

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E  
INGENIERÍAS



LABORATORIO DE FÍSICA I  
I6006,

---

PROYECTO

---

Presenta:

Calderón Andalón Edgardo  
Marmolejo Rivas Lourdes Michel  
Reyes Bernal Jocelyn Guadalupe

Profesora:

Ortíz Bañuelos Alma Delia

2020B

# Detección de tormentas eléctricas severas por el Radar Doppler en Agosto de 2017 y su relación con las zonas de mayor temperatura de la Isla de calor del Área Metropolitana de Guadalajara

Marmolejo Rivas Lourdes Michel \* Reyes Bernal Jocelyn Guadalupe \* Calderón Andalón Edgardo \*

*Licenciatura en Física, CUCEI, Universidad de Guadalajara. Departamento de Física. Av. Revolución 1500, S.R. C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México.*

\*lourdes.marmolejo4848@alumnos.udg.mx

\*jocelyn.reyes2966@alumnos.udg.mx

edgardo.calderon@alumnos.udg.mx

---

## Resumen

El siguiente trabajo es el resultado de la aplicación del conocimiento obtenido en el laboratorio de física, mediante la identificación de tormentas locales severas con el radar Doppler meteorológico y su validación mediante la red de estaciones meteorológicas del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), imágenes de satélite, mapas meteorológicos y bitácoras proporcionadas por el IAM del mes de agosto del 2017, así como referencias brindadas por el Posgrado en Hidrometeorología para el estudio del comportamiento de las zonas de mayor temperatura de la isla de calor en dicha zona urbana, donde en conjunto con la información del radar y los datos de la bitácora, se observó que coinciden con las regiones donde se forman las tormentas locales severas.

---

## 1. Introducción

Una tormenta es un sistema atmosférico local con un cumulonimbo que produce rayos, truenos, vientos racheados, lluvias fuertes y en ocasiones, granizo. Esto último, es lo que caracteriza a una tormenta local severa, según los diversos autores de los cursos de MetEd. (3)

Según la definición del NWS, se consideran severas las tormentas que producen tornados, vientos de  $25 \text{ m s}^{-1}$  (50 kt) o más o granizo de un diámetro mínimo de 25 mm. Las condiciones que conducen a la formación de tormentas severas son las siguientes:

- Los tornados violentos requieren una corriente ascendente muy intensa (CAPE alta) y mucha cizalladura del viento en niveles bajos, algo común en los entornos marcados por fuertes gradientes de temperatura y humedad, como los frentes.
- Típicamente, los vientos de superficie en línea recta que causan daños son provocados por el aire que desciende de una capa seca en la troposfera media a baja. La capa seca estimula la fusión y el enfriamiento evaporativo de los hidrometeoros, lo cual acelera el descenso y produce vientos intensos en la superficie. La presencia de mucha cizalladura en los niveles bajos también genera vientos fuertes.

- El granizo se forma en ambientes que producen intensas corrientes ascendentes (CAPE alta) y agua sobreenfriada. Cuando las gotitas de agua transportadas a mayor altura alcanzan el nivel de congelación, se hielan; cuando al caer atraviesan un nivel por debajo de la isoterma cero, comienzan a fundirse, pero si se las lleva otra corriente ascendente, las gotitas semicongeladas vuelven a pasar por el mismo ciclo y adquieren otra capa de hielo. Con la reiteración de este ciclo en una corriente ascendente (o si dicha corriente ascendente contiene abundante agua sobreenfriada), el granizo puede crecer hasta alcanzar las dimensiones de la definición de tiempo severo. Cuanto más elevado sea el nivel de equilibrio en un sondeo —es decir, cuanto más alta sea la tormenta—, tanto mayor será la probabilidad de que se formen pedriscos grandes.

Por lo anterior, en este documento se analizarán datos que nos brindó el Instituto de Astronomía y Meteorología (IAM), a través del Radar Doppler. De esta manera se examinarán e identificarán tormentas locales severas en el área metropolitana de Guadalajara así como su relación con las zonas de mayor temperatura de las islas durante el mes de agosto del año 2017. Se encontraron lluvias moderadas a fuertes los días, 6, 19, 20 y 26. Del mes mencionado anteriormente. Estos días son los que se tomarán en cuenta para el análisis de tormentas locales severas.

## 2. Objetivos

Durante el desarrollo de este trabajo se buscará:

- Poner en práctica los conocimientos aprendidos durante el semestre para identificar una tormenta eléctrica severa.
- Detectar tormentas eléctricas severas mediante el Radar Doppler en el mes de agosto de 2017.
- Validar si relación de las formación de tormentas severas en el AMG con las zonas de mayor temperatura en la islas de calor de la zona urbana.

## 3. Marco teórico

Un radar Doppler es una herramienta que usa el efecto Doppler en los ecos de retorno de blancos para medir su velocidad radial, es decir que la señal de microonda enviada por el haz direccional en la antena de radar se refleja hacia éste y se comparan las frecuencias, arriba o abajo desde la señal original, permitiendo mediciones directas y altamente seguras de componentes de velocidades de blancos, en la dirección del haz. Por lo que tiene una gran relevancia en la meteorología, ya que les permite a los profesionales de esta rama de la física determinar la dinámica de una nube, con lo cual pueden conocer dónde esta lloviendo y hacia donde se dirige la tormenta.

