

CARTOGRAFÍA DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA DEL JURÁSICO INFERIOR EN UN
SECTOR DEL MACIZO DE SANTANDER, GUACA-SANTANDER.

Sneider Fabián Esparza Albarracín y María Camila Reyes Mendoza

Trabajo de grado para optar al título de geólogo

Director

Giovanny Jiménez Díaz

Geólogo, PhD

Codirector

Yesid Paul Goyes Peñafiel

Geólogo, PhD (c)

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A mis padres Luz Milena Mendoza y José Luis Reyes, por su amor y apoyo incondicional

A mi hermana Angie Reyes por ser mi mejor compañía

A Fabián Esparza por ser mi gran apoyo a lo largo del pregrado y en mi vida

-María Camila Reyes Mendoza

A mis padres por hacer más de lo que podían

Mis hermanos Nancy y Yesid

Mi querida Analu

A Camila mi más bonita compañía

-Sneider Fabián Esparza Albarracín

Agradecimientos

Queremos agradecer en primer lugar a nuestras familias quienes siempre fueron un apoyo muy importante para nosotros en cada etapa de nuestras vidas. A la Universidad Industrial de Santander por la maravillosa oportunidad de pertenecer a ella. A los docentes de la Escuela de Geología por compartir sus conocimientos, a nuestro director Giovanni Jiménez por su acompañamiento y su conocimiento aportado durante el desarrollo del proyecto. A nuestro codirector Yesid Paul Goyes por sus consejos y apoyo. Así como a cada una de las personas que aportaron para el desarrollo de este proyecto.

Tabla de contenido

Introducción	8
Justificación y planteamiento del problema	10
1. Objetivos	12
1.1. Objetivo general.....	12
1.2. Objetivos específicos.....	12
2. Marco Teórico	13
2.1. Área de estudio	13
2.2. Estratigrafía de la secuencia sedimentaria del jurásico inferior	15
2.3. Relaciones estratigráficas entre las unidades.....	17
2.4. Revisión del estado del arte de actividades volcánicas relacionadas con el Jurásico Inferior. 19	19
2.5. Estilo estructural	21
3. Metodología	24
Fase 1. Definir la estratigrafía de la secuencia sedimentaria del Jurásico Inferior	24
Fase 2. Establecer las relaciones estratigráficas entre las unidades aflorantes en la zona de estudio.	24
Fase 3. Determinar el estilo estructural a partir de dos secciones estructurales de la zona de estudio.	25
4. Resultados	26
4.1. Definición la estratigráfica de la secuencia sedimentaria del Jurásico Inferior.....	26
4.2. Relaciones estratigráficas de las unidades geológicas aflorantes en la zona de estudio.	30
4.3. Estilo estructural	45
5. Conclusiones	50
6. Recomendaciones	51
7. Referencias Bibliográficas	52

Lista de Figuras

Figura 1. Localización y mapa geológico de la zona de estudio.....	14
Figura 2. Escala temporal Jurásico-Cretácico con cronos de polaridad magnética.....	22
Figura 3. Mapa geológico	26
Figura 4. Panorámica de la zona de estudio.....	28
Figura 5. Acercamiento al escarpe visto en la panorámica.....	29
Figura 6. Columna estratigráfica de la Formación Jordán.	31
Figura 7. Afloramiento de la Formación Jordán.....	32
Figura 8. Afloramiento de la Formación Jordán	33
Figura 9. Afloramiento de la Formación Jordán	34
Figura 10. Laminación plano-paralela en la Formación Jordán.....	35
Figura 11. Areniscas conglomeráticas de la Formación Jordán.....	35
Figura 12. Afloramiento del Grupo Girón.	37
Figura 13. Afloramiento del Grupo Girón.	38
Figura 14. Afloramiento de la Formación Jordán.....	39
Figura 15. Muestras de rocas de la Formación Jordán.....	40
Figura 16. Triángulos de clasificación textural y composicional de Folk (1974).....	44
Figura 17. Poligonal y corte estructural de la Formación Jordán sobre Rio Sisotá	45
Figura 18. Cortes geológicos A-A' y B-B' del mapa geológico de la zona de estudio	47
Figura 19. Vista panorámica en la cual se observa el anticlinal tipo chevrón.....	49

Resumen

Título: CARTOGRAFÍA DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA DEL JURÁSICO INFERIOR EN UN SECTOR DEL MACIZO DE SANTANDER EN GUACA (SANTANDER)

Autor: Sneider Fabián Esparza Albarracín y María Camila Reyes Mendoza ¹

Palabras clave: Jurásico Inferior, Formación Jordán, Cartografía, Guaca, Estilo Estructural

En el macizo de Santander al NE del municipio de Guaca se realiza el detalle de la cartografía geológica a escala 1:10000 tomando como principal objetivo identificar las principales estructuras geológicas y la distribución de las rocas sedimentarias correspondientes al Jurásico. La zona carece de estudios cartográficos recientes dado a ello no se evidencia correctamente la distribución de las diferentes formaciones aflorantes, para ella se hizo un trabajo en campo con diferentes puntos de control para determinar los contactos y características litológicas de estas, se hizo una poligonal y a partir de esta se obtuvo el espesor de la Formación Jordán en la zona de estudio es de 498mts. La zona presenta como principal estructura una falla con comportamiento sinistral paralela al río Sisotá se tiene también un anticlinal cilíndrico en el norte de la zona y un anticlinal tipo chevrón al sur de esta, además los fallamientos de tipos inversos producen el levantamiento de la Formación Bocas en el área, se realizan dos cortes donde se evidencia una cuenca tipo pop up indicando una inversión tectónica, donde se detalla la cartografía y cinemática de las distintas estructuras de la zona.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías-Fisicoquímicas. Escuela de Geología. Director Giovanni Jiménez Díaz. Codirector Yesid Paul Goyes Peñafiel

Abstract

Title: MAPPING OF THE LOWER JURASSIC SEDIMENTARY SEQUENCE IN A SECTOR OF THE SANTANDER MASSIF IN GUACA (SANTANDER).

Author(s): Sneider Fabián Esparza Albarracín and María Camila Reyes Mendoza

Key Words: Lower Jurassic, Jordán Formation, Cartography, Guaca, Structural Style

In the Santander massif to the NE of the municipality of Guaca, a detailed geological mapping at a scale of 1:10000 was carried out with the main objective of identifying the main geological structures and the distribution of sedimentary rocks corresponding to the Jurassic. The area lacks recent cartographic studies due to this, the distribution of the different outcropping formations is not correctly evidenced, for it was made a field work with different control points to determine the contacts and lithological characteristics of these, a polygonal was made and from this was obtained the thickness of the Jordán Formation in the study area is 498mts. The area has as main structure a fault with sinistral behavior parallel to the Sisotá river, there is also a cylindrical anticline in the north of the area and a chevron anticline to the south of this, in addition the reverse faulting types produce the uplift of the Bocas Formation in the area, two sections are analyzed where a pop up basin is evidenced indicating a tectonic inversion, where the mapping and kinematics of the different structures in the area are detailed.

*Bachelor Thesis

** Facultad Phisico-Chemical. Escuela Geology. Director Giovanny Jiménez Díaz. Codirector Yesid Paul Goyes Peñafiel

Introducción

El registro de los eventos geológicos del Triásico Tardío-Jurásico Temprano en el sistema orogénico de los Andes del Norte permite suponer una historia compleja en un escenario con desarrollo principalmente de plutonismo, actividad volcánica y sedimentación, comprender esta historia llevaría a establecer una mejora en su temporalidad para lo cual, según Bayona, et al. (2020), serían necesarios estudios paleontológicos, geocronológicos y de procedencia de los registros sedimentarios, pero sin dejar de lado las interpretaciones sedimentológicas de los ambientes de depósito. Por lo tanto, la cartografía a escala 1:25.000 en la zona de Guaca, Santander puede resaltar detalles que se han podido perder de la secuencia del Jurásico Inferior presente en la zona, como estudiantes de la carrera geología tenemos en cuenta la importancia de adquirir mayor conocimiento sobre los eventos geológicos que dieron lugar a la formación de lo que actualmente tenemos en la geología del país.

Jiménez et al., (2016, 2021) sugieren que las estructuras NE en el VMM y flanco W de la Cordillera Oriental al invertirse como fallas de rumbo dextral causan rotaciones horarias de ~45 grados y definen cambios en el estilo estructural. Sin embargo, este comportamiento, cinemática y efectos en la secuencia sedimentaria no han sido determinados en las estructuras del área en el Macizo de Santander.

Según Velandia (2017) Tras las fases de compresión e inversión tectónica, estas fallas hacen aflorar basamento y rocas sedimentarias del Jurásico y más antiguas sobre unidades sedimentarias del Cretácico y Paleógeno, mientras que al sur mantienen el rumbo

NE que caracteriza a la Cordillera Oriental, mientras que al bordear el Macizo de Santander toman rumbo N-S, el cual mantienen hacia la Serranía de Perijá. Sujeto a este proyecto se encuentra el interés de observar el efecto de las fallas Jurásicas que se invirtieron y las estructuras que causaron en el Macizo de Santander.

Justificación y planteamiento del problema

La distribución del Jurásico Inferior en la Cordillera Oriental y el Macizo de Santander carece de estudios detallados y corresponde a escalas 1:100000 (Ward et al., 1973), por lo tanto, hay incertidumbres en el detalle, la nomenclatura y relaciones estratigráficas entre unidades, principalmente su edad. Según Ward et al (1973), en el Macizo de Santander al NE del municipio de Guaca afloran unidades del Jurásico limitadas por fallas inferidas, sin embargo, no es posible determinar las estructuras presentes.

El estudio de la secuencia sedimentaria del Jurásico es fundamental para determinar las características espaciales de las cuencas, debido a que durante el Triásico – Jurásico se ha propuesto que la sedimentación estuviese relacionada con fallas normales syndeposicionarias. (Kammer & Sánchez, 2006; Sarmiento-Rojas et al., 2006). Se propone entonces la generación de cuencas extensionales estrechas relacionadas con cuatro eventos tectónicos: Triásico, Triásico Tardío a Jurásico Medio, Jurásico Medio y eventos del último Jurásico - Cretácico. (Sarmiento- Rojas et al., 2006)

Dentro de la sedimentación en el Macizo de Santander durante el Jurásico, Bayona, et al. (2020) sugiere lo siguiente:

Se tiene un registro delgado de aproximadamente 100 metros de areniscas fluviales continentales y, depósitos de conglomerados correlacionados con la Formación Girón, que se acumuló al este de la Falla de Bucaramanga. De manera similar, el registro de depósitos lacustres a marinos ha sido asociado con la Formación Bocas, pero sin reporte de asociaciones marino-fósiles claras. Algunas áreas tienen intercalaciones de depósitos volcanoclasticos dentro de esta unidad. Una unidad riolítica que atraviesa la Formación

Bocas ha sido datada en 250 Ma (van der Lelij et al., 2016); esta relación debe ser revisada porque esta edad sugiere una edad paleozoica para la Formación Bocas. En el Macizo de Santander no se han realizado análisis de procedencia en la Formación Girón. Estos depósitos descansan de forma inconforme sobre rocas sedimentarias y metamórficas del Paleozoico y están superpuestos por depósitos continentales del Cretácico Inferior o por depósitos aptianos marginales a marinos. (p.182).

En cuanto a la problemática presente en el Jurásico, Jiménez et al., (2021) sugiere que, uno de los principales retos para comprender mejor el entorno tectónico y la evolución del margen continental en el noroeste de Sudamérica es la falta de un control cronoestratigráfico fiable de las secuencias estratigráficas que pueda utilizarse para el análisis tectonoestratigráfico y para mejorar las correlaciones regionales. La mayoría de las secuencias sedimentarias, inferidas como de edad Jurásica, en el área contienen conjuntos fósiles limitados (específicamente, fósiles de plantas); la incertidumbre en las edades se debe básicamente a la pobre preservación de los fósiles en el ambiente deposicional de estos estratos (Brueckner, 1954; Langenheim, 1961; Pons, 1982).

Por lo tanto, el estudio de la secuencia estratigráfica del Jurásico Inferior en el Macizo de Santander aportaría a la comprensión de la procedencia y relación con estructuras symsedimentarias que aportarían al modelo geodinámico del Jurásico en el NE de Suramérica y localmente del Macizo de Santander. (Alarcón & Rodríguez, 2019).

