

CARACTERIZACIÓN Y TIPOLOGÍA DE EVENTOS DE “SURADAS” DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC AL CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Juan Matías MÉNDEZ PÉREZ¹, Jesús Javier RODRÍGUEZ DAMIÁN¹, y
Adalberto TEJEDA MARTÍNEZ¹

¹*Grupo de Climatología Aplicada de la Universidad Veracruzana. México*
jumendez@uv.mx, jesusjavier53@gmail.com, atejeda@uv.mx

RESUMEN

El estado de Veracruz (México), debido a su ubicación geográfica se ve afectado por fenómenos meteorológicos muy variados a lo largo del año, tales como sistemas tropicales (ondas y ciclones tropicales) en verano y sistemas frontales (frentes fríos y ciclones extratropicales) en invierno. La alta presión asociada a los sistemas frontales provoca un gradiente horizontal de presión, generando vientos intensos de componente norte en el litoral del Golfo de México, localmente conocidos como “Nortes”. Previo a su paso se observa una disminución de la presión atmosférica y humedad relativa, un incremento de temperatura, cielo mayormente despejado, y viento de componente sur. En el centro del estado de Veracruz, este viento cálido y relativamente seco se intensifica debido a la cadena montañosa. A este fenómeno se le conoce localmente como “surada”. En este trabajo se presenta una tipología y caracterización de los patrones sinópticos que dan origen a las “suradas”.

Palabras clave: “Suradas”, “Nortes”, Golfo de México, Golfo de Tehuantepec.

ABSTRACT

The state of Veracruz, due to its geographical location, is affected by very varied weather phenomena throughout the year, such as tropical systems (tropical waves and cyclones) in summer and frontal systems (cold fronts and extratropical cyclones) in winter. The high pressure associated with the frontal systems, causes a horizontal pressure gradient, generating intense winds of northern component in the coast of the Gulf of Mexico locally known as "Nortes". Prior to the passage of this phenomenon, there is a decrease in atmospheric pressure and relative humidity, an increase in temperature, a mostly clear sky, and a southerly wind. In the center of the state of Veracruz, this warm and relatively dry wind intensifies due to the mountain range. This phenomenon is locally known as "surada". This paper shows a typology and characterization of the synoptic patterns that give rise to the "suradas".

Key words: “Suradas”, “Nortes”, Gulf of Mexico, Gulf of Tehuantepec.

1. INTRODUCCIÓN

El estado de Veracruz se localiza al oriente de México, y comprende una franja larga que se extiende, aproximadamente, entre 16,8° y 22,8° N, por lo que una diversidad de fenómenos meteorológicos lo afectan a largo del año: los sistemas tropicales (ondas y ciclones tropicales) en verano, y sistemas frontales (frentes fríos y ciclones extratropicales) en invierno.

Particularmente durante el invierno, la temperatura media desciende sobre todo en el norte y en las zonas montañosas de México, debido a un incremento en el paso de frentes fríos, que junto con el sistema de alta presión que lo precede, producen un fuerte gradiente de presión horizontal, generando a su vez vientos intensos de componente norte en la mayor parte del litoral del Golfo de México, localmente llamados como “Nortes”. Previo a este viento del norte, horas e incluso días antes, se registra una reducción de humedad relativa, cielos mayormente despejados y viento de componente sur. En el centro del estado de Veracruz este viento, cálido y relativamente seco, se intensifica debido a la cadena montañosa que provoca un estrechamiento del área por donde pasa. A este fenómeno localmente en el sureste de México se le conoce como surada. En ocasiones, este fenómeno produce caída de árboles, daños estructurales en áreas urbanas, altas temperaturas y cielos despejados, con alto riesgo de incendios forestales en bosques y pastizales.

El objetivo de este estudio es comprender la dinámica de las suradas e identificar el patrón sinóptico que da origen a cada tipo de evento (fría, cálida, húmeda, seca), a través de variables atmosféricas de superficie. Además, se pretende analizar la relación de los vientos en la zona del Golfo de Tehuantepec (sur de México) con los eventos de surada en la zona montañosa central, ya que podrían ser el origen de estos eventos.

