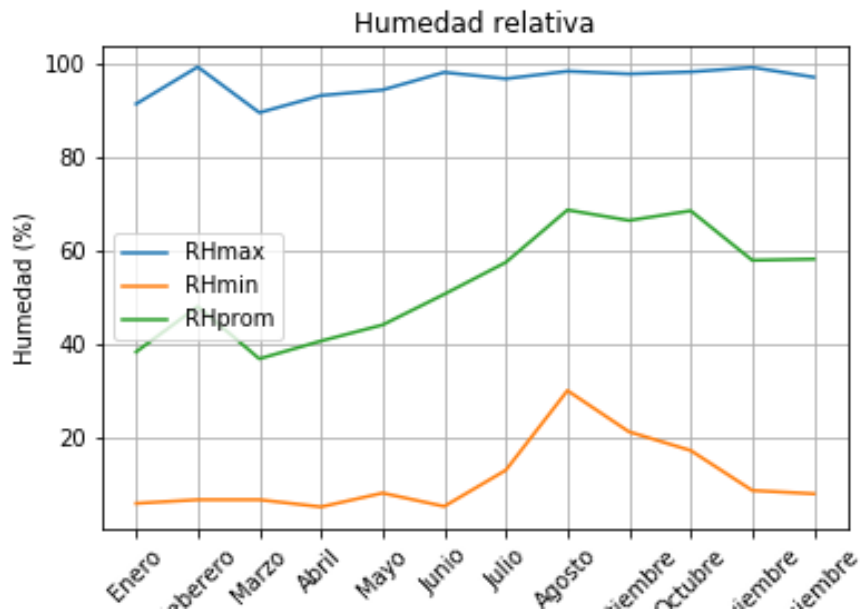
Se creó tres arreglos, del mismo tamaño al dataframe de los datos. donde guardaremos los valores de la latitud, longitud y altitud. Para ponerlo en nuestra tabla.

vel_prom	Tmax	Tmin	Tprom	RHmax	RHmin	RHprom	Rs	latitud	longitud	altitud	MES
1.944333	33.35	0.54	16.971598	91.60	5.98	38.450544	34.802554	0.504725	1.942737	101	Enero
1.964189	31.47	0.07	17.230275	99.53	6.76	48.168006	56.250350	0.504725	1.942737	101	Febrero
1.926196	35.22	3.06	19.282359	89.73	6.76	36.968353	92.894913	0.504725	1.942737	101	Marzo
2.101812	36.30	5.43	21.880618	93.40	5.23	40.785667	134.012965	0.504725	1.942737	101	Abril
2.113918	38.18	7.13	23.650034	94.60	8.19	44.233468	162.405343	0.504725	1.942737	101	Mayo
2.154986	41.47	13.12	28.416187	98.37	5.34	50.810507	163.926069	0.504725	1.942737	101	Junio
2.022204	44.94	18.71	31.065726	97.00	13.10	57.639805	157.534402	0.504725	1.942737	101	Julio
1.910853	40.24	22.71	30.120894	98.60	30.16	68.868454	151.273589	0.504725	1.942737	101	Agosto
1.790326	41.39	19.43	29.661271	98.03	21.32	66.619750	136.749910	0.504725	1.942737	101	Septiembre
1.664435	35.82	10.23	23.254207	98.47	17.32	68.696082	95.513468	0.504725	1.942737	101	Octubre
1.498097	32.39	2.47	16.966396	99.43	8.75	58.085458	60.384285	0.504725	1.942737	101	Noviembre
1.628730	31.86	-1.34	14.332823	97.33	8.04	58.333938	44.962366	0.504725	1.942737	101	Diciembre

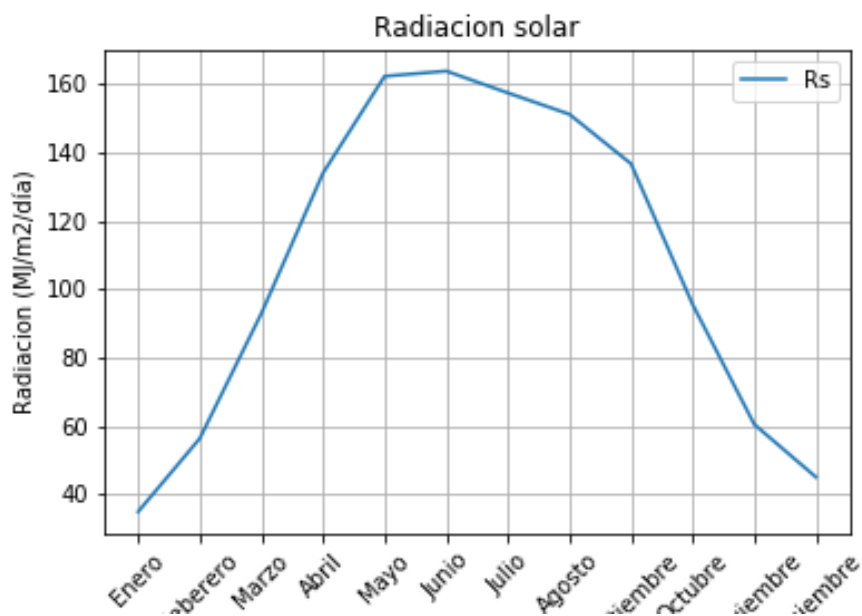
Ahora se nos pide hacer las gráficas.



