

Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
“ Antonio Núñez Jiménez “
Facultad de Geología

Trabajo de Diploma

Estudio morfotectónico del área de la empresa Comandante Ernesto Guevara.

Moa, 2000

INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN.

Para el territorio de Moa se hace necesario profundizar en el estudio tectónico, no sólo por la importancia que reviste para los trabajos de búsqueda, prospección y explotación de los recursos minerales existentes y el conocimiento estructural de las rocas sobre las cuales se desarrollan los mismos, sino también para garantizar una mejor proyección de las obras construidas por el hombre y protección del medio ambiente en general.

El mayor por ciento de las instalaciones de la industria del níquel, actuales y futuras, se ubican en el territorio de Moa, el que se encuentra enclavado en una región de máxima complejidad geólogo- tectónica y en el cual han ocurrido recientes movimientos telúricos indicadores de una tectónica activa que puede causar daños a las obras industriales y sociales en funcionamiento o en construcción.

Lo anterior conllevó a la necesidad de determinar las principales estructuras tectónicas activas de la región para caracterizar la geodinámica del territorio a través del estudio de los movimientos de bloques morfotectónicos.

El objetivo de las investigaciones es profundizar en el conocimiento tectónico detallado del área de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, que permita establecer los sistemas de estructuras activas y bloques morfotectónicos y caracterizar los movimientos tectónicos contemporáneos. En la realización de las investigaciones se tomó como base la información geológica que sobre el territorio existe.

Para lograr el objetivo propuesto se partió de la hipótesis de que a pesar de existir un predominio o tendencia al levantamiento de la región, la presencia de formas contrastantes y alineadas del relieve, los desplazamientos laterales de elementos geólogo - geomorfológicos e incluso en ocasiones rotacionales, y la propia ocurrencia de actividad sísmica en el territorio, indican la existencia de movimientos diferenciados entre todos los sectores de la corteza terrestre, lo que debe reflejarse en su superficie.

Para el desarrollo de la investigación se procedió a la aplicación de los métodos geológicos convencionales en conjunto con los métodos geomorfológicos y geodésicos para así realizar la interpretación y descripción de las estructuras presentes.

A. Tamayo Pérez

La consecución de las tareas propuestas a partir de la búsqueda, procesamiento, comprobación y sistematización de los resultados constituye sólo un punto de partida para el conjunto de tareas que deben emprenderse en el área, con vista a hacer más eficiente e integral el uso de los recursos naturales, quedando implícita en ello tanto las reservas minerales como el medio geográfico.

En la elección de los métodos de trabajo se partió del hecho de que las estructuras geológicas a través de las cuales ocurren los principales movimientos neotectónicos y en particular los movimientos sísmicos, se reflejan en el relieve a través de diversos criterios e índices, que permiten su identificación con la aplicación de los métodos de fotointerpretación geológica y geomorfológica, los métodos morfométricos, trabajos de campo, estudios microtectónicos locales y el procesamiento de la información geodésica y geofísica existente sobre el área, asumiéndose como línea metodológica la determinación de los principales alineamientos a través de los métodos antes mencionados, búsqueda de los criterios que identificarán a estos como estructuras tectónicas, procediéndose luego a su comprobación y caracterización, lo que permitió la determinación de los sectores o sub bloques morfotectónicos en que se encuentra dividido el área y que se diferencian entre sí por las medidas de las formas de relieve que lo caracterizan como son el grado de la pendiente, densidad relativa del drenaje; por el sentido y magnitud de los desplazamientos horizontales y verticales resultantes de los movimientos neotectónicos actuantes y que se encuentran separados entre sí por fallas activas.

CAPITULO I

CAPITULO I: CARACTERISTICAS GENERALES.

Características físico-geográficas de la región de Moa.

Trabajos precedentes de la región.

Características geológicas.

Geomorfología.

Sismicidad.

Características físico geográficas de la región de Moa.

La presente investigación se realizó en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, incluyendo el yacimiento Punta Gorda y áreas circundantes. Geográficamente el área presenta los siguientes límites naturales: al norte por las aguas del Océano Atlántico, al sur el límite está dado por la línea convencional que lo separa de los yacimientos Camarioca Norte y Camarioca Este, al oeste el yacimiento Moa Oriental y al este las elevaciones que constituyen la línea divisoria del río Yagrumaje. Las coordenadas correspondientes al sistema de Lambert son las siguientes:

X_1 : 700 000

X_2 : 707 000

Y_1 : 218 000

Y_2 : 225 000

Geomorfológicamente el territorio está caracterizado por su complejidad, predominando el relieve de montaña, hacia la parte sur, destacándose como cota máxima El Toldo con 1 139 metros sobre el nivel del mar. Hacia el norte el relieve que se desarrolla es de llanura asociado genéticamente con la zona de costa, en el que aparecen llanuras abrasivas marinas, denudativas y ligeramente diseccionadas con alturas de 20 - 25 metros.

El clima de la zona es subtropical húmedo, distinguiéndose de acuerdo a la distribución de las precipitaciones dos períodos, seco, y húmedo. La temperatura media anual oscila entre 22.26 - 30.5°C, siendo los meses más calurosos desde julio hasta septiembre

A. Tamayo Pérez

y los más fríos enero y febrero, el promedio de precipitaciones anuales entre 1 231.3 - 5 212.0 mm siendo los meses más lluviosos noviembre y diciembre y los meses más secos marzo, julio y agosto; la evaporación media anual varía entre los 1 880 y 7 134 mm. En cuanto a la flora y fauna del área, podemos decir que al norte aparece la vegetación típica de zonas costeras de pantanos, predominando el mangle. En los cuales se hospedan animales con hábitat propio de estos medios. En el resto del área aparecen bosques de pinos, vegetación arbórea y malezas en los cuales se alojan insectos, aves y algunos vertebrados. Existen algunos sectores donde la vegetación es prácticamente nula producto de la actividad antropogénica del hombre, por lo general están localizados dentro de la mina, en los taludes que conforman su base y en las áreas de préstamo.

La abundancia de precipitaciones en casi todo el año, conjugado con las características del relieve y del clima favorecen la existencia de una red hidrográfica que corre de sur a norte, la misma es de tipo dendrítica, aunque en algunos casos se observa la red subparalela.

La región cuenta con una red hidrográfica bien desarrollada representada por numerosos ríos y arroyos entre los que se destacan: Yamanigüey, El Medio, Semillero, Quesigua, Cayo Guam, Punta Gorda, Yagrumaje, Moa, Cabañas y los arroyos Aserrío, La vaca y Los Lirios, los que corren de Sur a Norte, desembocando en el océano Atlántico, formando en ocasiones deltas cubiertos de mangles. Estos ríos presentan numerosos meandros y sus orillas son abruptas y erosionadas en la zona montañosa mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas y tienen como fuente de alimentación fundamental las precipitaciones atmosféricas, teniendo como nacimiento la zona montañosa del grupo Sagua – Baracoa.

Podemos decir que el nivel de los ríos cambia en dependencia de las precipitaciones. Los niveles más bajos se observan en el período de seca que va de Julio a Septiembre y los más elevados en el período de lluvia comprendido de Octubre a Enero.

El río Cayo Guam, nace en la cota 820m y desemboca en el Océano Atlántico, su área de alimentación es de 57,71 Km². La principal fuente de alimentación de este son las precipitaciones atmosféricas. El río Quesigua, nace en la cota 420 m desemboca en el Océano Atlántico, su área de alimentación asciende a 26.7 Km². El río Yagrumaje situado al suroeste del yacimiento “Punta Gorda”, tiene su nacimiento en la cota 620 m y su desembocadura en el Océano Atlántico. Forma barrancos casi verticales, su longitud es de 11 Km, su cuenca tiene un área aproximada de 12 Km². El río Moa, nace en la cota 950 m y desemboca en la bahía de Moa, tiene 21 Km de extensión y corre en dirección predominante norte - noreste, se alimenta de los ríos Cabaña, Los Lirios y

A. Tamayo Pérez

de arroyos y cañadas que bajan desde regiones montañosas, su cauce presenta forma de V pronunciada y cerca de la desembocadura aparecen algunos meandros, su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas. El río Cabañas, nace en la cota 320 m, se une al río Moa, presenta meandros cerca de la zona de intersección con el río Moa, aguas arriba sus orillas son abruptas y de erosión en las zonas montañosas, mientras que en las partes bajas es llano y acumulativo. Se alimenta de las precipitaciones atmosféricas. El río Los Lirios, tiene su nacimiento en la cota 380 m, forma parte de la alimentación del río Moa y su valle es estrecho con pendientes suaves.

Económicamente la región está dentro de las más desarrolladas del país, puesto que cuenta con plantas procesadoras de Níquel que constituye el segundo renglón exportable de nuestro país, como son las fábricas Comandante Pedro Soto Alba y Comandante Ernesto Che Guevara que impulsan el desarrollo de la industria minero metalúrgica. Además de estas industrias metalúrgicas tenemos otras como: La Empresa Mecánica del Níquel, Las Camariocas (en construcción), la Empresa Constructora y reparadora del Níquel y el centro de proyecto del Níquel.

Existen yacimientos de Cromo refractario clasificado como el mejor de su tipo en el territorio cubano, los cuales se encuentran distribuidos en las cuencas de los ríos Cayo Guam y Yamanigüey, donde una parte del mineral extraído se procesa en la planta de beneficio de Cayo Guam. Los gabroides y ultrabasitas presentes en la región pueden ser empleados como áridos en la industria de materiales de la construcción.

En Cayo Moa Grande se encuentra una barrera de arrecifes cuyos corales son extraídos y utilizados como materia prima en el proceso tecnológico de la planta Comandante Pedro Soto Alba.

También existen otros organismos, de los cuales depende la economía de la región como son: la presa Nuevo Mundo, el tejlar de Centeno, el Combinado Lácteo, la granja porcina y otros. La agricultura está poco desarrollada, aunque existe un contingente que labora en el plan alimentario Juan Díaz. Otros sectores económicos como la ganadería se desarrolla hacia el sur de la región. La explotación de recursos forestales que son abundantes constituye un eslabón importante en la economía. La actividad pesquera sólo tiene importancia local.

Trabajos Precedentes.

Durante la ejecución de la investigación se consultaron diferentes trabajos que para la región oriental y en particular del territorio Moa-Baracoa se han desarrollado, orientados algunos a la evaluación geólogo-económica de las grandes reservas minerales asociadas al cinturón ofiolítico del noreste holguinero y otros a la profundización del conocimiento geológico regional, constituyendo todos una valiosa información.

A pesar de existir numerosas investigaciones y reportes sobre la geología de la zona realizados antes del triunfo de la revolución no es hasta la década del sesenta que se desarrollan investigaciones profundas de carácter regional, haciéndose imprescindible mencionar los trabajos de los especialistas soviéticos A. Adamovich y V. Chejovich [1,2], que constituyeron un paso fundamental en el conocimiento geológico del territorio oriental, esencialmente para las zonas de desarrollo de cortezas de intemperismo ferroniquelíferas. La concepción inicial de estos trabajos ha sufrido importantes cambios con el aporte de investigaciones más recientes.

Adamovich y Chejovich [1], elaboraron un mapa geológico a escala 1: 250 000 sobre la base de interpretaciones fotogeológicas y marchas de reconocimiento geológico en el cual fueron limitadas las zonas de cortezas de intemperismo para el territorio Mayarí - Baracoa, establecieron la secuencia estratigráfica regional y respecto a la estructura geológica, consideraron la existencia de un anticlinal con un núcleo de rocas antiguas - zócalo metamórfico - y rocas más jóvenes en sus flancos, estando cortada toda la estructura por fallas normales que la dividen en bloques. De igual forma ellos realizaron reconstrucciones paleogeográficas que le permitieron caracterizar el relieve pre Maestrichtiano de la región al mismo tiempo que clasificaron el relieve actual.

Las investigaciones posteriores demostraron que la estructura del territorio oriental cubano estaba muy lejos de tener el estilo sencillo que ellos concibieron, resultando esclarecidos algunos elementos referidos a la existencia de fuertes movimientos tectónicos tangenciales que provocaban la aparición de secuencias alóctonas y autóctonas intercaladas en el corte geológico, así como el emplazamiento de cuerpos serpentínicos en forma de mantos tectónicos alóctonos sobre las secuencias del Cretácico Superior lo cual complica extraordinariamente la interpretación tectono - estratigráfica.

A. Tamayo Pérez

De igual forma se estableció que el origen y posición geólogo-estructural de los conglomerados y brechas de composición serpentínica que Adamovich y Chejovich asignan al período Maestrichtiano, tienen un carácter esencialmente sinorogénico relacionado con los movimientos tectónicos de emplazamiento de los cuerpos serpentínicos.

En los últimos años, debido a una constante acumulación de información, se ha originado un salto cualitativo en el grado de conocimiento geológico expresado en los elementos citados anteriormente.

En la década del setenta se inicia una nueva etapa en el conocimiento geológico regional y como señala F. Quintas en su tesis doctoral [78],....*se fue abriendo paso la concepción movilista como base para la interpretación geológica.....*, especialmente con posterioridad a la publicación en 1974 de los trabajos de Knipper y Cabrera [51], quienes sobre la base de las observaciones de campo y revisión de materiales existentes plantearon que los cuerpos de serpentinitas representan fragmentos de corteza oceánica que se deslizaron por planos de fallas profundas hasta la superficie donde se emplazaron sobre formaciones sedimentarias del Cretácico en forma de mantos tectónicos. Sus investigaciones no aportan información novedosa al esquema estratigráfico regional, sin embargo abren una nueva dirección al indicar la presencia de mantos tectónicos constituidos por rocas ultrabásicas.

En 1972 se inician investigaciones de carácter regional del territorio oriental cubano por especialistas del Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, luego el Instituto Superior Minero Metalúrgico y en 1976 establecieron que la tectónica de sobrepunto afecta también a las secuencias sedimentarias dislocadas fuertemente, detectando en numerosas localidades la presencia de mantos alóctonos constituidos por rocas terrígenas y volcánicas del Cretácico Superior, yaciendo sobre secuencias terrígenas del Maestrichtiano - Paleoceno Superior, planteando, además el carácter alóctono de los conglomerados - brechas de la formación La Picota, demostrándose en investigaciones posteriores el carácter predominantemente autóctono de estas secuencias formadas en las cuencas superpuestas al arco volcánico del Cretácico. Con estos nuevos elementos se reinterpreta la geología del territorio y se esclarecen aspectos de vital importancia para la acertada valoración de las reservas minerales. Como resultado de estos trabajos Cobiella junto a otros especialistas del departamento de Geología del ISMM proponen un esquema tectónico que resume una nueva interpretación estratigráfica y paleogeográfica de Cuba Oriental delimitando cinco zonas estructuro faciales. En 1978 J. Cobiella y J. Rodríguez subdividen las anteriores estructuras propuestas en seis zonas.

A. Tamayo Pérez

En el período 1972-1976, se realiza el levantamiento geológico de la antigua provincia de Oriente a escala 1: 250 000 por la brigada cubano - húngara de la Academia de Ciencias de Cuba [67], siendo el primer trabajo que generaliza la geología de Cuba Oriental. En este trabajo la región oriental se divide en cinco unidades estructuro faciales y tres cuencas superpuestas.

El mapa e informe final de esta investigación constituyó un aporte científico a la geología de Cuba al ser la primera interpretación geológica regional de ese extenso territorio basada en datos de campo, obteniéndose resultados interesantes expresados en los mapas geológicos, tectónicos y de yacimientos minerales, columnas y perfiles regionales así como el desarrollo de variadas hipótesis sobre la evolución geológica de la región.

Paralela a estas investigaciones se desarrollan trabajos fotogeológicos sobre diferentes áreas del territorio por especialistas del Centro de Investigaciones Geológicas, entre los que se encuentran la caracterización de la corteza de intemperismo del sector occidental de las hojas cartográficas de Moa y Palenque desarrollados por V. Teleguin, quien realiza una clasificación de las fracturas que afectan al substrato serpentinitico y el levantamiento fotogeológico de Farallones a escala 1: 50 000 desarrollado por R. Pérez, donde se realizó un estudio detallado de las distintas formaciones geológicas del área de estudio y su caracterización geomorfológica, así como un conjunto de trabajos desarrollados por la Empresa Geológica de Oriente en la búsqueda y categorización de las reservas lateríticas.

En el período 1980 – 1985 el Departamento de Geomorfología de la propia institución en colaboración con la Facultad de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa desarrolló el tema de investigación Análisis Estructural del Macizo Mayarí - Baracoa donde se analiza por primera vez de forma integral para todo el nordeste de Holguín el grado de perspectividad de las cortezas de intemperismo ferroniquelíferas en dependencia de las condiciones geólogo-geomorfológicas para lo cual fueron aplicados métodos morfométricos y trabajos de fotointerpretación. La deficiencia fundamental de la investigación consistió en el escaso trabajo de campo realizado para las comprobaciones, utilizándose en sustitución de estos los informes de estudios geológicos realizados en la valoración o categorización de los yacimientos lateríticos.

Desde el punto de vista tectónico de carácter regional adquieren importancia relevante las investigaciones realizadas por M. Campos [11], en su estudio tectónico de la porción oriental de las provincias Holguín y Guantánamo, donde propone siete unidades

A. Tamayo Pérez

tectonoestratigráficas para el territorio, describiendo las características estructurales de cada una de ellas y estableciendo los períodos de evolución tectónica de la región.

En 1989 F. Quintas en su tesis doctoral [93], realizó el estudio estratigráfico del extremo oriental de Cuba donde propone las asociaciones estructuro-formacionales que constituyen ese extenso territorio así como las formaciones que las integran, realizando la reconstrucción paleogeográfica del Cretácico al Paleógeno, intervalo cronológico de mayor complejidad para la geología de la región oriental. Este trabajo por su actualidad y volumen de información geológica que presenta, es tomado como material geológico base en la caracterización litológica de estas investigaciones.

En 1990 se concluye el levantamiento geológico a escala 1: 50 000 en el polígono CAME Guantánamo por especialistas cubanos y húngaros, el cual constituye uno de los trabajos más integrales que sobre la geología de la región se realizan al abordar todas las vertientes del trabajo geológico con un gran volumen de información textual y gráfica.

Paralelamente a estas investigaciones de carácter geológico regional hay que hacer referencia por su importancia a una serie de trabajos desarrollados por la Empresa Integral de Proyectos de la Industria Básica en el estudio sismotectónico para el complejo hidroenergético Toa-Duaba [72] y de la Central Hidro Acumuladora Oriente Norte durante los años noventa que junto a los trabajos de Hernández J. sobre la geodinámica reciente han aportado valiosos datos sobre el área de investigación y constituyen una base metodológica y orientativa en el estudio de las estructuras sismogeneradoras y morfotectónicas.

En 1999 Rodríguez A. realiza el estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. En el cual profundiza sobre el estudio tectónico del territorio de Moa y establece los sistemas de estructuras activas, los bloques morfométricos y los movimientos contemporáneos y su incidencia en los sectores de máximo riesgo de origen tectónico.

Características Geológicas del Territorio.

La geología de la región se caracteriza por una gran complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el decursar del tiempo geológico.

En 1989, F. Quintas en su tesis doctoral, [78], realiza la clasificación geológica regional según ocho asociaciones estructuro-formacionales, de las cuales seis se encuentran representadas en la región. Se basó en la teoría que explica el origen y evolución de los arcos insulares, así como la formación de las plataformas, las etapas evolutivas y los conjuntos litológicos faciales típicos de cada estadio.

En 1997, Iturralde-Vinent [47], reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: el cinturón plegado y el neoautóctono.

El cinturón plegado según el autor, está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorizados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental. El autor divide al cinturón plegado en unidades continentales y unidades oceánicas.

Las unidades continentales no aparecen representadas en la región. Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de *piggy back* del Campaniense Tardío-Daniense, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de las cuencas de *piggy back* del Eoceno Medio-Oligoceno. El neoautóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado. En el área de estudio afloran las rocas pertenecientes a las unidades oceánicas constituidas por las ofiolitas septentrionales y materiales terrígenos carbonatados del Eoceno Superior al Cuaternario.

En estas investigaciones se ha asumido la información aportada por estos trabajos, Iturralde-Vinent divide a las ofiolitas cubanas en: ofiolitas del cinturón septentrional, ofiolitas anfibolitizadas y ofiolitas de los terrenos sudoccidentales; dividiendo al cinturón septentrional en tres fajas principales: Cajalbana, Mariel-Holguín y Mayarí-Baracoa. La faja Mayarí-Baracoa a su vez la divide en tres macizos: Mayarí-Cristal, Sierra del Convento y Moa-Baracoa, al cual pertenecen las ofiolitas objeto de estudio.

El Macizo Moa-Baracoa se localiza en el extremo oriental de la Faja Mayarí-Baracoa. Ocupando un área aproximada de 1 500 km² que presenta un gran desarrollo de los complejos ultramáfico, de gabros y vulcano-sedimentario mientras que el complejo de diques de diabasas está muy mal representado, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo.