## Interpretación de imágenes de radar meteorológico

La base del funcionamiento del radar consiste en enviar un pulso de ondas electromagnéticas (microondas) de alta potencia para luego recibir los ecos reflejados en los objetos que están ubicados en la trayectoria del angosto haz de emisión, el tiempo transcurrido entre la emisión del pulso de radiofrecuencia y la recepción del eco da una dimensión de la distancia de la antena al blanco. A diferencia de los radares de tránsito aéreo que están orientados a la detección de objetos puntuales como son las aeronaves, los radares meteorológicos están adaptados a la detección de objetos extensos y difusos como formaciones de gotas de lluvia o de granizo (7).

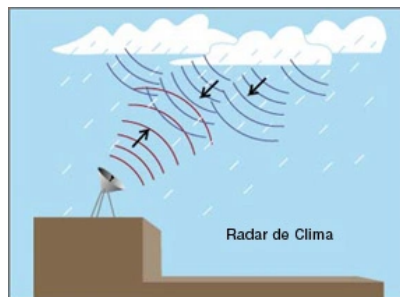


Figura 1: Radar meteorológico. Fuente: <https://loschispasalesianos.wordpress.com/meteorologia-3/>

Estos ecos, proveniente del reflejo sobre los blancos detectados, son analizados de acuerdo con sus intensidades para establecer los índices de precipitaciones del volumen explorado. Donde la longitud de onda utilizada (1 a 10 cm) asegura que el reflejo será proporcional al índice, dado que está en el rango de la dispersión de Rayleigh, que indica que los blancos deben ser mucho más pequeños que la longitud de onda con la cual se explora. De tal forma que la intensidad de los ecos se mide en una escala logarítmica, expresada en “dBZ” que es una medida de la potencia reflejada en cada punto (8). Dicha escala representa la intensidad de eco (dBz) y nos permite saber el tipo de lluvia que estamos analizando: los tonos celestes están asociados habitualmente a lluvias ligeras, los verdes de lluvias ligeras a moderadas, los amarillos serían lluvias moderadas a fuertes y los rojos son tormentas de fuerte intensidad. El tono blancos corresponde a la presencia de granizo en algún punto de la nube.

## Islas de calor

Es una situación urbana, de acumulación de calor por la inmensa mole de hormigón, y demás materiales absorbentes de calor; y atmosférica que se da en situaciones de estabilidad por la acción de un anticiclón térmico. Se presenta en las grandes ciudades y consiste en la dificultad de la disipación del calor durante las horas nocturnas, cuando las áreas no urbanas, se enfrían notablemente por la falta de acumulación de calor. El centro urbano, donde los edificios y el asfalto desprenden por la noche el calor acumulado durante el día, provoca vientos locales desde el exterior hacia el interior.(4)

**Factores que promueven el desarrollo de islas de calor:**

- Existen numerosos elementos que desprenden calor en el centro de las ciudades. Los sistemas de climatización, los coches, las luces; especialmente concentrados en los núcleos urbanos, calientan el aire de los centros urbanos mucho más que en las afueras.
- Los materiales que se utilizan para construir en las ciudades (asfalto, cemento, etc.) lo favorecen. Por la noche estos materiales se desprenden muy lentamente de calor que captan durante el día, lo que aumenta las temperaturas nocturnas. Algo que no sucede en las áreas más rurales que rodean las ciudades, donde abunda la tierra que tiene la capacidad de perder el calor más rápidamente

## 4. Desarrollo y Resultados

La zona analizada fue el Área Metropolitana de Guadalajara, la cual está conformada por ocho municipios: San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos y Guadalajara, tal y como se muestra en el siguiente mapa (10):



Figura 2: Mapa de AMG. Fuente: <https://zonaguadalajara.com/zona-metropolitana-de-guadalajara/>

En dicha ubicación, durante los días 6, 19, 20 y 26 de agosto del 2017 se encontraron eventos fuertes de lluvia. Cuyos gráficos (figuras mostradas a continuación) fueron reproducidos en octave, el cual es un lenguaje de alto nivel para realizar cálculos numéricos en el ordenador, y también es un programa capaz de interpretar este lenguaje y realizar los cálculos. Octave ofrece una interfaz de usuario interactiva, orientada a línea de comandos.

Cabe destacar que se espera que los gráficos obtenidos, a través de dicho software cumplan con las observaciones planteadas al inicio de cada fecha.

### 4.1. Fecha: 6 de agosto del 2017

Se registró lluvia moderada a fuerte en Cd. Granja Zapopan. Y a lo largo del día hubo humedad y un cielo despejado con intervalos nubosos con temperaturas que se consideran calientes, como se muestra en la Tabla 1.

Parámetro	Datos obtenidos
Temperatura	23.5
Temperatura máx.	30.8
Temperatura mín.	16.5

Tabla 1: Datos del clima (06/08/2017). (5)

**Observaciones generales:** Según los datos del radar alrededor de las 23 horas y 40 minutos se formó una nube al sur-este del centro de Guadalajara que llegó hasta el nivel amarillo en su centro. Además de que duró hasta unos minutos del día 07; por lo que se clasificó como una tormenta severa. Cabe mencionar que según pasó del tiempo la nube se desplazó hacia el sur.

