



## **Determinación de mecanismos focales compuestos para la región del sistema de fallas Azuero-Soná, Panamá.**

## **Determination of composite focal mechanisms for the Azuero-Sona fault system region, Panama.**

### **Julissa Sanjur**

Universidad de Panamá, Instituto de Geociencias, Panamá.  
[julissasanjur3@gmail.com](mailto:julissasanjur3@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0000-1845-9651>

### **Arkin Tapia**

Universidad de Panamá, Instituto de Geociencias, Panamá.  
[arkin.tapiae@up.ac.pa](mailto:arkin.tapiae@up.ac.pa)  
4615

<https://orcid.org/0000-0003-2355-4615>

### **Néstor Luque**

Universidad de Panamá, Instituto de Geociencias, Panamá.  
[nestor.luque@up.ac.pa](mailto:nestor.luque@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0003-4564-1947>

**Fecha de recepción:** 1 de octubre de 2024

**Fecha de aceptación:** 21 de noviembre de 2024

**DOI** [HTTPS://DOI.ORG/10.48204/J.TECNO.V27N1.A6649](https://doi.org/10.48204/J.TECNO.V27N1.A6649)

## **RESUMEN**

En este trabajo se determinaron mecanismos focales compuestos para la región del sistema de fallas Azuero-Soná, en la región sur de Panamá. Esta técnica proporcionó información acerca del régimen de esfuerzos de los bloques tectónicos y correlacionar dichos esfuerzos con la actividad de las fallas y/o sistemas de fallas geológicas del área de estudio. La metodología empleada fue la recopilación de mecanismos focales confiables de la base de datos del Instituto de Geociencias, el procesamiento y clasificación mediante la técnica de mecanismos focales compuesta empleando el programa FMC (Álvarez Gomez, 2015), el análisis de los resultados y la representación de estos empleando el programa GMT (Wessel, P. *et al.* 2019). Los resultados muestran que para la zona de la Isla Coiba la tendencia es consistente con mecanismos focales de desgarre con componente inversa y con componente normal; para la zona de Mariato se presentan mecanismos focales con componente inversa y normal los cual es consistente con un estado de esfuerzos de cizalla en el sistema de fallas Azuero-Soná.

## **PALABRAS CLAVES**

Mecanismos focales compuestos, sistema de fallas Azuero-Soná, sismotectónica, cinturón deformado del sur de Panamá, esfuerzos tectónicos.

## **ABSTRACT**

In this work, the composite focal mechanisms for the region of the Azuero-Soná fault system, the southern region of Panama, were determined. This technique provided information about the stress regime of tectonic blocks and correlated such stresses with the activity of faults and/or geological fault systems in the study area. The methodology used was the compilation of reliable focal mechanisms from the database of the Institute of Geosciences, the processing and classification using the composite focal mechanism technique using the FMC program (Álvarez Gomez, 2015), the analysis of the results and the representation of these using the GMT program (Wessel, P. et al. 2019). The results show that for the area of Coiba Island the trend is consistent with focal mechanisms of tearing with inverse component and with normal component, for the Mariato area there are focal mechanisms with inverse and normal component which is consistent.

## **KEYWORDS**

Compound focal mechanisms, Azuero-Soná fault system, seismotectonics, South Panama deformed belt, tectonic stresses.

## **INTRODUCCIÓN**

La península de Azuero, al sur de Panamá, es una zona que presenta una sismicidad importante desde tiempos históricos. Como ejemplo el primer sismo reportado por los españoles en tierra firme ocurrió el 2 de octubre de 1516 y fue sentido en toda la península de Azuero (Viquez de Pinilla & Toral, 1987). El último sismo destructivo ocurrió el 1 de octubre de 1913 con una magnitud  $M_w=6.6$ , y causó grandes daños en el suroeste de la península de Azuero (Viquez & Camacho, 1990).

La sismicidad en esta región de Panamá está influenciada por la subducción de la placa de Nazca bajo la microplaca de Panamá (Kolarsky et al., 1995; Rockwell et al., 2010).

Avellaneda (2015) concluyó que en la península de Azuero los lineamientos están dominados por la geología regional, principalmente por la zona de falla Azuero-Soná (ASFZ) con un comportamiento sinistral y que las orientaciones que no son explicadas por ASFZ son anteriores a esta y probablemente asociados a una historia acrecentiva. Este hecho sumado a la extensión deducida por los diques indica una edad relativa del comienzo de ASFZ: el Oligoceno-Mioceno. Además, sugirió que existen 3 zonas de deformación en la península.

Zona 1: áreas Sur de la falla y Norte de la falla, Zona 2: Área intermedia y Zona 3: Norte de la península de Azuero.

Pérez (2015), encontró que la falla Azuero-Soná es una zona de cizallamiento que tiene rocas dúctiles quebradizas, cohesivas, frágiles y angostas, el dominio estructural 2 también contiene una secuencia plegada de carbonatos hemipelágicos (Formación Ocú) y las rocas registran solo un evento de deformación en la sección delgada. Sin embargo, en el campo las correlaciones sugieren que hay al menos dos eventos de deformaciones. Primero fue el cizallamiento de la zona que produjo las milonitas y filonitas y luego otra de rocas Pseudotachylyte, esta es una roca cohesiva vidriosa o de grano muy fino que se presenta como vetas y a menudo contiene inclusiones de fragmentos de roca de pared, estas generadas por un terremoto.

