

# Lightning activities in Venezuela using the Lightning Imaging Sensor of TRMM NASA project

**M. Martínez L., J. Ramírez D. y R. Montaña\***

*Departamento Conversión y Transporte de Energía. Universidad Simón Bolívar. Caracas - Venezuela. \*Uppsala University, Electricity and Lightning Research Group, Sweden. E-mail: mmLozano@usb.ve*

## Abstract

In this work, handlings of the NASA LIS data were presented, to establish the lightning activities in Venezuela, between years 1998 and 2002. The main objective is to obtain the most relevant data, discerning by geopolitical State and month along the year. With this processing, is possible to show the geographical areas with the highest lightning activity and the variation of this characteristic with the months along the years considered. This information is very important to engineers and Scientifics to know the most recent data of the lightning by Venezuelan Regions and specifically for high risk zones, like that involved in oil exploration and production facilities. Finally, an iso-keraunic map, was obtained.

**Key words:** Keraunic activity, lightning discharges, iso-keraunic map, Venezuela

## Actividad de rayos en Venezuela, utilizando la data del sensor óptico (LIS) del proyecto TRMM de la NASA

### Resumen

En el presente trabajo, se realiza un manejo de la data obtenida por el sistema de "Lightning Imaging Sensor" (LIS) que posee la NASA, aplicada al caso particular de Venezuela. El objetivo es extraer las características más relevantes de la actividad de rayos entre los años 1998 y 2002, discreteando y presentando la data por Estado geopolítico y mes a lo largo del año. En función de esta data, se buscan establecer aquellas ubicaciones geográficas que poseen mayor actividad y particularizar su comportamiento en función de los meses y años en los que se dispone de información. La idea final es que los resultados obtenidos sirvan a ingenieros y científicos en general, para conocer la actividad de rayos por regiones en Venezuela y con ella, realizar consideraciones generales en el diseño de instalaciones de alto riesgo ubicadas en estas zonas, haciendo especial énfasis en aquellas relacionadas con la exploración y explotación petrolera. Al final se presenta un mapa isoceraúnico actualizado a los últimos cinco años de datos disponibles.

**Palabras clave:** Actividad cerámica, descargas atmosféricas, mapa isoceraúnico, LIS, Venezuela.

### 1. Introducción

Venezuela se encuentra ubicada al Norte de Suramérica (Figura 1) y se caracteriza por tener un nivel elevado de actividad de rayos a lo largo del año. Como detalle importante de destacar, las zonas geográficas que poseen mayor cantidad de

rayos, corresponden a las ubicaciones de explotación de petróleo y gas (cabe resaltar que Venezuela es el tercer país con la mayor cantidad de reservas de petróleo del mundo y que la principal actividad económica se encuentra alrededor de este rubro). Esto conlleva a que este tema tenga una importante repercusión a la hora de diseñar



Figura 1. Mapa en Coordenadas Geográficas de Venezuela [4].

bien sean los sistemas de protección contra rayos de las instalaciones físicas (plantas de compresión de gas, estaciones de bombeo de crudo, pozos de extracción) o de los sistemas de transporte tanto de energía eléctrica como del producto explotado (gas, petróleo, etc.) [1, 2, 3].

Adicionalmente algunas de estas zonas poseen una baja densidad poblacional, lo que implica que por costos la mayoría de los servicios de agua, luz, electricidad y telecomunicaciones, van en sistemas aéreos, lo que los hace especialmente sensibles a verse afectados por eventos atmosféricos como los rayos.

Por lo anteriormente expuesto es lógico comprender que estas instalaciones deben cumplir con ciertas exigencias durante el diseño, construcción y mantenimiento que garanticen una adecuada seguridad y confiabilidad.

En Venezuela, existe poco conocimiento en torno a la actividad ceraúnica y esto se evidencia

en que hasta los momentos se dispone de un único mapa indicativo, el cual se basa en la data de días de tormenta al año, recogida entre los años de 1950 y 1971, tal como se muestra en la Figura 2 [5].

Recientemente (años 2000 - 2001), la empresa más importante en generación y transmisión de electricidad en el país (EDELCA), instaló un sistema terrestre de detección de rayos, pero la información relevante acerca de la actividad y características de los rayos en Venezuela, aún está en desarrollo.

## 2. Características de Interés

El rayo es un fenómeno natural y la actividad en ciertas zonas geográficas no es predecible, pues depende de muchas variables no controladas. Esto conlleva a que no se pueda establecer a priori el comportamiento a lo largo del año o en función de la posición geográfica (latitud y longi-



Figura 2. Promedio anual de días de tormenta al año (1950-1971).

tud). De allí, que es importante manejar estadísticas acerca del comportamiento en función de ubicaciones de interés específicas y del tiempo (meses y años).

El sistema LIS de la NASA, proporciona [6, 7, 8] información confiable en ciertas zonas del planeta, entre ellas Venezuela. El equipo ha sido instalado dentro de una plataforma satelital de la NASA (Figura 3) que tiene como objetivo primordial el estudio de las propiedades eléctricas, microfísicas y cinemáticas de tormentas en el trópico a través del proyecto "Tropical Rainfall Measuring Mission" (TRMM) [6].

El sistema se basa en la medición obtenida mediante un satélite que posee sensores ópticos, junto con otro equipamiento especializado, para obtención de otros parámetros de interés.

Las descargas atmosféricas producen pulsos ópticos que son especialmente visibles desde el espacio y el equipo óptico los detecta a pesar de los niveles de iluminación de fondo producidos por el brillo de las nubes a la luz solar. La trayectoria del satélite se muestra en la Figura 4 y así los puntos del planeta que son considerados en el proyecto, entre los cuales está Venezuela.