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Realizar el análisis estratigráfico y estructural de la secuencia sedimentaria del Jurásico Inferior en un sector del Macizo de Santander en Guaca (Santander)

1.2. Objetivos específicos

1. Definir la estratigrafía de la secuencia sedimentaria del Jurásico Inferior.
2. Establecer las relaciones estratigráficas entre las unidades aflorantes en la zona de estudio.
3. Determinar el estilo estructural a partir de dos secciones estructurales de la zona de estudio.

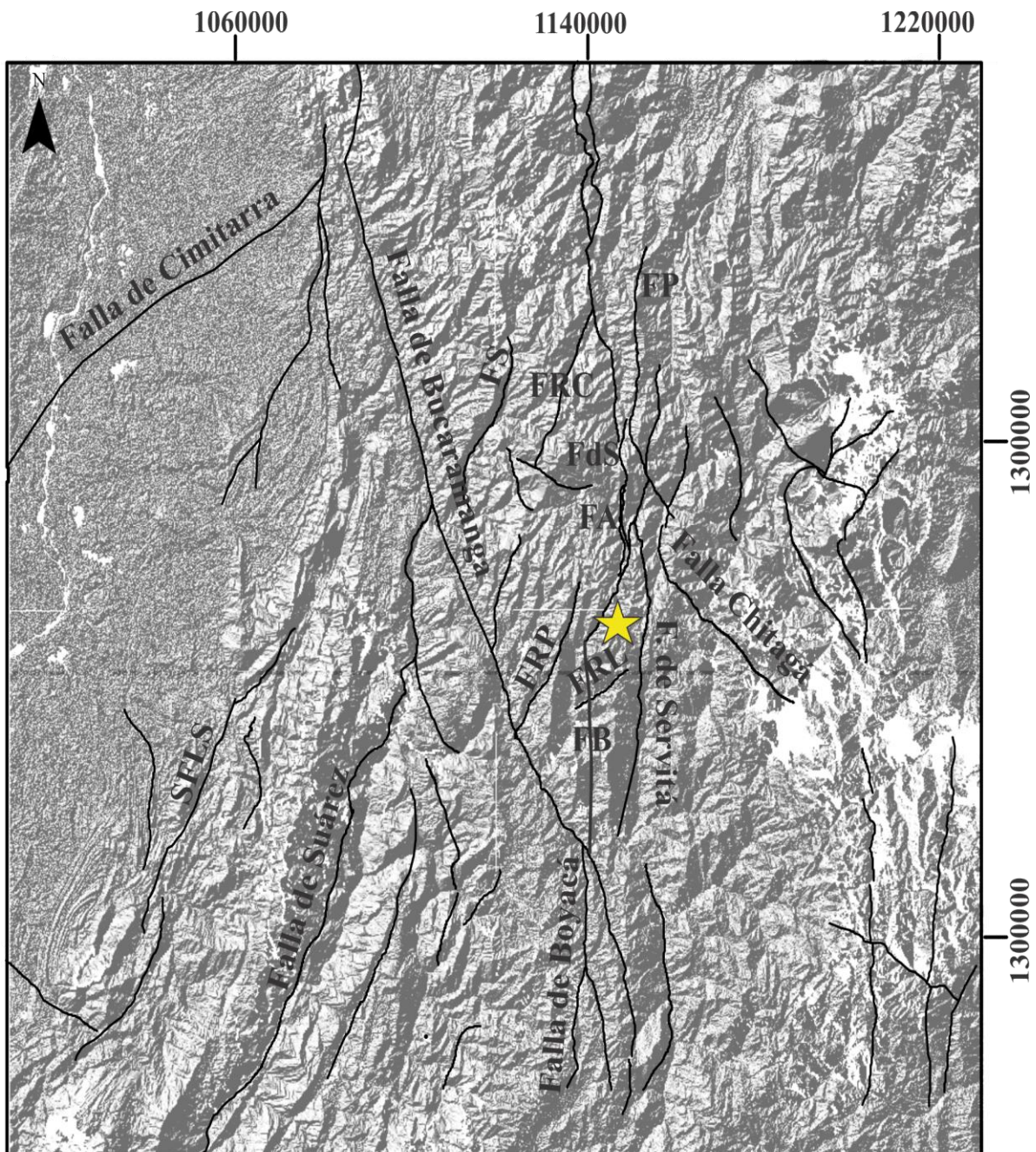
2. Marco Teórico

2.1. Área de estudio

La exposición de las rocas sedimentarias Jurásicas está presente en los Andes Colombianos, los cuales afloran en el núcleo de estructuras anticlinorios como Arcabuco y Los Yariquies, y asociados a varias estructuras con rumbo NNE en el Macizo de Santander y Floresta, o en áreas exhumadas como la Serranía de Perijá y San Lucas. La zona de estudio del presente trabajo se encuentra ubicada, en el flanco oriental del Macizo de Santander, en el bloque colgante de la Falla de Bucaramanga al NE del municipio de Guaca.

Figura 1

. Localización y mapa geológico de la zona de estudio.



Nota: Modelo de elevación digital (DEM) con la ubicación de la zona de estudio. La estrella amarilla es la ubicación de la zona de estudio. FRP: Falla del Río Perchiquez, FRL: Falla del Río

Listará, FS: Falla de Suratá, FA: Falla de Angosturas, FdS: Falla de Socotá, FRC: Falla del Río Cucutilla, FP: Falla de Pamplona, FB: Falla de Barayá.

2.2. Estratigrafía de la secuencia sedimentaria del jurásico inferior

Los estudios realizados en la zona del Macizo de Santander son numerosos y su abundancia está directamente relacionada con la complejidad del bloque Norte Andino (Cediel et al., 2005). Los primeros estudios de la geología del Macizo de Santander se encuentran plasmados por Ward et al. (1973) en las planchas (H12 y H13) del Servicio Geológico Colombiano.

Cediel (1968) da la siguiente descripción de la Formación Jordán: “En esta unidad se pueden distinguir dos conjuntos litológicos, divididos por una zona de transición de aproximadamente 10m de potencia, sin que entre ellos se manifieste interrupción en la sedimentación; la parte basal de aproximadamente 100 m de espesor está constituida principalmente por una arenisca de grano grueso, en bancos de hasta 1 m de espesor, generalmente de color gris verdoso y conglomerados de cuarzo con cantos de hasta ± 2 cm de diámetro, con esporádicas intercalaciones de lutitas verdosas en lentes alargados de hasta 2 m de potencia; el segundo paquete litológico de 200 m presenta una sucesión ininterrumpida y homogénea de limolitas y areniscas de grano muy fino, rojas, muy bien estratificadas en bancos que varían de 30 a 80 cm de espesor; en la mitad superior del segundo paquete litológico se exhiben dos capas de tobas volcánicas ácidas “Welded tuffs” separadas por aproximadamente 80 cm de “red beds”, expuestas sobre el camino de herradura que conduce de Los Santos a Jordán Sube” (Cediel, 1968). Estas capas

macroscópicamente se observan como una masa pelítica de color amarillo claro con fragmentos de rocas cuarcíticas y esquistos micáceos; con frecuencia parecen fragmentos de pumita comprimida (Cediel, 1968). Microscópicamente se identifican en una matriz criptocristalina fenocristales de cuarzo y feldespatos (Cediel, 1968). Estas tobas soldadas desaparecen rápidamente hacia el occidente; en el Camino del Roto se localizó solamente una capa de 30 cm compuesta principalmente por fragmentos angulares de rocas volcánicas ácidas y metamórficas de hasta 1 cm de diámetro (Cediel, 1968).

Ward et al., (1973) realiza un programa de cartografía geológica e investigación mineral sobre el macizo de Santander donde se describe una sección de la Formación Jordán como niveles conglomeráticos compuestos por clastos de rocas ígneas porfiríticas, que son interpretadas como derivadas de una fase del Granito de Pescadero, el cual aflora en las cercanías (Ward et al., 1973). No se han encontrado fósiles en la Formación Jordán y, por consiguiente, su edad se fundamentó en su posición estratigráfica, donde Ward et al., (1973), le asignan una edad de Jurásico Inferior.

Arguello & Quintero (2015) realizan un estudio estratigráfico de la Formación Jordán, entre el Municipio de Piedecuesta hasta la Punta de la Mesa de Los Santos, en donde, según las asociaciones de facies encontradas y descritas, el ambiente de sedimentación corresponde al tipo fluvial, ambiente lacustre y ambiente volcanoclástico. Se reportan rocas volcánicas asociadas, ignimbritas con textura de flujo y tobas líticas (Arguello & Quintero, 2015).

Suarez & Díaz (2016) realizan un estudio petrográfico y estratigráfico de la Formación Jordán en su localidad tipo, al sur de la Mesa de Los Santos donde, según sus

interpretaciones faciales, el ambiente de sedimentación de la formación corresponde a fluvial-lacustre, relacionado con un lago de grandes dimensiones, en condiciones oxidantes.

En cuanto a la edad de la Formación Bocas, van der Lelij., et al (2016) propone que es Pérmica con base en una datación U/Pb en un dique riolítico ($250,7 \pm 4,3$ Ma) que corta la unidad al SO del municipio El Playón y el reporte de plantas del género *Glossopteris* sp. por Mojica, et al. (1996).

Estudios más recientes para la Formación bocas proponen una edad de Jurásico Inferior (Bayona., et al. 2020), Luego Alarcón et al., (2020) propone una edad correspondiente al Triásico tardío para la Formación Bocas, desde el Carniano al Rhaetiense; Con base en los resultados obtenidos en las dataciones radiométricas de las rocas volcánicas de la Formación Jordán, la bioestratigrafía de los conchostracos y la actualización de los rangos bioestratigráficos de la flora reportada por Remy, et al. (1975).

2.3. Relaciones estratigráficas entre las unidades

El basamento está caracterizado por rocas metamórficas e ígneas (Vargas et al., 1976; Ward et al., 1977^a, b; Vargas et al., 1987, Restrepo, 1995; Gómez et al., 2015; Zuluaga et al., 2017; Zuluaga and López, 2019) y las rocas cristalinas están parcialmente cubiertas por rocas sedimentarias Paleozoicas y del Triásico-Jurásico (Ward et al., 1977^a, b).

Se han propuesto varios modelos de desarrollo espacio-temporal del magmatismo y la sedimentación: 1) la formación de fisuras intracontinentales como resultado de un tectonismo extensivo que estuvo acompañado, a su vez, por actividad magmática (Mojica

& Kammer, 1995; Cediel, et al., 2003); (2) la migración lateral de arcos magmáticos generados en una zona de subducción (Cochrane, et al., 2014; Spikings, et al., 2015; Bustamante, et al., 2017; Rodríguez, et al., 2018); (3) la generación de arcos magmáticos y su posterior desplazamiento a lo largo de la margen occidental de Gondwana (Bayona, et al., 2006; Bayona, et al., 2010; Toussaint, 1995), o la acreción de arcos magmáticos marginales (Rodríguez, et al., 2018).

De acuerdo con Bayona et al., (2020) los depósitos del Grupo Girón descansan de forma inconforme sobre rocas sedimentarias y metamórficas del Paleozoico y están superpuestos por depósitos continentales del Cretácico Inferior o por depósitos aptianos marginales a marinos. Una inconformidad angular regional de bajo ángulo (10° - 15°) de edad jurásica media (Bayona et al., 2020; Ward et al., 1973) separa las sucesiones sedimentarias y volcánicas del Jurásico Inferior y medio (Formación Jordán) de los estratos enteramente continentales del Jurásico superior (Grupo Girón). Las nuevas estimaciones de edad del Jurásico Temprano para las Formaciones Noreán y Jordán y la inconformidad angular regional son consistentes con la probabilidad de que la deposición de los estratos del Grupo Girón suprayacentes se iniciara después del Jurásico Medio. (Jiménez et al., 2021).

Luego de la descripción y estudio de la Formación Girón por Julivert (1958), Langenheim (1959) realiza un trabajo sobre la estratigrafía de la Formación Girón en Santander y Boyacá, donde también incluye y relaciona la Formación Jordán dentro de esta unidad. Formación Jordán se incluye como Facies Orientales de la Formación Girón, sobre la Quebrada Monte Grande (ubicada a 1.5 km al suroeste del pueblo de Jordán Sube) compuesta en la base de una alternancia de arcosas y lodolitas color rojo en capas mayores a 2 metros de espesor.

