

## PETROLOGÍA DE LAS UNIDADES METAMÓRFICAS DE LA REGIÓN DE YUMARE, ESTADOS YARACUY Y FALCÓN, VENEZUELA

Franco Urbani\*, Sebastián Grande, Marvin Baquero, Fernando Lozano, Arturo Mussari, David Mendi, James E. Wright, Nuris Orihuela Guevara, José Cavada

**Resumen.** Al norte de la población de Yumare se ubican cuatro cerros aislados donde afloran rocas metamórficas con litologías muy características, destacándose anortosita y charnockita. La cartografía geológica reciente permite identificar las siguientes unidades: Complejo Yumare (unidad ígneo-metamórfica de alto grado, Neoproterozoico), Complejo San Julián (unidad metamórfica de grado medio, pre-Mesozoico), Complejo San Quintín (rocas volcánicas máficas y sedimentarias asociadas, probablemente Cretácico), Metagabro de La Zurda (probablemente Cretácico), Esquisto de Aroa (metasedimentos, Cretácico Tardío), serpentinita, Formación La Luna (Cretácico Tardío) y Formación Matatere (turbiditas, Eoceno), todo cubierto inconforme o discordantemente por las formaciones Casupal o Capadare del Neógeno. La intercalación de las rocas metamórficas con unidades sedimentarias del Cretácico-Paleógeno, corresponde al evento de apilación de las Napas de Lara durante el Eoceno medio – Oligoceno temprano.

*Palabras claves:* Anortosita, Granulita, Grenvilliano, Proterozoico, Napas de Lara.

**Extended Abstract.** North of the town of Yumare, there are four isolated massifs in which metamorphic rocks crop out with rare lithologies such as anorthosite and charnockite. Recent field work allowed the mapping of the following units: Yumare Complex (a high-grade metamorphic unit, Neoproterozoic), San Julián Complex (a medium grade metamorphic unit, pre-Mesozoic), San Quintín Complex (low grade metamorphosed mafic volcanics and associated sedimentary rocks, probably Cretaceous), La Zurda Metagabbro (probably Cretaceous), Aroa Schist (Late Cretaceous), serpentinite (unknown age), La Luna Formation (Late Cretaceous) and Matatere Formation (Eocene), all covered unconformably by the Neogene Casupal and/or Capadare formations and Quaternary sediments.

The westernmost Tarana massif is mainly composed of dark graphite - mica schist with marble inliers of the Late Cretaceous Aroa Schist. The mountain is traversed by an elongated serpentinite body bounded by thrust faults.

In the San Quintín and La Zurda massifs the main unit is the Yumare Complex. It consists of the igneous Anorthosite - Mangerite - Charnockite - Granite Suite (AMCG). Besides the ilmenitic anorthosite, the charnockite and mangerite are represented by rocks identified in the field as "gabbroid" in which relict orthopyroxene can be identified. The granitic rocks are represented as granophyre. The original high temperature mineral assemblage is obscured due to intense hydrothermal activity and associated cataclasis that led to the transformation of most of the original pyroxene to actinolite, as well as chloritization and epidotization, without the generation of penetrative structures. The presence of ilmenite-anorthosite, similar to those described in Santa Marta and Santander in Colombia, allowed Bellizzia & Rodríguez (1976) to correctly interpret the unit as of Precambrian age. The anorthosite is cross-cut by a tholeiitic basaltic dike.

The San Quintín Complex only appears in the southern side of San Quintín massif, and has a mixed volcanic - sedimentary protolith. It lacks geochronological and geochemical information; however, Bellizzia & Rodríguez (1976) and Stephan (1982) have interpreted a Cretaceous age due to similarities with units of Cauagua-El Tinaco Belt of the Cordillera de la Costa. This unit has been affected by a low-grade metamorphism (chlorite) and shows medium deformation. The volcanics of this unit differ from the unmetamorphosed and undeformed Neogene basaltic dikes found in Yaracuybare Creek, about 15 km north. The contacts between San Quintín and Yumare complexes are covered and/or highly weathered, but are interpreted as thrust faults.

In both, San Quintín and La Zurda massifs, a metagabbro unit (La Zurda Metagabbro) is found in fault contact with the San Quintín and Yumare complexes. It has been affected by a low-grade metamorphic (chlorite) phase.

The San Julian Complex only crops out in the easternmost Salsipuedes massif, and is mainly formed by barrosite - epidote amphibolite, albite - epidote - quartz - mica schist, mica schist and quartz - feldspar gneiss. Geochronological data

\*F. Urbani, FUNVISIS  
urbani franco@yahoo.com

(SHRIMP-RG U-Pb zircon) of a metasedimentary sample provides ages in the range of 1050 - 900 Ma, confirming the presence of Grenvillian source rocks. The zircon crystals have soccer ball shapes typical of high temperatures metamorphic rocks.

The La Luna and Matatere formations are in fault contact with the igneous-metamorphic units at the northern side of La Zurda and Salsipuedes massifs.

The juxtaposition of igneous-metamorphic and sedimentary units as seen today in the Yumare region is interpreted to have started during early-middle Eocene, when the Caribbean plate obliquely collided with the northern part of the South American plate. This generated the Lara Nappes province characterized by a complex repetition of rock units by means of multiple southeast verging thrust faults. Some of the deepest thrusts did cut through Grenvillian continental crust, proto-Caribbean oceanic crust, South American passive margin sediments (La Luna Formation), and also turbidites from the Eocene Matatere Formation. The turbidites were deposited in foreland basins originated by the nappes advancement. The evolution of the region continued with the exhumation of the Lara Nappes and its peneplanation. An extensional period with crustal thinning allowed the generation of the Falcón Basin in mid Tertiary times, and a consequent widespread transgression that deposited the Capadare and Casupal formations, unconformably on the Yumare, San Quintín and San Julian complexes, but also on La Luna and Matatere formations. Later on, during middle Miocene, the Falcón basin becomes inverted. In Pliocene-Pleistocene times the Oca-Ancón fault becomes active. Currently, the Quaternary Yumare basin is closing; so both, their north and south margins, display reverse fronts. This evolution has produced fragmentation and rotation of large blocks, as the four massifs of the Yumare region, each one with its own uniqueness.

A structural situation similar to Yumare is visible in the Siquisique region in northern Lara state, that also belongs to the Lara Nappes province, where the Siquisique Ophiolite (gabbro-diabase-basalt-chert, Late Cretaceous) appears in thrust faults contact with the Matatere and La Luna formations. Additionally, these units are also unconformably covered by the Capadare and Castillo formations.

**Keywords:** Anorthosite, Granulite, Grenvillian, Proterozoic, Lara Nappes.

## INTRODUCCIÓN

Al norte de la población de Yumare, en la zona limítrofe entre los estados Yaracuy y Falcón, se encuentran los cerros de Tarana, San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, donde según los mapas geológicos regionales (Natera 1957; Bellizzia & Rodríguez, 1966, 1976) aflora un basamento metamórfico constituido de una variada combinación de litologías, de distintas edades y origen. Este basamento está cubierto por unidades sedimentarias del Neógeno y Cuaternario (Figura 1).

La ubicación de estos cuerpos de rocas metamórficas aparece publicada por primera vez en el mapa geológico de Liddle (1928), luego también fueron reconocidos por Kugler (1949), pero es Natera (1957) quien por primera vez cartografía geológicamente a escala 1:50.000 las unidades sedimentarias de la región, delimitando a las rocas metamórficas como una sola unidad sin diferenciar.

A comienzos de la década de los años 1960s el Ministerio de Minas e Hidrocarburos (MMH) inicia una campaña de cartografía geológica en el estado Yaracuy, cuyo trabajo de campo fue realizado por los geólogos Alirio Bellizzia y Domingo Rodríguez Gallardo. En ese momento, el hallazgo de anortosita ilmenítica en el cerro San Quintín despertó mucho interés, por lo cual acertadamente fue interpretada como de edad Precámbrica, ya que a nivel mundial, este tipo de rocas corresponden mayoritariamente a eventos magmáticos ocurridos en el Neoproterozoico. Bellizzia & Rodríguez (1976: 3319) señalan “uno de los hechos más resaltantes de esta investigación es el descubrimiento de un complejo de rocas de alto metamorfismo constituido por anortosita, granulita, gneis y anfibolita”. Los resultados de estos trabajos fueron divulgados primeramente como mapas (Bellizzia & Rodríguez, 1966; Bellizzia *et al.* 1968), mientras que el texto descriptivo fue presentado en el congreso geológico de 1969 y publicado en Bellizzia & Rodríguez (1976). Adicionalmente a la cartografía geológica, los trabajos del MMH continuaron para evaluar la posibilidad de explotación de las acumulaciones de ilmenita del cerro San Quintín (Rodríguez & Áñez, 1978).