Cabe resaltar que los instrumentos detectan absolutamente todos los eventos que produzcan señales ópticas, tales como las descargas nube-nube (en la propia nube o entre nubes cerca-

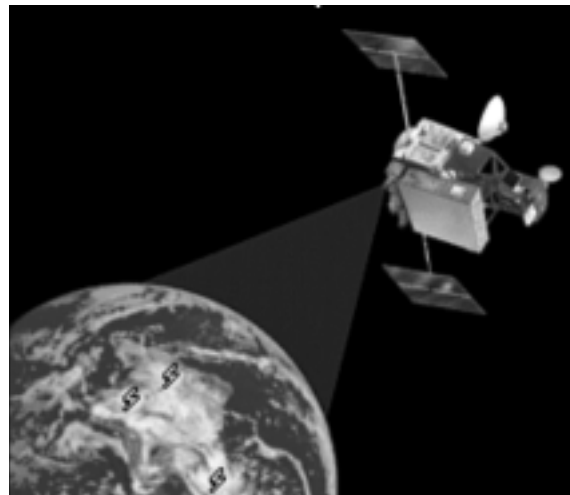


Figura 3. Detalle del equipo de observación satelital [6].

nas) y nube - tierra, sin posibilidad de que sean diferenciadas. Esto representa una limitación importante [8] para la aplicación de la data en estudios de protección contra rayos en líneas eléctricas de transporte ya que no se puede obtener la información de densidad de descargas a tierra (GFD) de forma directa. Sin embargo, debe mencionarse que en Venezuela nunca ha existido información que relacione directamente este factor. En el mapa mostrado en la Figura 2, las líneas isoceraúnicas (en unidades de días de tormenta al año), representan igualmente la información

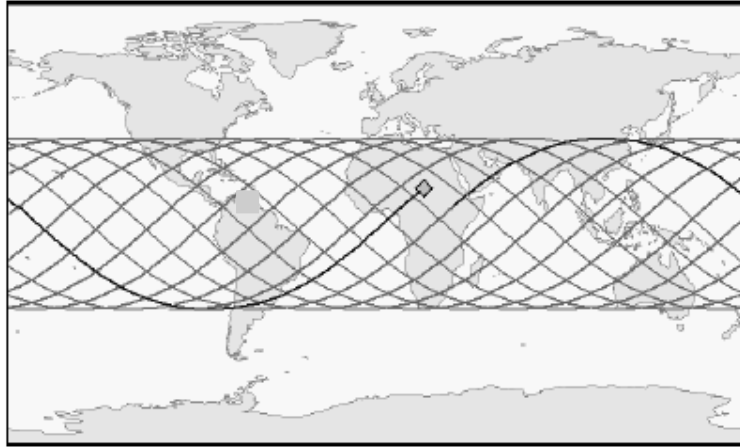


Figura 4. Barrido del satélite [6].

sin distinción entre eventos nube-nube y nube-tierra. Hasta ahora [5, 9, 10, 11], la relación entre estos valores ha sido a través de formulaciones empíricas encontradas en estudios llevados a cabo en otros puntos del planeta, que se sabe no representan en absoluto con precisión dicho comportamiento en la geografía bajo estudio; de hecho, existen gran diversidad de formulaciones [11] con diferencias relativamente significativas, que podrían llevar consigo errores en la toma de decisiones durante el diseño de sistemas de protección (con especial énfasis en los relacionados a cálculos de factores de riesgo y tasas de salida o retorno). Por otra parte, el sistema de medición ha sido probado y comparado con otros métodos de medición terrestres, encontrándose una precisión aceptable [7].

### 3. Metodología y Procesamiento de la Información

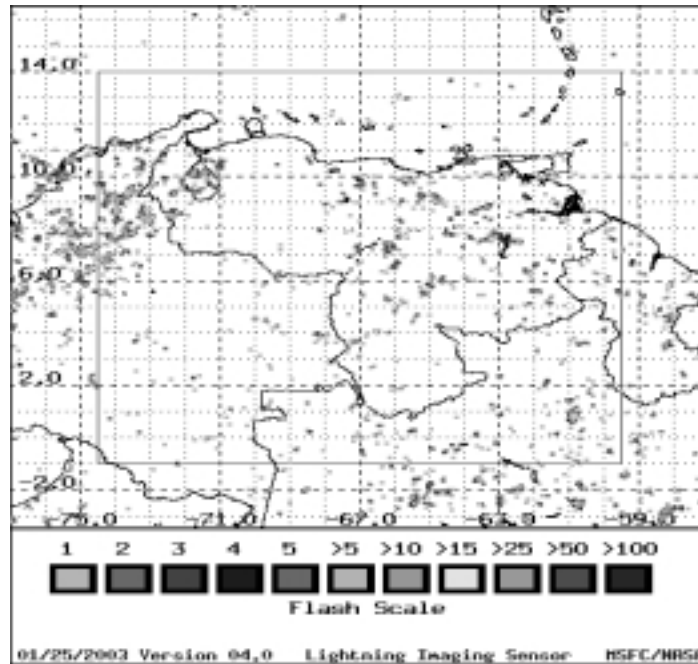
Los datos se encuentran divididos en forma general por eventos en: latitud, longitud, mes, día, año, radiancia luminosa y otras características que en este estudio no son relevantes. Para procesar la cantidad de datos (más de 21000 eventos por año prefiltrados en un cuadro alrededor de puntos geográficos extremos, tal como se muestra en la Figura 5 a y b), se realizó un algoritmo de cálculo mediante el cual:

- Se obtuvo la información relevante por año.
- Dentro de cada año, dicha información se separó por mes.

