La costa occidental de Chile se caracteriza por la subducción de la placa

de Nazca debajo de la placa Sudamericana, lo que resulta en frecuentes y

grandes terremotos entre placas. En la zona de subducción del norte de Chile,

la placa de Nazca se subduce de este a noreste a una velocidad de ~67 mm/

año (por ejemplo, Métois et al., 2013) en relación con la placa de América del

Sur en un ángulo de inclinación de 25°. -30° (Chlieh et al., 2011).

En el presente informe se estudiará la deformación sísmica experimentada con la zona norte de Chile (17°S - 21°S) entre los años 2014 y 2020. En la zona de nuestro país se encuentran importantes ciudades, como Antofagasta, Iquique, Calama y Copiapó que son centros urbanos que cumplen un papel fundamental en la economía y turismo de aquella zona.

La zona norte de Chile entre las latitudes 17°S y 21°S es una región propensa a la actividad sísmica debido a la interacción de placas tectónicas, específicamente la convergencia de la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Esta zona de subducción es una brecha sísmica bien identificada que rompió por ultima vez en 1877. El terremoto de magnitud de momento (Mw) 8,1 de Iquique del 1 de abril de 2014 rompió una porción altamente acoplada de esta brecha. La sismicidad frente a la costa de Iquique comenzó a aumentar en enero de 2014. Después del 16 de marzo, ocurrieron varios eventos de Mw > 6 cerca de la zona de bajo acoplamiento. Estos eventos migraron hacia el norte por ~50 kilómetros hasta que ocurrió el terremoto del 1 de abril.

Para estudiar la deformación ocurrida en el periodo de tiempo mencionado, se calculó series de tiempo a partir de estaciones ubicadas en la zona a diferentes distancias del epicentro del terremoto, para analizar diversos factores como el tipo de deformación y también la duración y dirección de esta.

La zona de subducción en el norte de Chile es una brecha sísmica bien identificada que se rompió por última vez en 1877. El terremoto de magnitud de momento (Mw) 8,1 de Iquique del 1 de abril de 2014 rompió una porción altamente acoplada de esta brecha. Para comprender la sismicidad que precede a este evento, estudiamos la ubicación y los mecanismos de los sismos previos y calculamos series de tiempo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en estaciones ubicadas en la costa. La sismicidad frente a la costa de Iquique comenzó a aumentar en enero de 2014. Después del 16 de marzo, ocurrieron varios eventos de Mw > 6 cerca de la zona de bajo acoplamiento. Estos eventos migraron hacia el norte por ~50 kilómetros hasta que ocurrió el terremoto del 1 de abril. El 16 de marzo, las estaciones GPS continuas en tierra detectaron un movimiento hacia el oeste que modelamos como un evento de deslizamiento lento situado en la misma zona donde ocurrió el sismo principal.

PROCEDIMIENTO

En primer lugar, se descargaron los datos de una gran parte de las estaciones ubicadas en la zona de estudio (17°S a 21°S) a través del programa de Matlab proporcionado por la ayudante del curso. Luego, se creó una función en Matlab que tomara cada archivo “.txt” que se descargó previamente y extrajera solo los datos del periodo de tiempo dado, es decir, de principios de 2014 hasta fines de 2020. Dado lo anterior, se hizo un proceso de seleccionar aquellas estaciones que tuviesen la suficiente cantidad de datos para el periodo de tiempo señalado y que tuviesen datos previos al terremoto del 1 de abril de 2014. Así que, luego de un arduo proceso de selección se obtuvo que 9 estaciones cumplían con lo señalado, las cuales se encuentran en la tabla 1.

Una vez ya elegidas las estaciones, se procedió a aplicar el modelo de trayectorias a cada una de ellas, esto se realizó de forma automatizada gracias al código entregado por la ayudante. El resultado de este proceso fue un archivo “.txt” con de la tabla 2 y los gráficos de la serie de tiempo de cada estación.

Luego, se obtuvo los parámetros del polo de Euler de la placa sudamericana. Esto se realizó descargando datos de estaciones ubicadas en la zona estable de dicha placa, mediante el mismo método anterior se extrajeron los datos para el pediodo de tiempo correspondiente y se aplicó la función “trayectory”. Con los resultados obtenidos en esta etapa, se hizo un archivo “.txt” el cual contenía lo siguiente: longitud, latitud, velocidad este-oeste, velocidad norte-sur y sus errores correspondientes. A este archivo de texto se le aplicó la función “polo\_euler” para finalmente obtener los parámetros que se necesitaban del polo de Euler, los cuales se encuentran en la tabla \_\_\_.