Rodríguez Camaño (2016), relocalizo 401 sismos ocurridos entre 1998 y 2015, registrados por la Red Sismológica de Panamá a cargo del Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, encontrando, que aparte de mecanismos focales inversos puros hay otros transcurrentes con una componente normal SE, con una componente normal NE, con una componente inversa, normales con direcciones SE y SO. Basándose en estos resultados se elaboró un esquema sismotectónico para el Golfo de Montijo y sus alrededores, y la evaluación de amenaza sísmica para la población de Llano Mariato.

Tapia et al., (2017) realizó el monitoreo sísmico del sistema de Fallas Azuero-Soná, usando un arreglo de estaciones sísmicas. El objetivo de este trabajo fue determinar, a partir de un arreglo de estaciones sísmicas, la principal característica de la tectónica activa del Sistema de Falla Azuero-Soná (SFAS), provincias de Veraguas, Herrera y Los Santos, Panamá. Los mecanismos focales analizados fueron los que presentaron los estándares de residuales, errores en latitud y longitud entre otros. Se subdividió el área de estudio en cuatro (4) subregiones. Entre los mecanismos focales de las diversas subregiones, se centraban en la región de Azuero y el Pacífico donde se localizan una gran cantidad de mecanismos normales, los que en su mayoría fueron consistentes con las diversas fallas de la zona; los mecanismos focales localizados en la zona del golfo de Montijo y área de la costa oeste de Azuero, en el graben, de Quebro, de tipo normal demostrando que en esta zona son fallas normales. En la isla de Coiba, la interacción entre la fractura de Coiba, y las fallas de la Isla Coiba, generan una combinación de mecanismos donde dominan los transcurrentes; también, se identificaron fallas con rumbo norte-sur.

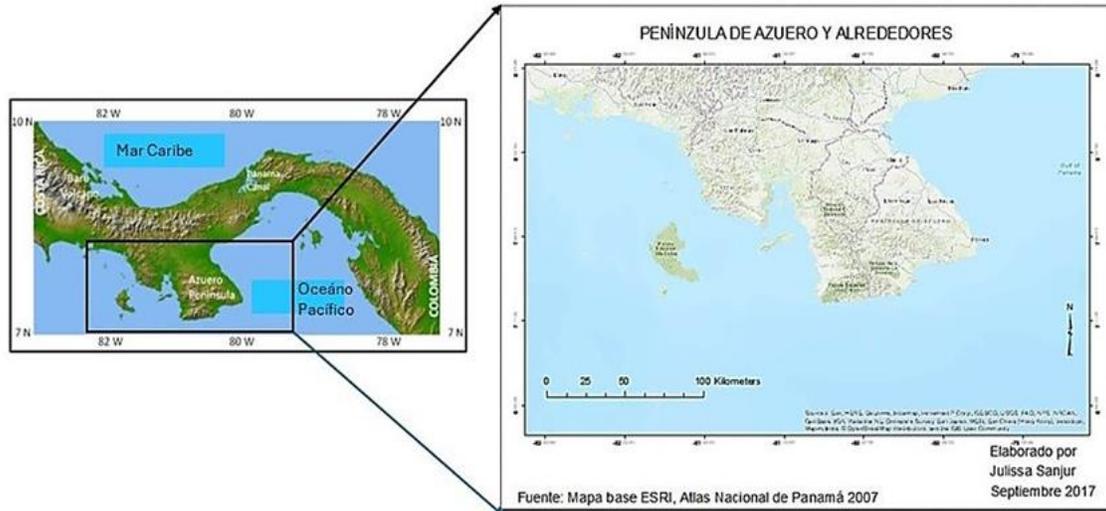
## **LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

El área de estudio se ubica al sur del territorio de la República de Panamá, en el cuadrante comprendido entre las coordenadas siguientes: 7.03° norte hasta 8.21° norte y 79.86° oeste

hasta 82.22° oeste (ver la figura 1). Esta ventana incluye las provincias de Los Santos, Herrera y la parte sureste de la provincia de Veraguas.