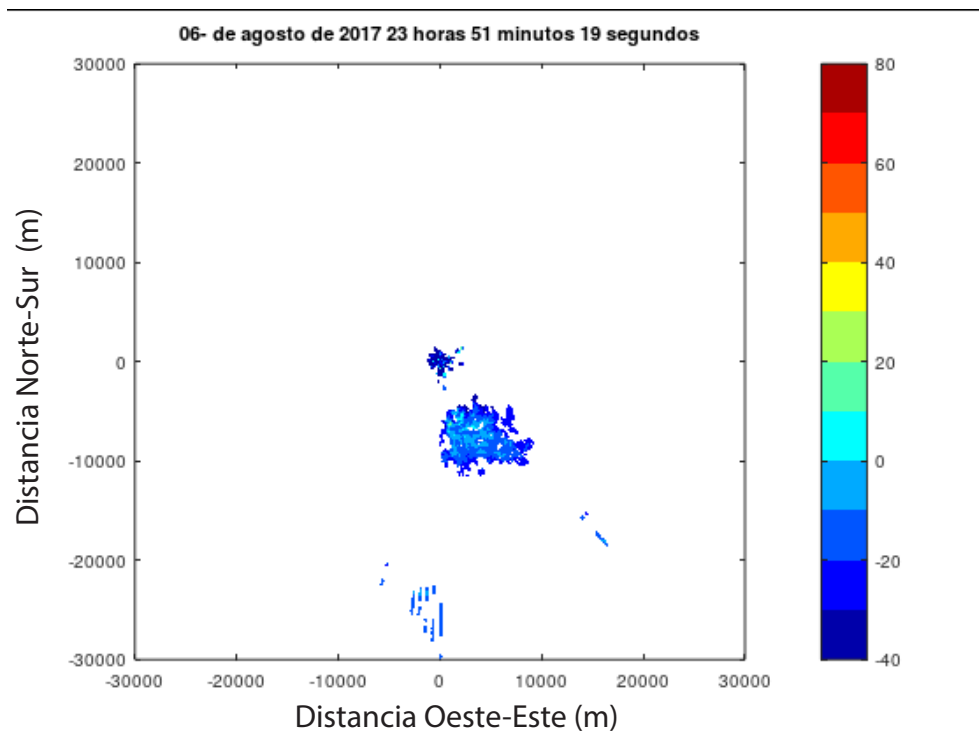


Figura 3: Imagen generada automáticamente del día 06 de agosto del 2017 a las 23:51 hora UTC.

#### 4.2. Fecha: 19 de agosto del 2017

Se registró lluvia ligera a moderada en Zapopan, fuerte en Bugambillas, ligera a moderada sobre Tlaquepaque, Tlajomulco y Zapopan.

Generalidades: Continuó el temporal irregular.

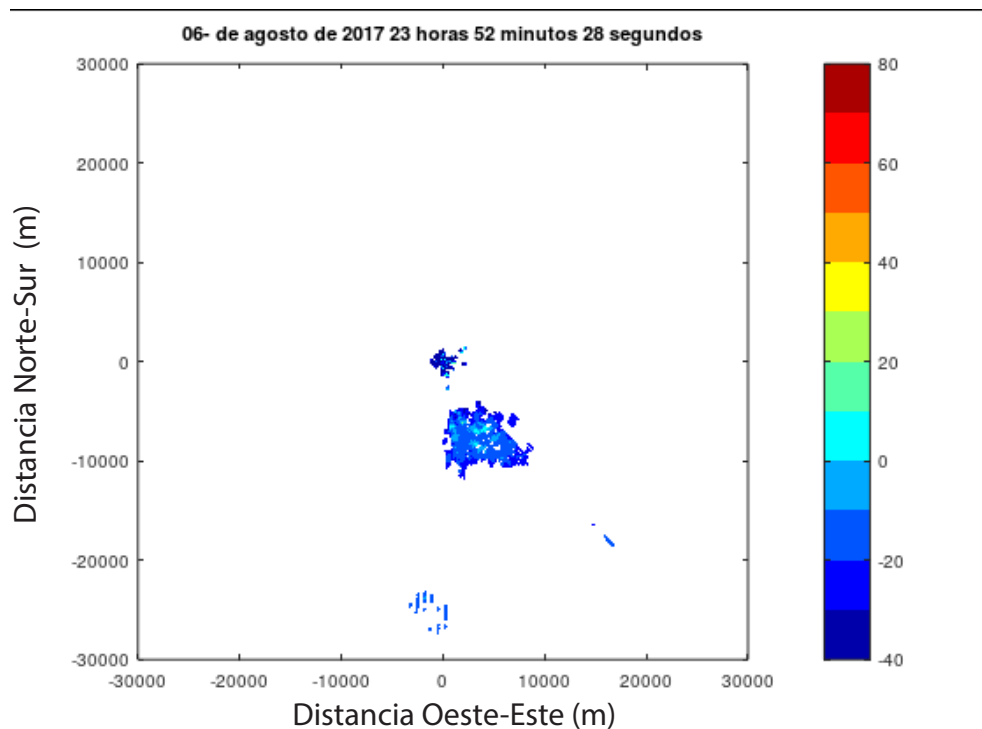


Figura 4: Imagen generada automáticamente del día 06 de agosto del 2017 a las 23:52 hora UTC.