2. MÉTODOS

2.1 Región de estudio

La región de estudio se limita a las zonas con mayor afectación y de posible origen de estos vientos, es decir, a la zona montañosa central del estado de Veracruz y el Golfo de Tehuantepec (Fig. 1). Por lo anterior, para la identificación, estadística y comparación de la ocurrencia de suradas se seleccionaron dos sitios: el primero localizado en Orizaba, Veracruz (18° 51' 55,99" N, 97° 05' 53,66" W) y el segundo en Matías Romero, Oaxaca (16° 52' 58" N, 95° 02' 11" W), mientras que, para el análisis de los patrones sinópticos de que dan origen a los eventos de surada se definió un área entre 10°N y 50°N y entre 120°W y 80°W (ver recuadro de la Fig. 1).

2.2 Datos observados

Se obtuvieron datos de la estación sinóptica meteorológica automática (ESIME) de Orizaba, Veracruz fueron obtenidos del Organismo de Cuenca Golfo-Centro (OCGC) de la Comisión Nacional del Agua (de México, CONAGUA), mientras que para la estación meteorológica automática (EMA) de Matías Romero, Oaxaca, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Las variables de interés para este análisis son temperatura a 2 m (en °C), dirección (en °) y magnitud del viento a 10 m (en m/s), humedad relativa a 2 m (en %) y presión atmosférica (en hPa). El periodo de

datos cubre del 1 de junio de 2011 al 31 de mayo del 2016 con una resolución temporal de 10 minutos. Durante este periodo las estaciones tienen algunos datos perdidos, en Orizaba el 11,45% y en Matías Romero el 25,32%.

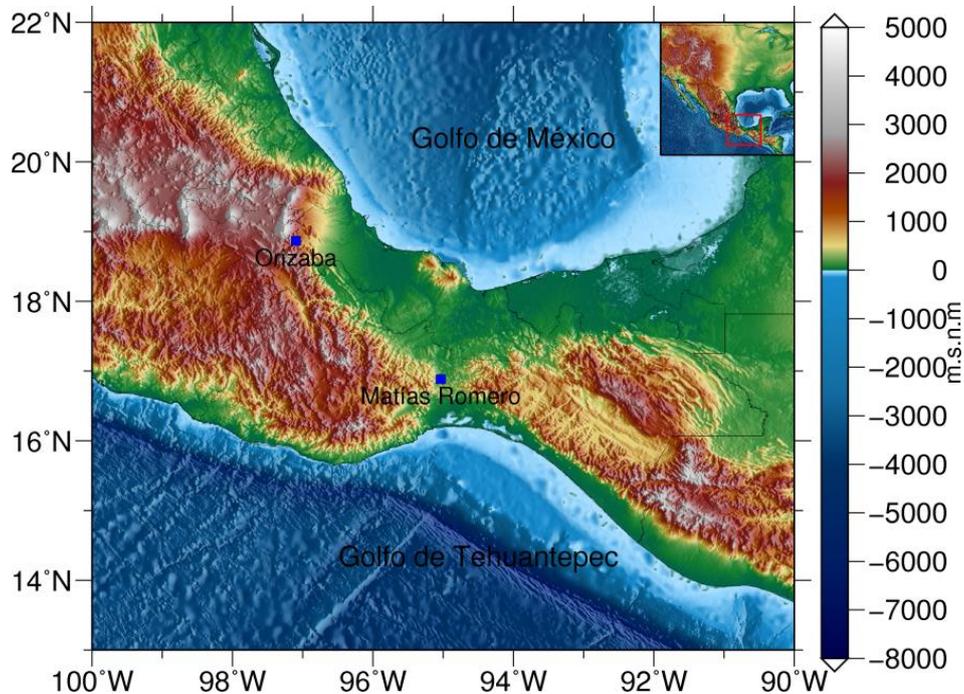


Fig. 1. Región de estudio de los eventos de surada. Se muestran la localización de Orizaba, Veracruz y Matías Romero, Oaxaca. El recuadro corresponde al área de análisis a escala sinóptica.