En el año 2006 el grupo de trabajo del proyecto GEODINOS (FUNVISIS y UCV), inicia un nuevo levantamiento geológico a escala 1:25.000, de los cerros de Tarana, San Quintín, La Zurda y Salsipuedes, en cuyos mapas se integra tanto la información de los autores previos arriba citados, como los nuevos datos de campo. El mayor énfasis para las labores de laboratorio estuvo en las rocas metamórficas, no obstante que en el campo se dedicó mucho esfuerzo en la identificación de las unidades sedimentarias adyacentes y en verificar la naturaleza de sus contactos. La cartografía

geológica se encuentra resumida en las Figuras 2, 3 y 4, mientras que para mayor detalle cartográfico, las descripciones de afloramientos y petrografía de las muestras, puede consultarse a Lozano & Mussari (2008), con una actualización petrográfica en Grande (2013a). La mayor dificultad encontrada en el campo fue la alta meteorización y la escasez de afloramientos, a excepción de unas pocas quebradas, de manera que usualmente no se observan bien los contactos propiamente dichos entre los distintos tipos de rocas.

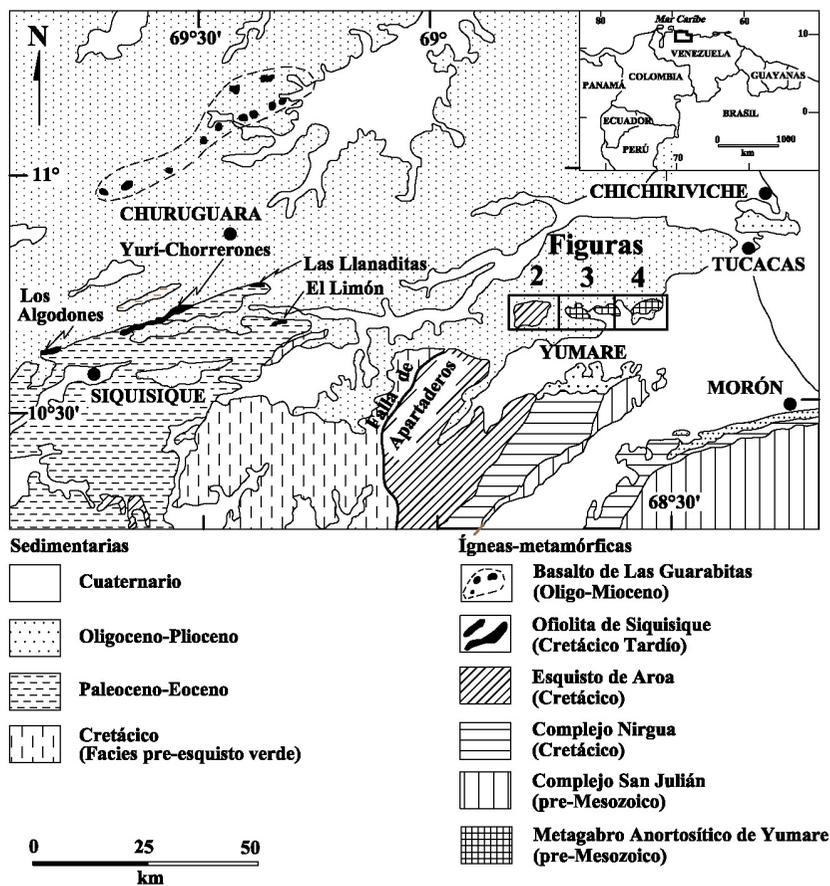


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Los recuadros ubican a las Figuras 2, 3 y 4.

Geología simplificada a partir de Hackley et al. (2005).

Figure 1. Location map of the study area. The rectangles locate Figures 2, 3 and 4.

Geology simplified after Hackley et al. (2005)

El objeto de estas notas es presentar sucintamente los resultados del reconocimiento geológico realizado en la región de Yumare, con énfasis en la petrología de las rocas metamórficas; presentando también la cartografía geológica mejorada, tanto de las unidades metamórficas como de las

sedimentarias adyacentes. A manera de constituirse en memoria descriptiva parcial de las hojas geológicas 6448-III-SE, 6448-II-SO y 6448-II-SE, las cuales pueden consultarse a escala 1:25.000 en Urbani & Gómez (2014, este libro).

## ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

En los trabajos pioneros del personal del Ministerio de Minas e Hidrocarburos (Bellizzia & Rodríguez, 1966), en la región de Yumare, fueron cartografiadas cuatro unidades metamórficas, que actualizadas en lo referente a la nomenclatura de unidades litodémicas (Urbani & Rodríguez, 2004; NACSN, 2005), corresponden al Complejo Yumare, Complejo San Quintín, Esquisto de Aroa y un cuerpo de serpentinita sin nombre formal. A estas unidades, en el presente trabajo se añade al Complejo San Julián en el cerro Salsipuedes y un cuerpo de gabro en el cerro de La Zurda que por sus características petrológicas se separa de las unidades anteriores. Sobrecorridas a las rocas metamórficas, aparecen unidades sedimentarias de edad Cretácico a Paleógeno, las cuales han sido objeto de muy disímiles interpretaciones por Natera (1957), Bellizzia *et al.* (1968), Bellizzia & Rodríguez (1976), Stephan (1982) y Bellizzia (1986). Con la experiencia adquirida en la región de la Ofolita de Siquisique (Urbani, 2006, Urbani *et al.* 2012a), estas unidades fueron cartografiadas por Lozano & Mussari (2008) como dos formaciones separadas: “Formación La Luna” y el de la Formación Matatere. Tanto las unidades metamórficas, como las sedimentarias del Cretácico y Paleógeno, están cubiertas inconforme- o discordantemente por las formaciones Casupal y Capadare (Urbani & Mendi 2011) y sedimentos no consolidados del Cuaternario. Para la unidad cartografiada como Formación La Luna, nos referimos a una unidad tipo “Formación La Luna”, pero no podemos asegurar que corresponda estrictamente a dicha formación, dada la gran lejanía de las montañas andinas y perijaneras donde aflora actualmente.

Interesa señalar que en el conglomerado basal de la Formación Casupal (ubicación con flecha en la Figura 4), Bermúdez & Rodríguez (1962) describen un clasto de caliza con tintínidos o calpionelas del Valanginiense - Barremiense, de manera que Bellizzia & Rodríguez (1976: 3336) indican semejanza de dicho clasto con algunas muestras de “caliza” del Esquisto de Aroa, asumiendo entonces que dicha edad pueda ser representativa de la unidad (recogido también en Savian 1997), lo cual no es válido. Durante este trabajo de campo, precisamente en esa misma localidad y estando en

búsqueda de alguna otra muestra como la descrita por los autores anteriores, se hallaron notables clastos de mármol de alto grado metamórfico, que por sus características petrográficas se consideran de afinidad grenvilliana, con la presencia de flogopita, olivino (serpentina) y espinela (Grande & Urbani, 2009; Grande, 2013ab).

Para un mejor entendimiento de las secciones posteriores, a continuación se presenta una lista de las unidades geológicas aflorantes en el área de estudio (Figuras. 2, 3 y 4), junto a sus edades:

*Unidades neógenas - cuaternarias* (edades paleonto-lógicas según Scherer, 1997):

Sedimentos cuaternarios.

Formación Ojo de Agua. Mioceno tardío.

Formación Capadare. Mioceno medio.

Formación Casupal. Mioceno temprano.

*Unidades pre-neógenas:*

Formación Matatere. Unidad turbidítica del Eoceno temprano - medio (Stephan, 1982).

“Formación La Luna”. Cretácico Tardío según foraminíferos determinados por el Dr. M. Furrer. Serpentinita. Jurásico-Cretácico?

Esquisto de Aroa. Probablemente Cretácico Tardío, por inferencias geoquímicas descritas en Urbani *et al.* (2012c).

Complejo San Quintín. Probablemente Cretácico.

Metagabro de La Zurda. Probablemente Cretácico.