Navas (1963) lleva a cabo un estudio detallado de la Formación Girón en la sección del Río Lebrija, entre las estaciones de Bocas y El Conchal, sobre el ferrocarril de Bucaramanga a Puerto Wilches. El Girón se presenta con una potencia de 2.600 m, en los cuales Navas (1963) distingue un nivel inferior lutítico de 550 metros de espesor. Este nivel inferior que se interpretó en ese entonces como perteneciente a la Formación Girón, en realidad se trataba de la Formación Jordán, donde Navas (1963) describe que se encuentra aparentemente concordante con la infrayacente Formación Bocas. Navas (1963) describe de esta manera este Nivel inferior lutítico (Formación Jordán) así: “parte basal está constituida por una sucesión de pizarras gris verdosas, con intercalaciones de arenisca, hacia el techo siguen unas lutitas compactas (shales en parte algo pizarrosas de color rojizo) con intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso; La mitad superior está formada por una alternancia de lutitas predominantemente rojizas, micáceas, (algunas de color verdoso) compactas y shales rojizos, alternando con una sucesión de areniscas, areniscas cuarzosas, conglomerados cuarzosos con cantos menores de 5 cm y algunos bancos de arcosas cuarzosas; las areniscas predominan sobre el shale”.

2.4. Revisión del estado del arte de actividades volcánicas relacionadas con el Jurásico

Inferior.

Durante finales del Triásico Tardío y Jurásico Temprano en el Macizo de Santander se registró un evento magmático representado por rocas plutónicas (mayoritariamente localizadas al este de la Falla de Bucaramanga) denominadas Grupo Plutónico de Santander (Ward, et al., 1973). También hay registros sedimentarios interestratificados

minoritariamente con rocas volcánicas y volcanoclásticas que representan la Formación Bocas (relacionada con el Pérmico y el Jurásico Temprano) y la Formación Jordán (relacionada con el Jurásico Temprano-Medio). (Alarcón, et al.2020). Esta última Formación Jordán fue propuesta por Cediél (1968), pero esta estaba incluida y relacionada inicialmente dentro de la Formación Girón por Julivert (1958) en su estudio sobre la Morfoestructura de la zona de las Mesas al SW de Bucaramanga, donde observa su carácter discordante con las unidades Cretácicas.

Tellez (1964) presenta una cartografía a escala 1: 50.000 de la Mesa de Barichara y la región meridional de la Mesa de Los Santos en el Departamento de Santander. Este mapa es acompañado de una breve descripción estratigráfica y los rasgos tectónicos de la región. Dentro de este estudio Tellez (1964) reporta dentro del nivel inferior lutítico de la Formación Girón (Formación Jordán) algunos mantos de lavas y cineritas ácidas o intermedias sobre el camino real que conduce de Los Santos a Jordán Sube. Estas rocas interpretadas por Tellez (1964) como mantos de lavas en realidad corresponden a Ignimbritas (tobas soldadas) que son reconocidas y reportadas años más tarde por Cediél (1968). Por otra parte, en la misma zona, Tellez (1964) cartografía y reporta un dique que corta a la Formación Jordán de forma casi perpendicular al rumbo de las capas, siendo su espesor aproximado de 2 m y aflorando en una longitud de más de 150 m, con una ruptura que lo divide en dos. Esta ruptura observada por Tellez (1964) se trata de una falla normal que corta y desplaza el dique en dos secciones. Posteriormente, Cediél (1968) realiza un estudio detallado sobre lo que él denomina Grupo Girón (sensu Hedberg, 1931 en Etayo-Serna, 1989). En este trabajo, Cediél (1968) describe la Formación Girón sobre el cañón del Río Lebrija y la subdivide en

8 paquetes litológicos nombrados de A a H. Sobre esta misma investigación Cediel (1968) propone dos nuevas unidades litoestratigráficas: Formación Los Santos y Formación Jordán. La sección tipo de estas unidades fue definida por Cediel (1968) sobre lo que se conoce como “Camino del Roto”, el cual conduce desde la parte sur de la Mesa de Los Santos, bajando sobre el cañón de Río Chicamocha hasta llegar al pueblo de Jordán Sube. En esta zona, la base de la Formación Jordán no aflora (Cediel, 1968).

Las rocas volcánicas presentes en la zona se formarían en un ambiente de arco volcánico, con ignimbritas generadas por el colapso de la columna eruptiva (Suarez & Díaz, 2016).

Estudios más recientes de Alarcón, et al. (2020) de la Formación Jordán concluyen que la actividad volcánica registrada en la unidad coincidió con el evento magmático que dio origen a los granitoides del Grupo Plutónico de Santander, el cual se manifestó entre finales del Triásico Tardío e inicios del Jurásico Temprano. Así mismo, Alarcón, et al. (2020) determina que la extensión ocurrida durante la formación y el emplazamiento del Grupo Plutónico de Santander abre la posibilidad de que se generaran cuencas sedimentarias y simultáneamente se acumularan los registros continentales fluvio-lacustres (Alarcón & Rodríguez, 2019) representados en la Formación Jordán.

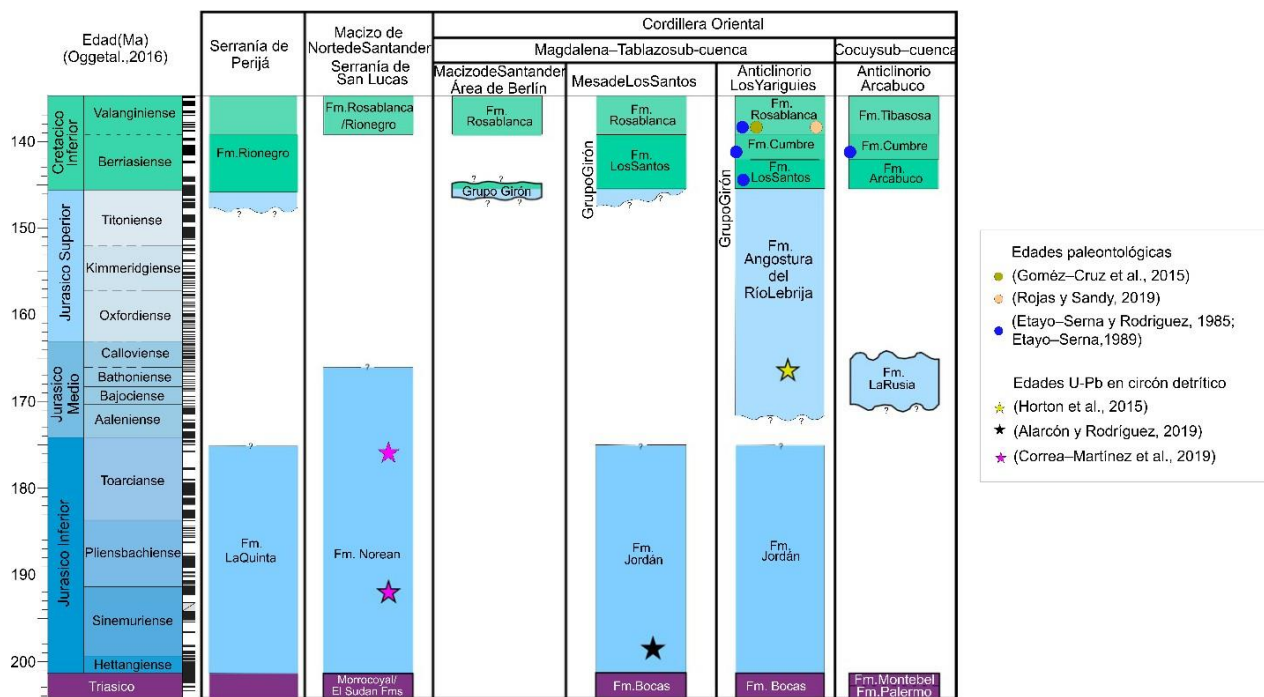
2.5. Estilo estructural

Jiménez et al., (2021) realiza una escala temporal Jurásico-Cretácico (Figura 2) con cronos de polaridad magnética. La posición estratigráfica y la correlación entre formaciones se basa en varios estudios, entre ellos Etayo-Serna (1989), Bayona et al. (2006), Horton et

al. (2010, 2015), Gómez Cruz et al. (2015), Alarcón y Rodríguez (2019), Correa Martínez et al. (2019), y Rojas y Sandy (2019). En esta escala se evidencia el cambio de espesor del Grupo Girón y la ausencia de formaciones en algunos sectores de la Cordillera Oriental relacionadas con el desplazamiento a lo largo de fallas normales como por ejemplo la Falla de Suárez (Tesón et al., 2013; Jiménez et al., 2016). Jiménez et al., (2016) muestra un estilo estructural divergente y difiere del modelo estructural reportado en estudios previos, en su investigación propone una zona transversal para explicar las variaciones en el estilo estructural del Valle Medio del Magdalena.

Figura 2

Escala temporal Jurásico-Cretácico con cronos de polaridad magnética



Nota: La posición estratigráfica y la correlación entre las formaciones se basa en varios estudios, entre ellos Etayo-Serna (1989), Bayona et al. (2006), Horton et al. (2010, 2015),

Gómez- Cruz et al. (2015), Alarcón y Rodríguez (2019), Correa-Martínez et al. (2019), y Rojas y Sandy (2019). Fm-Formación. Tomado de Jiménez et al.,(2021).

Hacia el Valle Medio del Magdalena, Jiménez et al., (2016) realiza un corte regional, donde muestra que las fallas del dominio este corresponden a estructuras con inversión tectónica evidenciadas por los cambios de espesor de la Formación Girón; estas estructuras se definen como un estilo estructural dominado por una deformación tipo thick-skinned, existen fallas transversales que causan cambios en el estilo estructural en la zona norte y sur.

3. Metodología

Para desarrollar los objetivos planteados en este proyecto, se tiene en cuenta la recolección de la información necesaria para comprender la geología regional y local que se encuentra estipulada hasta el momento, así entonces, se llevará a cabo la siguiente metodología dividida en actividades específicas como se muestra a continuación:

Fase 1. Definir la estratigrafía de la secuencia sedimentaria del Jurásico Inferior

Actividad 1.1 Revisar la cartografía estipulada hasta el momento y los estudios previos realizados sobre el Jurásico Inferior en el Macizo de Santander.

Actividad 1.2 Comprender el contexto geológico de la zona en el Jurásico Inferior.

Actividad 1.3 Teniendo en cuenta lo que se establece en estudios anteriores, definir puntos de control fundamentales para determinar la formación objeto para este estudio del Jurásico Inferior aflorante en la zona.

Fase 2. Establecer las relaciones estratigráficas entre las unidades aflorantes en la zona de estudio.

Actividad 2.1 Realizar una descripción detallada de la geología, las estructuras existentes y los contactos entre las formaciones aflorantes en la zona de estudio por medio de trabajo de campo, estableciendo estaciones en las cuales se puedan observar detalles fundamentales.

Actividad 2.2. Determinar el ambiente de formación de las unidades geológicas a partir de la columna estratigráfica generalizada del sector de estudio evidenciando la secuencia.

Actividad 2.3 Definir la disposición y las características de las rocas y los estratos por medio de la determinación de las relaciones estratigráficas entre las unidades.

Fase 3. Determinar el estilo estructural a partir de dos secciones estructurales de la zona de estudio.

Actividad 3.1 Definir por medio de una poligonal las estructuras o pliegues que se pueden desarrollar a lo largo de la sección, ya que esto puede influir en la medición del espesor final de la unidad.

Actividad 3.2 Identificar la distribución espacial del Jurásico inferior por medio de un mapa a escala 1:10000 en GIS

Actividad 3.3 Comprender y establecer la estructura o estructuras características de la zona por medio de cortes geológicos y poligonal.