El complejo de rocas ultrabásicas está constituido predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentinización variable. Las rocas de este complejo se caracterizan por presentar un color verde oscuro o gris verdoso y por un alto grado de agrietamiento. Sobre estas rocas se forman relieves muy variados en dependencia del nivel hipsométrico que ocupan y por ende, del grado de desarrollo y conservación de la corteza de meteorización. Hacia la parte norte del macizo se observa un relieve de premontañas con cimas redondeadas, mientras que en la parte intermedia aparecen montañas de cimas aplanadas que hacia el sur se vuelven puntiagudas. Los parteaguas secundarios son rectos y alargados con pendientes abruptas, siendo esto un criterio importante en su identificación. El drenaje es de configuración dendrítica, volviéndose angular debido al alto control tectónico, sobre todo en los límites de los bloques, siendo típicos los valles en forma de V con pendientes fuertes, los que se hacen más amplios y menos profundos cuanto mayor es su orden. En la parte central, donde las cimas son aplanadas el drenaje es menos denso observándose cauces estrechos y profundos con divisorias aplanadas, generalmente asociadas a fracturas.

El complejo máfico está representado por gabros olivínicos, gabro-noritas, anortositas y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabros tienen una estructura de grandes bloques y la mayoría de éstos se disponen en las zonas periféricas del complejo ultramáfico. En el sector Moa-Baracoa están representados dos tipos de gabros, los llamados gabros bandeados y los gabros masivos en las partes más altas del corte. Estas rocas presentan alteraciones superficiales en forma de finísimas irregularidades semejantes a un micro relieve cársico, originadas por la meteorización diferencial de los minerales que las componen entre los cuales están los piroxenos monoclinicos, plagioclasas básicas y en menor grado olivino y piroxenos rómbicos. Sobre todos los complejos antes descritos se encuentran los depósitos cuaternarios que constituyen una cobertura prácticamente continua de génesis predominantemente continental de pocas variaciones diagenéticas y pequeño espesor, constituidos por

calizas organodetríticas con gran contenido de fauna. Los depósitos ubicados en los márgenes, cauces y desembocaduras fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial.

Tectónica.

La tectónica del área puede catalogarse de compleja manifestándose la superposición de fenómenos tectónicos originados en condiciones geológicas contrastantes, muestra de ello lo es el intenso plegamiento y el sistema de mantos tectónicos que caracteriza la estructura geológica de las secuencias más antiguas surgidas en un ambiente de compresión máxima, diferenciándose de los eventos tectónicos más jóvenes surgidos en lo fundamental bajo un esfuerzo de tracción de la corteza terrestre, dividiéndose la zona en una serie de bloques por medio del sistema de fallas desarrollado, enmascarando así las estructuras más antiguas [11]. Las dislocaciones de plegamiento que presenta la región son sumamente complejas.

El sistema de fallas más antiguo está asociado al emplazamiento de las ofiolitas, presentando una dirección W - NW fundamentalmente que coincide con la dirección de agrietamiento, aparecen además dos sistemas de fallas de dirección casi perpendicular entre sí y que se desplazan mutuamente. Todas estas fallas son desplazadas por una falla transcurrente de dirección NW - SE que atraviesa toda la región. Por medio de estas estructuras la región queda dividida en bloques. El área de estudio está enmarcada específicamente en el bloque El Toldo.

Geomorfología.

El relieve de Cuba oriental, al igual que el relieve cubano en general es el reflejo de la alta complejidad geológico estructural resultante de la acción de procesos compresivos durante la etapa Mesozoica y el Paleógeno, a los cuales se han superpuesto desplazamientos verticales, oscilatorios, diferenciados e interrumpidos así como la separación en bloques del territorio. Algunos autores consideran que la etapa de formación del relieve cubano comienza en el Paleógeno, cuando se inician los movimientos verticales como tendencia fundamental, disminuyendo notablemente los movimientos horizontales.

En cuanto el origen y edad del relieve, los procesos morfogénicos iniciaron su acción directa en el modelado de la superficie en periodos tan jóvenes como el Mioceno - Plioceno, en el relieve actual del noreste oriental se ponen de manifiesto muchas

morfoestructuras heredadas de los procesos geodinámicos que se iniciaron a fines del Mesozoico y se extendieron hasta el Paleógeno, responsables de la formación del sistema de escamas tectónicas que caracteriza al complejo ofiolítico y que a pesar de la vigorosa reestructuración neotectónica aún se reflejan en el mismo.

Genéticamente el relieve de la región y sus áreas adyacentes está clasificado dentro del tipo de horst y bloques. Tomando como base los criterios de clasificación que Portela y otros [75] usaron en la confección del mapa geomorfológico del nuevo Atlas Nacional de Cuba. La Dra. Rodríguez A. clasificó el territorio en dos zonas geomorfológicas fundamentales: la zona de relieve de llanura y la zona de relieve de montañas, con subtipos específicos:

Zona de Llanuras. La formación de estas llanuras está relacionada con la acción conjunta de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales y marinos. Dentro de los subtipos tenemos: llanuras acumulativas marinas, llanuras fluviales (abrasivo– acumulativas y acumulativas), llanuras acumulativas palustres parálidas, A continuación se hará referencia a las formas que se desarrollan en el área.

- Llanuras acumulativas marinas.
- Llanuras fluviales acumulativas.
- Llanuras fluviales abrasivo– acumulativas.
- Llanuras acumulativas palustres parálidas.

Las llanuras acumulativas marinas: Ocupan el área comprendida entre la barrera coralina y el litoral, llegando a formar parte en algunos sectores de la zona litoral como ocurre en la zona de Quemado del Negro, La actividad erosiva en esta zona es prácticamente nula debido a la protección al oleaje que ofrece la barrera arrecifal, estando limitada la misma a la remoción de los sedimentos en los períodos de intensas lluvias, como resultado del aumento de la descarga de los ríos. Los sedimentos que en ella se acumulan proceden de dos fuentes fundamentales de suministro; los provenientes de la erosión de las cortezas lateríticas, transportados por los ríos que desembocan en la zona, siendo el Río Cayo Guam y Quesigua los de mayor aporte, al constituir cuencas de gran extensión y atravesar extensos sectores descubiertos de vegetación por la actividad antropogénica, procesos constructivos y de extracción minera, y los provenientes de la barrera arrecifal, que al constituir el rompiente del oleaje, es abrasionada en su porción norte frontal, siendo los detritos acumulados en su parte trasera. Todos estos materiales erosionados

son arrastrados conjuntamente con las demás cuencas del territorio, por las corrientes marinas hacia la zona de la bahía de Moa, que se encuentra espacialmente muy próxima a la zona mencionada.

Geomorfológicamente esta zona de llanuras acumulativas marinas constituye un elemento de vital importancia, ya que por su carácter de cuenca cerrada conforma un receptáculo natural para todos los materiales arrastrados desde la zona socio-económica construida en el litoral y sus alrededores, incluidos los elementos contaminantes, lo que puede conllevar a la destrucción de la barrera coralina y con ella a la propia cuenca, lo que provocaría el surgimiento o intensificación de procesos destructivos en la zona insular periférica, afectando al medio ambiente en todas sus dimensiones.

Las llanuras fluviales: Clasificadas en acumulativas y abrasivo-acumulativas en dependencia del proceso predominante en su morfogénesis. Las primeras, las llanuras fluviales acumulativas se desarrollan en la zona correspondiente a la base del escalón inferior de las tierras emergidas y en las que se encuentran los cauces inferiores y desembocaduras de los ríos Cayo Guam y Quesigua. En esta zona los procesos erosivos son escasos y sólo se ponen de manifiesto a través de pequeños arrastres de suelos y acarreamiento, generalmente asociados a taludes locales, algunos de carácter antropogénico. Por otro lado, debido a su posición espacial e hipsométrica y sus pendientes que no sobrepasan como promedio los tres grados, constituyen una superficie óptima para la acumulación de los sedimentos arrastrados de los niveles superiores. Dentro del material que se acumula predominan los sedimentos fluviales.

Las zonas de llanuras fluviales abrasivo-acumulativas se localizan en la zona nordeste del área, limitada por el río Quesigua y en un pequeño sector en la parte noroeste del área limitada por el río Cayo Guam. En estas zonas la superficie topográfica pierde su regularidad al aparecer sectores de hasta 9° de pendiente, condicionando la existencia de procesos erosivos. La disección vertical oscila de 10 a 90 m/km², mientras que las isobasitas marcan hasta 100 m y 50 m para el segundo y tercer orden respectivamente. Los sedimentos que se acumulan en estas llanuras son de origen fluvial y su deposición es generalmente de carácter temporal, siendo removidos con frecuencia en los períodos de crecida.

Llanuras acumulativas palustres parálidas: Asociada genética y espacialmente con las llanuras fluviales y marinas y en la zona de intersección entre ambas, en ella predominan procesos acumulativos de sedimentos típicos de zonas pantanosas de color oscuro y olor fétido, anegadas en agua, siendo el mangle la vegetación predominante ocupando la porción central del área. Precisamente

A. Tamayo Pérez

en la zona se encuentran ubicadas las futuras presas de colas. Toda esta zona de relieve de llanura de edad Cuaternario no ha estado exenta de la acción de los procesos tectónicos, la existencia de fallas que cortan y desplazan el relieve como la falla de rumbo nordeste que desplaza la llanura palustre. En ninguna de las numerosas fallas que cortan estas zonas llanas se aprecian saltos verticales pronunciados, lo que da una idea de la agresividad denudativa.

La zona de relieve de montaña se clasifica en cuatro subtipos:

- Premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas.
- Submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas.
- Montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas
- Montañas bajas diseccionadas.

El área de estudio corresponde a la zona de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas la cual será descrita de inmediato. Zona de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas. Constituye la zona de transición gradual de las llanuras fluviales acumulativas y abrasivo-acumulativas a las montañas bajas. Esta zona se caracteriza por presentar elevaciones de poca altura y cimas aplanadas por los propios procesos denudativos, dentro de los cuales predominan la erosión por arrastre de las aguas superficiales y la meteorización que se hace intensa debido al dinamismo de las aguas subterráneas, predominando para el resto de la zona suelos redepositados de carácter temporal, mientras que en las hondonadas y microcuencas es típica la repetición de capas de perdigones, intercaladas con material arcilloso, lo que evidencia su carácter deluvial.

Formas Cársicas: Núñez Jiménez [69 y 70], ha publicado varios trabajos sobre la regionalización del carso cubano ubicando esta zona en el grupo III, denominado Región Cársica del Oriente de Cuba, en el subgrupo montañas de Moa, carso de los antillanos serpentinizados. Otros autores no concuerdan con que las formas anteriormente descritas en peridotitas se les denomine con el término de cársicas, llamándolas como pseudocarlo en peridotitas, al plantear que el proceso que las origina no es por disolución, si no por lavado de los ocre arcillosos debido a la acción de las aguas pluviales y de infiltración, es decir, que su origen está asociado a un proceso de lixiviación y sufusión a través de grietas y fisuras por donde se escurre el material acarreado.

A. Tamayo Pérez

Existen otras dos formas del paisaje que aun cuando tienen un origen antrópico son tratadas en este epígrafe ya que deben constituir una preocupación constante para el hombre ante el peligro latente de las consecuencias que ellas puedan acarrear al medio ambiente.

Una de ellas son las áreas minadas y escombreras que con el crecimiento de la producción niquelífera se agigantan, constituyendo sectores descubiertos y desmembrados que aceleran el proceso de acarcavamiento, intensifican el arrastre de los suelos con la consabida ruptura del equilibrio fluvial y provocan la acumulación anómala de sedimentos en las zonas bajas.

La otra forma está constituida por las presas de colas construidas en el paisaje que degradan progresivamente el medio físico y eliminan la vegetación ubicada dentro de ellas y destruyen paulatinamente la circundante. Estas formas además de alterar morfológicamente la superficie, constituyen sectores de pérdida de la cobertura vegetal lo cual no altera el ciclo hidrológico sino también facilita la acción de un agente erosivo intenso como el viento, corriéndose el riesgo de un proceso de desertificación artificial.

Sismicidad de la región.

Moa al estar ubicada dentro del contexto de Cuba oriental y partiendo de los estudios que se han realizado se ha considerado que las zonas sismogeneradoras que se deben tener en cuenta para los estimados de la peligrosidad sísmica son:

Zona sismogeneradora Oriente(Bartlett – Caimán)

Esta zona se encuentra asociada a la falla transcurrente Bartlett – Caimán que se encuentra al sur de Cuba oriental, presentando una dirección predominante de E – W y constituye un limite entre las placas norteamericana y caribeña. En esta zona se genera la más alta sismicidad de todo el territorio cubano y con ella se encuentran asociados los terremotos de mayor intensidad con epicentros en el archipiélago cubano. La intensidad máxima pronostico es de 8 grados en la escala MSK.

Zona sismogeneradora Cauto – Nipe.

Asociada a la zona de fractura de igual nombre con dirección SW – NE desde las inmediaciones de Niquero hasta la bahía de Nipe. Constituye un límite interplacas que separa al bloque oriental cubano del resto del territorio. La potencialidad sísmica de esta zona alcanza los 7 grados en la escala MSK.

A. Tamayo Pérez

Zona sismogeneradora Sabana.

Se encuentra asociada a la falla Sabana o Norte Cubana, zona de sutura entre la microplaca cubana y la norteamericana, presentando un contraste significativo entre el bloque nororiental cubano y la depresión submarina del canal viejo de Bahamas. La sismicidad de esta zona es variable y su intensidad máxima está en los 7 grados en la escala MSK. Sus principales focos sísmicos se localizan en los puntos de intersección de esta zona con las fallas de dirección NE y NW que la cortan.

CAPITULO II

CAPITULO II. METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Metodología.

Limitaciones de la investigación.

Metodología.

En la investigación la metodología seguida para la ejecución de los trabajos, no difiere de la utilizada en las investigaciones geológicas, para ello, la misma se dividió en etapas de trabajo.

Primera etapa: Preliminar.

La primera tarea a solucionar fue la selección del área de trabajo que debía garantizar que dentro de ella quedaran incluidas todas las estructuras que de forma directa o indirecta condicionaran la dinámica de los sectores que constituyen el objeto de estudio, que en nuestro caso corresponde a la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. La cual está comprendida por las aguas del Océano Atlántico al norte, al sur la línea convencional que lo separa de los yacimientos Camarioca Norte y Camarioca Este, al oeste el yacimiento Moa Oriental y al este las elevaciones que constituyen la línea divisoria del río Yagrumaje. Según el sistema de Lambert el área se encuentra enmarcada en las siguientes coordenadas:

X: 700 000 - 707 000

Y: 218 000 - 225 000

A. Tamayo Pérez

En esta etapa de trabajo se estableció la escala, asumiéndose como escala básica para la aplicación de los métodos morfométricos y de comprobaciones de campo la escala 1: 10 000, apoyándose en las cartas topográficas 5277 IV-b-1, IV-b-4, IV-a-3, IV-a-6 a escala 1: 10 000. Para la representación final de los resultados se tomó la escala 1: 10 000.

Se definió el conjunto de métodos a aplicar que comprenden la utilización simultánea de métodos morfométricos, de fotointerpretación geólogo geomorfológica, trabajo de campo y microtectónica con el uso de informaciones adicionales geodésicas y geofísica; se realizó la selección de materiales primarios y se procedió a la búsqueda y revisión bibliográfica.

Segunda etapa: Fotointerpretación y morfometría.

Previo al trabajo de campo e incluso durante este se utilizan diversos medios de información que lo complementan y facilitan su desarrollo, entre esos medios auxiliares están las fotos aéreas, los mapas topográficos y las transformaciones de estos. La aplicación de estos garantiza la determinación de las principales estructuras tectónicas, e incluso en ocasiones con una mejor exactitud en el cartografiado, reduciendo el trabajo de campo a las comprobaciones y mediciones de los elementos de yacencia, sentido de desplazamiento e índices de la actividad neotectónica.

Durante el desarrollo de esta etapa de trabajo se realizó la fotointerpretación del área la cual tuvo como objetivo fundamental la determinación de las estructuras de fracturas a partir de la aplicación de los principios básicos de los trabajos fotogeológicos y de los criterios directos e indirectos que permitieron la identificación de las mismas e incluso en algunos casos hasta poder determinar su grado de actividad y posibles riesgos, así como el estudio de las formas del relieve.

Fotos aéreas.

La interpretación de las fotos aéreas no es una tarea fácil, haciéndose en ocasiones más difícil por la vegetación. Cuando se utilizan de forma correcta, ahorran un considerable trabajo de campo y este alcanza mayor efectividad y se hace más económico.

Las imágenes 1:36 000, 1: 62 000 fueron consultadas con el fin de determinar el esquema fotogeológico. En la interpretación de las fotos se utiliza un estereoscopio para obtener efectos en tercera dimensión. Al ser lograda la visión estereográfica mediante la superposición de dos imágenes en una sola, se procedió a la interpretación. Con el lápiz cristalográfico se señalaron las fallas y las grietas, en caso de ser dudosa su existencia los trazos fueron discontinuos.

A. Tamayo Pérez

Para la determinación de las fracturas o alienaciones tectónicas en las fotos, nos apoyamos en los siguientes criterios:

- Alineación de arroyos.
- Tramo del río o arroyo que corre en línea recta durante cierto tramo.
- Angularidad de la red fluvial.
- Alineación de la vegetación.
- Línea recta de tonos más oscuros en las rocas.
- Discontinuidad de las estructuras.
- Desplazamientos de estratos a ambos lados de una fractura.
- Escarpes o líneas de fallas.
- Contactos bruscos lineales entre dos materiales distintos.

La representación gráfica de la interpretación se hizo mediante el esquema fotogeológico. Consistió en trasladar de forma generalizada las anotaciones de las fotos al papel.

Mapas morfométricos.

Construidos exclusivamente sobre la base de las hojas topográficas. Son utilizados para el estudio de los movimientos tectónicos recientes y las estructuras de diversos órdenes producidos por ellos. Dentro de los mapas utilizados en el trabajo tenemos red fluvial, isobasitas, pendientes realizados a escala 1:10 000. A continuación se explicará a grandes rasgos su confección.

Red fluvial: La confección de este mapa resulta sencilla, solo es necesario marcar las líneas fluviales principales y los arroyos que fluyen sus aguas a estas, luego con las curvas de nivel se determinan los sistemas de cañadas y grietas por las que supuestamente se escurre el agua superficial y se une a las corrientes fluviales ya marcadas. Se determinan las alineaciones de la red fluvial, las cuales constituyen un criterio para determinar las estructuras tectónicas y en ocasiones su posible desplazamiento.

Isobasitas: Para su construcción se auxilia del mapa de red fluvial, se ubica la red de orden de los ríos y se unen con líneas todos los puntos en que los ríos de determinado orden corten a una misma curva de nivel. De esta forma se obtienen diversas líneas

A. Tamayo Pérez

conocidas como isobasitas, se confeccionaron mapas de isobasitas de tercer y segundo orden, utilizando para esto solo los ríos de tercer y segundo orden respectivamente. Con la fusión de estos se determinaron los movimientos neotectónicos de la zona.

Pendientes: Para confeccionar este mapa se seleccionó en el mapa topográfico áreas de igual comportamientos de las curvas de nivel. Se calculó espaciamiento horizontal para cada valor límite de los rangos de pendientes previamente seleccionados y se llevó a escala, se midió el espaciamiento de las áreas seleccionadas y se determinó el rango a que pertenece, el cual es ubicado en el mapa con una simbología determinada.

Con los cartogramas existentes, en esta etapa, se confeccionó el mapa de alineaciones de la red fluvial; a partir de estos se ubicaron los encajamientos de los valles de los ríos, formas positivas y negativas del relieve, escarpes, áreas y direcciones principales de escurrimiento de las aguas superficiales, los cuales fueron tomados como criterios para la identificación de las posibles fallas y su desplazamiento, así como, estimar las direcciones de agrietamientos y valorar de forma preliminar los posibles riesgos.

Tercera etapa: Comprobaciones de campo y microtectónica.

El trabajo de campo consistió en las comprobaciones en condiciones naturales de las estructuras determinadas durante la segunda etapa de trabajo, realizándose paralelamente a ello las mediciones de los elementos de yacencia de grietas y fracturas a ambos lados de las estructuras que pudieron servir de criterio para determinar el sentido de desplazamiento de los bloques a través de los movimientos geodinámicos. Se documentaron 16 puntos de afloramiento en las zonas de mayor complejidad geólogo - tectónica y fueron mediadas 721 grietas que se procesaron estadísticamente a través de métodos computarizados (Dips) confeccionándose los diagramas de contorno. Con las estructuras determinadas y comprobadas en el campo se procedió al cartografiado de las mismas con énfasis en aquellas que por su marcado interés socioeconómico, alta complejidad o ausencia de reportes anteriores así lo requirieron.

Se tomaron los criterios directos e indirectos de existencia de fallas y sus respectivos desplazamientos. Además se midieron las direcciones de las cárcavas existentes en los taludes interiores de la empresa.

Limitaciones de la investigación.

En el desarrollo de la tarea investigativa se enfrentaron limitaciones tales como:

- Encubrimiento de la información geólogo tectónica originado por la actividad antropogénica. Este fenómeno ha ocurrido por recubrimiento de la superficie debido a los movimientos de tierra o por la propia obra construida como ocurre en el área de la mina.
- Limitación de los materiales topográficos a escalas detalladas antes de iniciarse el proceso de construcción de la empresa y escasa nitidez de los existentes.
- Ausencia de fotografías aéreas detalladas tomadas en fecha reciente que permitieran hacer comparaciones cualitativas y cuantitativas de las variaciones morfológicas y tectónicas antes y después de los movimientos sísmicos ocurridos.
- Desde el punto de vista geológico, la gran complejidad tectónica que caracteriza el cinturón ofiolítico cubano y en especial su bloque oriental.