Parámetro	Datos obtenidos
Temperatura	23
Temperatura máx.	29.2
Temperatura mín.	17.6

Tabla 2: Datos del clima (19/08/2017).(5)

**Observaciones generales:** Cerca de la 23 horas con treinta minutos se registró la nube por el radar y posteriormente comenzó a llover en una zona muy cercana al centro histórico de GDL. Posteriormente se detectan nubes más pequeñas de lluvia igual de intensa un poco más al sur de la ciudad.

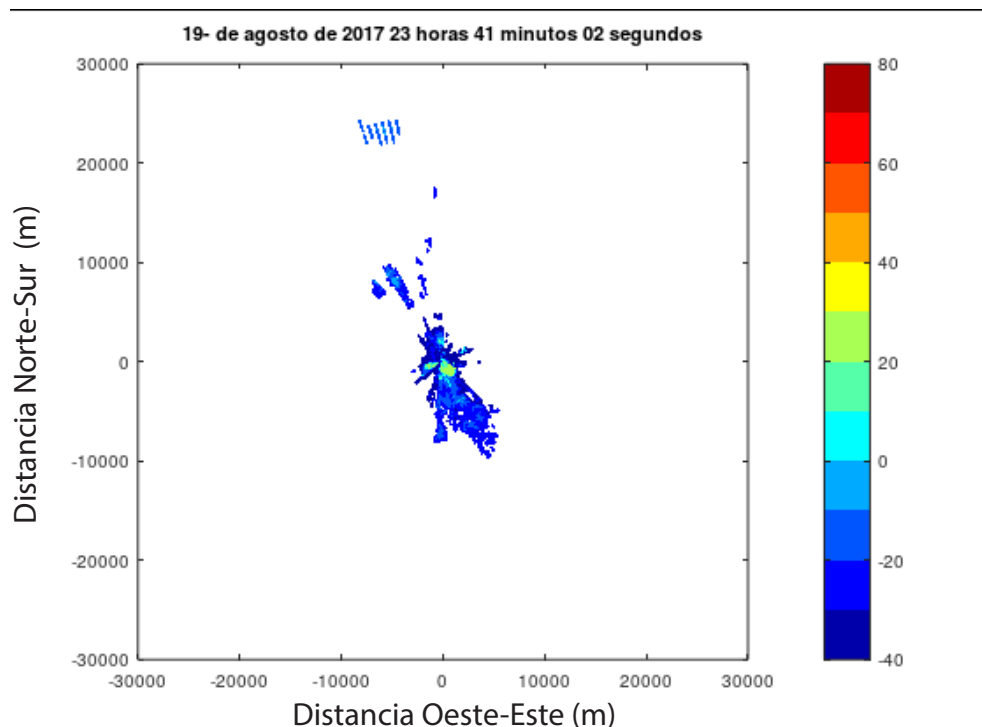


Figura 5: Imagen generada automáticamente del día 19 de agosto del 2017 a las 23:41 hora UTC.

### 4.3. Fecha: 20 de agosto del 2017

Durante la madrugada se registró la lluvia moderada a fuerte en la ZMG.  
 Generalidades: Continuó el temporal irregular.

Parámetro	Datos obtenidos
Temperatura	20.8
Temperatura máx.	25.7
Temperatura mín.	16

Tabla 3: Datos del clima (20/08/2017). (5)1

**Observaciones generales:** Alrededor de las cero horas con nueve minutos, el radar registró una lluvia moderada a fuerte en la ZMG que llegó a los niveles verdes e incluso al amarillo en el centro. Por lo cuál se clasificó como una tormenta local severa. Se dirigió así el sur en todo momento y parece ser que lluvia se disipó alrededor de la media hora de haber iniciado.



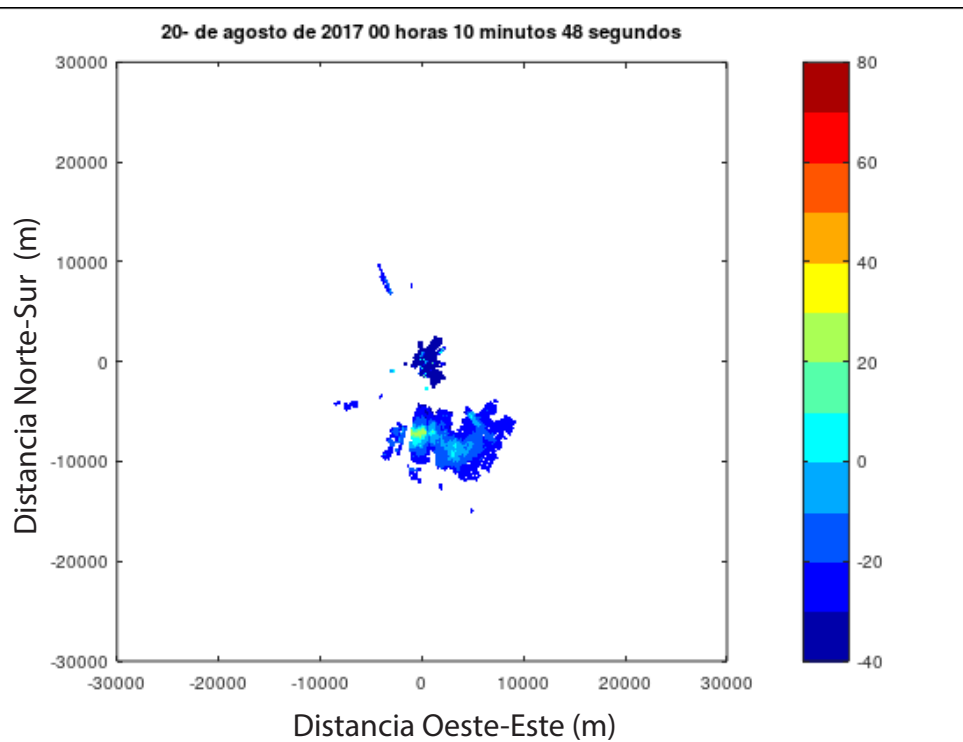


Figura 6: Imagen generada automáticamente del día 20 de agosto del 2017 a las 00:09 hora UTC.