- Dentro de cada mes, se clasificó por longitud y latitud y como información adicional el día del evento.

Para poder diferenciar los eventos por estado geopolítico (en Venezuela existen actualmente 24 Estados), se realizó una división por longitud y latitud en pequeños cuadros que aseguren la precisión necesaria en especial en aquellos, cuyas fronteras posean formas zigzagueantes.

De esa forma se separaron los eventos por estado, para cada mes de cada año. Hay que recordar que se define a la palabra evento como el total de fenómenos atmosféricos ocurridos (nube-nube "IC" y nube-tierra "CG"), los cuales pueden suceder de forma múltiple para un mismo día y en el entorno de un mismo punto geográfico (ya que es muy difícil que coincidan exactamente en una misma Longitud y Latitud). Adicionalmente, al conocer el día exacto de cada evento, se puede determinar la actividad ceraúnica de cada zona, analizando punto a punto de la data, para solo considerar los días en los cuales hubo algún evento o "al menos uno"). Así se pueden obtener los días de tormenta al año que presentan ciertas localizaciones geográficas específicas y de esa forma realizar un mapa, mostrando las líneas que poseen igual cantidad de días de tormenta al año (líneas isoceraúnicas), pudiéndose comparar con el mostrado en la Figura 2. Para ello, se tomaron divisiones de cuarenta (40) cuadros en la geografía, asignándose al punto medio de Latitud y Longitud la cantidad de días de tormenta al año correspondientes a dicha cuadrícula (Figura 5c).



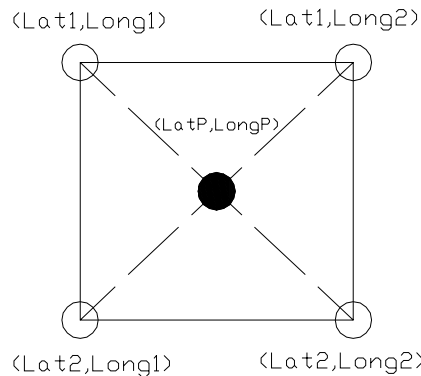
(a)

Junio - WordPad

Archivo Edición Ver Insertar Formato Ayuda

Flash time (UTC)	(	Lat,	Lon)	Radiance	milliseconds	Groups	Events	Orbit-ID
1998-152T03:58:56.2205Z [Jun 01]	(	4.430,	-66.955)	48576	515	5	8	02922 *
1998-152T03:58:56.5356Z [Jun 01]	(	4.488,	-67.041)	52583	58	2	13	02922 *
1998-152T03:59:15.2942Z [Jun 01]	(	6.984,	-69.607)	6782608	333	48	293	02922 *
1998-152T03:59:18.1037Z [Jun 01]	(	7.347,	-69.446)	151656	0	1	24	02922 *
1998-152T03:59:18.1197Z [Jun 01]	(	7.416,	-69.423)	1404964	451	24	92	02922 *
1998-152T03:59:48.3590Z [Jun 01]	(	7.349,	-67.193)	2767567	556	28	222	02922 *
1998-152T04:00:09.2718Z [Jun 01]	(	8.623,	-65.350)	5201594	839	43	344	02922 *
1998-152T04:00:27.8123Z [Jun 01]	(	8.889,	-65.165)	6522261	676	33	321	02922 *

(b)



(c)

Figura 5. Ejemplo de la obtención de la data. (a), Figura para demarcar los límites de obtención de la data, (b) ejemplo de archivo resultante para cada mes del año y (c) asignación para estimación de actividad cerámica en los mapas.

## 4. Resultados

A continuación se muestran los resultados, divididos de la siguiente manera:

- Actividad (Número de eventos) por mes en cada estado y por año (entre 1998-2002).
- Total de eventos anuales por estado y por año.
- Mapas isoceraúnicos.

### a. Actividad por estado

La información se encuentra dividida por mes y distinguida en la leyenda por año y se muestra en las Figuras de la 6 a la 28.

Se puede observar que la data es muy variable de estado a estado y por lo tanto cada uno debe considerarse por separado. En el próximo subaparte se compara la información entre estados. Por ahora, se pueden evidenciar que Estados como Zulia, Bolívar y Amazonas resaltan frente al grupo, por su elevada actividad de rayos (se puede observar en la Figura 1, que Zulia y Amazonas, están en extremos opuestos de la geografía). El Estado Zulia, es predominantemente el de mayor actividad económica petrolera en Venezuela, incluyendo actividades en tierra firme y en agua "offshore" (especialmente en el Lago de Maracaibo). Igualmente resaltan estados como Vargas y Capital, por su comparativamente baja actividad. Esto podría entenderse por sus características orográficas y su posición en la confluencia intertropical. Además la data por mes, es clasificable en función de las temporadas climáticas del año en Venezuela. En general en todos los estados los peores meses del año corresponden a Agosto, Septiembre y Octubre (del 40 al 70% de los eventos del Estado en un año). En algunos casos resalta Mayo, por caracterizarse en Venezuela como un mes de intensas lluvias que en muchos casos tienen asociada actividad eléctrica. Y es claro que los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril, son de muy baja actividad en el 84% de los casos (meses del período de sequía dentro del ciclo anual) sin embargo, la data por año es variable, lo cual es lógico ya que los parámetros de los cuales depende este tipo de eventos además de no ser predecibles, pueden variar significativamente entre años y especialmente en zonas sensibles a eventos anormales (fenómenos como El Niño) que podrían complicar ciertos es-