Como alternativa a esta pérdida de datos observados se utilizaron datos tipo reanálisis como el llamado Reanálisis Regional de Norteamérica (NARR, por sus siglas en inglés) (Mesinger *et al.* 2006) y ERA-Interim (Dee *et al.* 2011). Para ello, se procedió a calcular el coeficiente de correlación de Pearson y el sesgo entre los datos observados (promediados a escala de 3, 6 y 24 horas) en los dos sitios de interés y los datos interpolados a partir de los reanálisis.

Se puede afirmar que los datos de reanálisis con mayor correlación con los datos observados son los de ERA-Interim, ligeramente con mejor ajuste en comparación con NARR en la mayoría de las variables, sobre todo en la magnitud del viento. Debido a que la dirección del viento y la humedad relativa son las variables de mayor interés para determinar la ocurrencia de un evento de surada, se decidió que los datos que se utilizarían en este trabajo son los de reanálisis de NARR a escala diaria, a pesar de que ERA-Interim tiene una mayor correlación con los datos observados. Esto debido a que NARR tiene disponible la humedad relativa, mientras que ERA-Interim carece de dicha variable. A continuación se describe el esquema para la identificación de un evento de surada y su tipo, a partir de datos diarios de reanálisis NARR interpolados a los dos sitios.

2.3 Identificación de eventos de surada

Como se mencionó anteriormente una variable muy importante para identificar un evento de surada es la dirección del viento dominante; el primer filtro consiste en identificar los días en que el viento registró una dirección de componente sur, es decir entre 135° (sureste) y 225° (suroeste).

Vázquez (1999) propuso una serie de criterios para la identificación objetiva de los "Nortes" que ocurren en la vertiente del Golfo de México, entre los que se incluye la temperatura máxima para determinar los descensos de temperatura producidos por el paso de este sistema meteorológico asociada a una masa de aire frío. Por otro lado, la surada en la mayoría de los casos se caracteriza por un importante aumento de la temperatura, por lo que se decidió considerar el cambio de temperatura máxima como uno de los criterios para identificar a la surada.

Una vez identificados los días con viento de componente sur se calcula el cambio de temperatura máxima entre el día, n , del evento y el día anterior, $n-1$, a través de la expresión:

$$\Delta T = T_{\text{máx}_n} - T_{\text{máx}_{n-1}} \quad \text{Ec. 1}$$

Se considerará un evento de surada cuando el viento sea de componente sur y el cambio de temperatura máxima sea de $\pm 2^\circ\text{C}$. Estas condiciones pueden presentarse por varios días consecutivos, por lo que es necesario identificar el día principal del evento. Para ello se propone un índice de surada (IS), en términos de la magnitud del viento, la diferencia de temperatura máxima y presión atmosférica, dado que son los cambios más notorios al momento de ocurrir este fenómeno sobre la zona de estudio. El IS se define mediante la siguiente expresión:

$$IS = \frac{\left(\frac{v}{v_{\text{máx}}} + \frac{|\Delta T|}{|\Delta T_{\text{máx}}|} + \frac{P_{\text{mín}}}{P} \right)}{3} \quad \text{Ec. 2.}$$

Donde

v es el promedio diario de la magnitud del viento.

$v_{\text{máx}}$ es la máxima magnitud del viento durante el evento.

ΔT es la diferencia de temperatura máxima (Ec. 1).

$\Delta T_{\text{máx}}$ es la máxima diferencia de la temperatura máxima durante el evento.

P es el promedio diario de la presión atmosférica.

$P_{\text{mín}}$ es la mínima presión durante el evento.

El índice oscila entre 0 y el 1, siendo 0 cuando no cumple con ninguna de las características de una surada y 1 significa que cumple con todas las características.

Este índice funciona adecuadamente para identificar la fecha principal de un evento de surada, que coinciden con los datos registrados en la Secretaría de Protección Civil del estado de Veracruz.