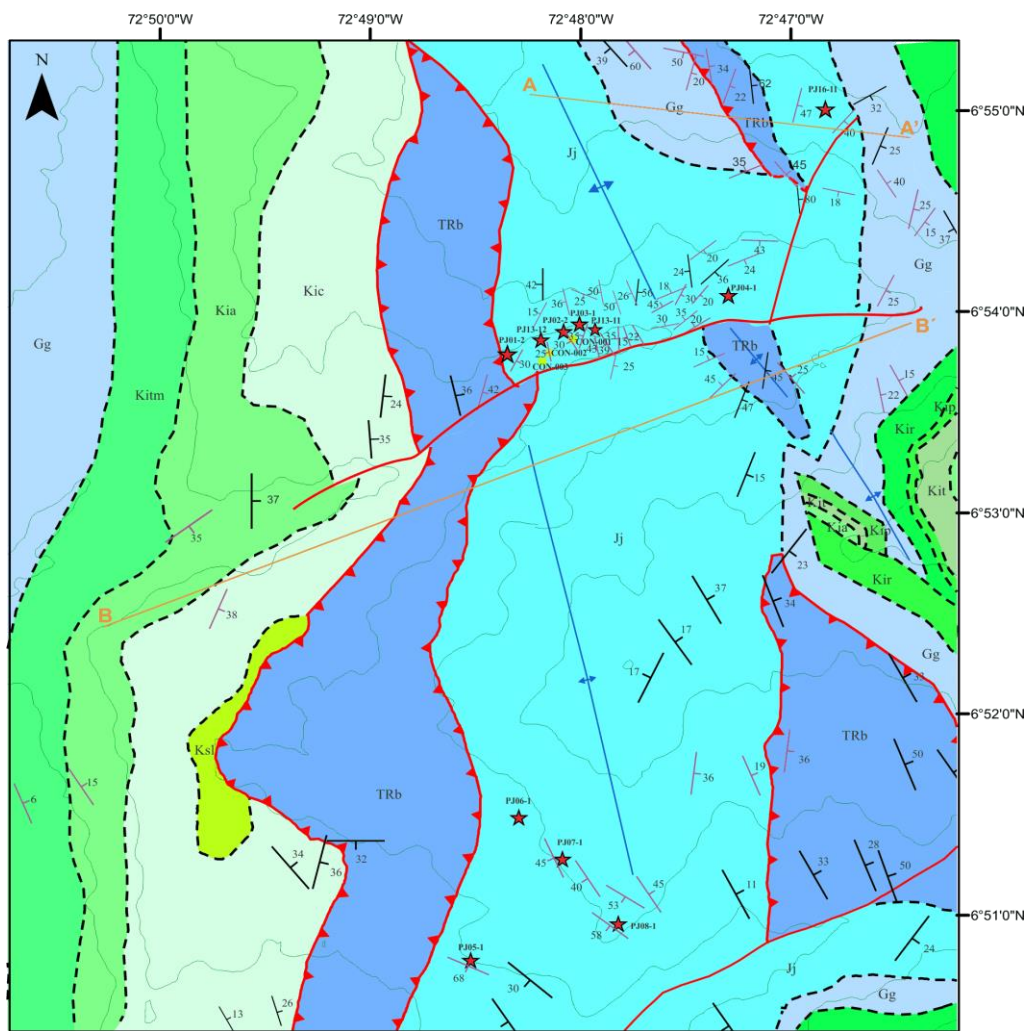
Actividad 3.4 Determinar la deformación y el estilo estructural de la zona de estudio por medio del análisis y comparación de la cartografía existente y la resultante de este trabajo, donde se identifican las fallas y plegamientos existentes en cada sección estructural de la zona.

4. Resultados

4.1. Definición la estratigráfica de la secuencia sedimentaria del Jurásico Inferior.

Figura 3

Mapa geológico



Leyenda	
	Datos estructurales de campo
	Ward et al., (1974)
	Muestras de Petrografía de la Formación Jordán (PJ)
	Muestras de Conglomerados (CON)
	Falla Inversa
	Falla Sinistral
	Anticlinal
	Formación La Luna (Ksl)
	Formación Capacho (Kic)
	Formación Tablazo (Kit)
	Formación Aguardiente (Kia)
	Formación Paja (Kip)
	Formación Tibú y Mercedes (Kitm)
	Formación Rosablanca (Kir)
	Grupo Girón (JKGg)
	Formación Jordan (Jj)
	Formación Bocas (TrB)

Debido a que es necesario tener un contexto geológico definido de la zona de estudio y las unidades aflorantes se realiza una revisión de la cartografía existente. La zona de estudio se encuentra ubicada en el flanco oriental del Macizo de Santander, en el bloque colgante de la Falla de Bucaramanga al NE del municipio de Guaca. Esta región está constituida principalmente por La Formación Bocas(Tb), La Formación Jordán (Jj) y El Grupo Girón (Gg). Donde recientes estudios han determinado una edad de Jurásico Inferior para la Formación Bocas (Bayona., et al. 2020). Luego Alarcón et al., (2020) propone una edad correspondiente al Triásico Tardío para La Formación Bocas. Se tiene entonces en la zona de estudio, una unidad del Jurásico Inferior, Formación Jordán y el Grupo Girón que corresponde a una edad de Jurásico Superior a Cretácico Inferior.

En este punto se tiene entonces como resultado que el enfoque principal sería, la Formación Jordán, pero al observar una secuencia de interés es necesario conocer las Formaciones suprayacentes y subyacentes de esta para tener un control real. Teniendo en cuenta la cartografía existente de la zona se establecieron los puntos de control, en los cuales se podría buscar un afloramiento de la Formación Jordán.

Figura 4

Panorámica de la zona de estudio



Nota: **Dld** es loma denudada, **Slf** es lomo de falla, **Del** es ladera erosiva y **Def** es eskarpe faceteado. Hacia el noroeste se puede observar la Formación Jordán y hacia el noreste el Grupo Girón.

Realizando una caracterización geomorfológica, en la zona de estudio donde se presenta la Formación Jordán, predominan dos ambientes, el ambiente denudacional y el estructural. Esta formación está conformada por rocas sedimentarias de color marrón-rojizo y en algunos niveles se pueden observar variaciones en la tonalidad de la roca, ya que suele observarse también con una tonalidad gris verdosa. Véase detalladamente información en la sección 4.2.

Figura 5

Acercamiento al escarpe visto en la panorámica.



Nota: Se realiza un acercamiento ya que según la geomorfología se podría pensar que es otra formación, sin embargo, es también la Formación Jordán presentando niveles más compactos.

Sujeto a este proyecto se encuentra el interés de observar el efecto de las fallas Jurásicas que se invirtieron y las estructuras que causaron en el Macizo de Santander.

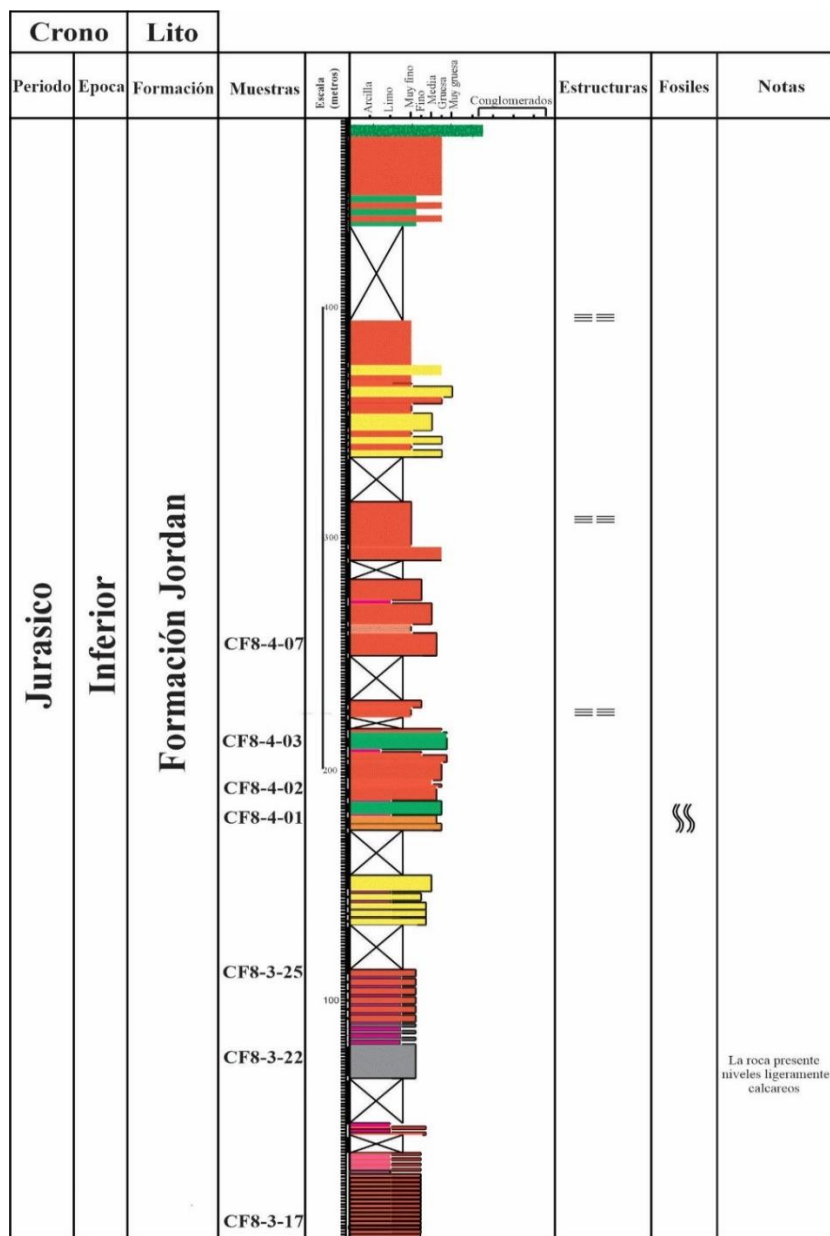
4.2.Relaciones estratigráficas de las unidades geológicas aflorantes en la zona de estudio.

Las relaciones estratigráficas entre distintas unidades son de gran importancia si se quiere realizar un estudio estratigráfico, esto da claridad en una secuencia estratigráfica en cuanto a temporalidad y espaciamiento, ya que se tienen en cuenta relaciones espaciales y temporales. En esta sección se tienen en cuenta los contactos entre las unidades geológicas que afloran en el sector.

Para determinar las relaciones estratigráficas se presenta un levantamiento de una columna estratigráfica a escala 1:500 (figura 6). La primera zona de estudio se encuentra hacia el norte a lo largo de la carretera paralela al río Sisotá desde el flanco este del anticlinal. A aproximadamente 6km del municipio de Guaca se encuentra un afloramiento bien expuesto de una serie rojiza de 489 m de espesor entre la Formación Bocas y Grupo Girón. El afloramiento está conformado por rocas sedimentarias de color marrón- rojizo (5R 4/6, Rojo moderado) según Munsell 2009 y en algunos sectores se pueden observar variaciones en la tonalidad de la roca, ya que también se presenta con una tonalidad gris verdosa (10Y 6/2, oliva pálida). En este sector predominan las areniscas de grano fino, se evidencian también en el afloramiento las areniscas conglomeráticas y las limolitas rojizas características de la formación. En el punto inicial de la poligonal se observan capas tabulares con intercalaciones de limolitas y areniscas de grano muy fino con tonalidades rojizas.

Figura 6

Columna estratigráfica de la Formación Jordán.



Localidad Guaca - Santander Escala 1:1000	Litología ■ Areniscas tonalidades rojizas ■ Areniscas ligeramente calcareas ■ Limolitas rojizas ■ Areniscas conglomeráticas tonalidades rojizas ■ Areniscas conglomeráticas con tonalidades verdosas ■ Areniscas con bioturbación	Fosiles W Bioturbación
Ubicación Inicio X 1142134; Y 1254866 Fin X 1140358 ; Y 1254183 Sistema Magna Sirgas Bogota	Estructuras sedimentarias ≡ ≡ ≡ Laminación paralela	
Autores Maria Camila Reyes Mendoza Sneider Fabián Esparza Albarracín		La roca presente niveles ligeramente calcareos

Figura 7

Afloramiento de la Formación Jordán.



Nota: Como escala se tiene una persona de 1.75m de altura. Las líneas amarillas representan las capas tabulares, la línea azul representa la división por predominancia de material más fino hacia arriba y más grueso hacia abajo.

En este primer tramo de estudio se encuentra la parte basal de la Formación Jordán con capas tabulares de intercalaciones entre limolitas rojizas y areniscas de grano fino a muy fino, los niveles más finos y fisiles tienen un espesor de aproximadamente 20 cm a 1m mientras que las capas de areniscas tienen aproximadamente 1.5m de espesor.

Avanzando unos metros se observa como empiezan a predominar los niveles más finos de las limolitas rojizas siendo ahora estas las capas de aproximadamente 1.5m de espesor, mientras que las capas de areniscas tienen 1m de espesor, las rocas son ligeramente calcáreas y tienen un tamaño de grano muy fino, las capas de areniscas y limolitas van variando poco a poco su espesor y en un punto de la zona llegan a tener espesores muy similares entre ellas (Figura 7). Luego se sigue observando la intercalación de areniscas y limolitas rojizas, pero hacia el techo se va observando un cambio en la tonalidad, se pueden ver rocas con color gris verdoso, las capas de areniscas en este punto tienen espesores de 1 a 3 m, mientras que las lodolitas tienen espesores de aproximadamente 50cm, siguiendo esta misma intercalación se notan las areniscas conglomeráticas con un espesor de aproximadamente 7m con pequeñas intercalaciones de limolitas de 20cm de espesor.