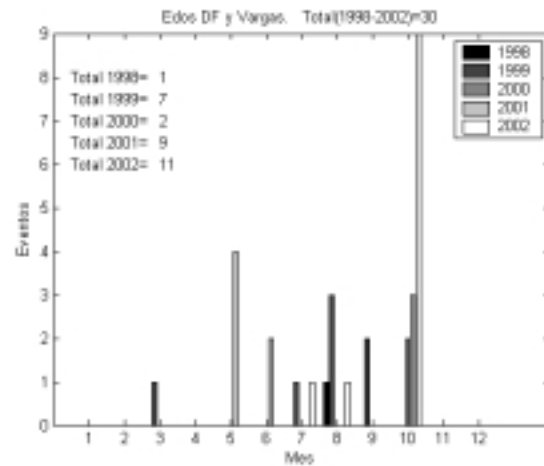


Figura 6. Eventos por rayos en el estado Vargas y Distrito Capital.

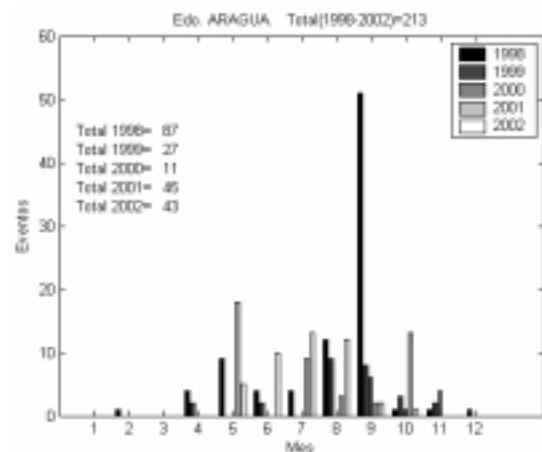


Figura 7. Eventos por rayos en el estado Aragua.

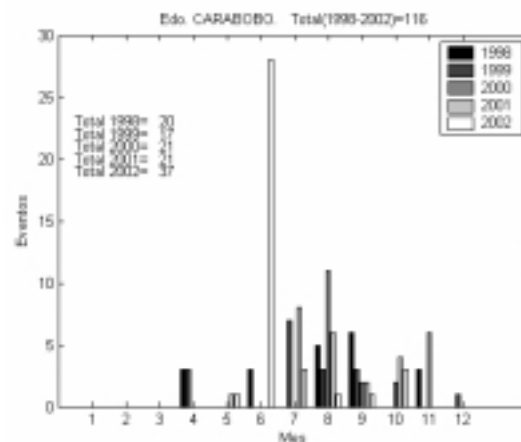


Figura 8. Eventos por rayos en el estado Carabobo.

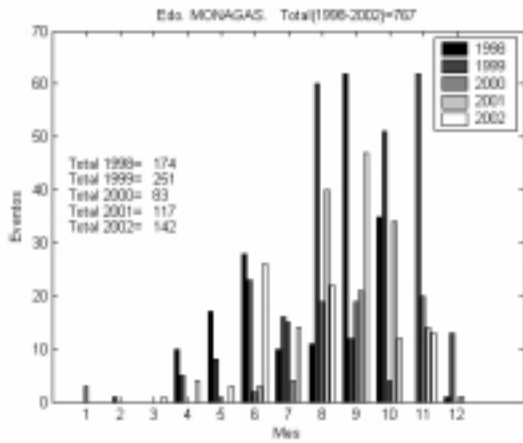


Figura 9. Eventos por rayos en el estado Monagas.

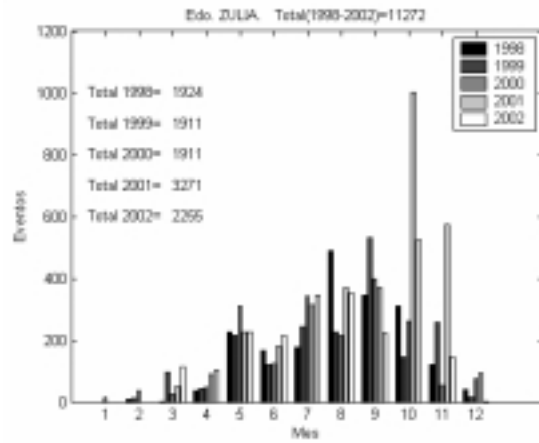


Figura 10. Eventos por rayos en el estado Zulia.

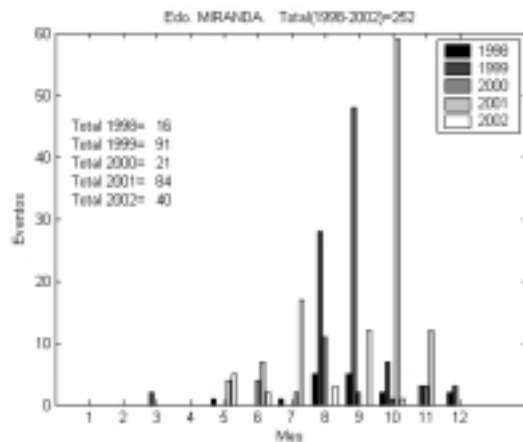


Figura 11. Eventos por rayos en el estado Miranda.