A pesar de las limitaciones señaladas se desarrollaron las etapas de trabajo previstas y el objetivo propuesto fue cumplido.

CAPITULO III

CAPITULO III: MORFOTECTONICA Y GEODINAMICA DEL AREA.

Introducción.

Interpretación de los métodos aplicados.

Principales fallas del territorio.

Bloque y sub bloques morfotectónicos.

Movimientos contemporáneos.

Conclusiones.

Introducción.

Para la evaluación morfotectónica las investigaciones se basaron en la interpretación de la información topográfica, morfométrica, geodésica, fotointerpretación geológica, más la información de trabajos precedentes.

La base topográfica utilizada fue a escala 1:10 000, contándose con las cartas topográficas 5277 IV-b-4, IV-b-1, IV-a-3, IV-a-6 que muestran el área de estudio, sobre la base de las cuales se confeccionaron los esquemas de alineamientos de la red fluvial, se delimitaron las áreas con direcciones semejantes del escurrimiento superficial, se destacaron las formas positivas y negativas del relieve, así como los escarpes existentes. Otro elemento tomado fue el rejuvenecimiento de los valles de los ríos, las formas de V y las direcciones del agrietamiento. Los elementos detectados en esta interpretación preliminar fueron tomados como criterios de existencia de estructuras y sus respectivos desplazamientos, aunque se corroboraron con los otros métodos aplicados.

Las fotografías aéreas de Moa a escala 1:36 000 y 1: 62 000 fueron procesadas e interpretadas y con ello se confeccionó el esquema de foto - alineamientos de la zona de estudio.

La base morfométrica utilizada fue confeccionada a escala 1: 10 000 y dentro de ella se confeccionaron los mapas de red fluvial y divisoria de las aguas, mapa de pendientes, e isobasitas de segundo y tercer orden. A través de ellos se determinaron posibles fallas y bloques.

A. Tamayo Pérez

De la información recopilada en trabajos anteriores se contó con los mapas geológicos corregido y geomorfológico de Moa a escala 1:50 000, Dra. A. Rodríguez (1999), Mapa geólogo estructural de Moa a partir de datos aeromagnéticos, MsC. J. Batista (1997). De estas fuentes, se seleccionó la información necesaria, se complementaron los criterios expuestos por cada autor y se le sumaron los detectados en los mapas y esquemas de la presente investigación, lo cual sirvió para determinar los principales sistemas de fallas, su posible desplazamiento y dirección. Paralelo a esto se remarcaron las expuestas en trabajos precedentes.

Interpretación de los métodos aplicados.

Interpretación de fotos aéreas.

Mediante las fotos aéreas a escalas 1:36 000 y 1: 62 000 fueron detectados en el área la existencia de tres sistemas de fallas, dos de ellos descritos en trabajos regionales anteriores, el sistema más antiguo constituido por fallas de dos direcciones noreste - suroeste y noroeste- sureste, el segundo sistema con dirección norte- sur. Aparece un nuevo sistema poco desarrollado sobre el cual no se tenía referencia originado con los movimientos más recientes de dirección este- oeste. Los sistemas antes mencionados fueron determinados atendiendo a los siguientes criterios:

- Discontinuidad de estructuras.
- Desplazamiento de estructuras a ambos lados de otra.
- Contacto brusco lineal entre dos materiales distintos.
- Alineación de la línea de costa.
- Alineación de varios arroyos.
- Tramo de río o arroyo que corre en línea recta durante un cierto trecho.
- Angularidad de la red fluvial.
- Línea recta de tonos oscuros que atraviesa la roca.

Interpretación de diagramas de contorno.

A. Tamayo Pérez

Para la confección de los diagramas de contorno se utilizaron las mediciones de agrietamiento realizadas en el área de estudio fundamentalmente correspondiente al sector del yacimiento y al este de la fábrica hasta el río Punta Gorda.

Las grietas procesadas corresponden a 20 puntos de documentación para cada uno de los cuales se confeccionó el diagrama de contorno. De estos puntos, 4 fueron tomados de investigaciones anteriores (Almaguer, 1998) en puntos Yagrumaje 1 y 2, Los Lirios y La Vaca, los restantes realizados en la presente investigación. (Ver Tabla 1).

En los diagramas confeccionados se observa la dirección de los planos de agrietamiento predominantes representados por el color verde. (ver anexo)

Con las mediciones del agrietamiento hechas en el punto Yagrumaje2 se confeccionó el diagrama de contornos correspondiente, el cual muestra la existencia de anomalías tectónicas. Para el esclarecimiento de estas anomalías se realizaron mediciones en 6 puntos (A) que permitieron la confección de los mapas de contorno correspondientes.

Para los puntos A1 y A2 las direcciones principales de los planos de agrietamiento se comportan de forma anómala, puesto que al estar ubicado de forma cercana uno del otro muestran una dirección totalmente distinta siendo esta para el punto A1: N 8° W y para el punto A2: N 32° W lo cual evidencia la existencia de una fractura entre ambos puntos(Ver anexo7).

En los puntos A3, A4 y A6 el comportamiento de la dirección principal de los planos de agrietamiento es normal con dirección N 40° W coincidiendo con la dirección del río Yagrumaje (Ver anexos 8 y 9).

En el punto A5 la dirección predominante por donde corre el río no se refleja, puede ser que el sistema de falla correspondiente haya sido enmascarado por un sistema más joven con dirección E-W(Ver anexo 9).

En el punto Yagrumaje1 la dirección principal de los planos de agrietamiento es N -S

lo cual evidencia la existencia de una fractura coincidente con la dirección del río (Ver anexo 9).

Entre los pares de puntos B1- B3 y B2- B4 se observa un comportamiento anómalo de la dirección principal de los planos de agrietamiento dado por la existencia de una fractura con dirección N- S que al parecer enmascara a la fractura correspondiente con la dirección principal del río, siendo ésta al NW (Ver anexos 10 y 11).

En los puntos C3 y C4 la dirección principal de los planos de agrietamiento es N 50° W coincidiendo con una fractura(Ver anexo 13).

A. Tamayo Pérez

Entre los puntos C1 y C2 existe una diferencia de $\pm 15^\circ$ de variación del rumbo dado por una fractura con dirección principal de los planos de agrietamiento N 60° W y N 45° W respectivamente(Ver anexo 12)

Entre los puntos D1 Y D2 existen valores diferentes de la dirección de los planos de agrietamiento siendo para D1:N 15° W y para D2:N 48° W. En el diagrama correspondiente al punto D1 la dirección predominante del río no se refleja puede ser que haya sido enmascarado por un sistema más joven de dirección N–S. El diagrama del punto D2 coincide con la dirección de una fractura hacia el NW (Ver anexo14).

En el punto correspondiente al arroyo Los Lirios la dirección principal de los planos de agrietamiento es N 5° E coincidiendo con la dirección principal del arroyo(Ver anexo 15).

En el punto correspondiente al arroyo La Vaca existen tres familias en dirección NW casi verticales pero con ± 10 de variación del rumbo lo cual puede haber sido debido a la dirección de los esfuerzos a los que fueron sometidos(Ver anexo16).

Tabla No.1Características de los puntos de documentación.

Puntos	Coordenadas	Elementos de yacencia
A1	X: 704100 Y: 220800	264/70
A2	X: 704100 Y: 220801	237/89
A3	X: 703900 Y: 220600	219/66
A4	X: 703900 Y: 220601	232/40
A5	X. 704200 Y: 220800	202/5
A6	X: 704200 Y: 220801	54/78
B1	X: 704300 Y: 219800	80/5
B2	X: 704300 Y: 219801	237/73
B3	X. 704400 Y: 219808	67/4
B4	X: 704400 Y: 219809	241/51
C1	X: 705100 Y: 219200	25/3
C2	X: 705100 Y: 219201	236/46
C3	X: 705100 Y: 219900	218/63
C4	X: 705100 Y: 219901	215/70
D1	X: 705900 Y: 219701	266/12
D2	X: 705900 Y: 219700	42/54
Lirios	X: 701900 Y: 219500	94/81

A. Tamayo Pérez

Vaca	X: 701600 Y: 219300	191/60
Yagrumaje 1	X: 702200 Y: 218800	88/53
Yagrumaje 2	X: 704300 Y: 220804	234/32

Interpretación de mapas morfométricos.

Mapa de pendientes.

Al observar el mapa de pendientes se nota que existe un marcado incremento de las pendientes hacia el sur. La zona norte se caracteriza por presentar la mayor homogeneidad y extensión, con inclinación de 0-3° con pequeños sectores de pendientes de 3-6° de orientación norte - sur. La segunda zona ocupa la porción central con pendientes entre 3° y 9°. Hacia el sur existe un comportamiento heterogéneo de las pendientes que van desde los 3° hasta áreas mayores de 15°, sin ningún rango predominante. Sin embargo, se observa en detalle que la orientación general de los diferentes sectores de pendiente es norte – sur.

La zona de contacto entre las formas del relieve de llanura y el relieve de montaña aparece reflejado en el mapa de pendientes por una alineación este oeste de sectores con rangos diferentes de inclinación, lo cual puede ser el resultado de un contacto tectónico o litológico, que marca diferencias erosivas en las rocas.

Aunque se puede plantear que el comportamiento general de las pendientes es normal con valores decreciente hacia el norte, existen algunos sectores donde éste se hace anómalo, como ocurre en la parte sur central, en la vertiente norte del río Yagrumaje en los alrededores del punto de coordenadas X: 219 000 y Y: 703 500, donde la zona de inclinación mayor de 15° forma una cruz desplazada que puede ser indicador de zona de corte entre dos o más fallas o fracturas.

Mapa de red fluvial

En el mapa de red fluvial aparecen representados los sistemas fluviales que atraviesan el área. Los cursos principales de estas redes presentan orientación norte con excepción de los ríos Punta Gorda y Yagrumaje, que dentro del área de estudio cambian su orientación hacia el noreste, lo que sumado con otros criterios analizados puede constituir un índice de falla por desplazamiento de elementos morfológicos.

La densidad del drenaje disminuye progresivamente hacia el norte, lo que está en correspondencia con la disminución de las pendientes, siendo de forma general una densidad media que alcanza sus máximos valores hacia el sureste y suroeste.

En cuanto a la configuración de la red del drenaje, el comportamiento predominante es dendrítico, sin embargo en algunas áreas se hace subparalelo con cursos de primer orden alargados con dirección este - oeste como ocurre en la parte suroeste asociado a las cuencas del río Yagrumaje y el arroyo Los Lirios, y radial en la parte centro este y central asociado a las vertientes norte de los ríos Punta Gorda y Yagrumaje.

Mapa de isobasitas.

Al analizar el mapa de isobasitas del tercer orden que representa un relieve más antiguo que el segundo, se observa que las curvas alcanzan su mayor densidad cerca del parteagua principal y se enrarecen hacia los valles, lo cual evidencia un relieve directo, es decir, la existencia de una estructura anticlinal coincidente con una forma positiva del relieve.

El mapa de segundo orden muestra una estructura similar pero con una marcada asimetría entre las dos vertientes de la divisoria alcanzando la máxima densidad de isobasitas hacia la ladera sur existiendo además, un ligero desplazamiento hacia el centro del cierre de segundo orden y encontrándose en la parte suroeste valores anómalos de isobasitas hasta 150 m. Este comportamiento asimétrico entre el segundo y tercer orden nos indica que han existido movimientos diferenciados en la última etapa del desarrollo tectónico evolutivo de la zona, que ha llevado a un desplazamiento del proceso erosivo fluvial hacia el este.

Principales Sistemas de Fallas del área.

En trabajos regionales anteriores fueron detectados cuatro sistemas de fallas que corresponden a diferentes periodos del proceso geotectónico evolutivo regional sin embargo, de ellos sólo dos aparecen reflejados en el área de investigación, el sistema que presenta dos direcciones de fractura: noreste y noroeste y que se originaron durante el periodo de obducción del paleoarco cretácico sobre el paleomargen de Bahamas y el sistema de dirección norte-sur, formado durante los levantamientos postmiocénicos regionales. Además de ellos en el área aparece un tercer sistema poco desarrollado, muy joven, sobre el cual no se tenía referencia con anterioridad.

La descripción de cada uno de estos sistemas y las principales estructuras que los conforman se realiza a continuación según un orden cronológico desde el sistema más antiguo, hasta el más joven originado en las condiciones geodinámicas contemporáneas.

El sistema más antiguo para el área está constituido por las dislocaciones más abundantes y de mayor extensión, que indistintamente afectan todas las litologías presentes y son a su vez los límites principales de los sub bloques morfotectónicos, haciéndose sumamente importante la caracterización del mismo desde el punto de vista geodinámico contemporáneo. Este sistema está constituido por fallas de dos direcciones nordeste y norte-noroeste que se desplazan mutuamente y se cortan entre los sesenta y ochenta grados.

Las estructuras de este sistema se considera han sido originadas como resultado de los procesos de colisión y obducción del arco volcánico cretácico sobre el margen pasivo de Bahamas, existiendo una transición de las condiciones compresivas iniciales, típicas de la colisión, en expansivas durante el reajuste o relajamiento dinámico de las paleounidades tectónicas que obducen sobre Bahamas, por lo que el comportamiento final de estas estructuras es de carácter normal. Teniendo en cuenta el proceso que les dio origen, su edad es considerada en su fase final como Eoceno Medio con dudas (?) . Las principales estructuras representativas de este sistema en el área serán caracterizadas a continuación.

A. Tamayo Pérez

Falla Cayo Guam: Se extiende desde la parte alta del río de igual nombre, siguiéndose con nitidez hasta Punta Yagrumaje, con dirección N15°W.

Esta estructura aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación fluvial con ríos de cauces profundos y formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras.
- Desplazamientos de líneas de costas y zonas geomorfológicas en el rango de 1.5 a 2.5 km.
- Valores morfométricos bruscos y diferentes a ambos lados de la fractura, estando en el bloque occidental los máximos valores de isobasitas desplazados hacia el norte respecto al oriental.
- Límite brusco y alineado de zonas pantanosas.
- Intenso cizallamiento en la zona de fractura.
- Variaciones bruscas del agrietamiento entre ambos bloques de falla.
- Variaciones hipsométricas entre ambos bloques de fractura.
- Límites alineados de depósitos del Cuaternario.

En el mapa del campo magnético esta estructura se marca por el cambio brusco del comportamiento entre ambos bloques.

En la parte septentrional, cerca del litoral esta estructura es cortada por dos fallas paralelas entre sí de orientación noreste que limitan un campo negativo. La más meridional de estas estructuras coincide espacial y direccionalmente con un gradiente máximo, constituyendo los límites de una zona de valores negativos desplazada hacia el este, lo que da una idea de la alta complejidad tectónica del sector(Fallas punta Gorda y Quemado del Negro).

Falla Yagrumaje NE: Presenta una dirección N30° E, con una longitud aproximada de 1000 m.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes(0-3° y 6-9°).

A. Tamayo Pérez

- Desplazamiento de estructuras.
- Desviación de la línea divisoria de aguas.

Falla Yagrumaje NW: Tiene una dirección N50°W, con una longitud aproximada de 1500 m.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Encajamiento de la red fluvial.
- Comportamiento diferente a ambos lados de la fractura de la dirección del escurrimiento.
- Desviación del parte aguas principal.
- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes (9-12° y mayores de 15°).
- Comportamiento diferente de las alineaciones de las cumbres a ambos lados de la línea de fractura.

Falla Yagrumaje E: Se encuentra al norte, a lo largo del río de igual nombre ocupando una extensión de 1100 m con dirección N52°E.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes(0-3° y 6-9°).
- Alineación brusca del relieve.
- Espejos de fricción.
- Desviación del parte aguas principal.
- Desplazamiento del relieve.

Falla Punta Gorda E: Posee una dirección N70°E, con extensión 500 m debido a que es cortada por dos estructuras.

A. Tamayo Pérez

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Intenso cizallamiento en la zona de fractura.
- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes(6-9° y 9-12°).
- Variaciones hipsométricas entre ambos bloques de fractura.
- Encajamiento de la red fluvial.
- Desplazamiento de estructuras.
- Desplazamiento del relieve.
- Desviación de la línea divisoria de aguas.

Falla Punta Gorda Arriba: Presenta dirección N20°W, extendida por toda la costa del pueblo Punta Gorda Abajo con extensión aproximada de 1000 m.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de la línea de costa.
- Desplazamiento de zonas pantanosas parálidas.
- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes (0-3° y 6-9°).

Falla Veguita: Extendida a lo largo del río Moa en dirección N con una extensión aproximada de 2 500 m en dirección N70°W.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de sistemas fluviales con cauces profundos en forma de barranco y laderas muy escarpadas de pendientes mayores a treinta grados.
- Valores hipsométricos y morfométricos contrastantes entre cada uno de los bloques de falla. Desplazamiento de la línea costera a 1 km aproximadamente.

A. Tamayo Pérez

- Desplazamiento de formas del relieve.
- Orientación diferenciada del agrietamiento en los bloques formados por el sistema de fallas.
- Intenso cizallamiento según los planos de fracturas con sectores mineralizados por ejemplo en La Vigía.

El segundo sistema de fracturas que aparece desarrollado en el territorio corresponde a estructuras sublongitudinales, pero tienen su máxima expresión en las zonas periféricas de los sectores de máximo levantamiento. En las estructuras de este sistema no siempre se encuentran desplazamientos geológicos y geomorfológicos apreciables y su expresión está dada fundamentalmente por la formación de barrancos, alineaciones fluviales. Las características descritas anteriormente permiten suponer una génesis asociada a procesos de descompresión o expansión de bloques, al disminuir las tensiones horizontales que mantienen cohesionado los macizos rocosos debido a los movimientos verticales diferenciales. La edad de este sistema es considerada en su límite inferior posterior al Mioceno Medio, momento en que se inicia el proceso de ascenso definitivo del territorio actual de Cuba oriental como tendencia general y se extiende hasta el presente por prevalecer las condiciones geodinámicas que le dan origen.

Falla Los Lirios: Posee una dirección N2°E, extendida aproximadamente 1100 m a lo largo de un tramo recto del arroyo con igual nombre.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Intenso cizallamiento en la zona de fractura.
- Encajamiento de la red fluvial.
- Variaciones bruscas de la dirección del agrietamiento entre ambos bloques de fallas.
- Desplazamiento del relieve.
- Desviación de la línea divisoria de aguas.
- Desplazamiento de estructuras.

A. Tamayo Pérez

Falla Punta Gorda Abajo: Posee una dirección N5°E, de longitud 1 500 m.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Desplazamiento de estructuras.
- Comportamiento diferente a ambos lados de la fractura de la dirección del escurrimiento.
- Desplazamiento del relieve.
- Alineación de un curso fluvial del río.

Falla Yagrumaje N: Se extiende desde el centro del área hacia el norte con una longitud de 1 500 m, de dirección N3°W.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Intenso cizallamiento en la zona de fractura.
- Desplazamiento del relieve.
- Comportamiento diferente de las alineaciones de las cumbres a ambos lados de la línea de fractura.
- Desviación del parte aguas principal.
- Desplazamiento de estructuras.

Falla La Vaca: Se extiende aproximadamente 1 800 m a lo largo del arroyo de igual nombre con dirección N12°E.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Desplazamiento del relieve.
- Desplazamiento de estructuras.
- Desviación de la línea divisoria de aguas.

A. Tamayo Pérez

Falla Los Lirios W: Asociada a una estructura ubicada al W del arroyo de igual nombre con una extensión aproximadamente de 2 000 m en dirección N12°E.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Intenso cizallamiento en la zona de fractura.
- Intenso cizallamiento en la zona de fractura.

Falla Yagrumaje Abajo: Se extiende aproximadamente 1 100 m a lo largo del río de igual nombre, en dirección N2°W.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Variaciones hipsométricas entre ambos bloques de fractura.
- Encajamiento de la red fluvial.
- Comportamiento diferente a ambos lados de la fractura de la dirección del escurrimiento.
- Desplazamiento del relieve.
- Desviación de la línea divisoria de aguas.
- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes(9-12° y mayores de 15°).

El tercer sistema y más joven para el área de estudio presenta una orientación sublatitudinal, desplazando a los sistemas antes descritos por lo que se considera que el mismo es originado con los movimientos más recientes o contemporáneos que afectan a la región. Este sistema presenta poca expresión topográfica, sin embargo pueden notarse desplazamientos de elementos estructurales, de formas del relieve fluvial y en ocasiones constituye límite de sectores de cambio - aunque no bruscos -de pendientes.

Las principales fallas de este sistema son las siguientes.

A. Tamayo Pérez

Falla Yagrumaje Centro: Asociado a una estructura que atraviesa al río en el centro del área con extensión aproximada de 1 100 m en dirección N80°W.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Desplazamiento de estructuras.
- Desviación del parte aguas principal.
- Desplazamiento del relieve.
- Encajamiento de la red fluvial.

Falla Yagrumaje S: Asociada a una estructura de dirección N75°E con extensión aproximada de 1 000 m.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Encajamiento de la red fluvial.
- Desplazamiento de estructuras.
- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes (9-12 y may15).
- Alineación brusca del relieve.
- Variaciones hipsométricas entre ambos bloques de fractura.