Figura 8

Afloramiento de la Formación Jordán

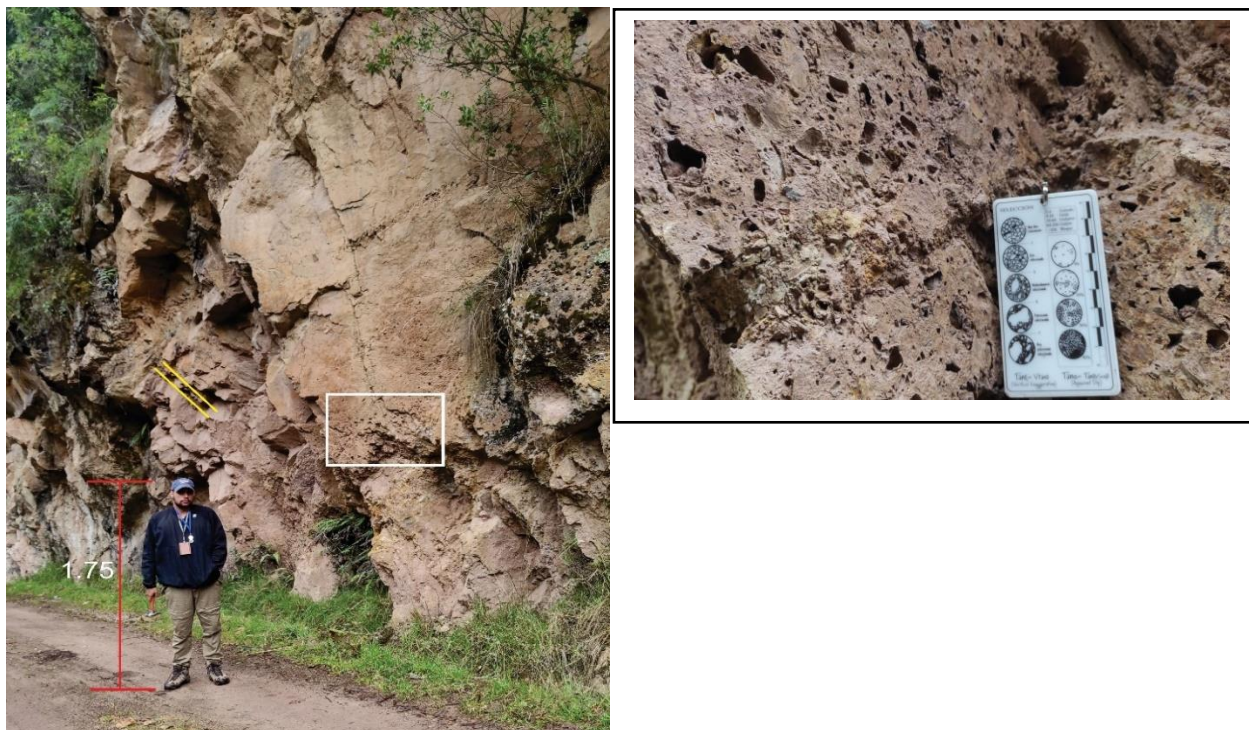


Nota: En la imagen se observan las intercalaciones entre limolitas y areniscas rojizas de la Formación.

Algunos afloramientos presentan también meteorización, y la bioturbación en algunos sectores de la sección es frecuente (Figura 9). Se pudo observar también en algunos afloramientos laminación plano paralela (Figura 10).

Figura 9

Afloramiento de la Formación Jordán



Nota: En la imagen se puede observar cómo en algunas zonas se presenta bioturbación.

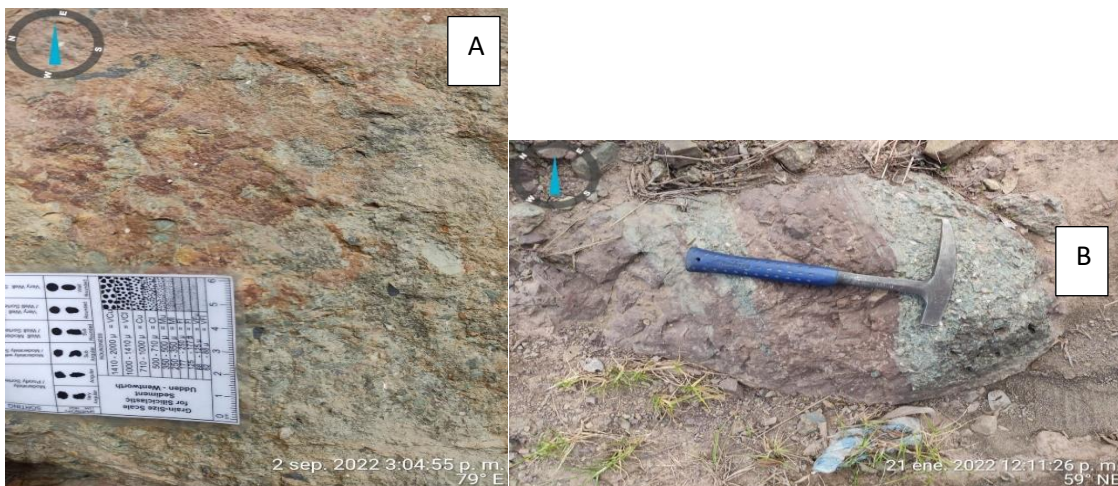
Figura 10

Laminación plano-paralela en la Formación Jordán.



Figura 11.

Areniscas conglomeráticas de la Formación Jordán.



Nota: **A:** Se observan clastos de casi 2cm hacia la base de la sección conglomerática y hacia el tope se observan clastos más pequeños de máximo 1cm. **B:** Conglomerado de la Formación Jordán. En

la imagen B, se podría observar la zona de transición entre la parte basal que es generalmente de color gris verdoso y el segundo paquete rojizo.

A lo largo de la sección es continua la secuencia de areniscas conglomeráticas y areniscas de grano muy fino con tonalidades rojizas, pero al avanzar unos metros vuelven a aparecer las tonalidades verdosas y luego de unos metros vuelven a aparecer las areniscas muy finas y limolitas.

En la zona de estudio se puede observar en el mapa (Figura 3) como de oeste a este van aflorando unidades del cretácico, pero en un punto se observa la Formación Bocas, debido a esto se establece una falla inversa que causa el levantamiento de esta unidad

En esta zona, la Formación Jordán y La Formación Bocas se encuentran en contacto por medio de una falla inversa que causa el levantamiento de la Formación Bocas.

VEREDA SISOTA BAJA

En el sector NE de la zona de estudio, hacia el flanco este del anticlinal, se observa claramente un cambio abrupto en la geomorfología (Figura 4) en comparación con el sector bajo de la carretera junto al río Sisota, hacia el Sauzo, lo que facilita determinar la presencia del contacto entre la Formación Jordán y el Grupo Girón.

En este sector, se observaron areniscas con tonos cremas, de grano medio con abundante contenido de cuarzo características del Grupo Girón. En el punto más alto con 3570.4 msnm de altitud aproximadamente se encuentran capas tabulares de intercalaciones entre lodolitas y areniscas rojizas de grano fino, este punto se define como Grupo Girón, donde sus niveles finos son más grisáceos que los tonos violetas de la Formación Jordán, aun así, estos colores también están presentes y se evidencia oxidación-reducción en el afloramiento (Figura 12). Avanzando varios

metros se encuentra un afloramiento de limolitas con tonalidades claras y verdosas que se definen como la Formación Bocas, luego se encuentra un afloramiento con tonalidades violetas características de la Formación Jordán con intercalaciones entre limolitas y areniscas de grano fino.

Figura 12

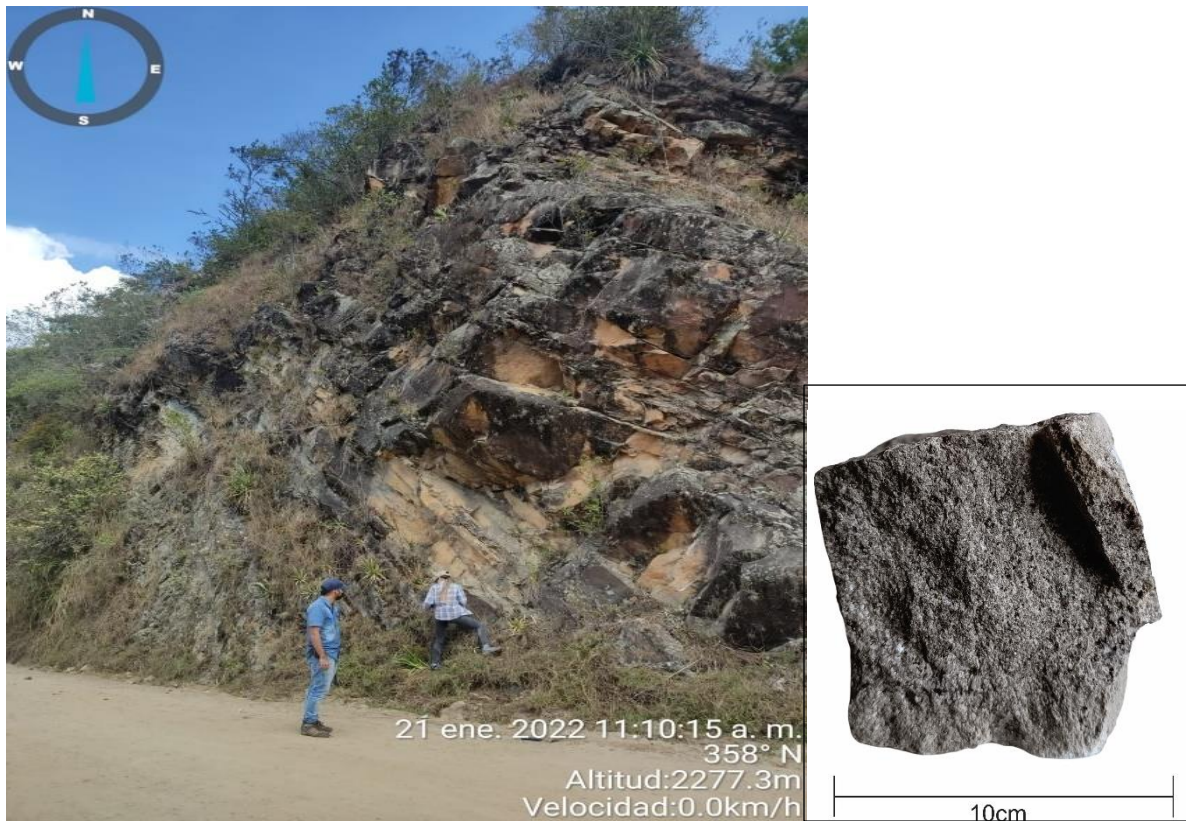
Afloramiento del Grupo Girón.



Nota: Se pueden observar las tonalidades rojizas en el afloramiento y la evidencia de oxido reducción que facilita la identificación del Grupo Girón.

Figura 13

Afloramiento del Grupo Girón.



Nota: Se presentan rocas muy compactas, son areniscas de grano fino a medio con abundante porcentaje de feldespato, moscovita y cuarzo.

En este sector se encuentra una sucesión ininterrumpida y homogénea de limolitas y areniscas de grano muy fino, con tonalidades rojizas de la Formación Jordán (Figura 13).

Figura 14

Afloramiento de la Formación Jordán.