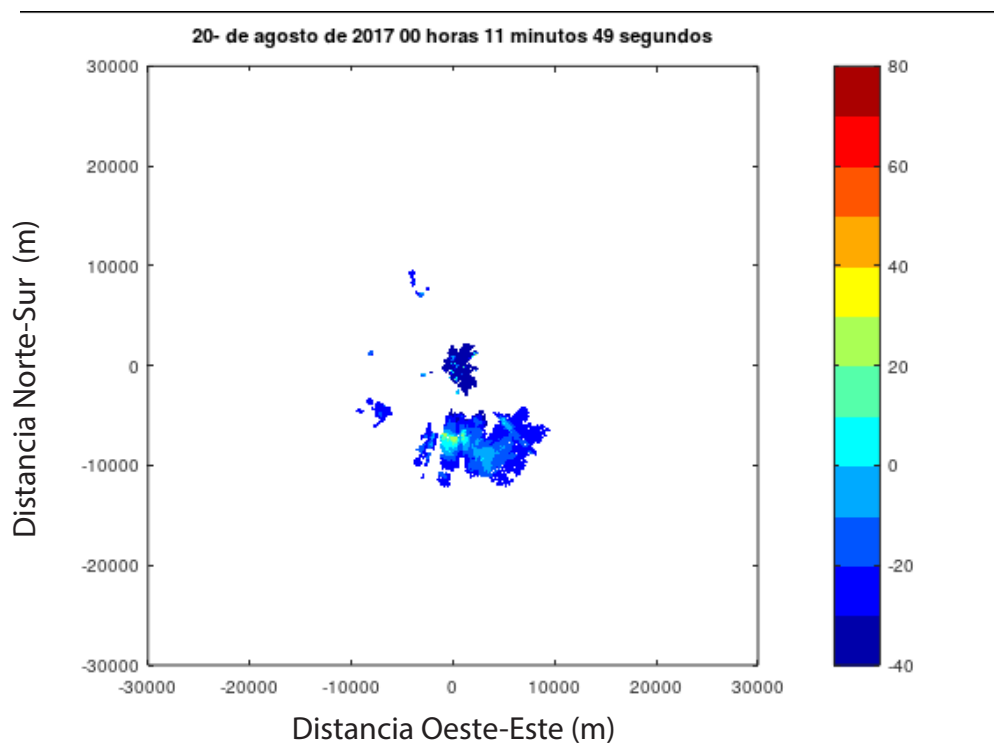


Figura 7: Imagen generada automáticamente del día 20 de agosto del 2017 a las 00:10 hora UTC.

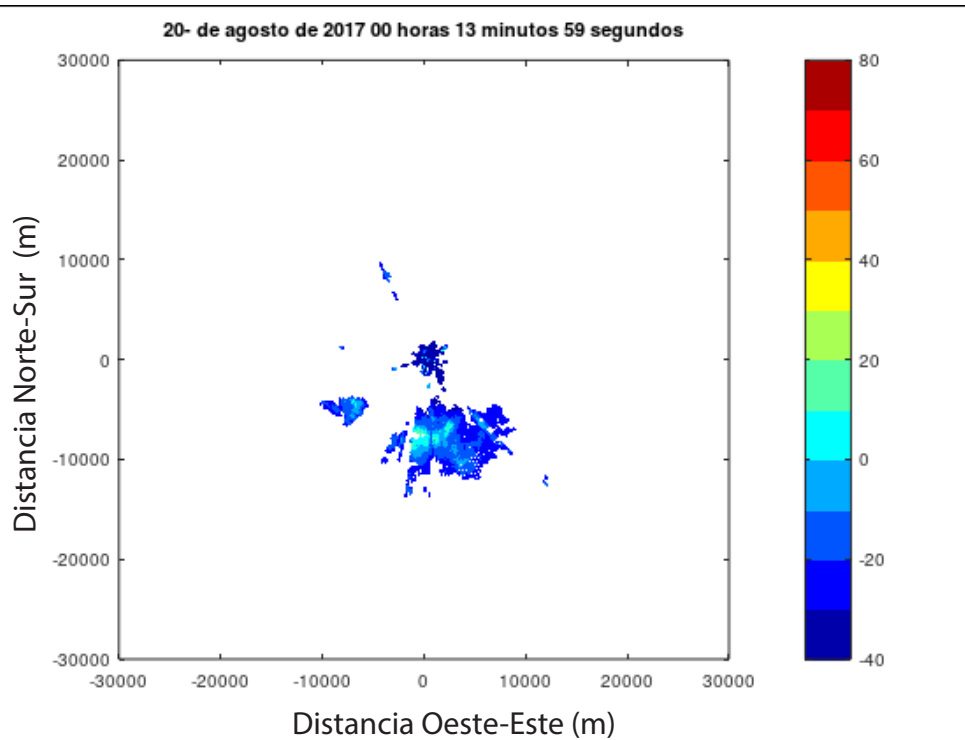


Figura 8: Imagen generada automáticamente del día 20 de agosto del 2017 a las 00:11 hora UTC.