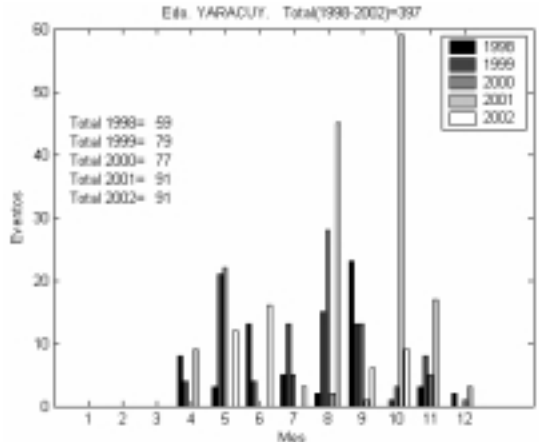


Figura 12. Eventos por rayos en el estado Yaracuy.

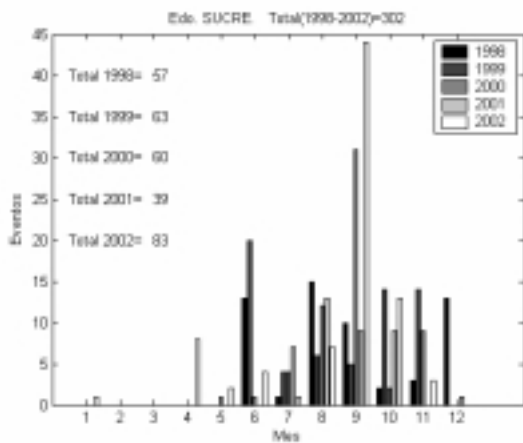


Figura 13. Eventos por rayos en el estado Sucre.

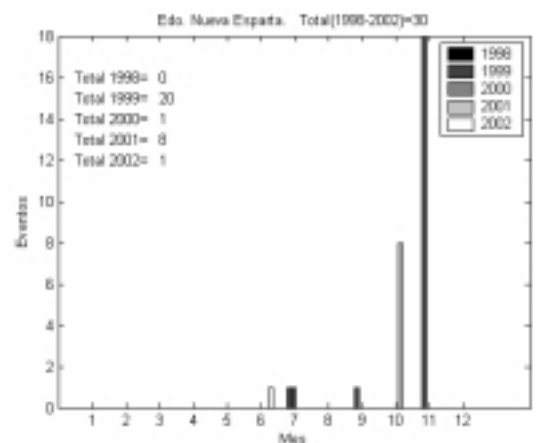


Figura 14. Eventos por rayos en el estado Nueva Esparta.

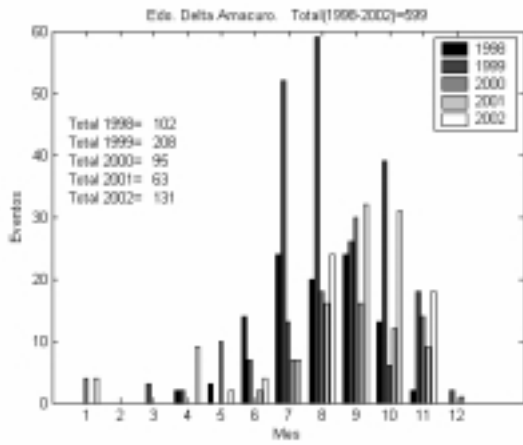


Figura 15. Eventos por rayos en el estado Delta Amacuro.

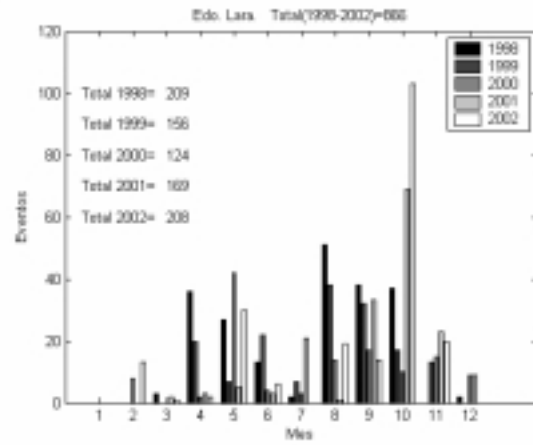


Figura 16. Eventos por rayos en el estado Lara.

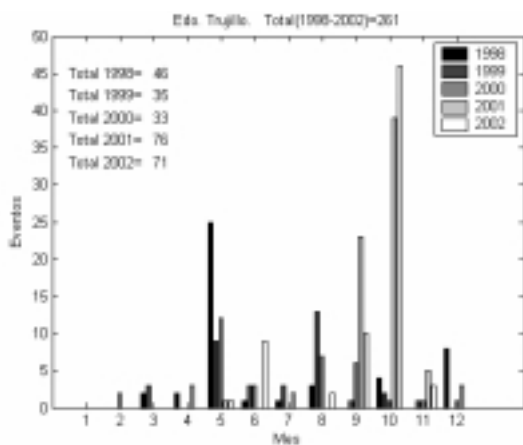


Figura 17. Eventos por rayos en el estado Trujillo.

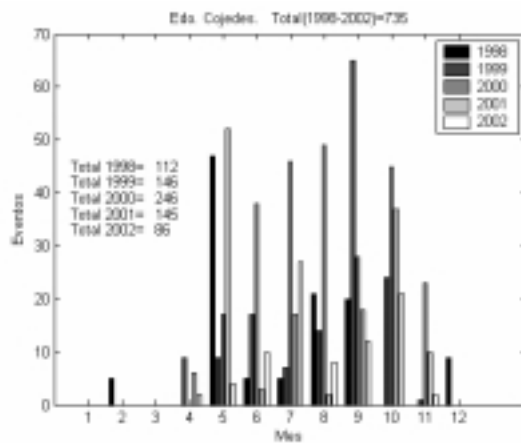


Figura 18. Eventos por rayos en el estado Cojedes.