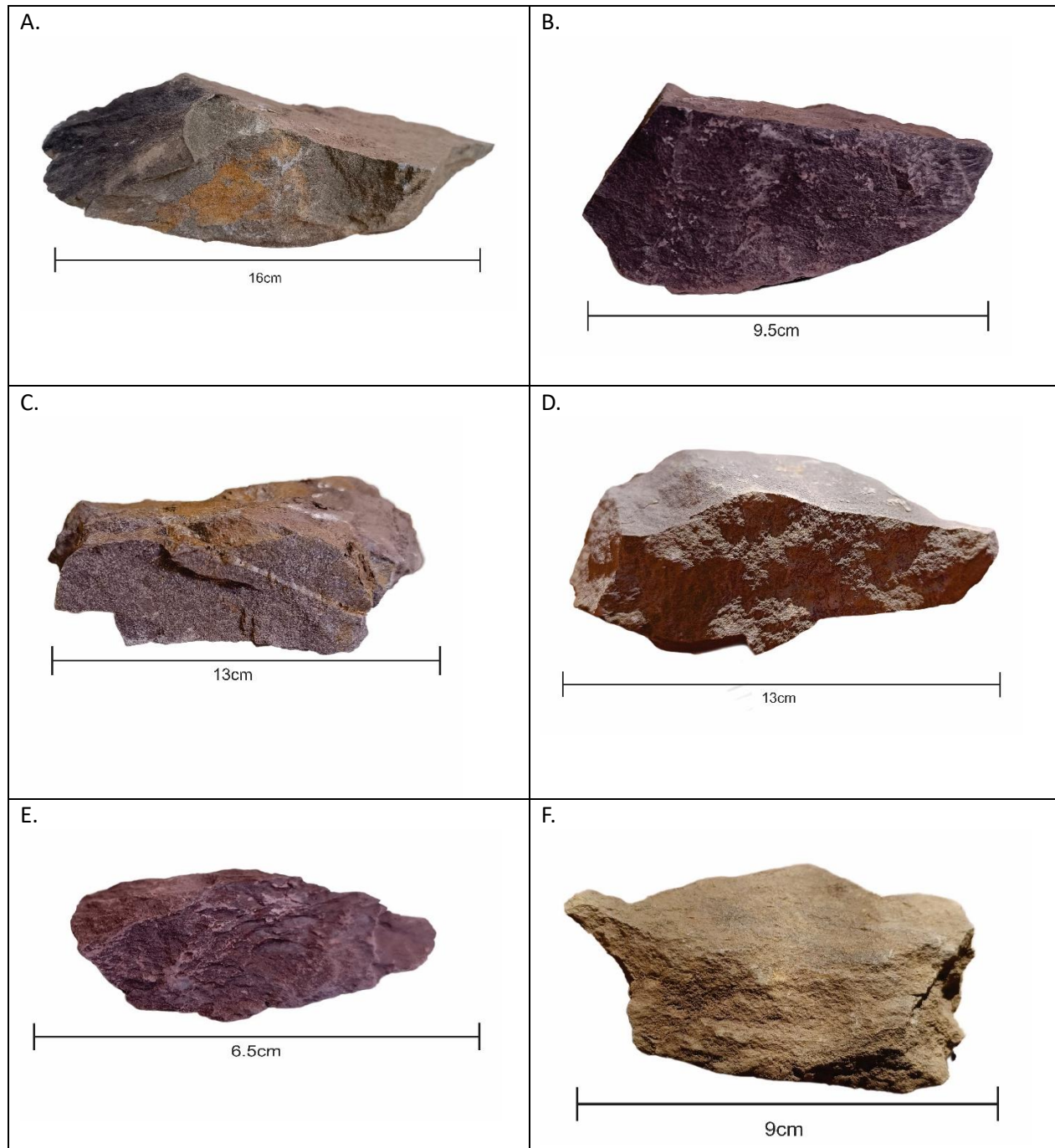


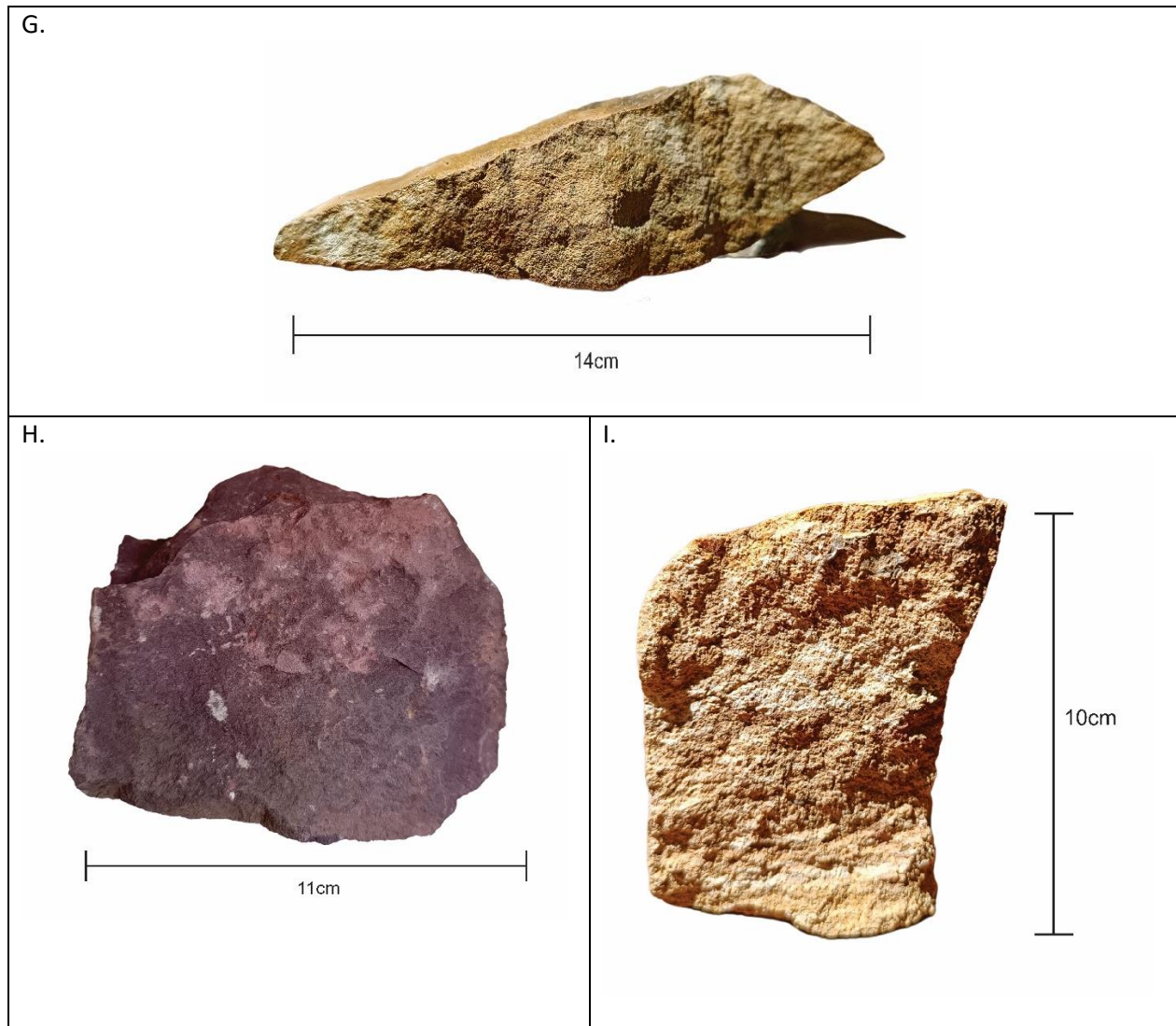
Para las zonas de estudio se definieron litofacies de acuerdo con las características texturales y composicionales, estructuras sedimentarias y geometría, las cuales se asocian en distintas asociaciones de facies.

Con el trabajo de campo se recolectaron las siguientes muestras de la Formación Jordán y se presenta también su clasificación textural y composicional:

Figura 15

Muestras de rocas de la Formación Jordán.





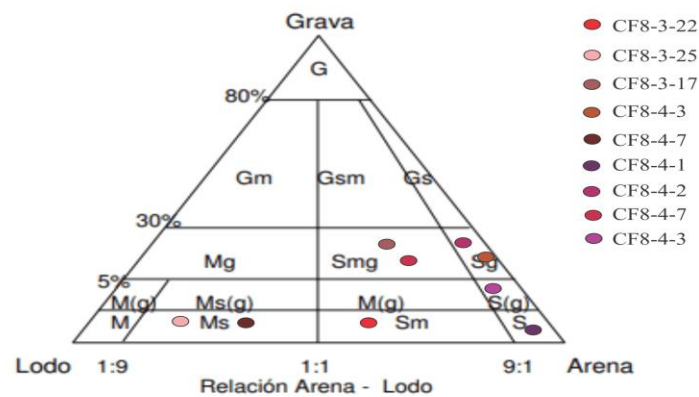
MUESTRA	DESCRIPCIÓN
A. CF8-3-22	<p>Color: 10Y 6/2, oliva pálida.</p> <p>Texturalmente.</p> <p>Arenisca grano fino a muy fino, los granos son esféricos y angulares, la roca está bien calibrada, es grano soportada, areno soportada, la porosidad es interpartícula, el tipo de contacto entre partículas es cóncavo convexo.</p> <p>Texturalmente, tenemos una arenisca de grano muy fino, una arenisca lodosa (Sm) según la clasificación de Folk 1974.</p> <p>La roca es madura, no es fisil.</p>

	Composicionalmente: Es una roca terrígena, 54% cuarzo, 37% feldespatos, 5% fragmento de roca, 3% moscovita.
B. CF8-3-25	Texturalmente: 5R 4/6, Rojo moderado según Munsell 2009 Arenisca muy fina, es lodosoportada con granos de areniscas muy fina, , la roca viene siendo una Ms lodolita arenosa . Composicionalmente: Es una roca terrígena, tiene 6% de fragmento de roca, 56% feldespatos, 35% cuarzo, 3%moscovita.
C. CF8-3-17	Texturalmente: Arenisca grano fino a muy fino, los granos son esféricos y angulares, la roca está bien calibrada, la roca es grano soportada, areno soportada, pero se observa más arcilla, hay más feldespatos. la porosidad es interpartícula, presentan contactos cóncavo convexo, texturalmente para la roca es, Smg , La roca es madura a submadura, no es fisil. Composicionalmente: Es una roca terrígena, 60% cuarzo (se puede observar en la muestra una vena de cuarzo que probablemente se habrá precipitado por una fractura) , 30% feldespatos, 7% fragmento de roca, y 3% de moscovita.
D. CF8-4-3	Texturalmente: Arenisca grano fino, los granos son esféricos y angulares, la roca está bien calibrada, es grano soportada, areno soportada, la porosidad es interpartícula sin embargo no es una roca muy porosa, presentan contactos longitudinales y cóncavo convexo, texturalmente para la roca es una arenisca de grano fino, es un SG , La roca es madura, ya que está bien calibrada y no se observan lodos. Composicionalmente: Es una roca terrígena, 60% cuarzo, 35% feldespatos, menos del 3% fragmento de roca, y 2% moscovita.
E. CF8-4-7	Texturalmente: Arenisca muy fina, es lodosoportada, la roca viene siendo una Ms , la roca es fisil. Composicionalmente: Es una roca terrígena, aproximadamente 6% de fragmento de roca, 60% feldespatos, 30% cuarzo, 4%moscovita.
F. CF8-4-1	Texturalmente: Arenisca de grano fino a medio, los granos son esféricos y angulares, la roca está bien calibrada, grano soportada, areno soportada, la porosidad es interpartícula sin embargo no es una roca muy porosa, presentan contactos longitudinales y cóncavo convexo, texturalmente es una arenisca de grano medio a grueso , viendo siendo un S , La roca es madura, ya que está bien calibrada. Composicionalmente: Es una roca terrígena, 50% cuarzo, 40% feldespatos y 10% fragmento de roca
G. CF8-4-2	Color: 2,5Y 7/2 según Munsell Arenisca grano fino a muy finos, los granos son esféricos y angulares , la roca está bien calibrada, la roca es grano soportada, areno soportada, la porosidad es interpartícula sin embargo no es una roca muy porosa, presenta contactos cóncavo convexo,

	<p>texturalmente es una arenisca de grano muy fino, SG, La roca es madura, ya que está bien calibrada y no se observan lodos, no es fisil, la roca presenta más del 70 por ciento en armazón.</p> <p>Composicionalmente: Es una roca terrígena, 52% cuarzo, 40% feldespatos, menos del 6 fragmento de roca, 2% de moscovita</p>
H. CF8-4-7 *	<p>Color: 5R 4/6, Rojo moderado según Munsell 2009. Tonalidades marrones rojizo características de la Formación Jordán.</p> <p>Texturalmente:</p> <p>Arenisca grano muy fino, los granos son esféricos y angulares, la roca está bien calibrada, es grano soportada, areno soportada, pero si se observa un poco de arcilla. La porosidad es interpartícula, presentan contactos cóncavo convexo, es una arenisca lodosa ligeramente conglomerática smg, La roca es madura a submadura, no es fisil.</p> <p>Composicionalmente: Es una roca terrígena, 55% cuarzo, 35% feldespatos, 7% fragmento de roca, 3% moscovita</p>
I. CF8-4-3	<p>Texturalmente: Arenisca medio a grueso, los granos son esféricos y angulares, la roca está bien calibrada, es grano soportada, areno soportada, la porosidad es interpartícula, presentan contactos longitudinales y cóncavo convexo, arenisca ligeramente conglomerática S(g), es madura ya que está bien calibrada y no se observan lodos, se observación laminación plano paralela.</p> <p>Composicionalmente: Es una roca terrígena, 46% de cuarzo y 44% feldespatos, 10% de fragmento de roca.</p>

Figura 16

Triángulos de clasificación textural y composicional de Folk (1974).