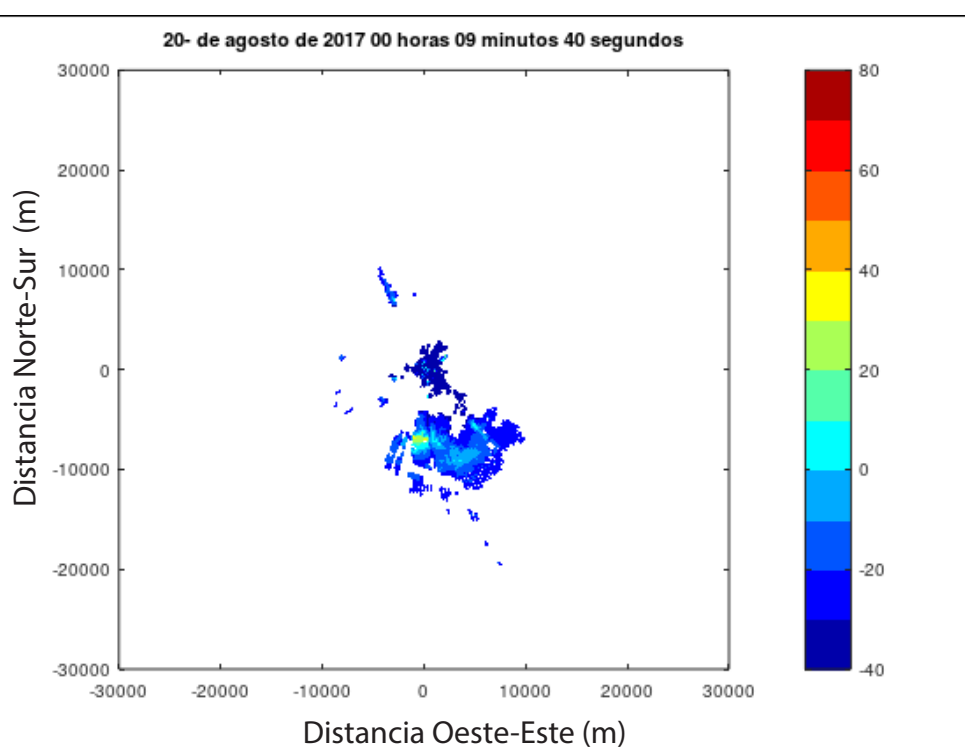


Figura 9: Imagen generada automáticamente del día 20 de agosto del 2017 a las 00:13 hora UTC.

#### 4.4. Fecha: 26 de agosto del 2017

Se registró lluvia moderada a fuerte en Zona Minerva. Fuerte y actividad eléctrica cerca de Basílica de Guadalupe, Zapopan. proveniente de Zapotlanejo e Ixtlahuacán del Rio.

Generalidades: Lluvia por onda Tropical

Parámetro	Datos obtenidos
Temperatura	21.2
Temperatura máx.	29.2
Temperatura mín.	16.7

Tabla 4: Datos del clima (26/08/2017). (5)

**Observaciones generales:** En los datos del radar se muestra una nube que se desarrolla rápidamente en la primera media hora del día, se mueve muy lentamente hacia el sur este. Pero alcanza los amarillos en algunos puntos dentro la escala establecida.

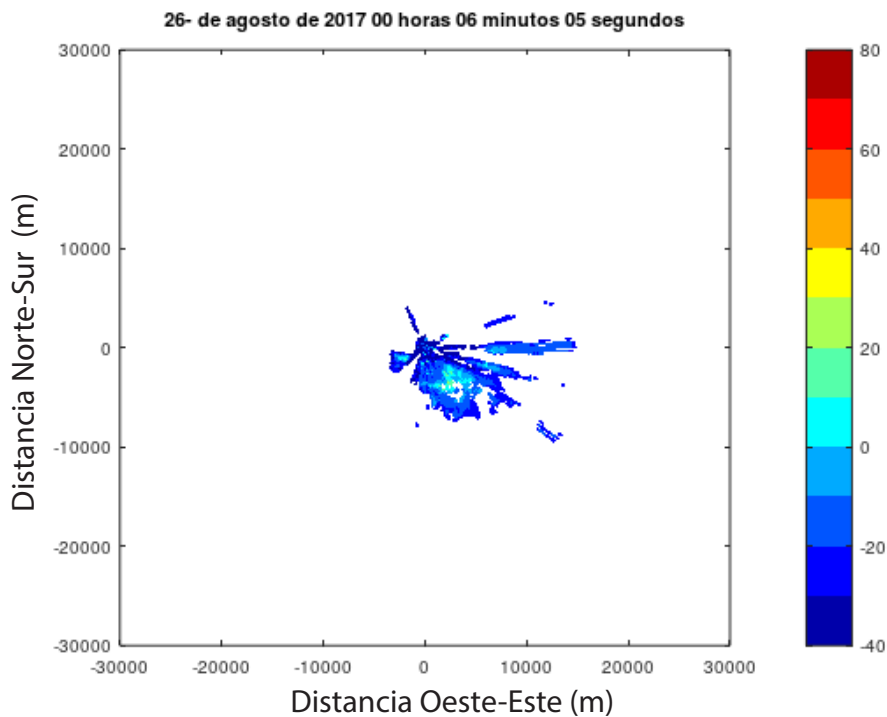


Figura 10: Imagen generada automáticamente del día 26 de agosto del 2017 a las 00:06 hora UTC.