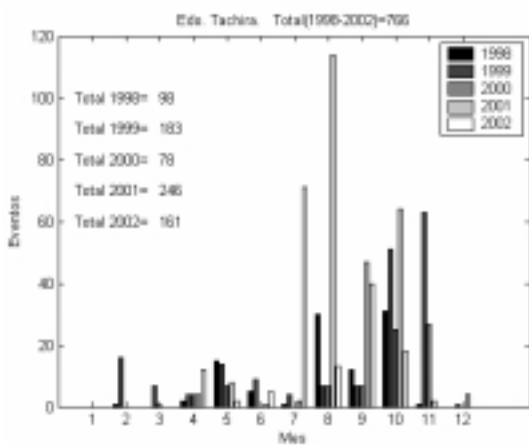


Figura 19. Eventos por rayos en el estado Táchira.

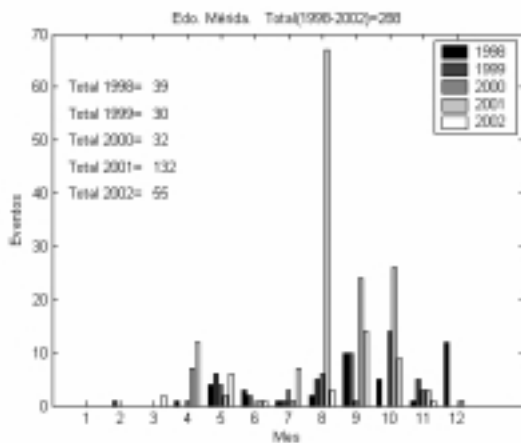


Figura 20. Eventos por rayos en el estado Mérida.



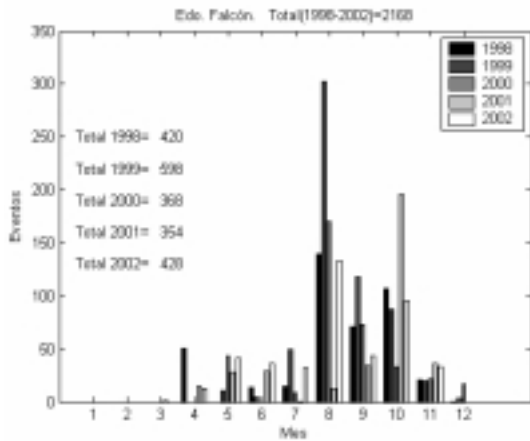


Figura 21. Eventos por rayos en el estado Falcón.

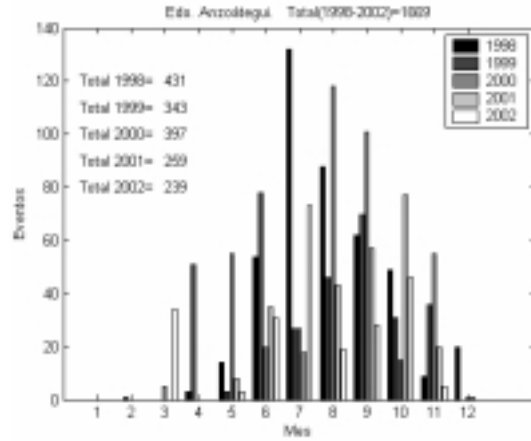


Figura 22. Eventos por rayos en el estado Anzoátegui.

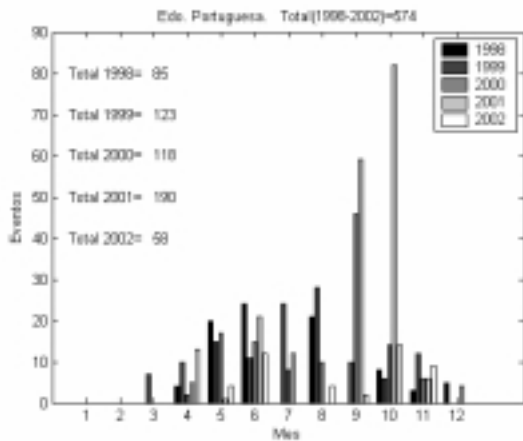


Figura 23. Eventos por rayos en el estado Portuguesa.

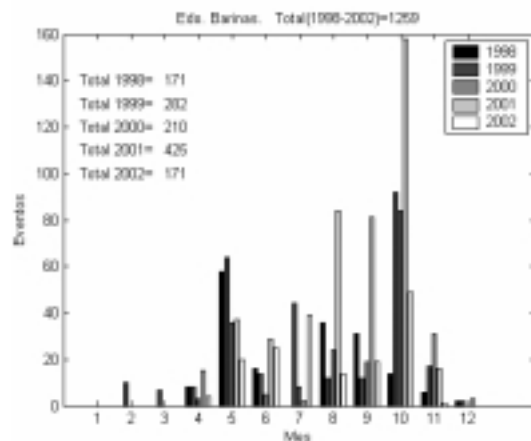


Figura 24. Eventos por rayos en el estado Barinas.

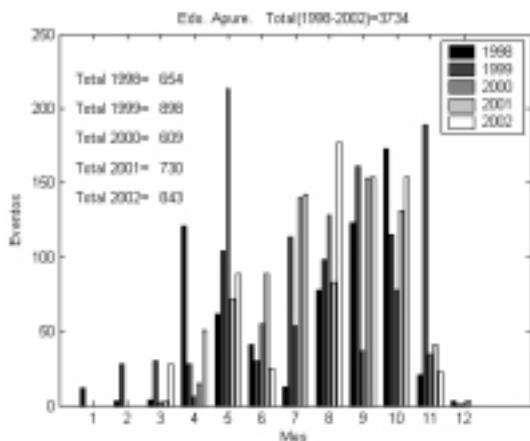


Figura 25. Eventos por rayos en el estado Apure.