**Figura 1.**

*Ubicación de la Península de Azuero y Alrededores en la República de Panamá.*



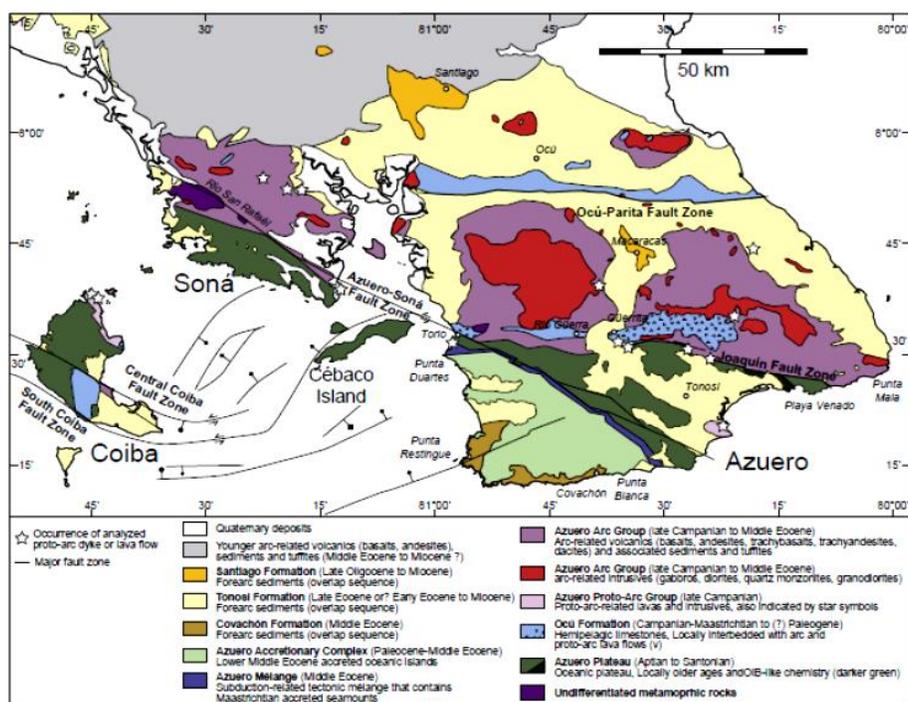
**Geología**

La península de Azuero ha sido estudiada para conocer la evolución del arco en el margen sur oeste de la Placa del Caribe en el cretáceo tardío, con trabajos geológicos de campo, petrología, análisis geoquímico, datación de rocas y análisis remoto de estructuras en el complejo golfito en Costa Rica y el complejo Azuero en Panamá (Buchs et al. (2010); Corral, et al., 2010, Corral et al, 2011; Kolarsky & Mann, 1995; Mann & Corrigan, 1990; Ortiz-Guerrero, 2024; Recchi, 1969).

En la figura 2, se muestra la geología de Azuero propuesta por Buchs (2010), donde se propone que las rocas mas antiguas de la Península de Azuero, datan de 75 a 73 Millones de años, siendo las más antigua del istmo de Panamá.

**Figura 2.**

*Mapa geológico del Complejo Marginal de Azuero (Buchs et al., 2010)*



La mayor parte de la zona de estudio está constituida por materiales volcánicos y volcanosedimentarios que abarcan un rango de edades entre 100,5 hasta 66,0 Millones de años, pertenecientes al arco volcánico generado por la subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa del Caribe (Corral et al., 2009).

La característica estructural más sobresaliente de la Península de Azuero es la presencia de la falla de Soná-Azuero, de escala regional, de dirección NW-SE y de tipo desgarre que pone en contacto materiales del complejo Azuero-Soná (basaltos de fondo oceánico) con los materiales del arco- isla cretácico (Kolarsky et al., 1995). Estos últimos están afectados por otras estructuras, tales como fallas regionales de orientación E-W, fallas subparalelas a la falla de Soná-Azuero (NW-SE) y por los intrusivos cuarzdioríticos de El Montuoso y de Vallerico (Corral et al., 2009).

Paleogeográficamente las características geológicas de la Península de Azuero se han interpretado como correspondientes a un arco volcánico de composición calcoalcalina desarrollado sobre una corteza oceánica o plateau oceánico de edad Cretácico Superior Cenozoica (Bowland et al.,1988)

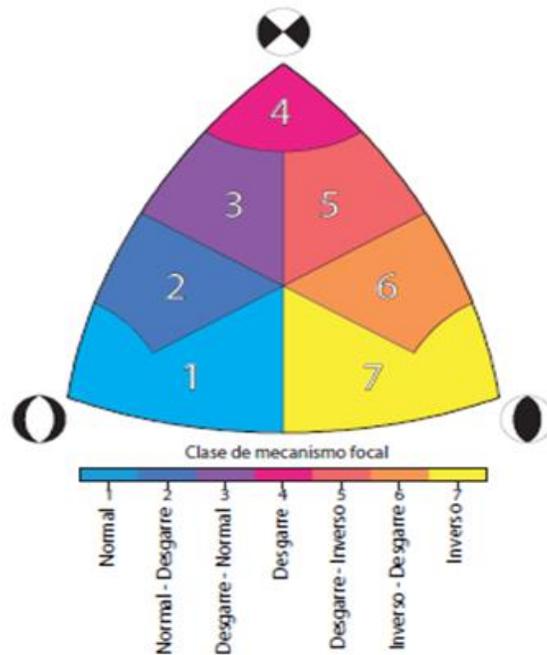
## **METODOLOGÍA**

A partir de 79 sismos con magnitudes  $M_w \geq 3.5$ ,  $rms < 1.0$  s y errores de latitud, longitud y profundidad menores a un kilómetro. Para los mecanismos focales compuestos se consideró un error máximo de diez grados. Posteriormente, los mismos se clasificaron utilizando el programa Focal Mechanisms Classification o FMC (Álvarez Gómez, 2014; Álvarez Gómez 2015).

En FMC los datos deben ser ingresados con uno de los dos formatos para mecanismos focales que forman las opciones del programa GMT (Wessel, P. *et al.* 2019), una de ellas es la convención del plano nodal simple de Aki y Richard (1980). Este programa genera un diagrama de clasificación como se muestra en la figura 3, que representa el tipo de ruptura de los mecanismos focales procesados. Con el fin de contar con una clasificación detallada de los mecanismos focales, hay una serie de campos que incluyen los regímenes de deslizamiento oblicuo (Álvarez Gómez , 2015).