Complejo San Julián. Paleozoico, por dataciones U-Pb en cristales de zircón en la cantera de Farriar, Yaracuy (M. Baquero, datos inéditos).

Complejo Yumare. Probablemente Neoproterozoico (grenvilliano) por inferencias petrográficas (Grande & Urbani, 2009).

## UNIDADES METAMÓRFICAS

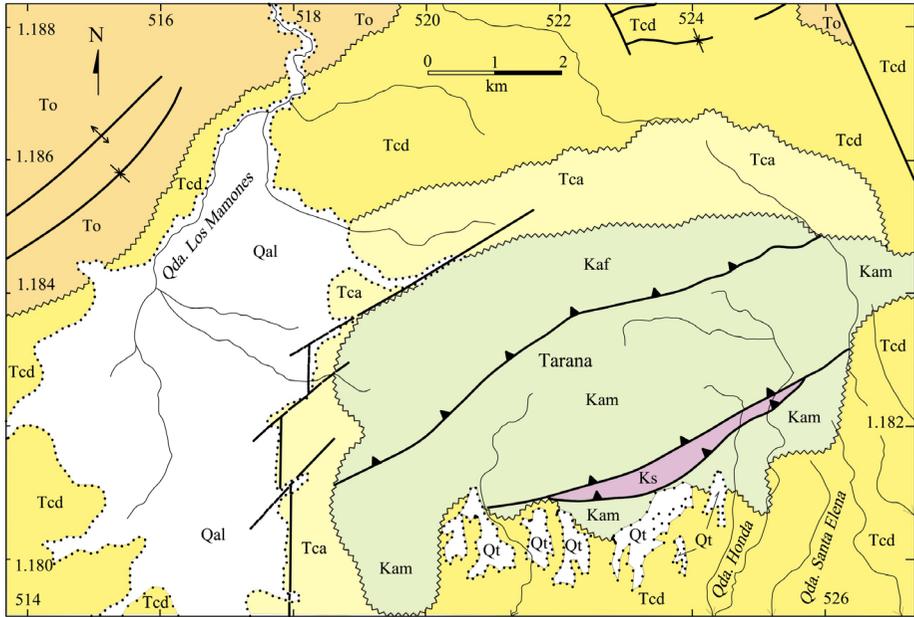
### Aspectos generales

Las unidades metamórficas que afloran en cada uno de los cuatro cerros del norte de Yumare, tienen características litológicas distintivas, que se resumen a continuación.

**Tarana** (Figura 2). En este cerro aflora esquisto/filita del Esquisto de Aroa. En la mitad norte del cerro, la litología predominante es filita/esquisto

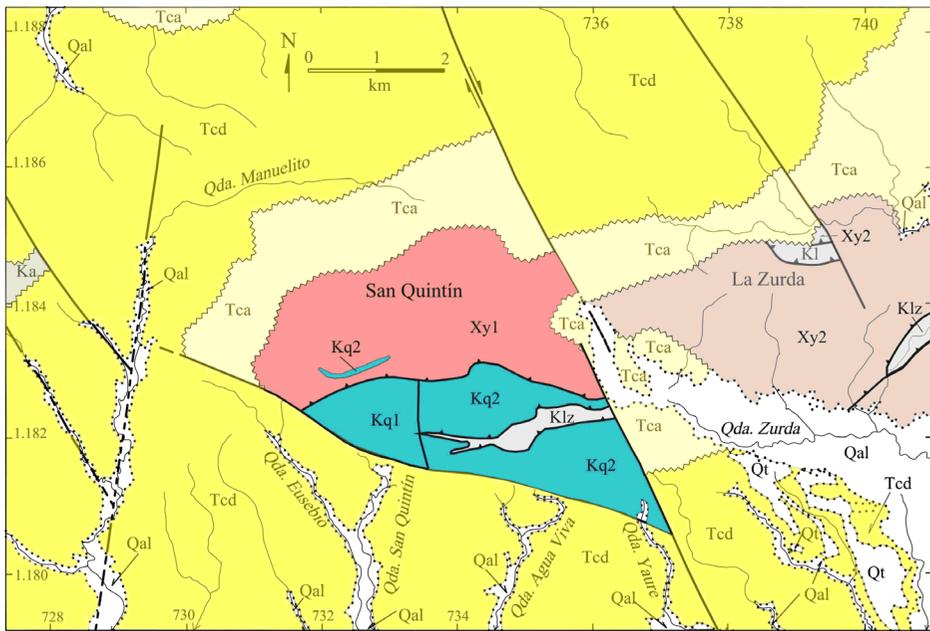
cuarzo-micáceo-graftítico y micáceo-graftítico. En dirección sureste y en contacto de falla con la anterior, aparece una zona con predominio de litologías carbonáticas (mármol y esquisto

carbonático-graftítico). También aparece un cuerpo de serpentinita elongado con rumbo NE-SO, en contacto de falla con el envoltorio del Esquisto de Aroa.



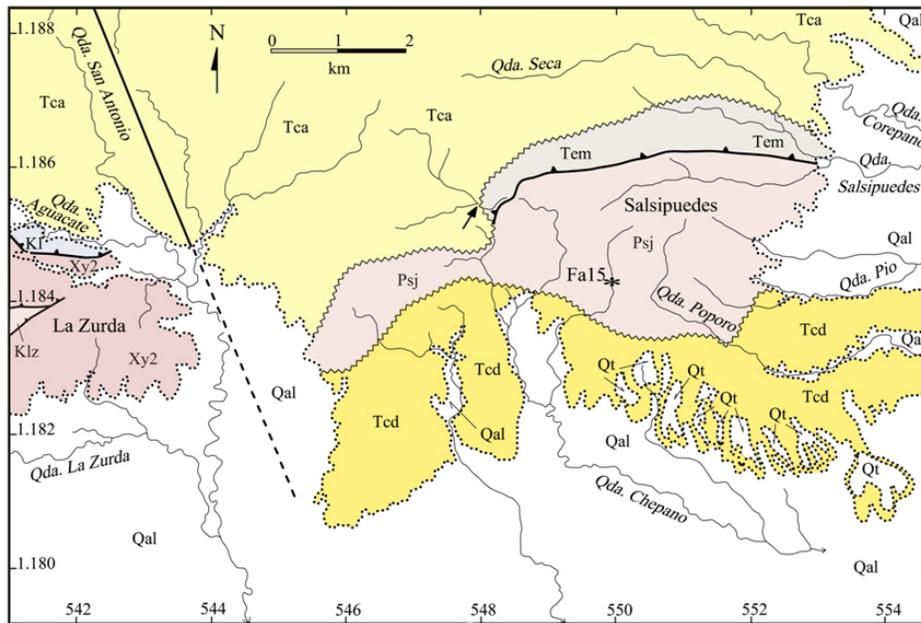
**Figura 2.** Macizo de Tarana (hoja 6448-III-SE). La ubicación relativa de las Figuras 2 a 4 se muestra en la Figura 1. Para la leyenda véase al pie de la Figura 4.

**Figure 2.** Tarana massif (sheet 6448-III-SE). The relative location of Figures 2 to 4 is shown in Figure 1. See unit's abbreviations in Figure 4.



**Figura 3.** Macizos de San Quintín y La Zurda (hoja 6448-II-SO). Para la leyenda véase al pie de la Figura 4.

**Figure 3.** San Quintín and La Zurda massifs (sheet 6448-II-SO). See unit's abbreviations in Figure 4.



**Figura 4.** Cerros de La Zurda y Salsipuedes (hoja 6448-II-SE).

**Leyenda de las Figuras 2 a 4.** Qal: Aluvi3n, Cuaternario; Qt: Terrazas, Cuaternario; Tca: Formaci3n Casupal, Mioceno; Tcd: Formaci3n Capadare, Mioceno; To: Formaci3n Ojo de Agua, Mioceno; Tem: Formaci3n Matatere, Eoceno medio; Ka: Esquisto de Aroa (Kaf: filita y esquisto, Kam: esquisto y m3rmar), Cret3cico Tardío; Kl: Formaci3n La Luna, Cret3cico Tardío; Kq: Complejo San Quintín (Kq1: mayormente sedimentarias, Kq2: mayormente volc3nicas), Cret3cico?; Klz: Metagabro de La Zurda, Cret3cico?; Ksp: Serpentinita, Jur3sico-Cret3cico?; Psj: Complejo San Juli3n, Paleozoico; Xy: Complejo Yumare (Xy1: anortosita y Xy2: charnockitas), Neoproterozoico. La sigla Fa15\* indica la localizaci3n de la muestra analizada por geocronología U-Pb, mientras que la flecha indica una localidad del conglomerado basal de la Formaci3n Casupal que se describe en el texto.