Falla Yagrumaje Arriba: Posee dirección N80°W, extendida a lo largo de la desembocadura del río Moa hasta Punta Yagrumaje.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes
- Límites alineados de zonas pantanosas parálidas.
- Desplazamiento de estructuras.

Falla Yagrumaje: Asociada a un tramo recto a lo largo de la desembocadura del río Yagrumaje con una extensión de 1 300 m, en dirección N80°W.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de la línea de costa.
- Límites alineados de zonas pantanosas parálicas.
- Desplazamiento de estructuras.

Falla Punta Gorda: Se extiende a lo largo de un tramo recto de la desembocadura del río con una extensión aproximada de 2 000 m en dirección N80°W.

Los criterios que permitieron su identificación fueron:

- Alineación de un curso fluvial del río.
- Desplazamiento del relieve.
- Desplazamiento de estructuras.
- Comportamiento diferente de las alineaciones de las cumbres a ambos lados de la línea de fractura.
- Desplazamiento del parte aguas principal.

En la tabla 2 se exponen de forma resumida los criterios que permitieron la identificación de las fallas detectadas en el área.

Bloque y sub bloques Morfotectónicos.

En el levantamiento geológico de Guantánamo se hace una subdivisión tectónica del extremo de Cuba oriental en dos regiones: la occidental, que comprende la cuenca de Sagua de Tánamo, Bloque de la Sierra del Maquey y la periferia de la Cuenca Guantánamo y la oriental, comprendida por los bloques Miraflores - El Toldo, Cuchillas de Moa-Baracoa y la franja costera Cañete-Baracoa separados entre sí por la estructura divisoria Zona de Fallas Miraflores-Riíto.

A. Tamayo Pérez

En las investigaciones de A. Rodríguez (1999) se hace la subdivisión del gran bloque Miraflores - El Toldo en varios bloques con desplazamientos horizontales y verticales diferenciados, encontrándose el área de las presentes investigaciones en el denominado Bloque El Toldo, el cual es el de máxima extensión, correspondiéndole también los máximos valores del levantamiento relativo de la región.

Litológicamente está conformado en superficie por las rocas del complejo máfico y ultramáfico de la secuencia ofiolítica, sobre las cuales se ha desarrollado un relieve de montañas bajas de cimas aplanadas ligeramente diseccionadas. Hacia la parte norte se desarrollan en un pequeño sector premontañas aplanadas.

El drenaje es de densidad media a baja, lo que está condicionado por las potentes cortezas de intemperismo que cubren al área y favorecen la permeabilidad del suelo y al intenso control estructural del drenaje que condiciona la formación de barrancos.

En este bloque aparecen desarrolladas formas del relieve cársico en peridotitas ubicadas alrededor de las elevaciones máximas, siendo el punto de mayor cota El Toldo con 1174 m sobre el nivel del mar.

Los parámetros morfométricos para este bloque son los más relevantes al tomar valores que indican la máxima intensidad de levantamiento con isobasitas que cierran en 900 m y 800 m para el 2^{do} y 3^{er} orden respectivamente y valores de la disección vertical de 550 m/km². Los rangos de pendiente son contrastantes, teniendo en la cima de 6° a 9° promedio, con sectores interiores de 0°-3°; mientras que en los límites del bloque, fundamentalmente en el occidental enmarcado por la falla Moa, llegan los valores a ser mayores de 30°, alcanzándose las máximas pendientes en los barrancos de los afluentes principales.

Hacia la parte norte, en su prolongación dentro de la zona marina puede notarse la pérdida de la barrera arrecifal desde la intersección de la falla La Veguita hasta la falla Quesigua, donde sólo queda como testigo de su existencia un banco de arena de morfología similar, lo que se considera constituye un índice de los movimientos diferenciales entre los bloques.

Los análisis microtectónicos realizados para el bloque indican la existencia de una dirección máxima de agrietamiento de rumbo N85°W apareciendo otras dos direcciones importantes, una sublongitudinal y una de dirección noreste. En este bloque aparece el sistema de fracturas norte-sur el que no manifiestan desplazamientos horizontales y verticales intensos.

Sub bloques y pequeños sub bloques morfotectónicos.

Como consecuencia de los estudios tectónicos realizados en la presente investigación se pudo determinar la existencia de una serie de sub bloques más pequeños en el bloque El Toldo, limitados por el enrejado tectónico descrito en el epígrafe anterior y los cuales describimos a continuación.

Sub bloque Yagrumaje Abajo: Se encuentra ubicado en la parte sur del área, posee forma tabular. La falla Yagrumaje S y la falla Yagrumaje NW constituyen los límites oeste y norte respectivamente. En la parte N de este sub bloque aparecen alineaciones de las formas positivas del relieve, la dirección del escurrimiento de las aguas es hacia el norte, la dirección del agrietamiento es noreste. El desplazamiento es hacia el norte controlado por la dirección del desplazamiento de las fallas que constituyen sus límites.

Sub bloque Yagrumaje Arriba: Es el sub bloque de mayor extensión, aparece formando una gran cuña. Las fallas Los Lirios y Cayo Guam constituyen sus límites este – oeste y las fallas Yagrumaje Arriba y Veguita conforman sus límites superiores mientras que por la parte inferior encontramos las fallas Yagrumaje sur y Yagrumaje este. El escurrimiento superficial está controlado por la dirección del agrietamiento existente, noreste – noroeste, al igual que los cierres positivos del relieve. El movimiento horizontal es hacia el norte regido por las fallas que conforman sus límites. Dentro de este sub bloque aparecen 3 pequeños sub bloques, a los cuales se hacen mención de inmediato:

Pequeño sub bloque La Vaca: Las fallas Veguita y Los Lirios conforman sus límites norte y este, se encuentra ubicado en forma de una pequeña cuña. La dirección del escurrimiento superficial de las aguas es de sur a norte, la dirección del agrietamiento es noreste –noroeste al igual que los cierres positivos del relieve.

Pequeño sub bloque Yagrumaje norte: Posee forma tabular limitado por las fallas Yagrumaje noreste y Yagrumaje norte al este y al oeste, el límite norte está dado por la falla Veguita. La dirección del escurrimiento de las aguas superficiales es hacia el sureste. La dirección del agrietamiento es noreste –noroeste al igual que los cierres positivos del relieve.

A. Tamayo Pérez

Pequeño sub bloque Yagrumaje centro: Es un bloque muy pequeño limitado por la falla Yagrumaje N y Yagrumaje Arriba al este y norte. El movimiento horizontal es hacia el norte regido por las fallas que conforman sus límites. El escurrimiento superficial está controlado por la dirección del agrietamiento existente.

Sub bloque Punta Gorda Abajo: Se encuentra ubicado en la parte sureste del área. Es un bloque pequeño limitado casi en su totalidad por la falla Punta Gorda E. La dirección del agrietamiento es NW – EW, la dirección del escurrimiento de las aguas responde a este agrietamiento.

Sub bloque Punta Gorda Arriba: Los límites están controlados por las fallas Yagrumaje este al oeste, Punta Gorda Arriba al este, Yagrumaje al norte y en la parte inferior por la falla Yagrumaje Centro. La dirección del escurrimiento es hacia el este. La dirección del agrietamiento es EW- NW, al igual que los cierres positivos del relieve.

Sub bloque Los Lirios: Es un pequeño bloque ubicado en la parte oeste del área, con límites dados por la falla Los Lirios al oeste. La dirección del agrietamiento es NE- SN, la dirección del escurrimiento es de sur- norte.

Sub bloque Moa: SE encuentra ubicado en la parte alta al norte del área, es un gran bloque. La dirección del escurrimiento de las aguas es hacia el norte.

Movimientos contemporáneos.

Los criterios más importantes que caracterizan los movimientos contemporáneos en el área de estudio son:

- Alineación y desplazamiento de la línea de costa actual, lo que puede notarse con claridad en la zona litoral en la desembocadura del río Yagrumaje, formándose en el plano una estructura escalonada.
- Desplazamiento de zonas parálicas cuaternarias y límites rectilíneos de las mismas, lo cual ocurre en toda la zona pantanosa litoral.
- Formación de escarpes rectilíneos con pendientes mayores a 15° en contacto con zonas de pendiente suaves.
- Encajamiento de valles fluviales, por ejemplo los ríos, arroyos.
- Desplazamiento lateral de valles fluviales, fenómeno que alcanza en el área su máxima expresión en las cuencas de los ríos Yagrumaje y Punta Gorda.

A. Tamayo Pérez

- Acodamientos sucesivos de cursos fluviales con trazos rectilíneos, lo que ocurre en todos los ríos del territorio y con carácter marcado en los cauces de los ríos Yagrumaje y Punta Gorda.
- Desviación de líneas divisorias o partes de aguas principales.
- Posición hipsométrica anómala de depósitos fluviales del Cuaternario. Un ejemplo de esto lo constituyen los depósitos conglomeráticos de génesis fluvial en la margen occidental del río Cayo Guam, los cuales aparecen 40 m por encima del nivel del valle actual
- Desplazamiento de formas de relieve. Se asocia a casi todas las fallas descritas, pero en particular queremos referirnos a los desplazamientos originados por las fallas Yagrumaje centro NE, EW y NW, La vaca, Cayo Guam y Punta Gorda que además de provocar desplazamientos horizontales ponen en contacto brusco zonas geomorfológicas diferentes y provocan en ocasiones la rectificación de la línea de costa.
- Variaciones bruscas de la dirección del agrietamiento entre ambos planos de fractura.
- Contacto lineal de zonas de pendientes diferentes.
- Espejos de fricción.
- Comportamiento diferente a ambos lados del plano de fractura de la dirección del escurrimiento.
- Intenso cizallamiento en la zona de fractura.
- Desplazamientos de estructuras.
- Valores morfométricos bruscos y diferentes a ambos lados de la fractura.
- Ocurrencia de actividad sísmica, la cual se inició a través de dos eventos de magnitudes moderadas en los años 1992 y 1994 y numerosos de magnitudes variables que alcanzaron su máxima manifestación en diciembre del 98, enero y julio del año 1999.

En los estudios neotectónicos y geomorfológicos regionales que se han consultado se reconoce la existencia de movimientos de levantamientos que caracterizan la geodinámica actual del territorio, coincidiendo todos en señalar la zona de El Toldo como el sector de máximo ascenso relativo. Este mecanismo de reajuste de la corteza por choques y desplazamientos al mismo tiempo

A. Tamayo Pérez

que produce movimientos rotacionales, levantamientos y hundimientos relativos de los sub bloques respecto a otros, origina también dentro de una misma morfoestructura movimientos diferenciales. En la caracterización realizada de los bloques morfotectónicos se estableció el sentido fundamental de los desplazamientos horizontales y verticales de cada uno quedando además establecido que en la región predominan condiciones tectónicas que generan levantamientos diferenciados, reflejándose los máximos levantamientos en El Toldo que constituye el núcleo hórstico central del territorio, flanqueado por un conjunto de grabens y hors tectónicos menores, que al mismo tiempo se desplazan lateralmente y que llegan incluso en ocasiones a rotar.

Conclusiones.

Como conclusiones de este capítulo se puede resumir que la tectónica en la cual queda enmarcada el área de las investigaciones tiene un carácter activo, donde se observan estructuras correspondientes a los tres sistemas de fallas surgidas en estadios geotectónicos diferentes, que se manifiestan con diferente grado de nitidez y reflejo en el relieve. El sistema más joven detectado de dirección norte - sur, es considerado de gran importancia, puesto que afecta a las estructuras más antiguas y no había sido detectado en investigaciones regionales lo cual se justifica por la escasa manifestación en el relieve.

Como resultado de los movimientos ocurridos a través de las estructuras falladas, el área queda expresada en forma de mosaico irregular, donde aparecen dentro del bloque El Toldo cinco pequeños sub bloques con movimientos diferenciados, comportándose como un sistema de horst y grabens escalonados con sectores locales de rotación y que en conjunto conforman un gran bloque en ascenso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

Recomendaciones.

Conclusiones.

En el área de investigación la tectónica posee un carácter activo, condicionado por la existencia de tres sistemas de fallas surgidos en estadios geotectónicos diferentes. El sistema más joven de dirección norte –sur, no detectado en investigaciones regionales anteriores, es considerado de gran importancia, puesto que afecta a las estructuras más antiguas.

En el área se encuentran cinco estructuras activas las cuales son: falla Yagrumaje Centro, Yagrumaje NE, Yagrumaje NW, Yagrumaje EW, La Vaca y Punta Gorda.

Como resultado de los movimientos ocurridos a través de las estructuras falladas, el área queda expresada en forma de mosaico irregular, donde aparecen dentro del Bloque El Toldo cinco sub bloques con movimientos diferenciados dentro de los cuales tenemos: Yagrumaje Abajo, Punta Gorda Abajo, Punta Gorda Arriba y Yagrumaje Arriba, este último dividido a su vez en dos pequeños sub bloques, La vaca, Yagrumaje Norte y Yagrumaje Centro.

Quedó establecido la existencia de amenaza ambiental de génesis geológica y específicamente tectónica que de forma lenta o violenta se pone de manifiesto a través de las estructuras activas que en el mismo existen y que pueden originar riesgos de gran magnitud a partir de la existencia de obras de gran complejidad constructiva y de alta peligrosidad.

Los procesos erosivos originados por la intensa actividad tectónica, aceleran el desarrollo de cárcavas en los taludes interiores de la mina.

Recomendaciones.

Al existir en el área la empresa y mina se hace necesario continuar desarrollando la investigación, incrementando elementos que de forma indirecta puedan mostrar el estado de riesgo al que se exponen las obras, para ello se recomienda que se realice un estudio con un grado de detalle mayor.

Que se realice un inventario de las cárcavas existentes en el área y se consideren medidas para atenuar su desarrollo.

Establecer un sistema de control a los objetos ubicados sobre las fallas activas y en caso de detectarse rupturas observar su comportamiento periódicamente.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía Consultada.

1. Adamovich A., Chejovich V. y otros. Estructuras geológicas y minerales útiles de la región Nipe - Cristal, provincia de Oriente. Fondo Geológico. 1963.
2. Adamovich A. y Chejovich V. Sobre el relieve pre Maestrichtiano del norte de oriente y sus relaciones con la geomorfología contemporánea. Revista Tecnológica, Vol. 3, No.2, 1965.
3. Almaguer Y. Estudio de las condiciones hidrogeológicas e ingeniero geológicas del yacimiento Punta Gorda. Moa, Trabajo de Diploma, ISMM, 1998.
4. Anónimo. Medio Ambiente y Desarrollo. XIV Festival Mundial de la Juventud y los Estudiantes. Ciudad de la Habana, 1997.
5. Astrosa Gättgens A. El papel de las ciencias geológicas en los programas de desarrollo sostenible y ordenamiento territorial en Costa Rica. Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Vol.2, Oficina regional de ciencia y tecnología, UNESCO, 1995.
6. Augusto O. Deslizamientos. Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Vol.1, Oficina regional de ciencia y tecnología, UNESCO, 1995.
7. Bankwitz P. Introduction for remote sensing for geology and tectonics. United Nations Training Course, Postdam, 1987.
8. Batista J. Caracterización geológica y estructural de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético 1: 50 000. Tesis de maestría. Departamento de Geología, I.S.M.M, 1998.
9. Bolt B. Excitación de terremotos por agua. Terremotos. Universidad de California. 1983.
10. Campos M. Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de las provincias de Holguín y Guantánamo. Revista Minería y Geología No.2, 1983.
11. Campos M. Tectónica y minerales útiles de la asociación ofiolítica y de los complejos vulcanógenos del arco insular cretácico en Cuba Oriental. Inédito. Departamento de Geología, I.S.M.M, 1991.
12. Capote C., Pérez R., Villena M., Calzadilla M., Pérez C., Strazhevich V. La teledetección aplicada a las investigaciones geológicas. I.G.P., MINBAS, 1987.

13. Carbonel F., Almiral J. Estudio aerofotogeológico y geomorfológico del extremo oriental de Cuba a escala 1: 100 000. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1989.
14. Castellanos M. Economía y Medio Ambiente. Enfoques, Reflexiones y Experiencias actuales. Editorial Academia, La Habana, 1996.
15. Castellanos M. Introducción a la problemática de la valoración económica ambiental. Editorial Academia, La Habana, 1998.
16. Cavallín A., Marchetti M. Geomorphology and environmental impact assessment: a practical approach. Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, 1995.
17. Christie- Blick u., Biddle K. T. Deformation and basin formation along strike-slip faults. Lamont Doberty Geological Observatory Contribution, 1985.
18. Cobiella J.L. Sobre el origen del extremo oriental de la fosa de Bartlett. Editorial Oriente, 1984.
19. Cobiella J.L., Quintas F. Análisis estratigráfico y tectónico de las provincias orientales y Camagüey. Departamento de Geología, I.S.M.M., 1983.
20. Cobiella J. Y Rodríguez J. Algunos rasgos de la geología de Cuba oriental. Ciencias Técnicas, Serie Geodesia y Geofísica No.3, 1978.
21. Colectivo de autores. Proyecto de explotación minero – metalúrgica Cupey “Las Camariocas”. Estudio de impacto ambiental (Fase 1). Ciudad de la Habana, 1997.
22. Conde M. Estudio morfotectónico de la estructura Quesigua. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1996.
23. Cotilla M., Franzke H.J., Pilarski J., Portuondo O., Chuy T., Pilarski M., Alvarez L. Mapa de alineamientos y nudos tectónicos principales de Cuba.
24. Cotilla M., González E., Díaz J.L., Cañete C. Mapa neotectónico complejo del extremo oriental de Cuba y la parte marina meridional.
25. Cotilla M., Alvarez L., Grunthal G., Chuy T., Rubio M. Potenciales sísmicos del arco de las Antillas Mayores.

26. Díaz J.L. Movimientos tectónicos recientes de Cuba occidental. Nuevas investigaciones geodésicas y geomorfológicas. Ciencias de la Tierra y el Espacio, No.17, 1990.
27. Domínguez L. Estudio tectónico detallado del área de Las Camariocas. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa, 1999.
28. Dos Santos A. M. Geología aplicada y medio ambiente. Aspectos geológicos de protección ambiental. Vol.1, 1995.
29. Estudiantes de tercer año. Levantamiento geológico y reinterpretación de datos geofísicos. Informe de la práctica laboral. ISMM, 1998.
30. Fleisher P.J. Maps in applied geomorphology. Developments and application of geomorphology, 1984.
31. Fonseca E., Zelepuguin M. y Heredia M. Particularidades de la estructura de la asociación ofiolítica en Cuba. Ciencias de la tierra y el espacio, No.9, 1984.
32. Fonseca Z., Salazar R. Estudio morfotectónico del extremo oriental de Cuba a escala 1:100 000. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1989.
33. Formell F. Clasificación morfogenética de las cortezas de intemperismo niquelíferas sobre las rocas ultrabásicas de Cuba. Ciencias de la tierra y el espacio No.1, ACC, 1979.
34. Formell F., Oro A. Sobre los procesos de redeposición del yacimiento Punta Gorda. Ciencia de la Tierra y el Espacio No.2, 1980.
35. García A., Almenares N. Estudio morfotectónico de las zonas Nuevo Mundo y Las Camariocas. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1994.
36. García G., Muñoz N., Domínguez E., Rodríguez A. Métodos geólogo-geomorfológicos en la búsqueda y exploración de yacimientos de cortezas de intemperismo ferroniquelíferas en Cuba. Revista Minería y Geología, No.1, 1983.
37. González E., Cañete C., Carral R., Díaz J., Capote C., Rodríguez A. Análisis estructural del macizo Mayarí Baracoa. Serie Geológica No.4, 1986.
38. González E., Carral R., Díaz J.L., Cañete C. Estudio de los movimientos neotectónicos en el macizo Mayarí Baracoa. Serie Geológica No.3, 1986.

39. González E., Saunders P.E. Estudio de las cortezas ferroniquelíferas de Cuba por métodos morfométricos. La Minería en Cuba, Vol. 3, No.2, 1977.
40. Harding T. P. Identification of wrench faults using subsurface structural data: criteria and pitfalls. AAPG, Vol.74 / 10, 1990.
41. Hass J.E. Socioeconomic impact of earthquake prediction on government, business and community. Institute of behavior sciences, University of Colorado, 1976.
42. Hernández E. y Mera L. Actividad sísmica a lo largo de la zona de falla de la cordillera septentrional. (Límite entre la placa Norteamericana y la placa del Caribe. Investigación para el desarrollo, Año 1, No.1, 1994.
43. Hernández J.R., Marquez M., Lilienberg D. Carácter oscilatorio de la geodinámica endógena reciente en zonas sismogeneradoras cubanas. Ciencias de la tierra y el espacio, No.13, 1987.
44. Hernández J.R., Lilienberg D., González R. Principales nudos morfoestructurales sismoactivos de Cuba septentrional. Ciencias de la tierra y el espacio, No.17, 1990.
45. Instituto de Investigaciones Geológicas. Tipos y simbología de los mapas geomorfológicos. Ministerio de Minería y geología, 1978.
46. Instituto Tecnológico Geo Minero de España. Manual de ingeniería de taludes. 1987.
47. Iturralde M. Las ofiolitas en la constitución geológica de Cuba. Ciencias de la tierra y el espacio, No.17, 1990.
48. Iturralde M. Sinopsis de la constitución y evolución geológica de Cuba. Inédito, 1997.
49. Kämpf H., Pilarski J. Remote sensing interpretation related to vein deposits and seismotectonics in the Vogtland. United Nations Training Course, Postdam, 1989.
50. Kassaskov P., Tabachserv V., Krasnoborodkin V., Efínova L., Escobar E., Vega P. Formación geológica y minerales útiles de la parte central y noreste del anticlinorio de Holguín. Fondo Geológico, 1974.
51. Keller E.A. and Rockwell T.K. Tectonic geomorphology, quaternary chronology and paleoseismicity. Developments and aplicaciones of geomorphology, 1984.