### **Figura 3.**

*Ejemplo de diagrama de clasificación de mecanismos focales, (Álvarez, 2010)*



A partir de esta técnica se obtuvo información de los tipos de mecanismos focales que representan los esfuerzos en los bloques tectónicos del área y se correlacionaron con las fallas geológicas del área de estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación de mecanismos focales compuestos en la región del sistema de Fallas Azuero-Soná, se realizó por subzonas, se separó toda el área de estudio para facilitar el análisis y la interpretación de los resultados. Por lo cual el área de estudio es dividida en Isla Coiba y alrededores y la zona de Mariato, igualmente, por la cantidad de datos sísmicos, estas subzonas son sectorizadas.

Para analizar el papel que desempeña la sismicidad del sitio los diferentes tipos de deformación hemos utilizado el catálogo de mecanismos focales basados en el formato de la convención del plano nodal simple de Aki y Richard (1980).

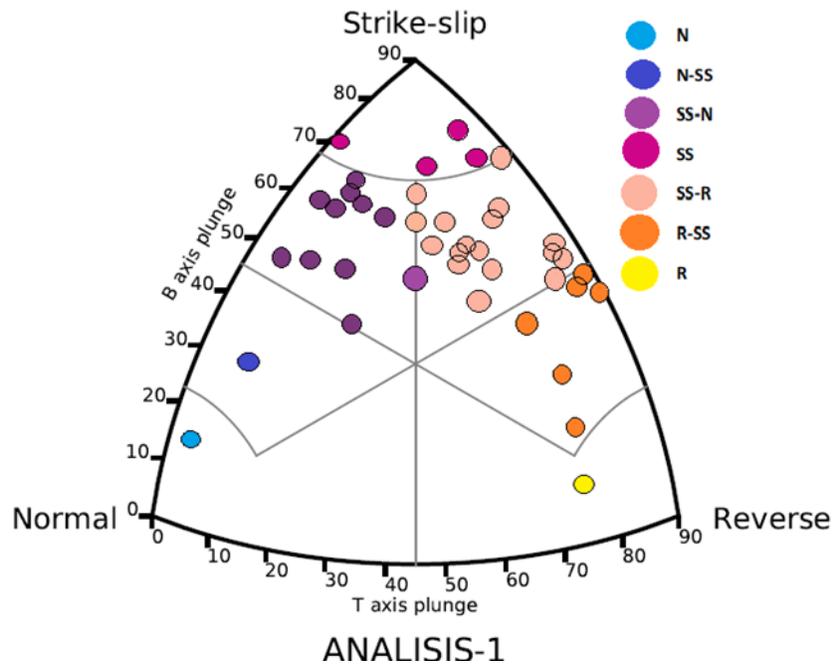
En la figura 4 se muestra el diagrama de mecanismos focales de Isla Coiba y sus alrededores, la misma tiene una tendencia a mecanismos focales de desgarre con componente inversa y mecanismos focales de desgarre con componente normal.

En general el régimen de esfuerzo predominante en la zona es de cizalla, las fuerzas actúan en paralelo, pero en direcciones opuestas. El esfuerzo a lo largo de una falla no es homogéneo, también encontramos esfuerzos de extensión y compresión.

En la clasificación de mecanismos focales compuestos, en la subregion de Isla Coiba y sus Alrededores, se subdividió en grupos de mecanismos focales para obtener una mejor interpretación del régimen de esfuerzos, predominando en esta subzona mecanismos focales compuestos.

**Figura 4.**

*Diagrama de mecanismos focales compuestos de Isla Coiba y sus alrededores.*



La Tabla 1 lista los mecanismo focales de la figura 5, que son de desgarre con componente inversa y normal, indicando que comportamiento general la falla al suroeste de la isla coiba es transcurrente y el regimen de esfuerzo para esta zona es de cizalla.