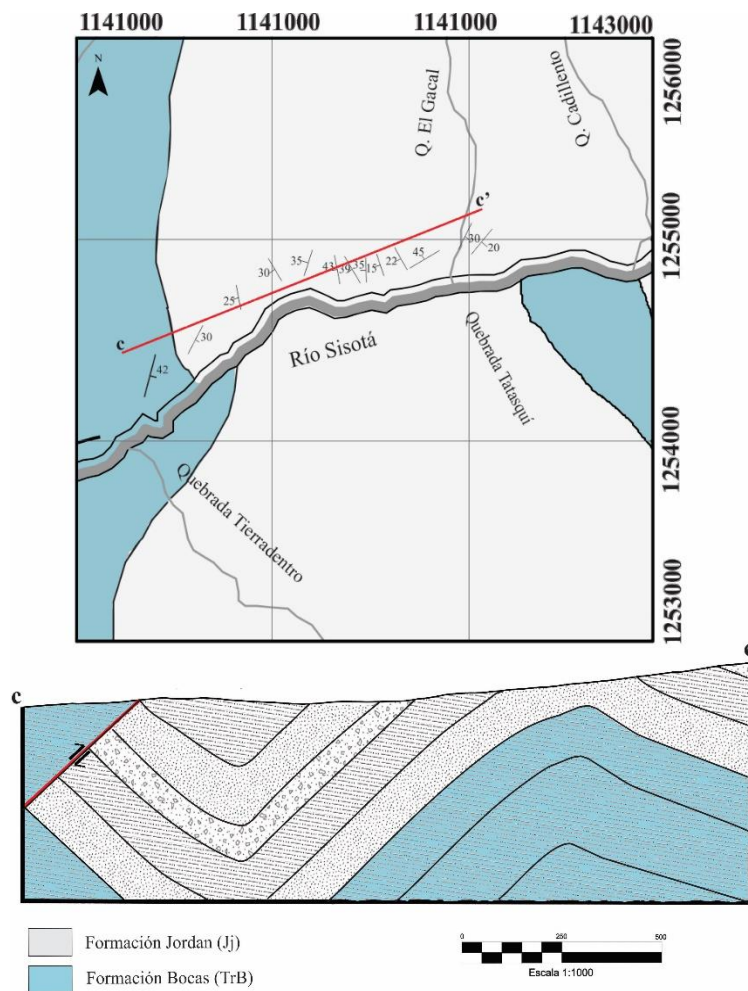
Nota: Izquierda: G: conglomerado; Gs: conglomerado arenoso; Gsm; Conglomerado areno lodoso; Gm: Conglomerado lodoso; Sg: arenisca conglomerática; Smg: arenisca lodosa conglomerática; Mg: Lodolita conglomerática; Sg: arenisca conglomerática; M(g): Lodolita ligeramente conglomerática; Ms(g): Lodolita arenosa ligeramente conglomerática; S(g): Arenisca ligeramente conglomerática; S: Arenisca; Sm: arenisca lodosa; Ms: Lodolita arenosa; M: Lodolita. Derecha: 1: Cuarzo arenita; 2: Subarcosa; 3: Sublitoarenita; 4: Arcosa; 5: Arcosa lítica; 6: Litoarenita, Feldespática; 7: Litoarenita.

4.3. Estilo estructural

Las rocas sedimentarias del Jurásico no afloran como cuerpos locales debido a su gran extensión. “Esta es una zona intermedia en extensión aparece al W de Málaga entre las fallas Río Servitá y Baraya, como límites de una pequeña cuenca posteriormente invertida en pop-up” (Velandia, 2017). Esta cuenca nos indica una inversión tectónica la podemos observar en el corte b-b', donde la cinemática de las fallas genera esta cuenca y el levantamiento de la unidad triásica.

Figura 17

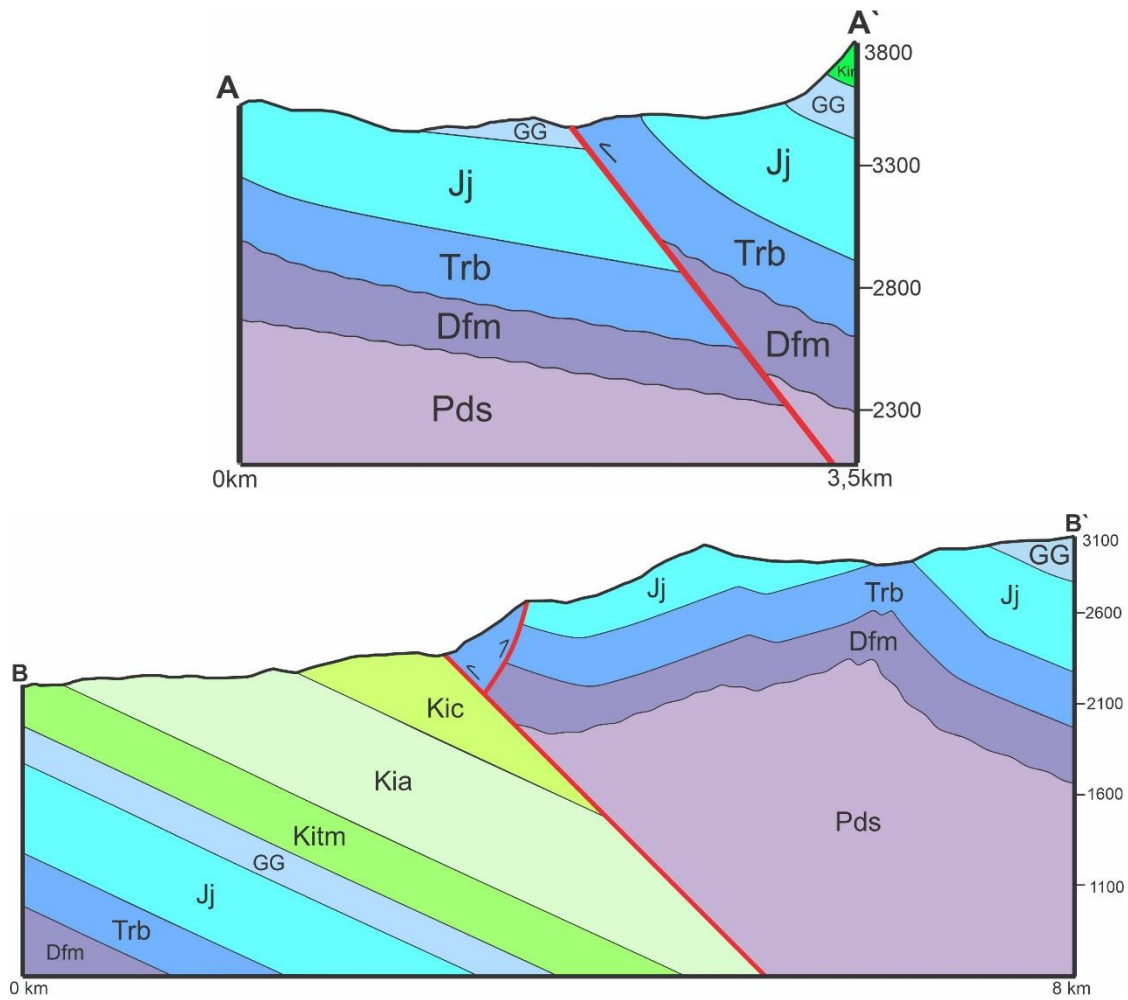
Poligonal y corte estructural de la Formación Jordán sobre Rio Sisotá



En esta sección se encuentra el interés de observar el efecto de las fallas Jurásicas, las cuales se invirtieron y causaron distintas estructuras en el Macizo de Santander, entre estas las de la zona de estudio de este trabajo, en esta zona se evidenciaron dos tipos de pliegues diferentes a cada lado de la Falla Sisota. Estas fallas hicieron aflorar rocas sedimentarias del Jurásico y más antiguas sobre unidades sedimentarias del Cretácico.

Figura 18.

Cortes geológicos A-A' y B-B' del mapa geológico de la zona de estudio



Nota: Secciones geológicas transversales. A. Corte A-A' ubicado al norte de la zona, en el que se destaca el levantamiento de la Fm Bocas en contacto Grupo Girón y el flanco oeste del anticlinal. B. Corte B-B' ubicado en el sur del área de estudio, incluye dos fallas inversas generando una cuenca tipo pop up y el anticlinal tipo chevron con la Fm Bocas en su núcleo.

El área de estudio se desarrolla principalmente sobre una secuencia sedimentaria Triásico-Jurásica, que se encuentra afectada por fallas locales y regionales tales como la falla sobre el río Sisotá y las demás fallas locales. En la zona de estudio se encontraron estructuras menores resultado de la inversión tectónica mencionada anteriormente, en este caso se tienen una estructura al norte de la falla del río Sisotá y otra hacia el sur, Siendo un anticlinal cilíndrico y un anticlinal tipo chevrón respectivamente.

La falla río Sisotá es el rasgo estructural más evidente que cruza la zona con un sentido W-E, esta falla tiene un componente de rumbo sinistral y presenta una extensión local atravesando rocas desde el Triásico hasta el cretácico en la zona de estudio.

El anticlinal cilíndrico se localiza al norte del área de estudio, presenta en su eje un cabeceo con dirección NW presentando adelgazamiento al flanco oriental entrando en contacto con el grupo Girón y la secuencia cretácica; el flanco occidental de este anticlinal termina en una falla inversa donde se evidencia el cabalgamiento de la Formación Bocas sobre la secuencia cretácica. Esta estructura es controlada por datos de estratificación de la formación Jordán principalmente.

Anticlinal tipo chevrón se localiza al sur del área de estudio. Su núcleo se encuentra en la Formación Bocas y en sus flancos la Formación Jordán, Grupo Girón y la secuencia cretácica. Hacia el occidente la configuración estructural se modifica por la aparición de fallas inversas que generan un cabalgamiento en la formación Bocas sobre la secuencia Cretácico.

Figura 19

Vista panorámica en la cual se observa el anticlinal tipo chevrón.



5. Conclusiones

1. Con el desarrollo de la cartografía de esta zona conlleva a un avance en cuanto al conocimiento estratigráfico y estructural. El detalle de esta nos permite identificar los contactos y las diferentes estructuras presentes en la zona.

2. La formación Jordán presenta una relación estratigráfica con la formación Bocas a través de las características litológicas de las areniscas verdes identificadas en la formación Jordán presentan similitud con descripciones litológicas de la parte superior de la Formación Bocas.

3. El espesor de la Formación Jordán es de 489m, el cual fue calculado con base en la poligonal. Este espesor calculado en la Formación Jordán es menor al reportado en otros trabajos y esto permite concluir que fue condicionado por la actividad de fallas syndimentarias.

4. Fallas longitudinales NE dominan la configuración estructural de la zona, la falla del Rio Sisotá es la principal estructural de la zona estudio, se observa al lado de norte de esta un anticlinal cilíndrico con fallamiento inverso aflorando en el bloque colgante la Formación Bocas. En la zona sur se evidencia por medio de un corte geológico una cuenca tipo pop up, siendo esta una evidencia de una inversión tectónica.

5. En la zona de estudio se puede observar una gruesa sección de las formaciones Bocas, Jordán y Girón, está expuesta a lo largo de los lados orientales de las fallas mayores. Posiblemente algunas de estas rocas estuvieron protegidas de la erosión del pre cretáceo en bloques fallados hundidos que posteriormente se levantaron.

6. Recomendaciones

Es recomendable el análisis petrográfico de las muestras recolectadas, esto con el fin de confirmar o descartar la presencia de material volcánico sobre este sector del Macizo de Santander, de ser confirmado realizar estudios geoquímicos de dicho material.

Se recomienda para trabajos futuros en esta zona, realizar estudios geocronológicos para establecer la edad de la formación y corroborar con estudios en otras zonas

Se aconseja realizar un análisis facial de la Formación Jordán en el área de trabajo.