Después identificar la fecha principal del evento de surada a través del IS, se establece su tipo, en términos de la diferencia (de un día antes) de temperatura máxima y humedad relativa como se indica en la tabla 1.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de frecuencia de eventos de surada

A partir de las series de tiempo diaria de dirección del viento, temperatura máxima y humedad relativa se identificaron, de acuerdo a los criterios antes mencionado, y contabilizaron mensualmente el número de eventos de suradas a lo largo del periodo junio 2011 – mayo 2016, para los dos sitios de estudio (Fig. 2).

Tipo	Criterios
<i>Cálida-seca</i>	a) Aumento en temperatura de por lo menos 2 °C b) Humedad relativa menor a 80 %
<i>Cálida-húmeda</i>	a) Aumento en temperatura de por lo menos 2 °C b) Humedad relativa mayor o igual a 80 %
<i>Fría-seca</i>	a) Disminución en temperatura de por lo menos 2 °C b) Humedad relativa menor a 80 %
<i>Fría-húmeda</i>	a) Disminución en temperatura de por lo menos 2 °C b) Humedad relativa mayor o igual a 80 %

Tabla 1. Tipos de eventos de surada y criterios para su identificación.

3.2 Número de eventos de surada y su ciclo anual

En la región de Orizaba, durante el periodo de análisis (junio del 2011-mayo 2016) el número mensual de eventos de surada oscila entre 0 y 6, alcanzando el máximo en enero del 2016. Además, las suradas son más frecuentes a finales del invierno y principios de la primavera, y se observa una tendencia a incrementarse (Fig. 2a). En contraste, en la región de Matías Romero no se observa un patrón tan evidente como en Orizaba, con una menor frecuencia de eventos de suradas, alcanzando un máximo de 5 eventos en junio del 2012 y septiembre del 2013, además de mostrar una ligera tendencia a disminuir (Fig. 2b).

En cuanto al ciclo anual del número de eventos de surada, en la estación de Orizaba son más frecuentes durante los meses de invierno y primavera (diciembre-mayo), alcanzado un máximo de 4 eventos en marzo (Fig. 3); mientras que en Matías Romero no es tan claro como en Orizaba, incluso se observan tres máximos, el primero en marzo que coincide con la región de Orizaba, el segundo en junio, y el tercero en diciembre (Fig. 3). por su parte, de acuerdo a los datos de la estación, el promedio es de 1,2 eventos. En general, el número de eventos de surada es menor en esta región en comparación con Orizaba.

3.3 Análisis de eventos por tipo de surada

Una vez que se identificaron las fechas principales en que ocurren los eventos de surada se clasifican de acuerdo a su tipo y se contabilizan por temporada junio-mayo para cada sitio (Fig. 4).

En la región de Orizaba (Fig. 4a) se aprecia que dominan los eventos de surada de tipo cálido-seco, ya que de un total de 113 eventos de surada, el 82% (93 eventos) resultaron de tipo cálido seco, destacando la temporada 2012-2013 con 24 eventos de este tipo. Por otro lado, las temporadas 2014-2015 y 2015-2016 se observa un

ligero aumento en el número de eventos de surada de cálido-húmedo, mientras que la ocurrencia de eventos fríos-secos y fríos-húmedos es nula.