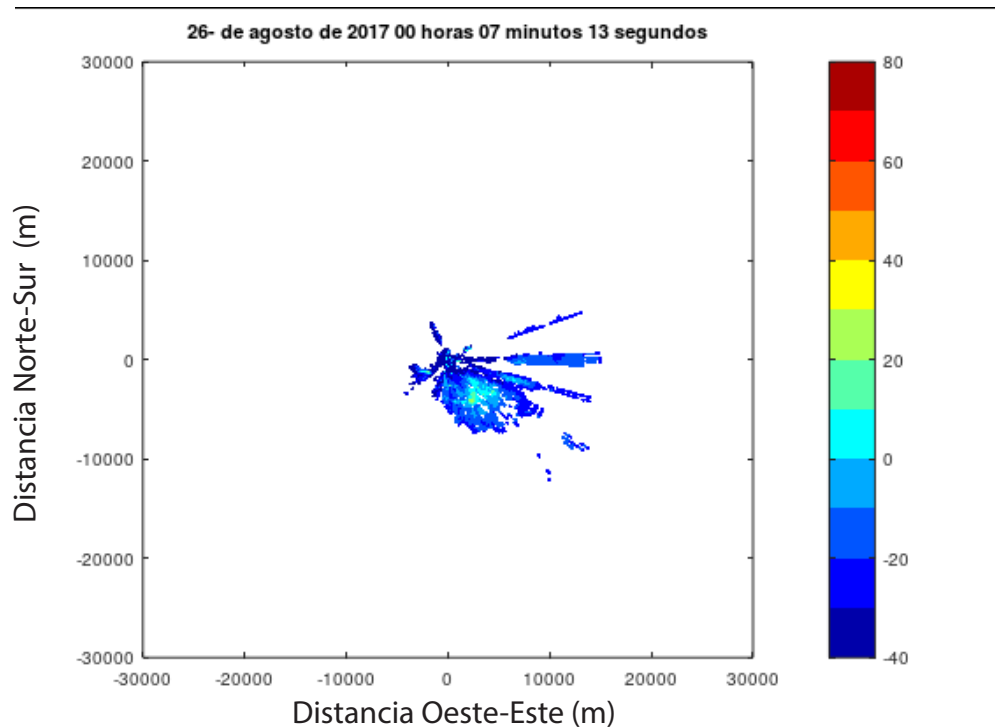


Figura 11: Imagen generada automáticamente del día 26 de agosto del 2017 a las 00:07 hora UTC.

#### 4.5. Islas de calor

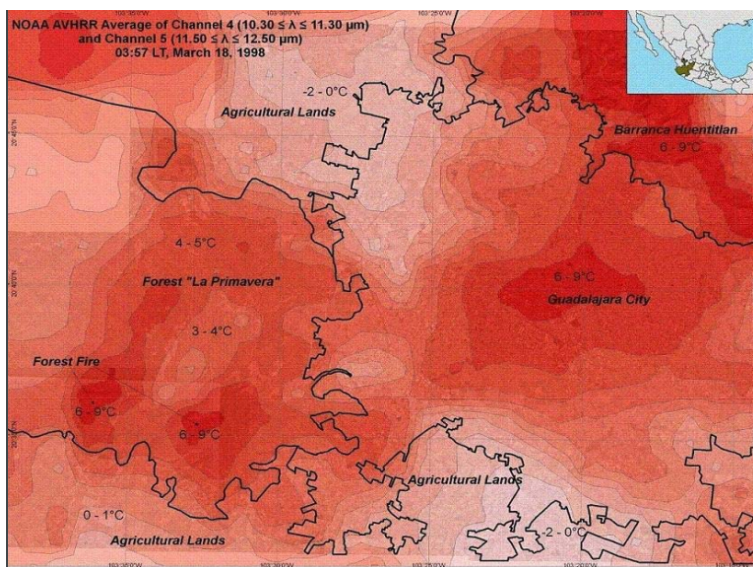


Figura 12: Mapa que muestra las zonas con mayor temperatura del AMG. Mapa tomado del trabajo del Doctor Ignacio Galindo del Primer Encuentro Académico CONAVI-CONACYT.

Observaciones generales: Los tonos rojos más oscuros; en la escala del mapa estos colores representan las zonas con mayor temperatura. Las zonas en las que se han registrado lluvias moderadas a fuertes los días 6, 19, 20 y 26 de agosto coinciden con las zonas de mayor temperatura. (Fig.12)

## 5. Conclusiones

Para concluir nos permitimos decir que los objetivos planteados al inicio de este documento se cumplieron de forma satisfactoria, debido a que para determinar los días que nos interesaban en el lapso del tiempo dado tuvimos que identificar las características de los eventos de interés en este estudio (tormentas). Asimismo, se desarrollaron habilidades de programación para poder reproducir los gráficos necesarios para dichos días y así, poder analizar su estado del tiempo. De tal forma que toda la teoría vista al inicio de este curso se pudo poner en práctica; por lo tanto, se pudo observar la importancia de la meteorología en la ciencia y en la vida cotidiana.