Los mapas a escala 1:25.000 pueden consultarse en Urbani & G3mez (2014, este libro).

**Figure 4.** La Zurda and Salsipuedes massifs (sheet 6448-II-SE).

**Legend of Figures 2 to 4.** Qal: Alluvium, Quaternary; Qt: Terraces, Quaternary; Tca: Casupal Fm., Miocene; Tcd: Capadare Fm., Miocene; To: Ojo de Agua Fm., Miocene; Tem: Matatere Fm., middle Eocene; Ka: Aroa Schist (Kaf: phyllite and schist, Kam: schist and marble), Late Cretaceous; Kl: La Luna Fm., Late Cretaceous; Kq: San Quintín Complex (Kq1: mainly sedimentary, Kq2: mainly volcanic), Cretaceous?; Klz: La Zurda Metagabbro, Cretaceous?; Ksp: Serpentinite, Jurassic-Cretaceous?; Psj: San Juli3n Complex, Paleozoic; Xy: Yumare Complex (Xy1: anorthosite, Xy2: charnockite), Neoproterozoic. Fa15\* indicates the location of the sample dated by U-Pb zircon. The arrow points the basal conglomerate of Casupal Formation described in the text. The same maps at scale 1:25.000 can be found in Urbani & G3mez (2014, this book).

**San Quintín** (Figura 3). Éste fue el cerro que más llamó la atenci3n de los ge3logos de la d3cada de los ańos 1960, por la presencia de anortosita con importantes acumulaciones de ilmenita, dando lugar a la interpretaci3n de una edad prec3mbrica.

En la mitad septentrional del cerro, aflora el Complejo Yumare, integrado por rocas anortosíticas, habiéndose hallado una sola muestra de ortopiroxenita; ambos tipos de rocas tienen evidencias de textura de acumulado. Las rocas presentan distintos grados de cizallamiento, pudiendo en algunos casos encontrarse verdaderos gneises anortosíticos, con un alto grado de estiramiento de los granos (Figura 5) y estructuras fláser. Debido a la intensa meteorizaci3n,

muchas veces las únicas rocas frescas que se pudieron coleccionar corresponden a bloques sueltos, remanentes de la meteorizaci3n pero de ubicaci3n original muy cercana y sin afloramientos visibles. En una localidad se observa un dique de basalto toleítico que intruye la anortosita (ver ubicaci3n en Figura 3, fotografía del contacto en la Figura 7).

En la mitad meridional del cerro aflora el Complejo San Quintín y es la localidad tipo de la unidad (Figura 3). Los protolitos corresponden a rocas volc3nicas que van desde lava basáltica hasta toba (con granulometría de ceniza a aglomerado, y que incluye toba híbrida), brecha volc3nica (Figura 6), así como rocas sedimentarias híbridas (arenisca volc3niclástica). Las tobas presentan un leve

bandeamiento.

Intercalado con el Complejo San Quintín, se localiza un cuerpo de gabro que en este trabajo se denomina Metagabro de La Zurda.

Los efectos de cataclasis son generalizados en todas las unidades, y la mayor parte de las rocas al observarlas en secciones finas pueden clasificarse como proto-milonitas.

**La Zurda** (Figura 3 y 4). En este cerro mayormente aflora el Complejo Yumare, con rocas charnockíticas con una composición mineralógica muy variable, de manera que en el triángulo APQ caen en los campos de cuarzo-gabro, gabro, cuarzo-monzonita y cuarzo-sienita. Se encontraron unas pocas muestras de anortosita. También aflora granofiro, que es un tipo de roca muy conspicuo con grandes cristales de cuarzo de color gris azulado. Al igual que en el cerro San Quintín, e intercalado con el Complejo Yumare, se localiza un cuerpo en forma lenticular del Metagabro de La Zurda.

**Salsipuedes** (Figura 4). Las rocas de este cerro, previamente se habían cartografiado como pertenecientes al Complejo Yumare (Bellizzia & Rodríguez, 1976; Lozano & Mussari, 2008). Pero con estudios de campo y petrográficos más recientes, Grande (2013a) las reclasificó como del Complejo San Julián, que aflora con las mismas litologías en el flanco sur del valle de Yumare, hacia los poblados de Tesorero, Crucito y Albarico (Jaimes, 2012).

## Petrografía

### Complejo Yumare

Las litologías de esta unidad son predominantemente anortosita en el cerro San Quintín y rocas charnockíticas y granofiro para el cerro La Zurda (Tabla 1). Las charnockitas máficas (enderbita), intermedias (mangerita) y félsicas (charnockita), junto con la anortosita y el granofiro, integran la suite anortosita-mangerita-charnockita-granito (AMCG).

### Anortosita

Aflora en la mitad septentrional del cerro San

Quintín, y algunas pocas muestras se observaron en La Zurda. Estas últimas son similares a las de San Quintín, excepto por ser mucho menos ricas en minerales máficos y en ellas se observa mejor la textura de adcumulado. Este tipo litológico se encuentra muy meteorizado, tiene un color fresco blanco a crema, en ocasiones, posee pequeños lentecitos verdes, el color de meteorización es marrón oscuro a ocre blancuzco. Su tamaño de grano promedio es de 1-2 cm y en algunos sectores presenta textura gnéisica debido a textura milonítica o blastomilonítica (Figura 5). En afloramiento se puede apreciar plagioclasa, piroxeno o anfíbol, segregaciones primarias de ilmenita y vetas de cuarzo que cortan la roca. Su descripción petrográfica sigue:

**Plagioclasa (andesina):** se encuentra alterada a *sericita* y tiene maclado según la ley Albita en parches. Debido a la alteración el color es pardo oscuro. Su forma es hipídico a idiomórfica evidencia que se trata de la fase cúmulus de un adcumulado por flotación de plagioclasa, con marcada poligonalización, puntos triples y ausencia de zonación en los cristales.

**Clinopiroxeno:** en general está muy epidotizado y fracturado, sin embargo se identificaron algunos cristales como *augita*.

**Anfíbol:** pudiera ser *actinolita* y proviene de la alteración del *clinopiroxeno*.

**Epidoto:** en granos dispersos y en vetas junto al *cuarzo*, y como alteración del *clinopiroxeno*.

**Opacos:** sobre todo ilmenita, alterada a *leucoxeno*.

### Rocas charnockíticas

Afloran en el cerro La Zurda y pueden agruparse en tres grandes categorías: las charnockitas máficas o enderbita (cuarzo-gabro y gabro charnockítico), intermedias o mangerita (cuarzo-monzonita charnockítica) y félsicas o charnockita (cuarzo-sienita charnockítica). El mineral indicativo de su carácter charnockítico, el hipersteno, se ha preservado sólo ocasionalmente, estando casi siempre oxidado y pseudomorfizado por hematita (Grande, 2013c). Son frecuentes en estas rocas

las texturas mesopertíticas y antipertíticas. En el campo todas las charnockitas fueron clasificadas como gabro.

### Cuarzo-sienita charnockítica

Este tipo tiene foliación cataclástica y un tamaño de grano promedio de 1,1 mm.

*Plagioclasa (andesina)*: de aspecto sucio por su alteración a sericita. Tiene textura antipertítica tipo cordado y en barras, y bordes albíticos de sobrecrecimiento.

*Cuarzo*: xenomórfico y en cristales muy fracturados, con extinción ondulatoria.

*Feldespato alcalino*: se presenta con textura pertítica tipo cordado. A veces es *microclino*.

*Clinopiroxeno*: de mediana a sumamente alterado a *clorita* y *epidoto*, a veces tiene un color marrón rojizo, por el teñido por óxido de hierro, se identifica probablemente como *augita*. En ocasiones se le observa textura de espina de pescado debida a exsoluciones de *ortopiroxeno*.

*Ortopiroxeno (hipersteno)*: oxidado a *hematita*. En la muestra Ya-139, este mineral se ha preservado casi intacto, y apenas muestra una leve cloritización y un borde epidótico. Siempre se presenta asociado con *clinopiroxeno*.