A. Tamayo Pérez

52. Knipper A. y Cabrera R. Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio y el eugeosinclinal y el cinturón hiperbasítico de Cuba. Publicación especial No.2, I.G.P., Contribución a la geología de Cuba., ACC, 1974.
53. Lacaba G. R. Evaluación ingeniero – geológica de las áreas con peligros y riesgos geoambientales en la ciudad de Moa. Revista geología y Minería No. 1, 1996.
54. Lewis J.F. and Draper G. Geology and tectonic evolution of the norther cribbean margin. The caribbean region. The geology of North America, Vol. H, 1990.
55. León M. Prospección geotécnica y la prevención de deslizamientos de tierra. Caso histórico. Folleto. Junio de 1984.
56. Lilienberg D., Hernández J.R., Marquez M.E., Alvarez J.L. Movimientos tectónicos recientes de Cuba. Editorial Academia, 1993.
57. Lundren P.R., Russo R.M. Finite element modeling of crustal deformation in the North America - Caribbean boundary zone. Jurnal of Geophysical, Vol. 101, No.35, 1996.
58. Magaz A.R. Principales problemas actuales de la geomorfología de Cuba y su importancia en la economía nacional. Ciencia de la Tierra y el Espacio, No.15-16, 1989.
59. Makarov V. I. Aplication of space techniques for neotectonic studies. United Nations Training Course, Postdam, 1989.
60. Mann P., Schubert C., Burke K. Review of caribbean neotectonic. The geology of North American, Vol. H, 1990.
61. Marquetti M. C. Proyecto de estudio sismotectónico de la C. H. A. Oriente norte. Informe técnico, E.I.P.I.B., 1990.
62. Martínez J. y otros. Un modelo de mapa neotectónico en la región nororiental de la provincia de Valencia (España). Estudios Geológicos 43 (1-2), 1987.
63. Medvedev S.V., Sponhever W., Karnik V. Escala de intensidad sísmica MSK. 1963.
64. Milanés M. Geomorfología de la zona Moa, provincia de Holguín. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1980.
65. Miall D. Andrew. Principles of sedimentary basin analylis.

A. Tamayo Pérez

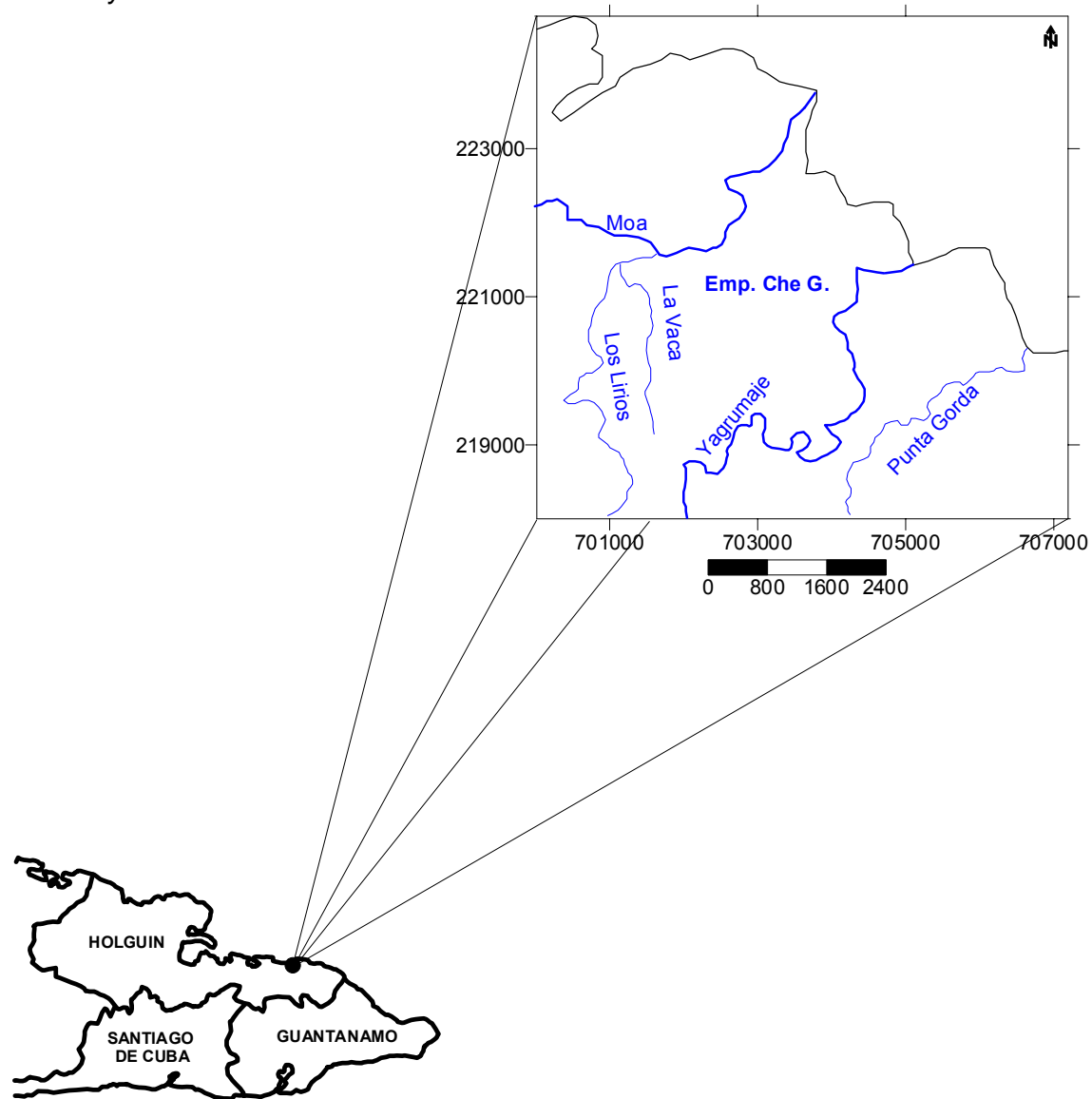
66. Morris A. E., Taner I., Meyerhoff H.A., Meyerhoff A. A. Tectonic evolution of the caribbean region; alternative hipotesis. The geology of North American, Vol. H, 1990.
67. Mundi M., Castillo J.L. Estudio geólogo-tectónico de la región de Moa. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1993.
68. Nagy N. Ensayo de las zonas estructuro faciales de Cuba oriental, contribución geológica de Cuba oriental. Editorial Ciencia y Técnica, ACC, 1983.
69. Normas cubanas 93 – 00 – 03, 1987.CDU 6147: 006.354/721.1.
70. Nuñez Jiménez A. Cuevas y Carso. EMFAR, 1984.
71. Nuñez Jiménez A., Korin J., Finko V., Formell F. Notas preliminares acerca del carso en peridotitas, Sierra de Moa, Oriente, Cuba. Revista Geología No.1, 1967.
72. Oliva G. nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía, ACC, 1989.
73. Orbera L. Sismicidad de la parte oriental de Cuba como índice de la actividad tectónica actual. Revista Boletín de la S.C.G., Primer congreso cubano de geología, 1989.
74. Pindell J.L., Barret S.F. Geological evolution of the caribbean region; A plate tectonic perspective. The geology of North American, Vol. H, 1990.
75. Pino M. Estudio geodinámico de Moa. Proyecto técnico integral No.63021, I.C.G.C. Empresa oriental de geodesia y cartografía, 1993.
76. Portela A. Relieve, Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, 1989.
77. Proenza J. Asociación ofiolítica en el noreste de Cuba oriental. Inédito. Departamento de Geología, I.S.M.M., 1995.
78. Pupo A., García M. Estudio de la falla Miraflores. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1995.
79. Quintas F. Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Tesis doctoral, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1989.

A. Tamayo Pérez

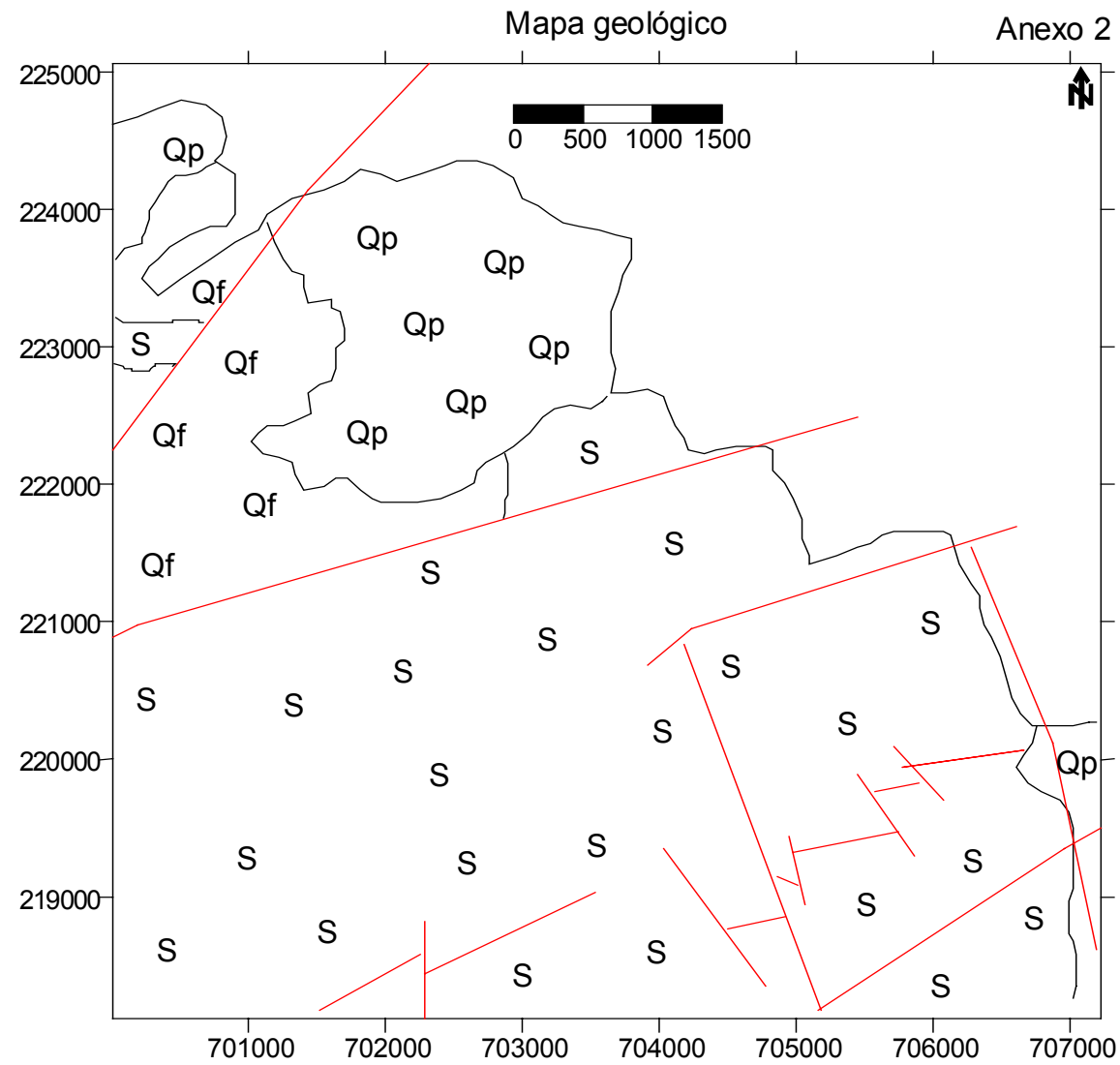
80. Quintas F., Cobiella J., Campos M. Estratigrafía y tectónica de Cuba oriental y Camagüey. Departamento de Geología, I.S.M.M., 1985.
81. Rivera D. Caracterización de las estructuras disyuntivas de la cuenca Santiago de Cuba. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1997.
82. Riverón A.B. Caracterización respuesta dinámica de los suelos en la ciudad de Moa. Tesis de maestría, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1996.
83. Rodríguez F. J. Estudio aerofotogeológico de la región de Moa y zonas aledañas. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1987.
84. Rodríguez A. Estudio fotogeológico de Moa y áreas adyacentes. Revista Minería y Geología, No.2, 1989.
85. Rodríguez A., Mundi M., Castillo J.L. Morfotectónica y sismotectónica de la región de Moa. Revista Minería y Geología, No.2, 1996.
86. Rodríguez A. Estilo tectónico y geodinámica de la región de Moa. Revista Minería y Geología, No.1, 1998.
87. Rodríguez A. Relieve y Neotectónica de la región de Moa. Revista Tecnológica, Serie Níquel, No.1, 1998.
88. Rodríguez A. Riesgos de origen tectónico para el territorio de Moa. Revista Tecnológica, Serie Níquel, No.2, 1998.
89. Rodríguez A. Características geólogo-geomorfológicas del yacimiento Punta Gorda. Revista Minería y Geología, No.1, 1983.
90. Rodríguez A., Carralero N. Condiciones geomorfológicas y neotectónicas de las zonas de desarrollo de yacimientos lateríticos de Moa. Revista Minería y Geología, No.1, 1984.
91. Rodríguez P. J. Evaluación del impacto ambiental. Geología ambiental. Texto para el diplomado. ISPJAE. 1998.
92. Saleed M. A. Análisis ingeniero ambiental de la mina Che Guevara. Trabajo de diploma. ISMM. Moa, 1997.
93. Tadashi A. Riesgos geológicos urbanos. Aspectos geológicos de protección ambiental, Vol. No.I, 1995.
94. Thornbury D.W. Principios de Geomorfología. Editorial Pueblo y Educación, 1983.

95. Trifonov V.G. Remote sensing of geological hazards. United Nations Training Course, Postdam, 1987.
96. Torrente Y. Estudio de la falla Cayo Guam. Trabajo de diploma, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1996.
97. Uchupi J.F. Cuencas de pull-apart en el Caribe. Geofísica Internacional, No.2, 1990.
98. Urrutia J. Rotación de bloques en sistemas de fallas de desplazamiento lateral en cuencas tensionales. Geofísica Internacional, Vol. 28, México, 1989.
99. Varios. Reporte del terremoto de Moa del 20 de marzo de 1992. Comunicación escrita, 1994.
100. Ximenes F. Erosión y la ocupación rural y urbana. Aspectos geológicos de la protección ambiental, Vol. No.1, Oficina regional de ciencia y tecnología, UNESCO, 1995.

ANEXOS



Anexo 1. Mapa de ubicación

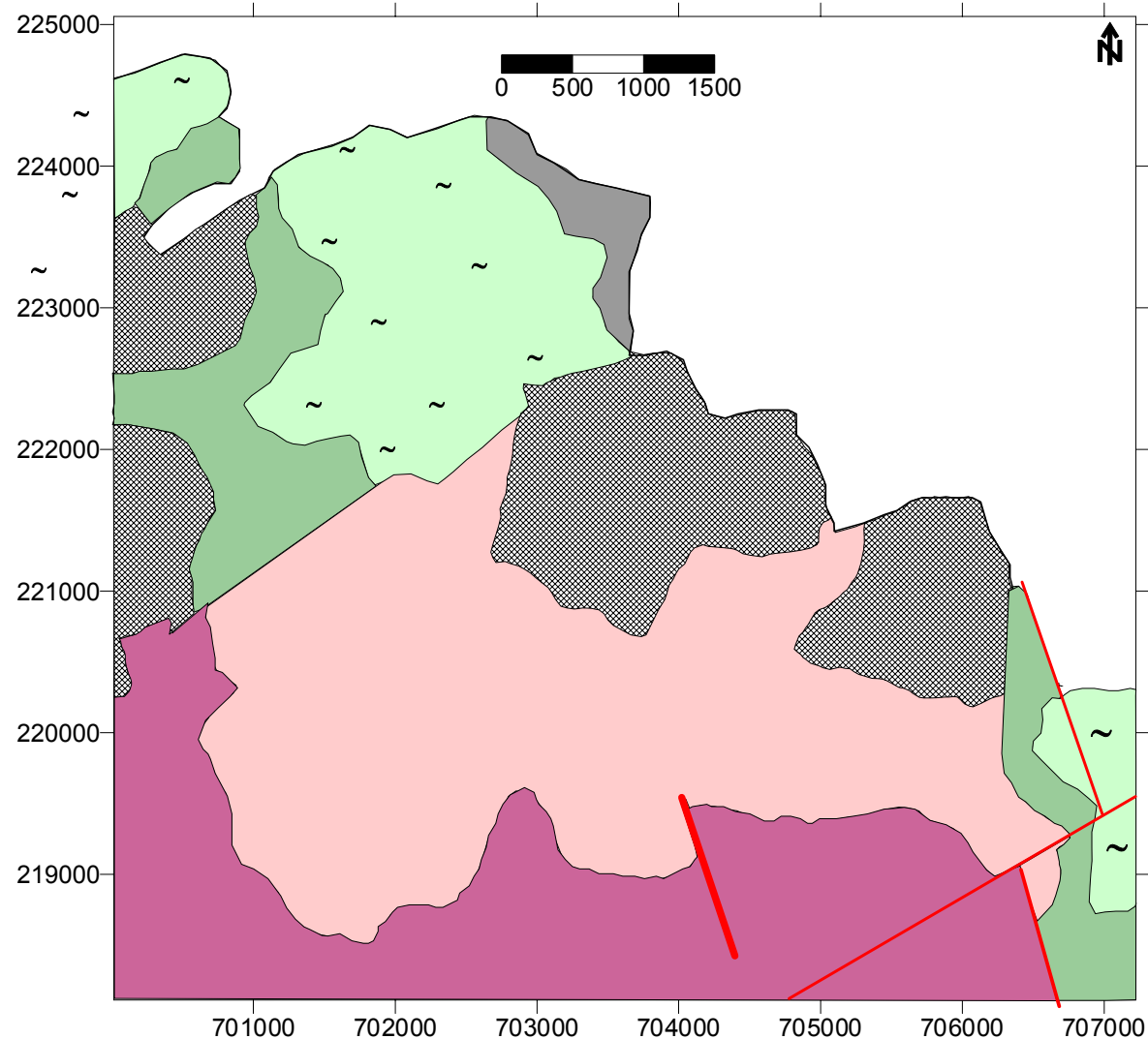


SIMBOLOGI

- Qf Sedimentos fluviales del
- Qp Sedimentos parálcos del₆₂
- S Serpentinitas
- Fallas seguras

Mapa geomorfológico

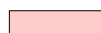
Anexo 3



SIMBOLOGIA

Zonas Geomorfológicas

MONTAÑAS DE HORST Y BLOQUES

 Premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas.

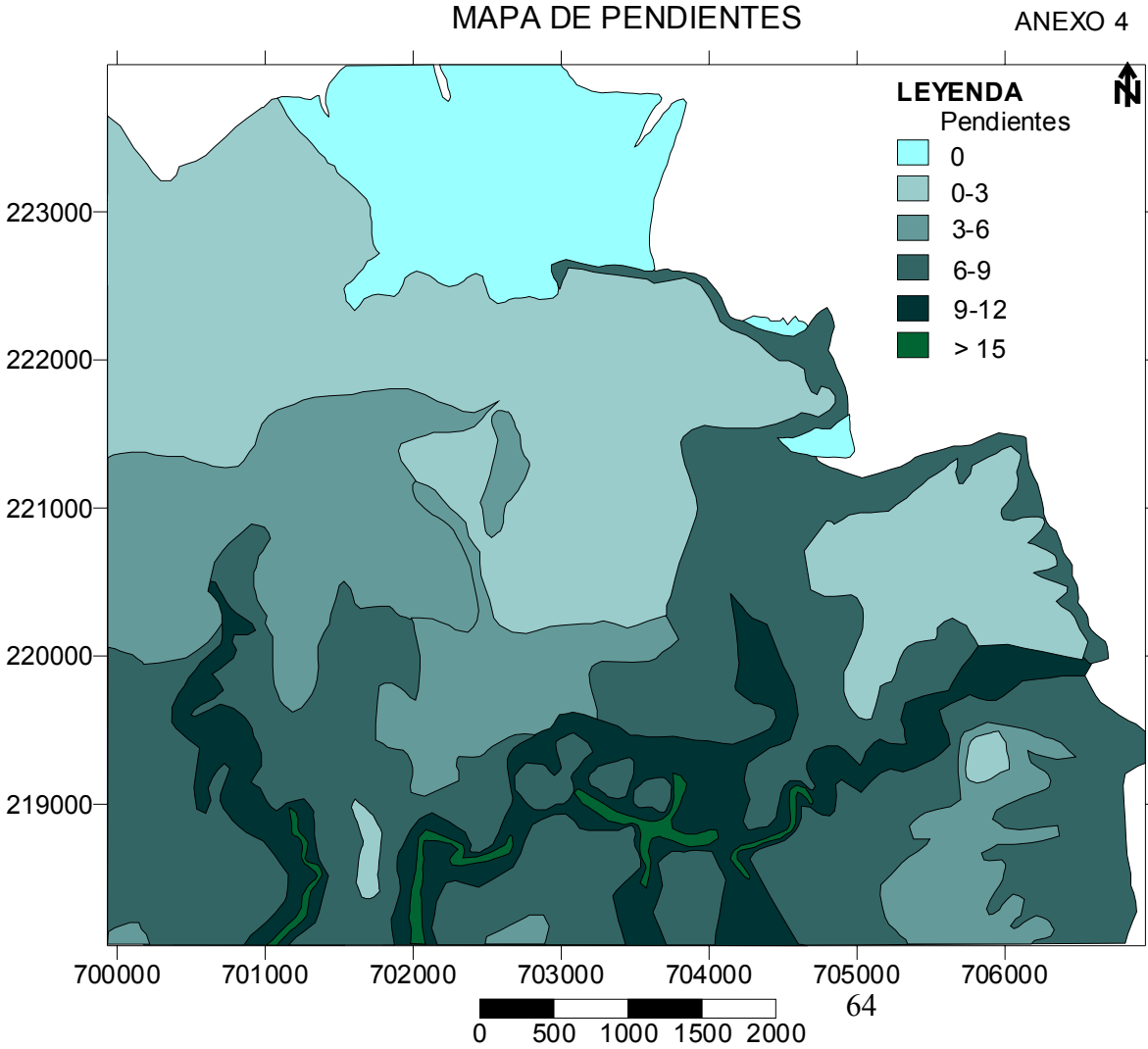
 Montañas bajas aplanadas.