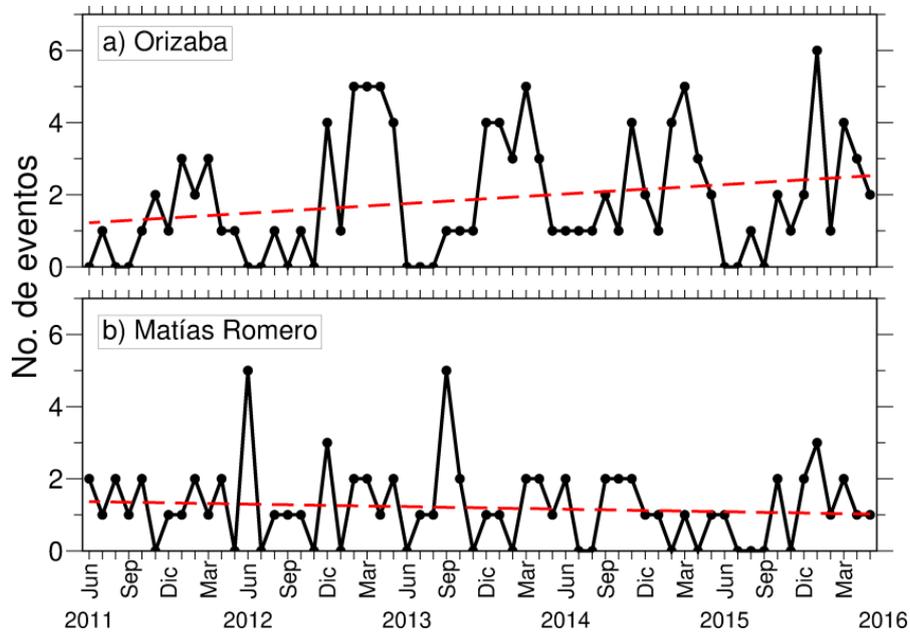


Fig. 2. Número mensual de eventos de suradas (línea negra) de junio del 2011 a mayo del 2016 en a) Orizaba, Veracruz y b) Matías Romero, Oaxaca. La línea roja representa la tendencia de estos eventos.

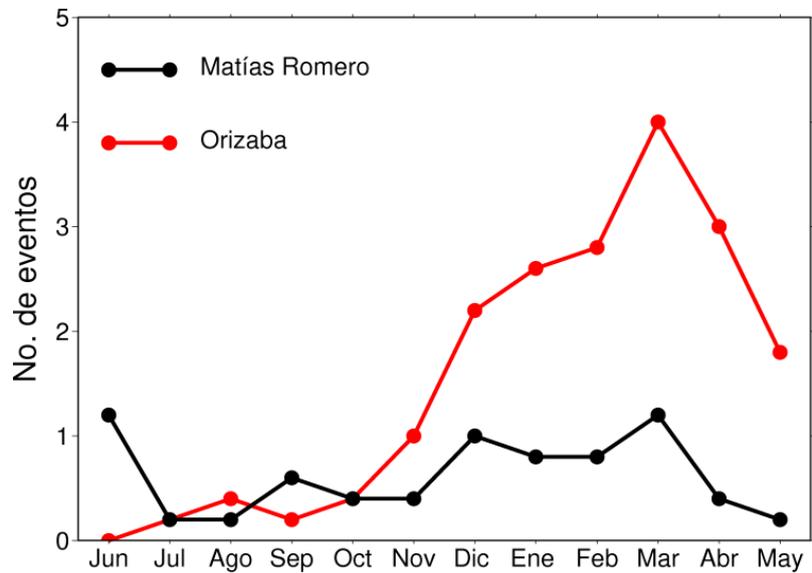


Fig. 3. Número de eventos de surada promedio (junio 2011-mayo 2016) por mes en las regiones de Orizaba (línea roja) y Matías Romero (línea negra).

En contraste, en la región de Matías Romero (Fig. 4b) el número de eventos de surada es menor comparada con la región de Orizaba, sin embargo, es mayor la distribución en su tipo. La temporada 2012-2013 registra un mayor número de eventos de surada de tipo cálido-seco, que coincide con la región de Orizaba. En el caso de las suradas de tipo cálido-húmedo, se registró con mayor frecuencia con 4 en la temporada 2011-2012, que coincide con la mayor frecuencia de suradas de tipo frío-húmedo. Finalmente, las suradas de tipo frío-seco fueron más frecuentes en la temporada 2012-2013 con 6 eventos.