*Clorita*: masiva a escamosa y es producto de la alteración de los piroxenos, también se encuentra rellenando fracturas en los mismos.

*Actinolita*: tiene un hábito fibroso-astilloso, se asocia con la clorita.

*Epidoto*: es producto de la alteración de la *plagioclasa* y del *clinopiroxeno*.

*Calcita*: se presenta en vetillas y rellenando fracturas en la roca.

*Opacos*: la magnetita está alterada en los bordes a hematita, mientras que este último mineral también es producto de oxidación del *hipersteno*.

### Monzonita y cuarzo-monzonita charnockíticas (mangerita)

El tamaño de grano medio es de 1 a 2 mm.

*Plagioclasa (andesina)*: de aspecto sucio debido a su alteración a sericita escamosa y epidoto. A menudo es antipertítica, de tipo cordado o en barras. En la muestra Ya-70, la exsolución antipertítica de feldespato alcalino a su vez muestra textura mesopertítica. Tiene maclado de tipo albita deformada y a veces presenta bordes albíticos de sobrecrecimiento.

*Feldespato alcalino*: frecuentemente con textura mesopertítica, o pertítica de tipos cordado y en parches aislados.

*Cuarzo*: se presenta en granos dispersos, en ocasiones se observa con características cataclásticas, bastante triturado, con las fracturas rellenas de *clorita*.

*Clinopiroxeno (augita)*: con marcada epidotización y actinolitización. Tiene hábito prismático y en ocasiones muestra la textura de espina de pescado con lamelas de *ortopiroxeno*.

*Ortopiroxeno (hipersteno)*: oxidado a *hematita*, pero conservando su clivaje prismático {010} característico, pero relleno de clorita y rodeado de un borde de *epidoto*.

*Anfibol (actinolita)*: producto de alteración del *clinopiroxeno*.

*Epidoto*: es producto de la alteración de los *piroxenos* y la *plagioclasa*. En el primer caso es rico en Fe y de color verde en el segundo.

*Clorita*: como alteración de los piroxenos, rellena el clivaje de los pseudomorfos de hipersteno, o los rodea completamente.

*Calcita*: se presenta en vetillas y rellenando fracturas en la roca.

*Opacos*: hematita pseudomorfa de *ortopiroxeno*.

**Gabro y cuarzo-gabro charnockítico (enderbita)**

*Plagioclasa (labradorita)*: muy alterada a epidoto, con textura antipertítica tipo cordada.

Feldespatos alcalinos: principalmente con textura mesopertítica con lamelas muy finas.

*Cuarzo*: en granos dispersos, tiene una extinción ondulatoria.

*Clinopiroxeno (augita)*: con hábito prismático e hipidiomórfico, se halla cloritizado y carbonatizado.

*Ortopiroxeno (hipersteno)*: prismático, hipidiomórfico, oxidado a *hematita* pero conservando su clivaje, el cual está algo abierto y relleno de *clorita*. Los cristales están rodeados de un borde de *epidoto* y a veces embebidos en *clorita*.

*Actinolita*: con hábito astilloso-fibroso o de aspecto plumoso, como alteración y en sobrecrecimientos epitaxiales sobre el *clinopiroxeno*.

*Epidoto*: de aspecto granular, es producto de la alteración de la plagioclasa y de los máficos, a veces rodea a los pseudomorfs de *hipersteno*.

*Clorita*: como alteración de los *piroxenos*. Rellena el clivaje de los pseudomorfs del *hipersteno*.

*Titanita*: parda, xenomórfica, a veces en cristales grandes.

*Zircón*: pardo oscuro, escaso.

*Opacos*: hematita pseudomorfa del *hipersteno*.

**Ortopiroxenita**

Se localizó una sola muestra en el cerro de La Zurda. Tiene un color fresco negro-verdoso, con un tamaño promedio de 1 mm.

*Ortopiroxeno (hipersteno)*: leve pleocroismo de verde claro a rosado pálido, hábito prismático corto. Su contacto con el resto de los cristales forma perfectos puntos triples (Figura 8), evidenciando que se trata de un adcumulado por asentamiento gravitatorio de ortopiroxeno, con marcada

poligonalización y ausencia de zonación en los cristales. Presenta inclusiones muy menudas que posiblemente sean exsoluciones de *clinopiroxeno*.

*Hornblenda*: pleocroismo moderado en tonos verdes, de hábito xenomórfico, es una fase *intercúmulus*.

*Clorita*: color verde claro, se presenta como alteración del *hipersteno*, se encuentra entre los contactos de los cristales y como vetillas cortando la roca.

*Opacos*: magnetita hipidiomórfica a idiomórfica, constituye una fase *cúmulus*.

**Granofiro**

Se presenta intercalado con las rocas charnockíticas en el cerro La Zurda. En muestras de mano se observa un tamaño de grano de 1-3 cm y exhibe una característica textura gráfica. Se distingue el feldespatos alcalino de color blanco crema, el cuarzo azulado y algunos minerales máficos oxidados (Figura 9).

*Feldespatos*: la fracción feldespática fue analizada por difracción de rayos X, resultando compuesta por 65% de microclino y 35% de albita. *Feldespatos alcalino*: se presenta con textura pertítica tipo cordada o en gotas. Presenta comúnmente maclado en rejilla típico del microclino y a veces un maclado tipo Carlsbad.

Plagioclasa (albita): muy alterada a *sericita* con hábito fibroso, tiene un maclado tipo albita deformado y en ocasiones una textura antipertítica, tipo cordada.

*Cuarzo*: xenomórfico, se presenta en granos dispersos y con fuerte extinción ondulatoria.

*Clinopiroxeno*: posiblemente es *augita* diopsídica y generalmente se halla oxidada a *limonita*.

*Biotita*: con pleocroismo de color pardo a verde claro, a veces alterada a *clorita*.



**Figura 5.** Gneis anortosítico del Complejo Yumare, macizo de San Quintín (afloramiento Ya.44).

**Figure 5.** Anorthositic gneiss of Yumare Complex, San Quintín massif (outcrop Ya.44).



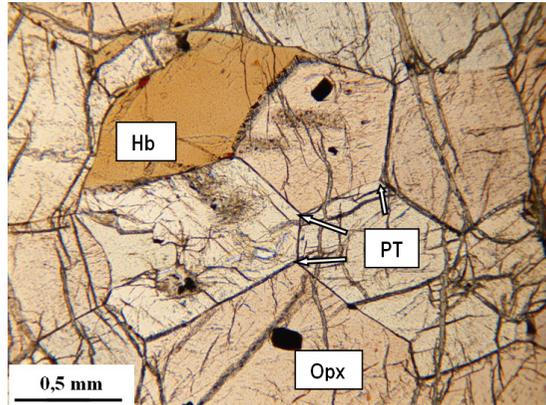
**Figura 6.** Brecha volcánica de composición basáltica. Complejo San Quintín (afloramiento Ya.41).

**Figure 6.** Volcanic breccia of basaltic composition. San Quintín Complex (outcrop Ya.41).



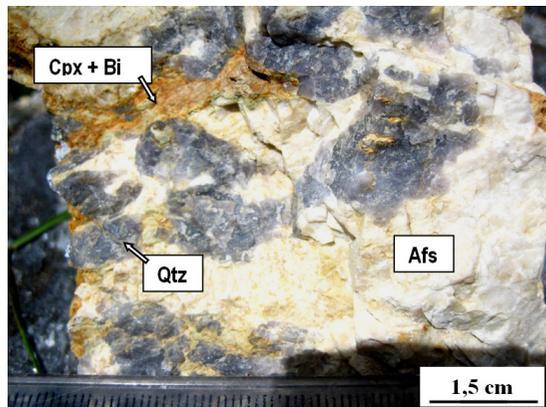
**Figura 7.** Detalle del contacto de un dique de basalto intrusivo en la anortosita del Complejo Yumare. Macizo San Quintín. Afloramiento Ya.144.

**Figure 7.** Detail of the contact of an intrusive basalt dike in the anorthosite of Yumare Complex. San Quintín massif. Outcrop Ya.144.



**Figura 8.** Ortopiroxenita (Ya-71A, NX) del Complejo Yumare, macizo de La Zurda. Se observa una marcada poligonalización de los cristales de hipersteno (Opx) y hornblenda (Hb), con numerosos puntos triples (PT).