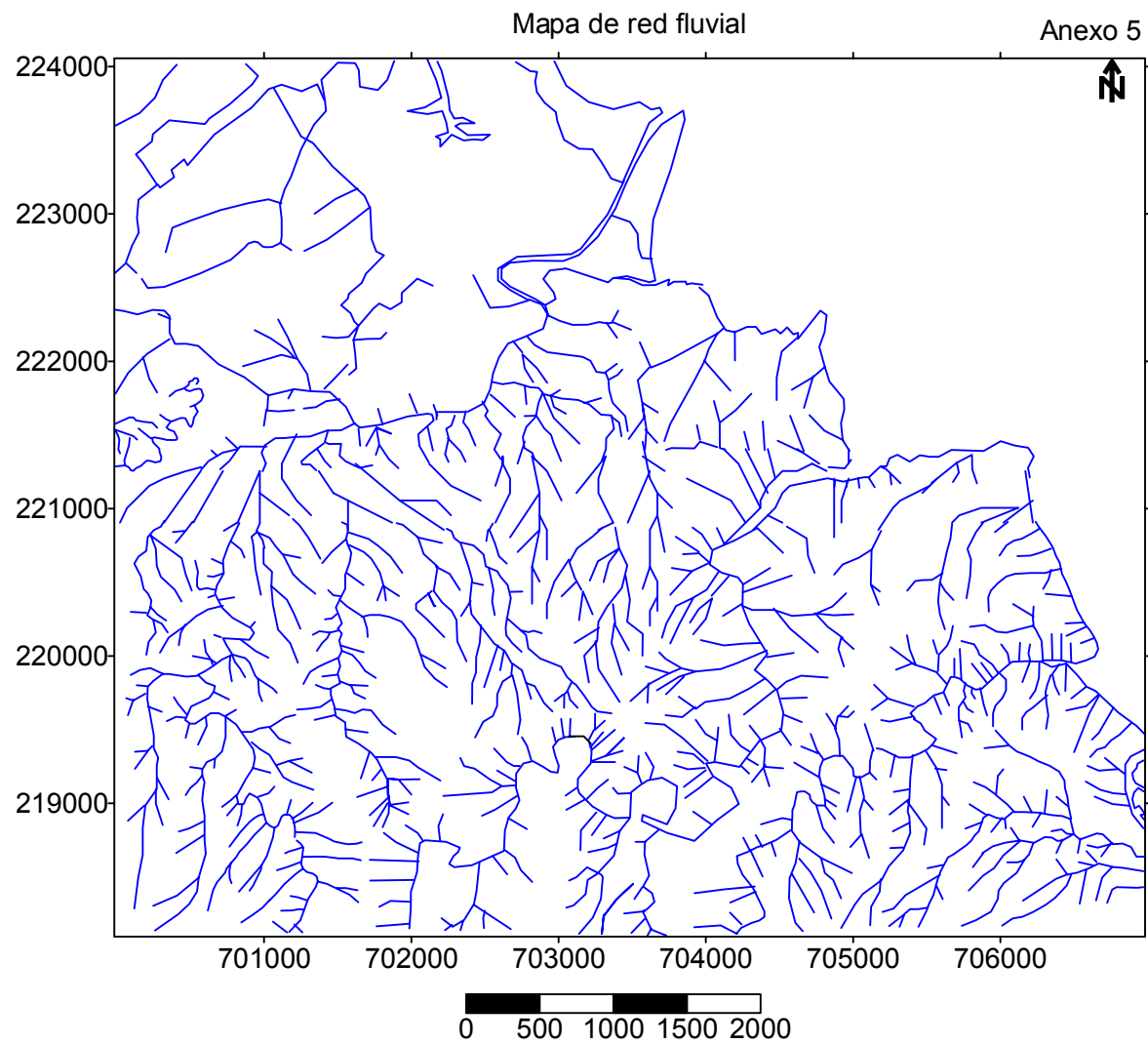
Formas del relieve

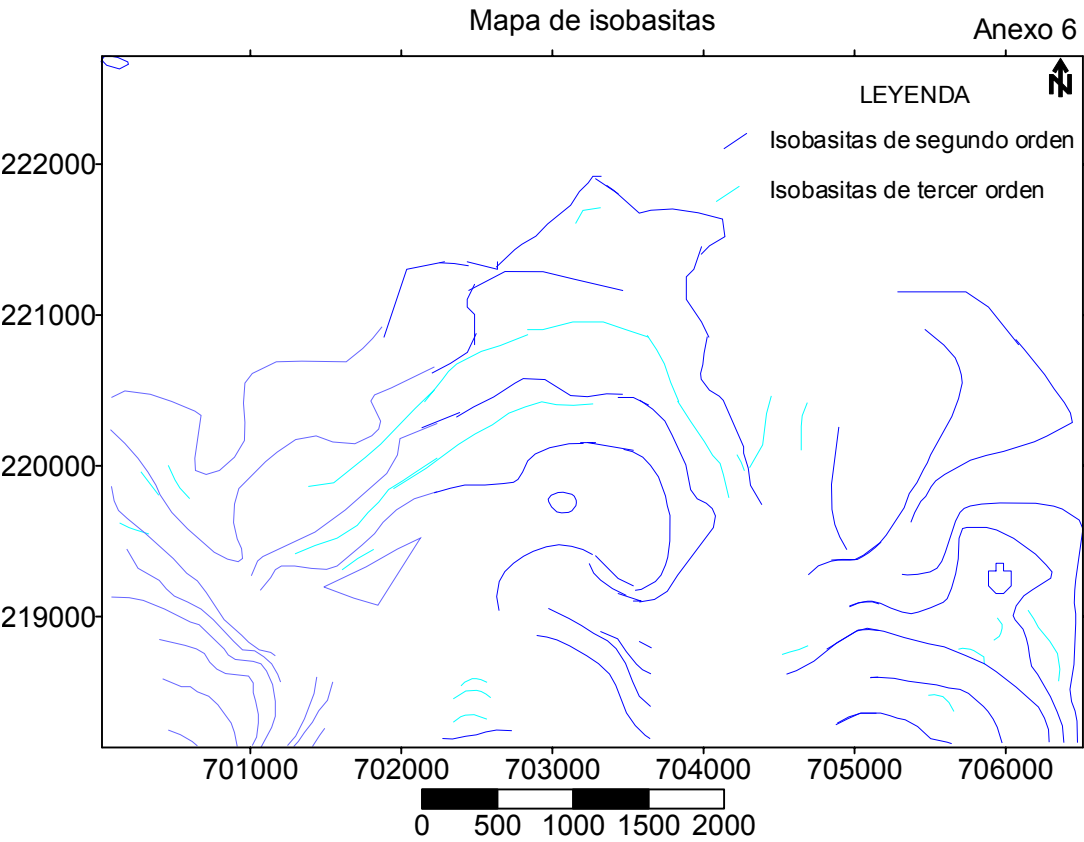
TECTONICAS

 Fallas de expresión geomorfológica.

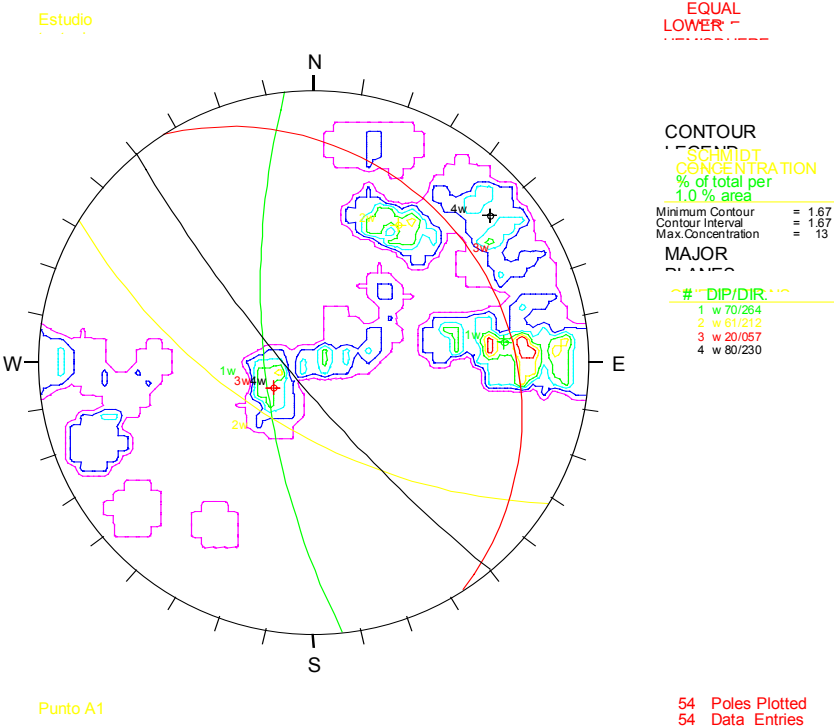
BIOGENICAS

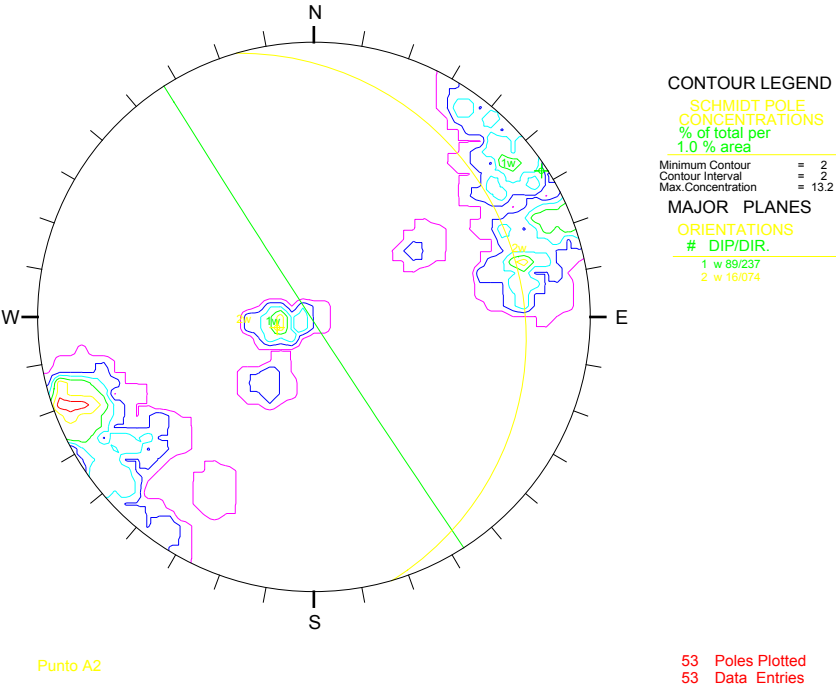






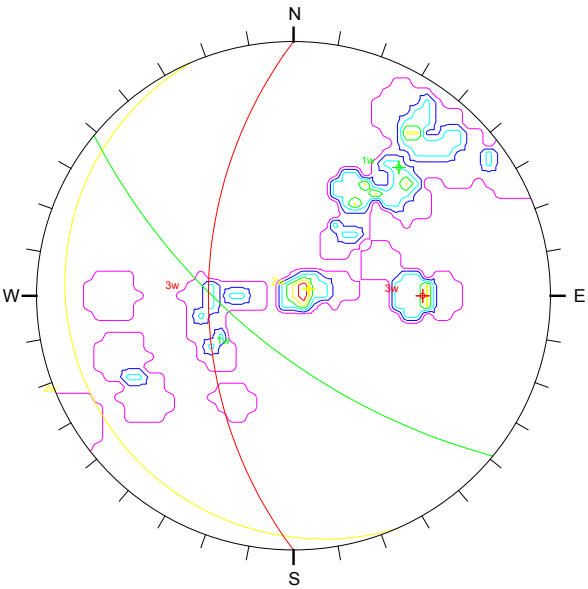
A. Tamayo Pérez
Anexo No.7: Mapas de contornos de los puntos A1 y A2.





Anexo No.8: Mapas de contorno de los puntos A3 y A4.

Estudio tectónico



Punto A3

EQUAL ANGLE
LOWER HEMISPHERE

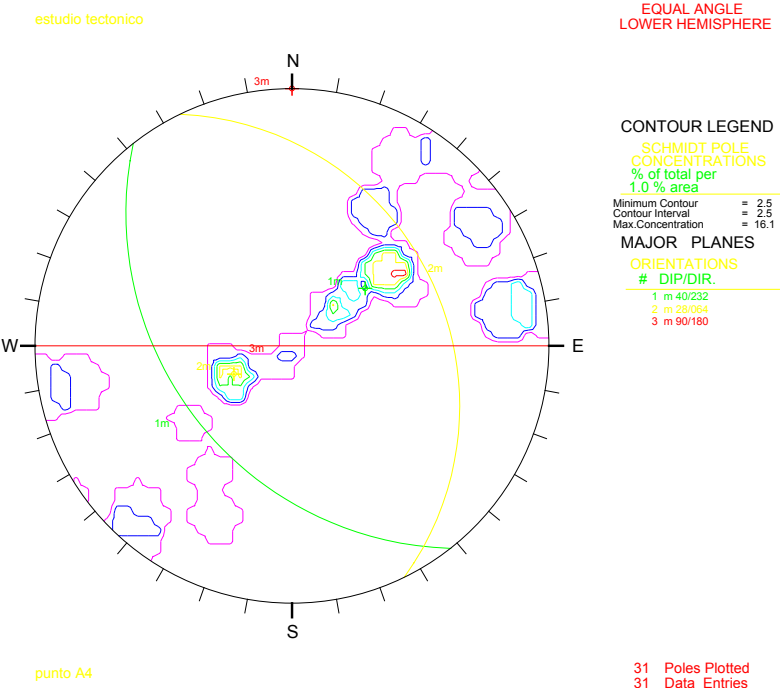
CONTOUR LEGEND

SCHMIDT POLE
CONCENTRATIONS
% of total per
1.0 % area
Minimum Contour = 2
Contour Interval = 2
Max. Concentration = 13.8

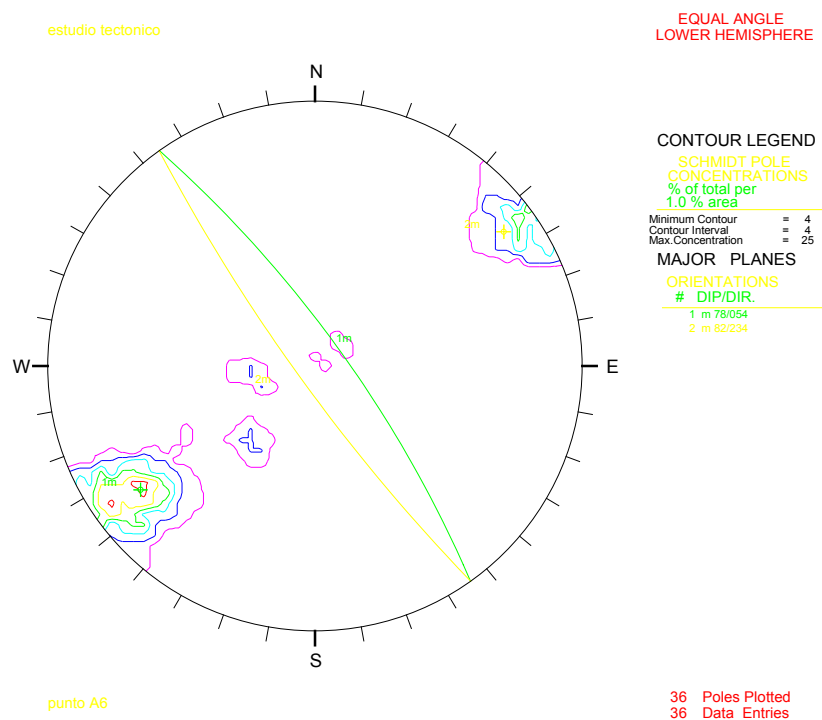
MAJOR PLANES

ORIENTATIONS
DIP/DIR.
1 w 66/219
2 w 07/246
3 w 53/270

29 Poles Plotted
29 Data Entries

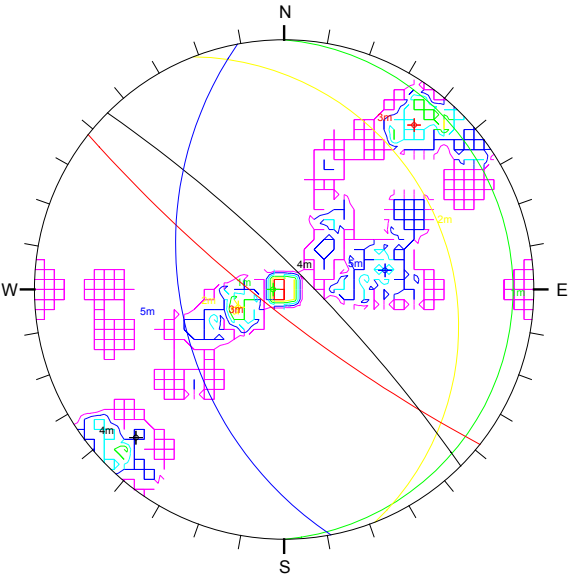


Anexo No.9: Mapas de contorno de los puntos A5 yA6.



Anexo No.10: Mapas de contorno de los puntos B1 y B2.

estudio tectónico



punto B1

EQUAL ANGLE
LOWER HEMISPHERE

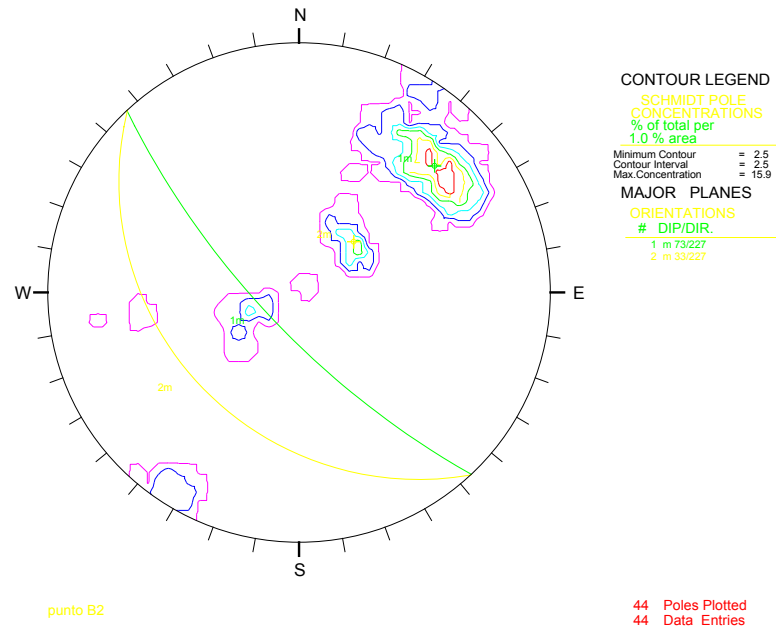
CONTOUR LEGEND

SCHMIDT POLE
CONCENTRATIONS
% of total per
1.0 % area
Minimum Contour = 2
Contour Interval = 2
Max. Concentration = 12

MAJOR PLANES

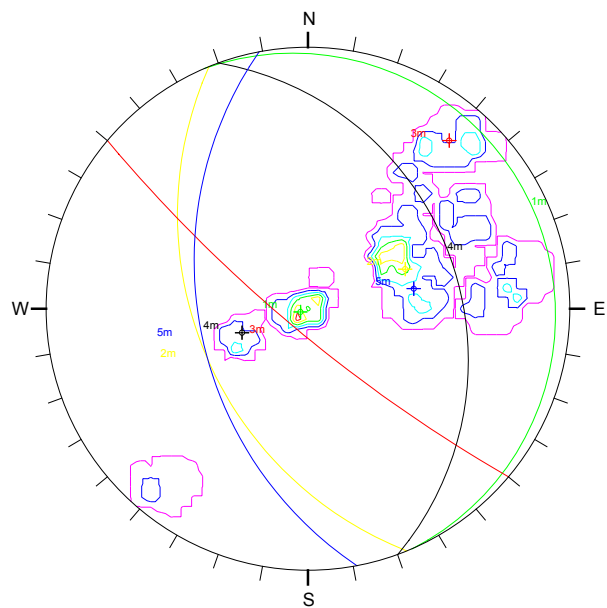
ORIENTATIONS
DIP/DIR.
1 m 05/090
2 m 22/059
3 m 80/218
4 m 80/045
5 m 45/259

50 Poles Plotted
50 Data Entries



Anexo No.11: Mapas de contorno de los puntos B3 y B4.

estudio tectónico



punto B3

EQUAL ANGLE
LOWER HEMISPHERE

CONTOUR LEGEND

SCHMIDT POLE
CONCENTRATIONS
% of total per
1.0 % area
Minimum Contour = 2
Contour Interval = 2
Max. Concentration = 13.2

MAJOR PLANES

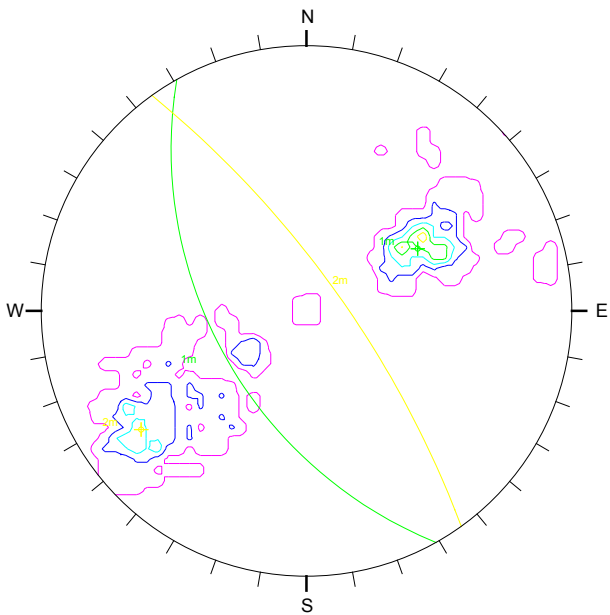
ORIENTATIONS
DIP/DIR.