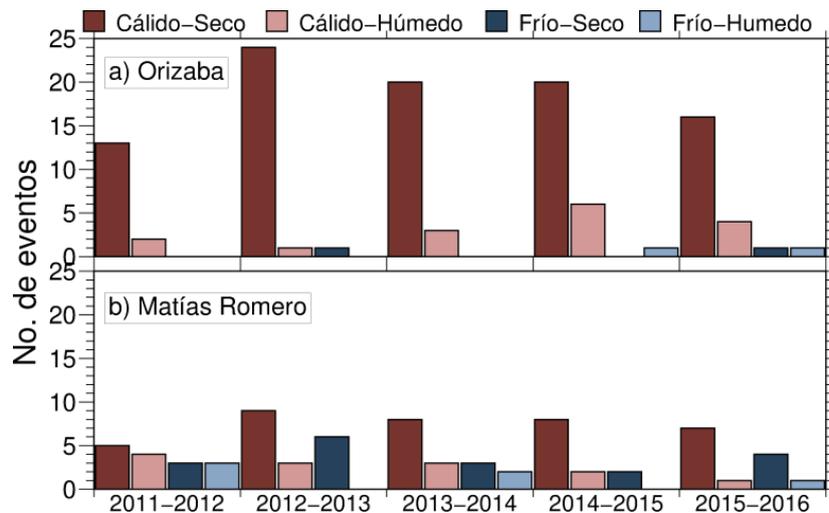


Fig. 4. Número de eventos de surada de acuerdo a su tipo por temporada (junio-mayo) en las regiones de a) Orizaba, Veracruz y b) Matías Romero, Oaxaca.

3.4 Patrones sinópticos de eventos de surada

Es de interés identificar el patrón sinóptico que caracteriza a los eventos de surada de cada tipo. Como se mencionó anteriormente, alrededor del 82% de los eventos de suradas son de tipo cálido-seco, razón por la cual únicamente se mostrará el patrón compuesto para este tipo. El mapa compuesto de temperatura máxima, viento y presión atmosférica (Fig. 5) se construye a partir de 93 eventos de surada de tipo cálido seco identificados para la región de Orizaba. A continuación se describe el patrón compuesto desde dos días antes hasta dos días después de la fecha principal del evento de surada.

Dos días antes

Un sistema de alta presión se localiza sobre el sureste de Estados Unidos y se extiende al norte del Golfo de México. Mientras que en la parte suroeste de Estados Unidos se observa un sistema de baja presión. Asociado al primer sistema, se registra viento de componente del norte en los estados costeros del Golfo de México y las temperaturas máximas más altas se extiende en la misma región (Fig. 5a).

Un día antes

Ambos sistemas de presión se desplazan hacia el este, disminuye su intensidad. El sistema de baja presión se localiza al sur de Estados Unidos cerca de la frontera con México. El viento en las costas del Golfo de México se vuelve de componente del este y noreste. En la misma región, la temperatura continúa aumentando (Fig. 5b).

Día principal

El sistema de alta presión sigue desplazándose hacia el este, localizándose sobre la Península de la Florida. Por otro lado, el sistema de baja presión reduce su presión y se localiza en la parte centro-sur de Estados Unidos, en la frontera con México. El viento, a lo largo de la costa del Golfo de México es de componente sur, siendo más intenso en la zona montañosa central y en la costa norte del estado de Veracruz. La temperatura máxima sigue incrementándose, alcanzando su máximo principalmente en los estados costeros del Golfo de México, y se extiende hacia el sur hasta el Golfo de Tehuantepec (Fig. 5c).

Un día después

El sistema de alta presión sigue su desplazamiento hacia el este, internándose en el océano Atlántico, y el sistema de baja presión aumenta ligeramente sobre el noreste de México. El viento se debilita ligeramente y se vuelve de componente del este en los estados costeros del Golfo de México (Fig. 5d).

Dos días después

El sistema de baja presión continúa incrementando y se desplaza hacia el sureste de Estados Unidos. El viento es de componente norte siendo más intenso en las costas del centro y sur de México. La temperatura máxima continúa disminuyendo a lo largo de las costas del Golfo y se extiende hacia el sur de México (Fig. 5e).

4. CONCLUSIONES

Los eventos de surada son ocasionados por un sistema de baja presión localizado en el centro-sur de los Estados Unidos, provocando que los vientos sean de componente sur en los estados costeros del Golfo de México y sur de México. Estos vientos tienen su origen en el Golfo de Tehuantepec donde es desviada y al cruzar la barrera montañosa (entre la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Chiapas) perdiendo humedad que arrastraba desde el océano Pacífico y aumentan su temperatura.