**Figure 8.** Orthopyroxenite (Ya-71A, NX) from Yumare Complex, La Zurda massif. A marked polygonalization is seen between hypersthene (Opx) and hornblende (Hb) with numerous triple points (PT).



**Figura 9.** Granofiro del Complejo Yumare. Se aprecia el cuarzo (Qtz) azulado en intercrecimientos gráficos con feldespato-K (Afs). Las bandas rojizas corresponden a clinopiroxeno (Cpx), biotita (Bi) y otros minerales máficos oxidados.

**Figure 9.** Granophyre from Yumare Complex. Notice bluish quartz with K-feldspar (Afs) in graphic intergrowths. The reddish bands are due to clinopyroxene (Cpx), biotite (Bi) and other oxidized mafic minerals.

### Dique de basalto

Se localizó un dique que corta a la anortosita (ver ubicación en la Figura 3, fotografía del contacto en la Figura 7). No se observan efectos de contacto debido al pequeño volumen de este cuerpo magmático. Se trata de un basalto porfídico de composición toleítica, que presenta alteración hidrotermal pero no presenta evidencia de haber sufrido metamorfismo, ni muestra deformación.

La matriz máfica originalmente vítrea, ha sido desvitrificada a un agregado afanítico de microlitos de clinopiroxeno cloritizado, magnetita y plagioclasa sericitizada (Tabla 2). A falta de información geocronológica y geoquímica, provisionalmente se asigna como de posible edad cretácica.

*Plagioclasa*: se presenta muy alterada a sericita, los cristales más grandes presentan un maclado muy difuso. Originalmente pudo tener una composición %An>50. Los fenocristales son idiomórficos de hábito listoneado, con un tamaño de grano promedio de 0,4 mm y textura glomeroporfídica.

*Clinopiroxeno*: aparece como reliquia en fenocristales cloritizados de 0,2-0,5 mm, es idio a hipidiomórfico y presenta hábito prismático.

*Clorita*: es producto de la alteración del *clinopiroxeno*, al cual pseudomorfiza. Tiene un hábito hojoso a plumoso, con pleocroismo que va de verde muy claro a verde claro, y un color de interferencia azul-violeta.

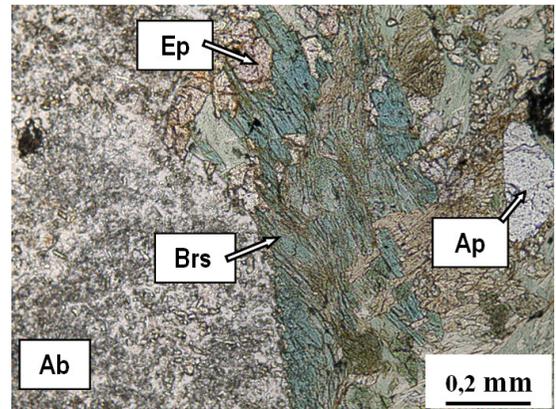
*Magnetita*: tiene hábito bastante dodecaédrico y está presente como minúsculos microfenocristales euhedrales en la matriz afanítica.

*Matriz*: de color marrón oscuro y textura afanítica, posiblemente fue de vidrio volcánico máfico, ahora totalmente desvitrificado a una trama de cristalitos de *plagioclasa*, *clinopiroxeno* y opacos, difíciles de identificar.

### Complejo San Julián

Las rocas del cerro Salsipuedes previamente fueron adscritas al Complejo Yumare. En la revisión de Grande (2013a) se halló que dichas rocas no pueden pertenecer a dicha unidad, pues carecen de las texturas típicas de alto grado y son muy ricas en minerales hidratados, en especial, biotita, epidoto y anfíbol (Tabla 3). El anfíbol tiene un fuerte pleocroismo verde-azul (barrosita), la cual está asociada con abundante epidoto, clorita y trazas de biotita. Las rocas metasiliciclásticas contienen poiquiloblastos de albita de forma ovoidal, repletos de inclusiones a veces helicíticas. Estas características son típicas del Complejo San Julián,

que también aflora a pocos kilómetros en el lado sur del valle de Yumare y estudiado en detalle por Jaimes (2012), compartidas además por esta unidad en toda su extensión desde el estado Miranda hasta Yaracuy (Sueiro & Urbina, 2010). A continuación la descripción de campo y petrográfica:



**Figura 10.** Anfibolita barroisítica-epidótica del Complejo San Julián. Muestra Fa-20. SN. A la izquierda plagioclasa (Ab) poiquiloblástica, a la derecha una banda nematoblástica de barroisita (Brs). También se observan cristales de apatito (Ap) y epidoto (Ep).

**Figure 10.** Epidote-barrosite amphibolite from San Julián Complex. Sample Fa-20. Poikiloblastic plagioclase (Ab) left, nematoblastic barrosite (Brs) right. There are also apatite (Ap) and epidote (Ep) crystals.

### Anfibolita barroisítica-epidótica

En afloramiento muestra bandas de color verde oscuro y blanco, un color de meteorización pardo verdoso y un tamaño de grano promedio de 0,7 mm. Descrita originalmente como “gneis plagioclásico - hornblendo - epidótico”.

*Plagioclasa (albita)*: forma poiquiloblastos con inclusiones de *epidoto*, opacos y otros cristalitos no reconocibles. De poco a muy alterada a *sericita*, no presenta maclado.

*Barrosita*: pleocroismo de verde a azul-verdoso (Figura 10), hábito columnar a prismático corto. Su tamaño de grano promedio es de 1,5 mm. En bandas nematoblásticas que definen la foliación de la roca, junto con *epidoto*, *clorita* y *biotita*.

*Epidoto*: verde pálido, en pequeños prismas asociados con las bandas anfibólicas o como inclusiones en la *albita*.

**Tabla 1.** Mineralogía y clasificación petrográfica del Complejo Yumare.  
**Table 1.** Mineralogy and petrographic classification of Yumare Complex.

MC	ID	Qtz	Afs	Pl'	Bt	Ms	Chl	Ep'	Amp'	Cpx	Opx	Cal	Ttn	Zr	Op	Litología
SQ	Ya-43B	1		96								1			2	Anortosita
LZ	Ya-49	2		94			4								Tz	
SQ	Ya-132	Tz		97			2			Tz			Tz		1	
SQ	Ya-144A			99			1			Tz					Tz	
LZ	Ya-89	7	32	10			25	21	1		3 <sup>b</sup>			Tz	1	Cuarzo-sienita charnockítica
LZ	Ya-139 <sup>mc</sup>	2	34	12			1	16	19	8	3		3	Tz	2	
LZ	Ya-44	7	20	50				7	1	13	1 <sup>b</sup>		1		1	Monzonita y czo-monzonita charnockíticas
LZ	Ya-70	15	22	45			8		8	2	2 <sup>b</sup>		1	1	1	
LZ	Ya-86B	10	15	40			7	15	10	Tz	3 <sup>b</sup>				1	
LZ	Ya-136	Tz	30	50			3	Tz	Tz	12	4 <sup>b</sup>				1	
LZ	Ya-55	12	3	46			12	9	9	4	2				3	Gabro y czo-gabro charnockíticos
LZ	Ya-71C	7	5	37				10	33	5	1		2		Tz	
LZ	Ya-88	8		42			15	25	5	Tz	4			Tz	1	
SQ	Ya-71A								2		97				1	Ortopiroxenitac
LZ	Ya-77D	36	35	18	8	2	2						Tz	Tz	Tz	Granofiro
LZ	Ya-152	63	30	5			1								1	

<sup>s</sup>: incluye alteración a sericita; <sup>\*</sup>: clinopiroxeno alterado a actinolita;

<sup>mc</sup>: milonitizada y carbonatizada; <sup>+</sup>: epidoto producto de alteración de clinopiroxeno y plagioclasa; <sup>°</sup>: acumulado ultramáfico;

<sup>h</sup>: hipersteno oxidado a hematita con clorita rellenando planos de clivaje. MC: Macizos; SQ: San Quintín; LZ: La Zurda. Modificado de Lozano & Mussari (2008) en Grande (2013a). Los mapas a escala 1:25.000 donde se ubican las muestras citadas en todas las tablas y el texto, pueden consultarse en Urbani & Gómez (2014, este libro).