1 m 04/067
2 m 44/238
3 m 80/220
4 m 30/070
5 m 45/259

53 Poles Plotted
53 Data Entries

Anexo No.12: Mapas de contorno de los puntos C1 y C2.

estudio tectónico



punto B4

EQUAL ANGLE
LOWER HEMISPHERE

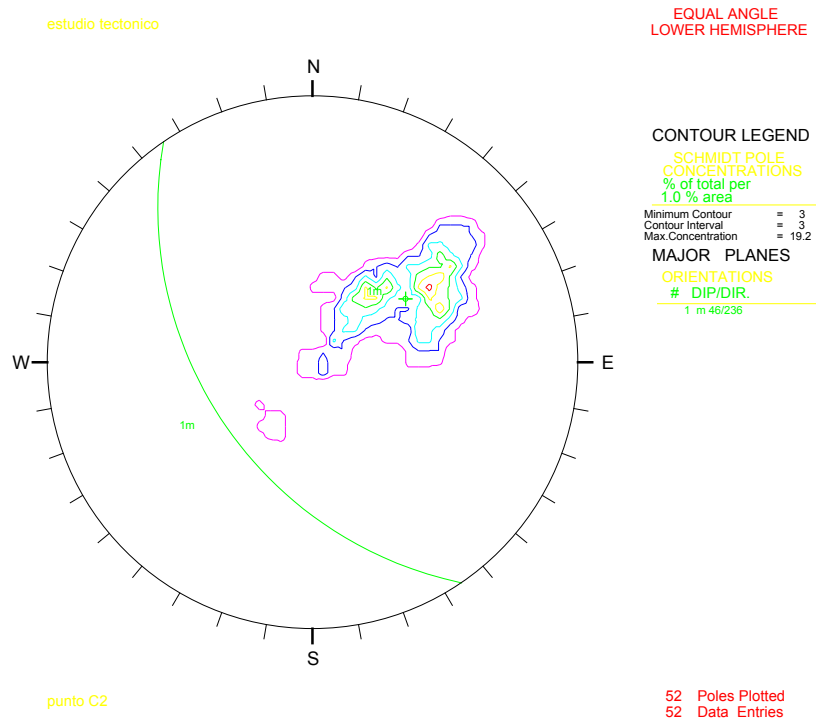
CONTOUR LEGEND

SCHMIDT POLE
CONCENTRATIONS
% of total per
1.0 % area
Minimum Contour = 2.5
Contour Interval = 2.5
Max. Concentration = 14.5

MAJOR PLANES

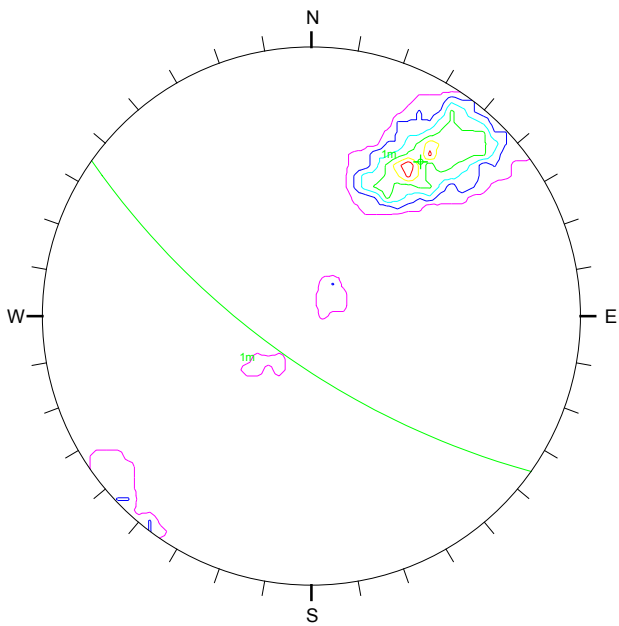
ORIENTATIONS
DIP/DIR.
1 m 51/241
2 m 75/054

55 Poles Plotted
55 Data Entries



Anexo No.13: Mapas de contorno de los puntos C3 y C4.

estudio tectónico



punto C4

EQUAL ANGLE
LOWER HEMISPHERE

CONTOUR LEGEND

SCHMIDT POLE
CONCENTRATIONS
% of total per
1.0 % area

Minimum Contour = 4
Contour Interval = 4
Max. Concentration = 27.8

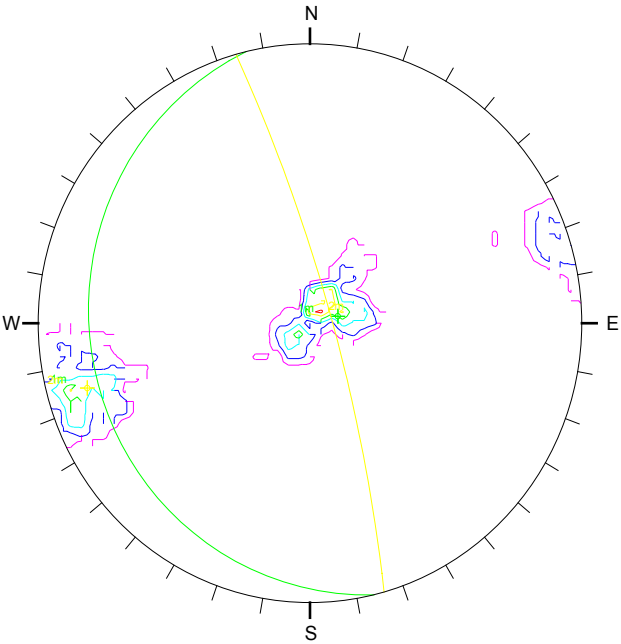
MAJOR PLANES

ORIENTATIONS
DIP/DIR.
1 m 70/215

36 Poles Plotted
36 Data Entries

Anexo No.14: Mapas de contorno de los puntos D1 y D2.

estudio tectónico



punto D1

EQUAL ANGLE
LOWER HEMISPHERE

CONTOUR LEGEND

SCHMIDT POLE
CONCENTRATIONS
% of total per
1.0 % area

Minimum Contour	=	3.5
Contour Interval	=	3.5
Max. Concentration	=	22

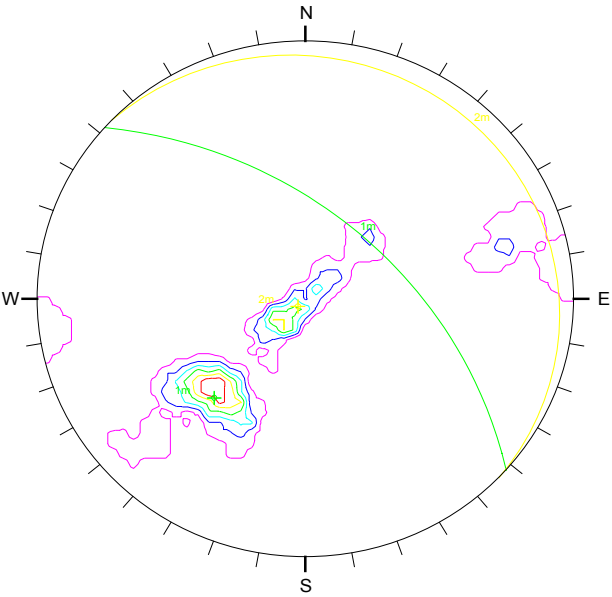
MAJOR PLANES

ORIENTATIONS
DIP/DIR.

1	m	12/256
2	m	81/074

50 Poles Plotted
50 Data Entries

estudio tectónico



punto D2

EQUAL ANGLE
LOWER HEMISPHERE

CONTOUR LEGEND

SCHMIDT POLE
CONCENTRATIONS
% of total per
1.0 % area

Minimum Contour = 3
Contour Interval = 3
Max. Concentration = 20.8

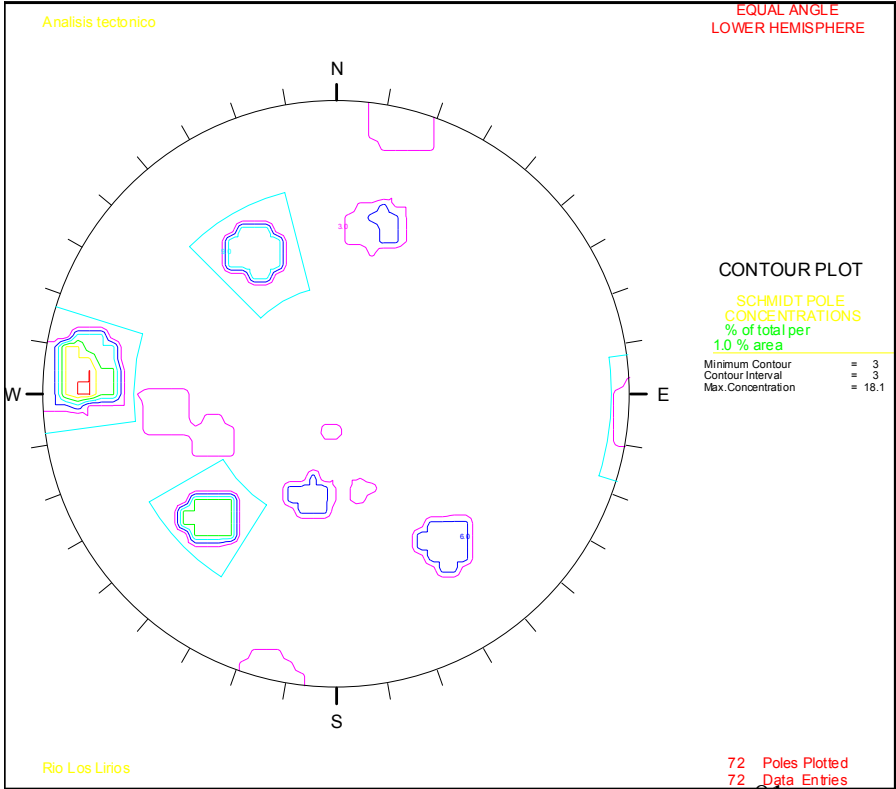
MAJOR PLANES

ORIENTATIONS

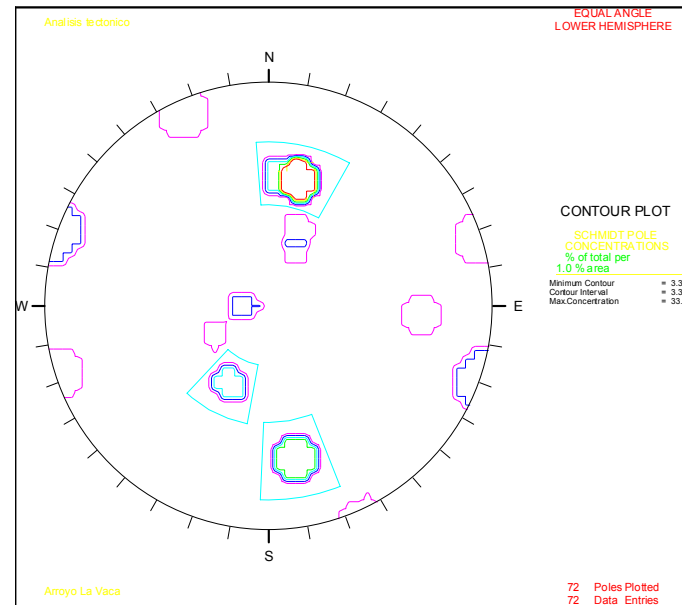
DIP/DIR.

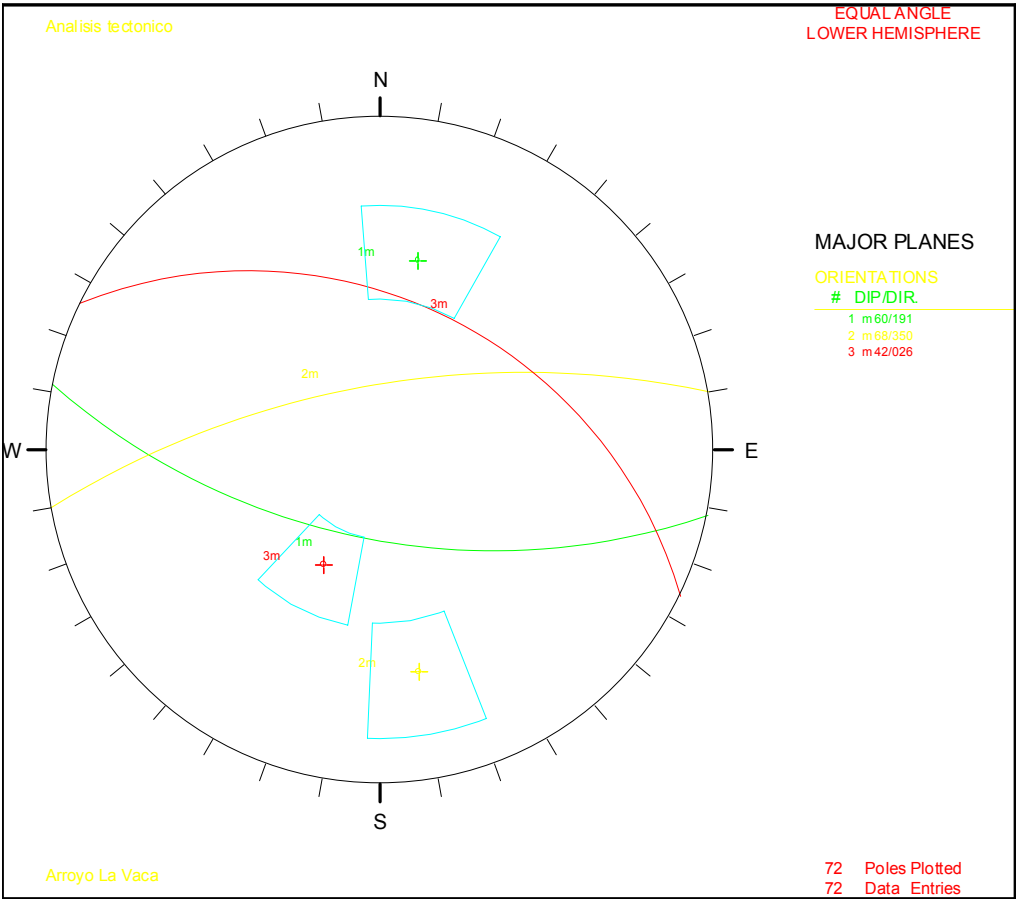
1 m 54/042
2 m 65/044

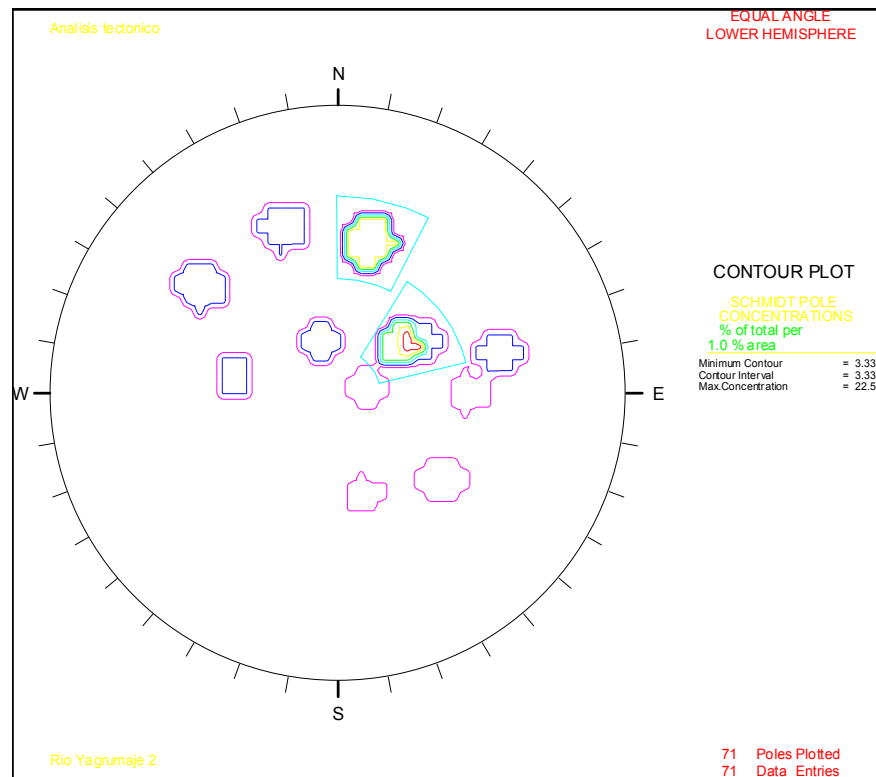
53 Poles Plotted
53 Data Entries

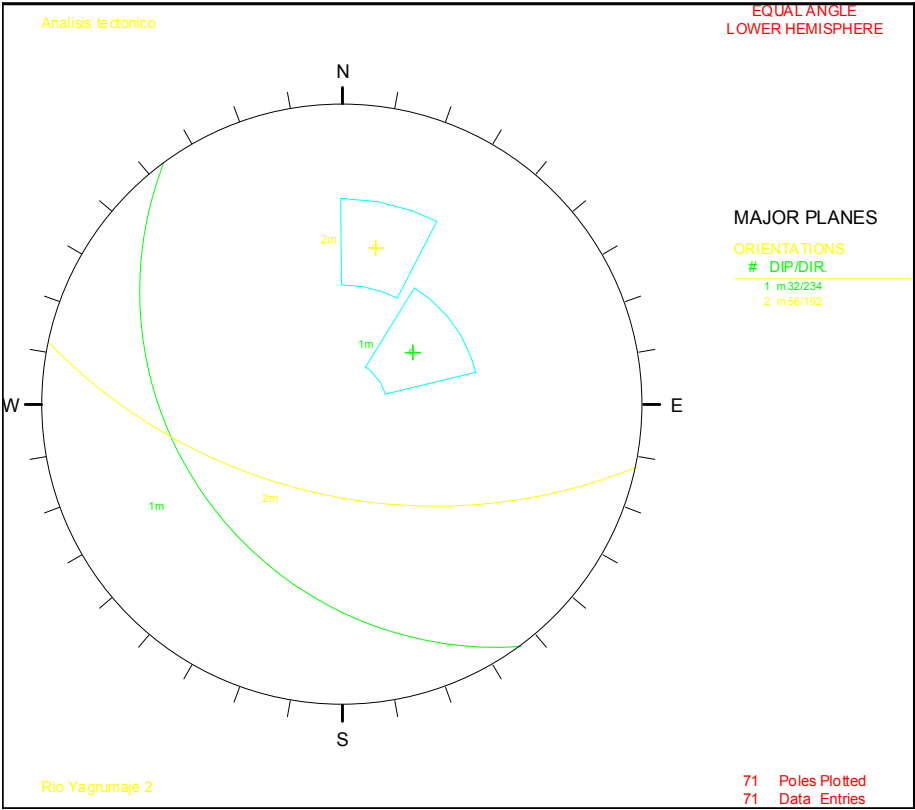


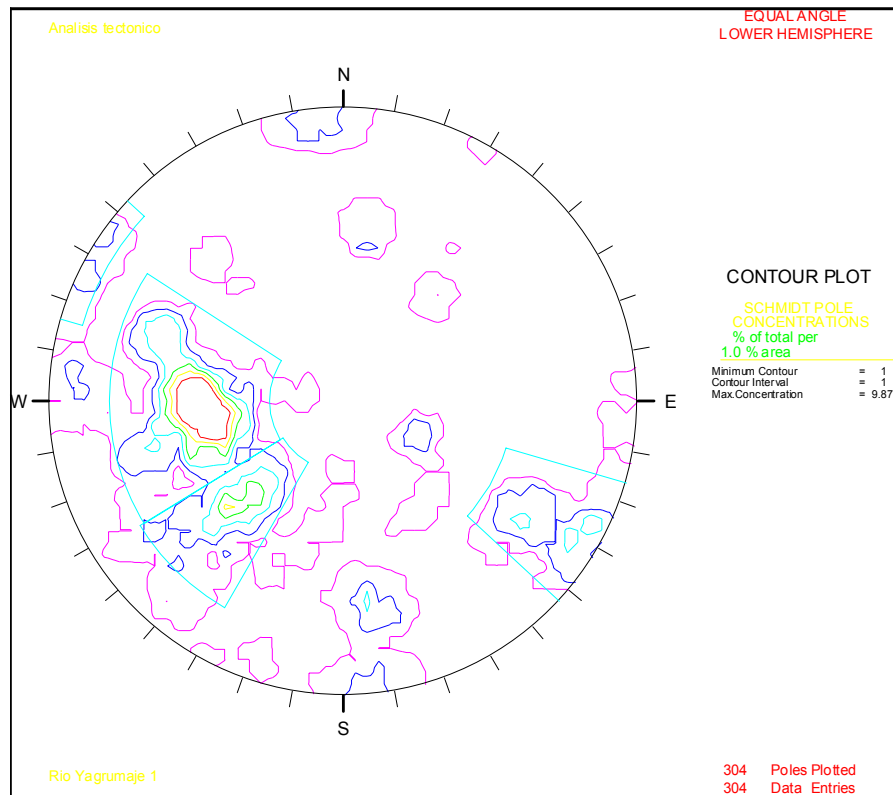
Anexo No.16: Mapa de contorno del punto La Vaca.