La mayor frecuencia de eventos de surada en la región de Orizaba ocurre durante los meses de invierno y primavera (diciembre-mayo), destacando marzo como el más activo.

Durante el periodo 2011-2016, el número mensual de eventos de surada ha mostrado una tendencia a incrementarse en la región de Orizaba, Veracruz.

Se propone que los eventos de surada pueden ser de cuatro tipos: cálido-seco, cálido-húmedo, frío-seco y frío-húmedo, dependiendo de las diferencias de humedad y temperatura con respecto del día principal de la surada.

Los eventos de surada cálidos-secos son los más frecuentes. En todo el periodo de

estudio solo hubo dos eventos fríos-secos y dos eventos fríos-húmedos.

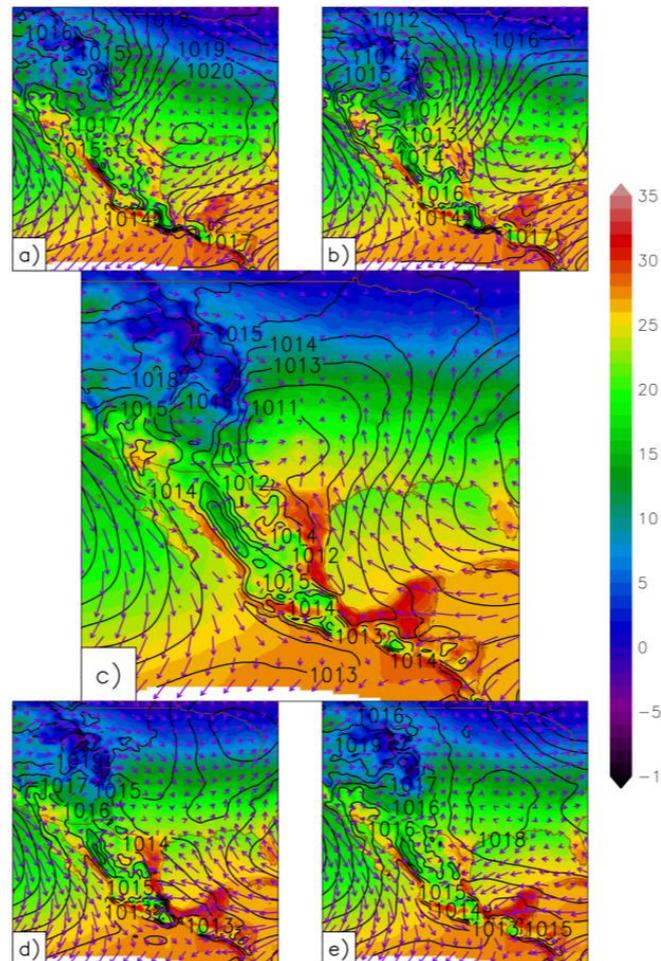


Fig. 5. Patrón compuesto (2011-2016) de temperatura máxima (colores, °C), presión reducida al nivel del mar (isolíneas, hPa), y viento (vectores, m/s) a) dos días antes, b) un día antes, c) durante, d) un día después, y e) dos días después de la fecha principal de 93 eventos de surada de tipo cálido-seco en Orizaba, Veracruz.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido desarrollado y financiado por el proyecto de investigación "Interacción superficie/atmósfera en la zona montañosa central de la vertiente del Golfo de México: observaciones y modelación a alta resolución" SEP-CONACYT CB-2012-01;000000000183040.

REFERENCIAS

- Dee, D. P., et al. (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137(656), 553–597. doi: <http://doi.org/10.1002/qj.828>
- Mesinger, F. et al. (2006). North American Regional Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorology Society*. 87(3), 343-360. doi: <http://doi.org/10.1175/BAMS-87-3-343>
- Vázquez Aguirre, J. L. (1999). Caracterización objetiva de los nortes del Golfo de México y su variabilidad interanual. Tesis de licenciatura en Ciencias Atmosféricas. Universidad Veracruzana. México. 62 pp.