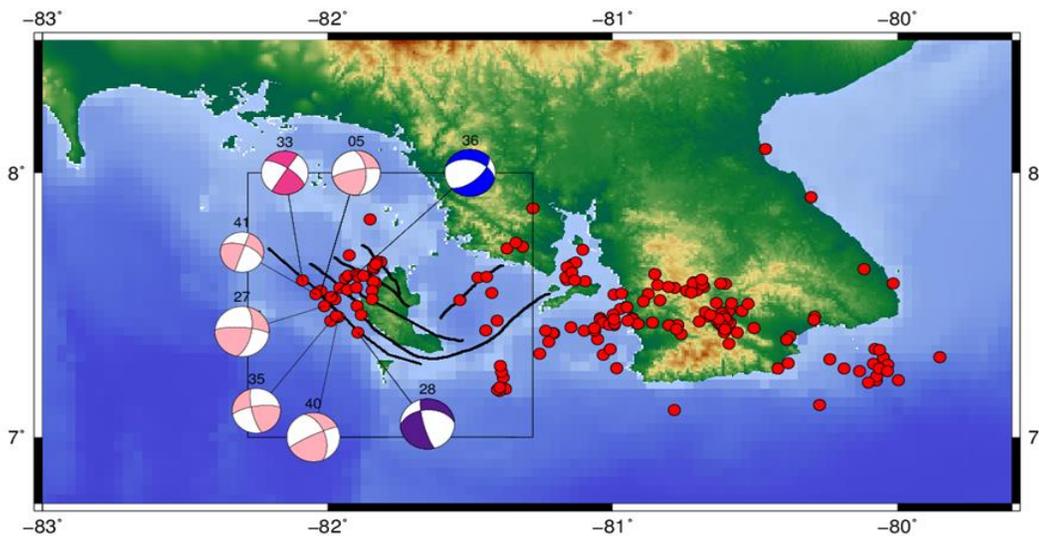
**Tabla 1.**

*Mecanismos focales de sismos al Suroeste de Coiba que aparecen en la figura 5.*

Longitud	Latitud	Profundidad	Strike	<u>Did</u>	<u>Rake</u>	Magnitud	ID	MFC
-82.011	7.496	10	11	62	15	4.5	27	SS-R
-82.024	7.554	10	356	56	13	4	28	SS-N
-82.088	7.593	10	304	70	2	3.9	33	SS
-81.989	7.44	10	261	73	15	4	35	SS-R
-81.988	7.531	10	285	45	-44	4.2	36	N-SS
-81.962	7.455	10	340	53	9	4.4	40	SS-R
-82.024	7.554	10	356	56	13	4	5	SS-R
-82.041	7.51	10	20	90	30	3.6	41	SS-R

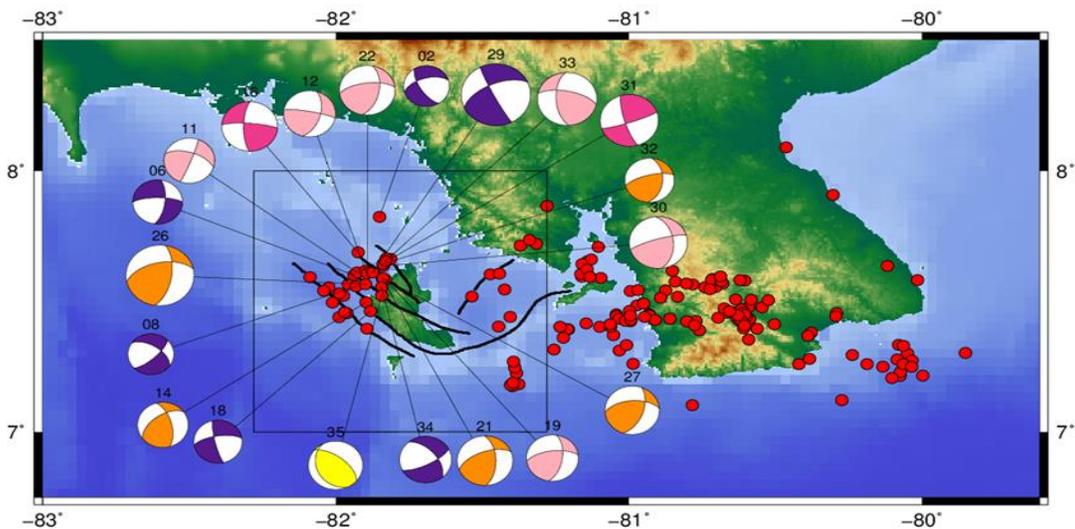
**Figura 5.**

*Mecanismos focales al suroeste de Coiba.*



En la Tabla 2 se muestra el listado de los sismos de la figura 6, donde la mayoría de los epicentros de sismos se presentan al noroeste de Isla Coiba exactamente en la costa y en el mar, los resultados de esta clasificación nos mecanismos focales de desgarre con componente inversa y normal, asociados a la falla coiba y fallas al noroeste de Isla Coiba, dando como resultado un regimen de esfuerzos de cizalla o esfuerzos laterales.

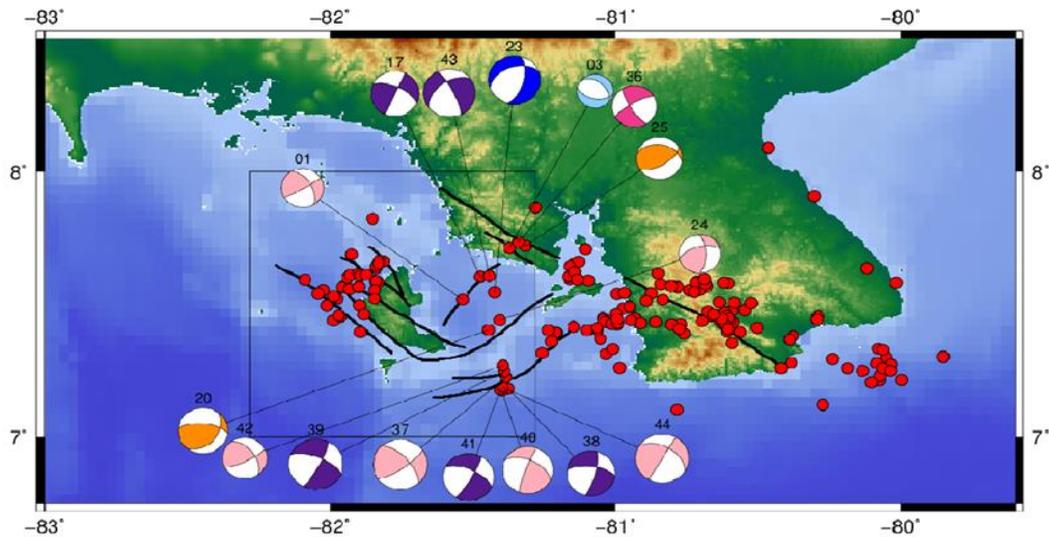
**Figura 6.**  
*Mecanismos focales al noroeste de isla Coiba.*