7. Referencias Bibliográficas

- Alarcón, C. M., & Rodríguez, J. G. (2019). Estratigrafía, facies y paleoambiente de sedimentación de la Formación Jordán: un registro fluvio-lacustre con incidencia de actividad volcánica (Doctoral dissertation, Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia).
- Alarcón, C. M., Clavijo-Torres, J., Mantilla-Figueroa, L. C., & Rodríguez, J. G. (2020). Nueva propuesta de edades para el registro sedimentario de las formaciones Bocas y Jordán y su relación con el desarrollo de la actividad magmática del Grupo Plutónico de Santander (Cordillera Oriental, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(173), 1137-1151.
- Arguello, C., Quintero, J., (2015). Estratigrafía de la Formación Jordán entre el Municipio de Piedecuesta y la punta de la Mesa de Los Santos, Santander. Proyecto de grado de Geología. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas.
- Bayona, G., Rapalini, A., Costanzo-Álvarez, V. (2006). Paleomagnetism in Mesozoic rocks of the northern Andes and its implications in Mesozoic tectonics of northwestern South America. *Earth, planets and space*. 58 (10): 1255-1272. Doi: 10.1186/BF03352621
- Bayona, G., Jiménez, G., Silva, C., Cardona, A., Montes, C., Roncancio, J., Cordani, U. (2010). Paleomagnetic data and K–Ar ages from Mesozoic units of the Santa Marta Massif: A preliminary interpretation for block rotation and translations. *Journal of South American Earth Sciences*, 29 (4): 817-831. Doi: 10.1016/j.jsames.2009.10.005
- Bayona, G., Bustamante, C., Nova, G., Salazar–Franco, A.M. (2020). Jurassic evolution of the northwestern corner of Gondwana: Present knowledge and future challenges in studying Colombian Jurassic rocks. In: Gómez, J. & Pinilla–Pachon, A.O. (editors), *The Geology of Colombia, Volume 2 Mesozoic*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales, 36, 37 p. Bogotá. Doi: 10.32685/pub.esp.36.2019.05
- Brueckner, W.D., 1954, Note on some fossils from the Girón group in the Río Lebrija valley, department of Santander, Colombia: *Journal of Paleontology*, v. 28, p. 112–113.

- Bustamante, C., Archanjo, C. J., Cardona, A., Bustamante, A., Valencia, V. A. (2017). U-Pb Ages and Hf Isotopes in zircons from parautochthonous Mesozoic terranes in the Western margin of Pangea: Implications for the terrane configurations in the Northern Andes. *The Journal of Geology*. 125 (5): 487-500. Doi: 10.1086/693014
- Cediel, F. (1968). El Grupo Girón, una molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental. *Boletín Servicio Geológico Nacional*, 16(1–3), 5-96.
- Cediel, F., Shaw, R.P., Cáceres, C. (2003). Tectonic assembly of the northern Andean Block. In: Bartolini, C., Buffler, R.T. & Blickwede, J. (editors). *The circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*. American Association of Petroleum Geologists. Memoir. 79: 815-848.
- Cediel, F., Shaw, R. P., & Cáceres, C. (2005). Tectonic assembly of the Northern Andean Block. *AAPG Memoir*, 79, 149–152. <https://doi.org/10.1306/m79877c3>
- Cochrane, R., Spikings, R., Gerdes, A., Winkler, W., Ulianov, A., Mora, A., Chiaradia, M. (2014). Distinguishing between in-situ and accretionary growth of continents along active margins. *Lithos*. 202: 382-394. Doi: 10.1016/j.lithos.2014.05.031
- Correa-Martínez, A.M., Rodríguez, G., Arango, M.I., and Zapata-García, G., 2019, Petrografía, geoquímica y geocronología U-Pb de las rocas volcánicas y piroclásticas de la Formación Noreán al NW del Macizo de Santander, Colombia: *Boletín de Geología*, v. 41, no. 1, p. 29–54, <https://doi.org/10.18273/revbol.v41n1-2019002>
- Etayo-Serna, F., (1989). Análisis facial del inicio del avance marino del Cretácico en la región SW del Macizo de Santander. V Congreso Colombiano de Geología. Guía de Excursión Técnica. 41p.
- Gómez, J., Montes, N., Nivia, A., Diederix, H., 2015. Mapa Geológico de Colombia, escala 1:1'000.000. Compiladores. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá.
- Gómez-Cruz, A.J., Bermúdez, H.D., and Vega, F.J., 2015, A new species of *Dialux* Bell, 1863 (Brachyura: Dialucidae) in the Early Cretaceous of the Rosablanca Formation, Colombia: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 67, p. 103–112, <https://doi.org/10.18268/BSGM2015v67n1a8>.

Hedberg, H.D., 1931, Standard stratigraphic section of the department of Santander, Colombia (based principally on the geologic sections exposed on the Río Lebrija and the Río Sogamoso): Venezuela Gulf Oil Company, Geological Department, v. VEN-160, 169 p.

Horton, B.K., Parra, M., Saylor, J.E., Nie, J., Mora, A., Torres, V., Stockli, D.F., and Strecker, M.R., 2010, Resolving uplift of the northern Andes using detrital zircon age signatures: *GSA Today*, v. 20, no. 7, p. 4–10, <https://doi.org/10.1130/GSATG76A.1>.

Horton, B.K., Anderson, V.J., Caballero, V., Saylor, J.E., Nie, J., Parra, M., and Mora, A., 2015, Application of detrital zircon U-Pb geochronology to surface and subsurface correlations of provenance, paleodrainage, and tectonics of the Middle Magdalena Valley Basin of Colombia: *Geosphere*, v. 11, p. 1790–1811, <https://doi.org/10.1130/GES01251.1>.

Jiménez, G., García-Delgado, H., and Geissman, J.W., 2021, Magnetostratigraphy and magnetic properties of the Jurassic to Lower Cretaceous Girón Group (northern Andes, Colombia): *Geosphere*, v. 17, no. X, p. 1–25, <https://doi.org/10.1130/GES02186.1>.

Jiménez, G., López, O., Jaimes, L., & Mier Umaña, R. (2016). Variaciones en el estilo estructural relacionado con anisotropías de basamento en el Valle Medio del Magdalena.

Julivert, M. (1958). La Morfoestructura de la Zona de las Mesas al SW de Bucaramanga (Colombia SA). *Boletín de Geología*, (1), 7-43.

Kammer, A., & Sánchez, J. (2006). Early Jurassic rift structures associated with the Soapaga and Boyacá faults of the Eastern Cordillera, Colombia: Sedimentological inferences and regional implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 21(4), 412-422.

Langenheim, R. L. (1959). Preliminary report on the stratigraphy of the Giron formation in Santander and Boyaca. *Boletín de Geología*, (3), 35-50.

Langenheim, J.H., 1961, Late Paleozoic and Early Mesozoic plants fossils from the Cordillera Oriental of Colombia and correlation of the Girón Formation: *Boletín Geológico*, v. 8, no. 1–3, p. 95–132.

- Laverde, F. (1985). La Formación Los Santos: Un depósito continental anterior al ingreso marino del Cretácico. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales INGEOMINAS, (16) Capítulo XX, : 1-22. Bogotá.
- Mojica, J. & Kammer, A. (1995): Eventos Jurásicos en Colombia. - Geol. Colombiana. 19: 165-172.
- Morales, L.G. and OIL INDUSTRY. (1958). General geology and oil occurrence of the Middle Magdalena Valley, Colombia. In Weeks, L.G. (Ed.). Habitat of oil: 641-695, 29 Figs., Am. Ass. Pet. Geol., Tulsa, Oklahoma.
- Navas, J. (1963). Estudio estratigráfico del Girón al W del Macizo de Santander (Cordillera Oriental, Colombia). Boletín de Geología, (12), 19-33.
- Pons, D., 1982, Études paléobotanique et palynologique de la Formation Girón (Jurassique moyen-Crétacé inférieur) dans la région de Lebrija, département de Santander, Colombie: 107 Congrès National des Sociétés Savants, Brest, Sciences, no. 1, p. 53–78.
- Remy, W., Remy, R., Pfefferkorn, H.W., Volkheimer, W. Rabe, E. (1975). Neueinstufung der Bocas-Folge (Bucaramanga, Kolumbien) in den Unteren Jura anhand einer Phlebopteris branneri und classopollis Flora. Argumenta Paleobotánica. 4: 55-77.
- Restrepo, P.A., 1995. Late Precambrian to Early Mesozoic Tectonic Evolution of the Colombian Andes, Based on New Geochronological Geochemical and Isotopic Data. PhD Thesis. University of Arizona, USA., p. 195
- Rodríguez, G., Arango, M. I., Zapata, G., Bermúdez, J. G. (2018). Petrotectonic characteristics, geochemistry, and U-Pb geochronology of Jurassic plutons in the Upper Magdalena Valley Colombia: Implications on the evolution of magmatic arcs in the NW Andes. Journal of South American Earth Sciences. 81: 10-30. Doi: 10.1016/j.jsames.2017.10.012
- Rojas, A., y Sandy, M.R., 2019, Early Cretaceous (Valanginian) brachiopods from the Rosablanca Formation, Colombia, South America: Biostratigraphic significance and paleogeographic implications: Cretaceous Research, v. 96, p. 184–195, <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2018.12.011>.

- Sarmiento-Rojas, L. F., Van Wess, J. D., & Cloetingh, S. (2006). Mesozoic transtensional basin history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes: Inferences from tectonic models. *Journal of South American Earth Sciences*, 21(4), 383-411.
- Spikings, R., Cochrane, R., Villagomez, D., Van der Lelij, R., Vallejo, C., Winkler, W., Beate, B. (2015). The geological history of northwestern South America: from Pangaea to the early collision of the Caribbean Large Igneous Province (290–75 Ma). *Gondwana Research*. 27 (1): 95-139. Doi: 10.1016/j.gr.2014.06.004
- Suarez, C., Díaz, F., (2016). Estudio petrográfico y estratigráfico de la Formación Jordán en su localidad tipo sobre el escarpe sur de la mesa de los Santos y cañon del Río Chicamocha, Santander. Proyecto de grado Geología. Universidad Industrial de Santander, facultad de Ingenierías Físicoquímicas.
- Tellez, N. (1964). Geología de la Mesa de Barichara. *Boletín de Geología*, (18), 12-21.
- Tesón, E., Mora, A., Silva, A., Namson, J., Teixell, A., Castellanos, J., Casallas, W., Julivert, M., Taylor, M., Ibáñez-Mejía, M., and Valencia, V., 2013, Relationship of Mesozoic graben development, stress, shortening magnitude, and structural style in the Eastern Cordillera of the Colombian Andes, in Nemčok, M., Mora, A., and Cosgrove, J.W., eds., *Thick-Skin-Dominated Orogens: From Initial Inversion to Full Accretion: Geological Society of London Special Publication 377*, p. 257–283, <https://doi.org/10.1144/SP377.10>.
- Toussaint, J.F. (1995). Evolución geológica de Colombia: 2 Triásico– Jurásico. Universidad Nacional de Colombia, 94 p. Medellín.
- Van Der Lelij, R., Spikings, R., Ulianov, A., Chiaradia, M., & Mora, A. (2016). Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. *Gondwana Research*, 31, 271-294.
- Vargas, R., Arias, A., Jaramillo, L., y Téllez, N., 1976. Geología de la Plancha 136 - Málaga. INGEOMINAS escala 1:100.000.
- Vargas, R., Arias, A., Jaramillo, L., y Téllez, N., 1987. Geología de la Plancha 152 - Soatá. INGEOMINAS escala 1:100.000.

CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y CARTOGRAFIA DE LA SECUENCIA
SEDIMENTARIA DEL JURÁSICO INFERIOR EN UN SECTOR DEL MACIZO DE
SANTANDER EN GUACA (SANTANDER)

Velandia Patiño, F. A. (2017). Cinemática de las fallas mayores del Macizo de Santander-énfasisen el modelo estructural y temporalidad al sur de la Falla de Bucaramanga

Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, B., and Restrepo, H. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamento de Santander. INGEOMINAS. Boletín Geológico. Bogotá. 21:1-3.

Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, J., Jaramillo, L., y Vargas, R., 1977a. Mapa geológico del cuadrángulo H-13 Pamplona. INGEOMINAS escala 1:100.000.

Ward, D., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H., y Gómez, E., 1977b. Mapa geológico del cuadrángulo H-12 Bucaramanga. INGEOMINAS escala 1:100.000.

Zuluaga, C.A., Amaya, S., Uruena, ~ C., Bernet, M., 2017. Migmatization and low-pressure overprinting metamorphism as record of two pre Cretaceous tectonic episodes in the Santander Massif of the Andean basement in northern Colombia (NW South America). *Lithos* 274, 123–146.

Zuluaga, C.A., López, J.A., 2019. Ordovician orogeny and jurassic low-lying orogen in the santander massif, northern Andes (Colombia). In: Cediél, F., Shaw, R.P. (Eds.), *Geology and Tectonics of Northwestern South America. Frontier in Earth Sciences.* Springer, pp. 195–250. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76132-9_4