Posteriormente, se aplicó la función “directo” a cada estación para así obtener la componente rotaciones de las velocidades. Luego se realizó la resta de las velocidades horizontales dadas por la función “trayectory” y las dadas por la función “directo” para finalmente poder obtener la velocidad del borde de la placa debido solo a la interacción con la placa de Nazca, es decir, sin la componente rotacional. Los resultados obtenidos se encuentran en la figura \_\_\_\_\_.

RESULTADOS

En esta sección se incluyeron las series de tiempo de 5 de las 9 estaciones, las más representativas para cada zona. Por ejemplo, en el sector más al norte se tiene la estación BN15, justo frente al epicentro la estación ATJN y para la zona al sur del epicentro del terremoto se tiene las series de tiempo de las estaciones CGTC, IQQE y AEDA. Cada una de estas series de tiempo será analizada de manera individual.

En primer lugar de la Figura \ref{BN15} se observa una marcada etapa cosísmica en la que el punto en estudio tuvo un brusco movimiento hacia el oeste, hacia el sur y hacia abajo. Esto es debido a que en el caso de nuestro país la placa que subduce lo hace desde el oeste y tiene una componente hacia el norte, por lo que en el periodo cosísmico se tiene lógicamente un movimiento hacia el oeste y hacia el sur. Posteriormente se tiene que el periodo postismico no duró más de 1 o 2, esto sugiere que la zona en la que se encuentra este punto se bloqueó nuevamente años entrando otra vez a un periodo intersísmico.

De los gráficos de las series de tiempo mostradas en esta sección se observa que en todas las estaciones estudiadas existió un marcado periodo cosísmico dado por el terremoto del 1 de abril de 2014. En toda la zona de estudio se experimentó un gran movimiento hacia el oeste y hacia el sur durante este periodo dado que la subducción en el caso de Chile es de oesta a este y con una cierta componente hacia el norte. También, en la mayoría de las estaciones se experimentó un movimiento vertical hacia abajo salvo en la estación AEDA que experimentó un movimiento vertical hacia arriba debido a la zona costera en la que se encuentra que se comportó de tal forma.

Posterior a esta etapa, a partir de las componentes horizontales de las figuras anteriores, se observa que el periodo postismico en esta zona duró aproximadamente entre 1 a 2 años y luego volvió a nuevamente a experimentar un periodo intersísmico. De lo anterior se tiene que la zona que deslizó en el terremoto del 1 de abril de 2014 ya está nuevamente bloqueada y acumulando energía para por futuro evento tectónico.

Lo anteriormente señalado se puede ver de una mejor manera en la figura \ref{vectores} en la cual se parecían vectores de velocidad de deformación en dirección noreste confirmando que la zona cuestión durante el periodo de tiempo en estudio se encuentra experimentando una deformación intersísmica.

CONCLUSION

Con base en los resultados obtenidos tras el análisis de la deformación sísmica en la zona norte de Chile (entre las latitudes 17°S y 21°S) durante el período 2014-2020, podemos extraer conclusiones significativas que refuerzan la importancia de este estudio en relación con la actividad tectónica y su impacto en esta región geográfica crítica.

El marcado periodo cosísmico identificado en todas las estaciones estudiadas, desencadenado por el terremoto del 1 de abril de 2014, ha brindado una valiosa comprensión de la dinámica tectónica en esta área. La observación de un desplazamiento hacia el oeste y el sur en toda la región de estudio coincide con el proceso de subducción característico de Chile, donde las placas tectónicas se mueven de oeste a este, con una componente adicional hacia el norte. Esta evidencia respalda la influencia directa de la interacción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana en la deformación de la zona.

El análisis de las componentes horizontales de la deformación, representadas por los vectores de velocidad en dirección noreste en la Figura \ref{vectores}, confirma la presencia de deformación intersísmica en la zona de estudio. Estos vectores apuntando hacia el noreste indican claramente que la región está experimentando un proceso de deformación entre sismos. Este hallazgo respalda la observación de que, después de un período postsísmico que duró aproximadamente de 1 a 2 años, la zona que experimentó el deslizamiento durante el terremoto de 2014 ha vuelto a bloquearse y está acumulando energía para futuros eventos tectónicos.

En resumen, los resultados de este estudio subrayan la necesidad de continuar monitoreando y comprendiendo la evolución de la deformación sísmica en la zona norte de Chile. Esta información es esencial para la evaluación del riesgo sísmico y la toma de medidas de mitigación adecuadas en una región que alberga importantes centros urbanos y desempeña un papel crítico en la economía y el turismo del país. El seguimiento de la actividad tectónica en esta área seguirá siendo esencial para la seguridad y la planificación a largo plazo.