**Tabla 2.**  
*Mecanismos focales de sismos al noroeste de Coiba que aparecen en*

Longitud	Latitud	Profundidad	strike	Did	Rake	Magnitud	ID	MFC
-81.851	7.824	10	148	67	7.522	3.7	2	N-SS
-81.938	7.601	10	270	74	-25	4	6	N-SS
-81.931	7.558	10	304	56	-22	3.7	8	N-SS
-81.882	7.463	10	167	80	-22	3.9	18	N-SS
-81.874	7.611	10	153	85	-29	5.6	29	N-SS
-81.924	7.688	10	274	80	18	4.5	16	SS
-81.813	7.663	10	163	77	7	4.7	31	SS
-81.928	7.611	10	21	85	30	4.1	11	SS-R
-81.899	7.618	10	16	56	10	4.2	12	SS-R
-81.831	7.584	10	9	59	30	4.2	19	SS-R
-81.893	7.608	10	11	55	30	4.5	22	SS-R
-81.838	7.636	10	354	47	15	4.7	30	SS-R
-81.831	7.655	10	282	66	34	4.8	33	SS-R
-81.841	7.587	10	359	58	35	4.5	21	R-SS
-81.899	7.566	10	9	62	40	5.5	26	R-SS
-81.839	7.589	10	20	57	40	4.4	27	R-SS
-81.897	7.497	10	345	62	40	4.1	14	R-SS
-81.839	7.644	10	5	46	27	4	32	R-SS
-81.844	7.522	10	309	61	78	4.4	35	R

**Figura 7.**  
*Mecanismo focales al NE y SE de isla coiba*



En la tabla 3 aparecen listados los eventos mostrados en la figura 7, donde se observan mecanismos focales de desgarre con componente inversa y normal, asociados a la falla al

sureste de la Isla Coiba y otros correlacionadas con fallas geológicas al noreste de la Isla Coiba, dando como resultado para ambas fallas transcurrentes, predominan en esta zona de esfuerzos de cizalla.

**Tabla 3.**

*Mecanismos focales de sismos al NE y SE de Coiba que aparecen en la figura 7.*

Longitud	Latitud	Profundidad	strike	Did	Rake	Magnitud	ID	MFC
-81.371	7.714	10	311	43	-68	3.0	3	N
-81.424	7.546	10	250	45	-44	4.3	23	N
-81.397	7.175	10	295	55	9	4.2	40	SS-R
-81.394	7.27	10	64	77	38	3.7	42	SS-R
-81.396	7.189	10	301	50	0	4.4	44	SS-R
-81.384	7.226	10	55	76	27	4.5	37	SS-R
-81.405	7.441	10	359	66	33	3.5	24	SS-R
-81.536	7.519	10	60	87	34	3.5	1	SS-R
-81.376	7.183	10	277	64	-15	4.0	38	SS-N
-81.39	7.247	10	293	66	-12	4.5	39	SS-N
-81.404	7.18	10	296	64	-10	4.2	41	SS-N
-81.442	7.607	10	234	53	-15	4.3	43	SS-N
-81.473	7.604	10	294	65	0	4.0	17	SS-N
-81.34	7.736	10	147	77	-14	3.7	36	SS
-81.445	7.404	10	39	41	41	4.1	20	R-SS
-81.316	7.721	10	59	62	67	3.8	25	R-SS

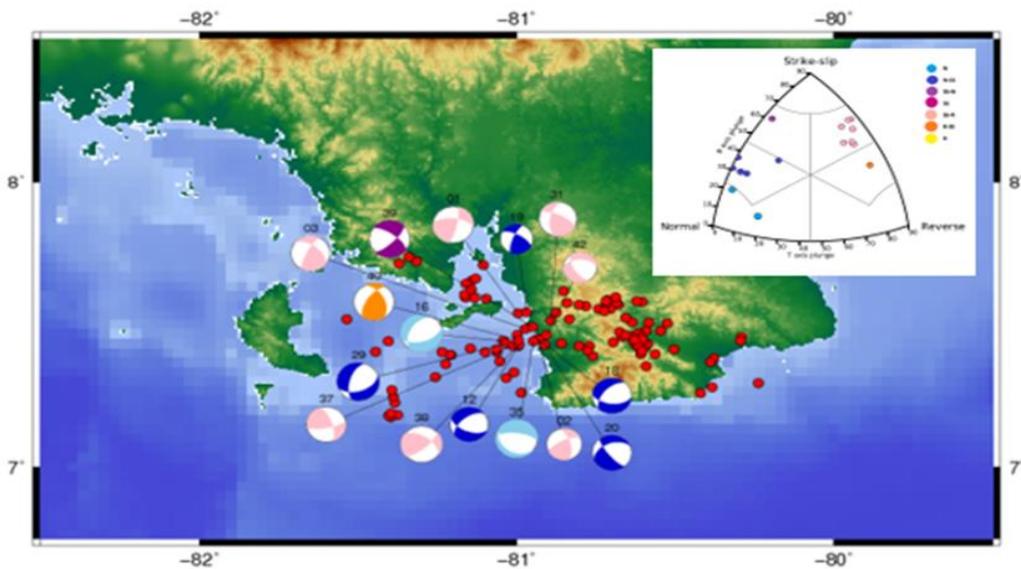
En la zona de Mariato y sus alrededores los sismos aparecen listados en la tabla 4 y se muestra la figura 8. Aquí los mecanismos focales son transcurrente con una componente inversa y normal. En esta zona predominan un sistema de fallas geológicas activas, la zona de falla Azuero-Soná (ZFAS), según los tipos de mecanismos focales, los esfuerzos que actúan son de cizalla y de tensión.