Aquí se representa la temperatura máxima, en azul, la temperatura promedio en verde y la temperatura mínima mensual. Como se observa la temperatura promedio se mantuvo entre los 15 y 35 grados.



En la gráfica de humedad relativa podemos observar como la humedad relativa promedio se mantiene entre el 40 % o el 70 %.



En este caso miramos que en los meses más calurosos es donde existe la mayor cantidad de radiación. Llegando hasta los 160 en junio mientras que en los meses más fríos como enero o diciembre llegan hasta 40.

Con esto terminamos la primera parte.

2.2. Evapotranspiración ET_0

Con la tabla de valores obtenida, vamos a estimar la evapotranspiración ET_0 mensual promedio, utilizando las ecuaciones de los siguientes 3 autores que aparecen en el artículo de K. Djaman:

Ec 7, Jansen Haise (1963)

$$ET_0 = (0,0252T + 0,078)Rs \quad (1)$$

Ec. 31, Valiantzas 1 (2012): ϕ es la latitud en radianes

$$ET_0 = 0,0393Rs(Tmean + 9,5)^{0,5} - 0,19^{0,6}\phi^{0,15} + 0,0061(Tmean + 20)(Tmean - Tmin - 2)^{0,7}$$

Ec. 32, Valiantzas 4 (2013): es el albedo ($Albedo_{Avg}$), Ra es la radiación solar en la parte alta de la atmósfera (ver ecuación 21, página 46 del Reporte FAO 56), $u2$ es la velocidad del viento a 2 m de altura ($WS_{msw}VT$), z es la altura sobre el nivel mar.

$$ET_0 = 0,051(1 - \alpha)Rs(Tmean + 9,5)^{0,5} - 2,4(Rs/Ra)^2 + 0,048(Tmean + 20)(1 - RH/100)(0,5 + ,536u2) + ,00012z$$

La parte complicada de esta sección es de que para resolver una ecuación tienes que buscar muchos otros parametros. y asi fue. Se consiguió este objetivo mediante el uso de funciones.

```
def d(J):
    return 1+0.033*np.cos(2/365*np.pi*J)

def delta(J):
    return 0.409*np.sin(2*np.pi/365*J - 1.39)

def w(s):
    return np.arccos(-1*np.tan(lat)*np.tan(delta(s)))

def Ra(j):
    return 24*60/np.pi*(0.082)*d(j)*(w(j)*np.sin(lat)*np.sin(delta(j)) + np.cos(lat)*np.

def JH(t,rs):
    return (0.0252*t + 0.078) * rs

def val1(rs,tmean,phi,tmin):
    return (0.0393*rs*(tmean + 9.5)**(0.5) - 0.19*rs**(0.6) * phi**(0.15) +
            0.0061*(tmean + 20)*(1.12*tmean - tmin - 2)**(0.7))

def val4(a,rs,tmean,dia,rh,u2,z): #u2 es la velocidad
    return (0.051*(1-a)*rs*(tmean + 9.5)**(0.5) - 2.4*(rs/Ra(dia))**2 +
            0.048*(tmean + 20)*(1 - rh/100)*(0.5 + 0.536*u2) + 0.00012*z)
```

Como ya se tiene los datos promediados mensualmente solo es cuestion de usar las ecuaciones y guardarlos en arreglos para luego unirlos a nuestro dataframe.

```
ET1=[]
ET2=[]
ET3=[]
phi0=lat
z0=alt
```

```

for i in df5.index:
    ET1.append( JH(df5["Tprom"][i],df5["Rs"][i]))
    ET2.append( val1(df5["Rs"][i],df5["Tprom"][i],phi0,df5["Tmin"][i]))
    ET3.append( val4(df5["albedo_Avg"][i],df5["Rs"][i],df5["Tprom"][i],i+7,df5["RHprom"]

```

Donde hacemos el for desde i hasta la cantidad de índices que tiene el dataframe. para valor i-esímo lo mandamos a la función para calcular el ET y así guardamos ese valor en los arreglos.

Después de calcular los ET's sacamos los promedios mensuales. y listo.

2.3. Balance de Energía

En esta parte utilizaremos el archivo de datos de flujos.

A través de un Balance de Energía también es posible determinar la fracción de Evapotranspiración o Calor Latente λET mediante la ecuación:

$$R_n - G - \lambda ET - H = 0$$

Para este último inciso tuvimos que leer el otro documento, el problema que nos enfrentamos fue de que tenía una columna con los años y una con los días del año. así que se usó un comando para crear una columna fecha.

```
DATA=(np.asarray(dg['Year'], dtype='datetime64[Y]'))+(np.asarray(dg['DoY'], dtype='t

```

Ya con esta variable se es capaz de crear una columna para los meses, hecho así seleccionamos los datos de un mes. Se vio la necesidad de pasar los datos a numeric. Sacamos el promedio por hora, se tiraron los renglones que se repetían y así nos quedó un dataframe con 48 datos. Los datos que se usaron para este balance de energía es el calor calor latente, calor sensible y la radiación neta. y el resultado es:

