



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

INGENIERÍA GEOLÓGICA

“MAPAS DE AMENAZA VOLCÁNICA MEDIANTE SIMULACIONES DE CAÍDA  
DE TEFRA DEL VOLCÁN TELÍCA A PARTIR DEL ANÁLISIS DE PERFILES DE  
VIENTO DEL AÑO 2019”

SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO

Autores:

- Br. Héctor Bladimir Ugarte López 15044870
- Br. Jenifer Magdalena Coleman Rodríguez 15040843
- Br. Franklin Josué Palacio Alemán 15042559

Tutor: Msc. Francisco Espinoza Martínez

Asesor: PhD. José Armando Saballos

Asesor Metodológico: Msc. José Ignacio Díaz.

13 de julio de 2022

---

## DEDICATORIA

A la mujer que ha hecho posible mi formación, a mi madre **Patricia del Carmen López Ortiz.**

*Héctor Bladimir Ugarte López*

---

## DEDICATORIA

A **Dios** todopoderoso, que me brindó sabiduría y entendimiento, que siempre ha guiado mi camino, que me mantiene firme en mis objetivos y me da lo justo en el momento perfecto, como él.

A mi Madre **Mirna del Carmen Rodríguez Gonzales**, que creyó en mí, que con su amor, consejos y apoyo incondicional me ha enseñado que siempre se puede lograr lo que se quiere con mucho esfuerzo.

A mi Padre **Gedeón Theodore Coleman Castillo** (Q.E.P.D), quién despertó en mí, la curiosidad por la geología y siempre me alentó a dar lo mejor y no darme por vencida, hoy puedo asegurar que este fue su legado y él no lo supo.

A mi hermana **Neydira Ingrid Coleman Rodríguez**, que confió en mí, me alentó a ir por mis sueños y me brindó su apoyo para llegar hasta este momento tan anhelado.

Y a mi hermano **Gedeón Junior Coleman Rodríguez** por ser parte de mi motivación para culminar esta etapa, por enseñarme a ser mejor persona desde una perspectiva diferente y no dejarnos vencer en momentos de adversidad.

*Jenifer Magdalena Coleman Rodríguez*

---

## DEDICATORIA

Lo dedico primeramente a mi **Dios** y Señor Jesucristo por haberme brindado la vida, salud, sabiduría y capacidad de perseverar en mi sueño, de ser un profesional con buenos principios bíblicos y morales; y por ser mi proveedor de las cosas que he necesitado y por afirmar mis metas.

A toda mi familia por darme el apoyo necesario y motivarme siempre a perseguir mis objetivos y colaborar económica y materialmente en mis estudios, entre los cuales destacan, mi hermana: **Lesbia Nohemí García Alemán**; mi papa, **Ángel García Pérez**; mi mama, **Cándida Rosa Alemán** y mi cuñado **Jairo Gutiérrez**. Todos mis familiares fueron y han sido esenciales en suplir mis necesidades.

A mis amistades de mi comunidad y a mis compañeros de la carrera de geología que también me motivaron, me brindaron su mano generosa, confianza y cariño.

Al cuerpo docente por comprender mis dificultades y saber apreciar mis habilidades intelectuales y valores morales.

*Franklin Josué Palacios Alemán*

---

## *Agradecimientos*

A **Dios**, por darnos el don de la vida y derramar su espíritu en nosotros a lo largo de nuestro camino, permitiendo así, enfrentar todas las adversidades y culminar esta etapa.

A **nuestros padres**, por brindarnos el apoyo y motivación incondicional, siendo ejemplos de sacrificio y entrega por nuestra formación de vida y académica.

Agradecemos de manera especial, a nuestro asesor, **PhD en vulcanología, José Armando Saballos**, por su valioso aporte en la realización de esta investigación, brindando su tiempo, dedicación, y sobre todo por su humildad, demostrando su amor por la ciencia al compartir sus conocimientos.

A nuestros tutores, **Msc. Gema Velásquez** por brindarnos su tiempo, consejos y acompañamiento desde el inicio de nuestra investigación, al **Msc. Francisco Espinoza** y al asesor metodológico, **Msc José Ignacio Díaz**, por sus observaciones para culminar este trabajo.

A nuestra Alma Mater **Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua “RURD”** y a **nuestros maestros** en general que fueron parte fundamental en nuestra formación profesional.

Muchas gracias, sin ustedes esto no sería posible.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN MANAGUA

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA**

Managua, 11 de Julio, 2022

**Msc. Elim Campos**  
Director  
Departamento de Tecnología  
Presente

Estimado Msc. Campos

El motivo de la presente es para comunicarle que he dirigido y revisado al trabajo de Seminario de Graduación elaborado por los Brs.: **Jenifer Magdalena Coleman Rodríguez, Héctor Bladimir Ugarte López y Franklin Josué Palacio Alemán** de la carrera de Ingeniería Geológica de la UNAN-Managua. Dicho trabajo lleva por título **"Mapas de amenaza volcánica mediante simulaciones por caída de tefra del volcán Telica, a partir del análisis de perfiles de viento del año 2019"**.

Dado lo anterior, ratifico que dicho trabajo contiene conocimientos que son científicamente aceptados y técnicamente prácticos, enmarcados en el tema.

Sin más a que referirme, me despido deseándoles éxitos en sus labores diarias,  
Atentamente

**Msc. Francisco Espinoza Martínez**  
Docente de la carrera de Ing. Geológica  
Departamento de Tecnología  
Facultad de ciencias e Ingeniería

*¡A la libertad por la Universidad!*



Rotonda Universitaria Rigoberto López Pérez, 150 metros al Este. | Recinto Universitario "Rubén Darío"  
Cod. Postal 663 – Managua, Nicaragua | Telf.: 2278 6769 / Ext: 6008 | www.unan.edu.ni

---

## RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo principal proponer mapas de amenaza volcánica mediante simulaciones por caída de Tefra del volcán Telíca a partir del análisis de perfiles de viento del año 2019. Ubicado en el departamento de León, municipio de Telíca. Para concretar este objetivo principal se plantearon los siguientes objetivos específicos que implicaron analizar los perfiles de vientos del volcán Telíca a lo largo del año 2019 con un comportamiento meteorológicamente estable, para posteriormente, simular la dispersión de la Tefra volcánica durante cada mes del año 2019 con el software Tephra 2 con un índice de explosividad volcánica de 2 y 4, y finalmente, desarrollar información que contribuya a fortalecer los planes de gestión de riesgos volcánicos, de manera que permita elaborarlos a mayor detalle.

La investigación se desarrolló a partir de la compilación de información y datos del volcán Telíca. Primeramente a través de la recolección de datos numéricos mediante sondeos de vientos semanales del volcán Telíca, que permitieron conocer las diferentes velocidades según la altura, posteriormente se generaron rosetas de viento, histogramas 3D y los perfiles de viento en función de las variables múltiples como la velocidad, altura y dirección del viento, de forma que, se logró observar los diferentes patrones de dispersión para su análisis y descripción. Por consiguiente, se procesaron los perfiles de viento con el software Tephra 2 obteniendo los mapas de Isopacas. Por último, se digitalizaron con la ayuda del software ArcGis 10.5, logrando como resultados las simulaciones de dispersión de tefra.

En conclusión, de acuerdo a su índice de explosividad, la dispersión se da mayormente hacia el Oeste del volcán Telíca, afectando diferentes poblados, en su mayoría, los más cercanos al volcán.

Palabras Claves: Geología, Vulcanología, Caída de Tefra, Volcán Telíca, Simulación computacional, Tephra 2.

---

## INDICE DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
<b>6.</b>	<b>LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>7</b>
<b>7.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
7.1.	Marco tectónico de Centroamérica y Nicaragua .....	12
7.2.	Geología Regional de Nicaragua .....	15
7.3.	Provincia de la Depresión de Nicaragua .....	15
7.4.	Geología Local .....	17
<b>7.5.</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>35</b>
<b>9.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>36</b>
9.5.	Tipo de Estudio .....	36
9.6.	Área de estudio.....	36
9.7.	Universo y Muestra .....	36
9.6.	Métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	38
9.7.	Procedimientos para la recolección de datos .....	38
9.6.	Plan de análisis y procesamiento de los datos.....	45
<b>10.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>11.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>88</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>90</b>
<b>13.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>92</b>
<b>14.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>93</b>
<b>15.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>96</b>

---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índice de explosividad volcánica.....	29
Tabla 2. Matriz de la Operacionalización de las Variables .....	37
Tabla 3. Parámetros eruptivos de entrada para IEV 2 en TEPHRA 2 .....	42
Tabla 4. Parámetros eruptivos de entrada para IEV 4 en TEPHRA 2 .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	7
Figura 2. Mapa de vías de acceso al volcán Telica.....	9
Figura 3. Bosquejo de configuración Regional de Nicaragua .....	13
Figura 4. Mapa morfológico de la provincia de la depresión de Nicaragua .....	14
Figura 5. Mapa de provincias geológicas de Nicaragua .....	19
Figura 6. Mapa de ubicación del Volcán Telica en el complejo volcánico Telica .....	17
Figura 7. Estadística de erupciones más relevantes por décadas .....	18
Figura 8. Historial eruptivo del volcán Telica según índice de explosividad volcánica .....	19
Figura 9. Ilustración de Erupción estromboliana.....	27
Figura 10. Ilustración de Erupción sub pliniana .....	28
Figura 11. Columnas eruptivas según el tipo de erupción. ....	29
Figura 12. Clasificación según el tamaño de los fragmento de tefra.....	31
Figura 13. Dispersión de tefra según el tamaño de sus fragmentos.....	31
Figura 14. Perfil de viento .....	34
Figura 15. Ingreso de coordenadas en Air Resources Laboratory para recolección de datos de sondeos de viento .....	39
Figura 16. Selección del sistema operativo para interpolar datos de sondeos viento por semanas .....	39
Figura 17. Selección de periodo semanal para obtención de datos de sondeo de vientos ...	40
Figura 18. Selección de parámetros para obtención de datos de sondeo de vientos semanales .....	40
Figura 19. Selección de datos de sondeo de vientos semanales .....	41

---

Figura 20. Procedimiento de recolección selección de archivo de viento .....	44
Figura 21. Procesamiento de archivo de salida de TEPHRA 2 para ArcGis .....	45
Figura 22. Perfil de viento del mes de enero, 2019 .....	46
Figura 23. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Enero .....	48
Figura 24. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Enero .....	49
Figura 25. Perfil de viento del mes de febrero, 2019.....	50
Figura 26. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Febrero. ...	51
Figura 27. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Febrero. ..	52
Figura 28. Perfil de viento del mes de marzo, 2019. ....	53
Figura 29. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Marzo. ....	54
Figura 30. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Marzo. ....	55
Figura 31. Perfil de viento del mes de abril, 2019. ....	56
Figura 32. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Abril .....	57
Figura 33. Mapa de amenaza por caída de tefra del Volcán Telíca con IEV 4 - abril.....	58
Figura 34. Perfil de viento del mes de mayo, 2019. ....	59
Figura 35. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Mayo.....	60
Figura 36. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Mayo.....	61
Figura 37. Perfil de viento del mes de junio, 2019. ....	62
Figura 38. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Junio .....	63
Figura 39. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Junio .....	64
Figura 40. Perfil de viento del mes de julio, 2019. ....	65
Figura 41. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Julio .....	66
Figura 42. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Julio .....	67
Figura 43. Perfil de viento del mes de agosto, 2019. ....	68
Figura 44. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Agosto .....	69
Figura 45. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Agosto .....	70
Figura 46. Perfil de viento del mes de septiembre, 2019. ....	71
Figura 47. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Septiembre .....	72
Figura 48. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Septiembre .....	73

---

Figura 49. Perfil de viento del mes de octubre, 2019. ....	74
Figura 50. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Octubre ....	75
Figura 51. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Octubre ....	76
Figura 52. Perfil de viento del mes de noviembre, 2019. ....	77
Figura 53. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Noviembre .....	78
Figura 54. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Noviembre .....	79
Figura 55. Perfil de viento del mes de diciembre, 2019. ....	80
Figura 56. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Diciembre	81
Figura 57. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Diciembre	82
Figura 58. Roseta de viento anual.....	83
Figura 59. Perfil de viento anual.....	84
Figura 60. Histograma Bivariable anual de dirección del viento. ....	85
Figura 61. Histograma Bivariable anual de velocidad del viento. ....	86
Figura 62. Histograma Bivariable de elevación versus velocidad del viento en todo el año .....	87

## 1. INTRODUCCIÓN

La caída de tefra está asociada a los principales peligros volcánicos de mayor amenaza, por su extensión y áreas de mayor afectación. Aunque existen estudios de peligrosidad volcánica de manera general, los estudios que involucran mapas de amenaza por caída de tefra son escasos y resultan muy útiles, pues involucran la probabilidad de ocurrencia de un evento eruptivo dentro de un período específico de tiempo y dan a conocer las áreas de afectación en menor y mayor escala. El estudio de la dispersión de tefra en relación a la altura, velocidad y dirección del viento, también expone el comportamiento de la caída de la misma.

Las simulaciones computacionales son una gran alternativa para la creación de escenarios eruptivos por caída de tefra, ya que permiten principalmente orientar y mitigar a los poblados con mayor amenaza y evaluar los planes de ordenamiento territorial.

En el presente trabajo se abordan dos escenarios eruptivos con índice de explosividad volcánica 2 e IEV 4 del volcán Telíca, mediante mapas de Isopacas generados en la herramienta de simulación computacional TEPHRA 2, a partir de perfiles de viento del año 2019 y modelados en el software ArcGis, obteniendo como resultado los mapas de amenaza volcánica por caída de tefra del volcán Telíca, donde se analizaron y describieron cada uno de ellos, logrando finalmente, conocer las variaciones en la dispersión de la columna eruptiva, los municipios afectados, los espesores de tefra, rangos de alcances y así mismo, una comparativa de afectaciones entre las magnitudes abordadas del volcán.

El volcán Telíca se caracteriza por presentar grandes y continuas explosiones de tefra volcánica desde 1950, donde no existen estudios geológicos acerca de la caída de tefra tomando en cuenta un factor meteorológico como el viento y sus variables. Por eso, se deliberó realizar este estudio y generar información que contribuya al desarrollo y fortalecimiento de los planes de gestión de riesgos volcánicos, y como aporte a la comunidad científica y estudiantil siendo base para realizar futuras investigaciones.

## 2. ANTECEDENTES

No existen estudios que brinden a detalle información de la dispersión y caída de tefra del volcán Telíca tomando en cuenta factores meteorológicos como el viento, sin embargo, existen trabajos previos de carácter regional que describen el área de estudio, estos se mencionarán a continuación en orden cronológico, del más antiguo al más reciente:

Con referencia al Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) y Servicio Geológico Checo (CGU), 2000. Realizaron una evaluación completa de estructuras geológicas en la zona de la Cadena Volcánica de Nicaragua y “*evaluación de las amenazas naturales en los alrededores de las ciudades del Pacífico de Nicaragua*”, y concluyen, con respecto al volcán Telíca, que la ceniza se mueve, por la dirección del viento, generalmente hacia el SW, amenazando así la ciudad de Chinandega y sus alrededores. Este trabajo se relaciona con esta investigación, puesto que el estudio da a conocer de manera general, la dirección del desplazamiento de la ceniza con respecto a rumbo del viento y alguno de los poblados eventualmente afectados.

En cuanto a la Comisión Nacional de Energía (CNE), 2001. “*Plan maestro geotérmico de Nicaragua, evaluación del área del volcán Telíca – El ñajo*”, consiste en una valoración para la instalación de una planta geotérmica, en el que asocian el riesgo volcánico por caída de ceniza y lapilli, con las erupciones efusivas o explosivas, de moderada a intensa, identifica el riesgo en los sectores del occidente del centro de emisión, donde los vientos predominantes del E tienden a transportar la mayoría de los productos piroclásticos. El CNE concluye que, para el área de estudio, la caída de ceniza, lapilli y escoria sería limitada, ya que los vientos predominantes tienden a transportar estos productos hacia el W y NW, mientras que la zona de interés se ubica al NE del cráter. Esta investigación aporta al trabajo actual información que demuestra, que en ciertos sectores predomina más la afectación de caída de tefra que en otros, esto relacionados directamente con la forma en que se transporta y se dispersa la tefra volcánica.

Por su parte, Novák, Z., y Prichystal, A. (2006). Realizó un estudio titulado “*El área del volcán Telíca (Nicaragua) y sus peligros geológicos*” donde define al volcán Telíca como un volcán máfico, lo que significa que sus productos eruptivos generalmente contienen

menos del 57% en peso de Sílice. Explica, además, que, aunque las erupciones máficas tienden a ser de menor volumen que las erupciones silíceas, generalmente ocurren con más frecuencia y pueden durar muchos meses o años. También establece que los principales peligros de erupción del volcán Telíca son los flujos de lava, las caídas de tefra y los lahares. Este estudio permite conocer de manera general la dinámica del volcán, lo que explica las recurrentes explosiones y expulsión de tefra, además de definir los principales peligros del volcán Telíca.

Es necesario resaltar que Geirsson, H., Rodgers M., LaFemina P., et al, (2011). Realizaron un estudio titulado *“Observaciones multidisciplinarias de las erupciones explosivas de 2011 del volcán Telíca, Nicaragua: implicaciones para la dinámica de las erupciones de cenizas de baja explosividad”* en el cual considera al Telíca como un volcán persistentemente inquieto debido a su frecuente actividad eruptiva, además informa explosiones energéticas con columnas eruptivas de 200m a 2km, en las cuales explican, que el volumen del total del material eruptivo fueron difíciles de estimar con precisión porque las emisiones de ceniza fueron individualmente de pequeño volumen distribuidas en el tiempo durante los periodos eruptivos y dispersas en diferentes sectores del complejo volcánico debido a las direcciones variables del viento. Esta investigación demuestra las constantes emisiones de ceniza del volcán y nos brinda información de cómo se dispersa en diferentes sectores debido a los cambios en las direcciones del viento.

Así mismo, el Sistema Nacional para la Prevención Mitigación y Atención a Desastres (SINAPRED), 2019. *“Plan de Respuesta Integral Complejo Volcánico Telíca”* identifica una serie de amenazas, que se caracterizan por explosiones de gases y ceniza de intensidad baja a intermedia cada varios meses, y en ocasiones con expulsión de balísticos hasta 1 km de distancia, considerando al complejo volcánico Telíca como riesgo para la población, en índice de explosividad 2. La investigación se relaciona con el presente trabajo puesto que contiene información de las principales amenazas que presenta el complejo volcánico Telíca presentes en periodos de tiempos relativamente constantes y en la cual definen la magnitud de las erupciones volcánicas en VEI 2.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los volcanes presentan una serie de amenazas directas e indirectas, entre las que se encuentran: coladas de lava, flujos piroclásticos, emanaciones de gases, lahares, avalanchas y caída de tefra. En erupciones explosivas, el magma que asciende a superficie, genera enormes explosiones, arrojando grandes cantidades de rocas y partículas, donde el tamaño del material puede variar desde partículas muy finas que ascienden con mayor facilidad hasta el punto más alto de la columna eruptiva, hasta grandes bloques que desarrollan trayectorias balísticas. Dependiendo de la magnitud de la explosión, las rocas de mayor tamaño pueden alcanzar pequeñas distancias hasta varios kilómetros desde el centro emisor.

Los depósitos de caída de tefra cubren la superficie del terreno con una capa de espesor casi uniforme. Los cambios en la energía de la columna eruptiva, la composición del material emitido, la dirección y velocidad del viento producen variaciones en el patrón de dispersión de la tefra. Esto representa una amenaza directa para la salud de los seres vivos, daños en la infraestructura, además, deja en suspensión partículas de grano fino, en el agua y en el aire, transportando gases nocivos, ácidos y sales (Granados, 2002). En algunos casos puede alterar el clima del planeta Tierra por lapsos de hasta unos pocos años.

El volcán Telíca ha sido una de las estructuras volcánicas más activas de Nicaragua en los últimos cien años, cuya actividad predominante ha sido la expulsión de tefra con diferentes magnitudes y, por ende, diferentes cantidades de tefra. Este volcán, recientemente, ha afectado las comunidades más aledañas, dejando cuantiosas pérdidas económicas en el sector agrícola y ganadero, con afectaciones en la salud tanto para los ciudadanos como a sus animales. A pesar de la recurrente expulsión de tefra volcánica, no existe hasta el momento, un estudio dedicado a la evaluación de la dispersión de la Tefra para los diferentes meses del año, que incluya un factor climático como el viento, ya que influye al momento de la actividad volcánica y afecta directamente en la toma de decisiones, una posible evacuación y al plan de ordenamiento territorial.

¿El estudio a detalle de la dispersión de tefra es una fuente importante de información que permite el desarrollo de planes de contingencia y de respuestas ante esta amenaza volcánica?

#### 4. JUSTIFICACIÓN

La caída de tefra provoca muchos efectos negativos, en especial, en las zonas de afectación por la ceniza, como: daños en asentamientos poblacionales, colapso de techos, interrupción de vías de comunicación, daños en agricultura, ganadería, afectación en la calidad del aire y agua, y amenaza en la navegación aérea (A. Folch., 2008).

Telíca es uno de los volcanes más activos de Nicaragua, que registra actividad volcánica en los últimos años, predominando la caída de tefra, que ha dejado grandes daños en zonas aledañas. Por esta razón, el estudio de la caída de tefra y evaluación de dispersión de la misma, es de suma importancia para los diferentes actores de la sociedad organizada, sector agrícola y entidades del gobierno encargadas de la toma de decisión, planificación territorial y elaboración de planes de emergencia ante una erupción volcánica.

Para ello, se realizó una simulación de caída de tefra a través del software de Tephra 2, donde fue preciso analizar los perfiles de vientos del volcán Telíca que representan la variabilidad del viento a lo largo del año 2019, siendo este un año meteorológicamente estable, permitiendo obtener los resultados de la simulación computacional de mapas correspondientes a cada mes, esta herramienta nos permitió la elaboración de mapas de amenaza por caída de tefra.

Actualmente, es importante para la sociedad contar con sistemas que permitan prever los fenómenos naturales. Esta investigación permitió conocer nuevas metodologías para la recolección, análisis y desarrollo de temas de interés para la comunidad universitaria y ampliar los aportes teóricos y prácticas académicas en futuras investigaciones.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo General:

Proponer mapas de amenaza volcánica mediante simulaciones por caída de Tefra del volcán Telíca a partir del análisis de perfiles de viento del año 2019.

### 5.2. Objetivos Específicos:

1. Analizar los perfiles de vientos del volcán Telíca a lo largo del año 2019 con un comportamiento meteorológicamente estable.
2. Simular la dispersión de la Tefra volcánica durante cada mes del año 2019 con el software Tephra 2 con un índice de explosividad volcánica de 2 y 4.
3. Desarrollar información que contribuya a fortalecer los planes de gestión de riesgos volcánicos, de manera que permita elaborarlos a mayor detalle.

## 6. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El volcán Telíca se encuentra ubicado en el municipio de Telíca, a 112 km al Noroeste de la ciudad de Managua y a 10 km al Norte del Departamento de León. Este limita al Norte: municipio de Villa Nueva, al Sur: Departamento de León, al Este: Municipio de Malpaisillo y al Oeste: Departamento de Chinandega.

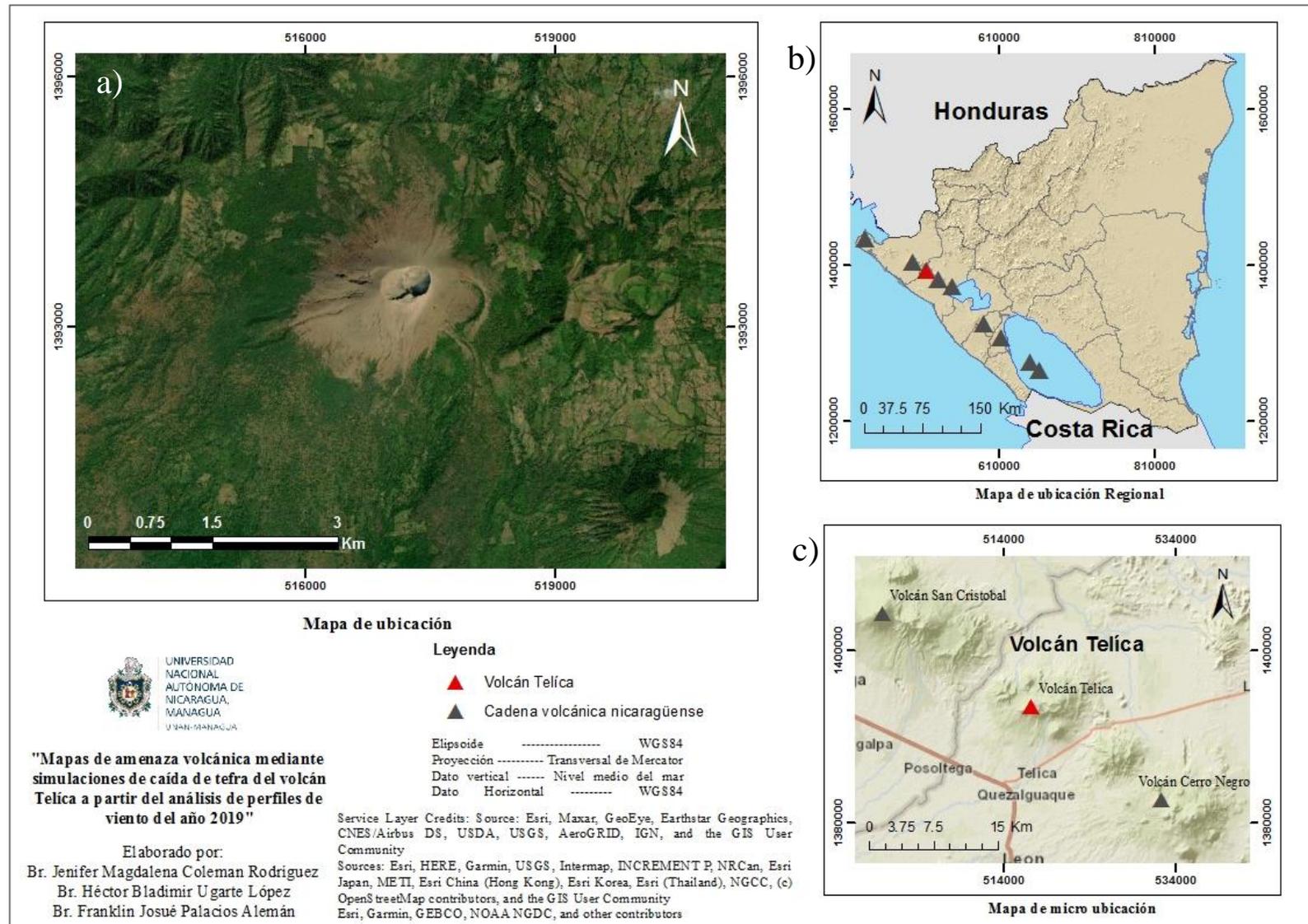
El volcán Telíca forma parte de la cadena volcánica de Nicaragua, es un estratovolcán con una altura de 1036 metros sobre el nivel del mar (Global Volcanism Program, 2013), ubicado en las coordenadas datum 517106.1 E - 1393521.4 N (*figura 1*).

### 6.1. Vías de Acceso:

Como vía principal, saliendo por la carretera Panamericana hacia carretera vieja a León 12/NIC-3 que conecta a Managua con la cabecera departamental de León y ésta, con el municipio de Telíca y con las otras ciudades del occidente de nuestro país, esta carretera cruza la planicie Sur del complejo volcánico Telíca.

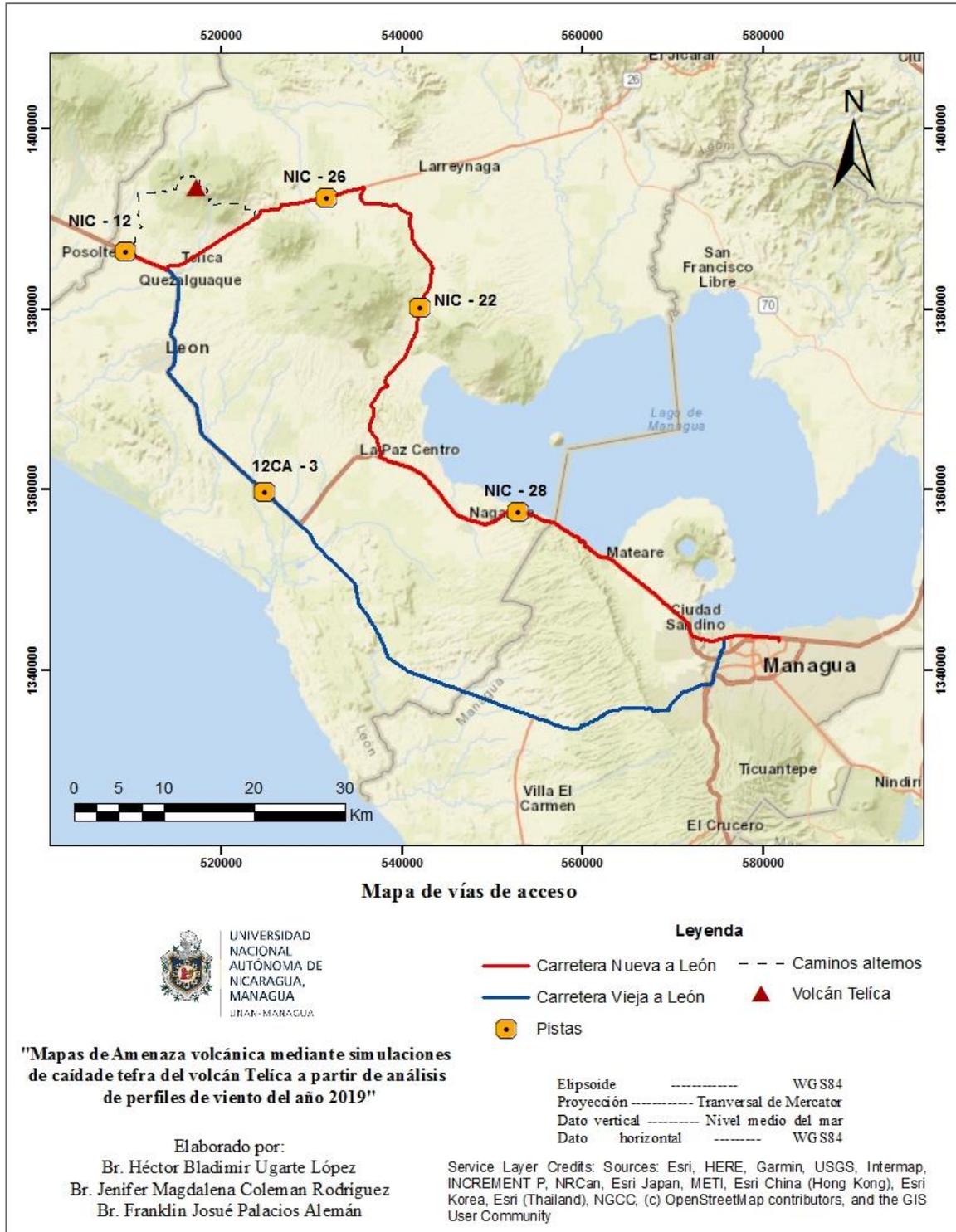
Otra vía de acceso es la carretera panamericana hacia Carretera Nueva a León NIC – 28 tomando NIC – 22 hacia Malpaisillo, posterior a mano derecha la carretera NIC-26 que recorre a lo largo de toda la planicie sureste del complejo volcánico pasando por el poblado de San Jacinto (*figura 2*).

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio



Mapa de localización del área de estudio donde se observa: a) Volcán Telica. b) Mapa de ubicación Regional. Y c) Mapa de micro ubicación

Figura 2. Mapa de vías de acceso al volcán Telica



Mapa de vías de acceso al volcán Telica que comprende las pistas Nic-28, Nic-22, Nic-26 como carretera Nueva a León y la pista 12CA-3 como carretera vieja a León, tomando la pista Nic-12 desde el municipio de Telica hacia el Volcán Telica.

## 6.2. Generalidades del área

- **Población**

Las laderas del complejo volcánico Telíca son poco pobladas, pero en el sector Noreste, existen comunidades dispersas que se dedican a la agricultura y ganadería para su subsistencia. Algunas de estas comunidades, como Agua Fría y El Ojochal, se ubican en zonas con elevaciones entre los 600 y 800 metros sobre el nivel del mar.

En la base de la ladera Norte del volcán Telíca y en sus planicies aledañas se localizan varias comarcas rurales que últimamente han tenido un incremento en su población, estos centros poblados comprenden El Cortejal, Piedras Quemadas, San Rafael y Las Marías. A lo largo de las principales vías de comunicación se encuentra el pueblo de San Jacinto, ubicado en la base de la ladera Sureste del macizo volcánico y la Colonia Cristo Rey, ubicada en la base occidental del Volcán Telíca. Al Este se localizan las comarcas La Cruz, San Pedro y El Zapote que son las más cercanas al volcán Telíca (CNE., 2001).

La población ubicada en la base de la ladera septentrional del volcán Telíca y en las planicies aledañas La Sirena, El Zapote, Las Marías, y Las Quemadas fueron impactadas fuertemente por el huracán Mitch en 1998. Recientemente estas poblaciones fueron reubicadas en un nuevo asentamiento, construido al Oeste del El Cortezal, denominado La Unión (CNE., 2001).

La ciudad de Telíca, cabecera municipal, se encuentra unos 10 kilómetros al sur de la cumbre del Volcán Telíca y tiene aproximadamente 5,000 habitantes. La población total del municipio es de 22,779 habitantes, de los cuales 4,399 (19.3%) viven en la zona urbana de la ciudad de Telíca, y 2,068 (9.1%) en el poblado de San Jacinto. Los Restantes 16,281 (71.5%) habitan en pequeñas comunidades y esparcidas en las zonas rurales alrededor y en las laderas del macizo volcánico (CNE., 2001).

- **Uso de la tierra**

El uso de la tierra es principalmente de tipo agrícola alrededor del complejo volcánico Telíca. Durante la década de 1960 y 1970, la mayoría de la zona tuvo un auge en el cultivo de algodón, en la actualidad se cultiva principalmente maíz, sorgo, soya, ajonjolí y maní, de

los cuales, en zonas morfológicamente más adecuadas y accesibles son cultivados con tecnología agroindustriales en propiedades de medianas a grandes extensiones. Algunos sectores han tenido un incremento en la ganadería.

En la reserva natural, a elevaciones superiores a 300 metros sobre el nivel del mar, el 59% de la superficie corresponde a zonas con vegetación natural; El 7.5% corresponde a coladas lávicas, depósitos de arena y deslaves; El 31% está ocupado por pastizales y maleza, y el 2.5% por zonas cultivadas (FUNDENIC-SOS, 1999).

- **Clima**

El área se ubica entre las isoyetas correspondientes a 1600 y 1700 mm de precipitación media anual y se caracteriza por precipitaciones esencialmente concentradas en la estación lluviosa, entre mayo y octubre. La temperatura media anual es de 27°C y disminuye aproximadamente 1°C cada 150 m de elevación en los relieves volcánicos.

Con respecto al viento, los únicos datos disponibles son aquellos registrados en las estaciones meteorológicas de Chinandega y de León, para las cuales existen respectivamente datos registrados en el periodo 1966-1999, y en el periodo 1980-1999. En Chinandega, unos 35 km al Oeste-Noroeste del volcán Telíca, el viento sopla predominantemente desde el Norte, con variaciones desde el Suroeste en el periodo entre febrero y mayo y desde el Este en el mes de Julio. En León, ubicada unos 20 km al Suroeste, la dirección del viento es variable en el año entre los cuadrantes Noreste, Este, Sureste, aunque en promedio prevalezcan vientos que soplan desde el Este (FUNDENIC-SOS, 1999).

Los meses más afectados por el viento son enero, febrero y marzo. La velocidad media del viento varía en el año entre 1.2 m/s (en octubre – noviembre) y 2.3m/s (en marzo) en Chinandega, y entre 1.4 m/s (noviembre) y 2.6 m/s (febrero) en León. La velocidad máxima del viento en el periodo de registro es de 7.6m/s en Chinandega y de 5.7 en León.

## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1. Marco tectónico de Centroamérica y Nicaragua

América Central se localiza en la Placa Caribe, que a su vez se ubica entre las Placas de Norteamérica, Cocos, Nazca y Sudamérica (Case, 1984). La interacción de la triple convergencia de las Placas Norteamérica, Cocos y Caribe da como resultado el vulcanismo de Centroamérica formando así la cordillera volcánica centroamericana, que se extiende unos 1500 kilómetros desde Guatemala hasta Panamá (Dengo G. y., 1991).

Centroamérica está dividida en tres bloques tectónicos: Bloque Chortis, Bloque Chorotega y Bloque Maya. Estos se diferencian entre sí por el tipo de basamento geológico en cada uno de ellos (Dengo G. , 1985).

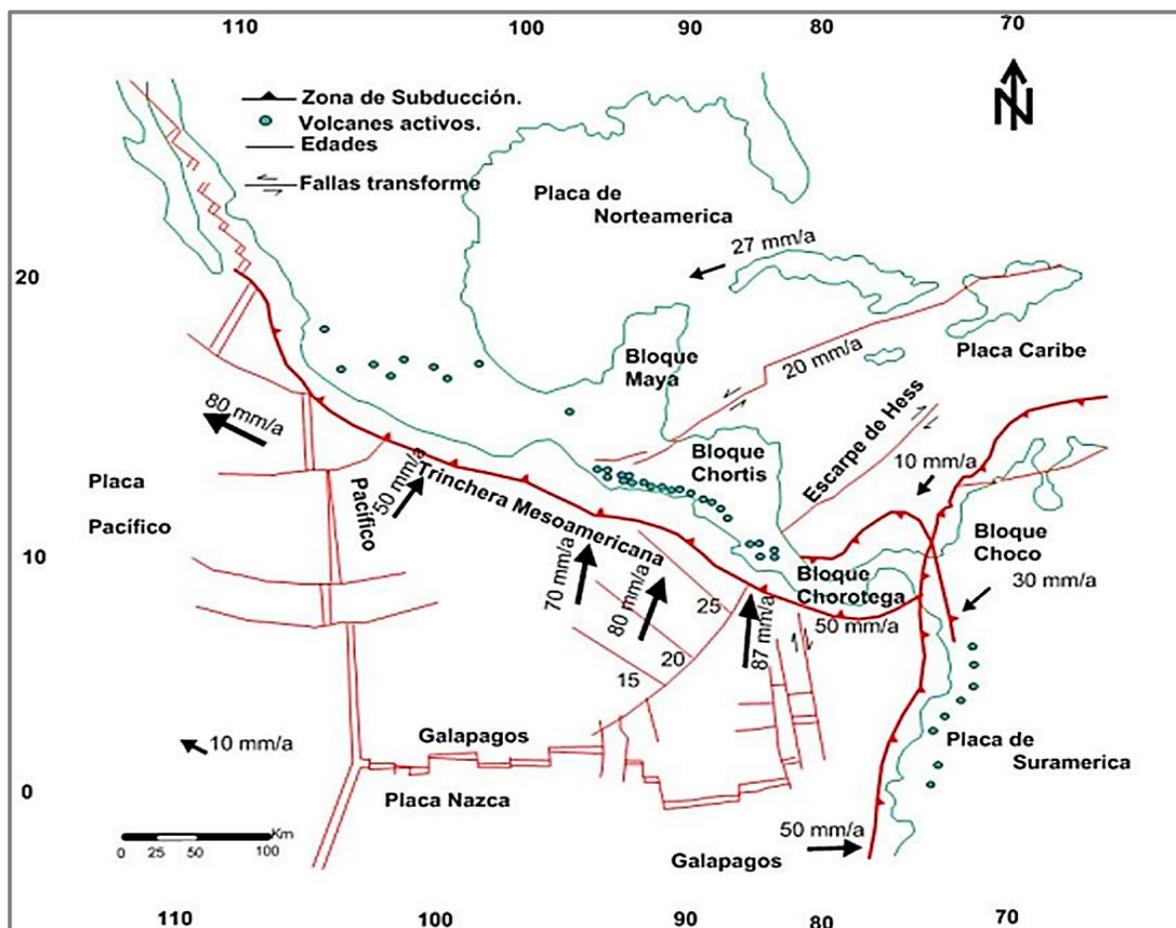
El borde Oeste de la Placa Caribe está representado por la Fosa Mesoamericana donde ocurre la subducción entre las Placas Cocos y Caribe, con una profundidad de 4.0 a 5.0 km y donde sus límites actuales están marcados por la distribución de la actividad sísmica. Nicaragua se ubica en el margen oeste de la placa Caribe (Molnar, 1969). La dirección de subducción de la placa de Cocos por debajo del margen Pacífico de la placa Caribe, es ligeramente oblicua respecto al límite de placa que subduce con una inclinación de 25° en la parte superficial y 84° a profundidades de 100 y 220 km (Burbach, 1984).

Según (Frischbutter, 2002), Las velocidades estimadas de subducción varían de 70 a 80 mm/año. Como consecuencia de esta subducción se origina la Depresión de Nicaragua, definida por una zona alargada y paralela a la Fosa Mesoamericana (*figura 3*).

La depresión Nicaragüense es una de las estructuras morfológico-tectónica que forma parte de la zona Marginal Pacífica de Centro América con rumbo NO-SE que se extiende desde el golfo de Fonseca hasta desaparecer en la Planicie costera del Atlántico de Costa Rica. Su extensión excede los 500 km, con un ancho promedio de 50km y una elevación variable entre los 35 y los 50 m.s.n.m (Weyl, 1980). Se encuentra bordeada por elevaciones de las rocas volcánicas de edad Terciario y planicie costera del Pacífico (Van Wyk de Vries, 1993).

Esta Depresión empezó a formarse a finales del Cenozoico, producto de los esfuerzos de tensión local que actúan en la cresta de un geoanticlinal. Como consecuencia de la compresión regional que existe sobre la Fosa Mesoamericana, a finales del Plioceno, en el extremo noroeste de la Depresión, inicia el vulcanismo que dio origen a la cadena volcánica nicaragüense, que se extiende desde volcán Cosigüina en el norte, hasta el volcán Maderas en el sur (McBirney, 1965). El fallamiento principal de esta zona consiste en fallas laterales izquierdas con rumbo noreste posiblemente generando una estructura de librero “bookshelf faulting” (La Femina, 2002). Este tipo de patrón podría ser una expresión inmadura del régimen tectónico lateral dextral. Donde las fallas R’ prevalecen como sugiere (Freund, 1974) (figura 4).

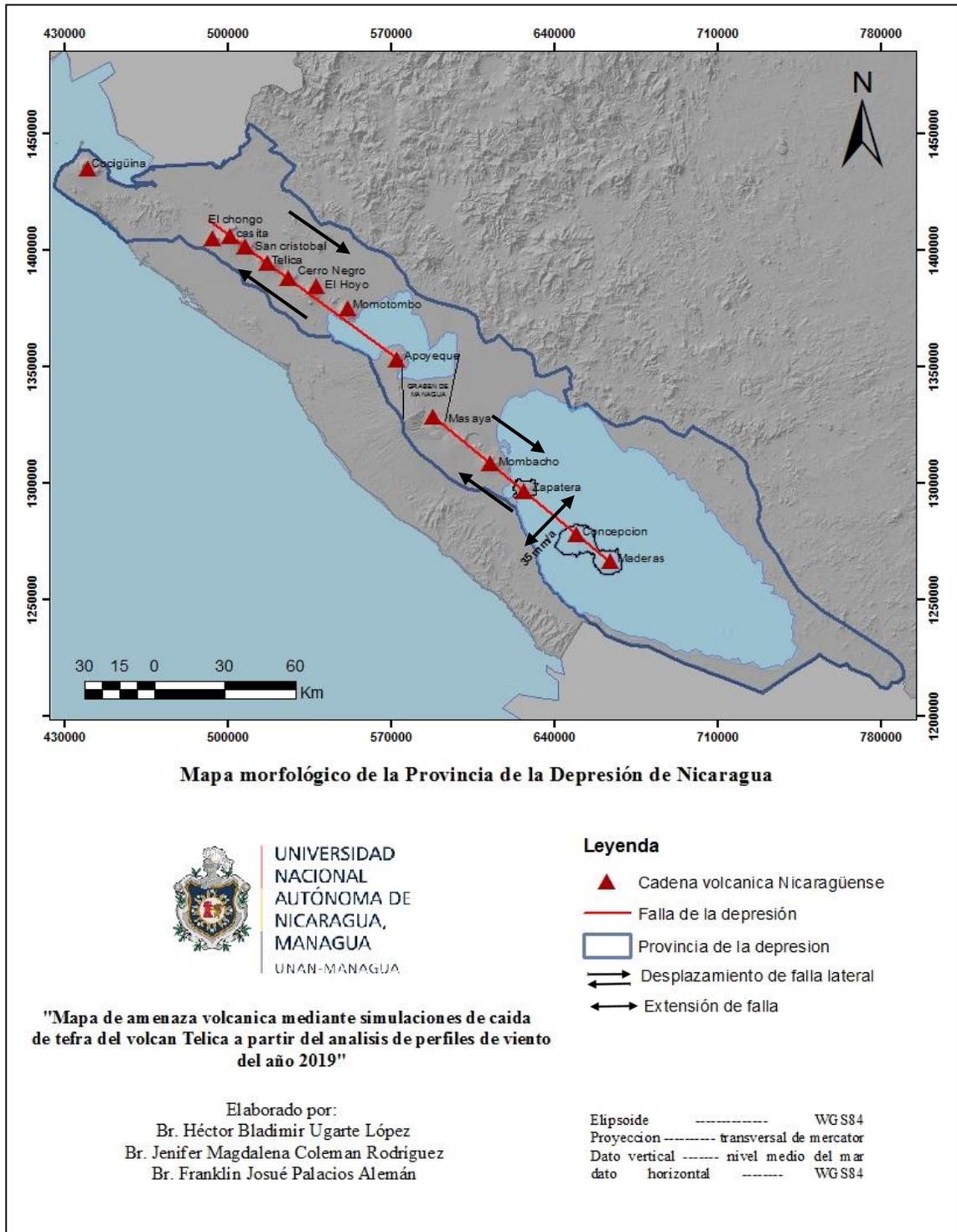
Figura 3. Bosquejo de configuración Regional de Nicaragua



Bosquejo de la configuración geológica regional de Nicaragua. Se muestra la cadena de volcanes activos (puntos), así como las velocidades promedio de deriva de las placas según su posición.

Elaborado por: (Frischbutter, 2002)

Figura 4. Mapa morfológico de la provincia de la depresión de Nicaragua



Mapa morfológico de la provincia de la depresión de Nicaragua con tectónica de Frischbutter, (2002)

## 7.2. Geología Regional de Nicaragua

La geología de Nicaragua se encuentra dividida en provincias geológicas, partiendo de su morfología, atributos estructurales y su diferente composición litológica. Un estudio realizado por (McBirney, 1965) divide a Nicaragua en cuatro Provincias Geológicas; posteriormente (Hodgson G. , 2000) agrega una provincia, quedando dividido el territorio nicaragüense oficialmente en cinco Provincias Geológicas: (*Figura 5*).

- a) Provincia de la Costa de Pacífico
- b) Provincia de la Depresión de Nicaragua o Graben de Nicaragua
- c) Provincia Central
- d) Provincia del Norte
- e) Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica

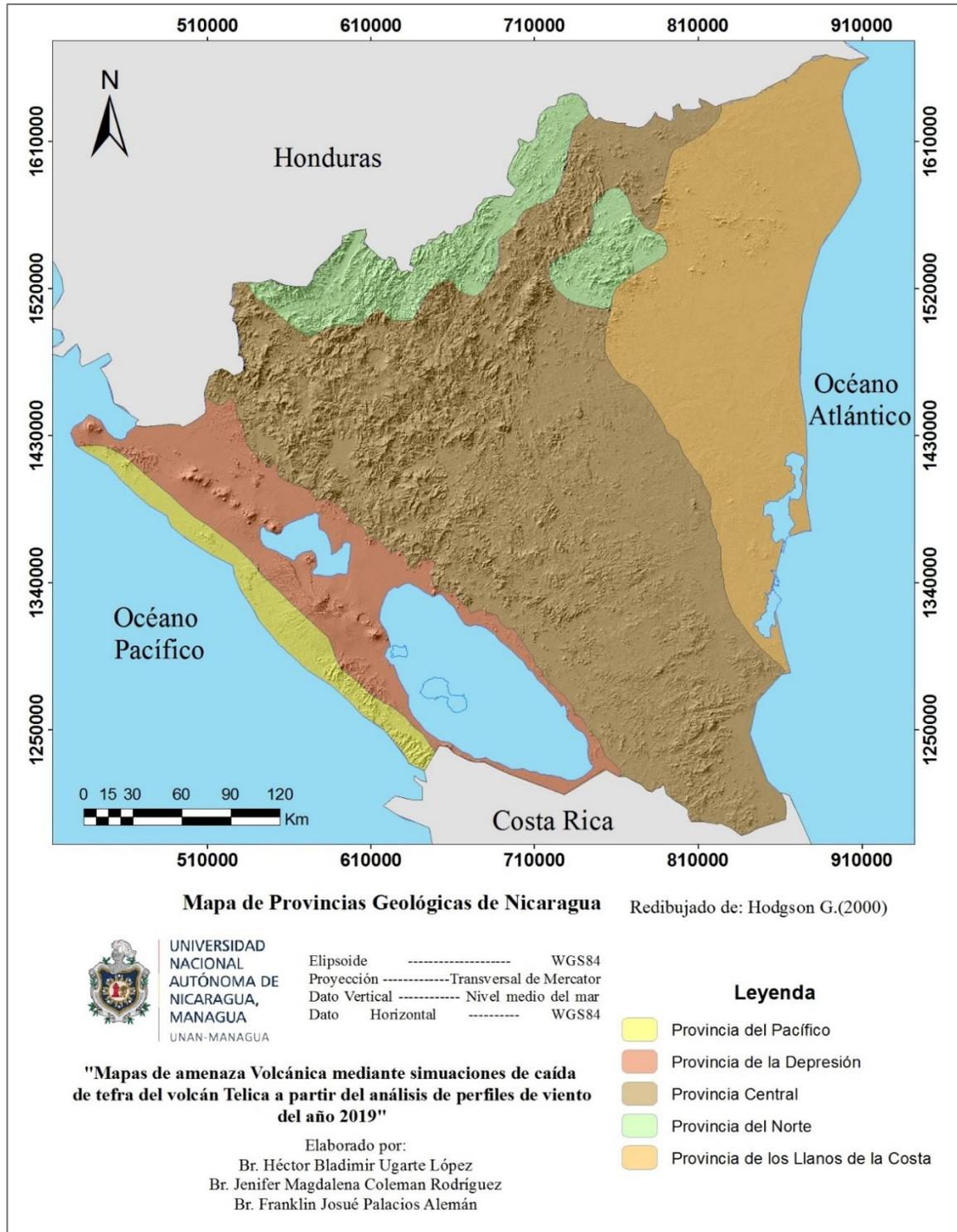
## 7.3. Provincia de la Depresión de Nicaragua

Esta provincia separa a la Provincia Geológica de la Costa del Pacífico de la Provincia Geológica Central. Consiste básicamente en una secuencia de rocas volcánicas cuaternarias producto de la cadena volcánica de la misma época geológica, interestratificadas con sedimentos aluviales donde el espesor de los depósitos es de aproximadamente 2000 m. (Kuang, 1971). Con más de 300 km de longitud y 70 km de ancho, atraviesa todo el Pacífico de Nicaragua, extendiéndose desde el golfo de Fonseca en el Noroeste, hasta la frontera con Costa Rica. Los materiales litológicos provienen del desmantelamiento de las estructuras marginales vecinas y de depósitos de origen volcánico como lapilli, cenizas y lavas de edad terciaria (Woodward, 1975).

Según (Kuang, 1971), en esta provincia predominan rocas piroclásticas extendidas de composición basáltica y andesítica, especialmente en la zona noroeste donde se caracterizan los depósitos básicos a intermedios que contienen olivino y / o piroxenos (hiperstena y augita).

En la parte sureste, desde el volcán Apoyeque hasta el volcán Maderas, también se encuentran importantes depósitos de pómez. Estos últimos depósitos se han asociado a la ocurrencia de calderas y erupciones freatomagmáticas (McBirney, 1965).

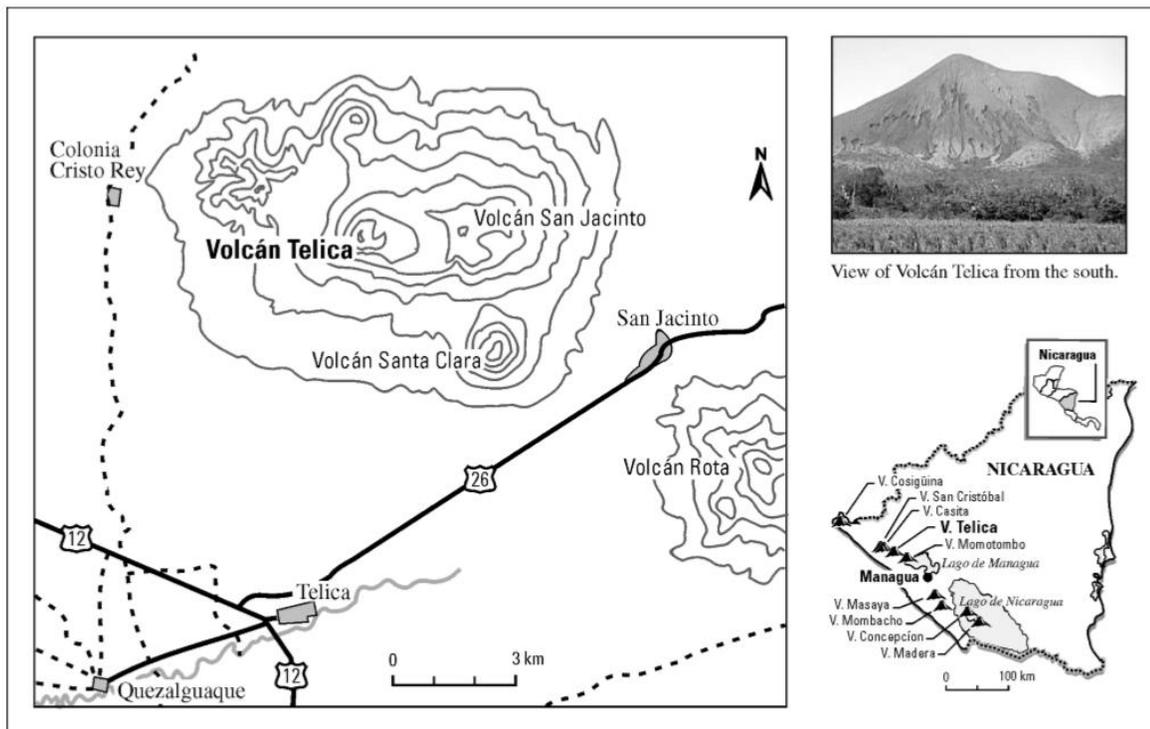
Figura 5. Mapa de provincias geológicas de Nicaragua



## 7.4. Geología Local

El volcán Telíca, al NE de Nicaragua, es un estratovolcán joven, de composición intermedia de magma, que se caracteriza por frecuentes erupciones explosivas de tipo freáticas a freatomagmáticas. Es uno de los volcanes desgasificadores de respiradero abierto más activo de composición basáltica – andesítica en el arco volcánico centroamericano (CAVA) (Robidoux, 2017). Sus erupciones intermitentes son de tipo estrombolianas a subplinianas y presentan emisiones de gases y expulsiones de ceniza volcánica. Este volcán pertenece a una serie de cráteres del complejo volcánico Telíca (*ver figura 6*), con tendencia E-W, su cono se encuentra muy inclinado, mostrando un cráter doble de 700 m de diámetro y 120 m de profundidad. (Global Volcanism Program, 2013).

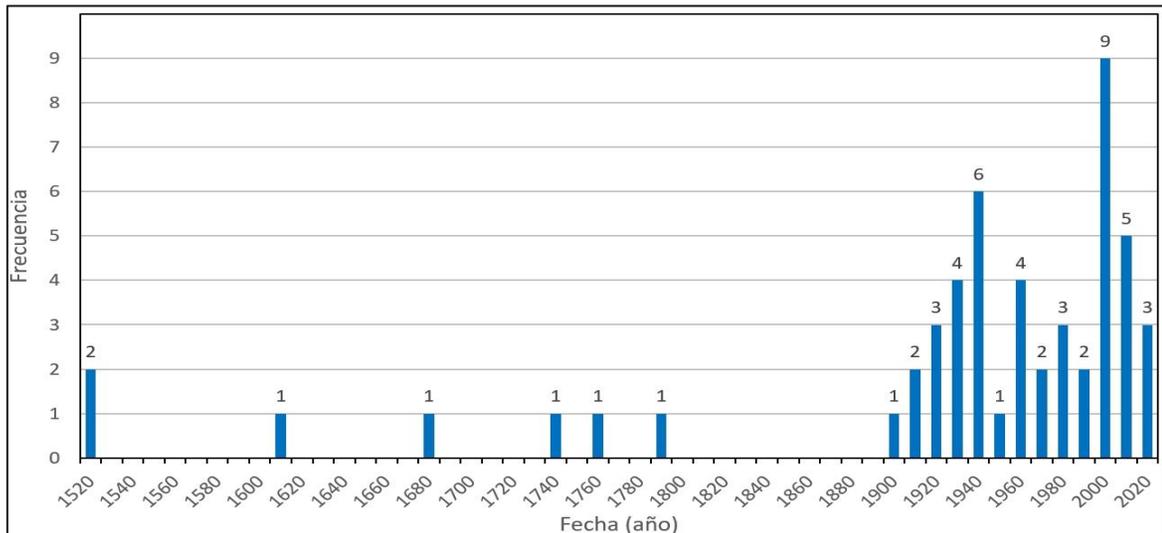
Figura 6. Mapa de ubicación del Volcán Telíca en el complejo volcánico Telíca



a) Mapa de ubicación del área del volcán Telíca mostrando las características volcánicas del complejo volcánico Telíca, b) Vista del volcán Telíca desde el sur del complejo, c) Mapa de ubicación del volcán Telíca en la cadena volcánica Nicaragüense. Fuente: (Gradner, 2004)

Su actividad sísmica y de desgasificación se ha examinado de cerca ya que el volcán recientemente (durante la década de 2000) entró en una fase de intensa actividad estromboliana a vulcaniana, y eventos freatomagmáticas menores (*ver figura 7*) (Geirsson, 2014). Según (Siebert, 2002), citado en (Rodgers. M., 2015), la actividad eruptiva en el volcán Telíca se caracteriza por pequeñas erupciones de baja explosividad (IEV 1-2) cada pocos años, sin embargo, también se han producido grandes erupciones en este volcán. La erupción histórica más grande ocurrió en 1529 (IEV 4) (*ver figura 8*) y produjo el único flujo de lava registrado históricamente.

*Figura 7. Estadística de erupciones más relevantes por décadas*



*Gráfico de estadísticas de erupciones más relevantes por décadas, donde se observa el aumento de actividad volcánica a partir del año 2000. Fuente: INETER. Elaborado por: (Saballos, A., 2021)*



Los productos asociados a la actividad volcánica son básicamente flujos de lava que han alcanzado hasta 10 Km desde el cráter en dirección sur, suroeste y norte. Los depósitos de caída de ceniza han afectado las poblaciones de Cristo Rey, Juan XXIII, Posoltega, Chichigalpa y Chinandega; los depósitos más gruesos, bombas en su mayoría, se han encontrado hasta 7 Km al oeste del cráter alcanzando espesores de hasta 60 cm y con respecto a las partículas más finas, los estudios indican que ante una erupción se podría formar una capa de hasta 1 cm de espesor en un radio de 45 Km al oeste del cráter.

En 1982 se observó una columna eruptiva de 4,3 Km de altura que viajó en dirección oeste, la granulometría del depósito varía entre ceniza y bombas/bloques. Estudios posteriores indican que la máxima altura que puede alcanzar una columna eruptiva es de 15 Km (Global Volcanism Program, 2013).

La geología de Telíca, que muestra múltiples flujos de lava, gruesas capas de escoria y depósitos piroclásticos, sugiere períodos anteriores de intensa actividad eruptiva. En el estudio realizado por (Quedo, 2019), se describen las siguientes unidades geológicas pertenecientes al volcán Telíca.

➤ **Unidad de andesitas basálticas asociados a la secuencia cratérica Telíca (QvabT).**

Estos flujos lávicos se asocian a erupciones históricas de la secuencia cratérica del actual cráter Telíca, estas coladas de lava cubren una porción del territorio hacia el Noroeste y Sureste del complejo desplazadas hasta 6.4 km de distancia.

En el sector Noroeste del complejo, con coordenadas UTM 516763E – 1394828N, a una altitud de 621 m.s.n.m, aflora un flujo de lava tipo aa con rumbo N30°W, morfológicamente presenta una superficie irregular compuesta por bloques angulosos con textura escorácea.

Aproximadamente 320 metros al Sur de la comunidad Aguas Frías, con coordenadas UTM 518461E – 1394894N, a una altitud de 664 m.s.n.m, se encuentran flujos de lavas que en zonas proximales sobre pendientes de 3° a 5° que alcanzaron distancias de hasta 4.3 km.

Macrocópicamente se caracteriza por tener superficie irregular de tipo aa, altamente oxidada en las que se registran bombas asociadas a erupciones históricas de la secuencia cratérica del cráter actual de Telíca (Quedo, 2019).

➤ **Unidad de andesitas basálticas asociadas a la caldera Pre-Telíca (QvabPT).**

Las rocas de esta unidad se asocian a las rocas más antiguas del complejo, estas rocas se correlacionan a la formación de una antigua caldera de grandes dimensiones (caldera Pre-Telíca) que durante su evolución dio origen a una serie de estructuras volcánicas que hoy forman el complejo (Havlicek et al., 2000).

Estos flujos lávicos cubren un territorio muy extenso al Sureste (90% del territorio) y un tercio del sector Noroeste. Durante la fase de campo no se encontraron capas subyacentes. Por lo tanto, se entiende que el basamento de estas rocas es la formación Tamarindo (Terciario Mioceno Tamarindo, Tmt) de edad Terciaria (Havlicek et al., 2000). Ya que no se encontró una capa infrayacente a esta, se cree que probablemente este flujo sea uno de los más antiguos del complejo, por tal razón, se asocian a la caldera Pre-Telíca; debido a la carencia de dataciones radiométricas se desconoce la edad de estos flujos (Quedo, 2019).

➤ **Unidad de Flujo de Bloques y Ceniza asociados a la secuencia cratérica Telíca (QvbcT).**

En la porción Suroeste del complejo volcánico Telíca, a 935 metros en dirección Noroeste de la comunidad La Encajonada, con coordenadas UTM 516390E – 1391504N y una altitud de 385 m.s.n.m, se encuentra un flujo de bloques y ceniza “block and ash flows”, que infrayace a un flujo de lava masivo de con textura porfirítica asociados a la secuencia de cráteres anidados del cráter actual de Telíca (QvabT).

Este flujo, es de carácter heterolitológico con bloques muy angulosos de andesitas y basaltos dispuestos caóticamente en una matriz de ceniza fina. Una característica principal de estos depósitos, es que tienden a generar pequeños volúmenes y su distribución apenas si supera 1 km<sup>3</sup>. En el complejo estos depósitos no tienen buena expresión morfológica, debido a que la mayor parte del territorio está cubierta por flujos lávicos de grandes dimensiones (Quedo, 2019).

➤ **Unidad de Flujo Co-Ignimbrítico asociado a la secuencia cratérica de Telíca (QvfcT).**

En el sector Suroeste del complejo, se encuentra La comunidad Las Colinas, aproximadamente 2 km al Noreste del Boquerón, entre las coordenadas UTM 511028E-1389080N, con una altitud de 168 m.s.n.m.

En este sitio se encuentra infrayacente a un flujo de lava masivo, una unidad de flujo co-ignimbrítico de 1.50 m de potencia. Debido a la dispersión de partículas finas elutriadas este flujo posee en su base líticos de pómez de 3 a 4 cm de diámetro, evidenciando que durante su transporte se mantuvieron en suspensión dinámica sobre una potente capa de ceniza (Quedo, 2019).

➤ **Unidad de Flujos piroclásticos Los Portillos (QvfpP).**

Esta unidad se encuentra en el sector de los portillos, recibe el nombre de un cerro que se encuentra en el sector Noreste de la Colonia Cristo Rey.

Esta unidad yace en contacto erosivo con una capa de escoria correspondiente a Telíca Valles y se asocian a la caldera Pre-Telíca (Havlicek et al., 2000). Está formada por flujos piroclásticos con fragmentos de pómez y abundantes líticos de basaltos y andesitas (Quedo, 2019).

➤ **Unidad de flujos piroclásticos asociados a la secuencia cratérica de Telíca (QvfpT).**

La unidad de flujos piroclásticos está representado por la alternancia con flujos lávicos. Estos flujos piroclásticos se caracterizan por tener una tonalidad parda rojiza, con litificación relativamente homogénea de basaltos y andesitas (Havlicek et al., 2000).

En el sector Noreste de Telíca a 346 metros en dirección Norte de la comunidad Agua Fría con coordenadas UTM 518551E – 1395093N a una altitud de 625 m.s.n.m, se exhiben una secuencia de flujos piroclásticos de carácter relativamente heterolitológicos (escorias, andesitas basálticas, pómez) con rumbo N30°W.

Macrocópicamente estos flujos se encuentran envueltos en una matriz arenosa deleznable de tonalidad parda rojiza. Las oleadas piroclásticas basales que se intercalan con estos flujos presentan estratificación planar insipiente con nula litificación (Quedo, 2019).

➤ **Unidad de escorias Telíca Superior (QvTES).**

Esta unidad representa al miembro más joven del complejo volcánico Telíca, cubren parte del área Noroeste y Suroeste del complejo y afloran en las pendientes occidentales y cima del volcán Telíca (Havlicek et al., 2000).

Las partes altas de estos depósitos se encuentran erosionadas y cubiertas por depósitos fluviales; Telíca superior está representada en su totalidad por 8 pulsos de escorias, separadas cada una por capas delgadas de arenas y cenizas de espesores milimétricos hasta en centímetros.

En el sector Suroeste del complejo con coordenadas UTM 512747E – 1392991N, a una altitud de 316 m.s.n.m, aflora una secuencia de pulsos escoriáceos máficos del Telíca Superior (QvTES). Los espesores de estas escorias son de 40 cm con soporte clasto a clasto. Estas escorias se caracterizan por tener una matriz 70% vesicular, en el cual los prismas de plagioclasas presentan poca deformación y su distribución macroscópica es del 25%.

Los pulsos de Telíca Superior están intercaladas por pulsos de arenas finas de pocos espesores siendo el mayor de 4 cm. Únicamente los pulsos 5 y 6 se encuentran separados por una capa de ceniza con 30 cm de espesor, por tal razón, esta capa es utilizada como referencia para enumerar los pulsos que sobreyacen; estos depósitos se asocian eventos eruptivos de tipo estromboliano (Quedo, 2019).

➤ **Unidad de escorias Telíca Valles (QvTV).**

Esta unidad de rocas, se compone por un pulso de escoria de tonalidad negra cuyo espesor sobrepasa en algunos lugares hasta los 7 metros de altura y tres pulsos sobreyacentes de hasta 60 cm, en algunas zonas estos se encuentran intercalados por cenizas de 20 cm de espesor. El contacto superior de estas escorias es erosivo. Estos depósitos carecen de gradación (tamaño promedio de estas escorias de 3 a 5 cm) y estratificación.

El cerro Montoso ubicado en el sector Noroeste del complejo volcánico Telíca, a 2.2 km al Oeste de la colonia Cristo Rey, se encuentra un cauce erosivo profundo con rumbo S30°W, en las coordenadas UTM 512950E – 1394600N, a una altitud de 378 m.s.n.m, en el cual aflora un pulso principal de escorias con soporte clasto – clasto masiva de 6 metros de espesor, estas escorias correspondiente a Telíca Valles, tienen una tonalidad negra y en su sección inferior se encuentra intercalada con una capa de ceniza de 15 cm de espesor. El tamaño promedio de estas escorias oscila entre 2 y 4 cm. A Telíca Valles le infrayace una capa de bloques y guijarros sub angulosos imbricados (Quedo, 2019).

## 7.5. MARCO CONCEPTUAL

En este acápite se presentan algunos conceptos que están relacionados y/o aportan al tema de investigación.

### 7.5.1. Actividad Eruptiva

De acuerdo con (Martí, 2012) es el conjunto de fenómenos relacionados con la salida de materiales sólidos, líquidos y/o gaseosos a la superficie terrestre desde un centro emisor.

En el transcurso de la formación de una región volcánica se pueden diferenciar hasta cinco unidades de actividad eruptiva, según la duración y/o el estilo de los fenómenos relacionados con la salida de materiales a la superficie. El orden establecido para estas unidades es, de menor a mayor:

- Pulso Eruptivo  
Latido de la emisión de materiales volcánicos que pueden durar desde segundos hasta algunos minutos. La deposición de los materiales expulsados en este tiempo da lugar a una capa o nivel.
- Fase Eruptiva  
Conjunto de pulsos con el mismo estilo eruptivo que puede durar minutos, horas o pocos días. El depósito o el conjunto de depósitos resultantes presenta características granulométricas, morfométricas y de compactación similares.
- Erupción  
Es la unidad de actividad eruptiva base y puede durar días, meses o años. Incluye una o varias fases eruptivas y quedan representada por una secuencia de depósitos.
- Época Eruptiva  
Engloba varias erupciones y pueden durar centenares o miles de años. En este tiempo pueden formarse uno o varios edificios volcánicos
- Período eruptivo  
Es la sucesión de varias épocas eruptivas, separadas por intervalos de tiempo suficientemente largos para que se puedan producir fenómenos tectónicos:

plegamientos, fallas, etc. Pueden durar de miles a millones de años y se forman regiones o campos volcánicos.

### **7.5.2. Clasificación de volcanes**

Si bien los volcanes son clasificados según distintos criterios, los más comunes son por su morfología y por su erupción. Aquí se destacan las características principales del volcán Telíca de acuerdo a lo mencionado.

#### **➤ Tipos de volcanes según su morfología**

Según el servicio geológico de Estados Unidos (USGS), en función de su estructura o morfología, los volcanes se clasifican en: volcanes de fisura, volcanes en escudo o domos basálticos, conos de ceniza, los volcanes compuestos o estratovolcanes, domos volcánicos y calderas (Alberto, 2014).

#### **• Volcán compuesto o Estratovolcán**

Los conos compuestos, o estratovolcanes, son estructuras grandes y casi simétricas constituidas por capas interestratificadas de lavas y depósitos piroclásticos. Los conos compuestos producen algunas de las actividades volcánicas más violentas. A menudo asociadas con una erupción violenta, se forman nubes ardientes, una mezcla de gases calientes y cenizas incandescentes que corren pendiente abajo por las laderas volcánica (Tarbuck, 2005).

#### **➤ Tipos de erupciones volcánicas**

Las erupciones volcánicas son el producto del ascenso del magma a través de un conducto desde el interior de la tierra. El magma está conformado por roca fundida, gases y cristales. Este material puede ser arrojado con distintos grados de violencia, dependiendo de la composición química del magma, la cantidad de gases y en algunos casos por la interacción del magma con el agua (Observatorio Vulcanológico de INGEMMET, 2021).

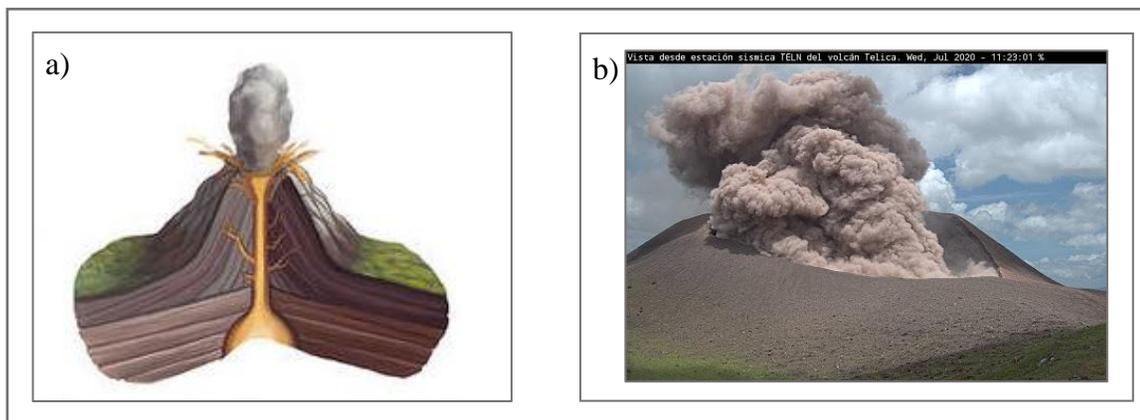
Cuando el magma se aproxima a la superficie, pierde todo o parte de los gases contenidos en solución, formando burbujas en su interior, bajo estas condiciones, se pueden presentar dos escenarios principales:

- a) Si los gases del magma se liberan sin alterar la presión del medio, el magma puede salir a la superficie sin explotar. En este caso se produce una *erupción efusiva*. Esta actividad es típica en los volcanes hawaianos. Por ese motivo, se conoce como *erupción hawaiana*, Las erupciones son tranquilas, emitiendo gran cantidad de gases poco a poco y escasa cantidad de fragmentos piroclásticos.
- b) Si el magma acumula más presión, sin liberar los gases, entonces las burbujas crecen en su interior y el magma se fragmenta violentamente, produciendo una *erupción explosiva*. En este tipo de actividad se distinguen distintos grados de explosividad, desde las menos violentas a las más violentas: *estromboliana*, *vulcaniana*, *pliniana* y/o *peleana*.

- **Erupción Estromboliana**

Este tipo de erupciones (*figura 9*) corresponden a pequeñas explosiones donde la columna eruptiva alcanza alturas que varían entre 1 a 15 km. Se caracterizan por tener explosiones rítmicas, separadas por periodos de menos de un segundo hasta varias horas. Los materiales emitidos poseen composición básica y están conformados por escoria, bombas y pocas cantidades de ceniza. Durante las erupciones se forman conos de escoria y ceniza de poca altura, en promedio entre 100 y 200 metros de alto (Observatorio Vulcanológico de INGEMMET, 2021).

*Figura 9. Ilustración de Erupción estromboliana*

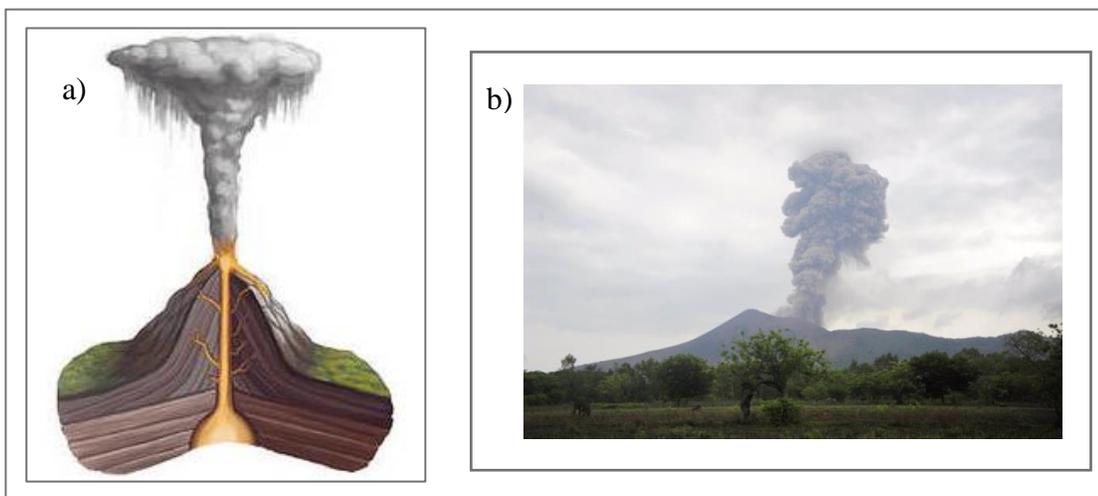


*a) Ilustración de Erupción estromboliana (Science Source Prints, 2021) y b) fotografía de explosión en el volcán Telíca en Julio del 2020 (INETER, 2020).*

- **Erupción Subpliniana**

Es un evento eruptivo explosivo (*figura 10*) de moderado a grande (magnitud aproximada entre  $10^{10}$  y  $10^{11}$  kg), caracterizada por la formación de una columna eruptiva convectiva igual o menor a 20 km de altura con eyección de material piroclástico a la atmósfera que se dispersan por el viento, formando depósitos de caída en áreas ubicadas a cientos de kilómetros del volcán (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2017).

*Figura 10. Ilustración de Erupción sub pliniana*



*a) Ilustración de Erupción sub pliniana (Science Source Prints, 2021) y b) fotografía de explosión en el volcán Telíca de Mayo del 2015 tomada por Jorge Cabrera.*

### **7.5.3. Índice de explosividad Volcánica**

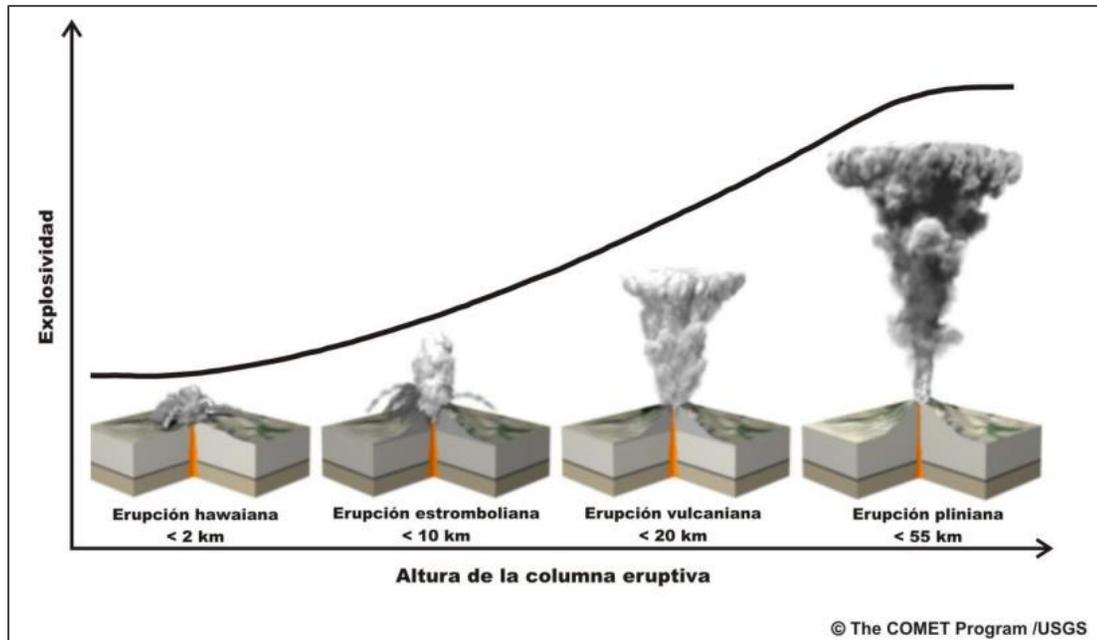
El índice de explosividad volcánica (Volcanic Explosivity Index o VEI) es una herramienta que nos permite cuantificar las magnitudes de las erupciones creado por Newhall y Self (1982). Este VEI integra una serie de parámetros específicos como son el volumen de material piroclástico producido, la altura alcanzada por la columna piroclástica (*figura 11*). De modo similar a la escala de Richter para medir las magnitudes de los terremotos, el IEV oscila entre los valores de 0 a 8, de modo que cada intervalo numérico representa un aumento de diez veces la explosividad volcánica (*Tabla 1*).

Tabla 1. Índice de explosividad volcánica.

INDICE DE EXPLOSIVIDAD VOLCANICA (IVE)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Descripción General	No explosiva	Baja	Moderada	Moderada a grande	Grande	← Muy		Grande	→	
Descripción Cualitativa	← Efusiva →		← Explosiva →			← Cataclísmica Paroxísmica →				
Tipo de Erupción	Hawaiana →		← Estromboliana →			← Vulcaniana →		← Pliniana →		← Ultrapliniana →
Duración (Tipos de erupción continua)	← < 1 →		← 1 - 6 →			← 6 - 12 →		← > 12 →		
Volumen de tefra (m)		10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>	
Altura de la columna Eruptiva (km)	< 0,1	0,1 - 1	1 - 5	3 - 15	10 - 25	← > 12 →				
Inyección en la troposfera	Nula	Escasa	Moderada	← Importante →						
Inyección en la estratosfera	No	No	No	Posible	Segura	← Significativa →				
Ejemplo de erupciones	Kilauea	Estromboli	Unzen (1792)	Nevado Ruiz (1985)	M. Peleé (1902)	M. S Helens (1980)	Krakatoa (1883)	Tambora (1815)	Toba (69 Ka)	

Tabla de Índice de explosividad volcánica (VEI) ideado por Chris Newhall del Servicio Geológico de los Estados Unidos y Stephen Self en la Universidad de Hawái en 1982.

Figura 11. Columnas eruptivas según el tipo de erupción.



Esquema de dimensión de la columna eruptiva según el tipo de erupción. Elaborado por: USGS

#### 7.5.4. Productos de la actividad volcánica

##### ❖ Materiales fragmentarios

Son acumulaciones de clastos generados principalmente por la actividad eruptiva de tipo explosivo. Las burbujas de gas individualizan porciones de magma, que son expulsadas al exterior de forma más o menos violenta. En algunos casos, las explosiones volcánicas pueden romper parte de las paredes del conducto o de la chimenea y, entonces, los fragmentos resultantes salen mezclados con los clastos de magma. Finalmente, la deposición de todos estos materiales da lugar a los depósitos fragmentarios, también denominados piroclásticos (Martí, 2012).

##### ➤ Tefra volcánica

La palabra "tephra" o "pyroclast" vienen del griego. "Tefra" significa "ceniza", mientras que Pyro significa "fuego" y klastos "romper"; así pyroclast toma el significado de "roto por el fuego".

En vulcanología se utiliza como término general para definir el material fragmentado expulsado durante una erupción volcánica explosiva, independientemente de su tamaño y composición.

- **Clasificación según el tamaño de los fragmentos.**

Las explosiones volcánicas generan una amplia variedad de medidas de fragmentos. Dentro de esta diversidad granulométrica, se diferencian tres grupos principales: las cenizas, lapilli y los bloques (Martí, 2012)(*figura 12*).

La *ceniza* se refiere solo a la fracción más fina de la tefra, es decir, partículas de diámetros  $< 2$  mm; en el caso de *Lapilli*, se identifica con un diámetro  $> 2$  mm, y  $< 64$  mm; y las *Bombas y Bloques Volcánicos*: son grandes rocas o pedazos de lava solidificada (bloques) o lava incandescentes (bombas) lanzados al aire durante una erupción. El tamaño de estas partículas se identifica con un diámetro  $> 64$  mm. Dado que, tras su expulsión, las bombas están semifundidas, a menudo adoptan una forma aerodinámica conforme viajan por el aire.

Figura 12. Clasificación según el tamaño de los fragmento de tefra

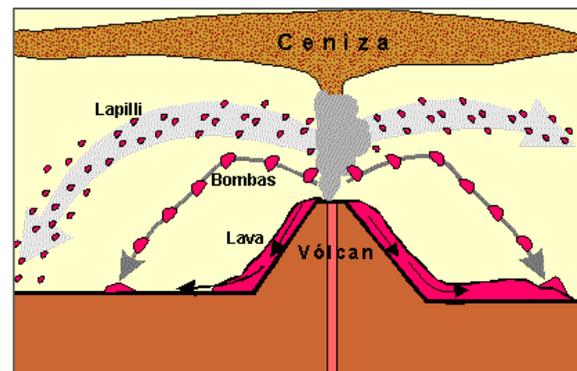


Fuente: (Martí, 2012)

- **Peligros de la Tefra Volcánica**

Una erupción explosiva expulsa hacia la atmósfera fragmentos de roca sólida y fundida (tefra), así como gases volcánicos con una fuerza tremenda. Las bombas o proyectiles balísticos pueden caer a distancias de 4 kilómetros del cráter. Los fragmentos más pequeños (menores a 2.5 mm de diámetro) de vidrio volcánico, minerales y roca (ceniza), se elevan muy alto en el aire, formando una enorme y turbulenta columna eruptiva (figura 13).

Figura 13. Dispersión de tefra según el tamaño de sus fragmentos



Fuente: (Griem, 2020)

Las columnas eruptivas pueden crecer rápidamente y alcanzar más de 20 kilómetros sobre el volcán en menos de 30 minutos, formando una nube eruptiva que puede extenderse cientos o miles de kilómetros en la dirección del viento, puede poner en serio peligro a la navegación aérea y producir lluvias de ceniza sobre áreas de gran extensión. El viento transporta las partículas de ceniza a mayores distancias, la caída intensa de esta puede ocasionar el colapso de techos débilmente estructurados y la caída de ceniza en general puede dañar cultivos, sistemas electrónicos, maquinaria y evita la visibilidad de vías para los medios de transporte. Las bombas y bloques proyectados pueden destruir cualquier infraestructura y/o ecosistema, sumando a esto, las bombas frescas que están por encima del punto de

ignición provocan incendios. Además la rápida removilización de depósitos gruesos de tefra puede provocar lahares.

### 7.5.5. Simulación Computacional

Los modelos matemáticos de los procesos naturales son una representación parcial de la realidad. Se trata de abstracciones que reproducen algunas características de la realidad de manera selectiva. Los modelos conceptuales creados a partir del conocimiento de la física del problema pueden ser traducidos en conjuntos de ecuaciones matemáticas, secuencias de reglas explícitas que convierten entradas numéricas en salidas numéricas, con un propósito específico (Dingman, 2008).

La simulación computacional, corresponde a la implementación de un modelo matemático que describe la dinámica esencial del comportamiento de un sistema de interés. Su utilidad fundamental está en la posibilidad de diseñar y realizar experimentos computacionales con el modelo y extraer conclusiones relevantes, a partir de sus resultados. Una simulación permite examinar el comportamiento del sistema en casos en los que resulta imposible o poco práctico ejecutar el experimento en la realidad (Barrantes, 2011).

### 7.5.6. Software Tephra 2

Los modelos de caída de tefra confiables son cruciales para la evaluación de peligros volcánicos asociados a la tefra volcánica. TEPHRA2 es un modelo de sedimentación de partículas provenientes de una erupción volcánica, ayuda a pronosticar la acumulación de tefra en una región dada a partir de información de la erupción de interés.

#### ❖ Parámetros Físicos del TEPHRA2

TEPHRA2 utiliza la solución en forma cerrada de la ecuación de Advección-difusión:

$$\frac{\partial C_j}{\partial t} + w_x \frac{\partial C_j}{\partial x} + w_y \frac{\partial C_j}{\partial y} - v_{I,j} \frac{\partial C_j}{\partial z} = K \frac{\partial^2 C_j}{\partial x^2} + K \frac{\partial^2 C_j}{\partial y^2} + \Phi$$

Donde:

- x, y, z son coordenadas espaciales (m).

- $C_j$  concentración de masa de las partículas ( $\text{Kg m}^{-3}$ ) de un tamaño dado (unidades  $\phi$ )  $j$ .
- $w_x, w_y$ : componentes  $x$  e  $y$  de la velocidad del viento ( $\text{m /s}^{-1}$ )
- $K$ : coeficiente de difusión horizontal para la tefra en la atmósfera ( $\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ )
- $V_{t,j}$ : velocidad terminal de caída ( $\text{m/s}^{-1}$ ) de las partículas de tamaño correspondiente a la clase  $j$ , mientras descienden por el nivel de la atmósfera.
- $\Phi$ : cambio en la concentración de las partículas ( $\text{Kgm}^{-3}\text{s}^{-1}$ ) en la fuente con el tiempo,  $t$ .

➤ Advección y Difusión

La *advección* son los mecanismos de transporte de una sustancia o líquido. Por ejemplo, transporte de contaminación por un río, transporte de calor por agua o aire u otro fluido.

En física, la *difusión* se refiere al movimiento de moléculas de una sustancia, gas o líquido, de un medio de menor concentración a un de mayor concentración, sin la generación adicional de energía o bien en su definición corta, es el flujo neto de soluto desde las zonas donde hay mucho hacia las zonas donde hay poco.

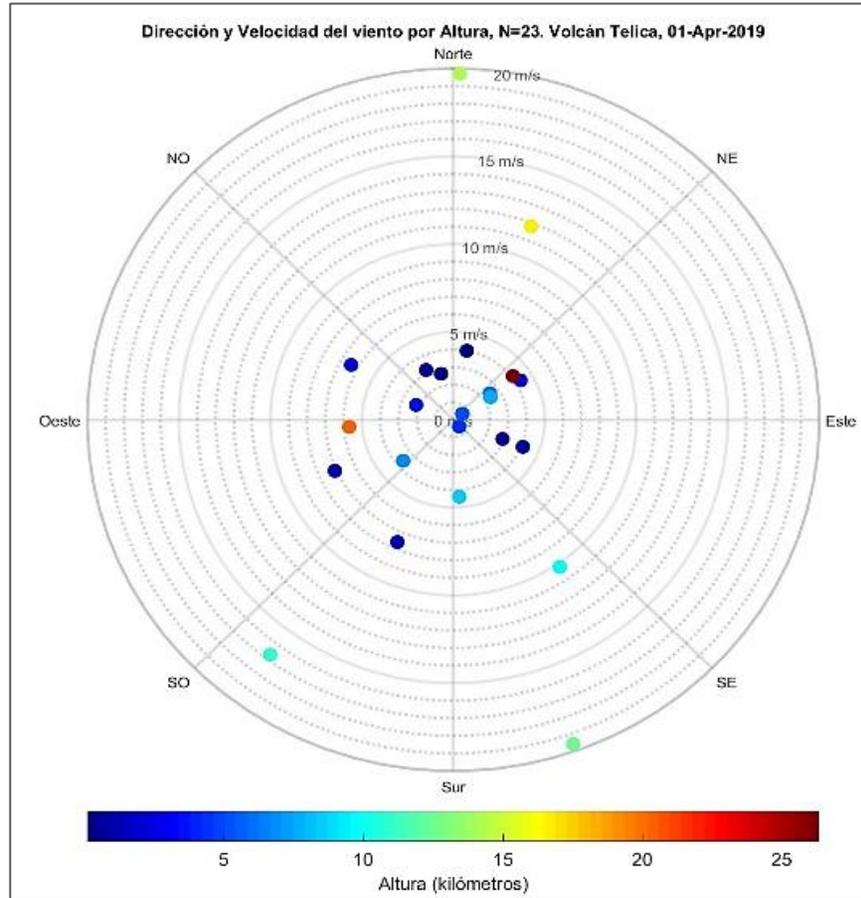
- Viento

Movimiento del aire con respecto a la superficie de la Tierra. Este movimiento se produce en la atmósfera debido a las diferencias de presión de un lugar a otro. (Meteoglosario visual)

### 7.5.7. Perfil de viento

Es una representación gráfica de la variación del viento (en función de la dirección, velocidad y altura), (*Ver figura 14*) que se obtiene a partir de un sondeo termodinámico y se representa por medio de *histogramas 3D* (gráfica de barras tridimensional para representar funciones con variables múltiples) y/o *rosetas de viento* (Representación gráfica circular que muestra la distribución de la velocidad y la dirección del viento en el lugar seleccionado).

Figura 14. Perfil de viento



Perfil de viento del mes de abril, elaborado a partir de los datos de sondeo de viento del volcán Telica. Fuente: Elaboración Propia

## 8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Las velocidades y direcciones del viento varían significativamente según la altura, esto influye directamente en la forma de dispersión de la tefra en caso de una erupción en el volcán Telíca. Por lo tanto, esta investigación permite identificar las principales zonas de afectación a partir de simulaciones de caída de tefra y dar a conocer la diferencia de alcances y espesores ante una erupción con Índice de explosividad 2 y 4.

## 9. DISEÑO METODOLÓGICO

### 9.5. Tipo de Estudio

La investigación realizada es de enfoque *Mixto* que, según (Hernández, 2014) representa un conjunto de procesos de investigación que implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. En este caso, en el medio vulcanológico, se determinaron variables y se ejecutó un plan de trabajo para recolectar información, medir y analizar los datos del volcán Telíca.

El tipo de estudio es *descriptivo – explicativo* ya que se identificaron las condiciones de las variables, para describir, el método de recopilación de la información y el análisis de los resultados que permitió evaluar y explicar el comportamientos de caída de tefra para cada mes.

### 9.6. Área de estudio

a) Por lo Institucional/Organizacional (Líneas de investigación UNAN-Managua):

- Área de conocimiento: Ingeniería, Industria y construcción
- Línea de investigación IIC-1: Innovación, tecnología y medio ambiente
- Sub Línea de investigación IIC-1.5: Ingeniería y tecnología de software

b) Por lo geográfico:

El área de investigación corresponde al Volcán Telíca, localizado en el Departamento de León, específicamente el Municipio Telíca.

### 9.7. Universo y Muestra

El universo de nuestra investigación es la actividad volcánica del Volcán Telíca, y la muestra corresponde a la de caída de tefra del volcán Telíca con respecto a la variación del viento en los diferentes meses del año.

### 9.8. Tipo De muestreo

Es probabilístico porque los resultados que se generarán dependen de la probabilidad, de las características de la investigación y del proceso de análisis de datos numéricos extraídos de la recopilación de información.

## Definición y Operacionalización de las variables

<i>Tabla 2. Matriz de la Operacionalización de las Variables</i>				
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Variable conceptual</i>	<i>Subvariables o dimensiones</i>	<i>Variable Operativa o Indicador</i>	<i>Técnica de recolección de datos e información</i>
1. Analizar los perfiles de vientos del volcán Telíca a lo largo del año 2019 con un comportamiento meteorológicamente estable.	1. Perfiles de Viento	-Velocidad  -Altura  -Dirección	-Se mide en metro sobre segundo (m/s).  -Se mide en kilometro y se especifica la altura.  -Se mide en grado o rumbo azimutal (N,S,E,W)	Sondeos, datos tomados de Air Resources Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
2. Simular la dispersión de la Tefra volcánica durante cada mes del año con el software Tephra	2. Dispersión de Tefra volcánica	Sedimentación de Partículas	-Volumen (Km <sup>3</sup> ) -Concentración de masa (Kg/m <sup>3</sup> ) -Velocidad del viento (m/s <sup>-1</sup> ) -Coeficiente de difusión horizontal para la tefra en la atmósfera (m <sup>2</sup> /s <sup>-1</sup> ) -Velocidad terminal de caída (m/s <sup>-1</sup> ) -Cambio en la concentración de las partículas (Kg*m <sup>3</sup> /s <sup>-1</sup> )	Software TEPHRA2, mapas de simulación de caída de tefra.
3. Desarrollar información que contribuya a fortalecer el plan de respuesta integral ante amenaza volcánica, de manera que permita elaborarlo a mayor detalle.	3. plan de respuesta integral ante amenaza volcánica	Población expuesta	Probabilidad de pérdidas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• físicas</li> <li>• socioeconómicas</li> <li>• ambientales</li> </ul>	Software ArcGis 10.5, mapas de amenaza por caída de Tefra.

## **9.6. Métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

### **9.6.1. Métodos para la recolección de datos**

La información se recopiló previamente a partir de investigaciones existentes, estudios geológicos, artículos, tesis, libros, u otros trabajos realizados, páginas web y programas en línea, como *Program global Volcanic* (Programa volcánico global), *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica), *VHUB* con *TEPHRA 2* y software *Matlab*.

Se visitaron centros de documentación relacionados con el tema de estudio; Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED).

### **9.6.2. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

Entre las técnicas de recolección de datos, se utilizó el sitio web NOAA que permitió realizar los sondeos de vientos del volcán Telíca.

También se usó el software Matlab para generar las diferentes gráficas, entre ellas: rosetas de viento, histogramas 3D y los perfiles de viento en función de variables múltiples como la velocidad, altura y dirección del viento.

A través del programa VHUB se realizaron las simulaciones de caída de Tefra con la herramienta TEPHRA 2, obteniendo gráficos y datos espaciales que posteriormente serán importados a un sistema de información geográfico (SIG) donde se diseñaran los mapas de amenaza volcánica con respecto a la caída de tefra.

## **9.7. Procedimientos para la recolección de datos**

### **9.7.1. Datos de sondeo de viento**

La NOAA (oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica) es una agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas actividades se centran en monitorear las condiciones de los océanos y la atmósfera. Los datos fueron extraídos a través del área de investigación *Real-time Environmental Applications and Display system* ó Aplicaciones Ambientales en Tiempo Real y Sistema de Visualización

(*READY* por sus siglas en inglés) en el servidor web *Air Resources Laboratory* o Laboratorio de Recursos del Aire (*ARL*, por sus siglas en inglés) de sus archivos meteorológicos del año 2019, para ello se ingresa al siguiente link <https://www.ready.noaa.gov/READYamet.php>

Para ingresar las coordenadas del área de estudio al sitio web (*figura 15*), estas se deben convertir de coordenadas geográficas a grados decimales.

*Figura 15. Ingreso de coordenadas en Air Resources Laboratory para recolección de datos de sondeos de viento*



*Fuente: Elaboración propia*

Posteriormente en Sounding se selecciona el sistema operativo GDAS (*Global Data Assimilation System*) que produce un conjunto de datos de un grado de latitud y longitud global cada 3 horas en superficies de presión (*figura 16*).

*Figura 16. Selección del sistema operativo para interpolar datos de sondeos viento por semanas*

READY PRODUCTS FOR LOCATION: 12.51 -86.84	
DISPLAY PROGRAM <small>What is UTC, GMT, Z time?</small>	METEOROLOGICAL DATA <small>Information on archived datasets</small>
METEOROGRAM	-----Choose An Archived Dataset----- <input type="button" value="Go"/>
WINDGRAM	-----Choose An Archived Dataset----- <input type="button" value="Go"/>
WINDROSE	-----Choose An Archived Dataset----- <input type="button" value="Go"/>
SOUNDING	GDAS (1 deg, 3 hourly, Global) <input type="button" value="Go"/>
STABILITY TIME-SERIES	-----Choose An Archived Dataset----- <input type="button" value="Go"/>
2D MAP (NCAR GRAPHICS)	-----Choose An Archived Dataset----- <input type="button" value="Go"/>
2D MAP (PSPLOT)	-----Choose An Archived Dataset----- <input type="button" value="Go"/>

*Fuente: Elaboración propia*

Estos datos son almacenados en archivos semanales, por lo tanto, se selecciona la semana del mes y año de interés (figura 17). Ejemplo: Primera semana de mayo del 2021, el archivo se lee como may2, w1.

Figura 17. Selección de periodo semanal para obtención de datos de sondeo de vientos



Select the GDAS1 File for the Period of Interest

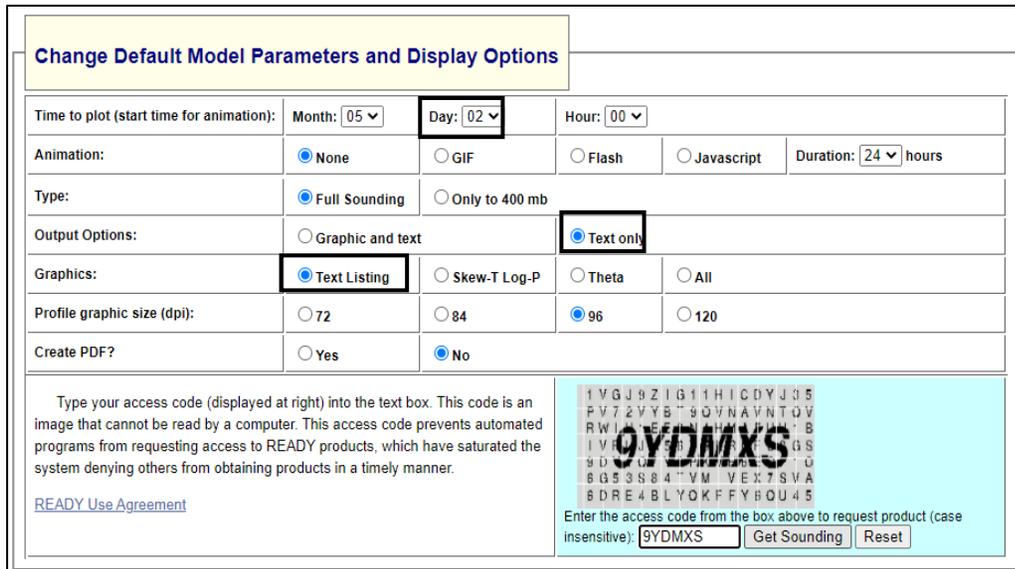
GDAS1 Meteorological File:

For data availability (what's missing) view [archives.php web page](#).

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente opción (figura 18) se seleccionan los espacios: Day, ahí se elige la fecha de la semana uno, es decir: la primera semana de Mayo del 2021 comienza el día lunes 2 (así se realizará en todas las semanas de cada mes). También se selecciona Text Only y Text Listing, ya que se ocupará únicamente el archivo de salida en texto, se continua en Get Sounding.

Figura 18. Selección de parámetros para obtención de datos de sondeo de vientos semanales



Change Default Model Parameters and Display Options

Time to plot (start time for animation): Month:  Day:  Hour:

Animation:  None  GIF  Flash  Javascript Duration:  hours

Type:  Full Sounding  Only to 400 mb

Output Options:  Graphic and text  Text only

Graphics:  Text Listing  Skew-T Log-P  Theta  All

Profile graphic size (dpi):  72  84  96  120

Create PDF?  Yes  No

Type your access code (displayed at right) into the text box. This code is an image that cannot be read by a computer. This access code prevents automated programs from requesting access to READY products, which have saturated the system denying others from obtaining products in a timely manner.

[READY Use Agreement](#)

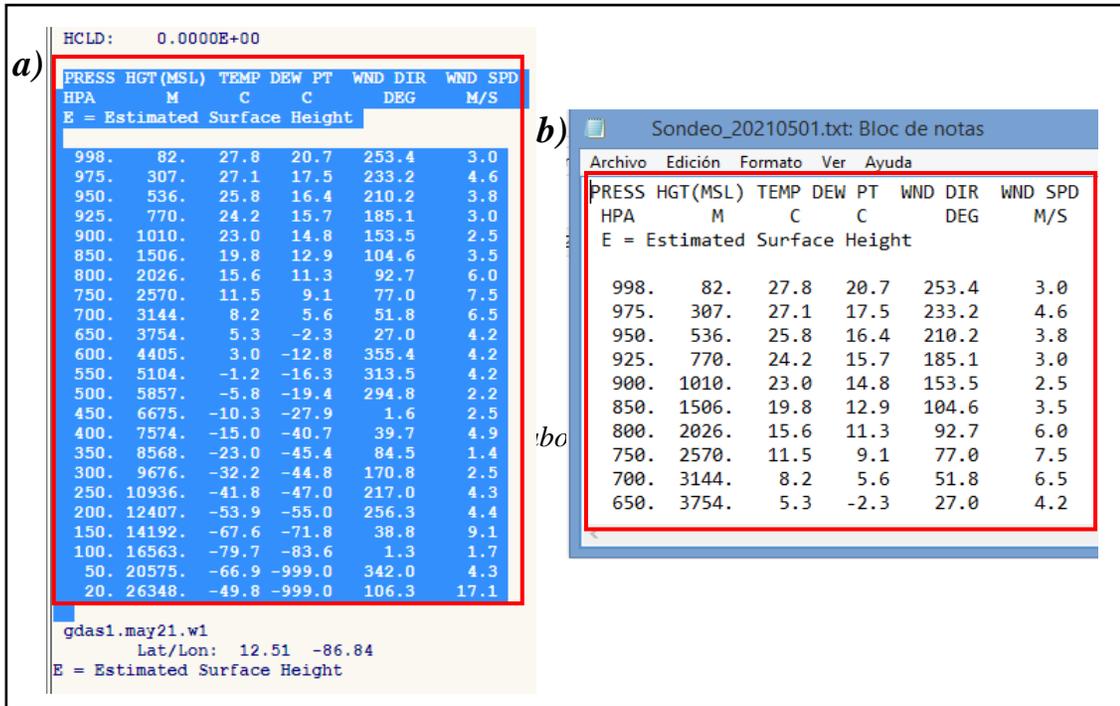
1 V G J 9 Z I G 1 1 H I C D Y J 0 5  
P V 7 2 V Y B T 3 0 V N A V N T Q V  
R W I 4 5 E F 6 7 8 9 0 V N A V N T Q V  
I V I 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 V N A V N T Q V  
9 D 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 V N A V N T Q V  
6 G 3 S 8 4 T V M V E H T S V A  
B D R E 4 B L Y O K F F Y B O U 4 5

Enter the access code from the box above to request product (case insensitive):

Fuente: Elaboración propia

Al generar el archivo en texto, se baja hasta encontrar los datos de sondeo de viento (figura 19), se copian y se agregan a un bloc de notas o Wordpad y se renombra la nota con el año, mes y semana correspondiente.

Figura 19. Selección de datos de sondeo de vientos semanales



a) Selección de datos de sondeo a copiar y b) datos de sondeo copiados y guardados.

Fuente: Elaboración Propia

### 9.6.1. Perfiles de viento, histogramas y rosetas de viento

Matlab es un software diseñado para generar graficas o modelos numéricos, en el cual, se ingresan datos numéricos, en este caso, los sondeo de viento. Una vez que el software reconoce y procesa la información, se selecciona el tipo de grafico que se desea obtener y automáticamente los genera. Para nuestra investigación, se generaron histogramas, rosetas y perfiles de viento.

### 9.6.2. Simulación de caída de tefra en tephra 2

Para realizar la simulación de caída de tefra se ingresó al sitio web *VHUB*, este es un recurso en línea gratuito para la colaboración en la investigación de vulcanología y la

mitigación de riesgos, donde se encuentra *TEPHRA2*, que es una herramienta diseñada para producir evaluaciones probabilísticas de peligro por acumulación de tefra, de acuerdo a escenarios definidos por el usuario.

Para ejecutar *TEPHRA2* se utilizaron 2 archivos de entrada:

1. un archivo de configuración (*config\_file*):

Es un archivo de texto que contiene información específica del volcán y los parámetros de la erupción, para el caso del volcán Telíca de intensidades IEV 2 (*tabla 3*) e IEV 4 (*tabla 4*).

*Tabla 3. Parámetros eruptivos de entrada para IEV 2 en TEPHRA 2*

Parámetros eruptivos de TEPHRA 2		Unidades	Valores
Plume height	Altura de la pluma	m	4000
Eruption mass	Masa de erupción	Kg	7.0e+8
Max Gransize	Tamaño de granos mayores	Phi	-7
Min Grainsize	Tamaño de granos pequeños	Phi	7
Median Grainsize	Tamaño de granos medianos	Phi	1.75841
STD Grainsize	Desviación estándar	Phi	2.38074
Vent Easting	Coordenadas del foco eruptivo - Este	UTM	517106
Vent Northing	Coordenadas del centro eruptivo - Norte	UTM	1393521
Vent Elevation	Elevación del volcán sobre el nivel del mar	m	1036
Eddy Constant	Coefficiente de difusión para partículas finas	m <sup>2</sup> /s <sup>-1</sup>	0.04
Diffusion Coefficient	Coefficiente de difusión para partículas grandes	m <sup>2</sup> /s	5138
Fall Time Threshold	Umbral de cambio en la difusión	S	1419
Lithic Density	Densidad de líticos	(Kg/m <sup>3</sup> )	2700
Pumice Density	Densidad de pómez	(Kg/m <sup>3</sup> )	1024
Column steps	N° de pasos de integración en la columna	Adimensional	100
Plume Model	Distribución uniforme del modelo de la pluma	Adimensional	0
Plume Ratio	Razón entre parte baja y alta de la columna eruptiva	Adimensional	0.3

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 4. Parámetros eruptivos de entrada para IEV 4 en TEPHRA 2

Parámetros eruptivos de TEPHRA 2		Unidades	Valores
Plume height	Altura de la pluma	m	12000
Eruption mass	Masa de erupción	Kg	9.0e+11
Max Gransize	Tamaño de granos mayores	Phi	-7
Min Grainsize	Tamaño de granos pequeños	Phi	7
Median Grainsize	Tamaño de granos medianos	Phi	1.75841
STD Grainsize	Desviación estándar	Phi	2.38074
Vent Easting	Coordenadas del foco eruptivo - Este	UTM	517106
Vent Northing	Coordenadas del centro eruptivo - Norte	UTM	1393521
Vent Elevation	Elevación del volcán sobre el nivel del mar	m	1036
Eddy Constant	Coefficiente de difusión para partículas finas	m <sup>2</sup> /s <sup>-1</sup>	0.04
Diffusion Coefficient	Coefficiente de difusión para partículas grandes	m <sup>2</sup> /s	5138
Fall Time Threshold	Umbral de cambio en la difusión	S	1419
Lithic Density	Densidad de líticos	(Kg/m <sup>3</sup> )	2700
Pumice Density	Densidad de pómez	(Kg/m <sup>3</sup> )	1024
Column steps	Nº de pasos de integración en la columna	Adimensional	100
Plume Model	Distribución uniforme del modelo de la pluma	Adimensional	0
Plume Ratio	Razón entre parte baja y alta de la columna eruptiva	Adimensional	0.3

Fuente: Elaboración propia

Para cargar el *config\_file*, se selecciona una opción del menú desplegable, Aquí el usuario puede seleccionar entre los archivos de configuración precargados o elegir cargar un archivo propio. Cargar el archivo es opcional ya que cada uno de los valores definidos en él se puede establecer seleccionando cualquiera de los campos para cambiar el valor dentro.

Los parámetros eruptivos del Volcán Telíca fueron agregados manualmente, seleccionando un archivo predeterminado y luego cambiando los valores manualmente para definir los escenarios VEI 2 y 4.

2. un archivo con perfil de viento: Este archivo, anteriormente guardado en formato de texto, se cargó directamente desde la PC, seleccionando *upload* en el menú desplegable de *Wind file* (figura 20).

Figura 20. Procedimiento de recolección selección de archivo de viento



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se cargaron los datos se procedió a configurar la pestaña llamada *Grid*, aquí se establecen otros de los parámetros (distancia en km hacia los 4 puntos cardinales) que el simulador toma en consideración para obtener uno de los archivos de salida como es el *mapa isopach*. Habiendo especificados todos los parámetros, se ejecutó el modelo en el botón *Simulate*.

Finalmente, la herramienta *tephra2* completa sus cálculos, se generan archivos de salida, dentro de los cuales tenemos; salida numérica, que es una tabla que contiene coordenadas, Isopacas por cm, elevación, Masa por área, (datos espaciales) y un mapa de isopacas (en masa/área) (*anexo 3*) con sus líneas de contornos respectivas.

Los datos de salida numérica se procesan dentro de Excel (*figura 21*) mediante una conversión de la Masa/Área (m) a las unidades de las Isopacas (cm), agregando una tercera columna llamada Isopacas/cm donde se aplica la siguiente formula:

$$= 100 * (E2/1862)$$

Donde:

100 es la unidad en cm por metro del área

E2 corresponde a la columna de datos de la masa por área

1862 es el valor medio de caída de líticos

Finalmente se agregan a un formato de archivo compatible en ArcGis

Figura 21. Procesamiento de archivo de salida de TEPHRA 2 para ArcGis

SUMA : $\times$ $\checkmark$ $fx$ =100(E2/1862)						
	A	B	C	D	E	F
1	#Easting	Northing	Isopacas/cm	Elev.	Mass/Area	[-7->6]
2	417106	1293521	$100(E2/1862)$	150	2.3	0
3	417106	1294021		150	2.3	0
4	417106	1294521		150	2.3	0
5	417106	1295021		150	2.3	0
6	417106	1295521		150	2.3	0

Aplicación de fórmula en Excel para obtener espesores de Isopacas Fuente: Elaboración propia

## 9.6. Plan de análisis y procesamiento de los datos

Posteriormente concluida la etapa de recolección de datos, se analizó y proceso toda la información obtenida, con el fin de elaborar perfiles de viento, histogramas y rosetas de viento, además de generar los mapas de amenaza por caída de tefra.

Para la elaboración de perfiles de viento, histogramas y rosetas de viento se realizó a través del programa Matlab, este es un software diseñado para generar graficas o modelos numéricos, en el cual, se ingresaron los datos numéricos obtenidos de los sondeos de viento. Una vez que el software reconoce y procesa la información, se selecciona el tipo de grafico a obtener y automáticamente los genera. Mediante el análisis de estos gráficos se logró identificar los principales patrones de viento y su relación en la forma de que se dispersa la tefra.

De los archivos salida, se utilizó los datos de salida numérica (datos espaciales), estos se importaron al sistema de información geográfica ArcGis 10.5 y a través de la herramienta *interpolation* se creó los mapas de superficie de contorno donde se muestran las probabilidades de excedencia de tefra según VEI 2 y VEI 4.

## 10. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 10.1. Análisis de perfiles de Viento mensuales y resultados de mapas de simulación según VEI 2 y VEI 4

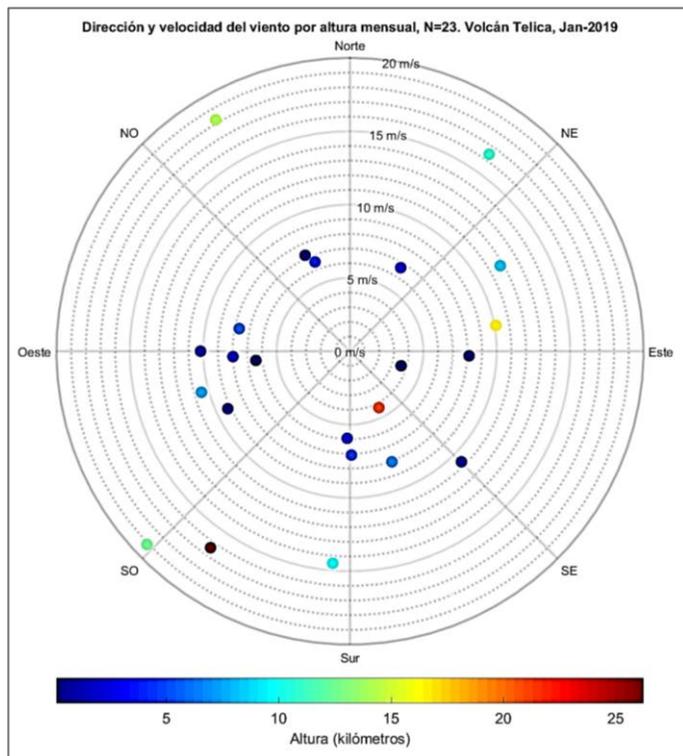
El volcán Telíca está ubicado en departamento de león con una altura de 1036m sobre el nivel del mar, donde la dirección del viento generalmente predomina hacia el NO – SE. Para conocer el comportamiento del viento que presenta la zona de estudio se realizaron sondeos de vientos que posteriormente mediante sus análisis se lograron determinar variaciones significativas en su dirección y velocidad en función de la altura en cada mes del año 2019, influyendo en la forma y dirección de la pluma de dispersión. Obteniendo los siguientes resultados:

#### 10.1.1. Resultados del mes de enero.

##### ➤ Perfil de viento

En análisis de los datos del sondeo de viento del mes de enero (figura 22) se identifica que para los primeros 5km de elevación, la velocidad predominante del viento corresponde a entre 5m/s y 10m/s con direcciones noroeste, sur y suroeste, predominando su dirección hacia el oeste. La mayor velocidad que presenta es de 18m/s y 19m/s, con direcciones noroeste y suroeste, en un rango de entre 10km y 15km de altura. Para alturas mayores su velocidad máxima es de 16m/s soplando hacia el suroeste.

Figura 22. Perfil de viento del mes de enero, 2019



Fuente: Elaboración propia

### ➤ Simulación de caída de tefra

Utilizando los datos de viento se realizaron simulaciones de erupciones con IEV 2 y IEV 4, de manera que, se generaron dos escenarios de dispersión de tefra para cada mes.

En la primera simulación con IEV 2 del mes de enero (*figura 23*) se observa como la columna eruptiva está influenciada por los vientos a 5km de elevación, mayormente advectada hacia el sur- suroeste, con un alcance de aproximadamente 16km de distancia, presentando capas de espesor  $\leq 0.10\text{cm}$  concentrándose la mayor masa de caída en las zonas más cercanas al foco eruptivo. El segundo escenario corresponde a la simulación de erupción de intensidad 4 (*figura 24*), esta dispersión está dirigida hacia el sur oeste, con capas de dispersión de hasta 408cm (4.08m) en las zonas más cercanas al cráter, teniendo un alcance de 53.1km aproximadamente.

Los mapas de amenaza obtenidos a través del procesamiento de los datos de salida de la simulación con magnitud VEI2, nos muestran como resultados que la principal zona afectada, presentando una amenaza baja (color verde) por caída de tefra es el municipio de Telíca y afectando las vías que llevan al municipio de Posoltega y a los departamentos de León y Matagalpa. Por otro lado, en caso de una erupción de magnitud 4, los lugares con amenaza alta son: el departamento de Chinandega y los municipios de Posoltega, Telíca y Quezalguaque. El departamento de León y el municipio Corinto presentan una amenaza media y Chinandega una de menor rango. La vía que conecta a Chinandega y León se encuentra también en una zona de amenaza con posibles afectaciones.

Figura 23. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 2 - Enero

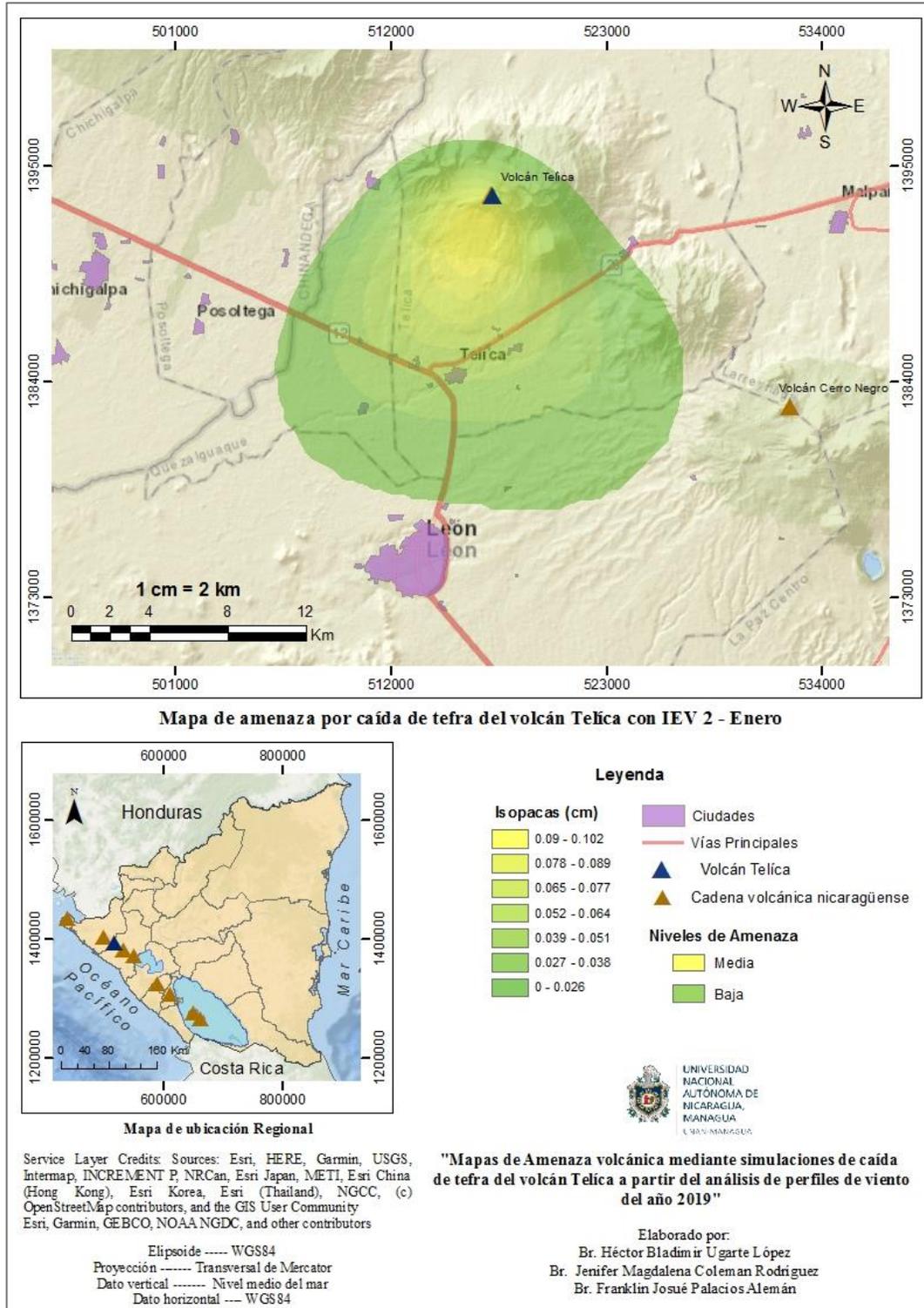
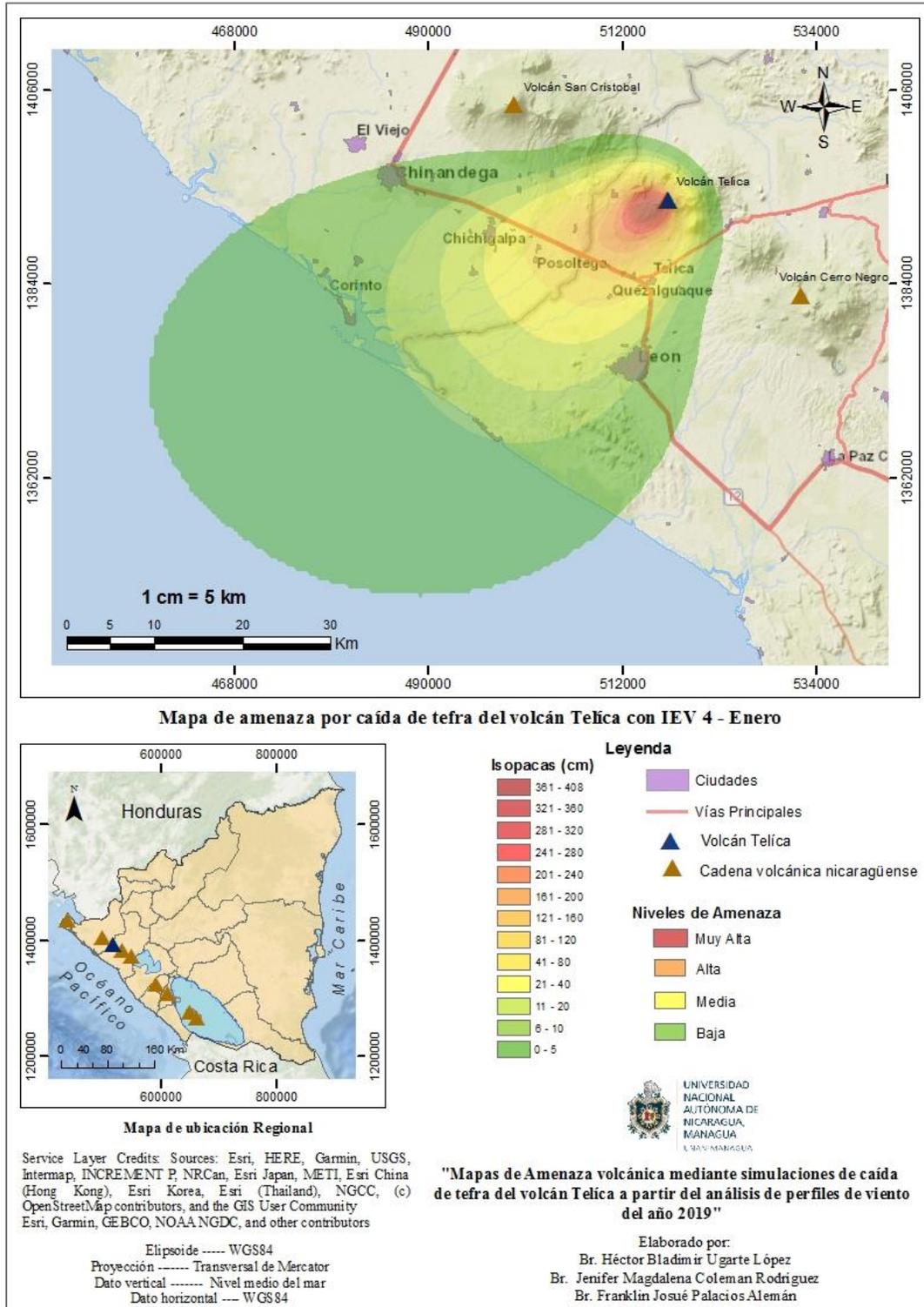


Figura 24. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 4 - Enero

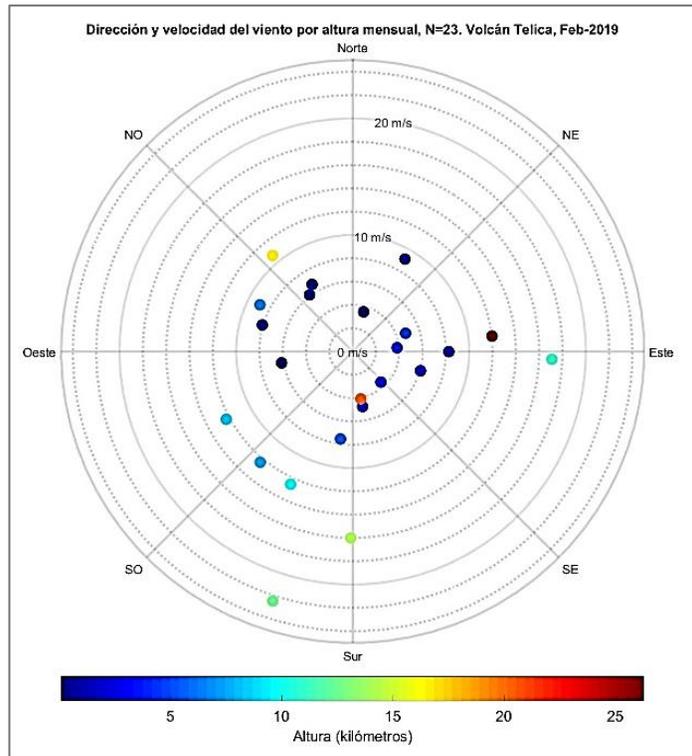


### 10.1.2. Resultados del mes de febrero.

#### ➤ Perfil de viento

Para el caso del mes de febrero (figura 25) se observa que, en los primeros 5km, los vientos varían con velocidades de 4m/s a 8m/s con direcciones sur, sureste y este. A 10km de elevación, predominan vientos con velocidades de 12m/s con dirección hacia el suroeste. La velocidad máxima es de 22m/s y se registra a 12.5km de altura con dirección sur – suroeste, para alturas mayores las velocidades son menores a 11m/s en direcciones variables hacia el sur, este y noroeste.

Figura 25. Perfil de viento del mes de febrero, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulaciones de caída de tefra

En la simulación correspondiente al IEV 2 del mes de febrero (figura 26) se muestra, en su forma de dispersión, como la columna eruptiva es adveccionada principalmente por vientos a 5km de altura, dispersándose hacia el sur - suroeste, con un alcance de aproximadamente 15.5km de distancia, presentando capas de espesor  $\leq 0.10\text{cm}$ . Para la simulación IEV 4 (figura 27), se encuentra que, la dispersión está dirigida hacia el suroeste, aunque a medida que avanza se extiende hacia el sur y sureste, presentando capas de dispersión de hasta 187cm (1.87m) en las zonas más cercanas al cráter, teniendo un alcance de 60.5km aproximadamente.

En el escenario magnitud 2 (figura 26), la zona con una amenaza baja es el municipio de Telica, afectando también las vías hacia el municipio de Posoltega y a los departamentos

de León y Matagalpa. En caso de una erupción con IEV 4 (figura 27), el municipio que registra mayor amenaza es Telíca. También, el departamento de León y los municipios de Posoltega y Quezalguaque se encuentran en una zona de alta amenaza. Los municipios de Chichigalpa, Corinto, La Paz Centro y Nagarote, aunque a menor escala, también serían alcanzados por la lluvia de cenizas.

Figura 26. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Febrero.

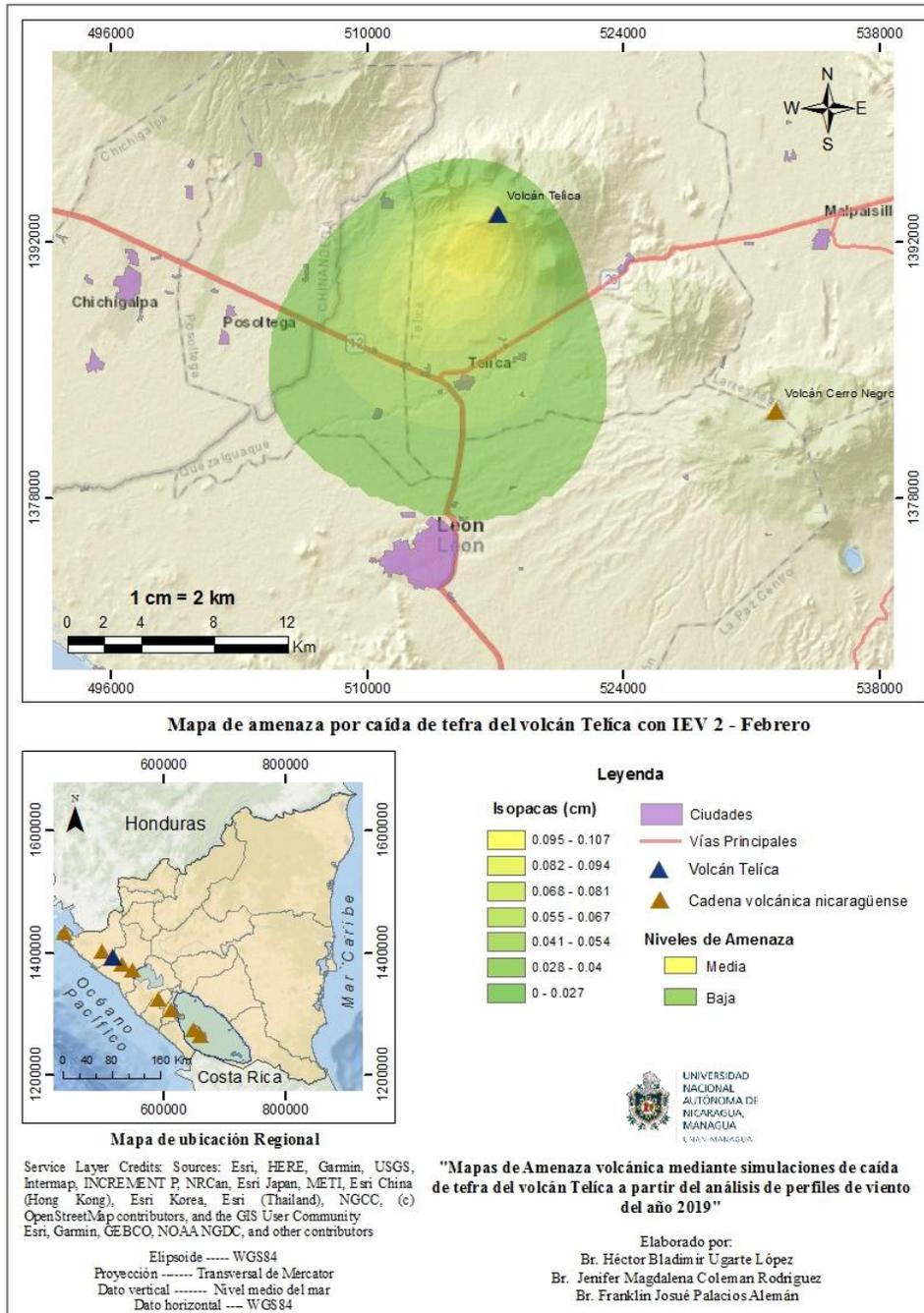
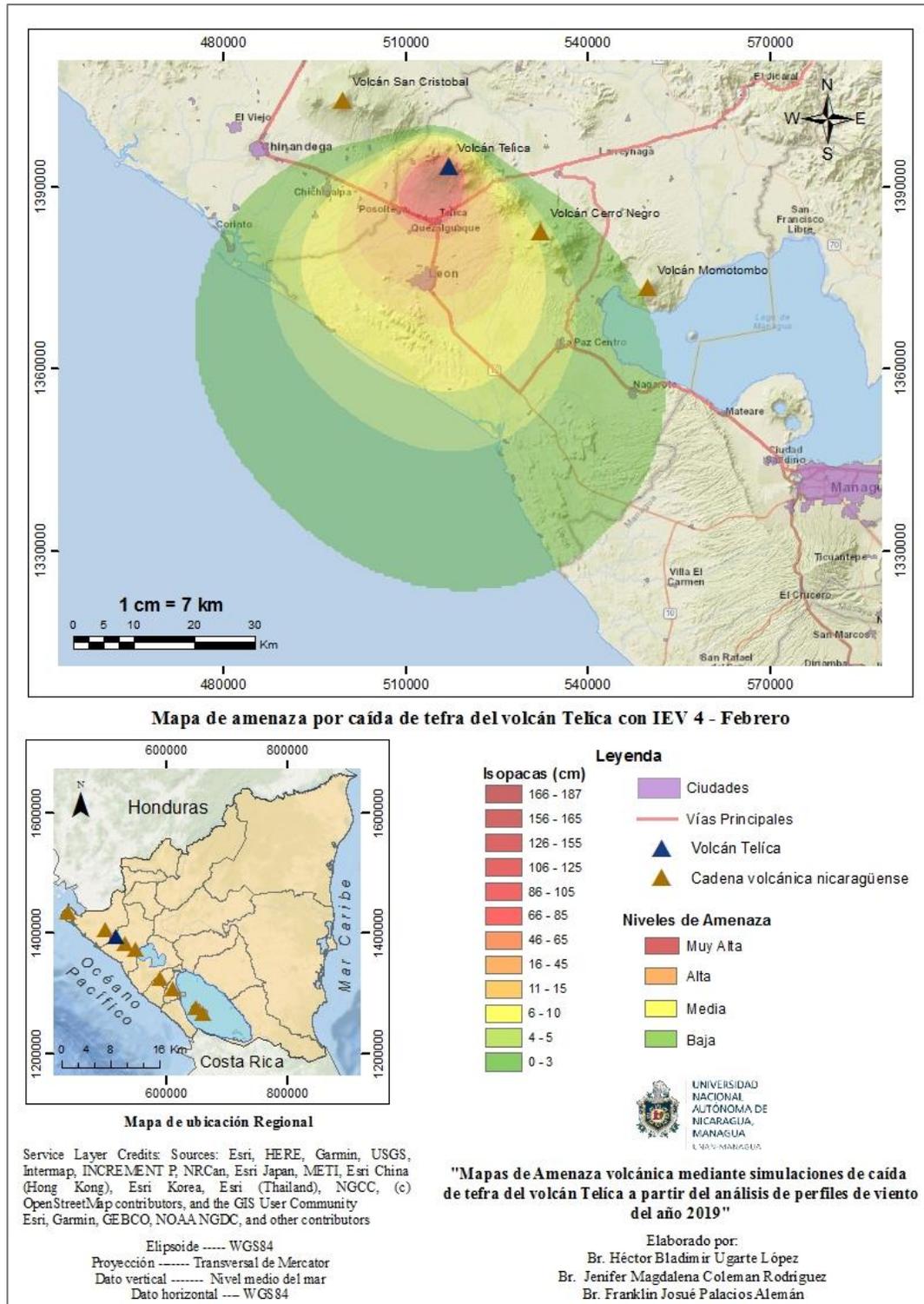


Figura 27. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 4 - Febrero.

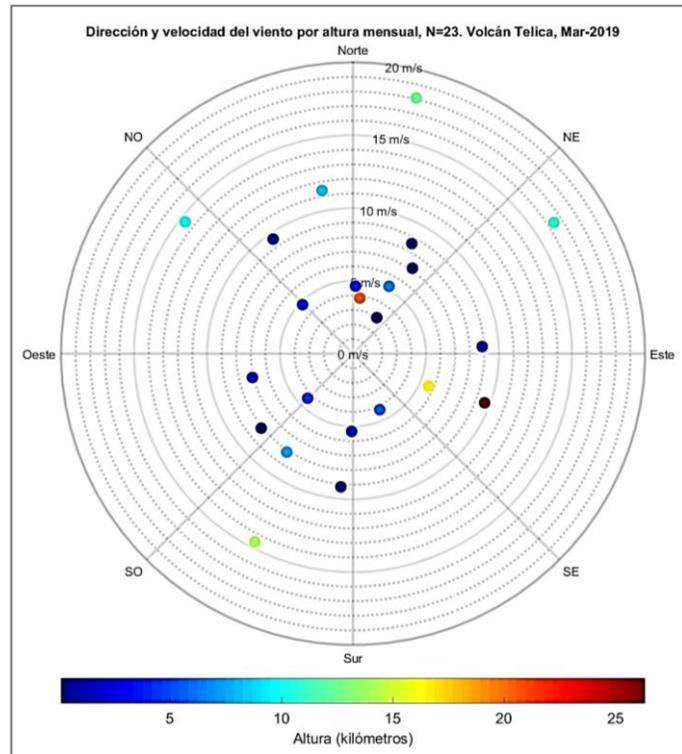


### 10.1.3. Resultados del mes de marzo

#### ➤ Perfil de viento

En el mes de marzo (figura 28) se registran vientos con velocidades de 10m/s en los primeros 2km de altura, disminuyendo la velocidad a medida que ascendemos a 5km, mostrando que las direcciones varían desde el noroeste al noreste y del sureste al oeste. A 10km de altura se registran vientos de hasta 16m/s en dirección noreste, norte y noroeste y a 12km de altura, velocidades de 14m/s con dirección suroeste. En alturas mayores la velocidad del viento disminuye.

Figura 28. Perfil de viento del mes de marzo, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulaciones de caída de tefra

En la simulación correspondiente al VEI 2 del mes de marzo (figura 29) se determina como la dispersión de la columna eruptiva es advectada en dirección suroeste, con un alcance de aproximadamente 15km de distancia, presentando capas de espesor  $\leq 0.08\text{cm}$ . Para la simulación VEI4 (figura 30), la dispersión se encuentra mayormente hacia el sur oeste, donde, a medida que se extiende, varía ligeramente hacia el sur y el sureste, teniendo un alcance de 54.8km aproximadamente y capas de dispersión de hasta 204cm (2.04m) en las zonas más cercanas al cráter.

En el escenario eruptivo con IEV 2 del mes de marzo (figura 29), nuevamente el municipio de Telica y las vías que van hacia a el municipio de Posoltega, y los departamentos de León y Matagalpa presentan amenaza baja. Para el caso de una erupción con IEV 4 (figura 30), los municipios de Telica, Quezalguaque, Posoltega y el departamento de León, se

encuentran en zona de alta amenaza. Mientras que, las comunidades de la paz Centro, Nagarote y comunidades aledañas al volcán Momotombo serían alcanzadas, en menor rango de amenaza, por la lluvia de cenizas.

Figura 29. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 2 - Marzo.

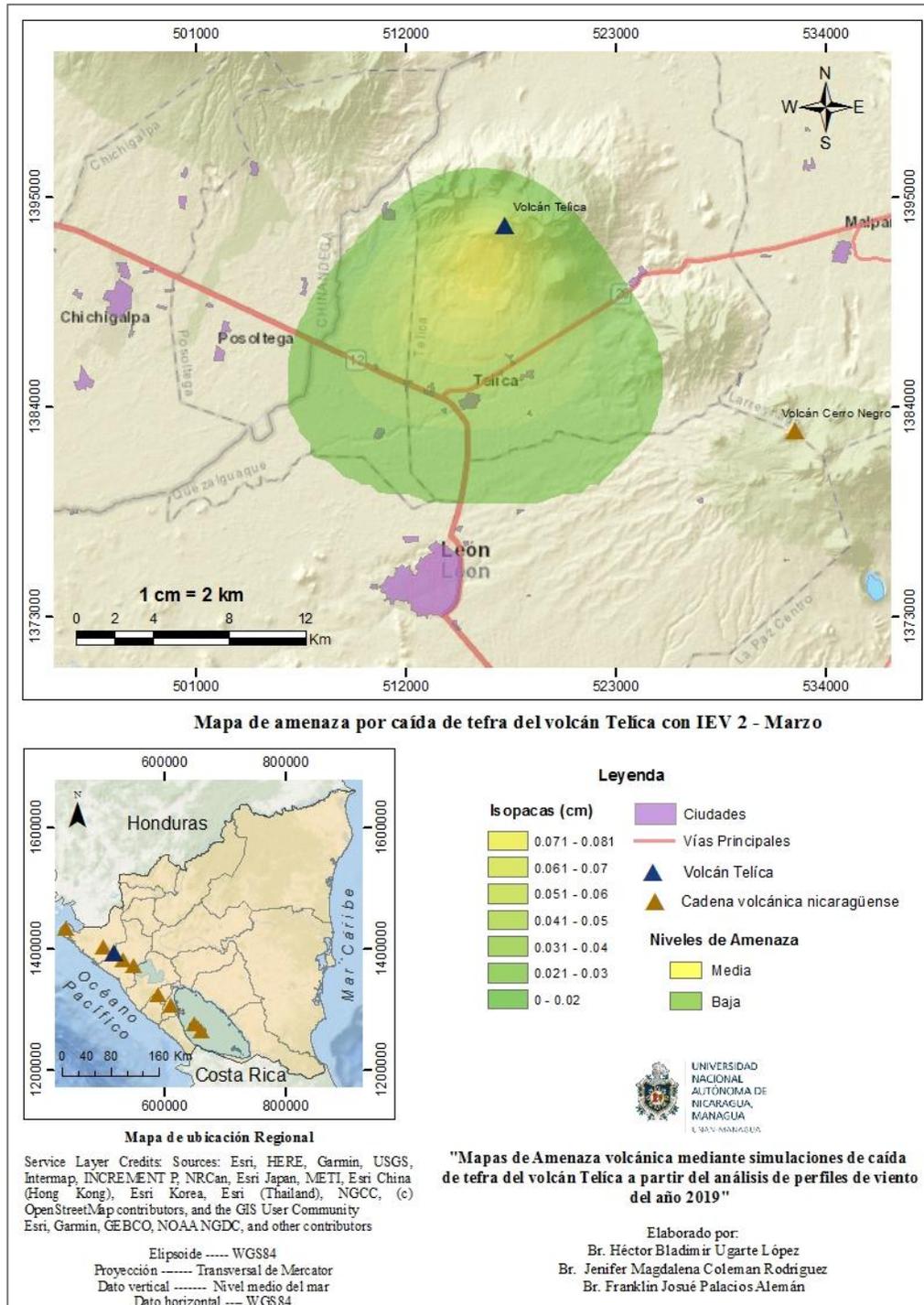
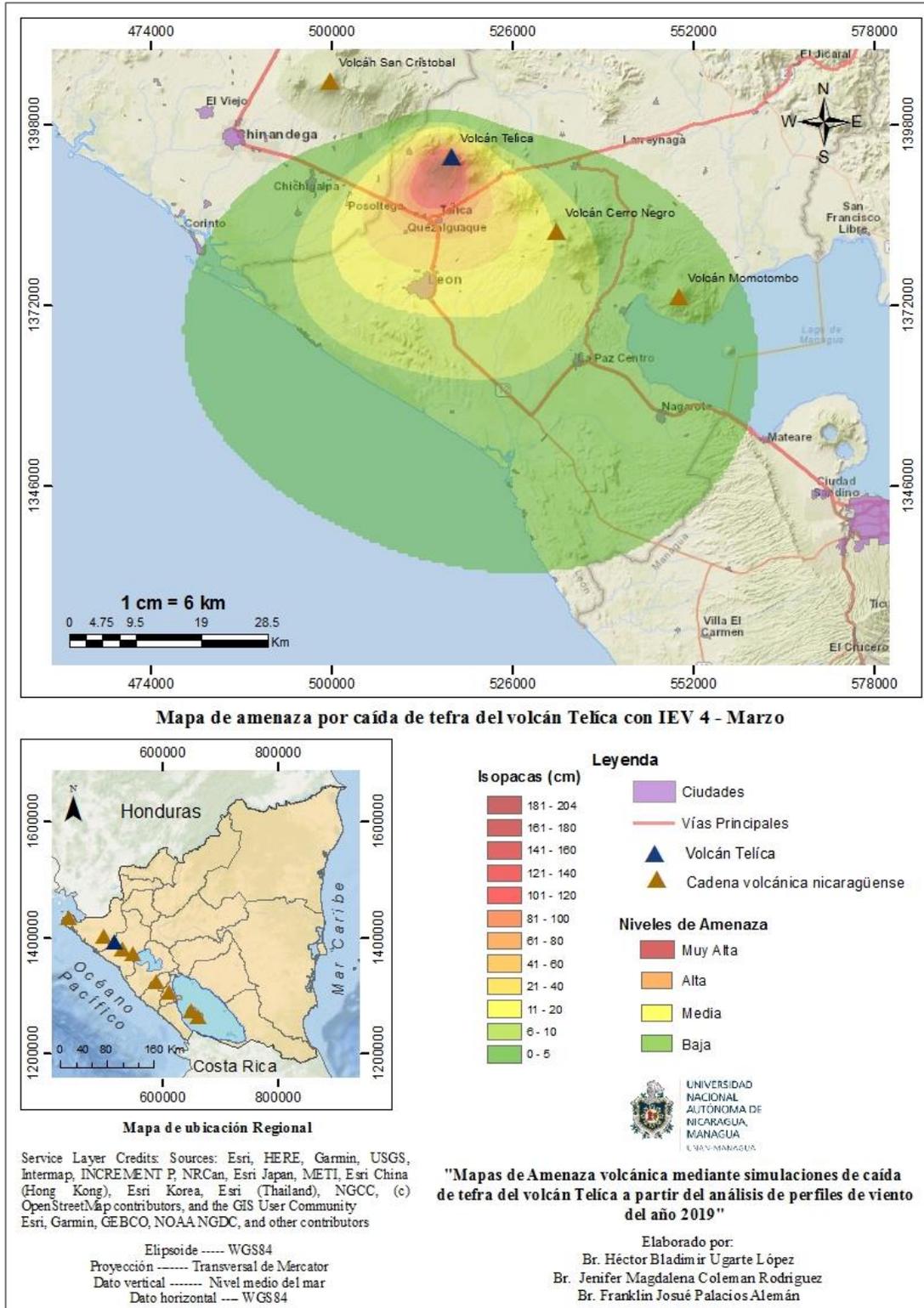


Figura 30. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Marzo.

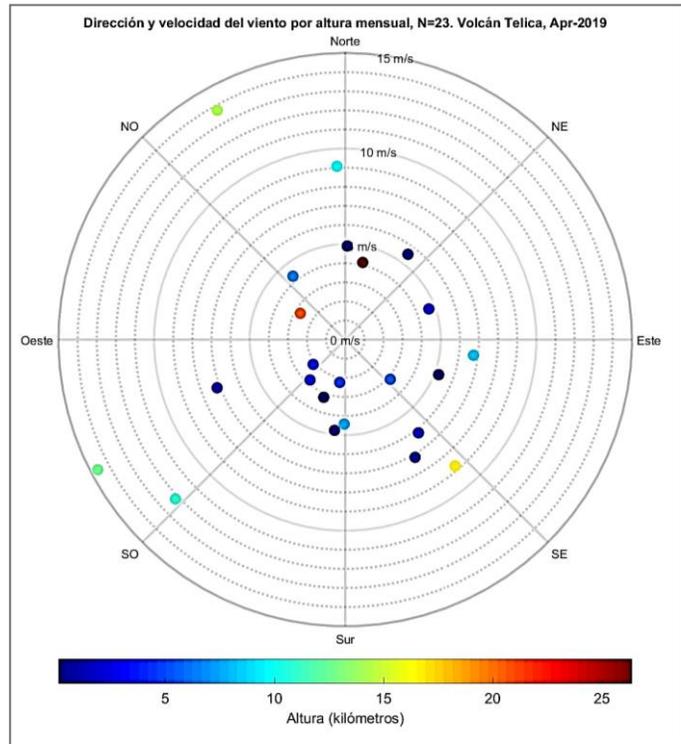


#### 10.1.4. Resultados del mes de abril

##### ➤ Perfil de viento

El mes de abril (*figura 31*) presenta registros de vientos donde las velocidades disminuyen en comparación con los primeros meses, mostrando vientos con velocidad menor a 6m/s en los primeros 5km de altura, dirigiéndose con mayor frecuencia al sureste – suroeste. La mayor velocidad registrada es de 14m/s, con dirección al noroeste y suroeste a 12.5km de elevación. Para alturas mayores la velocidad disminuye obteniendo 9m/s como la mayor velocidad.

*Figura 31. Perfil de viento del mes de abril, 2019.*



*Fuente: Elaboración propia*

##### ➤ Simulaciones del mes de abril.

En la simulación con IEV 2 del mes de abril (*figura 32*) muestra que, la columna eruptiva se dispersa en dirección suroeste, con un alcance de aproximadamente 14.1km de distancia, presentando capas de espesor  $\leq 0.15$ cm. Para la simulación con IEV 4 (*figura 33*), la dispersión se dirige hacia el suroeste, extendiéndose de forma casi circular y con un alcance de 48km aproximadamente, presentando capas de dispersión de hasta 269cm (2.69m) en las zonas más cercanas al cráter y 5cm en las zonas más alejadas.

Para el caso del escenario de una erupción de magnitud 2 (*figura 32*), los municipios; Telica, Quezalguaque, Posoltega y las vías que llevan a las comunidades de Posoltega, León y Matagalpa serían alcanzados por la caída de tefra. En cambio, para una magnitud 4 (*figura 33*), los municipios; Chichigalpa, Telica, Quezalguaque, Posoltega y el departamento de

León se encuentran en zona de alta amenaza. Mientras que, los municipios; Corinto, El Viejo, Chinandega, la Reynaga, y comunidades aledañas al volcán San Cristóbal y Cerro Negro se encuentran en una zona de baja amenaza, que aun siendo de menor escala, también serían alcanzados por la caída de ceniza.

Figura 32. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 2 - Abril

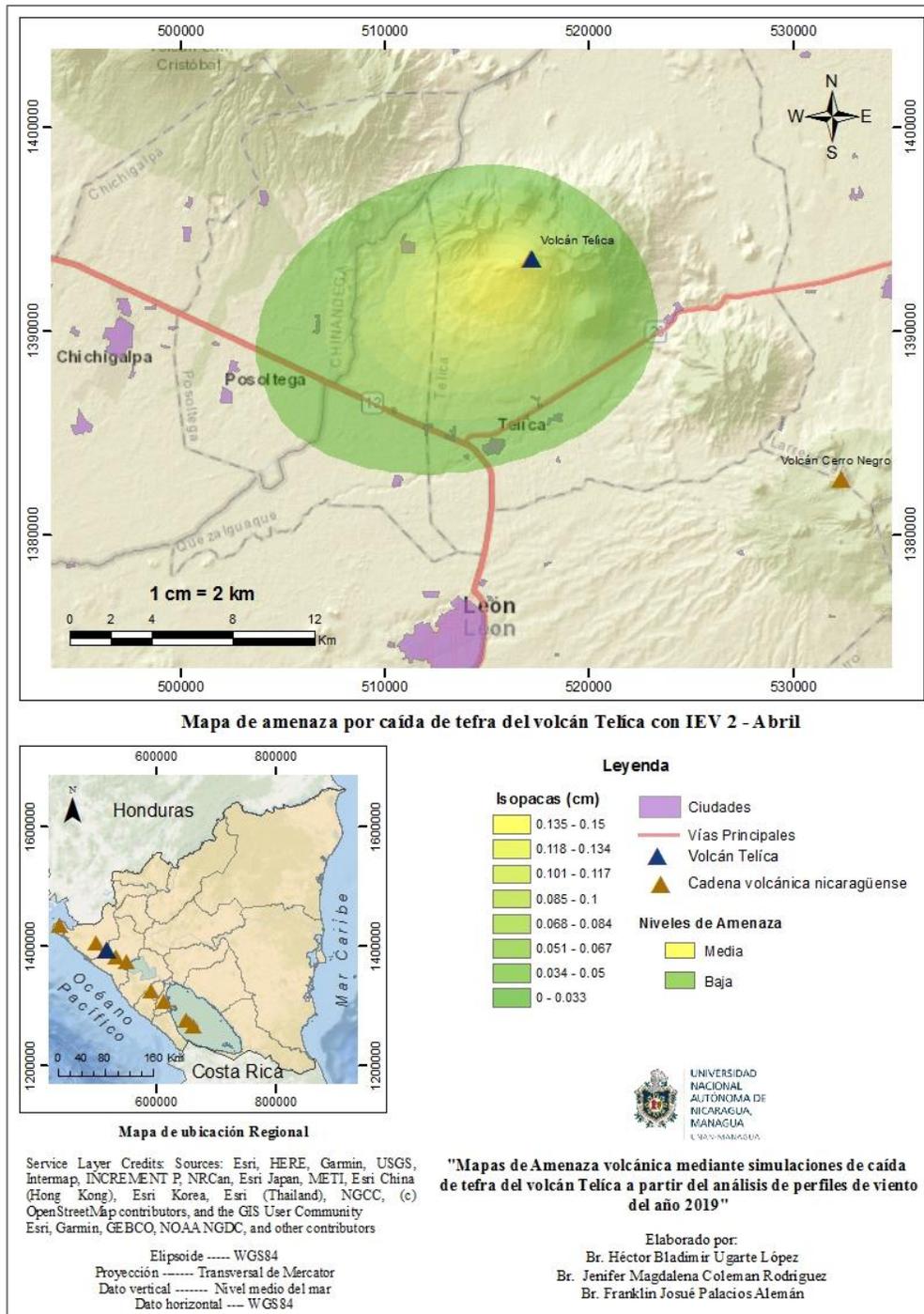
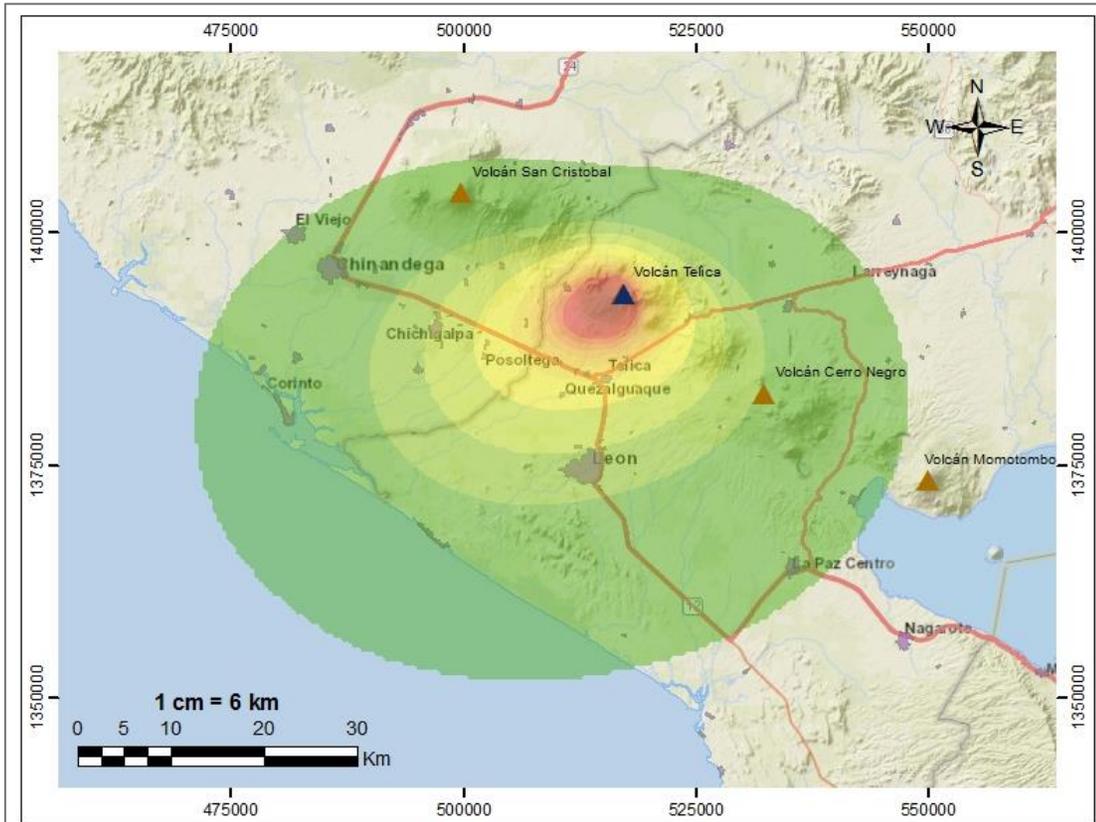
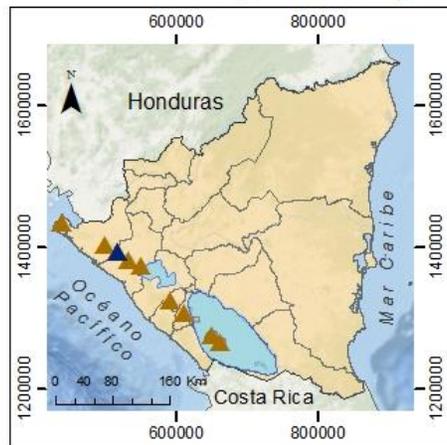


Figura 33. Mapa de amenaza por caída de tefra del Volcán Telica con IEV 4 - abril



Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 4 - Abril



Mapa de ubicación Regional

Service Layer Credits: Sources: Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community  
Esri, Garmin, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors

Elipsoide ----- WGS84  
Proyección ----- Transversal de Mercator  
Dato vertical ----- Nivel medio del mar  
Dato horizontal ---- WGS84



“Mapas de Amenaza volcánica mediante simulaciones de caída de tefra del volcán Telica a partir del análisis de perfiles de viento del año 2019”

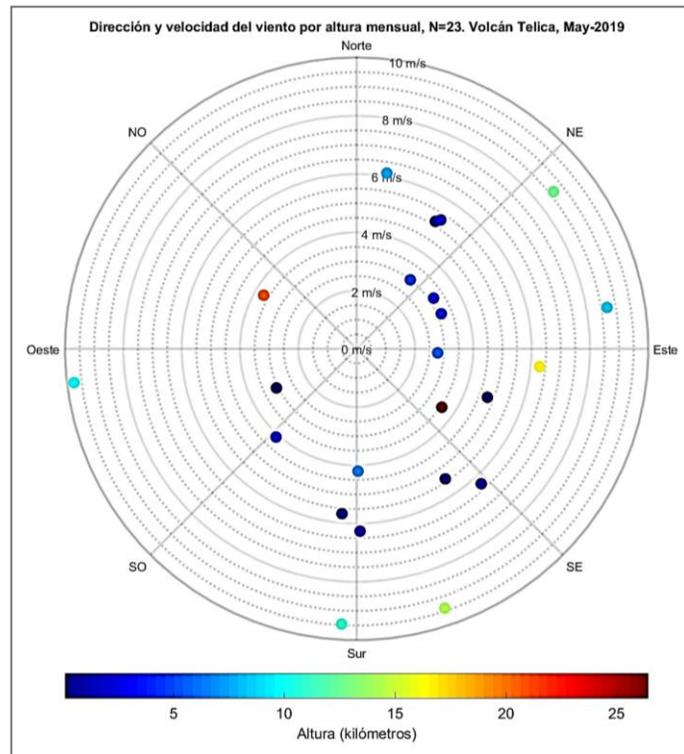
Elaborado por:  
Br. Héctor Bladimir Ugarte López  
Br. Jenifer Magdalena Coleman Rodríguez  
Br. Franklin Josué Palacios Alemán

### 10.1.5. Resultados del mes de mayo

#### ➤ Perfil de viento

En el mes de mayo, los sondeos de vientos (*figura 34*) nos muestra velocidades desde 2.2m/s hasta 6.2m/s en los primeros 5km de altura dirigiéndose en diferentes direcciones entre el noreste y el suroeste. A 10km de altura se registra su mayor velocidad de 9.5m/s con dirección al sur y el oeste. En dirección noreste se registran vientos con velocidad 8.5m/s y al sureste con velocidad 9.5m/s, a una altura de 15km, en las alturas posteriores las velocidades disminuyen a menos de 6m/s.

*Figura 34. Perfil de viento del mes de mayo, 2019.*



*Fuente: Elaboración propia*

#### ➤ Simulaciones de caída de tefra

En la simulación con IEV 2 del mes de mayo (*figura 35*) se observa como la columna eruptiva es adveçada principalmente por vientos a 5km de altura, dispersándose hacia el sur – suroeste, donde a medida que se extiende, abarca zonas al sureste. Su alcance es de aproximadamente 14.3km de distancia y presenta capas de espesor  $\leq 0.15\text{cm}$ . Para la simulación IEV 4 (*figura 36*), la dispersión está dirigida hacia el sur - sureste, presenta capas de dispersión de hasta 269cm en las zonas más cercanas al cráter, teniendo un alcance de 60km aproximadamente.

En los resultados de la simulación con IEV 2 del mes de mayo (*figura 35*), el municipio de Telica y las vías que van hacia el municipio de Posoltega y a los departamentos de León y Matagalpa, siguen siendo las principales zonas de amenaza. Para el caso de una

erupción de magnitud 4 (figura 36), el municipio de Telica, Quezalguaque, Posoltega y el departamento de León se encuentran en zona de alta amenaza. Las comunidades de la paz Centro, Nagarote y comunidades aledañas al volcán Momotombo, serían alcanzadas por la caída de ceniza, categorizando a estas zonas con amenaza baja.

Figura 35. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 2 - Mayo

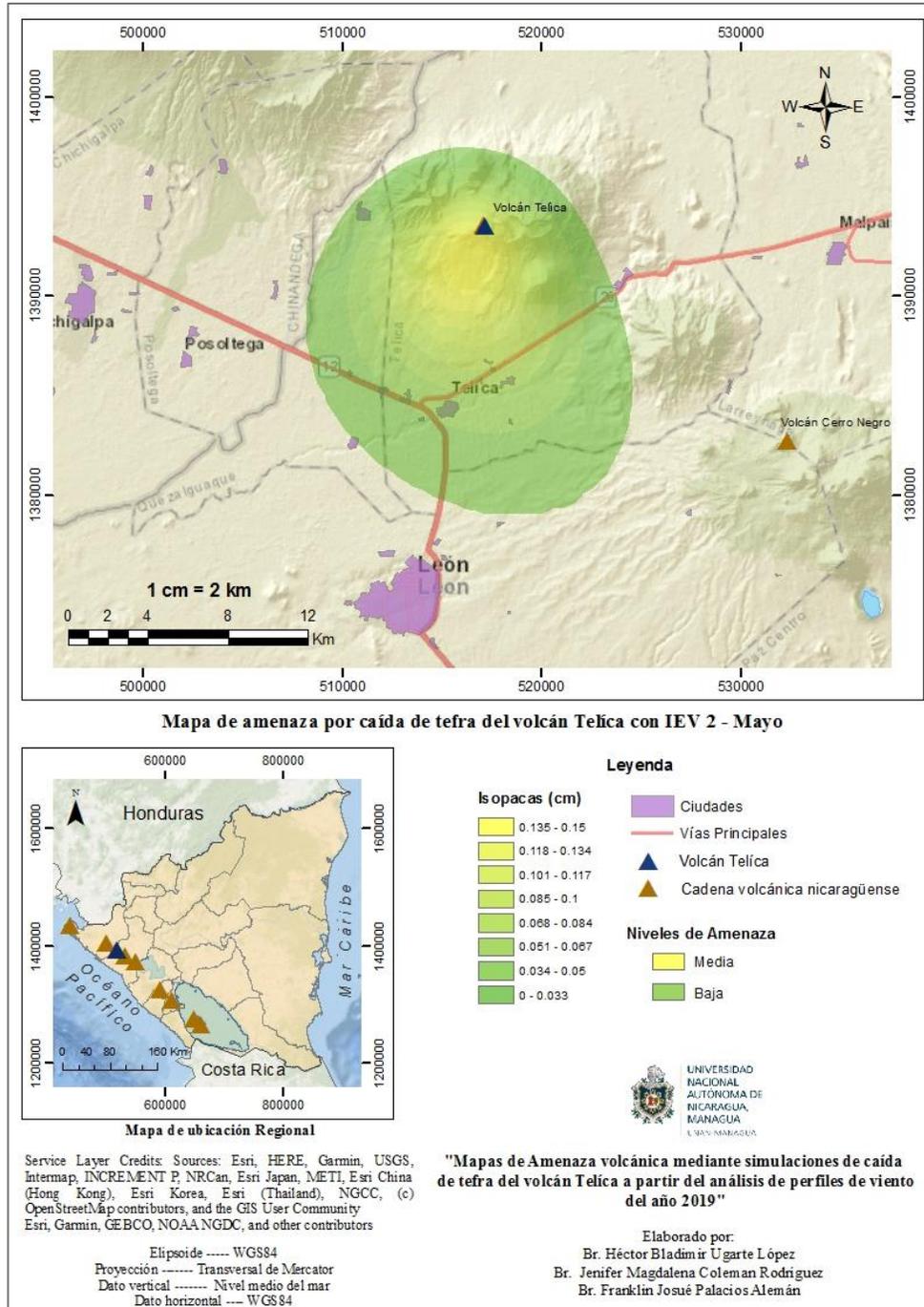
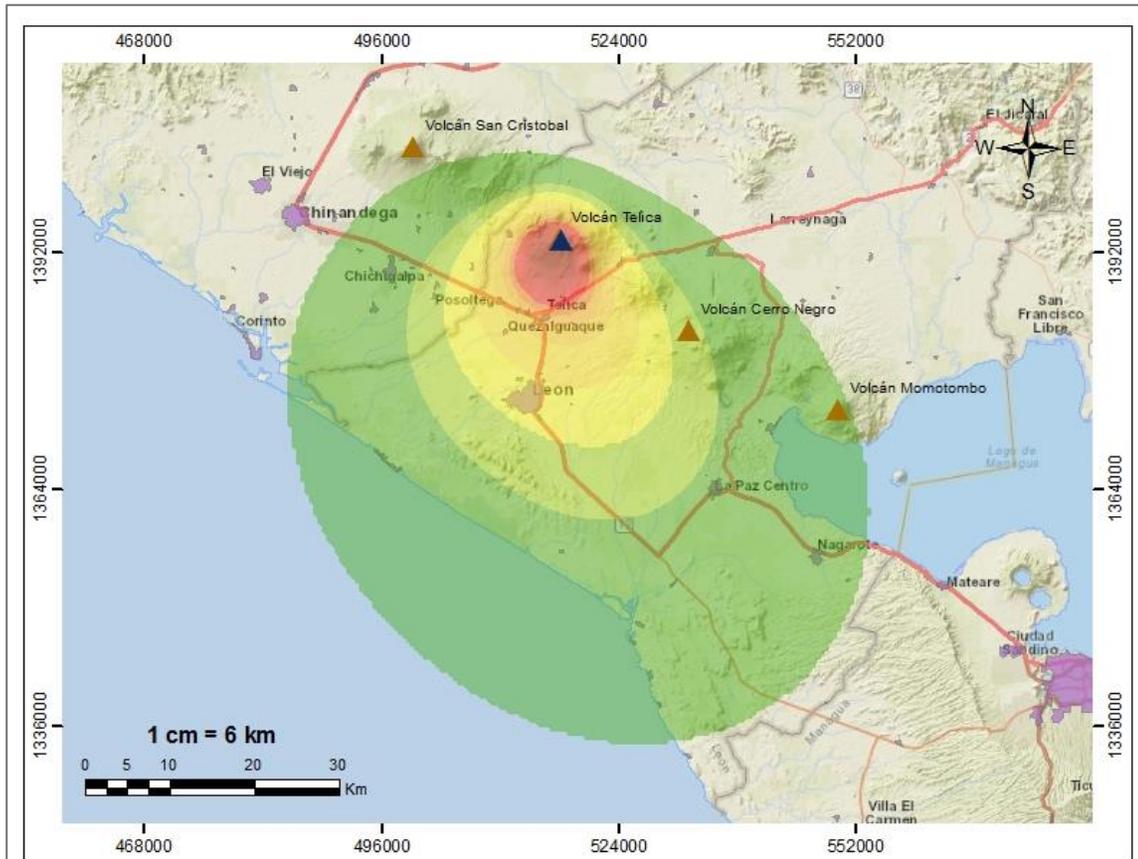
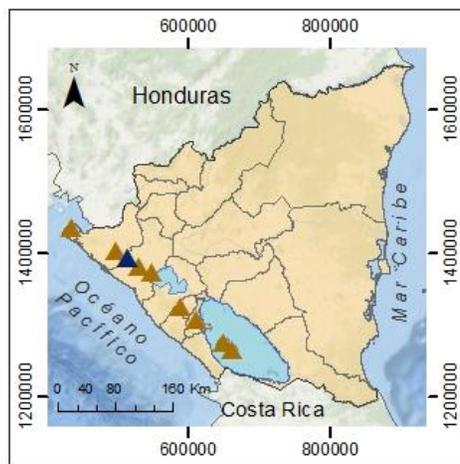


Figura 36. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Mayo



Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Mayo



Mapa de ubicación Regional

Service Layer Credits: Sources: Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community  
Esri, Garmin, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors

Elipsoide ----- WGS84  
Proyección ----- Transversal de Mercator  
Dato vertical ----- Nivel medio del mar  
Dato horizontal ---- WGS84



“Mapas de Amenaza volcánica mediante simulaciones de caída de tefra del volcán Telíca a partir del análisis de perfiles de viento del año 2019”

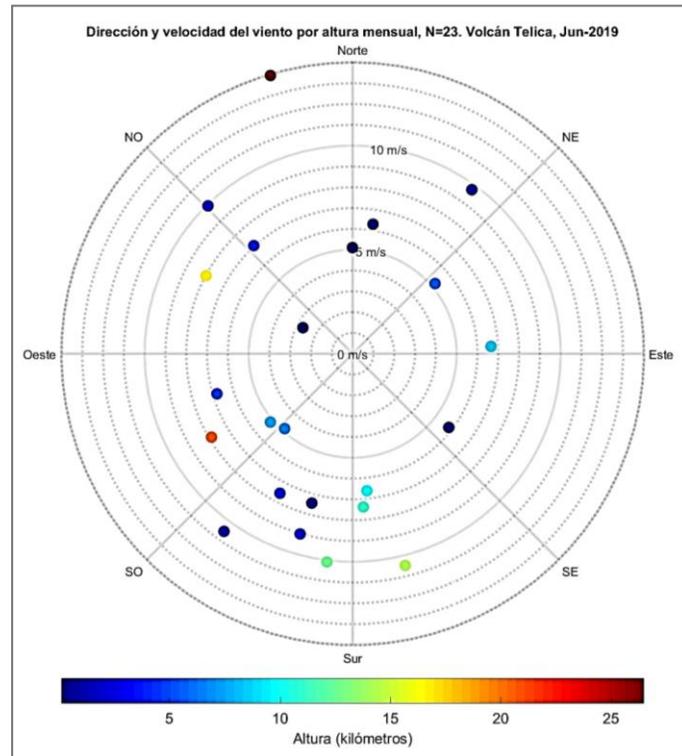
Elaborado por:  
Br. Héctor Bladimir Ugarte López  
Br. Jenifer Magdalena Coleman Rodríguez  
Br. Franklin Josué Palacios Alemán

### 10.1.6. Resultados del mes de junio

#### ➤ Perfil de viento

En el mes de junio (figura 37) se registra velocidades del viento de 3m/s hasta 7m/s en los primeros 2 km de altura, a medida que esta aumenta a 5km, las velocidades también lo hacen, registrando 10m/s hacia el suroeste y noroeste. En el rango de 10km de altura la velocidad es de 7m/s, dirigiéndose hacia el sur. En las alturas posteriores las velocidades son de 10m/s dirigiéndose nuevamente hacia el sur. La velocidad máxima se registra a más de 25km de altura con 15m/s.

Figura 37. Perfil de viento del mes de junio, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulaciones por caída de tefra

El primer escenario eruptivo de magnitud 2 del mes de junio (figura 38) nos muestra una dispersión en dirección suroeste, extendiéndose de forma elíptica, con un espesor de capas  $\leq 0.09\text{cm}$  y un alcance de 30km de distancia aproximadamente. Para el segundo escenario eruptivo con IEV 4 (figura 39), la dispersión se dirige al suroeste, extendiéndose de forma casi elíptica, con un alcance de 90km de distancia aproximadamente y presentando un espesor de material volcánico de hasta 177cm (1.77m) en las zonas más cercanas al cráter y  $\leq 5\text{cm}$  en las zonas más alejadas.

Para una erupción con IEV 2 en el mes de junio (figura 38), los municipios con mayor amenaza son; Telíca, Quezalguaque, Posoltega y las vías principales que va de Telíca hacia

el departamento de Chinandega. Mientras que, una erupción con IEV 4 (figura 39) en este mes, expone con amenaza alta a los municipios; Telíca, Quezalaguaque y Posoltega. En cuanto a las zonas con menor rango de amenaza se encuentran: Corinto, León y Chichigalpa.

Figura 38. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Junio

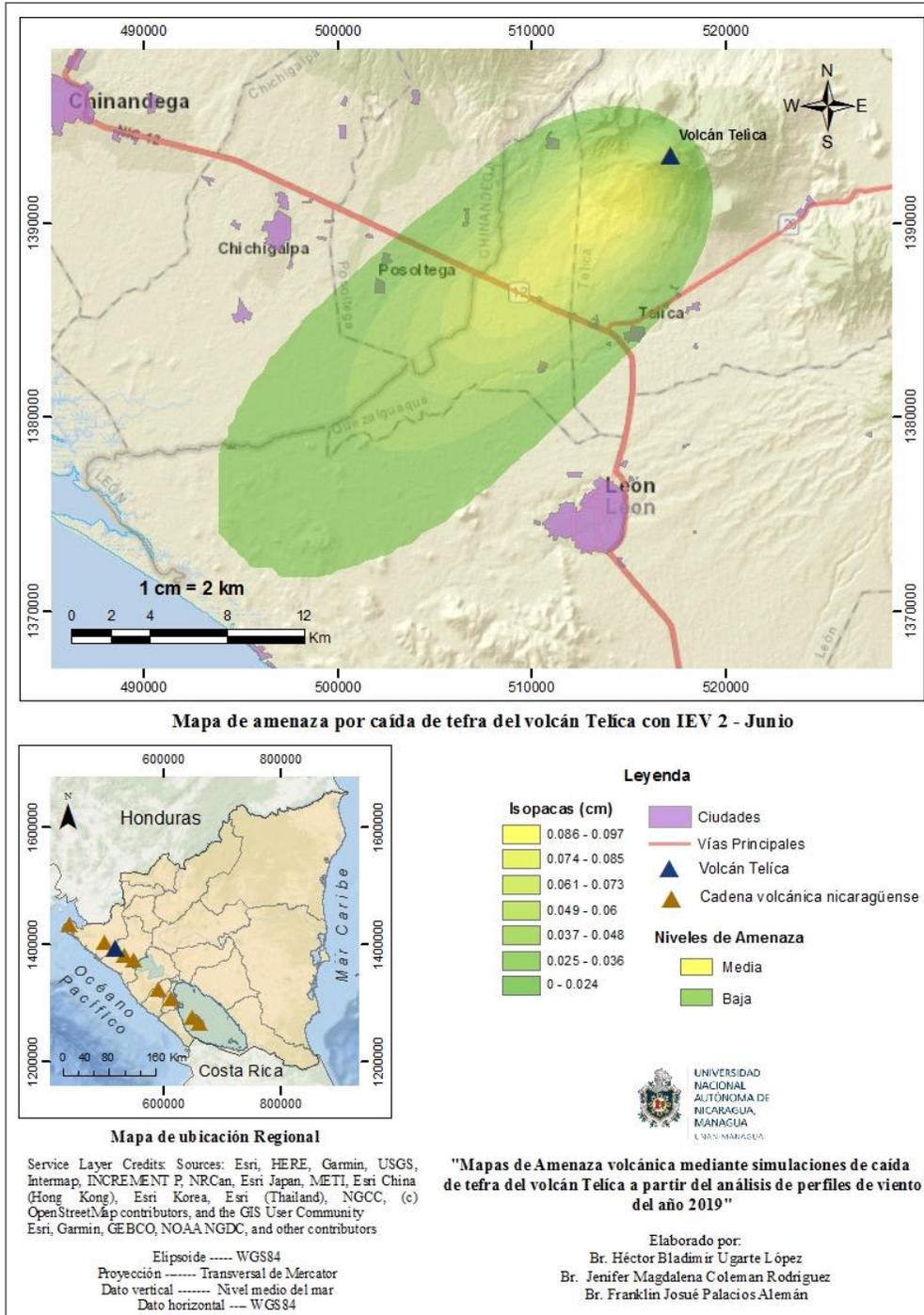
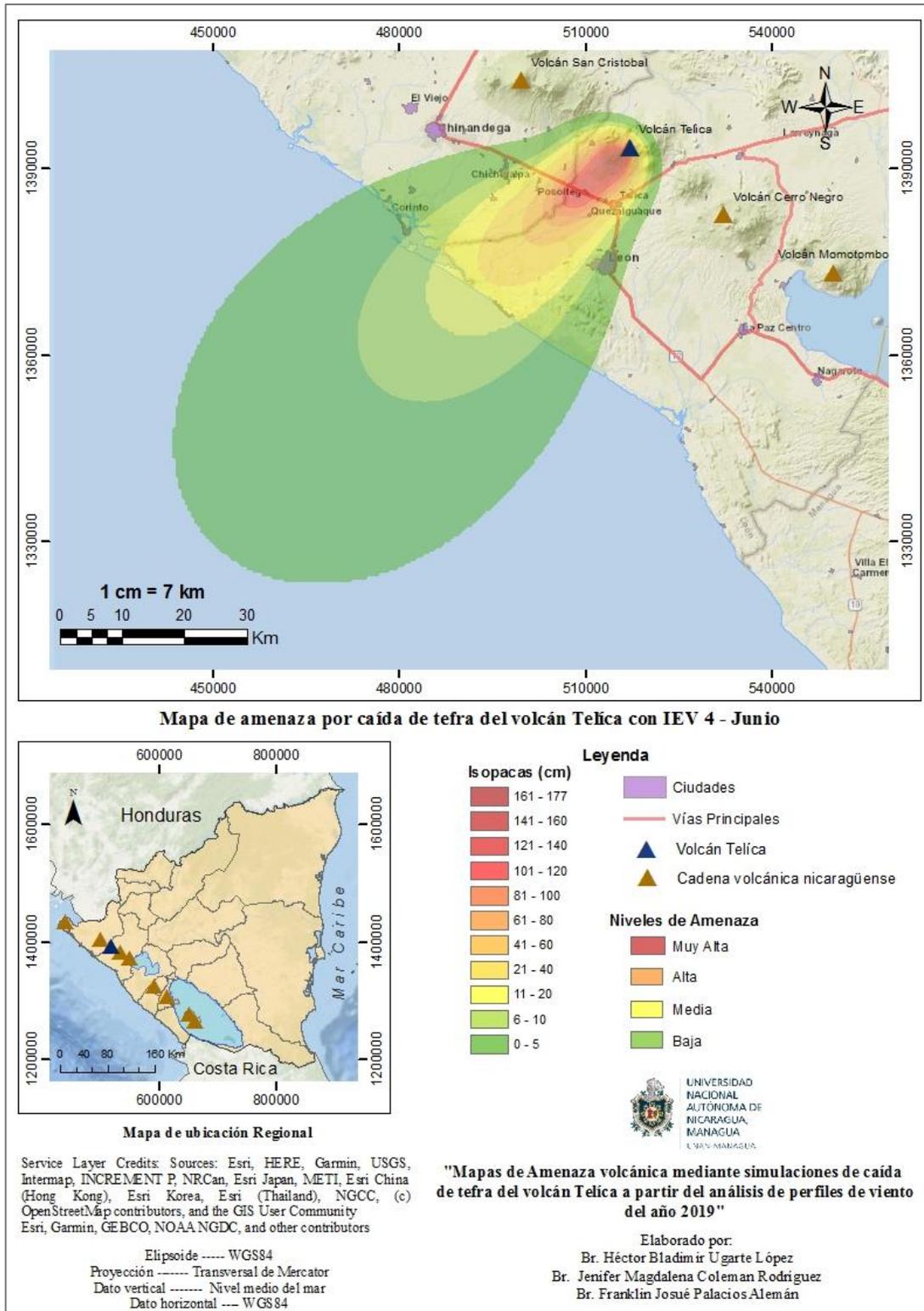


Figura 39. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Junio

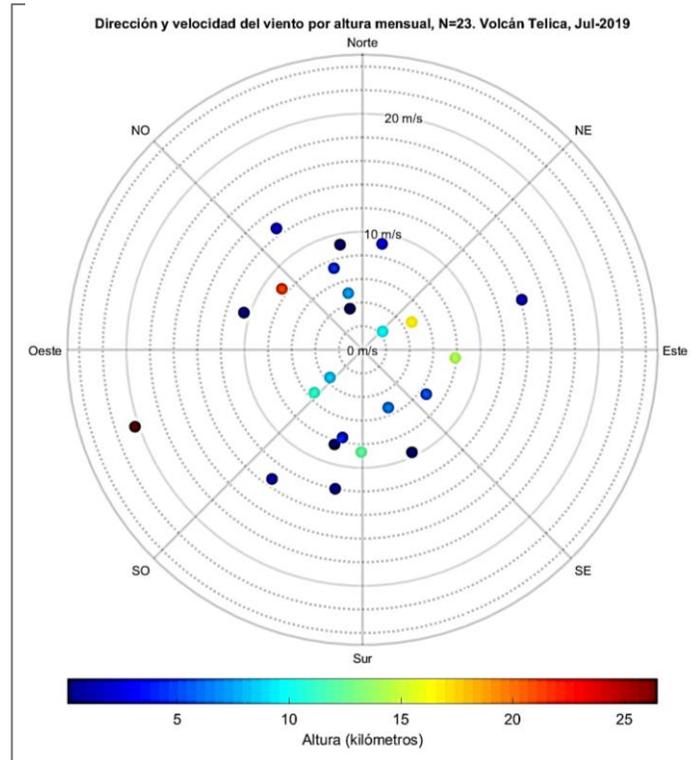


### 10.1.7. Resultados del mes de Julio

#### ➤ Perfil de viento

Para el caso del mes de julio (figura 40) se identifican en los primeros 5km de elevación que la velocidad predominante del viento esta entre 4m/s a 13m/s, con direcciones sureste – suroeste y norte – oeste. La mayor velocidad que presenta es de 20m/s, dirigiéndose entre el oeste y suroeste. Para alturas mayores, la velocidad disminuye, teniendo un valor menor a 10m/s en direcciones sur, suroeste.

Figura 40. Perfil de viento del mes de julio, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulaciones por caída de tefra

La simulación correspondiente al VEI 2 del mes de julio (figura 41) nos muestra en su forma de dispersión como la columna eruptiva es advectada por los vientos dirigiéndose principalmente hacia el oeste. Su alcance es de aproximadamente 35.1km de distancia y presenta capas de espesor  $\leq 0.09\text{cm}$ . Para la simulación VEI4 (figura 42), la dispersión está igualmente dirigida hacia el oeste, presenta capas de dispersión de hasta 169cm en las zonas más cercanas al cráter, teniendo un alcance de 96.5km aproximadamente.

Para el caso del escenario de una erupción de magnitud VEI2 en el mes de julio (figura 41), las comunidades; Chichigalpa, Posoltega, parte del realejo y las vías que llevan a las comunidades de Posoltega, león y Matagalpa serian alcanzados por la caída de tefra.

Para una erupción de magnitud VEI 4 en este mes (*figura 42*), los municipios; Chichigalpa y Posoltega se encuentran en zona de alta amenaza. Por otro lado, los municipios; Corinto, el viejo, Chinandega, Quezalaguaque y Telica se encuentran en una zona de amenaza, aunque a menor escala estos lugares también serían alcanzados por la caída de tefra.

Figura 41. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 2 - Julio

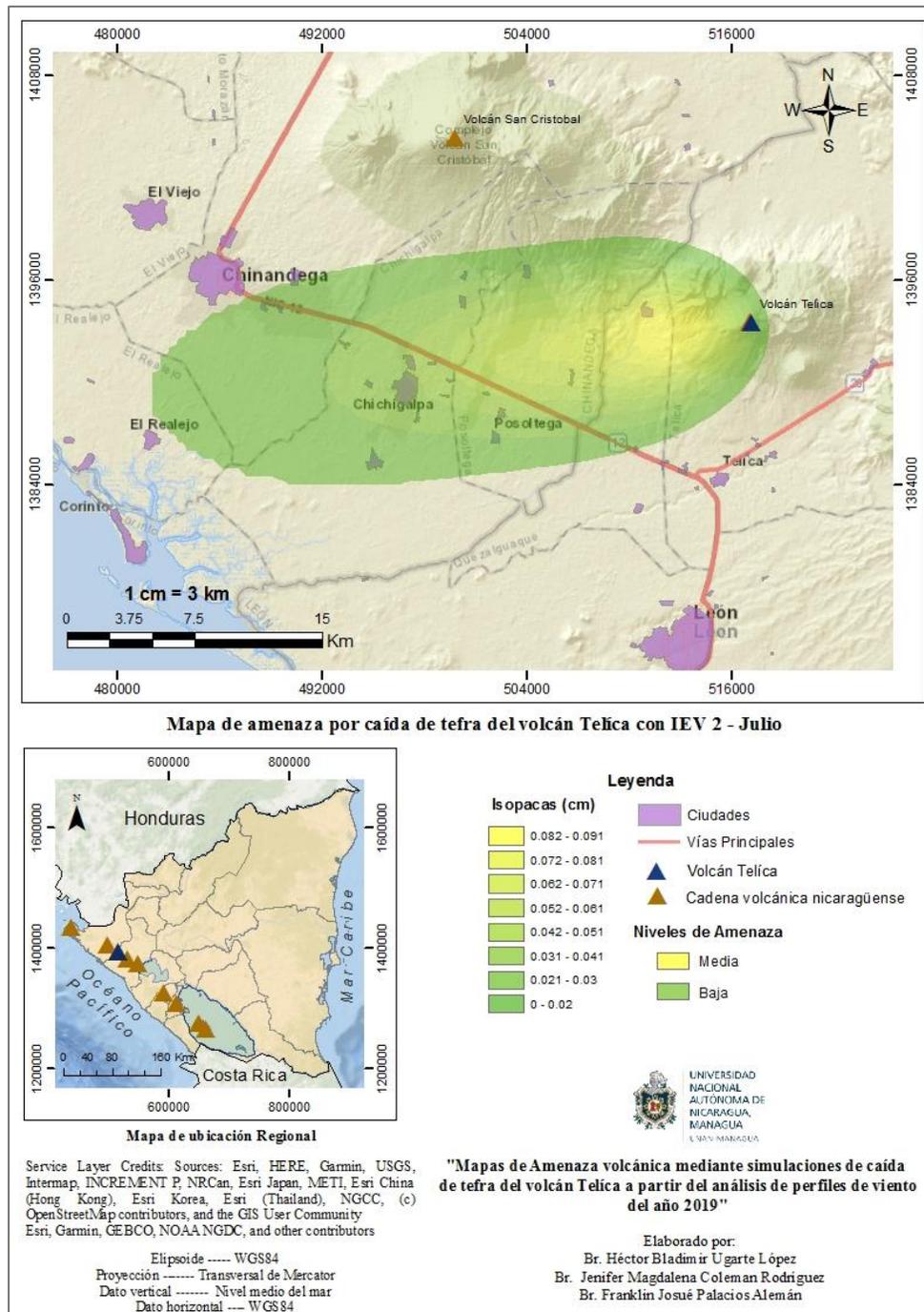
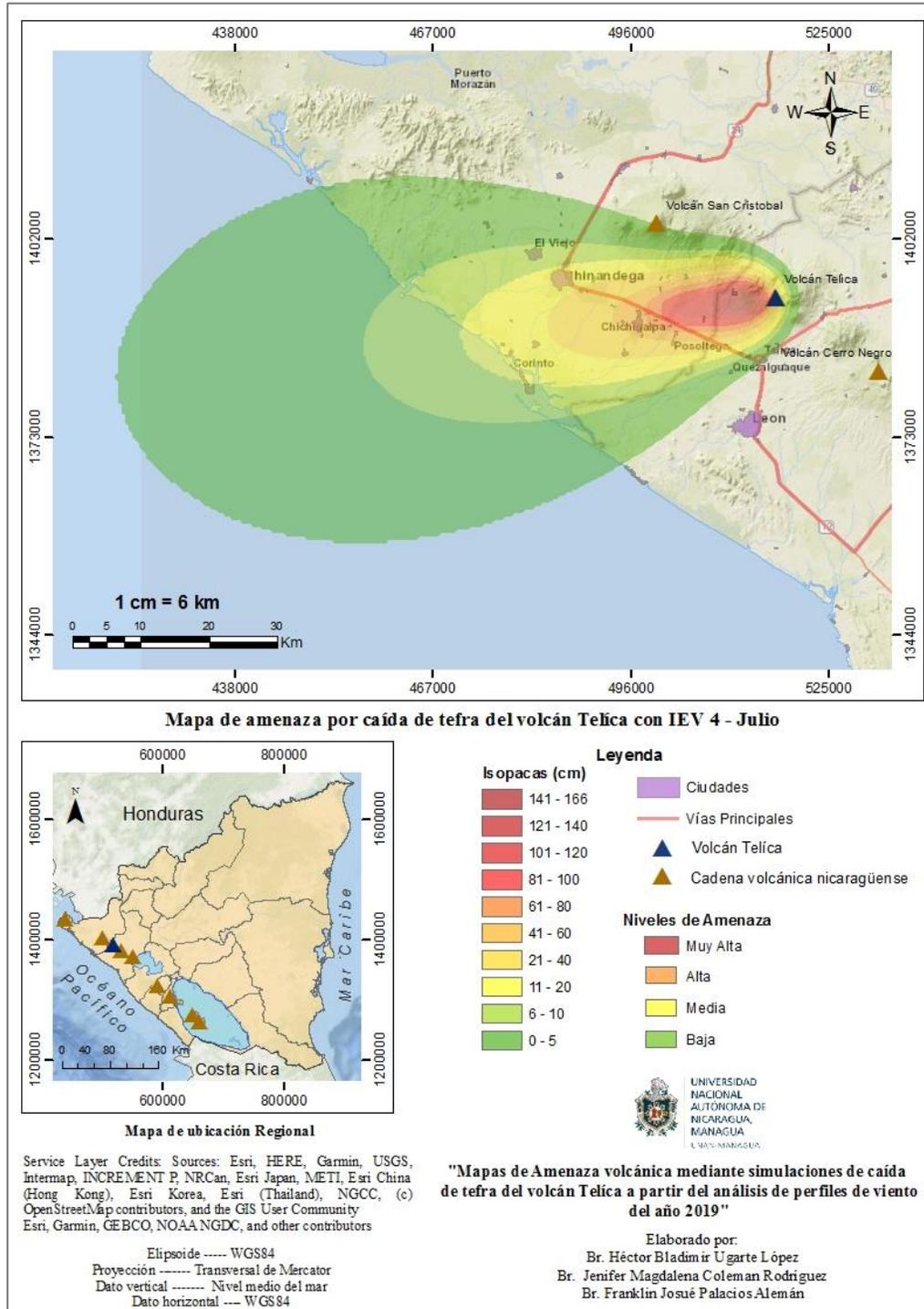


Figura 42. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 4 - Julio

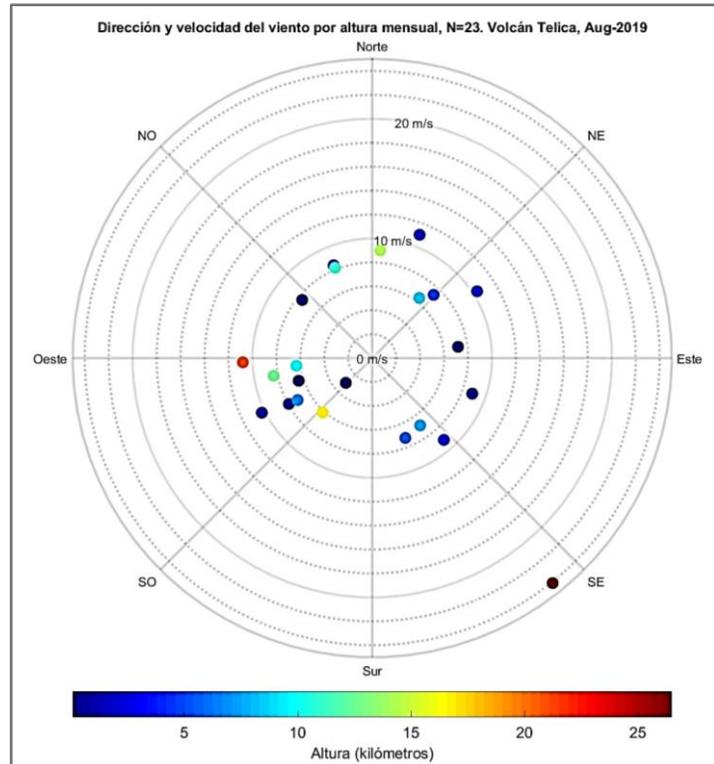


### 10.1.8. Resultados del mes de Agosto

#### ➤ Perfil de viento

En el mes de agosto (figura 43) se registran velocidades del viento de 3m/s hasta 8m/s desde los primeros 2km de altura, a medida que aumenta la altura a los 5km las velocidades aumentan a 11m/s en direcciones hacia el suroeste, noroeste, noreste y este. A 10km de altura la velocidad alcanza 8m/s, con dirección al noreste, sureste, presenta también direcciones al noroeste y oeste. En alturas posteriores, las velocidades disminuyen a menos de 10m/s dirigiéndose hacia el sur. Su velocidad máxima se registra a más de 25km de altura con 26m/s aproximadamente.

Figura 43. Perfil de viento del mes de agosto, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulación de caída de tefra

En la primera simulación correspondiente al IEV 2 del mes de Agosto (figura 44) nos muestra que la forma de dispersión de la columna eruptiva se dirige principalmente hacia el oeste. Su alcance es de aproximadamente 35km de distancia y presenta capas de espesor  $\leq 0.09$ cm. Para la simulación IEV 4 (figura 45), la dispersión está igualmente dirigida hacia el oeste, presentando capas de dispersión de hasta 166cm (1.66m) en las zonas más cercanas al cráter, teniendo un alcance de 98.8km aproximadamente.

Para el caso de una erupción de magnitud 2 en el mes de julio (figura 44), los municipios; Chichigalpa, Posoltega, parte del Realejo y las vías que van hacia el departamento de León serían alcanzados por la caída de tefra. Para una erupción de magnitud 4 (figura 45), los municipios; Chichigalpa y Posoltega se encuentran en zona de alta amenaza. Por otro lado, los municipios; Corinto, el viejo, Quezalguaque, Telica y el departamento de Chinandega se encuentran en una zona de amenaza baja, que aún en menor escala, también serían alcanzados por la caída de tefra.

Figura 44. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 2 - Agosto

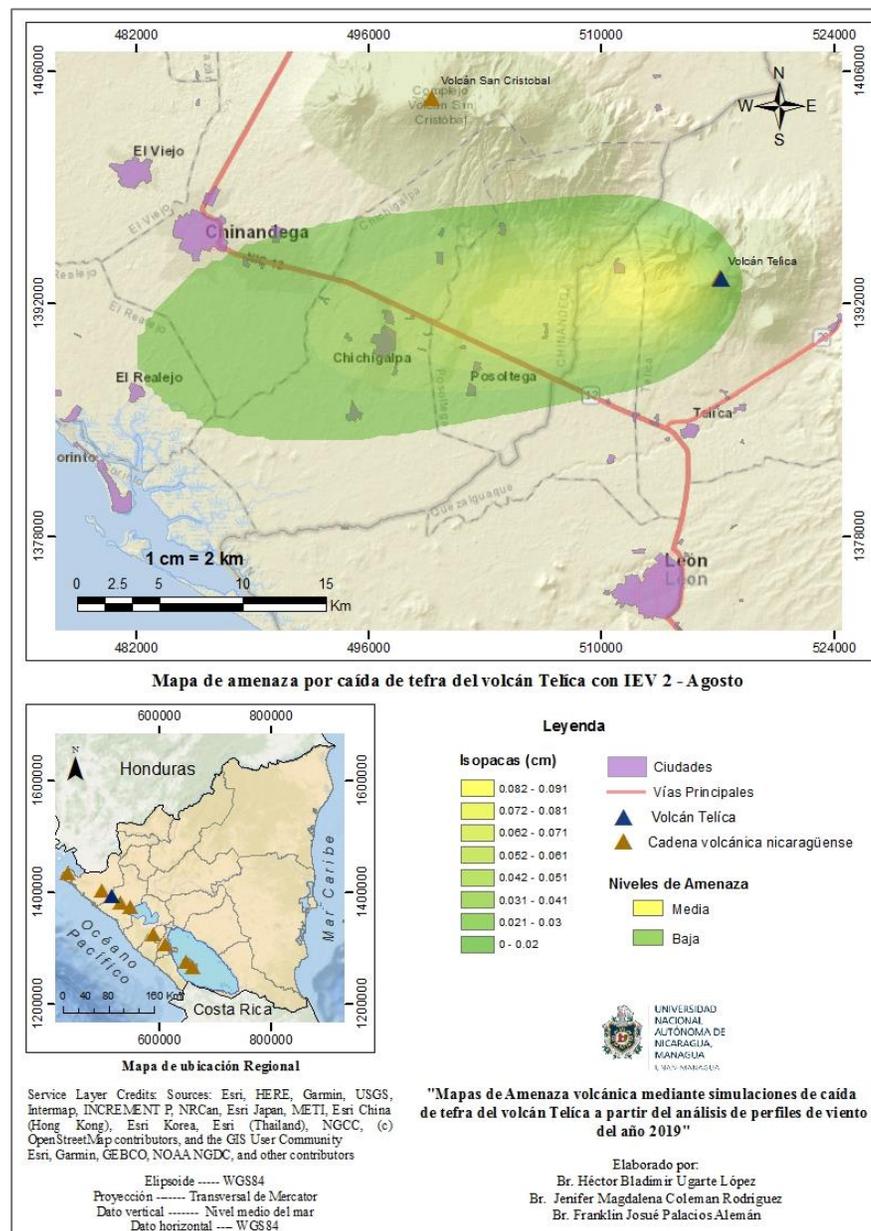
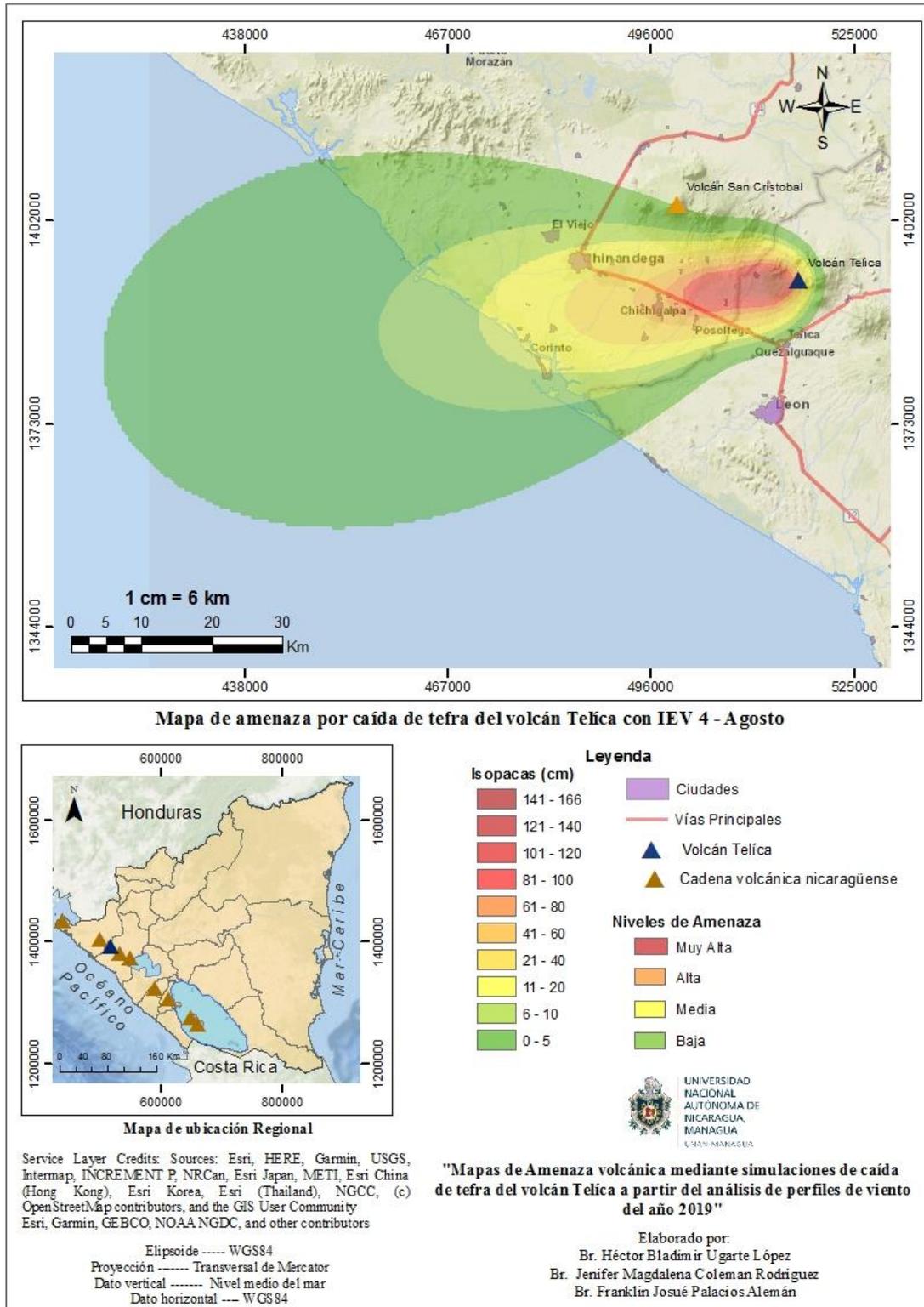


Figura 45. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 4 - Agosto

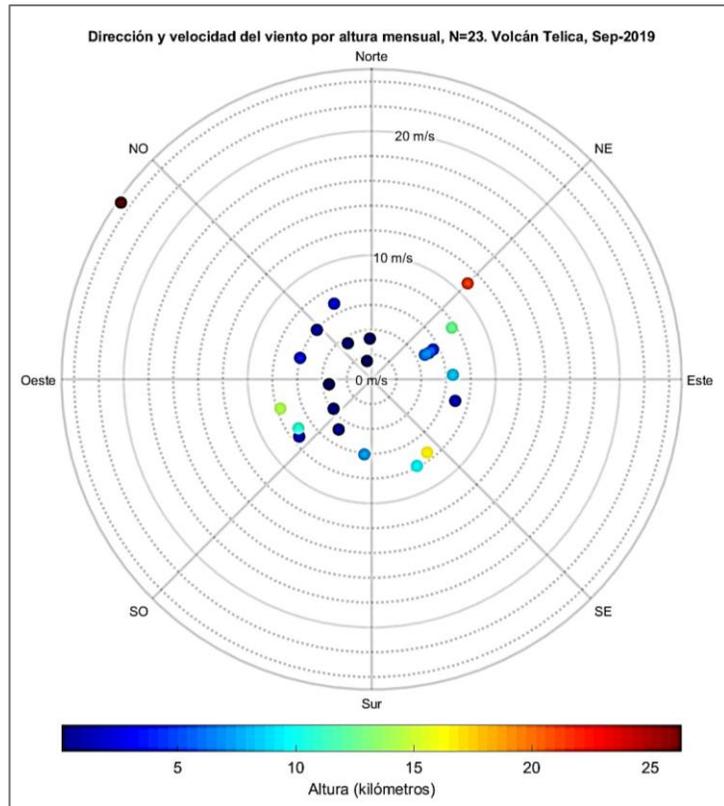


### 10.1.9. Resultados del mes de septiembre

#### ➤ Perfil de viento

Para el caso del mes de septiembre (figura 46) se logra identificar que en los primeros 5km de elevación se presentan bajas velocidades en comparación a los meses anteriores, mostrando valores entre 4m/s a 7m/s siendo estas de mayor incidencia, con direcciones noroeste, suroeste y oeste. Para alturas mayores las velocidades van desde los 6m/s a 10m/s en direcciones noreste, este, sureste y suroeste. La mayor velocidad que presenta es de 25m/s a una altura mayor a 25km, dirigiéndose hacia el noroeste.

Figura 46. Perfil de viento del mes de septiembre, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulación de caída de tefra

En la simulación con IEV 2 del mes de septiembre (figura 47) se observa que la columna eruptiva se dispersa de forma elíptica en dirección suroeste, depositando capas con espesor de  $\leq 0.11$  cm y teniendo un alcance de 21.6 km aproximadamente. Para la simulación con IEV 4 (figura 48), la dispersión está dirigida hacia el oeste, extendiéndose de una forma semi-elíptica hasta unos 90 km de distancia aproximadamente, presentando un espesor de 199 cm (1.99 m) aproximadamente en las zonas más cercanas al foco eruptivo.

Para una erupción de magnitud IEV 2 (figura 47), los municipios de Chichigalpa y Posoltega se encuentran dentro de la zona de dispersión, pero a pesar de esto la amenaza que representa es baja. Para el caso de una erupción con IEV 4 (figura 48), los municipios; Posoltega, Chichigalpa y Chinandega, se encuentran en zona de alta amenaza. En cuanto a las zonas con menor amenaza se encuentran: Corinto, Telíca, Quezalguaque y El Viejo.

Figura 47. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Septiembre

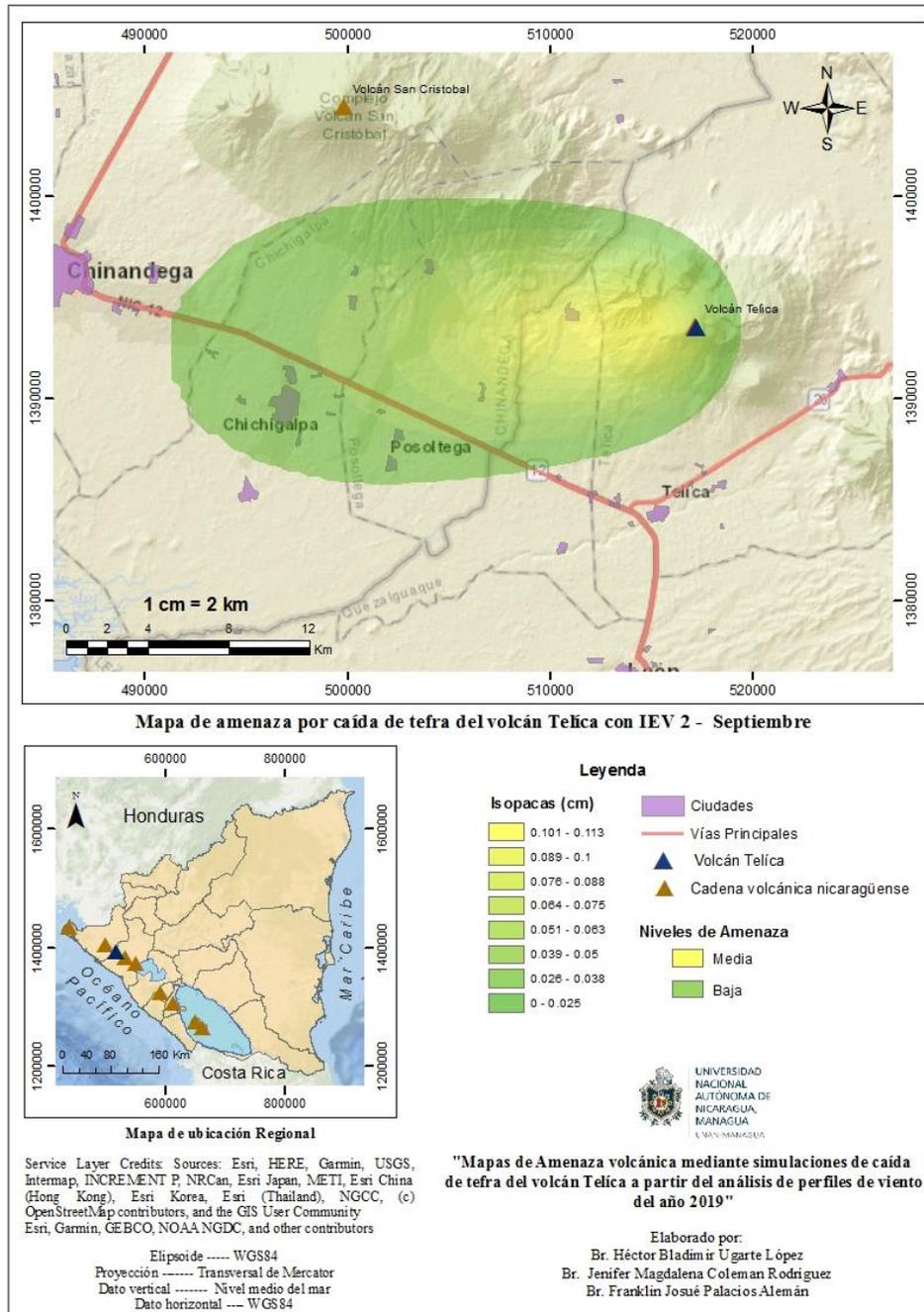
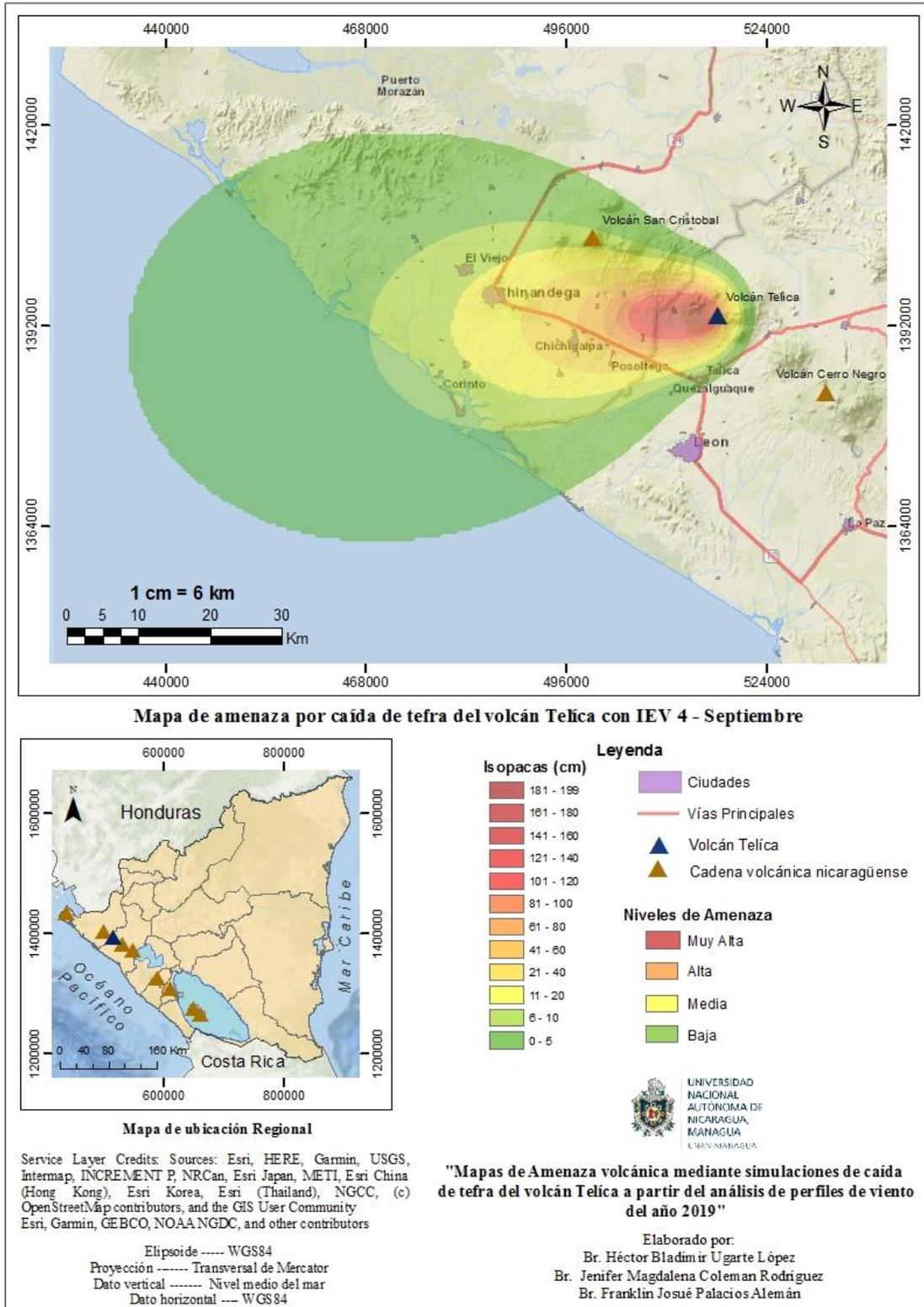


Figura 48. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Septiembre

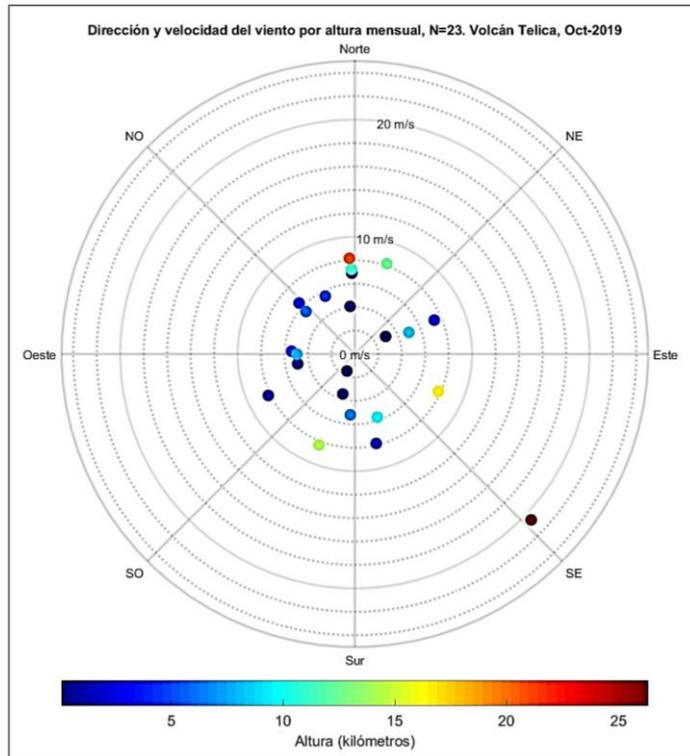


### 10.1.10. Perfil de viento del mes de Octubre

#### ➤ Perfil de viento

En el mes de octubre (figura 49), se registraron vientos en los que la mayoría no supera los 8m/s de velocidad. En los primeros 5km de altura se encuentran velocidades desde los 2m/s hasta 8m/s predominando direcciones hacia el norte, sur y oeste. En los niveles de altura siguiente las velocidades van desde los 6m/s hasta los 8m/s. La mayor velocidad registrada se encuentra a más de 25km de altura con 20m/s aproximadamente.

Figura 49. Perfil de viento del mes de octubre, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulación de caída de tefra

En la simulación con IEV 2 del mes de octubre (figura 50) se observa que la columna eruptiva se dispersa en dirección oeste, con un alcance de aproximadamente 24.2km de distancia, presentando capas de espesor  $\leq 0.11$ cm. Para la simulación con IEV 4 (figura 51), la dispersión se dirige hacia el oeste, extendiéndose de forma semi elíptica alcanzando una distancia de 78.2km aproximadamente, depositándose capas de dispersión de hasta  $\leq 209$ cm (2.09m) en las zonas más cercanas al cráter y  $\leq 5$ cm en las zonas más alejadas.

Para el caso del escenario de una erupción con IEV 2 en el mes de octubre (figura 50), las comunidades; chichigalpa y posoltega se encuentran en el rango de alcance de la caída de tefra representando una amenaza baja para estas zonas. Para el caso de una erupción con IEV 4 (figura 51), los municipios con alta amenaza son; Chichigalpa y Posoltega,

seguidos por el departamento de Chinandega con una amenaza media. Por otro lado , los municipios; Corinto, El Viejo, Telíca, Quezalguaque y comunidades aledañas al volcán san Cristóbal se encuentran en una zona de amenaza, aunque a menor escala estos lugares también serian alcanzado por la caída de tefra.

Figura 50. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Octubre

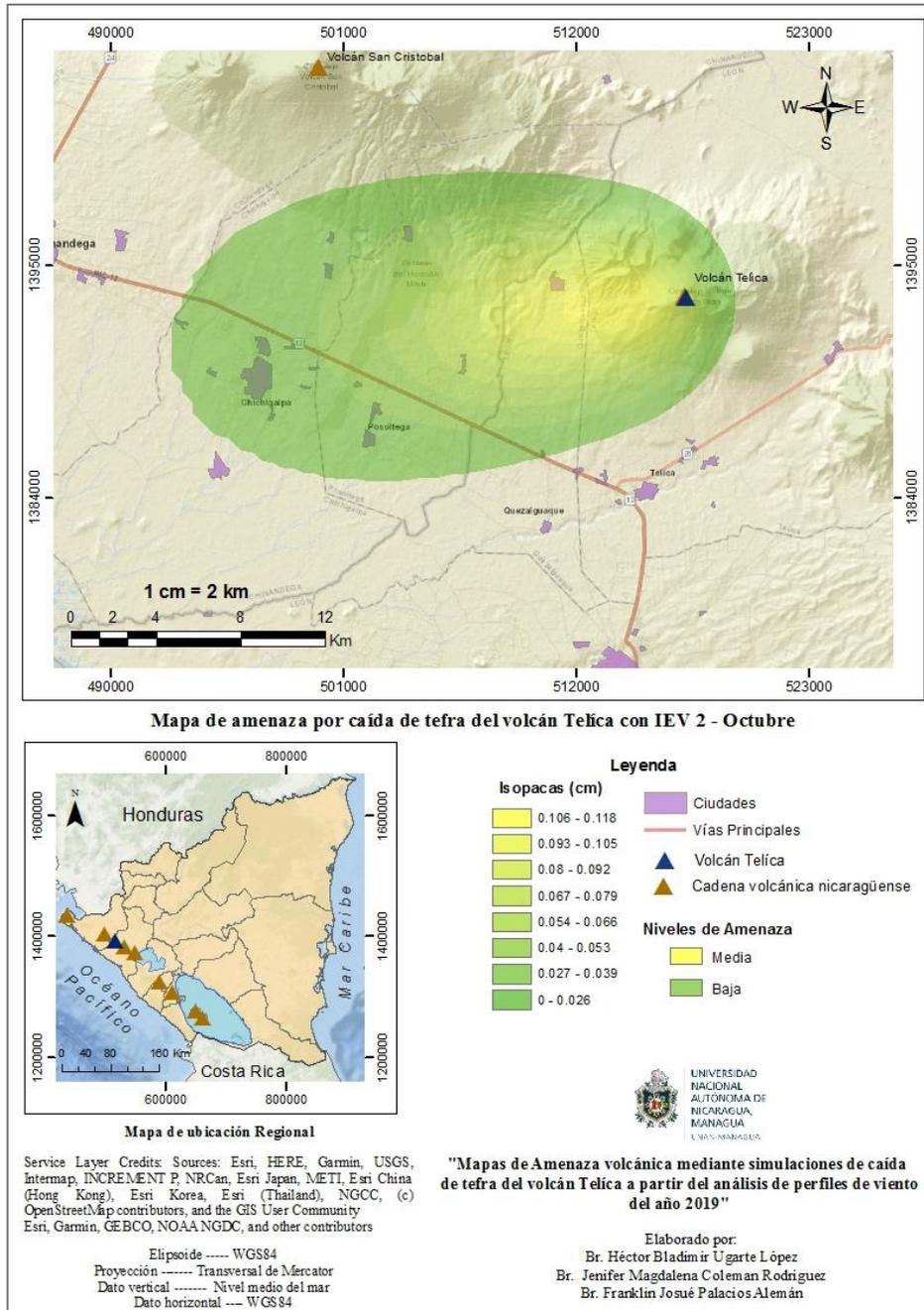
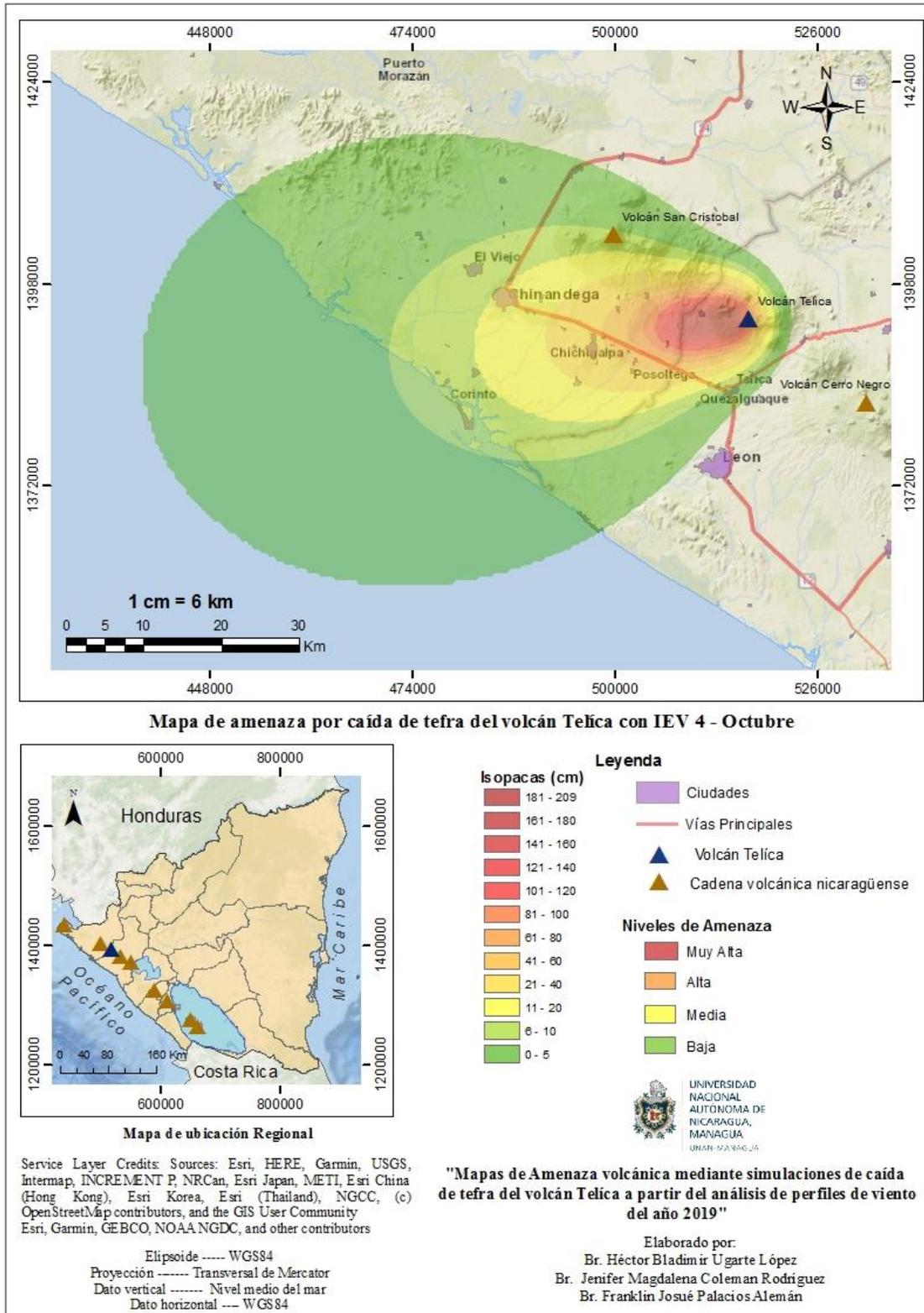


Figura 51. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 4 - Octubre

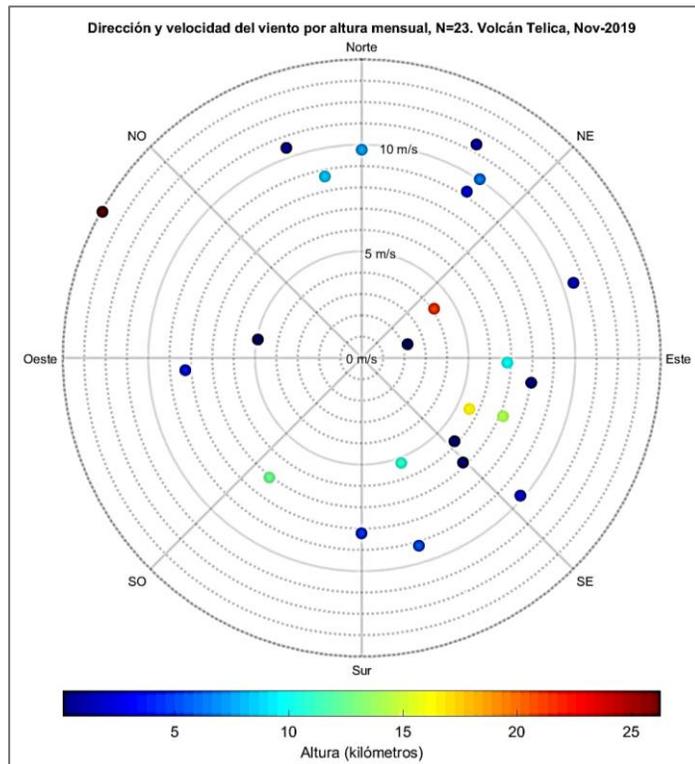


### 10.1.11. Resultados del mes de noviembre

#### ➤ Perfil de viento

En el mes de noviembre (figura 52) se identifican vientos dispersos en todas las direcciones. En los primeros 5km de elevación los vientos presentan velocidades que van desde 2m/s hasta 13m/s, mayormente dirigiendosen entre el sur y el este. En los siguientes 10km las velocidades van desde los 5m/s y los 10m/s con mayor incidencia hacia el sureste. Su mayor velocidad es de 14m/s a los 25km de altura, con direccion hacia el noroeste.

Figura 52. Perfil de viento del mes de noviembre, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulación de caída de tefra

El escenario eruptivo con IEV 2 del mes de Noviembre (figura 53), nos muestra Como la columna eruptiva es advectada por los vientos, dispersandose principalmente hacia el oeste, teniendo un alcance de aproximadamente 37.9km de distancia y presentando capas de espesor  $\leq 0.08\text{cm}$ . Para el segundo escenario eruptivo IEV 4 (figura 54) la dispersión se dirige igualmente hacia el oeste, manteniendo una forma casi elíptica y presentando capas de dispersión de  $\leq 156\text{cm}$  (1.56m) en las zonas más cercanas al cráter, alcanzando zonas a una distancia de 100km aproximadamente.

Para el caso del escenario de una erupción de magnitud 2 (figura 53), en el mes de noviembre, los municipios; Chichigalpa y Posoltega, el departamento de Chinandega y parte de El Realejo serian alcanzados por la caída de tefra, aún presentando amenaza baja para

estas zonas. Para una erupción de magnitud 4 en este mes (*figura 54*), el departamento de Chinandega y los municipios; Chichigalpa y Posoltega se encuentran en zona de alta amenaza, seguidos por el municipio de Corinto con una amenaza media. Por otro lado, los municipios; El viejo y Telíca se encuentran en una zona de amenaza, aunque a menor escala, estos lugares también serian alcanzado por la caída de tefra.

Figura 53. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 2 - Noviembre

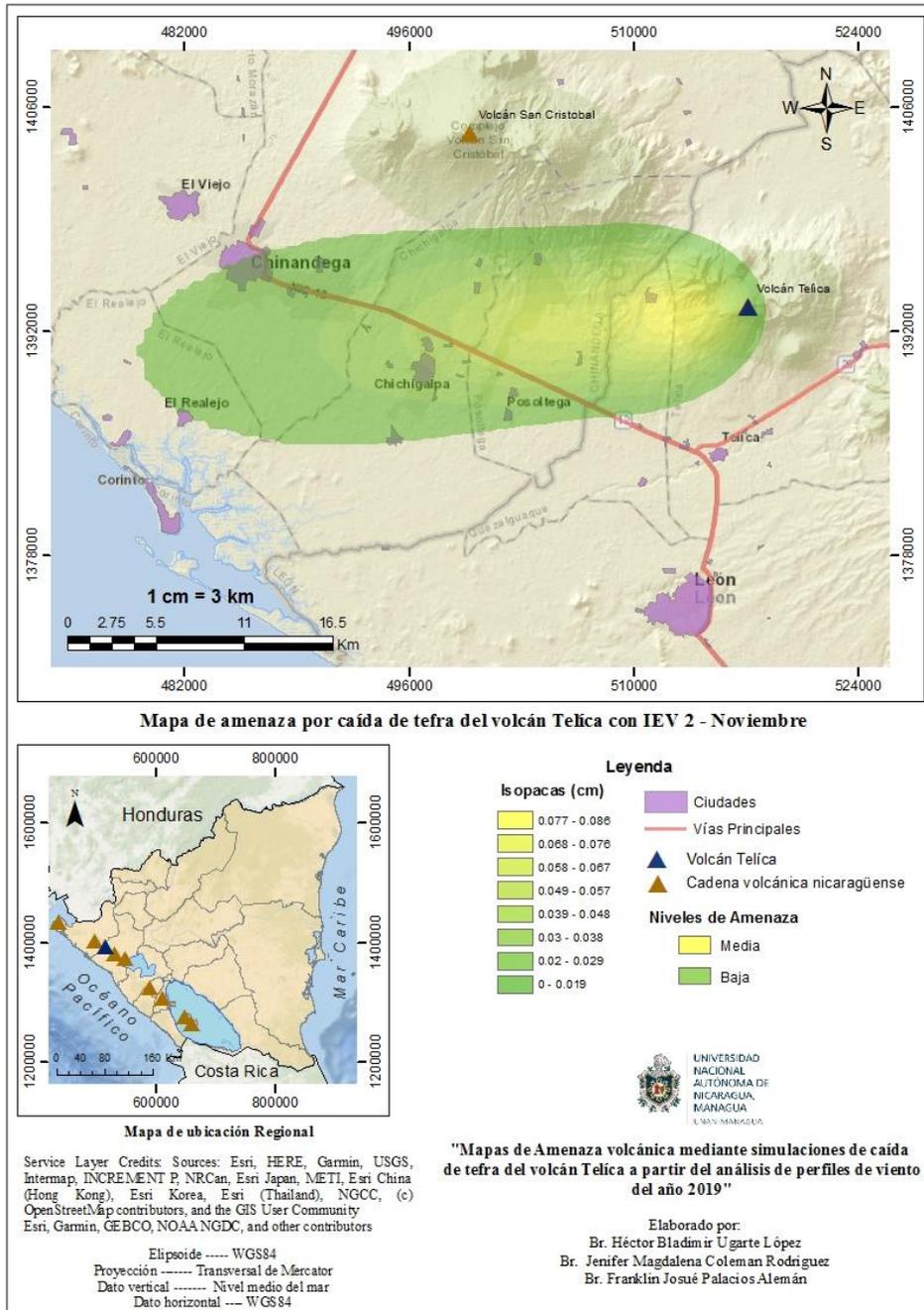
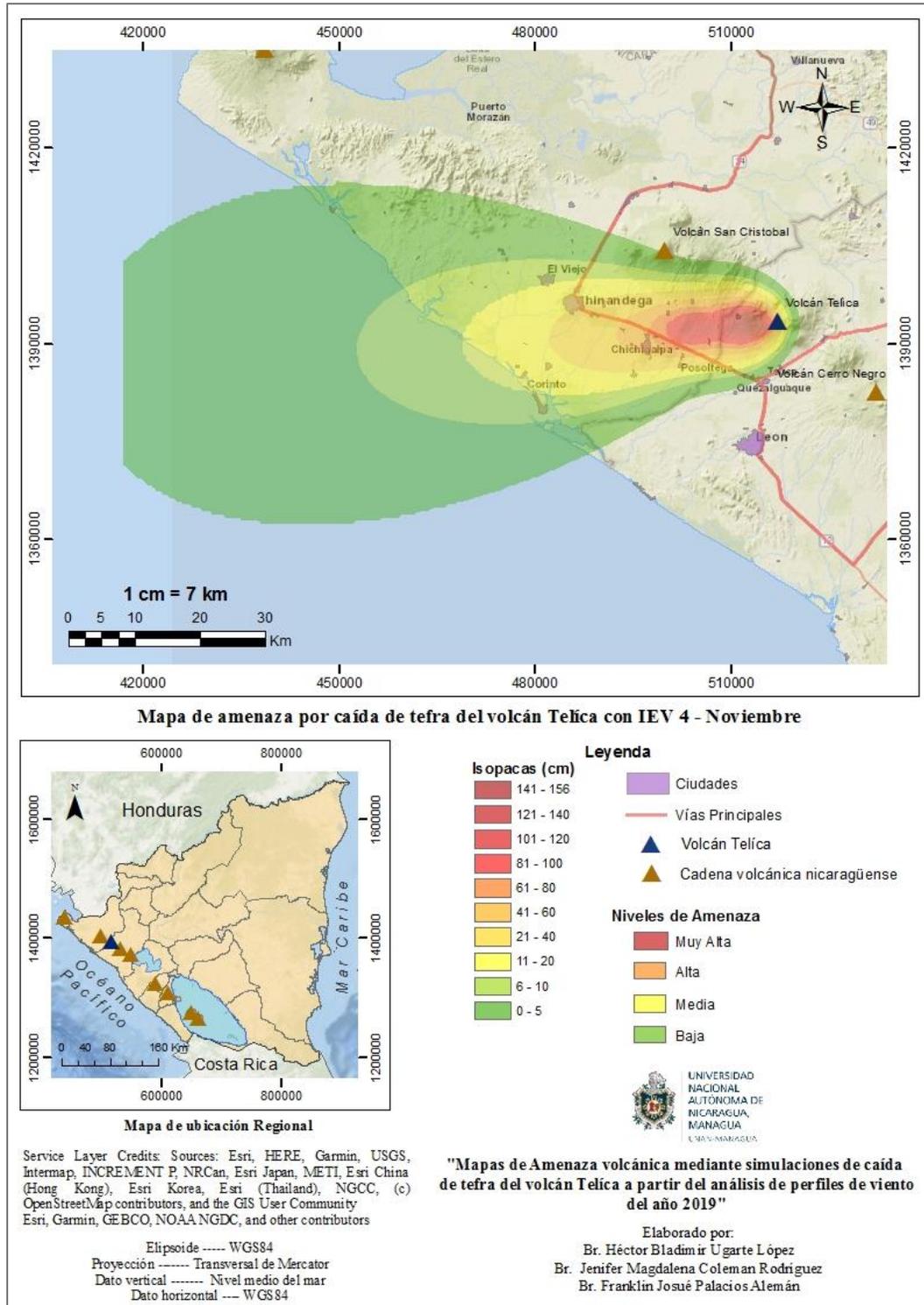


Figura 54. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 4 - Noviembre

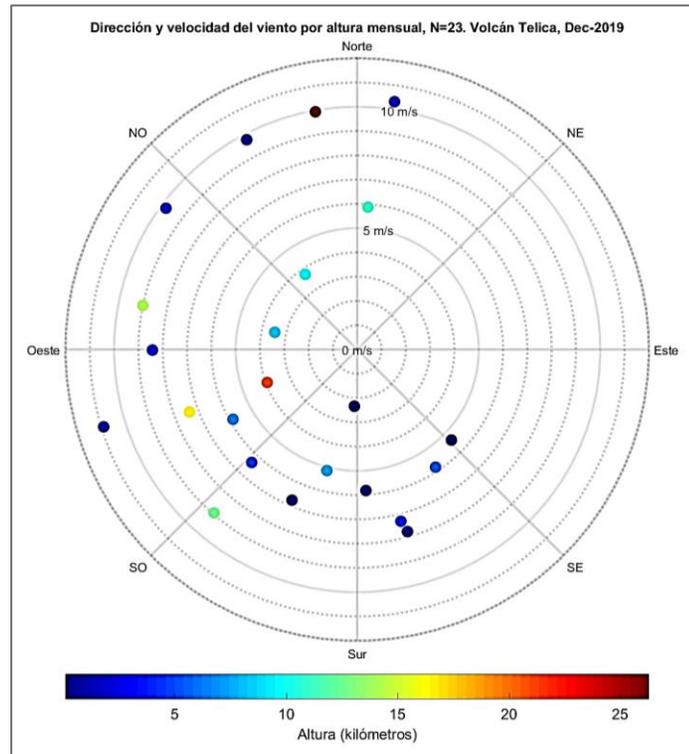


### 10.1.12. Resultados del mes de diciembre

#### ➤ Perfil de viento

En el mes de diciembre (figura 55) se registraron vientos con velocidades desde los 2m/s hasta los 11m/s, dirigiéndose hacia el norte, noroeste, oeste, pero principalmente entre el sureste – suroeste. A los 10km de altura las velocidades van de los 4m/s a los 6m/s, dirigiéndose hacia el norte, noroeste y suroeste. Para las alturas superiores las velocidades van desde 4m/s hasta los 10m/s.

Figura 55. Perfil de viento del mes de diciembre, 2019.



Fuente: Elaboración propia

#### ➤ Simulación de caída de tefra

En la simulación con IEV 2 del mes de diciembre (figura 56) se observa que la columna eruptiva se dispersa en dirección suroeste, con un alcance de aproximadamente 30.1km de distancia, presentando capas de espesor  $\leq 0.10$ cm. Para la simulación con IEV 4 (figura 57), la dispersión se da hacia el suroeste, extendiéndose de una manera casi elíptica alcanzando una distancia de 86.3km aproximadamente, depositándose capas de dispersión  $\leq 183$ cm (1.83m) en las zonas más cercanas al cráter y  $\leq 5$ cm en las zonas más alejadas.

Para el caso del escenario de una erupción con IEV 2 en el mes de diciembre (figura 56), los municipios; Chichigalpa y posoltega se encuentran en el rango de alcance de la caída de tefra, sin embargo, la caída de tefra, representa una amenaza baja para estas zonas. Para el caso de una erupción de magnitud con IEV 4 en este mes (figura 57), los municipios con

alta amenaza son; Chichigalpa y Posoltega, seguidos por el departamento de Chinandega con una amenaza media. Por otro lado, los municipios; Corinto, El Viejo, Telica, Quezalguaque y comunidades aledañas al volcán san Cristóbal se encuentran en una zona de amenaza de menor escala pero con afectaciones por la caída de tefra.

Figura 56. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telica con IEV 2 - Diciembre

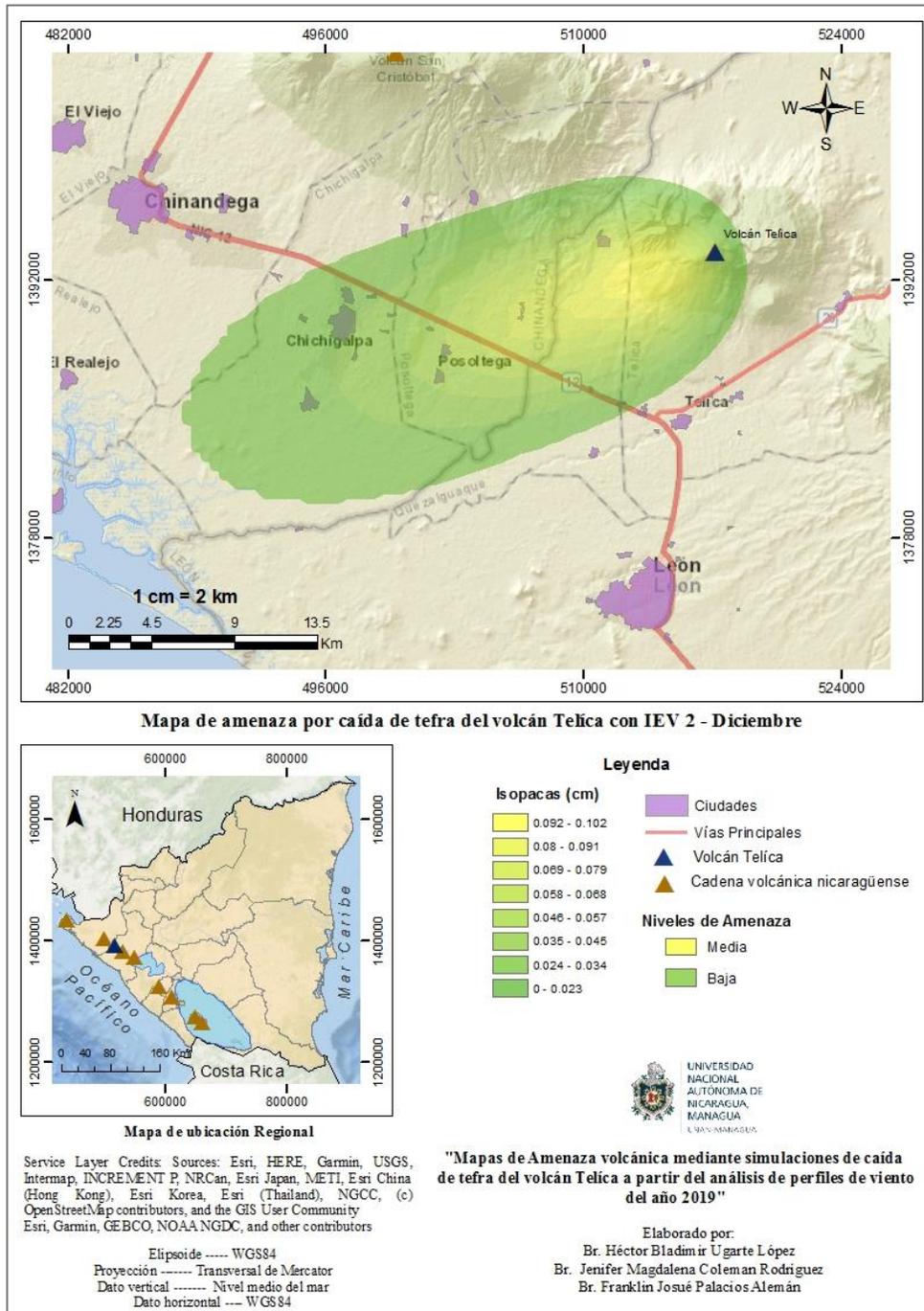
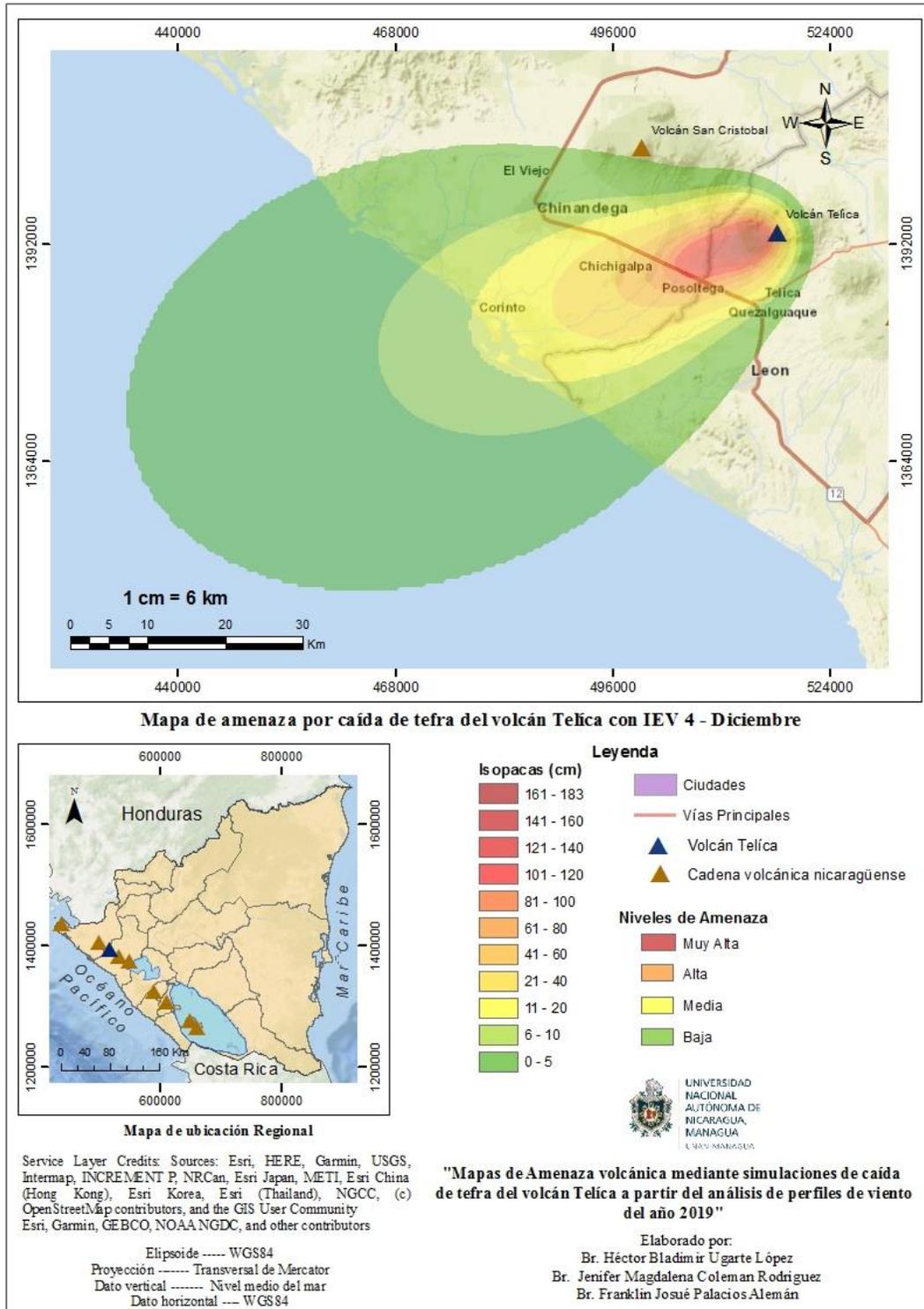
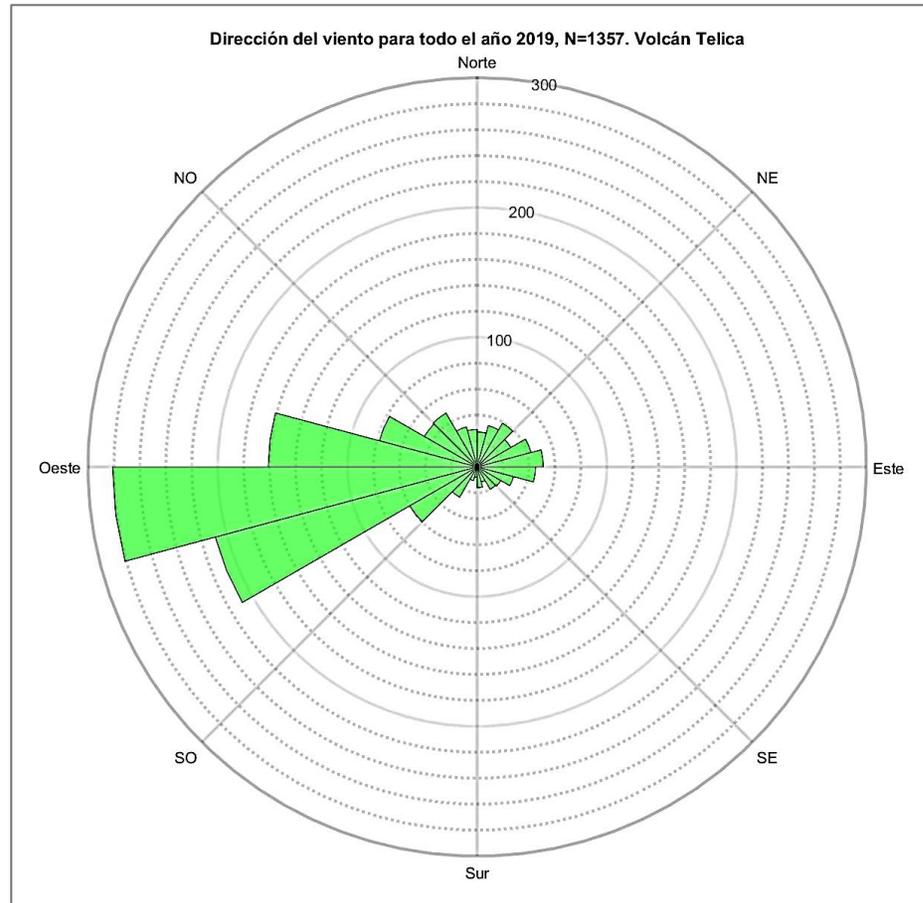


Figura 57. Mapa de amenaza por caída de tefra del volcán Telíca con IEV 4 - Diciembre



## 10.2. Análisis y resultado de Roseta de viento Anual

Figura 58. Roseta de viento anual.

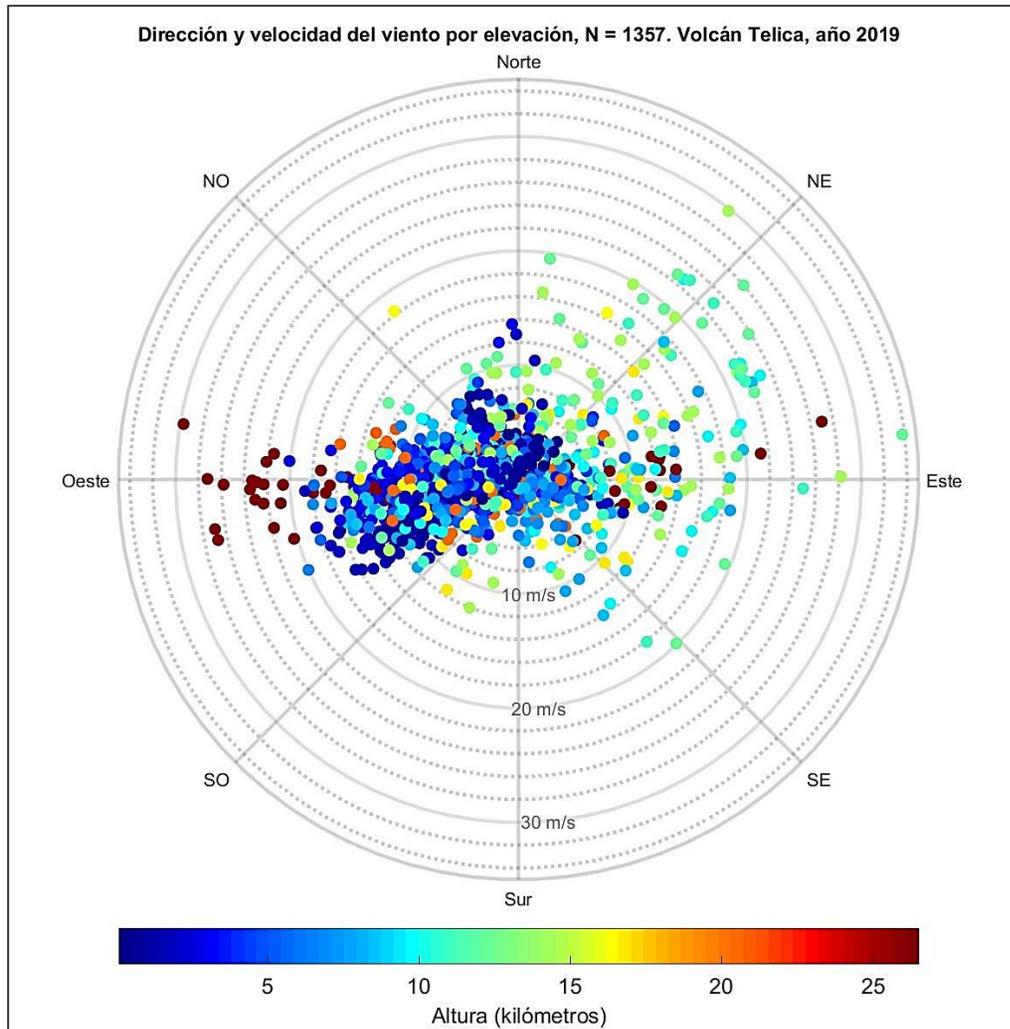


Fuente: Elaboración propia

Sobre la base del estudio de cada uno de los perfiles de viento de todos los meses del año 2019 hemos conseguido como resultado general, la dirección predominante del viento, obteniendo una frecuencia de ocurrencia mínima, respecto a las direcciones; N, NE, S y SE. Las direcciones resultantes en los datos obtenidos del viento reflejan que la mayor frecuencia de ocurrencia se localiza hacia el W del volcán, teniendo también frecuencias relativamente similares en direcciones NW Y SW.

### 10.3. Análisis y resultado de perfil de viento Anual

Figura 59. Perfil de viento anual.



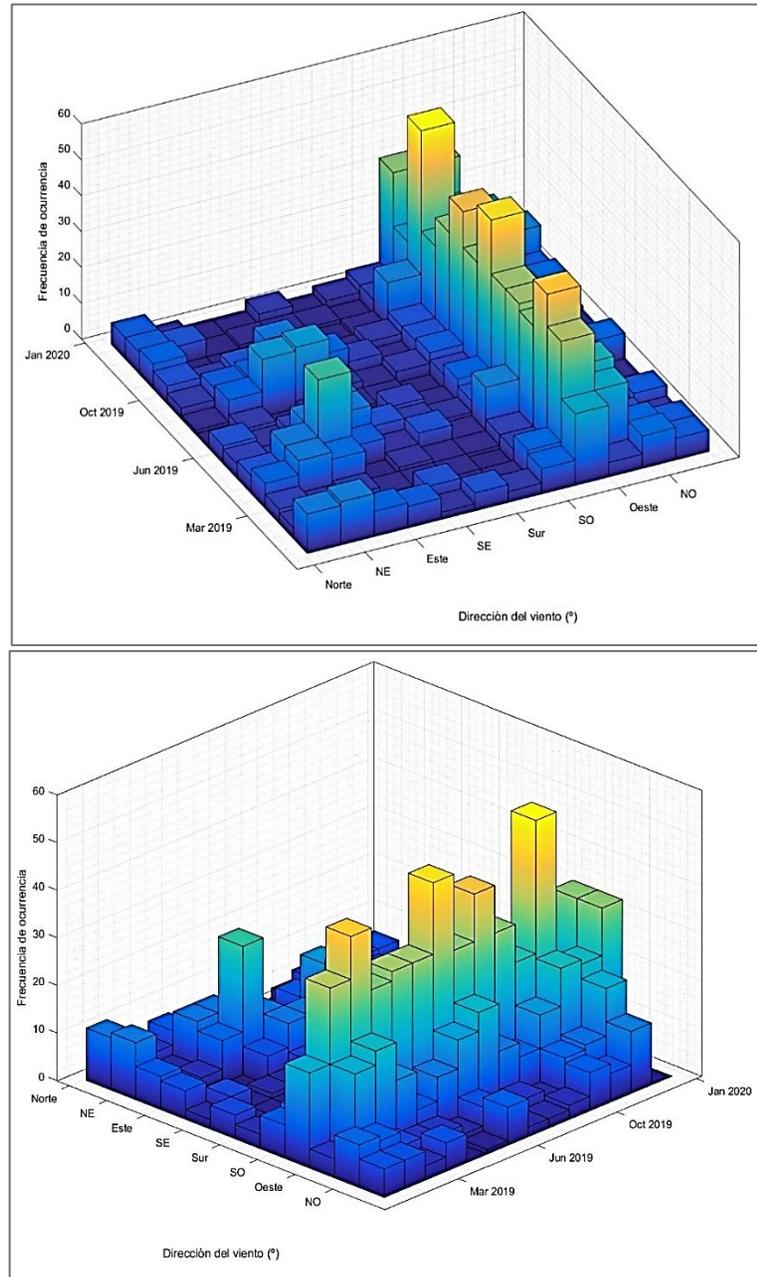
Fuente: Elaboración propia

A partir del análisis de los perfiles de viento de todos los meses del año 2019 obtuvimos como resultado general, la dirección predominante del viento, en función de las variables dirección, velocidad y altura. Aunque el viento sopla en todas las direcciones, se observa la alta predominancia de la dirección del viento hacia el Oeste y Suroeste para casi todos los niveles de altura, principalmente entre los 0 km y 15 km. También se observan algunas velocidades extremadamente altas, llegando a los 30 m/s, donde estas velocidades corresponden a alturas mayores a los 20 km, soplando predominantemente hacia el Oeste. También se registra una significativa cantidad de datos en dirección Noreste y Este, para alturas de 10 km a 15 km, con velocidades menores a los 20 m/s.

#### 10.4. Análisis y resultado de Histograma Anual de dirección del viento

De acuerdo a los datos anteriores, el histograma de frecuencia nos muestra que en los meses de enero, abril, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre hubo resultados con mayor frecuencia de ocurrencia hacia las direcciones: SW y W del centro emisor volcán Telíca, mostrando que la dirección predominante del viento corresponde hacia el W.

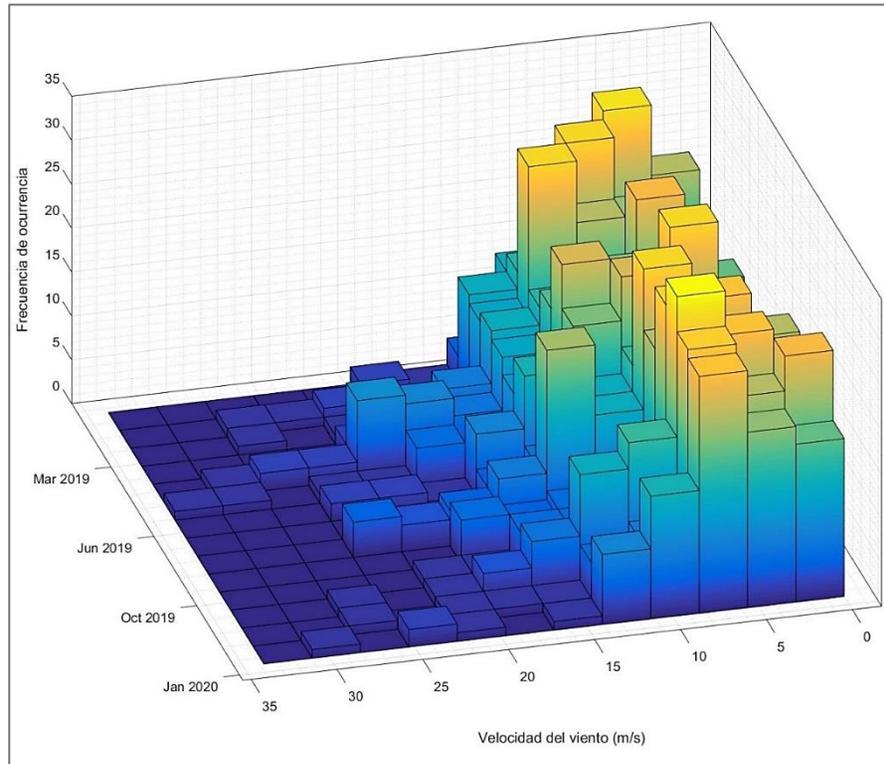
Figura 60. Histograma Bivariable anual de dirección del viento.



Fuente: Elaboración propia

## 10.5. Análisis y resultado de Histograma Anual de Velocidad del viento

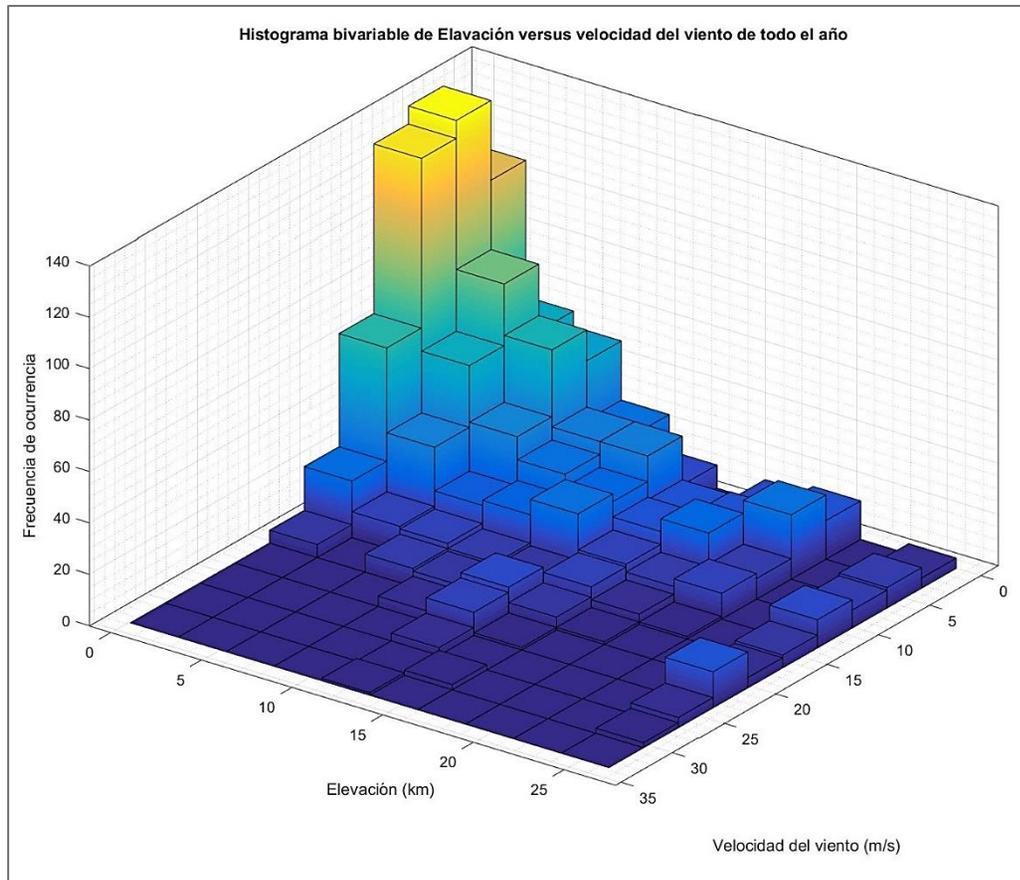
*Figura 61. Histograma Bivariable anual de velocidad del viento.*



*Fuente: Elaboración propia*

Respecto a las velocidades registradas con mayor frecuencia (*figura 61*), a través de los análisis realizados hemos encontrado que a pesar que la frecuencia varía en todos los meses, las velocidades con mayor dominio van entre 3 m/s a 12 m/s, manteniendo estas velocidades durante todo el año, siendo de mayor predominio de 7m/s. Por otro lado, en relación con la altura (*figura 62*), estas velocidades ocurren usualmente en alturas que van desde 0km hasta los 7km, mostrando su mayor frecuencia en el rango de 0 a 5km.

Figura 62. Histograma Bivariable de elevación versus velocidad del viento en todo el año



Fuente: Elaboración propia

## 11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este trabajo se realizó proponiendo dos escenarios eruptivos del volcán Telíca, uno estromboliano con IEV 2 y otro subpliniano con IEV 4, ambos casos simulados utilizando el software tefra 2.

Los resultados obtenidos son mapas probabilísticos de Isopacas, donde se muestran los espesores de los depósitos de tefra según la forma en la que se dispersan. En base a estos espesores fueron definidos los rangos de amenaza: muy alta – alta – media – Baja.

En las simulaciones de erupciones con IEV 2, se logra apreciar que la mayor parte del terreno alcanzado por la caída de tefra presenta una amenaza baja, dado que, los valores de acumulación de tefra son menores a 1cm, esto se debe a que, al ser una erupción poco energética, la cantidad de material emitido es menor. En cambio, las simulaciones con IEV 4, siendo una erupción más violenta, se observan mapas con altos rangos de amenaza puesto que alcanzan valores de acumulación de tefra de hasta 400cm.

Al observar los mapas generados se aprecia que la pluma de dispersión está dirigida principalmente en dirección Oeste, esto se debe a que el principal medio de transporte de la tefra es el viento, lo que en relación con las estadísticas de los vientos mostrados en el promedio anual, la predominancia de las direcciones a lo largo del año 2019, es hacia el Oeste. A pesar de ello, algunos datos en los perfiles de viento se distribuyen en diferentes direcciones, sin embargo, estos no tienen relevancia en las simulaciones realizadas, debido a que son datos de alturas mayores a las de las columnas propuestas para estos escenarios.

Los cambios en las direcciones de los vientos junto a la velocidad en función de la altura, nos dan a conocer que, la forma de dispersión de la columna eruptiva puede transformar escenarios en donde algunas zonas de mayor afectación pasan a ser zonas con afectaciones casi nulas. Los alcances de la caída de tefra son medidos desde el centro emisor hasta el punto de mayor extensión de la columna de dispersión, lo que significa que no es una distancia constante, dado que no posee una simetría radial.

Para la elaboración de los perfiles de vientos se sacaron datos semanales, para luego sacar un promedio mensual por cada mes del año 2019, partiendo del hecho de que los resultados obtenidos están basados en un modelo probabilístico es de gran importancia tomar un periodo de tiempo considerable donde se obtengan mayor cantidad de datos de los vientos, de esta manera los resultados serán más acertados

## 12. CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos de los mapas de amenaza mediante simulaciones de caída de tefra del volcán Telíca, tomando en cuenta los perfiles de viento del año 2019, se concluye lo siguiente:

Para los dos escenarios propuestos de erupciones con IEV 2 e IEV 4, los cambios en las condiciones; altura, velocidad y direcciones de los vientos registrados son un factor determinante que influye directamente en la forma y dirección en que se dispersa la tefra.

Respecto a un escenario de erupción con IEV 2, el comportamiento de la dirección de la dispersión de la columna es hacia el oeste en los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre; Suroeste en los meses de febrero, abril, mayo, junio y diciembre; por último, en los meses de enero y marzo se dirigen hacia el sur. La variabilidad en las velocidades en estos escenarios ocasiona que se generen rangos de alcance distintos en algunos meses, el mayor alcance registrado es el del mes de noviembre con 37,9km.

En el caso de erupciones con IEV 4, la principal dirección a la que viaja la tefra volcánica es hacia el Oeste, teniendo este comportamiento en los meses julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, seguido por los meses diciembre, enero, abril y junio en los que la tefra se dispersa hacia el suroeste. En los meses febrero y marzo la dirección es hacia el sur y por último el mes de mayo con dirección sureste. Respecto al rango de alcance, el mayor registrado es en noviembre con 100km de alcance.

Los poblados que se encuentran dentro del perímetro de amenaza en el primer escenario eruptivo son: Telíca, Posoltega, Chichigalpa, Chinandega y El Realejo; presentando amenaza baja por depósitos menores a 1cm. Sin embargo, algunos de los poblados antes mencionados se encuentran fuera del perímetro de amenaza en algunos meses, lo que se explica por el dominio de las condiciones del viento.

En otro orden, para el segundo escenario, los principales poblados dentro del perímetro de dispersión son: Telíca, León, Posoltega, Quezalguaque, Chichigalpa, Chinandega, El Realejo, El Viejo, Corinto, La Paz centro y Nagarote presentando altos rangos de amenaza por espesores de caída de hasta 400cm. Al igual que en primer escenario,

en ciertos meses algunos de estos poblados no se ven directamente afectados, debido a la razón antes mencionada.

Las técnicas y herramientas utilizadas para la elaboración de este estudio mostraron ser eficientes y accesible para su aplicación, lo que significa que es una opción viable como método predictivo y para realizar investigaciones que ayudan a entender el comportamiento de este fenómeno volcánico, por lo tanto, esto será de gran utilidad al momento de elaborar planes de ordenamiento territorial y planes de gestión de riesgo para erupciones futuras.

### 13. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar investigación tomando en cuenta los diferentes tipos de fenómenos climatológicos que puedan causar alguna variación significativa al momento de una erupción volcánica.
- ✓ Realizar estudio de amenaza por caída de tefra con sondeos de vientos contemplando un periodo de tiempo de al menos 10 años.
- ✓ Realizar un estudio poblacional y encuestas a los municipios afectados.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- A. Folch., O. J. (2008). Volcanic ash forecast – application to the May 2008 Chait´en eruption. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, 927 - 940. Obtenido de <https://doi.org/10.5194/nhess-8-927-2008>
- Alberto, J. e. (2014). Vulcanismo: Origen, procesos y formas resultantes. *Revista Geográfica Digital*, 18.
- Barrantes, G. N. ( 2011). La simulación computacional como herramienta para el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo: el caso de caída de ceniza proveniente del volcán Irazú, Costa Rica. *Revista geografica de America central.*, 200.
- Burbach, G. V. (1984). Seismicity and tectonics of the subducted Cocos Plate. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 89, 7719-7735. Obtenido de <https://doi.org/10.1029/JB089iB09p07719>
- Case, J. E. (1984). Mapa de provincias geológicas de la región del Caribe, en el límite de placas del Caribe y América del Sur y tectónica regional. En *GSA Memoirs* (Vol. 162, págs. 1-30). The Geological Society of America. Obtenido de <https://doi.org/10.1130/MEM162-p1>
- CNE., C. N. (2001). Evaluación del area del volcán Telíca - El Ñajo. *Plan Maestro Geotermico de Nicaragua, IV*, 101. Obtenido de <http://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/03/vol-IV-Volcan-Telica-El-Najo.pdf>
- Dengo, G. (1985). Mid America: Tectonic Setting For the Pacific Margin from Southern Mexico to Northwerstern Colombia. En *The Ocean Basins and Margins* (Vol. 7A, págs. 123-180). Springer. Obtenido de [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2351-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2351-8_4)
- Dengo, G. y. (1991). *The Caribbean Region* (Vol. H). Geological Society of America. Obtenido de <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-H>
- Dingman, L. S. (2008). Physical Hydrology.
- Ehrenborg, J. K. (1988). *Semi-regional mapping within the Esquipulas, Teustepe and Boaco map sheets, Nicaragua*. Swedish Geological Institute.
- Freund, R. (1974). Kinematics of transform and transcurrent faults. En *Tectonophysics* (Vol. 21, págs. 93-134). Elsevier Scientific Publishing Company. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(74\)90064-X](https://doi.org/10.1016/0040-1951(74)90064-X)
- Frischbutter, A. (2002). Structure of the Managua graben, Nicaragua, from remote sensing images. *Geofísica Internacional*, 41(2), 87 - 102. Obtenido de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/geofisica/article/view/40097/36490>
- FUNDENIC-SOS. (1999). *Evaluación y re-definición del sistema de Áreas protegidas del Pacífico y centro norte de Nicaragua*. MARENA-PROTIERRA-CBA.

- Geirsson, H. e. (2014). Multidisciplinary observations of the 2011 explosive eruption of Telica volcano, Nicaragua: implications for the dynamic of low- explosivity ash eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 271, 55 - 69. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.11.009>
- Global Volcanism Program. (2013). *Telica (344040) in Volcanoes of the World - versión 4.10.5*. Obtenido de <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=344040>
- Gradner, C. A. (2004). *Hazard assessment for Volcán Telica, Nicaragua, USGS*.
- Granados, D. H. (2002). *Lluvia de Tefras*. México: Instituto de Geofísica, UNAM. Obtenido de [https://webserver2.ineter.gob.ni/geofisica/vol/concepcion/mapas\\_amenaza/03-Texto%20caida%20cenizas.pdf](https://webserver2.ineter.gob.ni/geofisica/vol/concepcion/mapas_amenaza/03-Texto%20caida%20cenizas.pdf)
- Griem, W. (2020). *Apuntes Geología*. Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04g.html>
- Hernández, R. e. (2014). *Metodología de la Investigación - Sexta edición*.
- Hodgson, G. (1977). *Inventario de los depósitos de caliza y mármoles de Nicaragua*.
- Hodgson, G. (2000). *Introducción al Léxico Estratigráfico de Nicaragua*.
- INETER. (2020). *Boletín mensual de sismos y volcanes de Nicaragua*.
- Keller, E. A. (2004). *Riesgos Naturales - Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Kuang, J. (1971). *Estudio geológico del pacífico de Nicaragua*. Informe Geológico N10.
- La Femina, P. C. (2002). Bookshelf faulting in Nicaragua. *Geology*, 30(8), 751 - 754. Obtenido de [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2002\)030%3C0751:BFIN%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030%3C0751:BFIN%3E2.0.CO;2)
- Martí, J. e. (2012). *El vulcanismo - Guía de campo de la zona volcánica de la Garrotxa*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/263162241\\_El\\_Vulcanismo\\_Guia\\_de\\_Campo\\_de\\_la\\_Zona\\_Volcanica\\_de\\_la\\_Garrotxa](https://www.researchgate.net/publication/263162241_El_Vulcanismo_Guia_de_Campo_de_la_Zona_Volcanica_de_la_Garrotxa)
- McBirney, A. y. (1965). The volcanic history of Nicaragua. University of California. En *Geological Sciences* 55 (págs. 1 - 65).
- Molnar, P. y. (1969). Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions from Focal Mechanisms and Seismicity. *Geological Society of America Bulletin*, 80(9), 1639-1684. Obtenido de [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1969\)80\[1639:TOTCAM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1969)80[1639:TOTCAM]2.0.CO;2)
- Observatorio Vulcanológico de INGEMMET. (2021). *Tipos de Erupciones*. Obtenido de [http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page\\_id=102](http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page_id=102)

- OIM, .. O. (1999). *Características socio-demográficas de la población rural de Nicaragua a partir de la información del censo de población de 1995*.
- Quedo, J. (2019). “*Caracterización Geológica y estructural del Complejo Volcánico Telica*”.
- Robidoux, P. e. (2017). Geochemistry and volatile content of magmas feeding explosive eruptions at Telica volcano (Nicaragua). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 341, 131-148. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.05.007>
- Rodgers. M., e. a. (2015). Stable and unstable phases of elevated seismic activity at the persistently restless Telica Volcano, Nicaragua. *Journal of Volcanology and geothermal Research*, 63-74.
- Science Source Prints. (2021). *Fine art American*. Obtenido de <https://fineartamerica.com/featured/volcanic-eruption-types-illustration-spencer-sutton.html?product=art-print>
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (09 de Noviembre de 2017). *erupcion subpliniana*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/faq-items/erupcion-subpliniana/>
- Siebert, L. y. (2002). *Volcanoes of the World: an Illustrated Catalog of Holocene Volcanoes and their eruptions*. Obtenido de Global Volcanism Program.
- Tarbuck, E. J. (2005). *Ciencias de la Tierra - una introduccion a la geologia Fisica*.
- Van Wyk de Vries, B. (1993). *Tectonics and Magma Evolution of Nicaragua Volcanic Systems. Unpub. Ph.D Thesis*.
- Weinberg, .. R. (1992). Neotectonic development of western Nicaragua. En V. 1. Tectonics. Uppsala, Sweden.
- Weyl, R. (1980). *Geology of Central America*. Geb. Borntraeger.
- Woodward, C. (1975). *Investigation of active faulting in Managua, Nicaragua and vicinity*. Fibal reportto Vice Ministerio de Planificación urbana, Gobierno de la República de Nicaragua, woodward - Clyde Associates.

## 15. ANEXOS

### Anexo 1. Sondeos semanales

- Enero

Figura 1. Sondeo de viento, Semana 1 - Enero

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND DIR	WIND SPD				
E = Estimated Surface Height										
995.	108.	28.4	18.8	67.4	5.5					
975.	304.	27.7	17.3	68.3	11.6					
950.	533.	25.7	16.7	68.1	12.6					
925.	767.	23.4	16.0	68.9	13.1					
900.	1006.	21.3	14.9	68.7	14.1					
850.	1499.	18.4	10.2	73.4	16.4					
800.	2016.	16.3	3.5	79.3	15.1					
750.	2562.	13.4	-2.8	85.0	11.6					
700.	3139.	9.9	-9.1	95.3	9.0					
650.	3749.	6.2	-18.7	101.4	9.9					
600.	4401.	3.3	-32.5	100.9	12.3					
550.	5101.	0.7	-45.6	99.8	12.2					
500.	5862.	-2.2	-57.7	106.8	7.1					
450.	6689.	-8.0	-43.7	223.4	0.9					
400.	7589.	-15.6	-42.3	220.4	4.0					
350.	8581.	-23.6	-48.4	168.5	6.6					
300.	9686.	-32.8	-56.2	153.3	8.9					
250.	10941.	-42.5	-62.7	194.0	9.9					
200.	12418.	-52.1	-76.7	229.6	21.1					
150.	14220.	-65.8	-75.2	243.9	21.3					
100.	16609.	-77.7	-81.0	186.4	6.6					
50.	20553.	-70.8	-999.0	66.6	4.5					
20.	26209.	-54.0	-999.0	260.2	11.8					

Figura 2. Sondeo de viento, Semana 2 - Enero

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND DIR	WIND SPD				
E = Estimated Surface Height										
1001.	108.	28.0	18.2	50.7	1.0					
975.	336.	27.6	16.4	73.6	3.6					
950.	565.	25.8	15.5	75.2	4.6					
925.	798.	23.7	14.5	70.4	5.6					
900.	1038.	21.7	14.0	69.5	6.2					
850.	1530.	17.2	12.5	67.8	6.6					
800.	2045.	13.4	9.4	69.3	6.1					
750.	2586.	10.2	5.1	88.4	4.1					
700.	3157.	7.5	-0.2	79.3	0.6					
650.	3764.	3.6	-3.8	256.2	0.7					
600.	4409.	-0.8	-8.4	246.8	2.1					
550.	5099.	-5.0	-12.2	260.6	8.0					
500.	5842.	-9.4	-17.3	251.0	14.4					
450.	6650.	-12.5	-36.1	269.1	13.7					
400.	7545.	-14.4	-53.8	278.3	18.7					
350.	8543.	-21.7	-52.7	262.5	19.8					
300.	9656.	-31.1	-52.3	246.7	23.0					
250.	10920.	-41.2	-56.6	244.9	21.4					
200.	12399.	-52.4	-67.4	292.3	19.5					
150.	14199.	-66.0	-73.2	272.1	15.1					
100.	16583.	-76.5	-82.1	246.6	13.8					
50.	20550.	-72.0	-999.0	335.2	3.8					
20.	26167.	-55.8	-999.0	259.2	27.0					

Figura 3. Sondeo de viento, Semana 3 - Enero

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND DIR	WIND SPD				
E = Estimated Surface Height										
1000.	107.	29.3	16.7	65.4	8.2					
975.	331.	27.5	15.6	63.8	11.4					
950.	562.	25.4	15.0	63.5	11.9					
925.	795.	23.3	14.3	62.4	12.2					
900.	1033.	21.0	13.8	60.9	12.9					
850.	1524.	16.7	12.1	58.4	14.9					
800.	2039.	13.7	8.2	66.2	14.9					
750.	2581.	11.4	3.4	73.0	14.3					
700.	3155.	8.8	-1.0	73.2	12.2					
650.	3765.	5.7	-6.8	65.7	9.3					
600.	4415.	2.7	-17.8	54.3	8.1					
550.	5115.	0.1	-37.6	46.5	6.2					
500.	5871.	-4.8	-45.7	37.9	4.9					
450.	6690.	-10.5	-46.8	45.8	4.6					
400.	7584.	-17.0	-46.6	47.9	1.7					
350.	8570.	-25.1	-46.1	221.1	3.0					
300.	9668.	-34.7	-44.9	214.7	8.4					
250.	10913.	-44.7	-44.9	230.8	17.2					
200.	12379.	-52.2	-70.7	248.8	13.6					
150.	14183.	-64.8	-77.5	228.3	17.1					
100.	16568.	-79.5	-82.2	282.6	9.9					
50.	20516.	-70.4	-999.0	318.2	5.2					
20.	26174.	-55.2	-999.0	263.9	21.3					

Figura 4. Sondeo de viento, semana 4 - Enero

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND DIR	WIND SPD				
E = Estimated Surface Height										
996.	108.	29.3	20.8	239.4	2.1					
975.	301.	28.1	19.4	192.7	2.3					
950.	532.	26.8	18.2	132.3	2.5					
925.	766.	25.3	17.6	97.3	4.1					
900.	1007.	23.4	16.8	86.4	6.3					
850.	1503.	19.0	15.5	83.8	8.6					
800.	2022.	15.0	13.1	84.7	9.0					
750.	2566.	11.8	9.7	92.4	8.8					
700.	3142.	9.2	2.9	80.4	7.2					
650.	3754.	7.5	-12.4	15.8	1.7					
600.	4409.	4.2	-26.0	268.7	1.7					
550.	5110.	0.0	-36.9	108.3	0.8					
500.	5867.	-4.1	-45.1	38.6	2.6					
450.	6689.	-9.3	-48.7	352.8	7.3					
400.	7588.	-15.8	-47.5	337.2	10.6					
350.	8579.	-23.2	-48.2	305.5	7.4					
300.	9688.	-31.7	-50.5	264.4	10.3					
250.	10951.	-40.9	-55.4	242.8	12.3					
200.	12431.	-52.3	-62.3	188.1	19.5					
150.	14235.	-65.2	-74.6	186.4	7.9					
100.	16600.	-81.3	-81.3	63.2	3.7					
50.	20546.	-67.5	-999.0	36.0	6.2					
20.	26273.	-54.0	-999.0	283.1	9.5					

Figura 5. Sondeo de viento, semana 5 - Enero

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND DIR	WIND SPD				
E = Estimated Surface Height										
998.	108.	28.7	19.9	145.9	1.3					
975.	317.	28.2	17.5	121.4	3.3					
950.	547.	26.4	16.3	109.6	4.5					
925.	782.	24.6	15.3	97.1	5.6					
900.	1021.	22.6	14.5	92.5	6.5					
850.	1515.	18.1	13.1	85.0	7.0					
800.	2032.	14.1	9.5	80.7	5.8					
750.	2574.	11.8	2.9	104.0	1.1					
700.	3149.	10.2	-7.3	265.5	4.3					
650.	3763.	8.4	-22.5	245.0	8.1					
600.	4419.	4.8	-29.4	230.0	8.5					
550.	5122.	0.7	-32.9	231.5	8.2					
500.	5880.	-4.2	-26.5	258.5	9.5					
450.	6702.	-9.7	-23.4	259.7	13.8					
400.	7599.	-16.6	-29.1	243.9	17.5					
350.	8587.	-24.5	-32.2	247.4	22.1					
300.	9687.	-34.3	-35.7	242.5	21.9					
250.	10938.	-42.9	-47.7	241.9	21.4					
200.	12404.	-54.3	-57.8	243.7	21.8					
150.	14203.	-64.4	-76.8	218.0	29.8					
100.	16576.	-78.9	-82.5	208.0	16.5					
50.	20528.	-67.1	-999.0	348.4	1.9					
20.	26262.	-50.9	-999.0	260.8	12.5					

Fuente: Elaboración propia

- **Febrero**

Figura 6. Sondeo de viento, Semana 1 - Febrero

Febrero2019_W1.txt: Bloc de notas						
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
999.	108.	28.6	18.8	81.7	4.6	
975.	327.	27.5	16.9	75.3	9.1	
950.	556.	25.5	16.2	76.4	9.4	
925.	790.	23.3	15.3	75.7	9.4	
900.	1028.	21.2	14.6	76.2	9.9	
850.	1521.	17.3	12.8	82.9	10.5	
800.	2036.	14.2	10.0	81.5	9.8	
750.	2580.	12.0	4.2	78.6	7.7	
700.	3156.	10.5	-9.0	62.6	5.1	
650.	3770.	8.7	-25.8	47.0	2.8	
600.	4426.	5.2	-31.0	43.8	2.4	
550.	5130.	0.8	-30.2	52.3	3.3	
500.	5887.	-4.2	-30.0	54.1	4.0	
450.	6708.	-10.1	-28.4	347.4	2.2	
400.	7604.	-17.2	-31.6	282.6	11.2	
350.	8589.	-25.1	-40.9	269.6	18.5	
300.	9685.	-35.4	-43.3	256.1	20.0	
250.	10929.	-44.0	-52.4	227.9	23.0	
200.	12398.	-52.8	-70.5	229.2	26.0	
150.	14190.	-67.2	-72.0	210.4	19.8	
100.	16557.	-79.7	-81.5	143.5	18.3	
50.	20512.	-68.8	-999.0	76.0	3.2	
20.	26263.	-51.9	-999.0	261.9	12.4	

Figura 7. Sondeo de viento, Semana 2 - Febrero

Febrero2019_W2.txt: Bloc de notas						
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
997.	108.	29.8	18.5	74.6	5.0	
975.	305.	28.9	16.2	70.5	10.5	
950.	536.	26.7	15.5	71.9	10.7	
925.	771.	24.4	14.8	71.7	10.4	
900.	1009.	22.1	14.2	69.3	10.5	
850.	1501.	17.8	12.5	77.5	9.1	
800.	2018.	13.8	9.7	74.2	6.2	
750.	2561.	11.3	2.7	76.4	3.9	
700.	3136.	11.0	-18.2	93.6	4.2	
650.	3749.	7.6	-24.6	92.2	5.0	
600.	4402.	2.8	-27.9	83.8	5.2	
550.	5099.	-0.9	-36.0	76.4	9.5	
500.	5854.	-3.8	-52.2	73.0	18.1	
450.	6677.	-9.3	-49.5	66.7	20.0	
400.	7575.	-16.3	-51.8	68.2	17.0	
350.	8562.	-24.8	-53.6	78.9	9.4	
300.	9662.	-33.4	-55.5	102.2	2.8	
250.	10923.	-39.9	-65.0	260.4	8.2	
200.	12420.	-48.6	-68.5	279.4	10.6	
150.	14250.	-63.1	-75.2	292.5	8.1	
100.	16625.	-81.5	-82.3	28.9	9.4	
50.	20561.	-69.8	-999.0	141.2	3.9	
20.	26280.	-54.9	-999.0	266.4	13.8	

Figura 8. Sondeo de viento, Semana 3 - Febrero

Febrero2019_W3.txt: Bloc de notas						
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
999.	108.	29.3	20.4	233.7	2.4	
975.	313.	28.1	18.2	207.5	2.8	
950.	543.	26.9	16.6	152.9	1.8	
925.	779.	25.5	15.5	88.7	3.0	
900.	1019.	23.9	14.6	73.4	5.6	
850.	1516.	19.6	12.7	68.3	8.2	
800.	2035.	15.6	11.0	51.2	8.0	
750.	2581.	12.7	6.6	45.3	3.8	
700.	3158.	10.5	-2.2	294.9	2.7	
650.	3771.	7.3	-5.1	273.7	4.8	
600.	4425.	3.3	-9.0	263.1	6.0	
550.	5125.	-0.3	-24.8	287.6	5.6	
500.	5881.	-4.3	-40.5	316.8	5.6	
450.	6700.	-10.9	-41.7	292.4	6.1	
400.	7593.	-17.9	-41.8	265.4	10.7	
350.	8577.	-24.9	-49.5	275.8	13.9	
300.	9679.	-32.9	-49.1	279.4	17.2	
250.	10936.	-41.6	-60.9	271.8	24.9	
200.	12420.	-50.7	-71.1	263.3	33.8	
150.	14233.	-64.9	-76.7	269.5	28.2	
100.	16610.	-79.1	-81.3	306.4	11.5	
50.	20575.	-70.1	-999.0	253.2	3.2	
20.	26280.	-52.6	-999.0	266.3	12.4	

Figura 9. Sondeo de viento, Semana 4 - Febrero

Febrero2019_W4.txt: Bloc de notas						
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
996.	108.	29.3	20.8	239.4	2.1	
975.	301.	28.1	19.4	192.7	2.3	
950.	532.	26.8	18.2	132.3	2.5	
925.	766.	25.3	17.6	97.3	4.1	
900.	1007.	23.4	16.8	86.4	6.3	
850.	1503.	19.0	15.5	83.8	8.6	
800.	2022.	15.0	13.1	84.7	9.0	
750.	2566.	11.8	9.7	92.4	8.8	
700.	3142.	9.2	2.9	80.4	7.2	
650.	3754.	7.5	-12.4	15.8	1.7	
600.	4409.	4.2	-26.0	268.7	1.7	
550.	5110.	0.0	-36.9	108.3	0.8	
500.	5867.	-4.1	-45.1	38.6	2.6	
450.	6689.	-9.3	-48.7	352.8	7.3	
400.	7588.	-15.8	-47.5	337.2	10.6	
350.	8579.	-23.2	-48.2	305.5	7.4	
300.	9688.	-31.7	-50.5	264.4	10.3	
250.	10951.	-40.9	-55.4	242.8	12.3	
200.	12431.	-52.3	-62.3	188.1	19.5	
150.	14235.	-65.2	-74.6	186.4	7.9	
100.	16600.	-81.3	-81.3	63.2	3.7	
50.	20546.	-67.5	-999.0	36.0	6.2	
20.	26273.	-54.0	-999.0	283.1	9.5	

Fuente: Elaboración propia

• **Marzo**

Figura 10. Sondeo de viento, semana 1 - Marzo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD		
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S			
E = Estimated Surface Height										
998.	108.	29.4	19.3	104.9	1.7					
975.	318.	29.0	16.7	96.1	4.5					
950.	548.	27.0	15.9	90.3	5.5					
925.	783.	25.0	15.1	83.3	6.0					
900.	1023.	22.9	14.3	78.6	6.5					
850.	1517.	18.3	13.1	75.4	6.5					
800.	2034.	14.0	11.1	71.2	5.9					
750.	2576.	10.5	7.4	70.3	4.0					
700.	3148.	7.8	1.0	78.5	1.8					
650.	3758.	6.3	-11.7	300.8	2.4					
600.	4410.	3.3	-21.6	294.1	3.5					
550.	5110.	-0.8	-21.1	293.8	3.9					
500.	5863.	-6.0	-20.0	279.8	4.9					
450.	6677.	-12.1	-21.4	268.9	7.0					
400.	7568.	-18.2	-23.7	249.0	10.7					
350.	8552.	-24.7	-30.5	226.6	17.5					
300.	9656.	-32.7	-37.2	219.5	22.7					
250.	10912.	-43.0	-48.4	220.7	23.0					
200.	12379.	-53.7	-63.5	217.8	22.7					
150.	14179.	-64.8	-75.2	216.3	15.1					
100.	16571.	-77.8	-81.7	12.1	1.8					
50.	20522.	-69.3	-999.0	242.9	8.4					
20.	26263.	-51.1	-999.0	280.7	12.7					

Figura 11. Sondeo de viento, semana 2 - Marzo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD		
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S			
E = Estimated Surface Height										
1000.	108.	30.7	17.7	67.2	5.8					
975.	324.	29.8	15.3	66.4	11.8					
950.	554.	27.6	14.8	67.0	12.2					
925.	790.	25.4	14.0	66.8	12.5					
900.	1030.	23.1	13.5	66.5	12.8					
850.	1525.	18.5	12.0	66.4	13.8					
800.	2042.	14.3	9.7	68.2	14.4					
750.	2584.	12.1	2.6	75.5	14.5					
700.	3161.	10.5	-9.5	84.7	13.6					
650.	3774.	7.7	-22.2	89.9	11.4					
600.	4427.	3.6	-30.6	80.1	8.6					
550.	5127.	-0.5	-37.6	60.9	6.0					
500.	5881.	-4.8	-42.0	42.1	2.3					
450.	6701.	-9.6	-42.8	310.9	3.0					
400.	7602.	-14.6	-41.2	290.0	8.6					
350.	8597.	-22.8	-37.6	275.5	13.2					
300.	9705.	-32.0	-43.9	257.2	17.0					
250.	10966.	-41.6	-49.0	246.6	21.6					
200.	12440.	-53.4	-54.3	237.7	23.8					
150.	14234.	-66.6	-71.4	248.8	16.4					
100.	16594.	-79.1	-79.7	278.2	6.1					
50.	20571.	-70.4	-999.0	166.2	2.9					
20.	26299.	-53.8	-999.0	316.9	7.3					

Figura 12. Sondeo de viento, semana 3 - Marzo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD		
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S			
E = Estimated Surface Height										
995.	108.	30.6	18.2	134.4	3.0					
975.	303.	30.5	15.3	116.1	6.0					
950.	534.	28.5	14.4	107.5	6.5					
925.	769.	26.3	13.9	100.0	6.7					
900.	1010.	24.2	13.3	93.0	7.2					
850.	1507.	19.4	11.8	86.9	7.7					
800.	2025.	14.8	9.5	82.6	6.4					
750.	2568.	11.8	2.8	86.1	3.0					
700.	3143.	9.9	-6.8	83.3	3.5					
650.	3757.	9.3	-26.1	98.0	7.6					
600.	4416.	6.3	-29.7	88.6	9.0					
550.	5123.	2.2	-36.0	78.0	8.2					
500.	5884.	-3.0	-41.0	66.9	7.0					
450.	6707.	-9.2	-44.2	80.2	7.1					
400.	7607.	-15.7	-49.7	112.7	8.5					
350.	8598.	-23.3	-55.3	121.9	6.5					
300.	9706.	-31.9	-57.7	134.8	5.6					
250.	10966.	-42.1	-58.9	204.2	5.1					
200.	12438.	-53.3	-61.4	284.5	12.6					
150.	14227.	-67.4	-69.8	291.2	13.3					
100.	16590.	-79.5	-80.0	340.4	6.0					
50.	20579.	-67.6	-999.0	145.8	1.5					
20.	26314.	-53.2	-999.0	276.8	8.5					

Figura 13. Sondeo de viento, semana 4 - Marzo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD		
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S			
E = Estimated Surface Height										
997.	108.	31.3	18.8	59.6	1.7					
975.	312.	30.8	15.4	65.9	6.3					
950.	544.	29.0	14.2	66.8	8.3					
925.	779.	26.9	13.4	66.1	9.4					
900.	1022.	24.8	12.8	64.0	10.6					
850.	1519.	20.1	11.6	60.6	10.9					
800.	2037.	15.3	9.9	52.8	9.5					
750.	2582.	10.9	7.6	38.3	7.9					
700.	3154.	7.3	2.5	28.6	5.5					
650.	3762.	4.1	-6.1	29.4	1.8					
600.	4408.	2.5	-25.4	314.2	0.9					
550.	5108.	-0.3	-33.8	286.4	3.0					
500.	5865.	-3.5	-42.6	288.5	4.2					
450.	6689.	-8.7	-50.0	252.5	3.9					
400.	7591.	-14.8	-49.7	247.9	5.7					
350.	8585.	-22.4	-45.2	265.3	10.4					
300.	9698.	-30.6	-58.7	265.7	12.0					
250.	10965.	-40.9	-58.2	258.6	13.0					
200.	12441.	-53.3	-64.5	274.3	12.1					
150.	14231.	-67.2	-72.0	275.0	10.3					
100.	16596.	-79.5	-79.9	240.5	2.4					
50.	20586.	-69.3	-999.0	157.5	2.7					
20.	26303.	-54.0	-999.0	273.2	11.6					

Figura 14. Sondeo de viento, semana 5 - Marzo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD		
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S			
E = Estimated Surface Height										
997.	108.	31.4	16.7	87.7	2.6					
975.	321.	31.2	12.5	78.0	7.1					
950.	552.	29.3	11.5	76.6	8.0					
925.	789.	27.1	10.5	74.3	8.2					
900.	1030.	24.9	10.0	70.7	8.8					
850.	1527.	20.2	8.6	64.3	9.0					
800.	2046.	15.2	6.9	58.0	8.1					
750.	2588.	10.7	3.9	46.0	6.0					
700.	3160.	7.4	-2.9	34.5	2.3					
650.	3768.	6.1	-19.6	271.8	0.9					
600.	4420.	3.7	-34.4	220.0	1.2					
550.	5121.	0.2	-41.8	328.8	0.7					
500.	5878.	-3.6	-41.1	333.0	2.9					
450.	6702.	-8.5	-38.2	321.1	5.2					
400.	7604.	-14.8	-39.2	318.8	7.2					
350.	8600.	-21.9	-43.9	309.5	9.4					
300.	9716.	-29.5	-49.5	286.6	15.8					
250.	10989.	-40.1	-51.3	257.6	19.5					
200.	12471.	-52.6	-56.4	263.9	19.2					
150.	14263.	-67.8	-67.8	263.8	17.7					
100.	16605.	-81.8	-81.8	307.0	11.9					
50.	20591.	-66.7	-999.0	270.6	3.7					
20.	26348.	-49.9	-999.0	264.7	8.0					

Fuente: Elaboración propia

• **Abril**

Figura 15. Sondeo de viento, semana 1 - Abril

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
997.	108.	29.9	18.5	236.3	2.7			
975.	307.	28.8	15.8	211.6	4.0			
950.	537.	27.5	14.3	185.8	3.2			
925.	773.	25.9	13.0	142.4	2.9			
900.	1013.	24.4	12.0	104.7	4.1			
850.	1510.	20.1	10.1	81.9	7.1			
800.	2029.	15.6	7.4	68.6	7.6			
750.	2574.	13.1	-0.6	57.7	6.4			
700.	3151.	10.7	-10.1	53.5	4.3			
650.	3765.	8.7	-30.5	51.3	2.2			
600.	4421.	4.9	-34.8	314.4	0.5			
550.	5124.	0.9	-36.6	179.1	0.6			
500.	5883.	-3.7	-39.1	128.8	2.5			
450.	6706.	-9.0	-42.7	125.6	3.6			
400.	7606.	-14.8	-43.4	160.3	2.4			
350.	8602.	-22.3	-43.0	245.9	4.4			
300.	9714.	-30.6	-49.1	232.8	10.2			
250.	10983.	-40.5	-48.6	215.2	16.7			
200.	12461.	-53.0	-57.7	220.5	19.6			
150.	14254.	-66.9	-69.8	224.0	19.7			
100.	16614.	-80.9	-81.1	243.2	11.8			
50.	20584.	-66.2	-999.0	176.5	5.7			
20.	26330.	-53.2	-999.0	300.3	4.1			

Figura 16. Sondeo de viento, semana 2 - Abril

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
997.	108.	30.6	20.4	204.0	2.5			
975.	314.	29.4	17.4	176.8	4.0			
950.	545.	27.7	16.6	161.5	3.9			
925.	779.	25.8	15.9	139.0	3.8			
900.	1020.	23.8	15.3	121.0	4.8			
850.	1518.	19.4	14.1	101.9	6.5			
800.	2036.	14.9	12.5	93.5	5.9			
750.	2580.	11.5	8.6	79.2	4.1			
700.	3154.	8.6	0.9	65.4	2.5			
650.	3766.	7.1	-13.6	253.2	1.0			
600.	4419.	3.6	-21.4	271.9	1.5			
550.	5119.	-0.3	-27.0	303.8	1.8			
500.	5876.	-3.8	-33.8	356.2	1.8			
450.	6701.	-7.9	-38.2	44.6	3.7			
400.	7606.	-13.8	-43.2	8.9	0.9			
350.	8605.	-21.5	-50.7	259.3	4.2			
300.	9720.	-30.6	-56.5	264.2	6.6			
250.	10985.	-41.5	-56.4	272.4	6.3			
200.	12455.	-54.2	-62.4	273.9	9.5			
150.	14249.	-65.5	-74.1	264.5	9.8			
100.	16631.	-78.6	-80.2	224.9	8.0			
50.	20623.	-68.0	-999.0	73.6	2.1			
20.	26353.	-52.8	-999.0	285.7	9.2			

Figura 17. Sondeo de viento, semana 3 - Abril

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
994.	108.	31.8	21.7	229.6	3.2			
975.	298.	30.2	20.2	225.6	4.7			
950.	530.	28.6	18.7	214.2	3.7			
925.	766.	27.0	17.7	192.4	2.5			
900.	1008.	25.4	16.5	142.5	2.0			
850.	1508.	21.5	13.9	85.1	3.8			
800.	2031.	17.9	11.0	67.1	5.3			
750.	2580.	14.0	8.0	62.7	6.4			
700.	3159.	11.0	2.6	57.4	6.3			
650.	3775.	7.9	-2.1	63.3	3.8			
600.	4430.	3.2	-4.1	99.0	2.5			
550.	5129.	-1.7	-8.0	142.8	4.2			
500.	5881.	-6.6	-13.7	160.0	7.3			
450.	6696.	-11.9	-21.9	187.8	6.7			
400.	7589.	-16.3	-38.3	198.2	4.9			
350.	8584.	-21.3	-44.2	192.6	5.8			
300.	9702.	-29.3	-49.6	210.7	6.9			
250.	10976.	-39.7	-51.1	230.8	10.6			
200.	12458.	-52.8	-54.8	219.9	10.9			
150.	14249.	-67.4	-67.4	214.7	11.3			
100.	16627.	-78.3	-80.0	144.1	7.2			
50.	20598.	-66.4	-999.0	130.3	2.2			
20.	26341.	-50.6	-999.0	254.0	4.6			

Figura 18. Sondeo de viento, semana 4 - Abril

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
998.	108.	32.4	18.9	78.0	5.0			
975.	325.	31.3	15.8	74.4	9.6			
950.	556.	29.2	15.5	74.9	9.9			
925.	793.	26.9	15.0	75.8	9.8			
900.	1034.	24.6	14.6	77.0	9.9			
850.	1532.	19.7	13.8	77.7	9.6			
800.	2051.	15.0	12.3	75.6	8.7			
750.	2595.	11.6	7.7	73.4	7.7			
700.	3169.	8.7	1.1	74.0	6.4			
650.	3780.	6.2	-6.0	61.3	5.6			
600.	4433.	3.3	-8.6	44.0	4.2			
550.	5134.	0.1	-18.4	14.8	2.7			
500.	5891.	-3.6	-33.2	1.0	2.7			
450.	6714.	-9.1	-38.5	350.2	3.7			
400.	7614.	-15.4	-43.7	347.9	3.7			
350.	8608.	-22.7	-49.5	353.9	5.4			
300.	9718.	-31.1	-54.5	339.8	8.2			
250.	10986.	-40.3	-52.2	288.1	9.2			
200.	12465.	-52.9	-52.9	204.9	13.2			
150.	14251.	-68.0	-68.3	203.3	13.4			
100.	16608.	-79.4	-80.2	205.1	6.3			
50.	20626.	-67.5	-999.0	44.3	1.9			
20.	26391.	-51.0	-999.0	64.1	0.			

Figura 19. Sondeo de viento, semana 5 - Abril

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
995.	108.	32.1	21.2	218.0	2.7			
975.	290.	30.6	19.5	192.4	3.8			
950.	522.	29.4	18.0	157.6	3.8			
925.	759.	28.0	16.9	120.5	4.9			
900.	1001.	26.4	16.1	103.1	6.9			
850.	1503.	21.8	14.6	85.9	8.8			
800.	2026.	17.3	12.6	73.6	8.3			
750.	2574.	13.5	9.0	64.6	6.4			
700.	3152.	10.0	3.1	49.6	3.8			
650.	3765.	7.9	-10.6	55.5	1.4			
600.	4421.	5.1	-19.9	147.7	1.9			
550.	5125.	0.9	-25.8	123.9	2.0			
500.	5883.	-3.9	-36.2	82.1	1.4			
450.	6706.	-9.0	-36.8	348.0	3.8			
400.	7608.	-14.2	-34.7	328.7	10.2			
350.	8607.	-21.4	-36.8	328.0	14.0			
300.	9722.	-30.9	-41.2	323.5	13.5			
250.	10987.	-41.5	-48.3	321.7	18.1			
200.	12460.	-53.4	-61.8	316.1	19.9			
150.	14250.	-67.5	-69.6	273.7	14.5			
100.	16619.	-77.6	-82.8	268.9	10.5			
50.	20615.	-66.3	-999.0	223.9	1.7			
20.	26364.	-51.7	-999.0	202.5	2.8			

Fuente: Elaboración propia

- Mayo

Figura 20. Sondeo de viento, semana 1 - Mayo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND	DIR	WIND	SPD		
E = Estimated Surface Height										
996.	108.	33.1	20.5		104.5		2.3			
975.	297.	32.6	17.4		94.3		5.7			
950.	530.	30.6	16.2		89.0		6.8			
925.	766.	28.5	15.6		85.6		7.4			
900.	1009.	26.2	14.8		82.6		8.0			
850.	1508.	21.3	13.7		81.1		9.0			
800.	2030.	16.4	12.9		76.0		8.3			
750.	2577.	12.2	10.4		62.1		7.0			
700.	3154.	9.3	6.3		50.5		4.2			
650.	3766.	6.9	-0.1		14.8		1.2			
600.	4422.	4.4	-9.0		295.5		2.6			
550.	5124.	0.3	-14.7		285.1		3.1			
500.	5881.	-4.4	-17.4		295.6		2.8			
450.	6703.	-9.5	-24.4		336.5		4.2			
400.	7603.	-14.8	-39.6		325.4		6.4			
350.	8602.	-21.3	-38.0		310.4		12.3			
300.	9719.	-29.8	-39.9		293.7		15.6			
250.	10989.	-40.5	-45.5		281.1		16.8			
200.	12467.	-53.0	-55.6		276.8		17.7			
150.	14259.	-67.2	-68.1		272.5		18.4			
100.	16624.	-78.4	-82.9		274.8		13.1			
50.	20630.	-65.7	-99.0		356.8		2.5			
20.	26380.	-50.9	-99.0		99.5		3.8			

Figura 21. Sondeo de viento, semana 2 - Mayo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND	DIR	WIND	SPD		
E = Estimated Surface Height										
998.	108.	31.7	21.8		211.0		1.5			
975.	307.	30.6	19.6		164.5		2.1			
950.	539.	29.0	18.5		126.3		3.0			
925.	776.	27.3	17.6		105.0		4.5			
900.	1018.	25.3	17.0		92.9		5.9			
850.	1517.	20.5	15.9		83.2		7.3			
800.	2039.	16.4	14.0		74.8		7.1			
750.	2586.	13.5	9.7		74.2		6.4			
700.	3166.	12.1	1.8		75.1		6.1			
650.	3784.	9.1	-1.6		72.1		4.4			
600.	4443.	4.7	-2.8		69.0		3.2			
550.	5145.	-0.5	-4.3		70.3		2.9			
500.	5901.	-5.7	-8.7		73.6		2.2			
450.	6720.	-10.5	-15.4		96.3		0.4			
400.	7617.	-15.5	-23.4		268.4		1.1			
350.	8614.	-21.3	-26.9		292.5		4.8			
300.	9734.	-29.1	-30.9		249.2		5.4			
250.	11009.	-39.3	-39.5		228.7		7.3			
200.	12495.	-52.0	-52.0		215.0		8.5			
150.	14287.	-68.0	-68.0		223.6		10.1			
100.	16652.	-78.5	-81.4		327.5		2.5			
50.	20674.	-67.2	-99.0		64.0		2.6			
20.	26418.	-52.3	-99.0		359.6		1.3			

Figura 22. Sondeo de viento, semana 3 - Mayo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND	DIR	WIND	SPD		
E = Estimated Surface Height										
997.	108.	29.7	23.3		218.3		2.6			
975.	306.	28.1	21.9		215.0		3.1			
950.	536.	26.4	21.0		190.6		2.4			
925.	771.	24.6	20.1		150.3		1.8			
900.	1012.	22.8	19.1		113.3		2.4			
850.	1508.	19.5	16.9		86.4		4.2			
800.	2029.	16.7	14.0		68.0		5.0			
750.	2579.	14.2	10.0		60.1		4.5			
700.	3159.	11.4	5.7		66.7		3.5			
650.	3775.	8.0	1.1		75.3		3.7			
600.	4432.	4.4	-3.3		79.2		4.3			
550.	5136.	0.4	-8.5		63.2		4.5			
500.	5895.	-4.2	-14.0		62.0		5.5			
450.	6718.	-8.7	-21.6		81.9		11.2			
400.	7620.	-14.8	-27.2		78.2		15.0			
350.	8616.	-22.0	-29.4		83.2		13.5			
300.	9731.	-30.1	-32.4		100.9		11.7			
250.	11004.	-39.4	-39.7		113.2		8.0			
200.	12491.	-51.6	-51.6		154.4		5.5			
150.	14289.	-67.8	-67.8		203.2		4.6			
100.	16630.	-79.8	-79.9		62.8		7.7			
50.	20645.	-65.6	-99.0		124.1		4.6			
20.	26394.	-52.7	-99.0		63.4		4.0			

Figura 23. Sondeo de viento, semana 4 - Mayo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND	DIR	WIND	SPD		
E = Estimated Surface Height										
996.	108.	29.3	22.8		167.6		4.0			
975.	287.	27.6	21.8		171.7		5.7			
950.	516.	25.6	20.9		169.1		5.7			
925.	751.	24.0	19.4		161.4		4.9			
900.	991.	22.3	18.4		148.9		3.9			
850.	1486.	19.0	16.5		115.1		3.1			
800.	2006.	16.3	13.8		79.6		3.8			
750.	2555.	13.8	10.5		89.0		2.3			
700.	3134.	10.6	7.4		69.8		1.2			
650.	3750.	7.5	3.5		22.5		1.8			
600.	4406.	3.9	-0.1		2.3		2.3			
550.	5108.	-0.3	-3.8		340.2		1.7			
500.	5865.	-4.8	-8.7		296.9		1.3			
450.	6686.	-10.0	-13.1		277.5		2.1			
400.	7586.	-14.7	-20.0		280.8		2.3			
350.	8586.	-20.6	-31.5		301.9		5.8			
300.	9707.	-29.1	-37.7		303.1		8.7			
250.	10982.	-39.3	-44.1		292.6		8.0			
200.	12467.	-52.4	-53.5		277.0		5.2			
150.	14259.	-68.2	-68.2		242.5		7.3			
100.	16595.	-80.9	-81.0		28.0		2.5			
50.	20614.	-66.3	-99.0		67.6		4.3			
20.	26396.	-49.0	-99.0		115.7		4.9			

Figura 24. Sondeo de viento, semana 5 - Mayo

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
HPA	M	C	C	DEG	WIND	DIR	WIND	SPD		
E = Estimated Surface Height										
997.	108.	27.0	23.1		145.2		4.9			
975.	300.	25.6	21.7		143.6		7.3			
950.	529.	23.7	21.0		144.4		7.8			
925.	761.	22.0	20.0		149.8		8.4			
900.	999.	20.6	18.7		155.0		8.2			
850.	1494.	18.0	16.5		159.9		7.9			
800.	2013.	15.8	13.9		168.1		7.1			
750.	2559.	13.2	11.1		182.8		6.2			
700.	3138.	10.2	8.2		191.2		5.5			
650.	3753.	6.7	5.2		191.3		4.7			
600.	4407.	3.1	2.0		196.7		3.3			
550.	5109.	-0.9	-1.7		209.9		2.8			
500.	5865.	-5.0	-6.2		245.4		2.1			
450.	6687.	-9.4	-11.5		283.1		3.1			
400.	7589.	-14.3	-18.4		279.2		5.8			
350.	8589.	-21.1	-24.4		281.6		7.1			
300.	9709.	-29.5	-32.7		275.8		7.4			
250.	10982.	-39.4	-42.1		268.7		7.2			
200.	12469.	-51.8	-51.9		249.6		6.3			
150.	14263.	-68.3	-68.3		223.6		6.6			
100.	16592.	-81.4	-81.5		46.3		5.7			
50.	20643.	-67.1	-99.0		98.9		4.4			
20.	26442.	-48.2	-99.0		89.3		3.7			

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

• Junio

Figura 25. Sondeo de viento, semana 1 - Junio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
1000.	108.	25.5	22.9	293.7	2.3	
975.	318.	23.8	21.8	282.1	3.9	
950.	545.	22.2	20.8	277.9	5.3	
925.	777.	21.1	19.0	281.9	6.4	
900.	1015.	20.6	16.3	286.4	7.6	
850.	1509.	19.6	11.7	287.7	9.6	
800.	2029.	17.4	9.0	285.1	8.1	
750.	2578.	14.2	6.4	275.5	5.5	
700.	3158.	10.7	4.4	265.8	4.0	
650.	3772.	7.1	1.9	266.3	3.3	
600.	4427.	3.8	-0.6	274.7	4.2	
550.	5130.	-0.7	-2.9	261.1	4.1	
500.	5885.	-5.4	-6.4	229.2	2.9	
450.	6706.	-9.8	-10.1	291.2	1.5	
400.	7607.	-14.9	-15.7	333.4	3.1	
350.	8605.	-21.4	-22.0	346.8	4.7	
300.	9723.	-30.0	-30.4	342.5	4.7	
250.	10993.	-40.5	-41.5	43.6	3.2	
200.	12472.	-52.7	-54.6	62.9	5.3	
150.	14263.	-67.9	-69.9	80.6	7.6	
100.	16620.	-78.0	-83.8	103.6	7.5	
50.	20657.	-66.0	-999.0	98.9	6.4	
20.	26423.	-51.4	-999.0	81.2	11.4	

Figura 26. Sondeo de viento, semana 2 - Junio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
996.	108.	28.8	23.2	229.4	1.6	
975.	302.	27.7	22.1	235.3	2.4	
950.	532.	25.9	21.2	228.9	1.6	
925.	767.	24.1	20.3	167.4	0.2	
900.	1007.	22.5	19.3	84.2	1.4	
850.	1503.	19.4	16.4	76.1	4.0	
800.	2024.	16.7	12.3	72.6	4.6	
750.	2572.	13.8	7.0	67.2	4.0	
700.	3151.	10.6	2.1	73.1	4.2	
650.	3764.	7.2	-1.7	80.4	5.0	
600.	4419.	3.4	-4.7	85.7	6.2	
550.	5119.	-0.7	-7.9	83.6	7.1	
500.	5875.	-4.8	-12.2	76.9	7.8	
450.	6697.	-9.5	-16.4	76.3	9.3	
400.	7597.	-15.0	-20.4	78.2	12.8	
350.	8594.	-21.8	-25.0	75.6	15.4	
300.	9711.	-30.1	-31.5	77.0	15.9	
250.	10982.	-40.0	-40.6	85.3	14.4	
200.	12464.	-52.6	-52.7	94.8	13.8	
150.	14258.	-67.0	-68.4	84.0	14.6	
100.	16618.	-79.5	-79.6	69.0	6.7	
50.	20691.	-66.2	-999.0	289.3	2.0	
20.	26444.	-51.3	-999.0	51.1	7.9	

Figura 27. Sondeo de viento, semana 3 - Junio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
997.	93.	28.1	23.2	152.2	1.7	
975.	318.	28.8	20.6	122.1	3.8	
950.	549.	27.2	19.9	101.7	5.1	
925.	785.	25.3	19.1	90.0	6.3	
900.	1025.	23.3	18.3	77.2	6.9	
850.	1522.	19.4	16.3	73.6	9.0	
800.	2043.	16.2	13.7	80.4	10.9	
750.	2590.	13.8	8.9	87.9	11.6	
700.	3169.	11.5	2.4	93.8	10.6	
650.	3785.	8.0	-2.6	100.7	8.4	
600.	4441.	3.8	-5.3	103.1	7.5	
550.	5143.	-0.0	-6.6	99.1	7.9	
500.	5901.	-4.5	-8.8	88.6	5.7	
450.	6723.	-9.7	-12.5	85.5	5.8	
400.	7623.	-15.1	-18.7	93.0	5.4	
350.	8620.	-21.6	-27.1	98.7	5.0	
300.	9737.	-29.7	-34.0	99.5	4.3	
250.	11010.	-39.7	-45.1	108.8	5.6	
200.	12493.	-52.2	-52.3	71.7	6.7	
150.	14287.	-67.8	-68.5	88.9	5.4	
100.	16647.	-78.8	-79.8	314.1	10.5	
50.	20700.	-65.0	-999.0	86.0	10.2	
20.	26491.	-51.6	-999.0	71.2	11.9	

Figura 28. Sondeo de viento, semana 4 - Junio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
996.	93.	28.3	24.3	117.9	2.4	
975.	310.	29.3	21.6	107.0	4.3	
950.	542.	27.8	20.6	90.7	5.2	
925.	778.	26.1	19.8	77.7	6.2	
900.	1019.	24.1	19.0	67.2	7.8	
850.	1517.	20.2	16.8	65.2	10.3	
800.	2039.	17.6	13.7	69.7	11.7	
750.	2590.	15.3	9.8	79.9	10.5	
700.	3173.	11.9	6.4	93.7	9.7	
650.	3790.	7.9	3.1	101.8	9.4	
600.	4445.	2.9	0.7	101.2	9.9	
550.	5144.	-1.6	-2.1	98.9	8.9	
500.	5899.	-5.2	-5.8	96.4	5.3	
450.	6721.	-9.5	-10.2	110.2	4.5	
400.	7623.	-14.8	-15.2	109.7	3.9	
350.	8620.	-21.3	-21.5	56.2	4.0	
300.	9740.	-29.0	-30.0	62.8	2.4	
250.	11018.	-38.7	-41.2	47.0	1.1	
200.	12508.	-51.2	-52.5	299.7	2.6	
150.	14310.	-66.6	-66.8	337.0	9.0	
100.	16650.	-82.0	-82.4	33.0	11.5	
50.	20735.	-64.1	-999.0	114.4	7.4	
20.	26479.	-52.3	-999.0	76.5	18.2	

Figura 29. Sondeo de viento, semana 5 - Junio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	M/S
E = Estimated Surface Height						
995.	93.	28.3	22.0	89.5	5.5	
975.	303.	29.4	18.0	78.8	11.1	
950.	533.	27.4	16.7	74.4	11.9	
925.	769.	25.5	15.5	69.0	12.4	
900.	1009.	23.6	14.2	61.6	13.5	
850.	1505.	19.7	11.6	60.1	15.8	
800.	2025.	16.0	8.1	70.6	17.4	
750.	2570.	12.6	5.0	76.6	18.1	
700.	3145.	9.1	3.0	81.7	16.6	
650.	3756.	5.8	1.1	91.3	11.7	
600.	4408.	2.5	-1.2	85.4	7.4	
550.	5107.	-1.6	-4.8	70.4	6.0	
500.	5861.	-5.9	-9.3	104.2	4.3	
450.	6680.	-9.9	-20.8	110.0	3.2	
400.	7579.	-14.6	-31.3	59.6	0.5	
350.	8578.	-21.1	-37.0	255.6	4.2	
300.	9695.	-29.7	-43.4	258.7	5.8	
250.	10968.	-39.9	-47.7	258.8	12.6	
200.	12452.	-51.7	-59.3	249.7	22.0	
150.	14252.	-66.8	-68.8	249.3	15.8	
100.	16612.	-78.5	-78.7	300.2	3.7	
50.	20693.	-66.5	-999.0	86.1	13.4	
20.	26479.	-50.0	-999.0	75.2	20.3	

Fuente: Elaboración propia

• Julio

Figura 30. Sondeo de viento, semana 1 - Julio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
995.	93.	28.5	23.3		79.7		4.5	
975.	313.	29.2	20.5		73.9		9.3	
950.	543.	27.2	19.7		74.4		9.8	
925.	779.	25.2	18.8		75.3		10.3	
900.	1020.	23.2	17.7		77.0		11.2	
850.	1516.	19.6	15.6		81.1		11.9	
800.	2036.	16.4	12.7		84.7		12.2	
750.	2584.	13.5	9.1		88.9		12.9	
700.	3163.	11.1	4.1		94.1		12.3	
650.	3778.	7.6	-0.5		96.6		10.3	
600.	4433.	3.1	-3.9		96.2		10.4	
550.	5132.	-1.5	-8.1		102.8		9.0	
500.	5885.	-5.8	-14.4		95.4		6.6	
450.	6703.	-10.7	-19.3		79.4		5.8	
400.	7600.	-15.8	-19.8		68.4		4.4	
350.	8595.	-22.1	-27.3		61.9		2.5	
300.	9710.	-30.1	-39.1		344.4		2.9	
250.	10982.	-39.8	-51.5		304.4		4.3	
200.	12464.	-52.8	-58.3		316.6		9.1	
150.	14254.	-67.7	-69.8		299.2		3.0	
100.	16610.	-75.3	-79.6		37.2		2.8	
50.	20709.	-65.3	-999.0		103.5		11.6	
20.	26473.	-51.4	-999.0		86.3		18.0	

Figura 31. Sondeo de viento, semana 2 - Julio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
996.	93.	29.3	23.4		96.2		2.5	
975.	311.	29.8	20.6		81.5		6.5	
950.	542.	27.7	19.7		77.8		7.1	
925.	778.	25.7	18.9		73.8		7.5	
900.	1018.	23.7	17.9		70.0		8.1	
850.	1516.	20.1	15.2		71.9		9.6	
800.	2037.	17.1	11.5		75.3		11.0	
750.	2586.	13.9	8.1		83.4		11.8	
700.	3165.	10.6	5.7		87.9		11.7	
650.	3779.	6.7	3.0		85.7		10.3	
600.	4433.	2.5	0.1		89.9		8.2	
550.	5131.	-1.8	-3.4		94.8		6.8	
500.	5885.	-6.0	-7.1		104.3		6.2	
450.	6704.	-9.9	-14.3		91.9		4.1	
400.	7605.	-15.2	-26.3		8.8		3.7	
350.	8600.	-21.9	-31.0		300.5		4.1	
300.	9715.	-30.2	-35.8		197.2		0.4	
250.	10984.	-40.6	-46.5		150.4		5.1	
200.	12462.	-52.9	-59.0		143.6		6.4	
150.	14255.	-67.5	-70.5		149.8		4.2	
100.	16619.	-76.6	-80.5		62.2		3.1	
50.	20730.	-64.0	-999.0		108.1		13.1	
20.	26493.	-52.1	-999.0		90.8		15.0	

Figura 32. Sondeo de viento, semana 3 - Julio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
996.	93.	28.3	22.4		110.7		1.6	
975.	308.	29.0	19.3		102.3		5.8	
950.	538.	27.3	18.4		93.0		7.0	
925.	774.	25.5	17.4		81.2		7.8	
900.	1014.	23.7	16.4		68.2		8.6	
850.	1511.	19.9	14.2		48.6		9.3	
800.	2031.	16.1	11.4		49.5		10.6	
750.	2578.	12.9	6.6		69.1		11.4	
700.	3154.	10.0	0.4		71.2		10.4	
650.	3767.	6.6	-5.2		66.5		9.2	
600.	4419.	3.0	-9.1		70.3		10.0	
550.	5119.	-0.8	-13.1		78.2		12.8	
500.	5873.	-5.3	-22.0		78.4		14.3	
450.	6692.	-10.4	-25.1		61.4		12.9	
400.	7587.	-16.8	-29.5		49.0		11.7	
350.	8575.	-23.8	-32.5		57.9		7.9	
300.	9683.	-31.5	-34.4		143.4		4.2	
250.	10950.	-40.6	-43.6		178.6		9.4	
200.	12427.	-53.4	-55.8		170.2		10.9	
150.	14213.	-67.9	-70.4		166.2		9.6	
100.	16599.	-73.2	-80.4		77.8		9.6	
50.	20718.	-64.2	-999.0		126.2		4.6	
20.	26469.	-53.0	-999.0		89.8		23.3	

Figura 33. Sondeo de viento, semana 4 - Julio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
995.	93.	29.9	21.7		84.7		4.6	
975.	301.	30.7	18.8		75.2		9.5	
950.	533.	28.6	17.7		71.1		10.3	
925.	769.	26.5	17.0		69.2		10.7	
900.	1010.	24.4	16.1		65.6		11.7	
850.	1508.	20.2	13.6		64.2		13.5	
800.	2028.	17.1	8.6		79.0		14.3	
750.	2578.	15.5	-1.8		89.8		14.5	
700.	3159.	12.0	-2.4		95.8		12.0	
650.	3774.	7.7	1.0		97.3		6.3	
600.	4429.	3.4	-1.5		87.4		5.2	
550.	5129.	-1.3	-5.6		85.5		6.6	
500.	5883.	-5.7	-11.1		82.3		4.5	
450.	6700.	-11.1	-18.1		69.2		2.2	
400.	7595.	-16.7	-22.3		55.9		1.3	
350.	8585.	-23.6	-29.7		351.1		0.5	
300.	9692.	-32.0	-42.8		243.9		2.4	
250.	10954.	-41.4	-47.6		209.0		7.9	
200.	12429.	-52.9	-55.0		194.3		14.5	
150.	14221.	-67.2	-67.9		187.4		16.5	
100.	16604.	-75.0	-79.3		74.5		2.6	
50.	20719.	-65.2	-999.0		95.0		8.1	
20.	26453.	-55.5	-999.0		85.6		23.1	

Figura 34. Sondeo de viento, semana 5 - Julio

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
996.	93.	29.1	21.3		78.1		5.0	
975.	319.	29.5	18.4		72.3		10.7	
950.	550.	27.4	17.5		70.7		11.3	
925.	785.	25.3	16.8		70.6		11.9	
900.	1026.	23.3	15.6		69.5		13.0	
850.	1521.	19.6	12.0		76.1		15.7	
800.	2041.	16.7	5.6		86.9		18.7	
750.	2588.	13.6	-0.4		94.6		20.1	
700.	3165.	10.0	0.1		98.8		16.6	
650.	3777.	5.9	2.4		105.7		9.5	
600.	4428.	1.6	-0.4		92.5		4.3	
550.	5124.	-2.5	-4.9		87.9		1.4	
500.	5876.	-6.4	-10.0		132.8		1.3	
450.	6692.	-11.1	-15.2		162.6		1.8	
400.	7588.	-16.0	-24.5		173.3		3.6	
350.	8581.	-22.7	-33.0		168.2		3.1	
300.	9691.	-31.4	-43.0		134.9		1.6	
250.	10954.	-41.8	-51.9		128.5		0.6	
200.	12425.	-54.0	-60.3		219.3		2.4	
150.	14210.	-66.8	-70.1		202.5		6.1	
100.	16610.	-74.4	-82.0		47.4		5.8	
50.	20729.	-64.5	-999.0		76.3		5.4	
20.	26438.	-51.1	-999.0		88.9		22.3	

Fuente: Elaboración propia

- Agosto

Figura 35. Sondeo de viento, semana 1 - Agosto

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
995.	93.	29.7	21.4	106.5	2.5			
975.	295.	30.4	18.4	89.1	7.1			
950.	526.	28.8	17.0	83.9	7.6			
925.	764.	26.9	16.3	78.9	7.2			
900.	1005.	24.8	15.3	72.0	7.0			
850.	1504.	20.8	12.9	59.8	6.9			
800.	2025.	17.0	9.3	59.8	7.1			
750.	2572.	13.4	5.6	83.2	6.1			
700.	3149.	10.5	1.6	102.7	5.8			
650.	3765.	8.0	-1.4	113.2	6.3			
600.	4422.	4.4	-6.4	93.1	5.2			
550.	5124.	-0.3	-11.7	67.6	4.9			
500.	5879.	-5.3	-17.9	67.7	6.1			
450.	6698.	-10.3	-21.6	84.8	6.8			
400.	7595.	-15.9	-27.9	88.6	5.0			
350.	8587.	-22.9	-31.5	117.5	5.1			
300.	9698.	-31.0	-39.5	142.4	5.5			
250.	10963.	-41.2	-49.9	147.4	3.6			
200.	12439.	-53.5	-60.6	163.4	4.2			
150.	14226.	-68.0	-71.2	168.3	9.5			
100.	16601.	-74.8	-80.1	76.7	5.5			
50.	20713.	-65.6	-999.0	110.1	6.7			
20.	26459.	-52.9	-999.0	89.3	23.2			

Figura 36. Sondeo de viento, semana 2 - Agosto

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
998.	93.	28.2	21.9	146.2	3.3			
975.	319.	27.2	20.3	143.1	5.9			
950.	548.	25.6	19.2	129.0	6.5			
925.	783.	23.9	17.9	111.5	6.4			
900.	1024.	22.3	17.1	99.5	6.4			
850.	1518.	18.7	15.4	78.4	7.5			
800.	2038.	15.4	13.1	82.6	9.4			
750.	2583.	12.8	9.8	92.8	11.5			
700.	3160.	10.1	6.7	91.2	12.0			
650.	3773.	6.3	3.8	90.4	12.8			
600.	4428.	1.9	1.3	85.8	13.6			
550.	5123.	-2.0	-2.6	83.6	13.2			
500.	5877.	-5.8	-7.0	90.2	12.5			
450.	6696.	-10.2	-10.9	95.9	10.1			
400.	7597.	-15.4	-15.8	93.5	7.9			
350.	8593.	-22.1	-22.1	98.7	8.0			
300.	9710.	-29.7	-30.8	104.3	8.7			
250.	10983.	-39.6	-44.1	95.9	5.3			
200.	12466.	-52.6	-55.5	52.3	6.5			
150.	14257.	-67.9	-68.3	33.2	8.9			
100.	16613.	-76.1	-79.3	75.2	5.6			
50.	20733.	-66.8	-999.0	80.4	13.4			
20.	26485.	-51.9	-999.0	84.6	22.4			

Figura 37. Sondeo de viento, semana 3 - Agosto

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
996.	93.	29.5	22.7	93.8	3.4			
975.	305.	30.0	20.1	83.5	7.0			
950.	536.	28.1	19.0	76.4	7.6			
925.	772.	26.0	18.0	73.4	8.0			
900.	1013.	24.0	17.2	72.3	8.3			
850.	1510.	19.9	14.7	75.9	9.2			
800.	2031.	16.6	10.1	78.9	10.6			
750.	2578.	13.4	5.9	78.5	13.0			
700.	3155.	10.0	3.3	78.3	13.8			
650.	3768.	6.5	0.9	71.3	11.9			
600.	4421.	3.0	-4.0	64.5	9.9			
550.	5121.	-0.7	-8.1	67.6	7.9			
500.	5878.	-5.2	-12.8	73.7	8.5			
450.	6697.	-10.2	-18.4	67.3	8.8			
400.	7594.	-16.0	-23.6	52.4	8.1			
350.	8587.	-22.5	-29.1	32.2	5.2			
300.	9701.	-30.2	-32.4	163.7	1.9			
250.	10975.	-39.2	-43.9	156.4	9.6			
200.	12461.	-51.8	-55.1	164.6	10.5			
150.	14259.	-66.6	-69.8	206.2	5.6			
100.	16625.	-77.6	-78.1	21.5	4.4			
50.	20724.	-64.7	-999.0	103.8	12.2			
20.	26461.	-52.6	-999.0	89.0	25.8			

Figura 38. Sondeo de viento, semana 4 - Agosto

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
996.	93.	26.9	23.4	243.5	1.5			
975.	314.	27.7	20.9	171.6	2.1			
950.	544.	26.2	19.8	122.4	4.0			
925.	778.	24.6	19.1	106.9	5.7			
900.	1019.	22.8	18.2	93.3	6.7			
850.	1515.	18.9	16.5	82.8	8.0			
800.	2034.	15.8	14.2	78.2	9.6			
750.	2581.	13.1	10.9	82.7	10.1			
700.	3160.	10.7	7.2	97.3	9.8			
650.	3775.	7.3	3.7	109.5	8.5			
600.	4430.	3.4	0.1	107.4	7.7			
550.	5131.	-0.8	-3.7	98.5	8.0			
500.	5887.	-5.2	-8.4	100.2	8.3			
450.	6707.	-10.1	-15.2	104.2	8.8			
400.	7605.	-16.0	-20.2	99.8	10.2			
350.	8597.	-22.5	-25.5	87.3	12.2			
300.	9711.	-30.3	-32.5	77.5	13.2			
250.	10981.	-40.2	-41.3	69.4	12.2			
200.	12461.	-52.6	-53.8	60.3	11.4			
150.	14252.	-68.3	-70.5	63.1	10.4			
100.	16613.	-75.3	-78.7	73.2	8.2			
50.	20724.	-65.7	-999.0	112.3	11.6			
20.	26457.	-54.6	-999.0	90.1	27.2			

Figura 39. Sondeo de viento, semana 5 - Agosto

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
996.	93.	29.1	20.6	83.6	4.4			
975.	304.	30.5	17.3	79.9	10.0			
950.	535.	28.4	16.3	77.8	10.4			
925.	771.	26.3	15.4	75.8	10.7			
900.	1012.	24.2	14.5	72.0	11.3			
850.	1509.	19.9	12.1	69.3	12.7			
800.	2029.	16.7	5.3	78.4	14.7			
750.	2575.	13.4	-1.1	84.1	14.5			
700.	3151.	9.8	-2.6	86.4	10.5			
650.	3762.	5.8	-3.3	78.6	5.9			
600.	4413.	2.2	-8.1	66.7	5.6			
550.	5111.	-1.2	-13.3	74.6	2.8			
500.	5866.	-5.3	-14.5	241.5	0.7			
450.	6684.	-10.4	-18.3	151.1	1.2			
400.	7582.	-15.8	-21.9	129.2	3.3			
350.	8575.	-22.5	-30.5	118.5	1.4			
300.	9688.	-30.6	-39.3	251.8	2.5			
250.	10957.	-40.6	-46.9	277.0	10.1			
200.	12436.	-52.6	-59.4	267.3	9.2			
150.	14229.	-67.3	-68.6	197.8	10.7			
100.	16602.	-75.7	-79.4	66.6	7.0			
50.	20712.	-65.0	-999.0	99.1	10.1			
20.	26432.	-55.7	-999.0	78.8	21.8			

Fuente: Elaboración propia

• Septiembre

Figura 40. Sondeo de viento, semana 1 - Septiembre

Septiembre2019_W1.txt: Bloc de notas							
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda			
PRESS HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD		
HPA	M	C	C	DEG	M/S		
E = Estimated Surface Height							
994.	93.	27.4	23.3	241.7	2.5		
975.	295.	27.8	20.7	231.8	3.9		
950.	526.	26.7	19.4	217.1	2.6		
925.	760.	25.2	18.5	178.7	1.3		
900.	1001.	23.7	17.6	100.6	2.0		
850.	1498.	20.1	15.2	83.0	4.6		
800.	2020.	16.7	12.8	75.9	6.0		
750.	2567.	13.4	9.1	84.5	7.5		
700.	3146.	10.8	4.2	97.7	7.9		
650.	3761.	7.6	-0.2	102.8	5.9		
600.	4416.	3.0	-3.5	102.6	3.3		
550.	5114.	-1.9	-5.6	106.8	2.5		
500.	5866.	-6.0	-9.4	100.3	2.0		
450.	6685.	-10.4	-14.6	83.3	2.4		
400.	7582.	-15.8	-22.6	83.5	4.0		
350.	8576.	-22.7	-29.4	110.6	4.9		
300.	9686.	-31.3	-36.7	131.6	6.8		
250.	10951.	-40.9	-47.3	127.8	5.7		
200.	12430.	-52.7	-57.8	124.9	5.2		
150.	14224.	-67.0	-69.0	133.0	3.4		
100.	16591.	-77.6	-79.5	49.4	6.1		
50.	20690.	-66.8	-999.0	64.4	6.1		
20.	26388.	-55.7	-999.0	80.7	26.9		

Figura 41. Sondeo de viento, semana 2 - Septiembre

Septiembre2019_W2.txt: Bloc de notas							
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda			
PRESS HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD		
HPA	M	C	C	DEG	M/S		
E = Estimated Surface Height							
996.	93.	28.8	22.8	140.3	0.7		
975.	313.	29.2	20.4	115.7	2.8		
950.	544.	27.8	19.1	97.6	4.9		
925.	780.	25.9	18.1	94.5	6.4		
900.	1021.	24.1	17.2	92.4	7.9		
850.	1519.	20.1	15.7	80.8	8.9		
800.	2040.	16.4	13.3	72.0	9.0		
750.	2587.	12.9	9.8	71.5	9.4		
700.	3164.	9.6	6.6	79.3	9.9		
650.	3776.	6.2	3.8	91.0	8.3		
600.	4430.	3.0	0.2	82.3	5.7		
550.	5131.	-0.7	-3.6	94.8	4.6		
500.	5888.	-5.0	-7.5	106.6	3.5		
450.	6709.	-9.9	-15.1	312.9	0.9		
400.	7608.	-15.8	-21.6	325.7	3.0		
350.	8600.	-22.8	-25.6	325.3	0.9		
300.	9713.	-30.5	-35.2	111.0	4.1		
250.	10981.	-40.7	-46.2	101.7	2.7		
200.	12459.	-52.8	-56.7	114.7	6.0		
150.	14250.	-67.9	-68.2	105.5	6.4		
100.	16611.	-77.4	-80.0	75.3	2.7		
50.	20679.	-66.2	-999.0	101.2	15.9		
20.	26311.	-57.6	-999.0	99.4	29.7		

Figura 42. Sondeo de viento, semana 3 - Septiembre

Septiembre2019_W3.txt: Bloc de notas							
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda			
PRESS HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD		
HPA	M	C	C	DEG	M/S		
E = Estimated Surface Height							
996.	93.	27.5	22.4	57.6	0.7		
975.	306.	27.4	20.6	61.8	3.6		
950.	536.	26.0	19.5	73.2	4.8		
925.	771.	24.5	18.6	75.4	6.3		
900.	1012.	22.8	17.9	79.7	7.0		
850.	1508.	19.2	16.1	80.3	7.6		
800.	2027.	16.3	14.0	81.4	10.0		
750.	2576.	13.6	11.0	87.8	11.5		
700.	3156.	10.6	7.8	93.1	11.5		
650.	3770.	7.0	4.6	93.8	10.4		
600.	4425.	2.6	-0.1	105.6	10.2		
550.	5123.	-2.0	-4.2	112.4	9.3		
500.	5875.	-6.1	-7.8	119.8	7.4		
450.	6695.	-9.9	-10.9	95.0	5.4		
400.	7597.	-14.7	-15.3	77.2	7.6		
350.	8596.	-20.9	-20.9	73.5	10.8		
300.	9717.	-29.0	-29.2	75.3	10.4		
250.	10993.	-39.3	-39.2	85.7	8.4		
200.	12479.	-52.1	-52.1	106.0	7.5		
150.	14275.	-67.6	-68.9	110.1	3.7		
100.	16616.	-79.5	-79.9	68.5	7.5		
50.	20655.	-66.4	-999.0	71.9	11.6		
20.	26316.	-55.8	-999.0	89.4	22.9		

Figura 43. Sondeo de viento, semana 4 - Septiembre

Septiembre2019_W4.txt: Bloc de notas							
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda			
PRESS HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD		
HPA	M	C	C	DEG	M/S		
E = Estimated Surface Height							
997.	93.	25.4	22.7	209.9	2.0		
975.	321.	25.2	20.9	206.1	3.9		
950.	549.	23.5	19.7	205.3	3.2		
925.	782.	22.2	18.4	206.0	2.1		
900.	1020.	20.9	17.3	185.3	1.6		
850.	1514.	18.4	14.8	134.0	1.5		
800.	2032.	15.7	12.1	104.7	2.4		
750.	2578.	12.6	9.5	94.8	3.5		
700.	3155.	9.4	6.6	85.2	4.4		
650.	3768.	5.8	3.5	83.1	4.9		
600.	4419.	2.0	0.0	83.5	5.2		
550.	5117.	-1.8	-3.5	80.7	5.4		
500.	5872.	-5.3	-8.2	81.3	6.2		
450.	6693.	-9.4	-13.5	97.9	7.4		
400.	7595.	-14.7	-19.0	117.1	8.4		
350.	8593.	-21.4	-26.3	122.7	8.9		
300.	9710.	-29.7	-34.7	122.1	10.0		
250.	10983.	-39.9	-45.0	122.6	11.4		
200.	12464.	-52.8	-54.5	120.5	13.2		
150.	14253.	-68.0	-68.2	103.4	13.1		
100.	16615.	-77.5	-79.7	85.8	6.8		
50.	20673.	-68.5	-999.0	100.9	10.1		
20.	26289.	-57.0	-999.0	88.7	20.6		

Figura 44. Sondeo de viento, semana 5 - Septiembre

Septiembre2019_W5.txt: Bloc de notas							
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda			
PRESS HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND DIR	WIND SPD		
HPA	M	C	C	DEG	M/S		
E = Estimated Surface Height							
998.	93.	25.7	23.2	220.4	1.7		
975.	321.	25.4	21.3	215.9	3.1		
950.	549.	23.8	20.3	212.2	1.9		
925.	783.	22.6	19.0	130.4	0.3		
900.	1023.	21.1	17.7	59.0	0.9		
850.	1515.	18.4	15.1	91.4	1.6		
800.	2035.	15.6	13.0	112.7	2.3		
750.	2581.	12.5	10.8	121.4	2.9		
700.	3158.	9.5	8.3	115.8	3.5		
650.	3770.	6.2	5.3	109.3	4.5		
600.	4423.	2.4	2.0	101.9	5.7		
550.	5123.	-1.4	-1.6	93.2	5.7		
500.	5877.	-5.3	-5.7	80.0	6.3		
450.	6699.	-10.0	-10.6	70.4	7.5		
400.	7598.	-15.4	-16.1	66.5	7.4		
350.	8593.	-22.0	-22.2	60.7	7.3		
300.	9708.	-30.2	-30.4	55.6	8.1		
250.	10977.	-40.6	-40.6	33.7	7.3		
200.	12454.	-53.3	-53.3	21.2	6.5		
150.	14240.	-68.6	-68.7	20.9	12.0		
100.	16597.	-75.9	-80.7	90.1	13.9		
50.	20638.	-66.0	-999.0	85.0	11.0		
20.	26271.	-56.1	-999.0	87.9	23.5		

Fuente: Elaboración propia

• Octubre

Figura 45. Sondeo de viento, semana 1 - Octubre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
994.	93.	26.4	23.8	204.8	1.8			
975.	288.	27.3	21.2	182.6	2.7			
950.	518.	25.7	20.2	148.4	2.7			
925.	752.	24.3	19.2	114.3	2.8			
900.	992.	22.7	18.0	94.9	3.8			
850.	1489.	19.5	14.6	82.8	5.8			
800.	2009.	16.7	10.6	77.6	6.4			
750.	2556.	13.4	8.2	77.4	4.7			
700.	3134.	9.7	6.1	68.8	3.5			
650.	3746.	6.2	3.2	55.1	3.5			
600.	4398.	2.8	-0.3	46.7	4.1			
550.	5098.	-1.1	-3.6	40.6	4.8			
500.	5853.	-5.4	-8.0	37.3	5.8			
450.	6672.	-10.1	-14.2	40.9	5.9			
400.	7569.	-15.6	-20.3	61.1	5.8			
350.	8563.	-22.0	-24.9	78.4	8.1			
300.	9678.	-30.0	-31.8	90.0	9.4			
250.	10948.	-40.3	-41.1	92.7	11.9			
200.	12427.	-52.7	-53.7	100.7	12.2			
150.	14218.	-67.9	-68.4	61.3	12.9			
100.	16560.	-79.4	-81.0	87.4	10.1			
50.	20604.	-67.8	-99.0	89.8	9.5			
20.	26278.	-54.5	-99.0	78.6	26.8			

Figura 46. Sondeo de viento, semana 2 - Octubre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
995.	93.	26.0	23.7	205.8	1.7			
975.	290.	26.1	21.9	209.2	3.3			
950.	523.	24.7	20.5	178.6	2.7			
925.	753.	23.3	18.9	141.7	3.2			
900.	996.	21.9	17.6	135.5	4.0			
850.	1491.	19.1	15.4	119.5	5.1			
800.	2012.	16.4	12.4	117.1	6.5			
750.	2557.	13.4	9.6	116.2	6.8			
700.	3136.	10.3	6.8	120.0	7.1			
650.	3750.	6.9	3.6	117.1	7.1			
600.	4405.	3.2	-0.8	96.9	6.1			
550.	5106.	-0.8	-4.5	91.9	5.9			
500.	5861.	-5.2	-8.6	96.5	6.5			
450.	6681.	-10.1	-12.6	102.5	6.8			
400.	7580.	-15.4	-18.2	100.8	7.2			
350.	8577.	-21.9	-23.2	84.6	7.7			
300.	9692.	-30.1	-31.6	66.1	9.4			
250.	10962.	-40.3	-40.4	76.0	12.4			
200.	12443.	-52.5	-52.6	67.0	13.0			
150.	14234.	-68.1	-68.2	69.3	15.6			
100.	16563.	-80.2	-82.7	73.2	8.6			
50.	20615.	-67.5	-99.0	82.6	6.1			
20.	26309.	-52.7	-99.0	84.3	20.9			

Figura 47. Sondeo de viento, semana 3 - Octubre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
997.	93.	23.7	22.3	195.1	0.8			
975.	312.	22.9	21.0	196.5	0.8			
950.	538.	21.6	19.8	176.1	1.2			
925.	770.	20.5	18.6	178.9	1.8			
900.	1007.	19.3	17.4	184.0	3.1			
850.	1498.	16.8	15.0	197.4	6.9			
800.	2014.	14.6	11.7	187.8	10.5			
750.	2558.	12.2	8.4	179.1	12.7			
700.	3135.	9.2	6.3	177.6	13.6			
650.	3747.	6.1	4.3	171.8	12.1			
600.	4400.	2.6	2.1	157.3	9.2			
550.	5100.	-1.1	-1.6	136.8	7.9			
500.	5856.	-4.8	-5.9	141.0	8.5			
450.	6679.	-9.4	-10.5	142.4	8.3			
400.	7580.	-15.0	-15.7	137.6	7.1			
350.	8578.	-21.4	-24.5	118.2	6.0			
300.	9697.	-29.4	-36.6	107.1	7.3			
250.	10970.	-39.6	-42.4	92.3	7.1			
200.	12452.	-52.8	-53.3	102.2	7.1			
150.	14239.	-68.9	-69.1	167.5	2.6			
100.	16568.	-81.6	-83.0	68.7	8.6			
50.	20608.	-66.4	-99.0	106.1	12.0			
20.	26330.	-53.3	-99.0	86.0	16.9			

Figura 48. Sondeo de viento, semana 4 - Octubre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
997.	93.	24.5	22.9	141.7	3.2			
975.	319.	24.2	21.3	149.8	5.2			
950.	545.	22.5	20.1	147.7	5.9			
925.	777.	21.1	18.9	149.3	6.4			
900.	1015.	19.9	17.5	150.0	6.7			
850.	1506.	17.5	15.2	142.5	6.6			
800.	2024.	15.0	12.7	141.9	5.8			
750.	2568.	12.1	10.3	148.9	4.9			
700.	3146.	8.9	7.5	139.8	4.7			
650.	3756.	5.5	4.7	119.2	5.4			
600.	4408.	1.8	1.5	97.1	6.4			
550.	5107.	-1.8	-2.4	95.4	6.7			
500.	5860.	-5.8	-6.4	97.4	4.7			
450.	6679.	-10.4	-11.0	132.7	3.8			
400.	7577.	-15.8	-17.3	147.3	2.8			
350.	8571.	-22.5	-24.2	114.8	2.2			
300.	9684.	-30.9	-32.0	84.2	1.3			
250.	10950.	-41.1	-41.7	45.4	2.8			
200.	12425.	-53.7	-53.7	53.2	3.6			
150.	14206.	-69.1	-69.4	68.7	4.9			
100.	16558.	-78.2	-81.4	84.8	9.4			
50.	20618.	-69.1	-99.0	49.5	8.1			
20.	26332.	-53.2	-99.0	88.2	16.5			

Figura 49. Sondeo de viento, semana 5 - Octubre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	M/S
E = Estimated Surface Height								
995.	93.	25.6	22.9	78.8	0.5			
975.	302.	26.6	20.9	106.9	3.1			
950.	531.	25.0	19.8	100.0	5.3			
925.	763.	23.2	18.8	86.1	6.2			
900.	1003.	21.6	17.7	80.7	7.1			
850.	1498.	18.5	14.8	80.0	10.1			
800.	2016.	16.0	11.0	87.9	11.7			
750.	2563.	13.1	9.5	100.9	10.1			
700.	3141.	9.6	7.6	107.6	7.9			
650.	3753.	6.4	4.4	109.2	4.1			
600.	4407.	2.7	0.6	139.5	1.2			
550.	5107.	-1.3	-5.7	192.5	2.4			
500.	5861.	-5.6	-9.3	214.5	2.1			
450.	6681.	-9.9	-11.7	282.8	1.2			
400.	7581.	-15.0	-17.7	324.8	1.8			
350.	8579.	-21.7	-25.2	358.0	0.8			
300.	9694.	-30.2	-32.3	148.9	1.2			
250.	10963.	-40.6	-42.2	175.7	2.0			
200.	12442.	-53.0	-53.7	160.9	5.0			
150.	14229.	-68.4	-69.0	164.5	5.7			
100.	16562.	-81.2	-81.9	224.0	2.3			
50.	20611.	-66.1	-99.0	122.6	5.2			
20.	26306.	-54.9	-99.0	94.0	22.1			

Fuente: Elaboración propia

• **Noviembre**

Figura 50. Sondeo de viento, semana 1 - Noviembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C		DEG		M/S	
E = Estimated Surface Height								
997.	93.	25.9	23.0	117.7			2.0	
975.	317.	26.6	20.4	103.4			4.4	
950.	546.	25.3	19.0	88.3			6.0	
925.	780.	23.7	17.7	78.2			7.1	
900.	1019.	22.1	16.2	70.8			8.1	
850.	1514.	18.6	13.8	72.6			10.0	
800.	2032.	15.8	10.7	90.2			10.7	
750.	2578.	12.8	9.1	95.5			9.6	
700.	3155.	9.1	7.4	99.3			7.4	
650.	3766.	5.1	4.4	99.3			5.5	
600.	4416.	1.5	1.2	113.3			4.3	
550.	5114.	-2.2	-2.9	124.8			3.0	
500.	5867.	-5.6	-7.9	97.9			2.7	
450.	6687.	-10.2	-13.9	115.3			2.5	
400.	7585.	-15.7	-22.3	142.1			2.0	
350.	8579.	-22.2	-30.0	132.8			0.9	
300.	9693.	-30.3	-39.8	111.7			0.6	
250.	10961.	-40.8	-47.8	234.0			2.5	
200.	12437.	-53.4	-58.1	242.0			3.8	
150.	14225.	-67.5	-70.4	247.8			8.6	
100.	16572.	-81.6	-81.6	300.5			7.9	
50.	20595.	-66.5	-999.0	139.4			3.9	
20.	26297.	-54.8	-999.0	96.0			21.5	

Figura 51. Sondeo de viento, semana 2 - Noviembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C		DEG		M/S	
E = Estimated Surface Height								
994.	93.	26.4	22.7	86.0			3.2	
975.	296.	28.0	20.5	79.1			7.4	
950.	526.	26.8	18.8	64.6			9.1	
925.	761.	24.9	17.5	59.3			9.7	
900.	1001.	23.0	16.5	57.2			10.3	
850.	1497.	19.1	14.2	58.2			12.3	
800.	2015.	15.9	10.6	66.2			14.1	
750.	2562.	13.5	6.1	73.9			14.1	
700.	3140.	10.8	2.2	80.6			13.9	
650.	3755.	7.5	0.0	82.6			12.6	
600.	4411.	3.8	-2.4	80.3			10.9	
550.	5113.	-0.1	-8.0	75.1			11.3	
500.	5871.	-4.1	-15.3	72.3			13.7	
450.	6693.	-9.1	-21.2	72.9			15.1	
400.	7594.	-15.0	-25.5	76.1			15.0	
350.	8590.	-21.8	-29.8	74.6			14.7	
300.	9705.	-30.3	-34.9	66.6			10.8	
250.	10975.	-40.3	-42.3	86.6			5.1	
200.	12454.	-53.0	-53.1	124.0			6.4	
150.	14242.	-68.5	-68.9	117.7			5.9	
100.	16590.	-77.6	-82.2	85.9			7.2	
50.	20608.	-70.4	-999.0	51.0			7.5	
20.	26311.	-54.7	-999.0	92.6			17.3	

Figura 52. Sondeo de viento, semana 3 - Noviembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C		DEG		M/S	
E = Estimated Surface Height								
998.	93.	25.2	22.7	208.3			1.1	
975.	321.	25.6	20.7	209.3			1.9	
950.	550.	24.3	19.7	152.2			1.0	
925.	783.	22.7	18.8	94.3			1.9	
900.	1022.	21.4	17.5	76.8			3.2	
850.	1517.	18.6	14.8	69.2			5.6	
800.	2034.	15.7	12.0	67.4			6.8	
750.	2580.	12.3	9.8	80.9			6.4	
700.	3157.	9.1	6.8	102.6			6.9	
650.	3768.	5.8	3.5	113.3			7.0	
600.	4420.	2.2	0.8	125.7			5.6	
550.	5119.	-1.7	-3.0	121.0			4.8	
500.	5873.	-5.7	-6.8	108.4			4.9	
450.	6692.	-10.4	-11.8	103.8			4.3	
400.	7591.	-15.6	-19.1	117.0			3.5	
350.	8585.	-22.2	-26.5	132.8			3.4	
300.	9699.	-30.5	-34.9	142.1			3.6	
250.	10967.	-40.7	-43.3	140.5			4.4	
200.	12443.	-53.4	-53.9	117.8			4.8	
150.	14227.	-68.5	-68.9	98.2			6.1	
100.	16590.	-77.4	-82.0	202.6			1.3	
50.	20587.	-72.7	-999.0	66.7			4.3	
20.	26276.	-53.5	-999.0	86.2			12.4	

Figura 53. Sondeo de viento, semana 4 - Noviembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C		DEG		M/S	
E = Estimated Surface Height								
998.	93.	25.9	22.1	159.7			0.5	
975.	321.	26.9	20.5	116.1			1.6	
950.	550.	25.1	19.2	88.0			2.8	
925.	784.	23.4	18.1	74.6			3.9	
900.	1023.	21.5	17.2	70.3			5.3	
850.	1516.	17.9	15.2	62.5			8.1	
800.	2034.	15.1	10.0	67.3			8.3	
750.	2579.	13.2	3.3	66.8			6.5	
700.	3156.	9.8	-2.0	65.7			5.8	
650.	3767.	6.4	-9.6	71.7			7.0	
600.	4419.	3.4	-18.9	66.9			7.1	
550.	5120.	-0.4	-23.4	54.9			6.5	
500.	5875.	-4.4	-30.8	66.7			6.8	
450.	6697.	-9.2	-38.8	78.7			10.2	
400.	7596.	-15.5	-43.1	64.3			11.8	
350.	8589.	-22.6	-50.8	59.1			11.1	
300.	9700.	-31.5	-53.4	59.5			8.6	
250.	10961.	-42.3	-54.1	49.3			11.0	
200.	12427.	-54.7	-60.6	34.1			9.7	
150.	14206.	-68.8	-71.3	13.7			9.3	
100.	16559.	-78.7	-81.6	40.5			2.6	
50.	20561.	-65.7	-999.0	151.5			4.4	
20.	26259.	-54.7	-999.0	86.8			12.7	

Figura 54. Sondeo de viento, semana 5 - Noviembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C		DEG		M/S	
E = Estimated Surface Height								
997.	93.	27.4	22.1	88.5			4.4	
975.	319.	28.7	19.6	76.1			9.4	
950.	549.	27.0	18.4	69.3			10.3	
925.	784.	25.1	17.4	62.1			11.5	
900.	1024.	23.2	16.4	58.7			13.2	
850.	1521.	19.4	14.3	61.0			16.3	
800.	2041.	16.0	11.6	68.0			16.9	
750.	2587.	13.2	8.4	77.1			16.0	
700.	3166.	10.7	3.8	82.7			15.2	
650.	3781.	7.7	-0.7	86.8			14.0	
600.	4436.	4.4	-6.8	87.9			13.5	
550.	5140.	0.5	-14.7	90.8			15.5	
500.	5896.	-4.6	-21.5	88.4			17.9	
450.	6717.	-9.7	-26.5	83.1			18.1	
400.	7615.	-15.8	-29.9	82.8			16.5	
350.	8607.	-23.1	-33.7	82.0			13.3	
300.	9717.	-30.9	-40.1	79.0			10.5	
250.	10984.	-40.7	-42.0	125.9			3.3	
200.	12462.	-52.7	-54.4	154.9			10.7	
150.	14257.	-67.1	-70.4	154.8			5.9	
100.	16612.	-81.1	-81.1	48.8			8.9	
50.	20587.	-67.2	-999.0	312.9			0.4	
20.	26249.	-54.7	-999.0	84.0			5.8	

Fuente: Elaboración propia

• Diciembre

Figura 55. Sondeo de viento, semana 1 - Diciembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
994.	93.	26.1	21.4	80.0	1.2			
975.	295.	27.5	19.5	77.9	5.8			
950.	524.	25.9	18.4	77.5	7.3			
925.	759.	24.2	17.7	72.2	7.9			
900.	998.	22.4	16.7	69.3	7.9			
850.	1494.	18.8	14.8	56.0	8.4			
800.	2012.	15.5	11.0	68.3	9.0			
750.	2557.	13.1	4.7	75.0	9.1			
700.	3136.	11.9	-9.5	77.4	8.9			
650.	3753.	9.2	-21.9	84.6	10.2			
600.	4410.	5.4	-29.0	91.8	11.0			
550.	5114.	0.7	-33.0	102.9	9.4			
500.	5871.	-4.1	-38.5	106.9	10.6			
450.	6692.	-9.5	-45.8	114.4	11.3			
400.	7590.	-15.8	-42.3	122.6	9.7			
350.	8581.	-23.1	-34.3	116.3	4.9			
300.	9694.	-30.0	-48.2	79.2	4.0			
250.	10967.	-40.2	-48.6	77.0	5.3			
200.	12447.	-52.6	-57.3	97.7	2.9			
150.	14242.	-66.8	-70.5	113.4	1.2			
100.	16600.	-80.5	-82.6	352.8	1.3			
50.	20560.	-68.1	-999.0	315.0	5.8			
20.	26278.	-53.9	-999.0	42.5	1.7			

Figura 56. Sondeo de viento, semana 2 - Diciembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
999.	93.	27.2	21.4	88.1	2.4			
975.	336.	28.4	18.8	77.4	7.0			
950.	565.	26.3	17.8	73.5	8.1			
925.	801.	24.1	16.9	66.4	8.3			
900.	1040.	22.2	16.0	60.7	8.8			
850.	1535.	18.1	14.5	48.7	10.4			
800.	2052.	14.6	11.5	58.0	13.7			
750.	2595.	11.7	7.7	74.7	13.3			
700.	3171.	8.7	4.0	83.7	11.9			
650.	3780.	5.1	0.1	82.8	10.7			
600.	4430.	1.3	-3.4	76.0	10.0			
550.	5125.	-2.4	-8.0	75.1	9.6			
500.	5877.	-5.9	-13.9	81.2	7.9			
450.	6695.	-10.8	-19.7	95.7	6.0			
400.	7591.	-16.1	-18.1	139.2	5.6			
350.	8583.	-22.4	-27.1	107.8	3.3			
300.	9699.	-30.4	-40.2	138.6	0.8			
250.	10965.	-41.5	-47.4	211.4	3.8			
200.	12436.	-54.2	-58.6	175.8	6.2			
150.	14222.	-66.9	-69.6	184.3	9.5			
100.	16602.	-77.6	-82.0	226.9	13.8			
50.	20586.	-67.8	-999.0	199.9	4.6			
20.	26266.	-54.1	-999.0	109.8	5.8			

Figura 57. Sondeo de viento, semana 3 - Diciembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
995.	93.	25.4	19.9	238.5	1.7			
975.	304.	26.1	18.2	218.5	2.6			
950.	533.	25.2	16.6	150.6	1.8			
925.	766.	23.9	15.8	105.3	3.3			
900.	1006.	22.4	14.7	90.5	5.4			
850.	1500.	18.6	12.5	75.9	8.7			
800.	2018.	14.8	10.4	65.5	9.9			
750.	2561.	11.5	6.6	66.6	8.7			
700.	3135.	8.5	1.2	83.0	8.7			
650.	3745.	5.9	-9.9	97.4	6.6			
600.	4396.	2.9	-22.3	100.3	6.6			
550.	5095.	-0.3	-28.3	90.9	5.8			
500.	5852.	-4.1	-30.5	39.1	2.9			
450.	6673.	-9.4	-32.8	359.8	4.9			
400.	7572.	-15.6	-42.9	318.2	3.8			
350.	8565.	-23.1	-44.8	263.6	3.1			
300.	9673.	-31.9	-50.7	250.1	7.0			
250.	10931.	-42.0	-55.8	234.5	12.7			
200.	12403.	-53.6	-64.4	214.6	19.2			
150.	14190.	-67.4	-73.1	227.4	14.9			
100.	16575.	-77.0	-81.8	322.6	7.4			
50.	20551.	-67.4	-999.0	166.1	1.4			
20.	26256.	-53.0	-999.0	74.1	16.2			

Figura 58. Sondeo de viento, semana 4 - Diciembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
994.	93.	27.5	20.6	67.2	4.7			
975.	304.	28.1	18.6	63.6	9.3			
950.	534.	26.0	17.8	62.7	9.6			
925.	768.	23.9	16.8	60.5	9.8			
900.	1007.	21.9	15.9	58.8	10.6			
850.	1501.	18.2	14.0	62.6	13.6			
800.	2019.	15.2	11.6	75.0	14.4			
750.	2564.	12.3	8.6	84.6	13.0			
700.	3140.	9.4	5.3	88.0	12.0			
650.	3752.	6.1	2.0	86.5	10.8			
600.	4405.	2.8	-1.5	77.9	8.2			
550.	5106.	-0.6	-6.8	69.2	5.0			
500.	5861.	-4.9	-10.9	91.1	4.3			
450.	6683.	-9.7	-15.6	127.7	3.2			
400.	7582.	-15.4	-27.6	139.8	3.7			
350.	8578.	-21.7	-38.4	150.9	2.9			
300.	9692.	-30.5	-51.0	124.2	4.4			
250.	10961.	-41.2	-50.2	261.0	2.7			
200.	12435.	-53.3	-56.3	265.4	10.5			
150.	14223.	-67.6	-69.9	250.5	12.3			
100.	16605.	-77.3	-82.3	269.4	9.0			
50.	20559.	-69.3	-999.0	35.4	3.7			
20.	26265.	-57.6	-999.0	87.5	14.4			

Figura 59. Sondeo de viento, semana 5 - Diciembre

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda				
PRESS	HGT(MSL)	TEMP	DEW	PT	WIND	DIR	WIND	SPD
HPA	M	C	C	C	DEG	DEG	M/S	
E = Estimated Surface Height								
994.	93.	27.3	19.9	241.8	1.7			
975.	302.	27.2	18.9	211.1	2.2			
950.	531.	26.3	17.8	133.4	2.3			
925.	766.	24.9	17.3	101.4	4.5			
900.	1006.	23.2	16.4	91.7	6.2			
850.	1502.	19.5	14.1	79.6	7.7			
800.	2022.	15.8	11.5	80.5	7.5			
750.	2567.	12.4	8.5	87.9	7.5			
700.	3145.	10.9	0.1	82.7	7.4			
650.	3760.	8.5	-9.9	60.3	3.8			
600.	4416.	3.8	-14.3	25.1	0.7			
550.	5116.	-0.4	-19.6	209.5	2.0			
500.	5871.	-4.8	-31.1	191.2	3.4			
450.	6691.	-9.5	-43.4	165.7	3.9			
400.	7593.	-13.9	-49.0	76.6	2.9			
350.	8594.	-20.5	-44.8	39.8	3.1			
300.	9712.	-30.4	-46.6	90.1	2.6			
250.	10980.	-40.4	-58.4	196.3	4.9			
200.	12458.	-53.1	-62.5	231.2	5.9			
150.	14251.	-66.2	-69.8	228.8	7.1			
100.	16623.	-78.7	-81.7	189.9	5.3			
50.	20595.	-69.7	-999.0	270.8	4.2			
20.	26252.	-52.9	-999.0	104.7	11.6			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2. Perfiles de viento semanales

- **Enero**

Figura 1. Perfil de viento, semana 1 - Enero

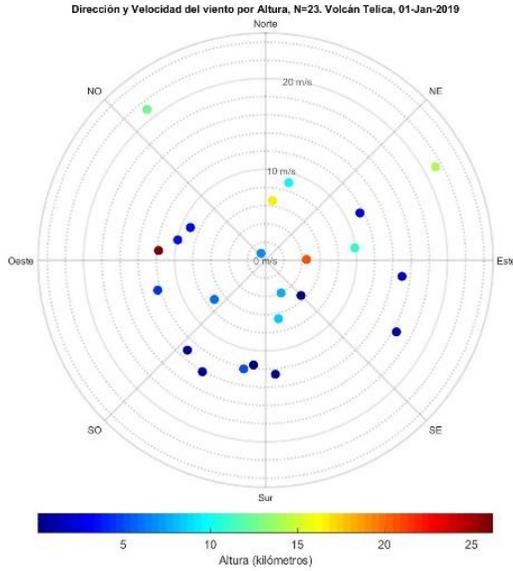


Figura 2. Perfil de viento, semana 2 - Enero

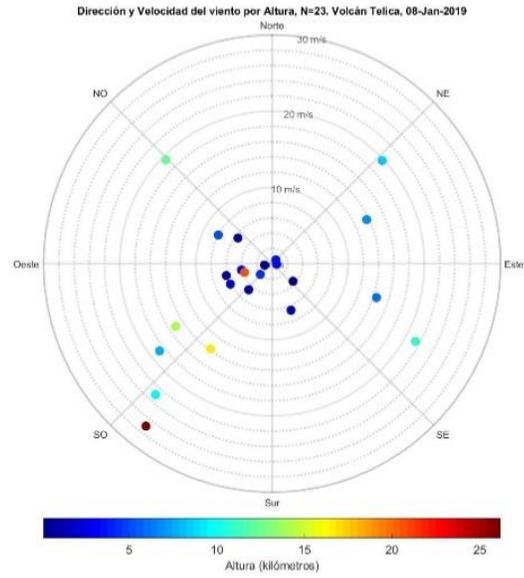


Figura 3. Perfil de viento, semana 3 - Enero

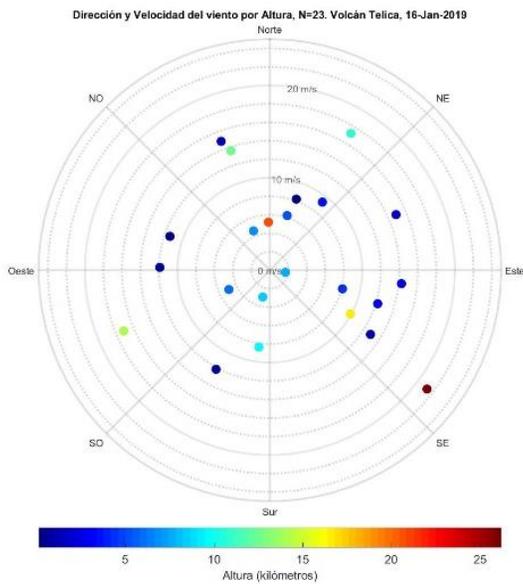


Figura 4. Perfil de viento, semana 4 - Enero

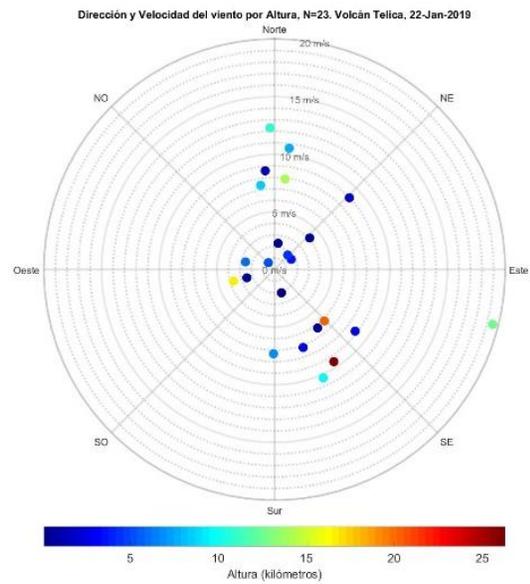
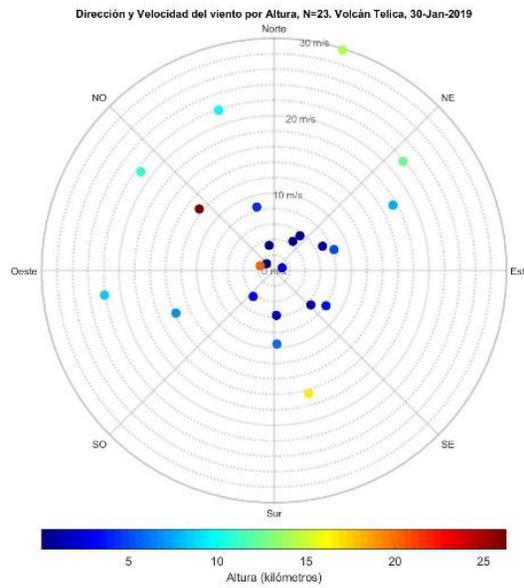


Figura 5. Perfil de viento, semana 5 - Enero



Fuente: Elaboración propia

- **Febrero**

Figura 6. Perfil de viento, semana 1 - Febrero

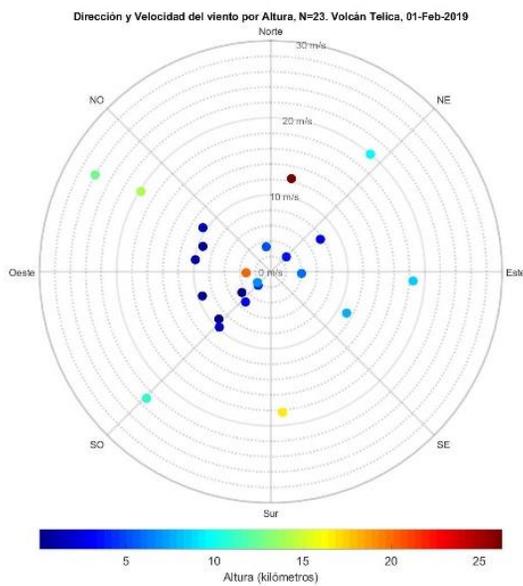


Figura 7. Perfil de viento, semana 2 - Febrero

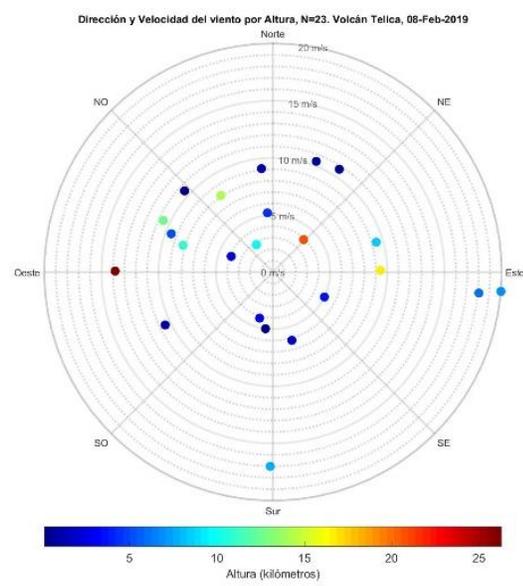


Figura 8. Perfil de viento, semana 3 - Febrero

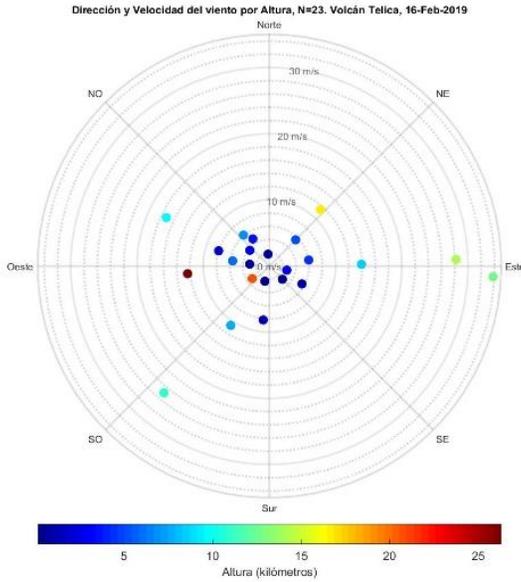
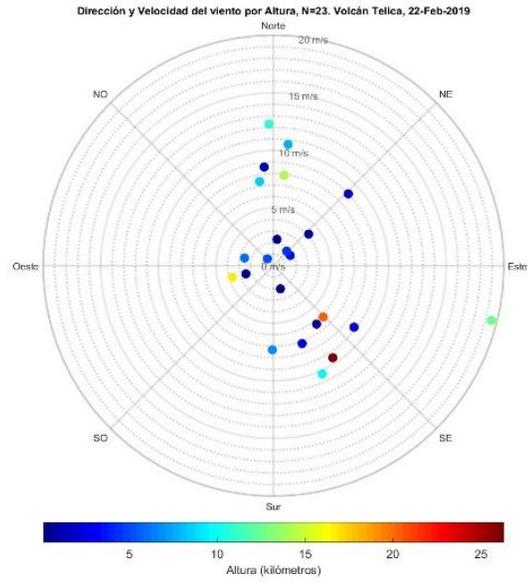


Figura 9. Perfil de viento, semana 4 - Febrero



Fuente: Elaboración propia

• **Marzo**

Figura 10. Perfil de viento, semana 1 - Marzo

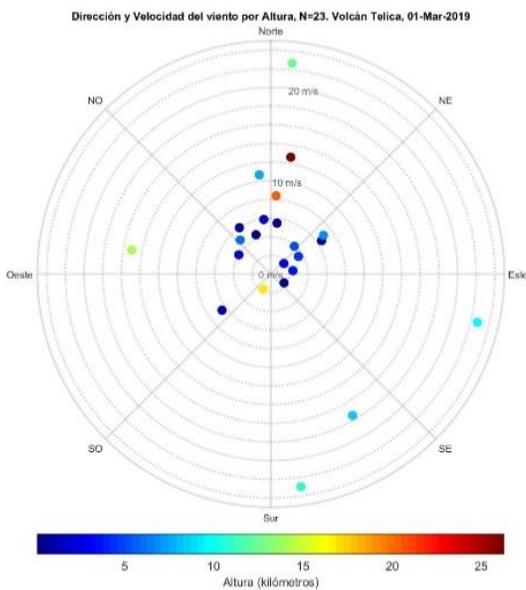


Figura 11. Perfil de viento, semana 2 - Marzo

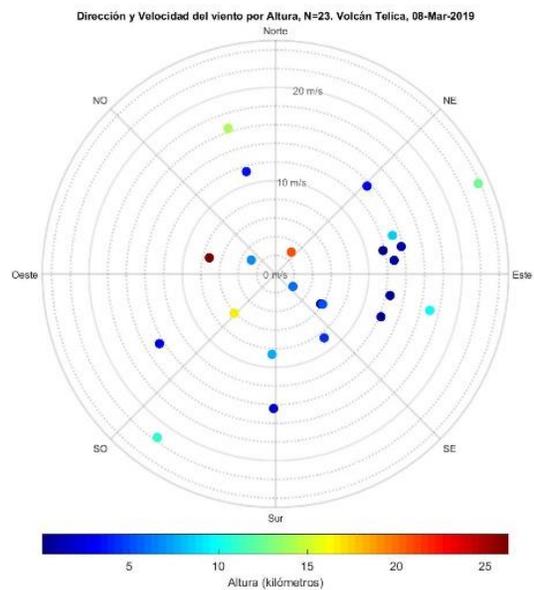


Figura 12. Perfil de viento, semana 3 - Marzo

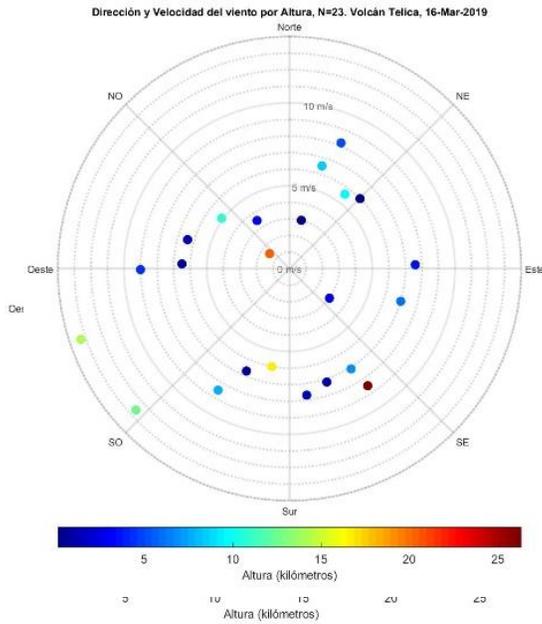


Figura 13. Perfil de viento, semana 4 - Marzo

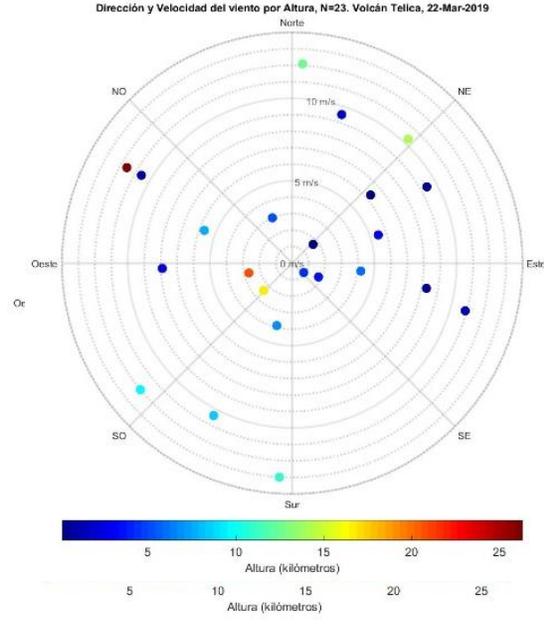
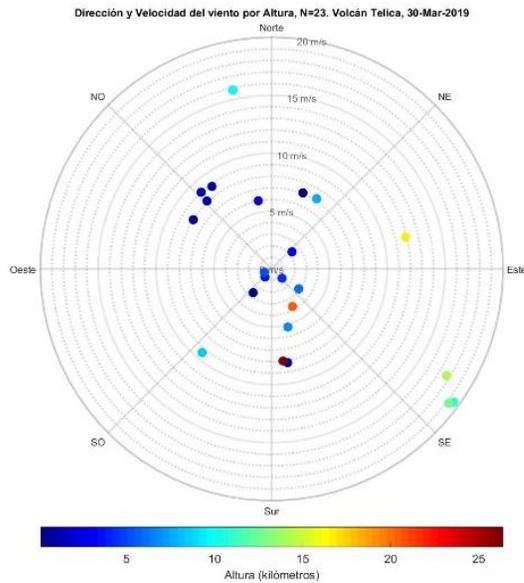


Figura 14. Perfil de viento, semana 5 - Marzo



Fuente: Elaboración propia

- **Abril**

Figura 15. Perfil de viento, semana 1 - Abril

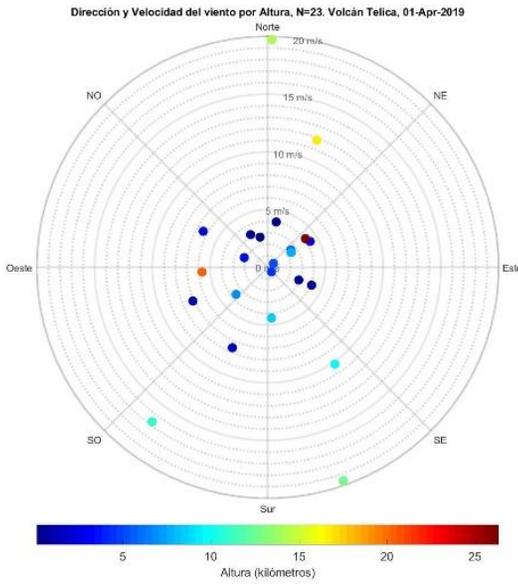


Figura 16. Perfil de viento, semana 2 - Abril

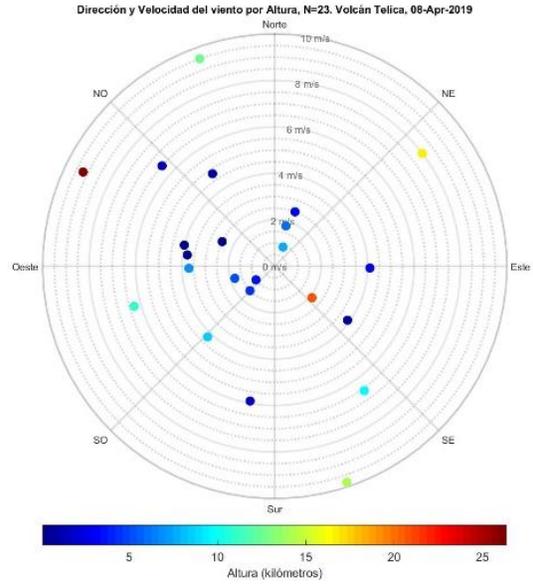


Figura 17. Perfil de viento, semana 3 - Abril

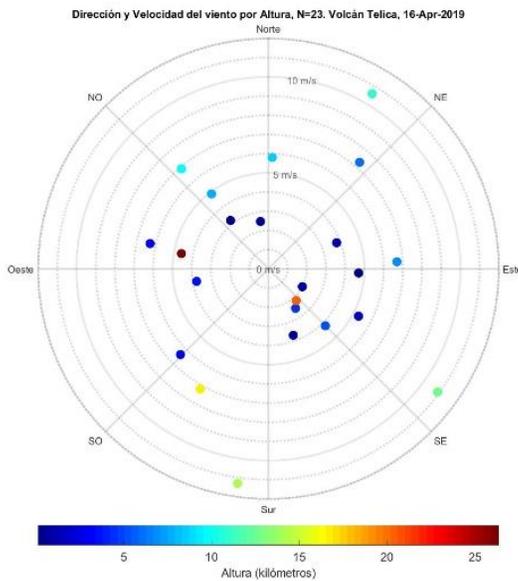


Figura 18. Perfil de viento, semana 4 - Abril

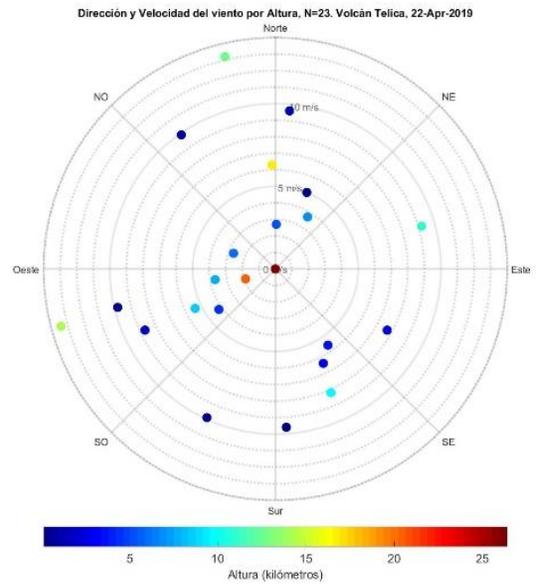
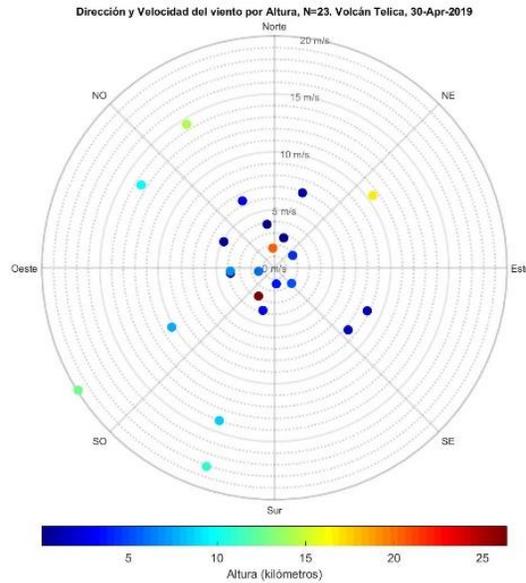


Figura 19. Perfil de viento, semana 5 - Abril



Fuente: Elaboración propia

- Mayo

Figura 20. Perfil de viento, semana 1 - Mayo

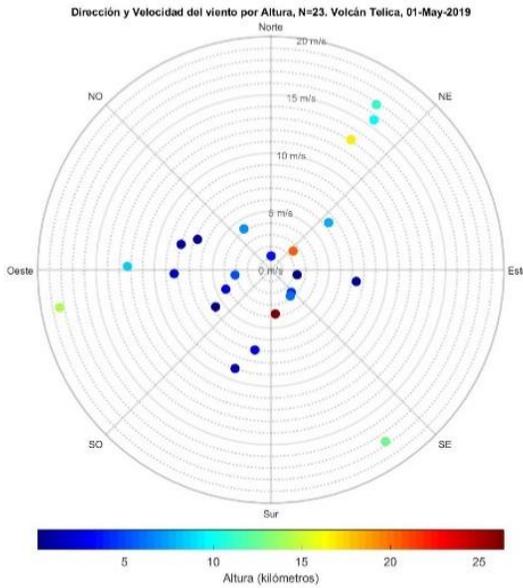


Figura 21. Perfil de viento, semana 2 - Mayo

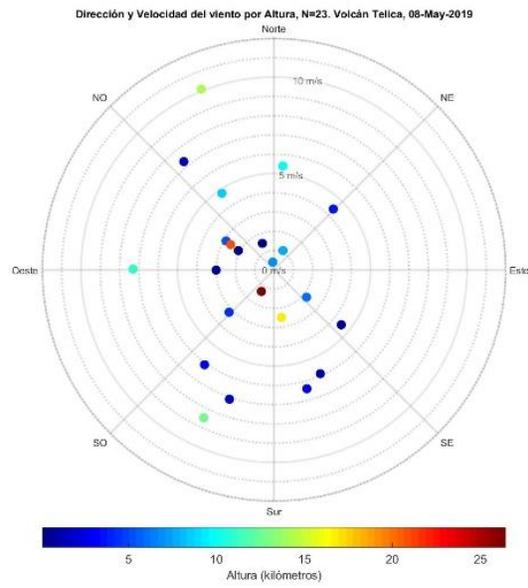


Figura 22. Perfil de viento, semana 3 - Mayo

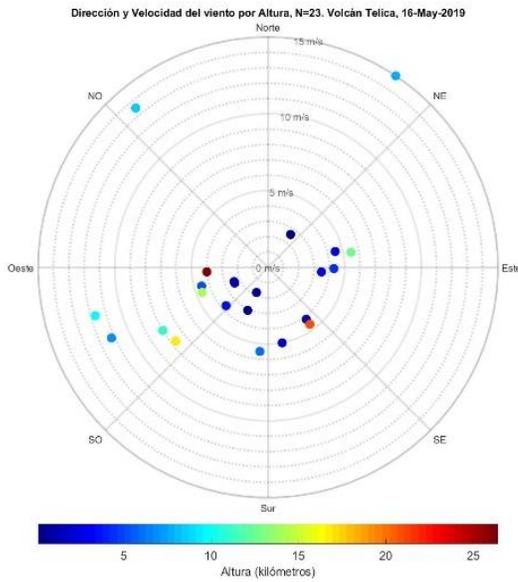


Figura 23. Perfil de viento, semana 4 - Mayo

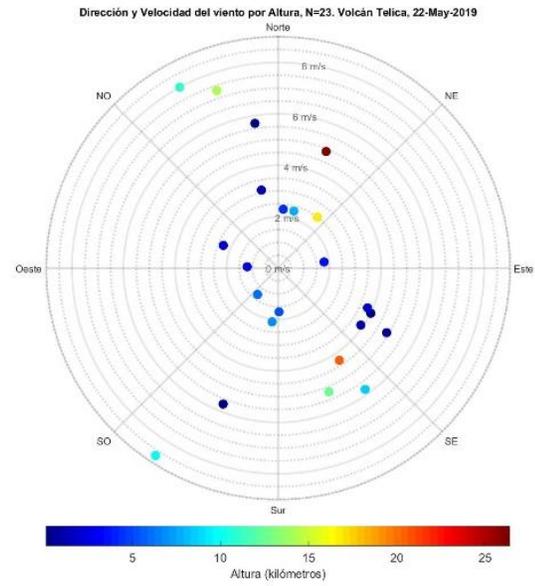
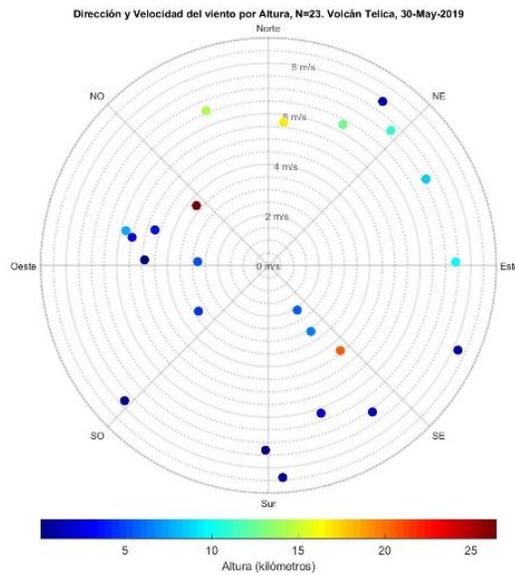