**Tabla 4.**

*Mecanismos focales en la zona de Mariato y alrededores , figura 8*

Longitud	Latitud	Profundidad	Strike	Did	Rake	Magnitud	ID	MFC
-80.995	7.54	10	13	76	29	4.1	1	SS-R
-80.932	7.451	10	345	62	22	3.5	2	SS-R
-80.973	7.485	10	309	54	19	3.9	3	SS-R
-81.012	7.426	11	79	73	25	3.9	37	SS-R
-80.993	7.43	10	49	70	38	4.1	38	SS-R
-80.892	7.514	10	295	71	37	3.8	31	SS-R
-80.995	7.424	10	112	55	-44	3.8	12	N-SS
-80.969	7.544	10	300	67	20	3.3	19	N-SS
-80.911	7.429	10	141	75	-47	3.9	20	N-SS
-81.034	7.434	10	71	48	-47	4.2	29	N-SS
-80.93	7.447	10	96	52	-50	3.9	18	N-SS
-80.906	7.464	10	147	60	-54	3.4	42	N-SS
-81.043	7.444	10	72	53	-64	4.2	16	N
-80.947	7.441	10	124	27	-66	4.2	35	N
-80.95	7.492	10	307	67	-19	4.1	39	SS-N
-80.995	7.446	7	333	48	39	4.1	40	R-SS

**Figura 8.**  
*Mecanismo focales en la zona de Mariato y alrededores*



**DISCUSIÓN**

Con el uso de la herramienta FMC los datos de eventos sísmicos en la zona de Azuero y alrededores, se registraron soluciones de mecanismos focales transformantes, en la zona de estudio por las fallas oblicuas presentes en Isla Coiba, predominando así en esta zona esfuerzos de cizalla.

La zona de estudio esta relativamente cerca de la zona de contacto de la Placa de Nazca que subduce de manera oblicua por debajo de la microplaca de Panamá, este contacto con produce fallas de tipo transcurrente, algunas veces con componentes inversas y normales.

La mayoría de los eventos sísmicos registrados estan relacionados a estas fallas geologicas. Aunque en la Cuenca Cebaco hay comportamientos geologicos estructurales que solo estan definidos por algunos autores.

## **CONCLUSIONES**

Los mecanismos focales de eventos sísmicos en el sur de la península de Azuero y sus alrededores tienden a estar asociados a fallas transcurrentes y a esfuerzos de cizalla.

Los resultados nos indican que los comportamientos que se registran en estas fallas no son homogéneos, en isla Coiba y sus alrededores existen un conjuntos de fallas activas transcurrentes con componentes inversas y normal.

Para la zona de Mariato y áreas aledañas el conjunto de fallas presentan fallas transcurrentes con una componente inversas y otras con componente normal que estan asocicadas al sistema de falla Azuero-Soná (ASFZ) y tienen un estado en sus esfuerzos de cizalla.