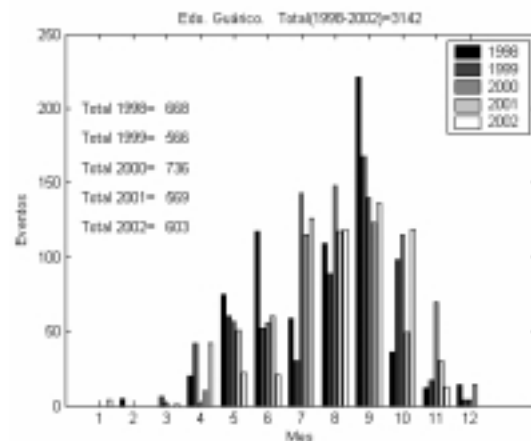


Figura 26. Eventos por rayos en el estado Guárico.

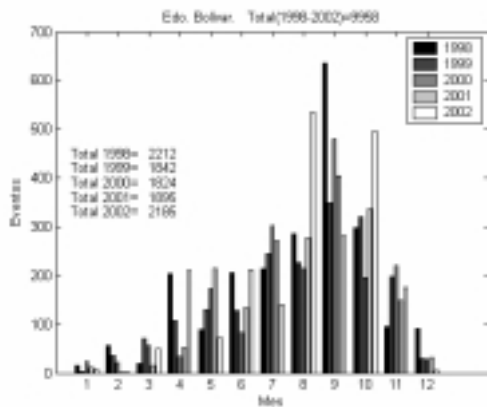


Figura 27. Eventos por rayos en el estado Bolívar.

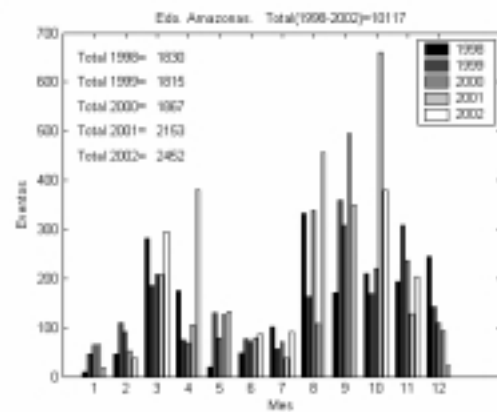


Figura 28. Eventos por rayos en el estado Amazonas.

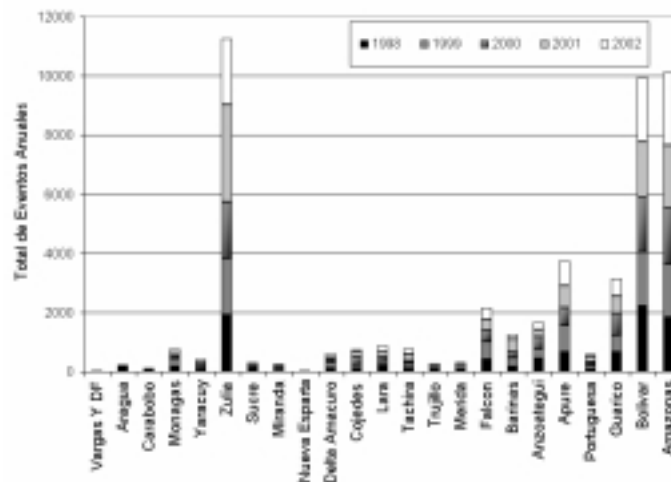


Figura 29. Data clasificada en Total de eventos anuales por estado.

cenarios con especial relevancia en los últimos 10 años. Las variaciones son más notorias en aquellos estados que poseen baja actividad (por ejemplo Edo. Portuguesa en la Figura 23) y tienden a ser uniformes en aquellos que poseen elevada cantidad de eventos (por ejemplo Zulia o Bolívar en las Figura 10 y 27).

**b. Eventos anuales por estado y por año.**

En la Figura 29, se muestra el total de eventos por año, para cada estado, a fin de relacionar a aquellos estados con baja, intermedia y alta actividad de rayos a lo largo de cada año estudiado.

Resaltan como fue mencionado en la subparte anterior los Estados Zulia y Monagas por

su intensa actividad. Luego tienen actividad relevante (de 100 a 300 eventos anuales), aproximadamente el 50% de los Estados del país. Entre estos se destacan Delta Amacuro, Sucre y Monagas, ya que forman parte del mapa petrolero y de gas. Por último se encuentran Estados como Nueva Esparta en el cual la actividad de rayos es mínima. Adicionalmente, se presenta para mayor facilidad de análisis la Figura 30, en la cual se colocan los valores promedios de eventos en los años estudiados (1998-2002).