Figura 24. Perfil de viento, semana 5 - Mayo



Fuente: Elaboración propia

- **Junio**

Figura 25. Perfil de viento, semana 1 - Junio

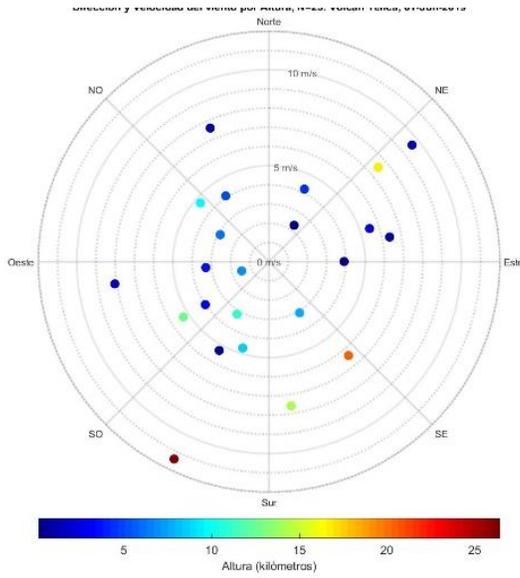


Figura 26. Perfil de viento, semana 2 - Junio

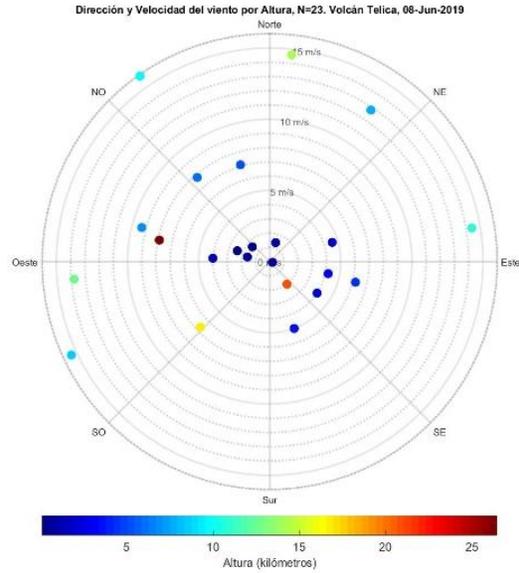


Figura 27. Perfil de viento, semana 3 - Junio

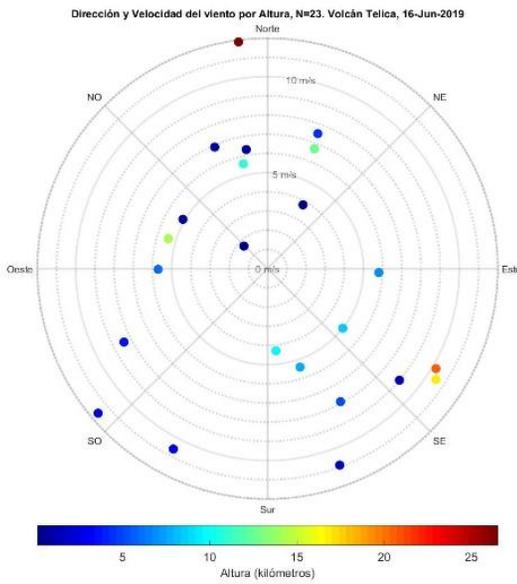


Figura 28. Perfil de viento, semana 4 - Junio

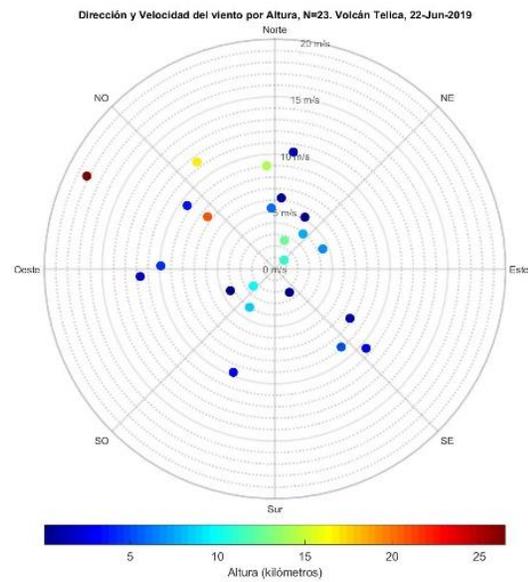
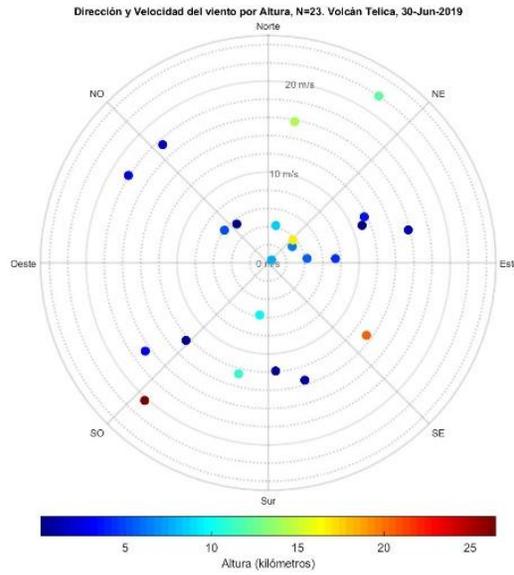


Figura 29. Perfil de viento, semana 5 - Junio



Fuente: Elaboración propia

- **Julio**

Figura 30. Perfil de viento, semana 1 - Julio

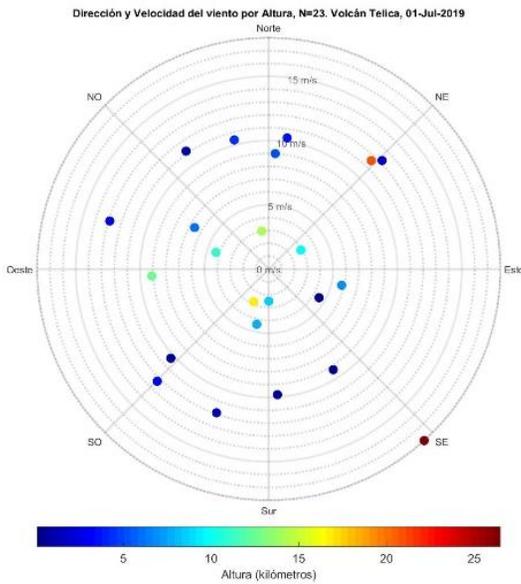


Figura 31. Perfil de viento, semana 2 - Julio

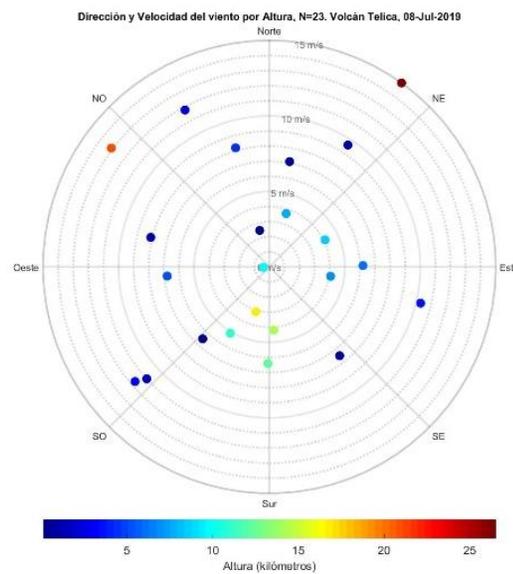


Figura 32. Perfil de viento, semana 3 - Julio

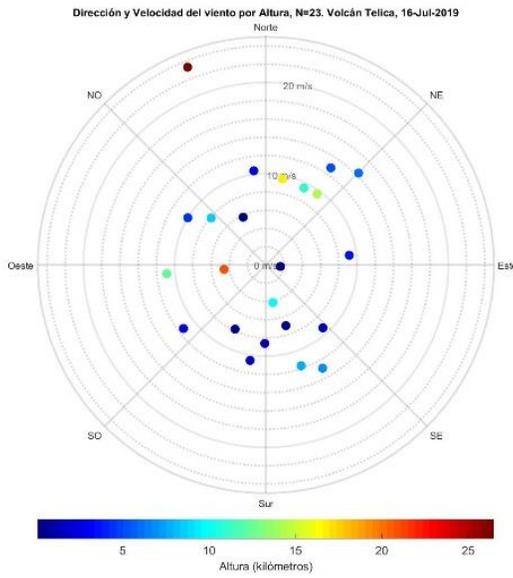


Figura 33. Perfil de viento, semana 4 - Julio

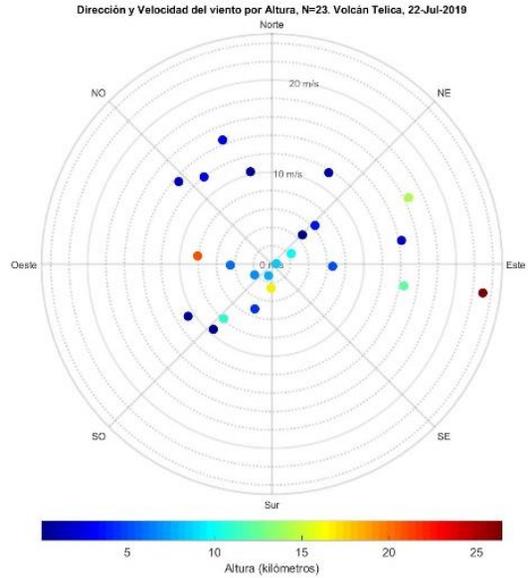
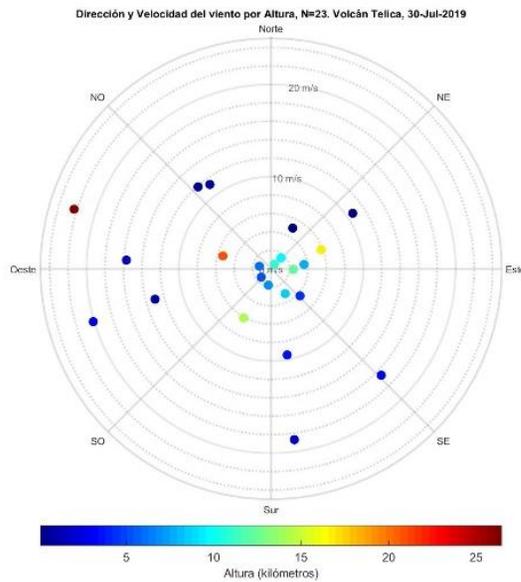


Figura 34. Perfil de viento, semana 5 - Julio



Fuente: Elaboración propia

- **Agosto**

Figura 35. Perfil de viento, semana 1 - Agosto

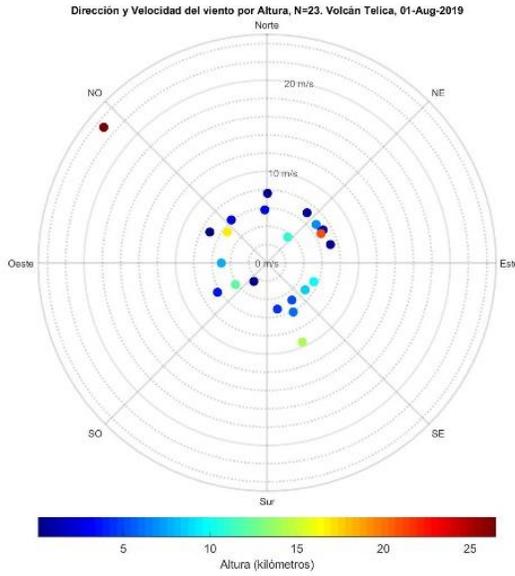


Figura 36. Perfil de viento, semana 2 - Agosto

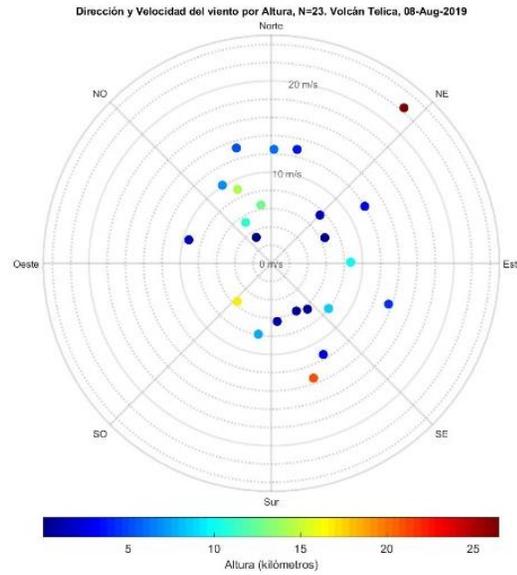


Figura 37. Perfil de viento, semana 3 - Agosto

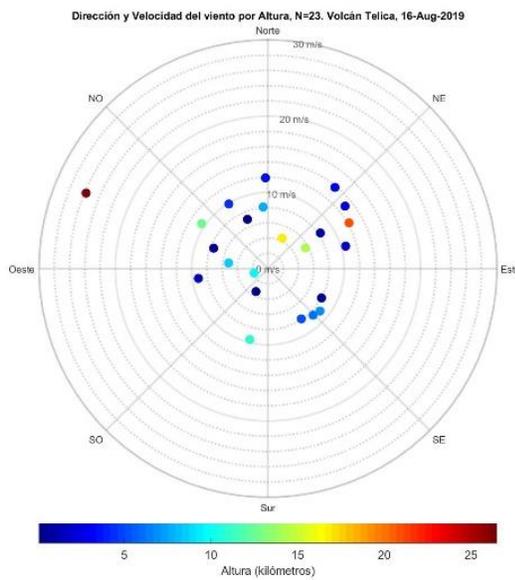


Figura 38. Perfil de viento, semana 4 - Agosto

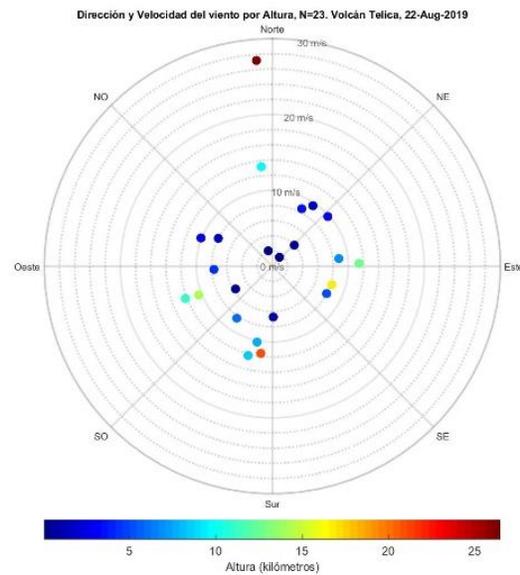
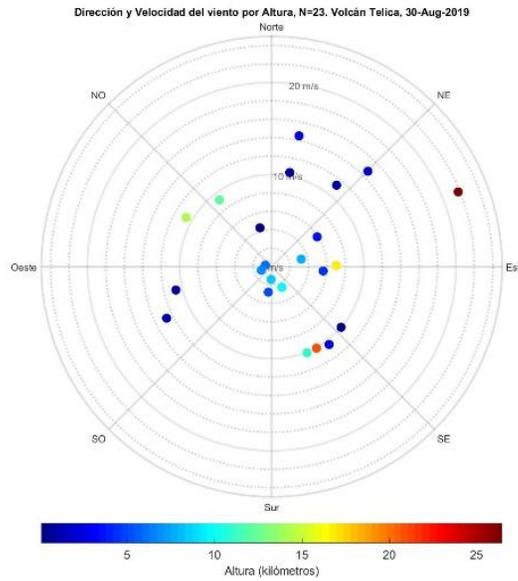


Figura 39. Perfil de viento, semana 5 - Agosto



Fuente: Elaboración propia

- Septiembre

Figura 40. Perfil de viento, semana 1 - Septiembre

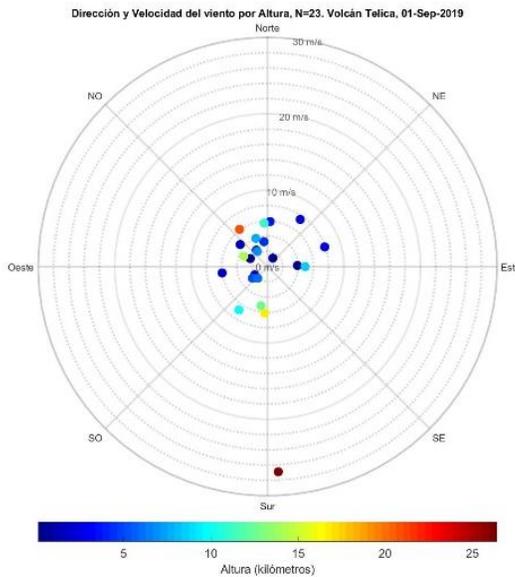


Figura 41. Perfil de viento, semana 2 - Septiembre

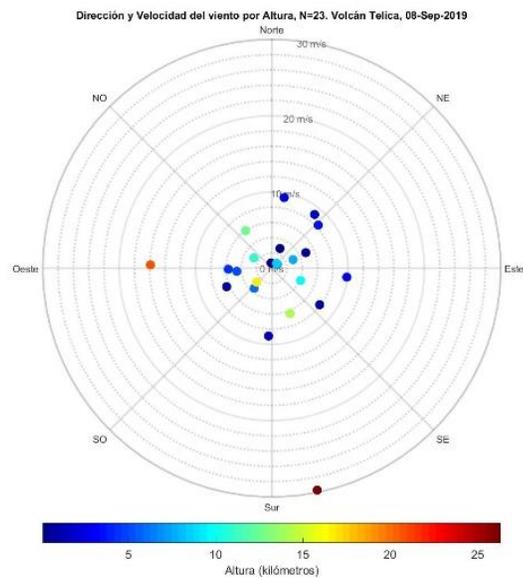


Figura 42. Sondeo de viento, semana 3 - Septiembre

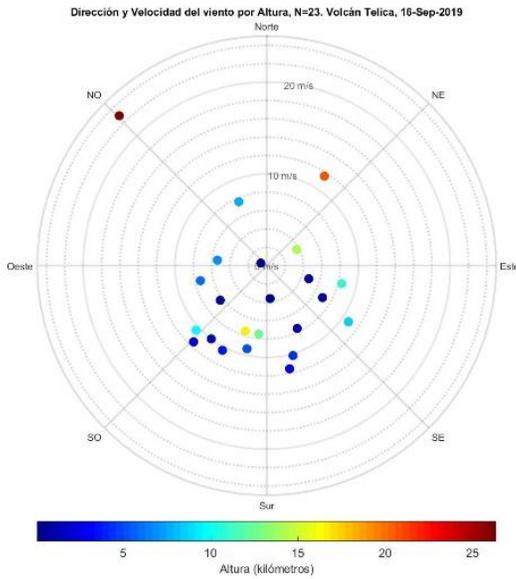


Figura 43. Sondeo de viento, semana 4 - Septiembre

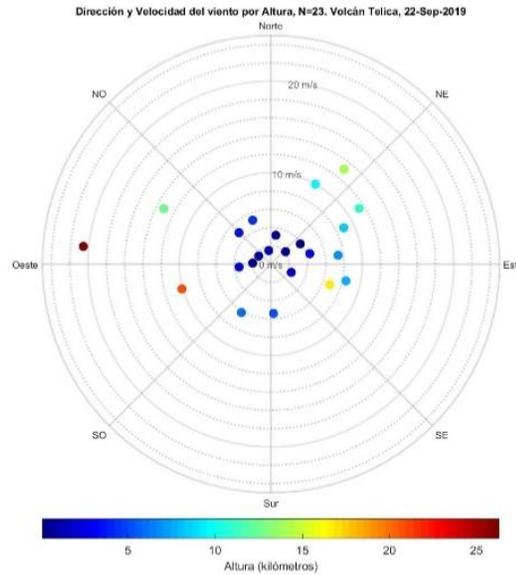
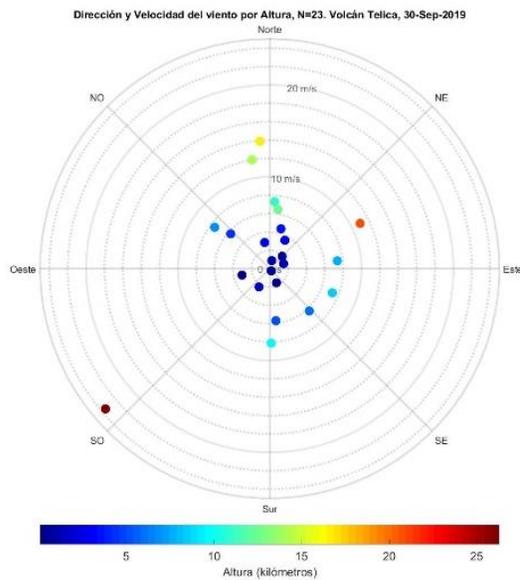


Figura 44. Sondeo de viento, semana 5 - Septiembre



Fuente: Elaboración propia

- **Octubre**

Figura 45. Perfil de viento, semana 1 - Octubre

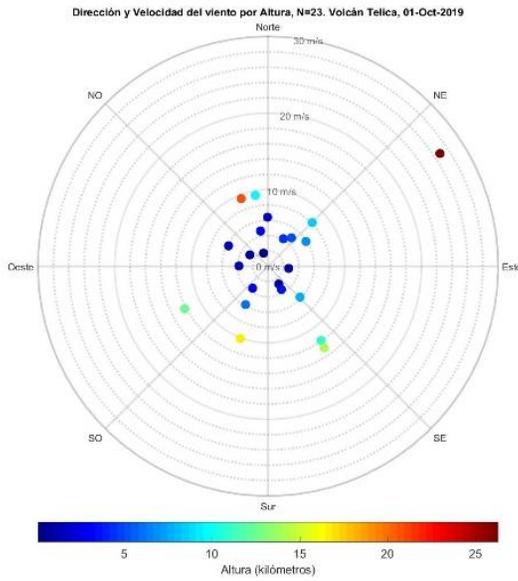


Figura 46. Perfil de viento, semana 2 - Octubre

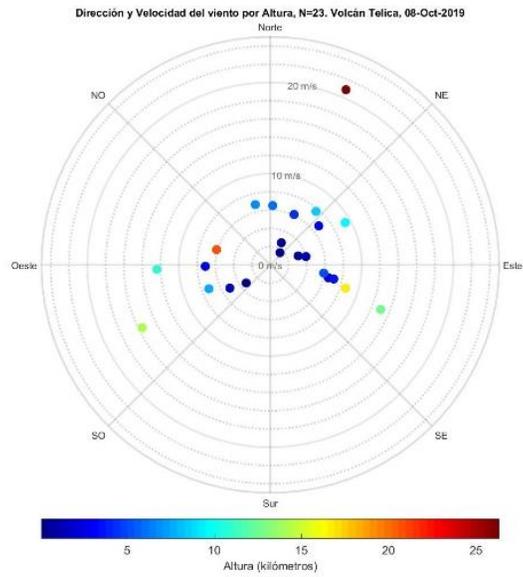


Figura 47. Perfil de viento, semana 3 - Octubre

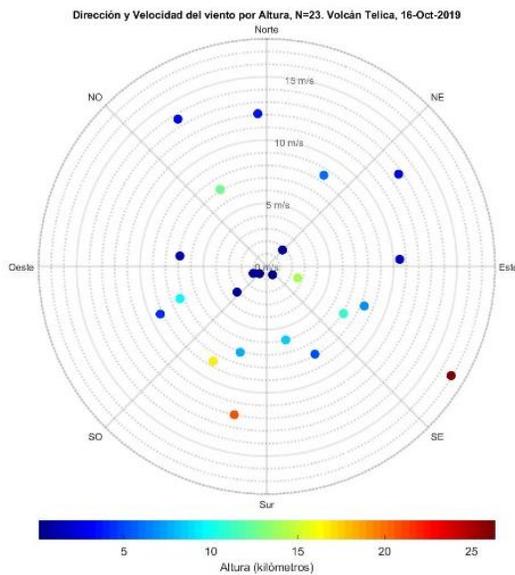


Figura 48. Perfil de viento, semana 4 - Octubre

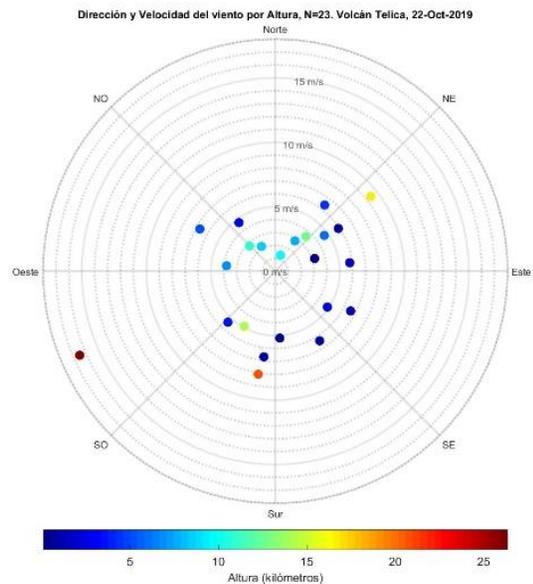
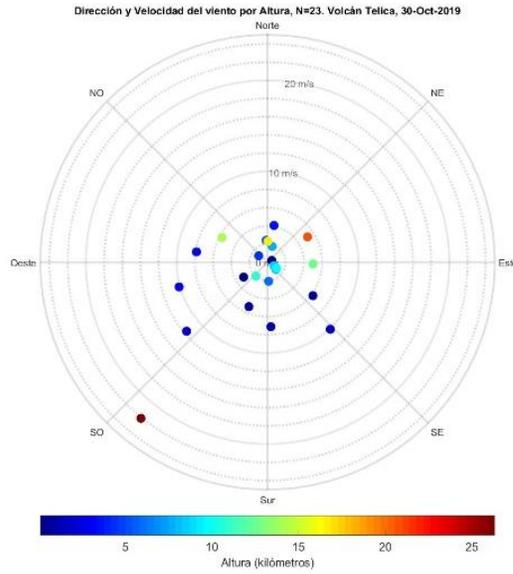


Figura 49. Perfil de viento, semana 5 - Octubre



Fuente: Elaboración propia

- **Noviembre**

Figura 50. Perfil de viento, semana 1 - Noviembre

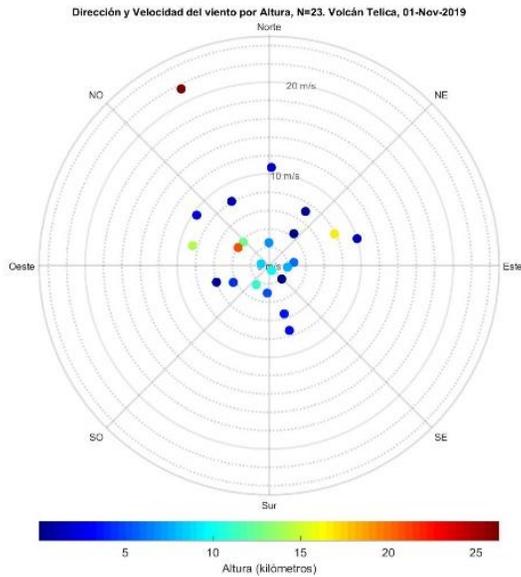


Figura 51. Perfil de viento, semana 2 - Noviembre

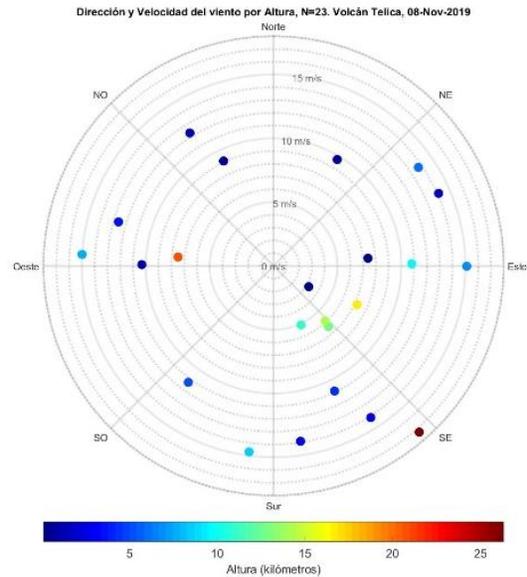


Figura 52. Perfil de viento, semana 3 - Noviembre

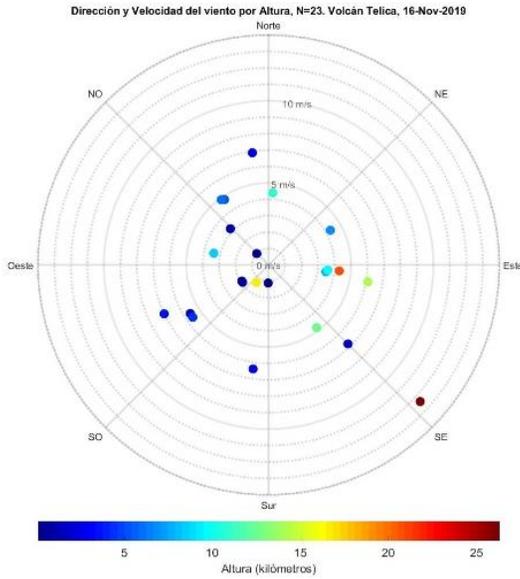


Figura 53. Perfil de viento, semana 4 - Noviembre

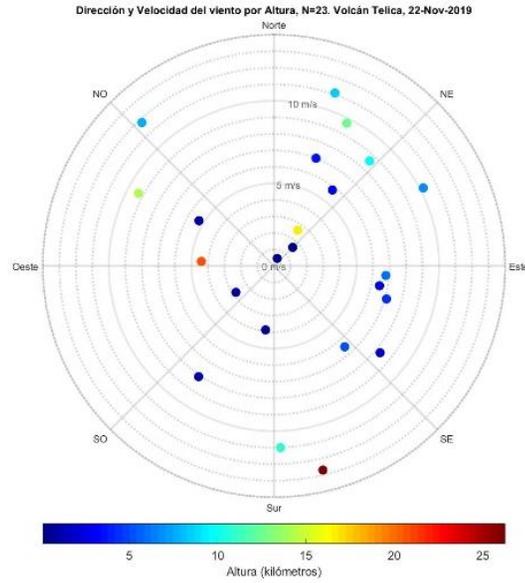
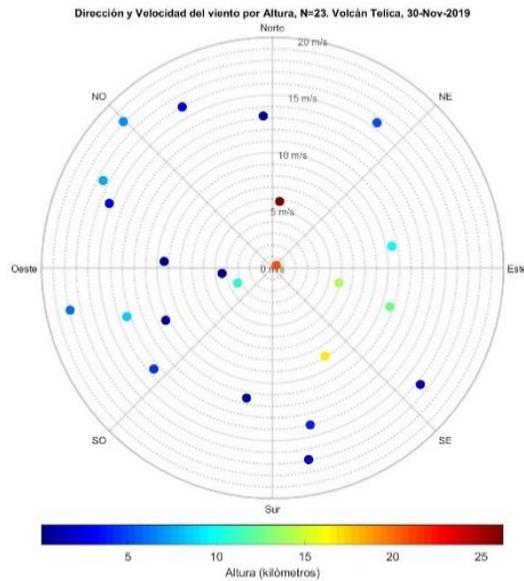


Figura 54. Perfil de viento, semana 5 - Noviembre



Fuente: Elaboración propia

- **Diciembre**

Figura 55. Perfil de viento, semana 1 - Diciembre

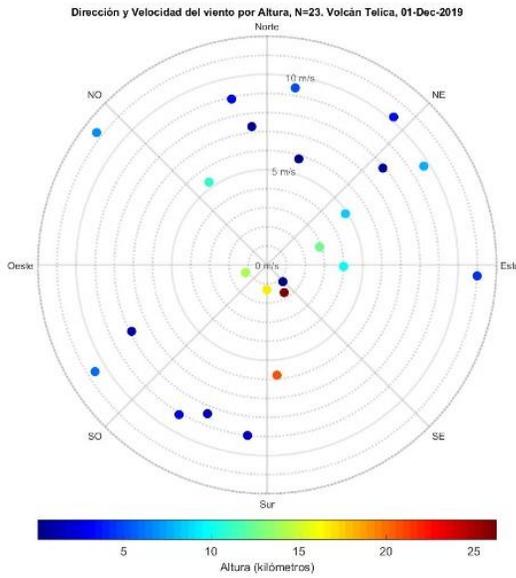


Figura 56. Perfil de viento, semana 2 - Diciembre

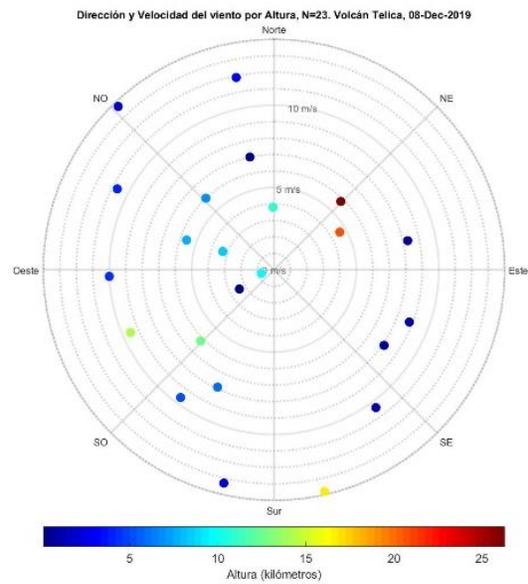


Figura 57. Perfil de viento, semana 3 - Diciembre

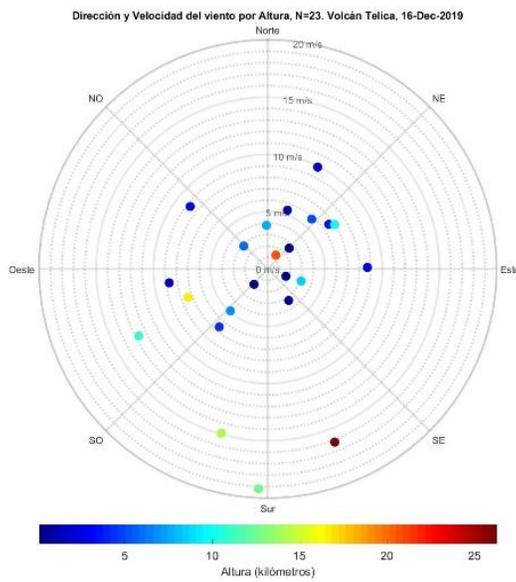


Figura 58. Perfil de viento, semana 4 - Diciembre

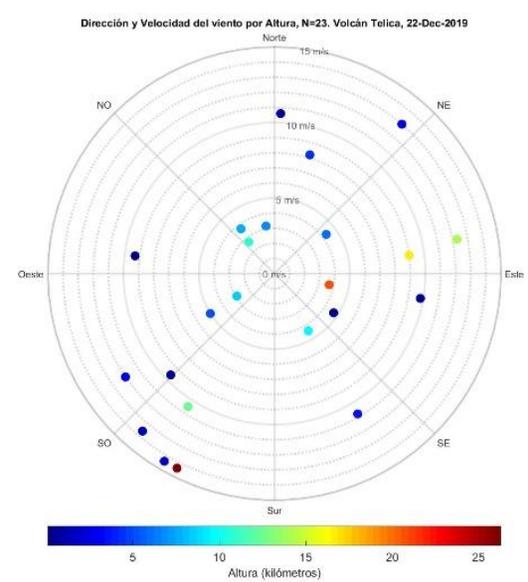
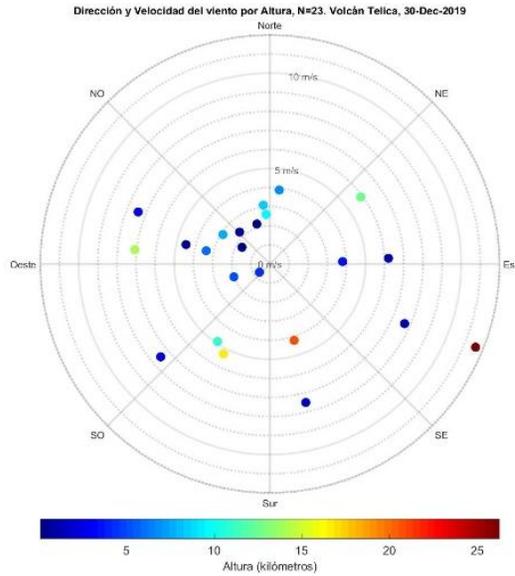


Figura 59. Perfil de viento, semana 5 - Diciembre



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 3. Mapas de Isopacas mensuales con VEI 2 y VEI 4 obtenidos en TEPHRA 2**

- **Enero**

Figura 1. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Enero

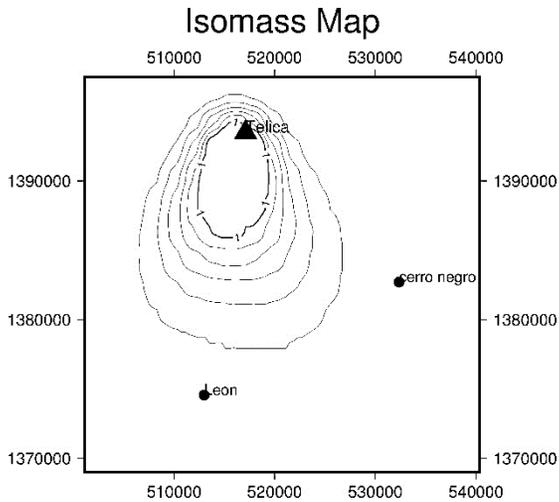
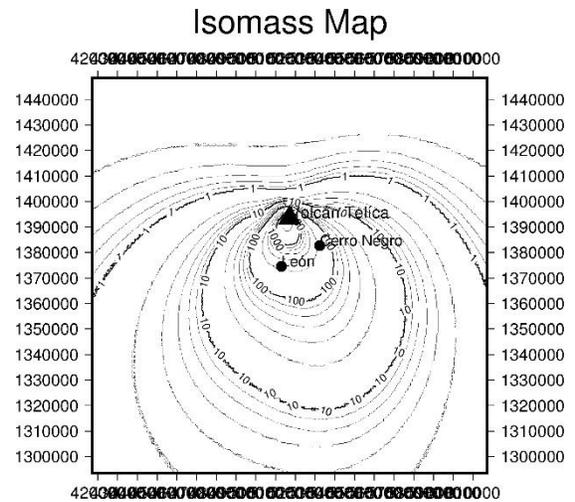


Figura 2. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Enero



- **Febrero**

Figura 3. Mapa de Isopacas con IEV 2 -  
Febrero

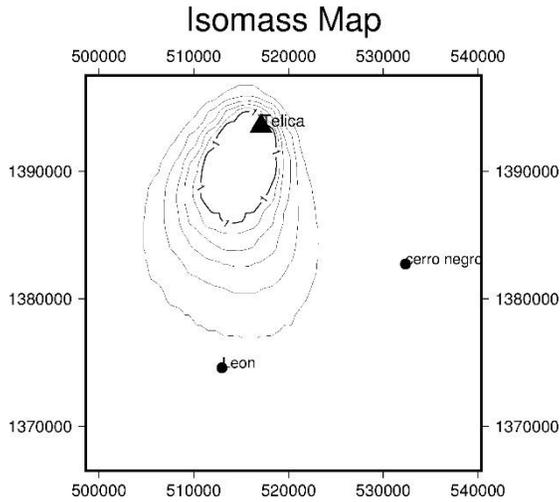
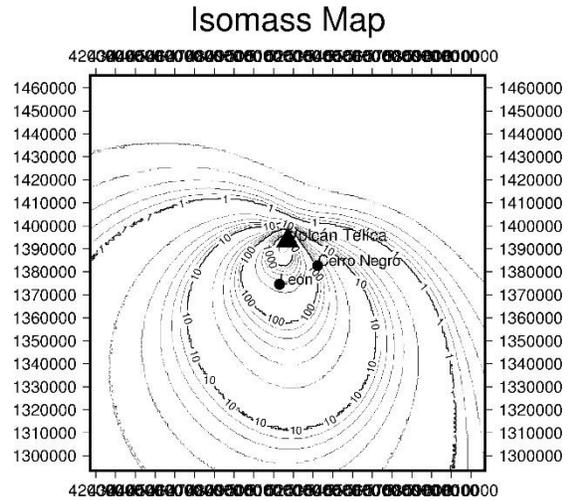


Figura 4. Mapa de Isopacas con IEV 4 -  
Febrero



- **Marzo**

Figura 5. Mapa de Isopacas con IEV 2 -  
Marzo

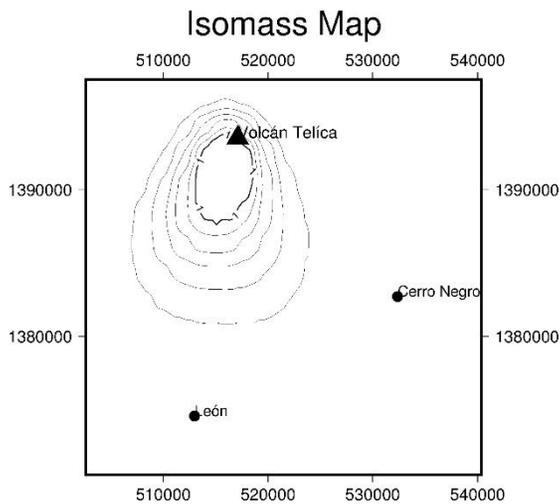
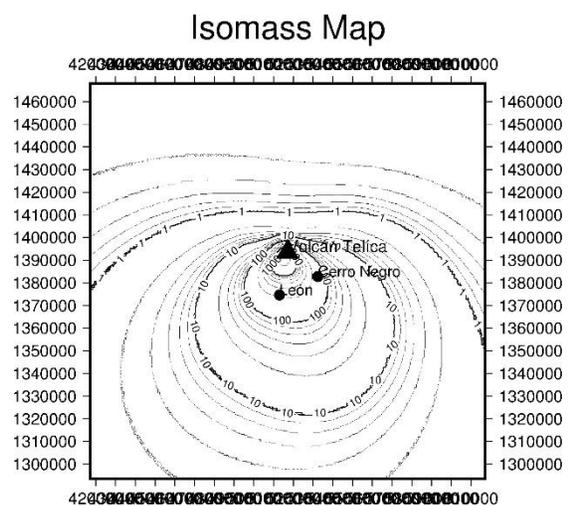


Figura 6. Mapa de Isopacas con IEV 4 -  
Marzo



- **Abril**

Figura 7. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Abril

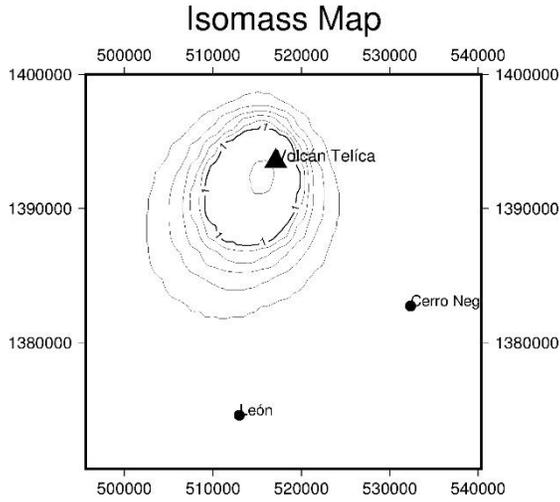
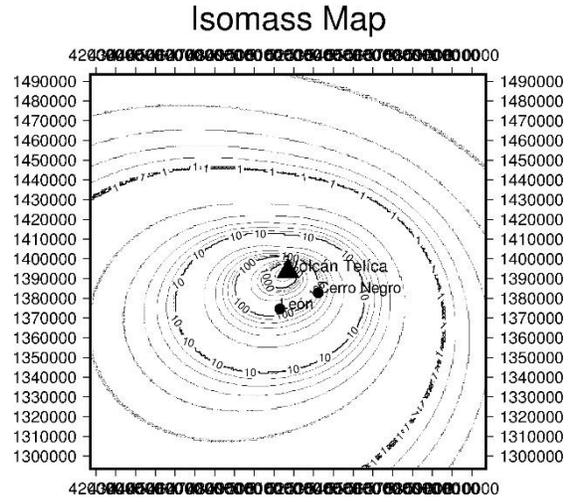


Figura 8. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Abril



- **Mayo**

Figura 9. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Mayo

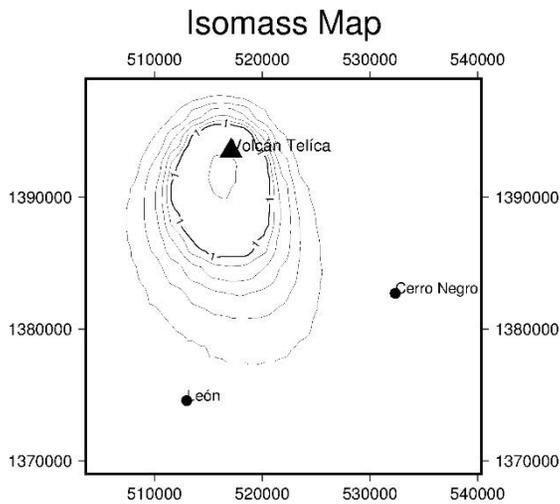
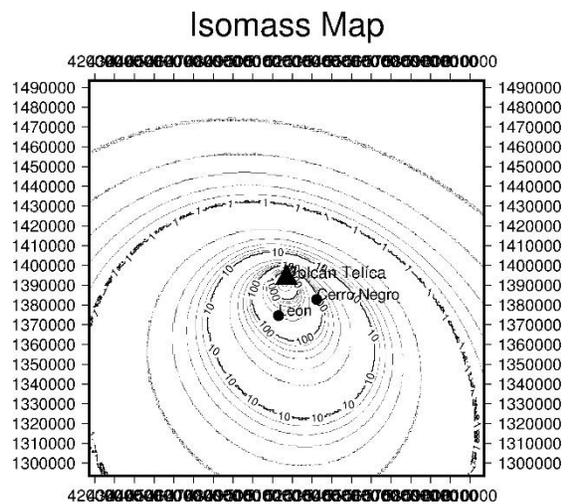


Figura 10. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Mayo



• **Junio**

Figura 11. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Junio

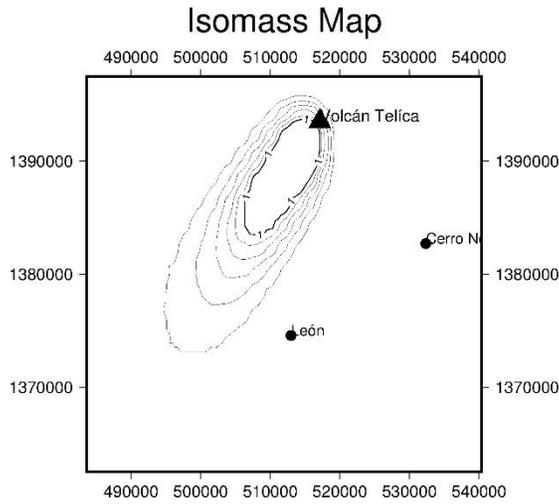
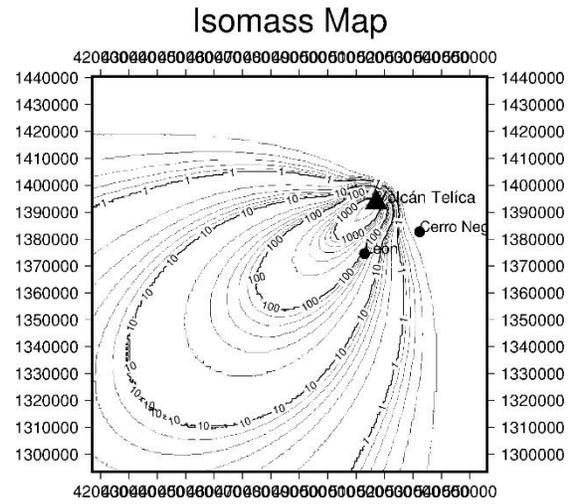


Figura 12. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Junio



• **Julio**

Figura 13. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Julio

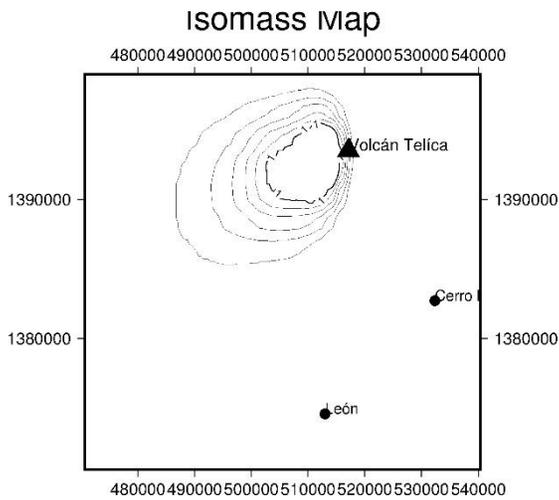
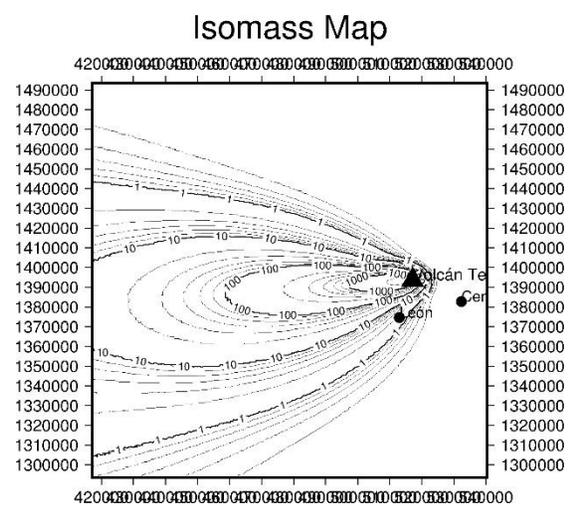


Figura 14. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Julio



- **Agosto**

Figura 15. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Agosto

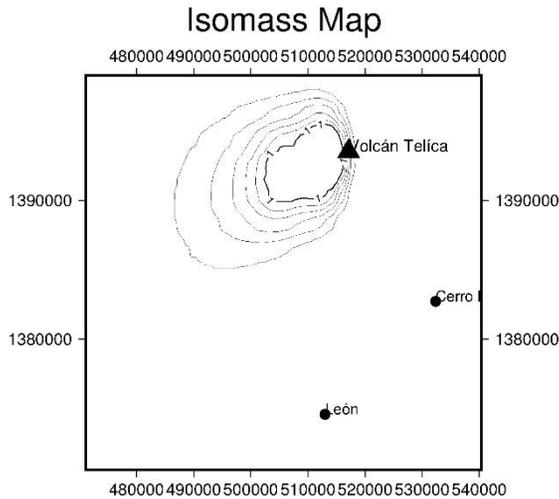
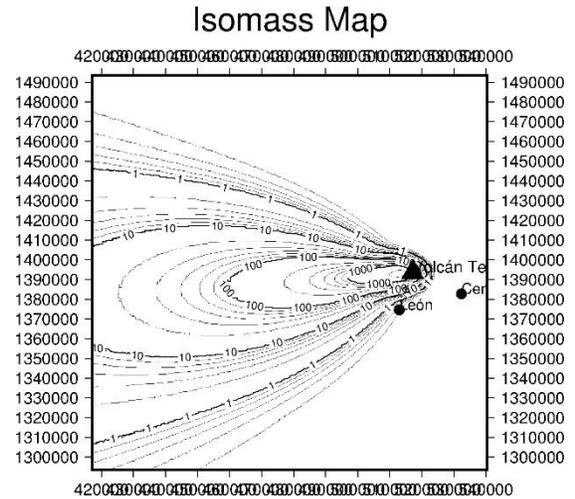


Figura 16. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Agosto



- **Septiembre**

Figura 17. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Septiembre

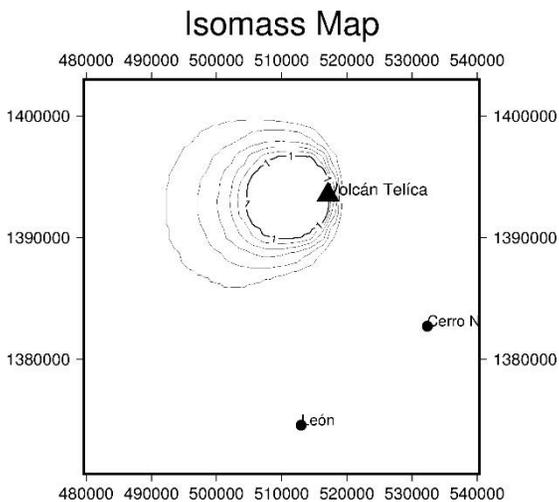
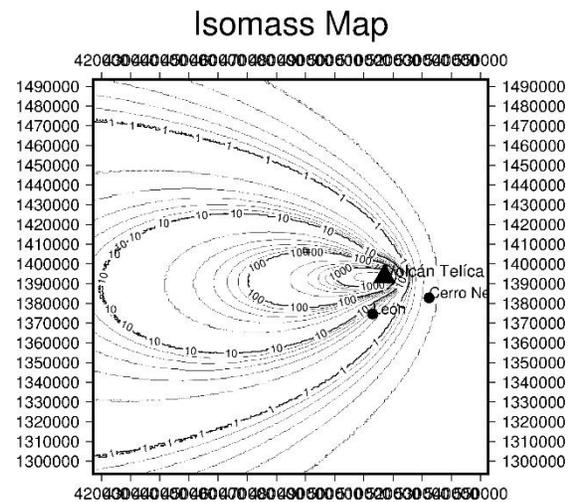


Figura 18. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Septiembre



- **Octubre**

Figura 19. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Octubre

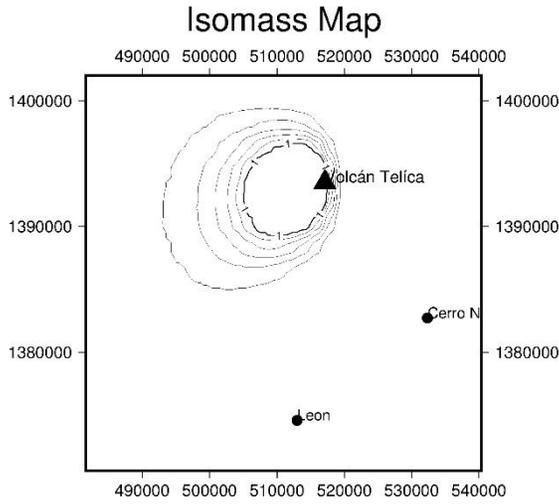
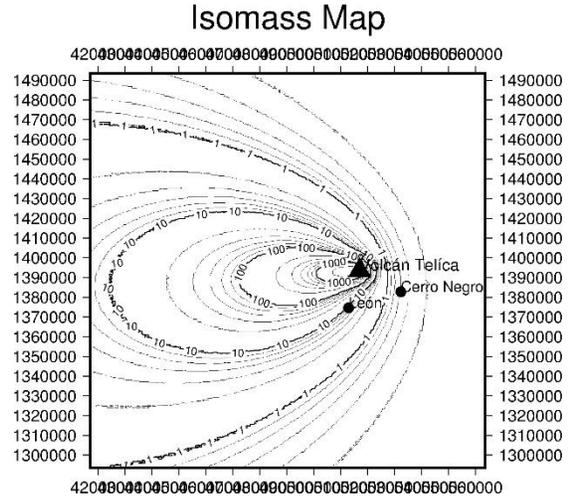


Figura 20. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Octubre



- **Noviembre**

Figura 21. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Noviembre

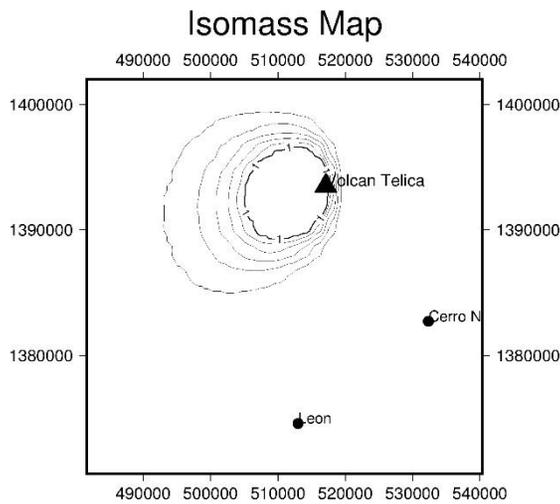
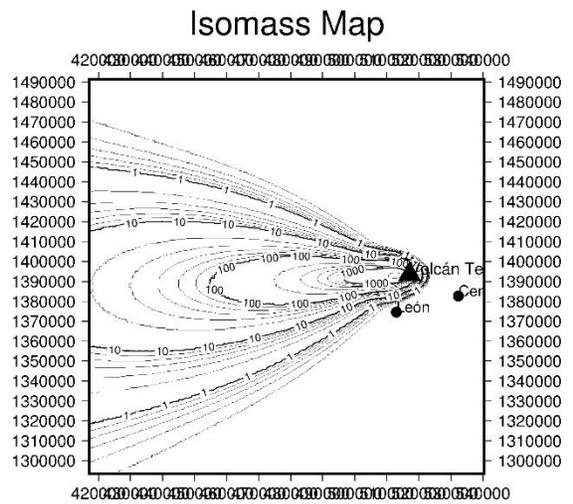


Figura 22. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Noviembre



- **Diciembre**

Figura 23. Mapa de Isopacas con IEV 2 - Diciembre

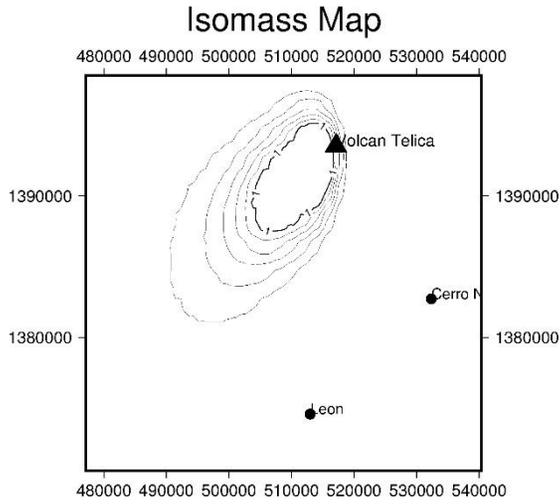


Figura 24. Mapa de Isopacas con IEV 4 - Diciembre