## **RECOMENDACIONES**

Es importante continuar con los estudios de los mecanismos focales para la determinación de fallas activas que no necesariamente presentan expresiones en superficie y están acumulando esfuerzos tectónicos en el territorio nacional, lo que representa niveles de amenaza sísmica a considerar.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto de Geociencias, a su personal por la colaboración en la ejecución de este proyecto, en facilitarnos los datos y programas para el análisis de estos y, en todas las gestiones realizadas para el desarrollo y la culminación exitosa del trabajo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Aki, K., & Richards P.G. (1980). *Quantitative Seismology: Theory and Methods*, W. H. Freeman, San Francisco, California.
- Álvarez-Gómez, J. A., 2015. FMC – A program to manage, classify and plot focal mechanism data, Facultad de Geología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Álvarez-Gómez, J. A., (2014). FMC: a one-linear Python program to manage, classify and plot focal mechanisms. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 16, EGU2014-10887.
- Álvarez-Gómez, J. A., 2009. Tectónica activa y Geodinámica en el norte de Centroamérica, Ph.D. thesis, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Avellaneda, D., (2015). Caracterización estructural y de lineamientos de la Península de Azuero, Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Bogotá, D.C, Colombia.
- Buchs, D., Arculus, R., Baumgartner, P., Baumgartner-Mora, C., & Ulianov, A., (2010). Late Cretaceous arc development on the SW margin of the Caribbean Plate: Insights from the Golfito, Costa Rica, and Azuero, Panama, complexes: South Central American Arc Initiation. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11(7).
- Casini, G. & Virginia, Y. (2015). Cálculo del mecanismo focal utilizando el método de la polaridad de la onda P [Tesis para el Título Profesional de Física], Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional de San Marcos, Lima, Perú, 106 p.
- Corral, I., Cardellach, E., Gómez-Gras, D., & Canals, A. (2009). Contribución al conocimiento de la geología del depósito de Au Cu de "La Pava" (Península de Azuero, Panamá), *Geogaceta*, 46.
- Corral, I., Griera, A., Gómez-Gras, D., Corbella, M., & Cardellach, E. (2010). Geochemical evolution of the Panamanian Cretaceous-Paleogene volcanic arc: Insights from the Azuero Peninsula, SW Panama. *Geogaceta*, 49, 79-82
- Corral, I., Griera, A.; Gómez-Gras, D.; Corbella, M.; Canals, A.; Pineda-Falconett, M.; Cardellach, E (2011). Geology of the Cerro Quema Au-Cu deposit (Azuero Peninsula, Panama), *Geologica Acta*, 9(3-4), 481-498 doi: <https://doi.org/10.1344/105.000001742>.
- Frohlich, C., & Apperson, K.D., (1992). Earthquake focal mechanisms, moment tensors, and consistency of seismic activity near plate boundaries. *Tectonics* 11 (2), 279-296.

- Giner, J.L.; de Vicente, G., & Lindo, R. (1996). Estado de esfuerzos actuales en el centro peninsular a partir del análisis conjunto de mecanismos focales de terremotos, *Geogaceta*, 20 (4), 996-999.
- Kolarsky, R., & Mann, P. (1995). Structure and neotectonics of an oblique-subduction margin, southwestern Panama in *Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America*, Paul Mann (editor). Geological Society of America Special Paper 295.
- Mann, P., & Corrigan, F. (1990). Model for late Neogene deformation in Panama. *Geology*; 18 (6): 558–562. doi: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1990\)018<0558:MFLNDI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1990)018<0558:MFLNDI>2.3.CO;2)
- Ortiz-Guerrero, Montes, C., Farris, W., Agudelo, Ariza, M., Ayala, J., Avellaneda, D., Cortes-Calderón, A., Gaitang, E., Garzon, S., Gongora-Blanco, D., Jara, N.A., Meza-Calai, J.C., Perez-Angel, L., Pineda-Rodríguez, N., Rodriguez-Parral, A., Revelo-Obando, B., Rubiano, C., Stiles, E., Urdaneta, M.P. Zuluaga, N., Lamus, F., Moreno, F., & Rincon, A. (2024). Crustal structure of the Western Azuero Peninsula, Panama: Insights into the structure of accretionary complexes and forearc ophiolites. *International Geology Review*, 66(1), 172–195. <https://doi.org/10.1080/00206814.2023.2191678>© 2023
- Ortiz-Panchi, O.C. (2013). Sismotectónica y peligrosidad sísmica en Ecuador [Tesis de Maestría], Máster en Geología Ambiental y Recursos Geológicos, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 52 p.
- Pérez, J.L., Salcedo-Hurtado, E.J., & Mora-Páez, H. (2014). Análisis sismotectónico regional como contribución al estudio de las fuentes sismogénicas locales en la zona del embalse Calima, Valle del Cauca, Colombia, *Boletín de Geología*, 36 (2): 101-124.
- Pérez, Lina Camila. (2015). Structural Characterization of the Azuero-Sona Fault Zone, Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Bogotá, D.C, Colombia.
- Recchi, G. (1969). Mapa geológico del área del Proyecto Minero de Azuero, Naciones Unidas Programa para el Desarrollo, [Panamá]: República de Panamá, Administración de Recursos Minerales.
- Rockwell T.K., Bennett, R.A., Gath, E., & Franceschi, P. (2010). Unhinging an indenter: A new tectonic model for the internal deformation of Panama, *Tectonics*, 29, TC4027,

doi:10.1029/2009TC002571.

- Rodríguez Camaño, K. M. (2016). Sismotectónica del Golfo de Montijo y sus alrededores provincia de Veraguas, Escuela de Física, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, Panamá.
- Tapia A., Luque N., Camacho A. E., Chichaco E., & Gil J. (2017). Monitoreo Sísmico del Sistema de Fallas Azuero-Soná, usando un arreglo de estaciones sísmicas, Instituto de Geociencias, Universidad de Panamá.
- Udías, A. 1989. Parámetros del foco de los terremotos. *Física de la Tierra* 1, 87-104.
- Viques, V. & Camacho, E. (1990). El terremoto de Tonosí del 2 de octubre de 1913. *Humanidades*
- Viquez de Pinilla, V., & Toral J. (1987). Sismicidad histórica sentida en el istmo de Panamá, *Revista Geofísica*, 27, 135-165.
- Wessel, P., Luis, J., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., & Tian, D. (2019). The Generic Mapping Tools Version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20 (11), 5556–5564. <https://doi.org/10.1029/2019GC008515>