**c. Levantamiento de mapas isoceráunicos.**

A continuación se presenta el resumen de la data en función de la distinción del parámetro

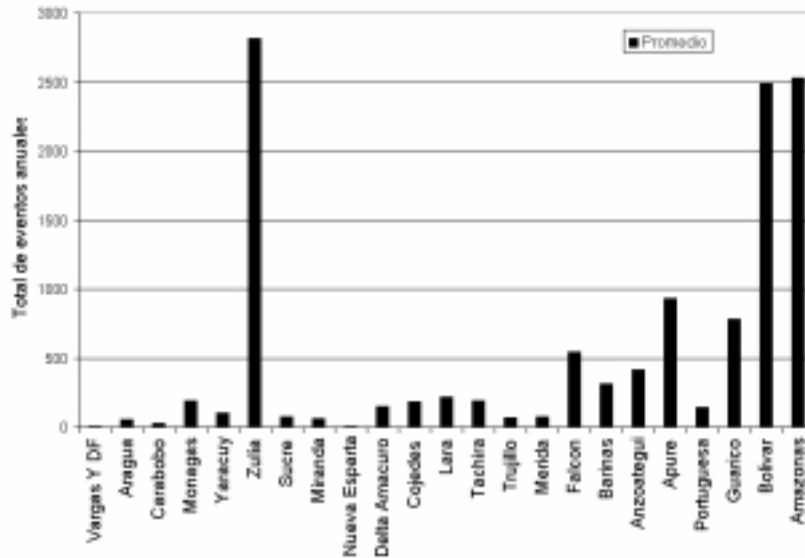


Figura 30. Data promediada clasificada en Total de eventos entre 1998 y 2002 por estado.



Figura 31. Días de Tormenta al año en el territorio completo (1998).

“día de tormenta al año”, el cual ha sido clasificado y trabajado según se explicó anteriormente.

En las Figuras 31 y 32, se muestran las líneas isoceránicas, encontrándose máximos relativos de 80- 90 días de tormenta al año y valores promedio altos (en referencia a literaturas similares [10,11]) de 45- 60 días de tormenta al año. Se distinguen ambas figuras, por corresponder la primera al año 1998 (año con el que se obtiene en las retículas estudiadas el mayor valor de días de

tormenta al año) y la segunda es el promedio entre los años estudiados. La última por ende representa la información más significativa por agrupar los últimos cinco años disponibles.

### 5. Conclusiones

Se presentó un análisis de la situación venezolana en cuanto a la actividad de rayos, clasificándola por Estado Geopolítico y en función de las variables de interés correspondientes a mes y



Figura 32. Días de Tormenta al año promedio en el territorio completo (1998-2002).

año. Así que se tomó en cuenta la variación espacial y temporal del fenómeno estudiado. La data fue obtenida del sistema de información de la NASA (LIS) y este representa de forma confiable el evento estudiado, agrupando cinco años, lo cual hace significativo el estudio, desde el punto de vista de la cantidad de datos disponibles. La comparación permitió establecer los peores escenarios y obtener un mapa isoceraúnico actualizado, que a pesar de las limitaciones ya mencionadas, representa una data confiable y más vigente que la correspondiente a los años 1950-1971.

El próximo nivel es comparar la data presentada en este trabajo con los primeros resultados relevantes del sistema de medición terrestre que posee la empresa EDELCA y con ello detallar de forma práctica la densidad de rayos a tierra y relacionarla con los niveles cerámicos encontrados.

### Referencias Bibliográficas

1. Estudio de Sobretensiones y Coordinación de Aislamiento, para el sistema eléctrico en Media Tensión del Distrito Morichal de PDVSA. 2001. Estudio de Consultoría - Funindes USB.
2. Protección contra descargas atmosféricas y sistemas de puesta a tierra en la Planta Compresora de Gas en Altagracia de PDVSA. 2002. Estudio de Consultoría-Funindes USB.
3. García Jonathan, Lujan Pedro: "Actividad Cerámica del Estado Anzoátegui: Uso de Estadísticas de Falla Existentes", Proyecto de Grado. Universidad Simón Bolívar. 1996.
4. Fuente Web: [www.consulate-ny.gov.ve/spanish/perfil/geografia/mapvzla.htm](http://www.consulate-ny.gov.ve/spanish/perfil/geografia/mapvzla.htm)
5. Ramírez J., Martínez M.: Influencia de las sobretensiones por descargas atmosféricas y comportamiento de los sistemas de puesta a tierra en líneas aéreas de transmisión y distribución. Apuntes curso tutorial. III Jornadas Latinoamericanas en alta tensión y aislamiento eléctrico. Caracas, Venezuela. 1997, pp. 138-143.
6. Hugh J., Christian Richard J. Blakeslee Steven J., Goodman Douglas A., Mach2 Michael F., Stewart Dennis E., Buechler William J., Koshak John M., Hall William L., Boeck Kevin T., Driscoll and Dennis J.: Boccippio. The lightning imaging sensor. NASA Report, 1999.
7. Hugh J. Christian Richard J., Blakeslee Dennis J., Boccippio William J., Koshak Steven J., Goodman Douglas M., Mach: Science Data Validation Plan For The Lightning Imaging Sensor (LIS). NASA Report. 2000.

8. Younes C., Torres H., Pérez E., Montaña J., Herrera J. and Gallego L. Vargas F.: A comparison between satellital and terrestrial lightning detection systems. Correspondencia personal del borrador preliminar para el evento ISH 2003.
9. Martínez Miguel, Ramírez Jorge, Hernández Andrés: Alternativas para la disminución de la tasa de salida por descargas atmosféricas en líneas de distribución. III Jornadas Latinoamericanas en Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico. Caracas, Venezuela, Octubre 1997, pp. 66-71.
10. Berger G.: Analisis of lightning impacts to ground in France - Comparison with data collected by lightning detection networks. VI Simposio Internacional de Protección contra descargas atmosféricas (SIPDA). Sao Paulo 2001, Brasil.
11. Torres H.: Curso Tutorial "Espacio y Tiempo en los parámetros del rayo". Medellín, Colombia, 1999.

Recibido el 07 de Mayo de 2003  
En forma revisada el 14 de Julio 2003