**Tabla 2.** Mineralogía y clasificación petrográfica del dique intrusivo en la anortosita, cerro de San Quintín.

**Table 2.** Mineralogy and petrographic classification of an intrusive dike in the anorthosite, San Quintín massif.

ID	Pl	Cpx	Chl	Op	Fcr	Mtz	Litología
Ya-144B	15	1	5	2	20	80	Basalto porfídico (toleítico)

**Fcr**: fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno y magnetita alterados; **Mtz**: matriz máfica desvitrificada.

Modificado de Lozano & Mussari (2008).

**Biotita**: fuerte pleocroismo de marrón a marrón oscuro y hábito micáceo. En algunos cristales se observa el paso de este mineral a *clorita*. En una muestra se observan reliquias de granate totalmente transformado a la biotita.

**Clorita**: leve pleocroismo de verde claro a verde y hábito hojoso.

**Cuarzo**: xenoblástico, algo fracturado, con extinción ondulatoria, contactos suturados y un tamaño de grano que varía entre 0,03-0,3 mm.

**Apatito**: xenoblástico, algo fracturado.

**Titanita**: en granos de color pardo oscuro, alterada a *leucoxeno*.

**Opacos**: magnetita en granos anhedrales, y leucoxeno como alteración de *titanita*

#### **Esquisto albítico-epidótico-cuarzo-micáceo**

Tiene un color fresco que varía entre tonos de grises hasta blanco y negro que meteoriza a gris verdoso, negro verdoso, gris pardo y blanco y negro. Tamaño de grano promedio de 0,9 mm.

**Cuarzo**: xenoblástico, fracturado, presenta orientación junto a los cristales de mica, tiene

**Tabla 3.** Mineralogía y clasificación petrográfica del Complejo San Julián, cerro Salsipuedes.  
**Table 3.** Mineralogy and petrographic classification of San Julián Complex, Salsipuedes massif.

ID	Qtz	Afs	Pl <sup>a</sup>	Bt	Ms	Chl	Ep	Brs <sup>+</sup>	Ttn	Ap	Zr	Op	Litología
Fa-20			24	Tz		8	19	45	2			2	Anfibolita barroisítico-epidótica
Fa-43	3		45	2		2	10	36	1			1	
Fa-16B	39		47	10	1	1	1					1	Esquisto albitico-czo-micácea
Fa-18	37	1	38	15	1	1	3		2		Tz	1	
Fa-21	38		40	7	4	1	8					2	
Fa-34 <sup>m</sup>	39		45	6	4	1	3					2	
Fa-29C	73		7	1	18		1				Tz		
Fa-13	37	10	48		1	1	1		Tz		Tz	2	Gneis feldespático-cuarzo-micácep
Fa-15U	39	1	44	9	4					Tz	Tz	3	
Fa-38	42	2	38		5	3	5		3		Tz	2	
Fa-39	50		41	Tz	7	1	1				Tz		
Fa-44	41	2	35	4	15	1	1					1	
Fa-55	39	3	45		1	2	9					1	

<sup>s</sup>: incluye alteración a sericita; <sup>+</sup>: barroisita, anfíbol con pleocroismo verde-azulado; <sup>m</sup>: esquisto milonitizado.

<sup>p</sup>: plagioclasa idio a hipidioblástica, con maclado polisintético visible, feldespato alcalino perfitico.

<sup>a</sup>: albita xenoblástica y poiquiloblástica, sin maclado polisintético visible. Fa-15U: muestra datada por U-Pb en zircón, edades de 1.060 a 855 Ma. Modificado de Lozano & Mussari (2008) en Grande (2013a).

extinción ondulatoria y sus contactos son suturados.

### Cuarcita micácea

*Plagioclasa (albita)*: levemente sericitizada y poiquiloblástica, con numerosas inclusiones de *epidoto* y otros minerales no identificables. El tamaño de los cristales varía entre 1-2 mm.

*Biotita*: tiene un pleocroismo fuerte de pardo-pardo verdoso a verde oliva claro. En algunas muestras se observa el paso a *clorita*.

*Muscovita*: levemente pleocroica de verde pálido a incolora, esta orientada junto al *cuarzo* y en ocasiones se presenta con extinción ondulatoria.

*Clorita*: es producto de la alteración de la *biotita*, tiene un pleocroismo que va de un color verde oliva claro a verde.

*Epidoto*: verde amarillento, hábito granular a prismático corto.

*Titanita*: pardo rojiza, de hábito granular, a veces como porfidoblastos.

*Opacos*: magnetita en granos aislados y *pirita* granular.

Tiene un color fresco que varía entre tonos de grises que meteoriza a gris verdoso y blanco. La mineralogía observada en general es cuarzo, en mayor proporción que la plagioclasa y micas. El cuarzo puede formar tanto bandas granoblásticas de grano grueso como trenes de trituración muy finos. La roca tiene un tamaño de grano promedio de 0,9 mm.

*Cuarzo*: xenoblástico, fracturado, se presenta orientado con los cristales de mica, tiene extinción ondulatoria y sus contactos son suturados. También forma delgados trenes de trituración.

*Plagioclasa (albita)*: levemente sericitizada, poiquiloblástica con numerosas inclusiones de *epidoto* y otros minerales no identificables. El tamaño de los cristales varía entre 1-2,0 mm.

*Biotita*: tiene un pleocroismo fuerte de pardo-pardo verdoso a verde oliva claro. En algunas muestras se observa el paso de ésta a *clorita*.

*Muscovita*: levemente pleocroica de verde pálido a incolora, está orientada junto al *cuarzo*.

*Clorita*: levemente pleocroica de verde pálido a incolora, es producto de alteración de *biotita*.

*Epidoto*: verde claro, granular.

*Zircón*: pardo claro, cristalitos bastante prismáticos.

*Opacos*: magnetita en granos y algo de piritita granular.

### Gneis cuarzo feldespático

Roca de aspecto gnéisico de color blanquecino con bandas oscuras. Los cristales de cuarzo, biotita y muscovita se encuentran triturado-orientados, presentando texturas tipo “*augen*”, mirmequítica y pertítica. La roca presenta fuerte cataclasis.

*Plagioclasa (oligoclasa?)*: alterada a *sericita*, tiene un maclado difuso por lo cual no se puede definir el %An, en ocasiones por su alteración a minerales de arcilla adquiere un color marrón. Tiene un tamaño de grano promedio de 1 mm. A veces exhibe textura mirmequítica.

*Feldespato alcalino*: forma porfidoclastos y se encuentra en contacto directo con la *plagioclasa* y el *cuarzo*. En algunas muestras presenta textura pertítica. El tamaño de grano está entre 1-3 mm. En ocasiones se observa el maclado enrejado del *microclino*.

*Cuarzo*: muy triturado o en forma de granos alargados muy fracturados envolviendo a la *plagioclasa* y con fuerte extinción ondulatoria. Tamaño de grano entre 0,03-2,5 mm, presenta una orientación preferencial y junto con los cristales de mica define la foliación de la roca.

*Biotita*: fuertemente pleocroica de pardo a pardo oscuro, con hábito hojoso.

*Clorita*: verde pálido con leve pleocroismo. Se presenta como alteración de la *biotita*.

*Apatito*: en granos aislados fracturados, con hábito prismático alargado y secciones basales de forma redondeada.

*Allanita*: tiene un pleocroismo que va de color marrón rojizo a marrón oscuro y presenta textura zonada, con bordes verdes, más epidóticos.

*Zircón*: pardo, idioblástico, es particularmente abundante en la muestra Fa-15.

*Opacos*: *leucoxeno* y *magnetita* en granos irregulares.

### Complejo San Quintín

Esta unidad aflora en la mitad meridional del cerro de San Quintín, en contacto de falla con el Complejo Yumare. Los principales tipos de roca son lava, toba, brecha volcánica y rocas psamíticas. Se presentan ligeramente foliadas. Tanto la lava como la brecha volcánica tienen color fresco azulado a violáceo (Figura 6). La metatoba tiene un color fresco gris oscuro y en ocasiones. La brecha es masiva y está intercalada con la lava. Las rocas volcánicas son de composición basáltica, con plagioclasa tipo labradorita, usualmente con distintos grados de sericitización. El clinopiroxeno está total o parcialmente alterado a clorita. Hay cantidades menores de minerales secundarios y de alteración, hematita, calcita, leucoxeno y cuarzo en vetillas. Las rocas sedimentarias son mayoritariamente areniscas de grano fino a medio, con un color gris claro. Algunas rocas presentan un moderado plegamiento. La petrografía detallada puede consultarse en Lozano & Mussari (2008) (Tabla 4).