## Referencias

- [1] *Física Universitaria, volumen 2, undécima edición, Sears, Semansky, Young y Freedman, Addison Wesley, 2004.*
- [2] *Física, Parte II, primera edición, Halliday, David, Resnick, Halliday, C.E.C.S.A. 1979.*
- [3] *A.Laing, G.Byrd. Curso de Tormentas locales Severa Topicales y otros cursos a fin. MetEd. (s.f.). Recuperado de: [https://www.meted.ucar.edu/tropical/synoptic/local\\_storms\\_es/navmenu.php](https://www.meted.ucar.edu/tropical/synoptic/local_storms_es/navmenu.php)*
- [4] *Energéticos, R. S. (2017, 13 marzo). ¿Qué es el efecto isla de calor y cómo nos afecta? Recuperado de <https://remicaatencionalcliente.es/isla-de-calor-urbana/>*
- [5] *Colaboradores de TuTiempo.net, Recuperado de :<https://www.tutiempo.net/clima/2017/ws-766120.html>*
- [6] *Colaboradores de Wikipedia. (2020, 2 septiembre). Isla de calor. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Isla\\_de\\_calor](https://es.wikipedia.org/wiki/Isla_de_calor)*
- [7] *ESTACION METEOROLOGICA AUTOMATICA MARCA DAVIS. Recuperado de: [http : //www.aero.ing.unlp.edu.ar/meteorologia/ReferenciasRadar.html# :~: text = La %20intensidad %20de %20los %20ecos, lluvia %20en %20el %20volumen %20dado.](http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/meteorologia/ReferenciasRadar.html#text=La_intensidad_de_los_ecos_lluvia_en_el_volumen_dado)*
- [8] *Radar meteorológico. Wikipedia.org (5 de noviembre del 2020). Recuperado de: [https : //es.wikipedia.org/wiki/Radar\\_meteorol %C3 %B3gico](https://es.wikipedia.org/wiki/Radar_meteorol%C3%B3gico)*
- [9] *Efecto Doppler. Meteorología. Recuperado de: <https://loschispasalesianos.wordpress.com/meteorologia-3/>*
- [10] *Gobierno de Jalisco. Presentación. Recuperado de: <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/presentacion>*

## Anexo 1: Código para graficar

```
%Peque as instrucciones para hacer tus graficas.
%Colocar una copia de este programa en la carpeta con los
%archivos de datos del dia correspondiente
clear all
horaincial=1;%coloca la hora incial y final;
%ejemplo 185329 son las seis de la tarde
%con cicuenta y tres minutos
%y veintinueve segundos
horafinal=10;
%el dia debe ser en dos digitos seguido
%de un guion 03-, 24-, 10-
dia='05-';
%Se puede modificar para otros meses que no sean
%agosto pero no en este caso.
azul=1 ;%minimo de reflectividad
rojo=12 ;%maximo de reflectividad
'Comenzando a graficar'
co=colormap(jet(12));
rangc=[-100 -10:10:100];
tic
for i= horaincial:horafinal
    hora=num2str(i);
    if (i<=235959&&i>=100000)
        arv= strjoin({'MEX-201708',dia,hora,'-.mat'},'');
    elseif(i<=95959&&i>=10000)
        arv= strjoin({'MEX-201708',dia,'0',hora,'-.mat'},'');
    elseif(i<=5959&&i>=1000)
        arv= strjoin({'MEX-201708',dia,'00',hora,'-.mat'},'');
    elseif(i<=959&&i>=100)
        arv= strjoin({'MEX-201708',dia,'000',hora,'-.mat'},'');
    elseif(i<=59&&i>=10)
        arv= strjoin({'MEX-201708',dia,'0000',hora,'-.mat'},'');
    elseif(i<=9&&i>=1)
        arv= strjoin({'MEX-201708',dia,'00000',hora,'-.mat'},'');
    else
        arv = '0';
    endif

    %%Codigo chido para lab1 de fisica
    existe=exist(arv);
    if existe==2
        data=load(arv);
        data1=cell2mat(struct2cell(data));
        n=rows(data1);
        h=substr(arv,14,2);
```

```

m=substr(arv,16,2);
s=substr(arv,18,2);
mkdir (dia);
%%Codigo chido para lab1 de fisica
for j=1:n
    if j==n/2
        %%Codigo chido para lab1 de fisica
        endif
        N1(j)=data1(j,1);
        N2(j)=data1(j,2);
        Ree(j)=data1(j,3);
        %%Codigo chido para lab1 de fisica
        for k=azul:rojo
            if (Ree(j)<rangc(k+1)&& Ree(j)>rangc(k));
                plot (N1(j),N2(j),'.','color',[co(k,1),co(k,2),co(k,3)]);
            axis([-5000, 5000, -5000, 5000])
            hold on

                endif
            endfor
        endfor
        %%%% %%Codigo chido para lab1 de fisica
        %%%% %%Codigo chido para lab1 de fisica
        title(strjoin({dia,'de agosto de 2017',h,'horas',m,'minutos',s,
            'segundos'}))
        colorbar; caxis([-40,80])
        fname = fullfile (dia, sprintf ("img%06i.png", i));
        %%Codigo chido para lab1 de fisica
        imwrite (getframe (gcf).cdata, fname);
        hold off
    endif

endfor
toc

```