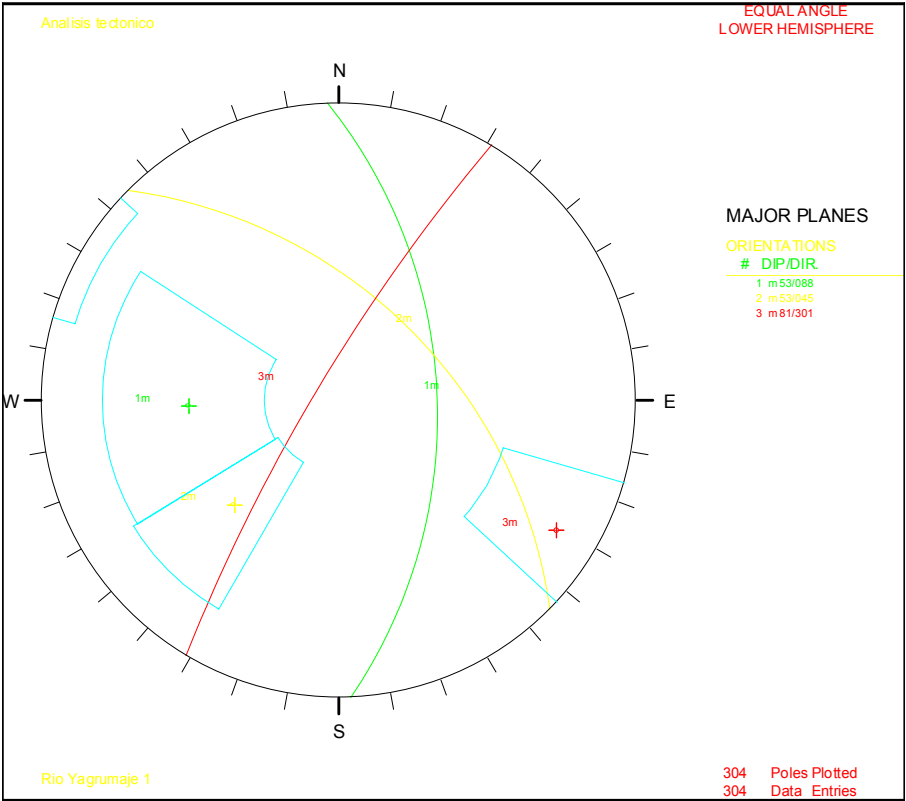












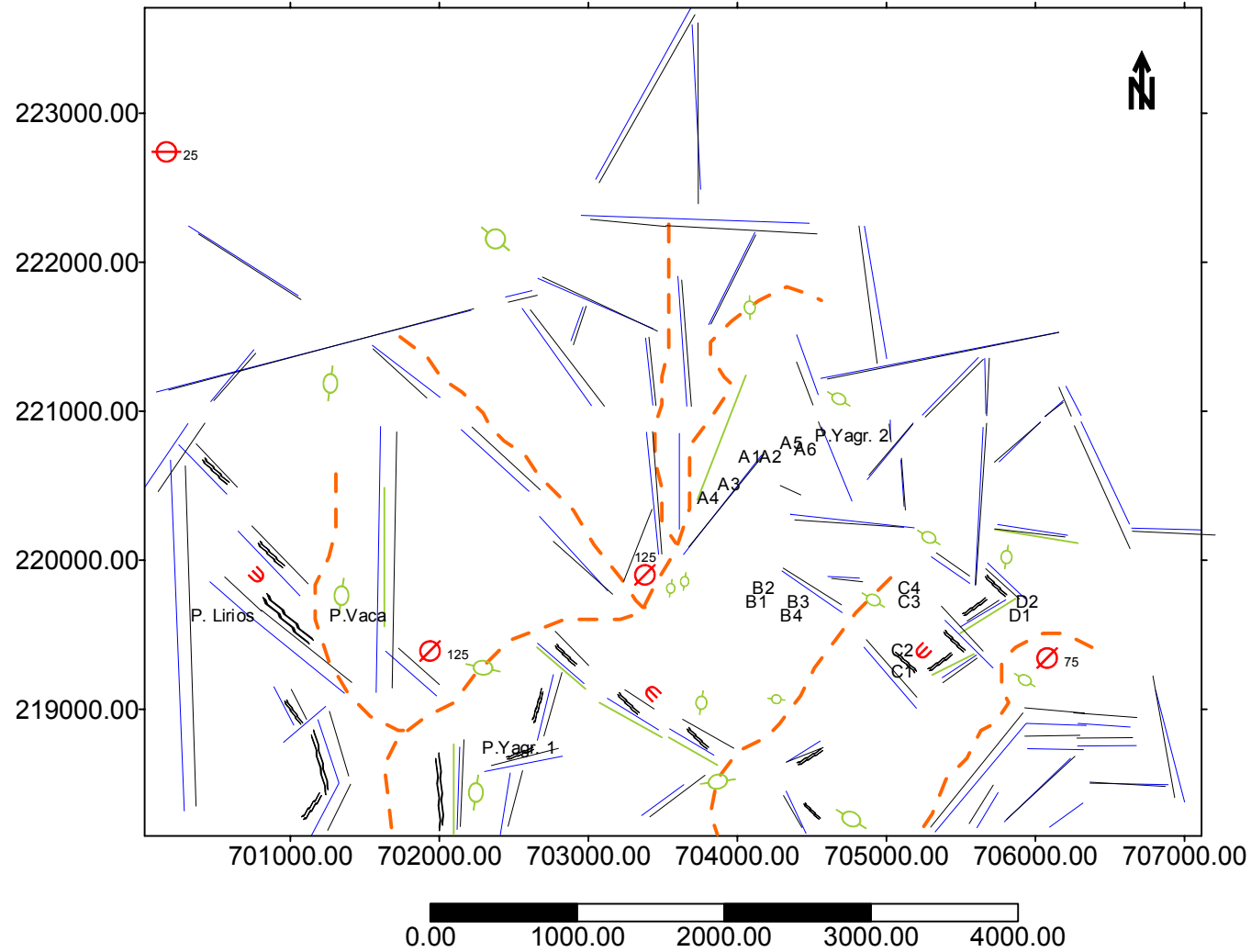
A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2
282/10	270/30	300/40	148/50	340/20	258/48	200/50	90/48	100/40	266/50	140/68	170/84	120/40	324/74	280/70	168/78
190/80	268/69	150/40	296/32	160/40	250/56	100/35	100/34	120/40	110/33	140/80	110/50	90/20	120/22	260/90	142/32
20/30	280/70	170/74	52/54	120/90	260/59	280/40	90/34	290/30	304/50	150/70	136/89	140/30	340/28	360/80	54/23
280/60	264/68	270/60	130/50	165/50	330/26	180/60	60/84	210/70	300/60	150/60	134/36	70/30	100/40	330/40	65/58
150/70	270/65	320/70	96/55	140/80	250/48	270/50	320/32	260/40	306/61	140/50	124/60	70/40	110/50	170/30	56/31
290/90	270/36	340/80	130/53	290/10	270/60	250/90	300/41	290/40	290/54	205/60	121/75	110/40	120/30	310/80	60/28
30/30	265/69	360/10	190/28	320/20	254/56	210/80	324/31	160/20	79/34	200/75	30/29	120/30	110/36	340/40	57/32
336/72	262/74	40/50	130/50	240/40	270/60	200/60	170/45	180/50	60/40	160/60	140/56	310/30	110/29	260/70	51/41
100/40	252/32	220/70	210/80	190/80	280/54	110/30	298/25	210/50	140/59	310/80	120/60	90/20	109/38	150/40	50/50
280/50	250/26	40/90	270/80	160/60	254/55	280/40	150/60	100/40	60/62	190/40	124/63	130/30	114/37	270/72	58/54
280/50	280/58	300/90	100/80	270/30	260/50	130/90	330/60	90/45	308/64	160/80	130/65	120/30	94/33	340/90	53/45
170/90	270/53	310/90	20/60	270/40	220/36	130/80	110/39	110/90	60/30	130/30	110/49	90/30	110/31	250/80	54/51
300/30	250/72	300/50	210/60	20/60	340/56	90/90	150/12	90/65	290/50	280/80	130/46	110/20	94/41	250/70	78/48
110/80	262/74	280/50	260/80	280/30	220/41	300/60	214/49	100/80	50/54	310/80	140/37	110/50	118/37	260/80	70/22
320/50	254/60	280/30	280/81	175/65	320/60	310/70	284/45	330/85	310/50	110/80	122/50	110/40	118/29	160/30	166/51
290/60	270/40	50/30	150/50	255/40	236/54	160/80	396/46	80/35	39/81	120/40	184/40	90/60	106/30	260/70	54/43
280/70	280/82	20/90	281/59	230/50	260/52	220/65	286/60	80/80	30/63	90/30	114/50	90/10	120/19	170/30	50/38
120/20	282/70	290/40	128/64	270/25	263/54	120/20	290/54	290/70	29/46	110/70	150/48	90/40	201/28	190/70	48/39
200/80	276/52	130/90	212/60	250/55	228/29	50/70	290/48	90/20	70/60	340/80	154/44	80/40	190/61	200/70	50/30
280/90	289/23	310/30	298/31	190/30	350/51	200/80	286/51	170/35	280/77	335/80	300/51	190/20	350/54	230/80	190/37
300/40	282/85	180/48	270/40	190/90	270/48	280/60	282/55	320/60	234/76	114/80	325/29	150/20	212/59	260/75	280/73
100/80	290/80	320/40	100/30	240/50	270/46	80/50	289/60	310/50	244/69	300/90	306/59	90/20	350/39	340/80	193/51
300/80	246/50	280/40	160/59	300/10	264/62	150/55	120/70	360/80	220/21	310/50	138/43	110/50	100/31	340/90	197/45
340/90	100/40	250/55	252/24	330/80	280/51	300/60	18/82	40/70	250/50	110/40	132/77	150/60	119/64	350/30	346/37
80/70	310/54	355/51	160/40	310/90	184/50	20/60	310/23	280/50	240/54	140/50	124/50	310/80	126/24	350/80	28/57
260/50	306/60	70/90	262/43	250/90	270/60	330/35	320/59	320/65	51/43	140/90	120/65	200/40	210/40	340/80	190/41
70/80	94/72	250/70	240/33	350/40	210/89	330/90	290/45	50/40	269/80	320/10	289/67	320/70	128/30	340/75	192/44
70/30	110/80	210/90	210/60	310/40	211/78	220/60	105/24	310/70	253/54	160/60	30/36	110/90	120/36	265/80	20/49
260/90	110/70	310/30	320/48	150/60	201/80	320/70	70/81	310/90	258/69	190/70	120/59	130/70	101/45	190/30	50/54
320/40	120/40		125/50	260/90	274/58	320/90	195/63	280/80	282/65	150/30	160/42	270/80	90/52	80/30	54/46
260/70	90/14			140/55	240/68	200/90	109/28	135/90	100/40	150/45	134/84	110/50	96/39	340/65	47/46
300/30	70/52				70/40	120/90	330/45	135/50	70/42	130/70	130/70	90/50	100/40	180/40	73/44
160/30	80/52				40/50	140/30	284/41	130/80	113/18	180/60	110/51	100/90	99/11	190/80	60/55

A. Tamayo Pérez

270/90	90/48				202/54	185/90	330/45	210/70	140/70	188/70	130/48	100/30	84/50	200/20	140/50
300/20	82/62				260/58	150/90	290/37	300/50	345/25	200/71	141/47		100/48	272/70	150/50
200/50	109/57				80/14	140/40	30/69	310/60	130/59	180/80	324/46		109/44	210/50	176/42
30/50	103/50					160/45	264/85	290/60	320/76	200/60	30/63			270/70	48/40
290/40	84/53					70/75	82/33	350/90	30/89	190/50	328/40			310/40	145/43
300/40	180/54					80/40	88/30	290/60	260/59	210/70	322/1			320/20	60/48
180/50	190/60					240/50	70/43	190/10	82/49	300/90	221/12			170/30	290/80
130/80	190/82					360/70	30/76	190/60	30/51	180/50	129/73			190/70	290/74
100/20	210/30					360/60	200/62	140/90	32/56	170/50	140/70			290/60	280/70
310/80	216/38					90/50	285/57	140/65	300/70	130/80	350/83			190/20	286/51
272/90	140/58					140/75		140/50	255/54	200/40	326/34			190/30	200/54
170/70	179/56					230/40		130/25	48/36	170/90	160/69			350/40	180/55
200/90	20/89					270/40		180/80	50/80	190/60	119/21			350/30	341/40
240/90	40/50					180/40		140/60	300/74	90/50	340/34			350/52	32/35
20/70	20/46					130/20		120/70	320/24	130/50	330/14			170/10	190/44
290/90	32/28					210/60		15/90	140/50	100/80	146/66			80/70	90/83
100/90	40/84							290/90	0/89	100/30	340/31			90/80	208/20
20/60	20/80							300/85	132/58	340/70	80/21				270/83
290/90	14/76							190/80	250/80	110/40					268/50
300/80	20/80								260/54	120/40					
360/90									300/62	210/40					
										120/50					
										200/60					
										100/40					
										100/50					
										150/80					
										200/60					
										100/40					
										90/30					
										110/50					
										120/60					
										60/60					
										120/20					
										140/70					

Mapa de criterios de identificación.

Anexo No.21



SIMBOLOGIA

- Alineaciones de la red fluvial
- Alineaciones (Fotografías Aéreas)
- Alineación de pendientes

Sub Bloques Morfotectónicos

Anexo No. 23

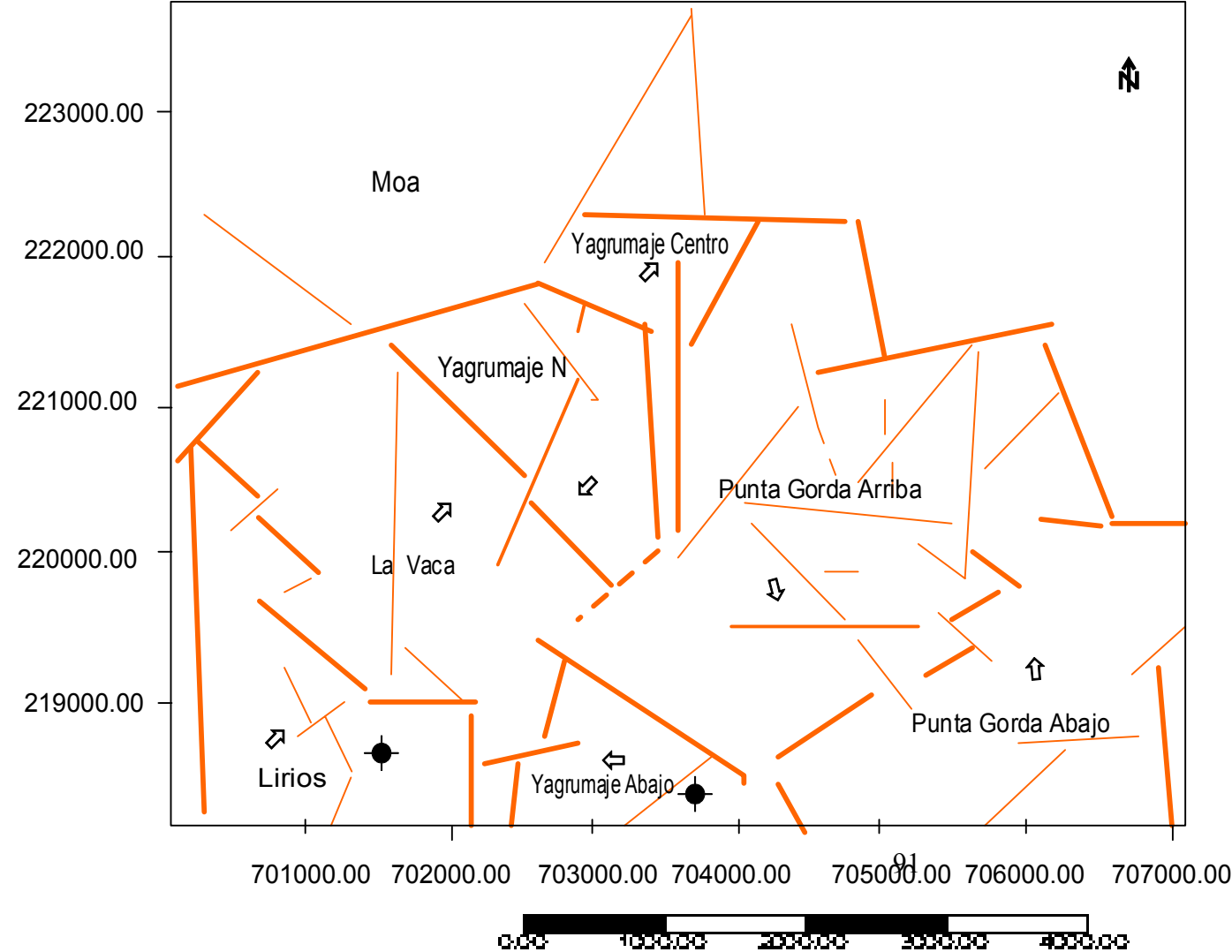


Tabla 2: Principales sistemas de fallas del área.									
Fallas		CRITERIOS DE IDENTIFICACION							
Nombre	Orientación	Desplazamiento del relieve	Alineaciones de cursos fluviales	Alineación brusca del relieve	Cizallamiento intenso	Desplazamiento de estructuras	Agrietamiento diferente	Encajamiento de red fluvial	Espejo de fricción
Yagrumaje	N80°W		❖			❖			
Yagrumaje NE	N30°E		❖			❖			
Yagrumaje NW	N50°W		❖					❖	
Yagrumaje S	N75°E		❖	❖				❖	
Yagrumaje N	N3°W	❖	❖		❖	❖			
Yagrumaje E	N52°E	❖	❖	❖					❖
Yagrumaje Arriba	N80°W								
Yagrumaje Abajo	N2°W	❖	❖	❖				❖	
Yagrumaje Centro	N80°W	❖	❖			❖			
Punta Gda Arriba	N20°W								
Punta Gda Abajo	N5°E	❖	❖			❖			
Punta Gorda E	N70°E	❖	❖		❖	❖	❖	❖	
Punta Gorda	N80°W								
La Vaca	N12°E	❖	❖			❖			
Cayo Guam	N15°W		❖		❖		❖		
Los Lirios	N2°E	❖	❖		❖	❖	❖	❖	
Los Lirios W	N2°E		❖		❖				
La Veguita	N70°W	❖	❖		❖				

❖						❖		❖		❖		❖		❖	❖	❖	❖	Contacto de pendtes diftes		
❖			❖														❖	Límite alineado de zonas pantanosas		
		❖				❖			❖	❖		❖			❖	❖		Desviación del parte aguas principal		
							❖			❖					❖			Dirección de escurrimiento diferente		
													❖		❖			Alineación de cumbres diferentes		
			❖								❖						❖	Desplazamiento de línea de costa		
								❖										Alineación de la línea de costa		
			❖			❖				❖				❖				Variación hipsométrica		