En la Figura 3 se muestra la extensión de la unidad, a su vez dividida en dos partes por una falla, donde la mitad oriental está constituida mayormente por rocas de origen volcánico, mientras que la occidental contiene más proporción de rocas sedimentarias.

No se dispone de información geoquímica, ni geocronológica de la unidad, por ello a título provisional mantenemos una edad Cretácica, tal y como fue sugerido por Bellizzia & Rodríguez (1976) y aceptado por Stephan (1982: 212), sobre la base de semejanzas con algunas unidades volcano-sedimentarias de la faja Caucaagua-El Tinaco, y su metamorfismo de bajo grado (clorita).

### Metagabro de La Zurda

La unidad aparece en dos partes, como lonjas intercaladas tanto con el Complejo San Quintín en el cerro homónimo, como con el Complejo Yumare en el cerro La Zurda, de donde toma su nombre. Está constituido por rocas gabro-anfibolíticas, con abundantes minerales hidratados y fuerte deformación cataclástica, que permite clasificarlas de milonitas a ultramilonitas. La presencia de hornblenda residual, casi totalmente cloritizada, actinolitizada y epidotizada, además de la ausencia de texturas meso y antipertíticas en la plagioclasa, diferencia esta unidad de las rocas máficas del Complejo Yumare.

La unidad se compone mayormente de metagabro actinolítico-epidótico-clorítico. Casi todas las rocas de esta unidad están cortadas por numerosas vetillas de carbonato-epidoto. La ligera foliación visible en algunos afloramientos es de origen cataclástico. La fuerte alteración hidrotermal puede estar relacionada con el metamorfismo cataclástico, que permitió la circulación de fluidos a través de las fracturas.

Como se desconoce su edad, provisionalmente se le asigna una edad Cretácica al igual que el Complejo San Quintín. A continuación se describen las litologías presentes (Tabla 5).

### Metagabro

Las muestras del cerro San Quintín tienen una clara textura gnéisica, un color de meteorización pardo a blanco verdoso, con tamaño de grano promedio de 1,2 mm. Algunas superficies de planos de foliación tienen colores blanco-verdoso debido al epidoto. En ocasiones se observa formando pliegues disarmónicos y está notablemente diaclasado. La mineralogía es plagioclasa, hornblenda, anfíbol actinolítico y cuarzo (Ya-35, Ya-147). En muchas ocasiones se presenta con texturas miloníticas muy avanzadas, llegando a clasificarse como metagabro milonítico a ultramilonítico.

*Plagioclasa:* se encuentra alterada a *sericita* y *clinozoisita*. Tiene un maclado tipo albita deformado. Por su alteración saussurítica se considera que pudo tener An > 50%.

*Feldespato alcalino:* fracturado, pertítico, a veces como porfidoclastos que están triturados en los bordes, mostrando además sombras de presión o rotación.

*Epidoto:* como alteración de *hornblenda* o de posible *clinopiroxeno*, y es rico en Fe.

*Hornblenda:* pleocroica de verde a pardo claro, hábito prismático, con contornos redondeados, subhedral a euhedral. A veces sustituida por *clorita*.

*Actinolita:* verde pálido con leve pleocroismo, hábito acicular a tabular. Corresponden a pseudomorfo de cristales máficos originales.

*Clorita:* es producto de la alteración de hornblenda y *clinopiroxeno*.

*Cuarzo:* en vetas y en granos dispersos, tienen extinción ondulatoria.

*Calcita:* se encuentra en forma de vetillas.

*Titanita:* tiene un color marrón oscuro y hábito granular.

*Apatito:* se presenta en granos dispersos, de hábito alargado y muy fracturado.

*Opacos:* *leucoxeno*; *hematita* y *pirita*. Todos tienen forma subhedral.

### Metahornblendita (anfíbolita)

Aparece en el cerro San Quintín, es una roca de color verde oscuro, con un tamaño de grano promedio de 0,6 mm. En la roca (Ya-61) se observan cristales de anfíbol muy poco orientados, por lo que originalmente pudo ser un tipo de cumulado hornbléndico.

*Anfíbol.* La *hornblenda* tiene pleocroismo moderado que va de pardo a pardo oscuro, un tamaño de grano promedio de 0,8 mm y hábito prismático. Se halla como residuos rodeados de *actinolita*. La *actinolita* presenta leve pleocroismo de verde a verde claro, hábito acicular a tabular con una leve cloritización.

*Plagioclasa*: no se le observa maclado, tiene forma anhedral y muestra extinción ondulatoria.

*Cuarzo*: xenoblástico, se presenta fracturado y en vetillas.

*Epidoto*: es de color verde oscuro y granular. Producto de alteración de la *hornblenda*.

*Calcita*: se encuentra en forma de vetillas cortando la roca.

*Calcita*: junto con *cuarzo* forma vetas con espesores milimétricos que cortan la roca y que se relacionan con zonas fuertemente epidotizadas en la roca.

*Titanita*: tiene un color marrón oscuro y hábito granular.

*Zircón*: tiene tonos oscuros, un hábito muy redondeado.

### Metagabro anfibólico ± cuarzoso

Esta litología se localizó en el cerro La Zurda, tiene un color blanco-verde en los planos de foliación, textura gnéisica marcada, un color de meteorización pardo a blanco verdoso, con tamaño de grano promedio de 1,2 mm. La roca (Ya-92) está cortada por vetas de cuarzo. Presenta texturas de cizalla muy avanzadas, por consiguiente constituye un metagabro protomilonítico a ultramilonítico.

*Apatito*: se presenta en granos dispersos, de hábito alargado y muy fracturado. En la muestra Ya-95B es particularmente abundante y forma agregados de cristales hipidioblásticos de relativo gran tamaño.

*Opacos*: *leucoxeno*, *hematita* y *pirita*, todos son hipidioblásticos.

*Plagioclasa*: sumamente alterada a *sericita* y *epidoto*, que se disponen sobre la plagioclasa en forma desordenada. Tiene un maclado tipo albita deformada y su forma es hipidio a xenoblástica. Sobre la base de la gran alteración, se estima que pudo haber tenido una composición >50%An (labradorita).

### Serpentinita

Esta roca ultrabásica solo aflora en el cerro de Tarana. Contiene más del 95% de minerales del grupo de la serpentina, mayormente antigorita, acompañado con cantidades menores de talco y magnetita. Una de las muestras resultó ser una harzburgita serpentinizada, cuya composición modal es: antigorita 60%, crisotilo 5%, talco 10% y 25% de ortopiroxeno no serpentinizado.

*Epidoto*: pardo oscuro, granular, es rico en Fe y posiblemente es producto de alteración de *clinopiroxeno* o de *hornblenda*. También se presenta *clinozoisita* como parte de la alteración saussurítica de la plagioclasa.

### Esquisto de Aroa

Esta unidad es el principal componente del cerro Tarana, identificándose esquisto cuarzo-muscovítico-grafitoso, esquisto carbonático-grafítico, filita grafitosa-muscovítica y mármol. En el campo los niveles de mármol se intercalan con esquisto. La filita está constituida por un promedio de 75% de una “matriz grafitosa” de grano sumamente fino como para lograr una mejor identificación petrográfica, 15% de muscovita, así como calcita, cuarzo y clorita. El mármol contiene entre 90 y 98% de calcita, con cantidades menores de cuarzo, muscovita, pirita y hematita. La muscovita en todas las rocas es sumamente fina de tipo sericita.

*Anfiboles*. *Hornblenda*: pleocroica de verde a pardo claro, hábito prismático, forma ameboidal, generalmente consta de cristales residuales, actinolizados y tremolitizados. También presenta bordes epidóticos.

*Actinolita*: verde pálido con leve pleocroismo, hábito acicular a tabular, intercalada con tremolita, incolora, pero de mayor birrefringencia. Todo el conjunto es pseudomórfico de cristales originales de *hornblenda* y posiblemente de *clinopiroxeno*.

*Clorita*: verde claro con leve pleocroismo, es producto de la alteración de anfíbol, y posiblemente de *clinopiroxeno* previo.

## Metamorfismo

*Esquisto de Aroa.* Esta unidad aflora en el cerro de Tarana. En general las rocas presentan una foliación muy bien desarrollada, predominando el esquisto (o filita) grafitico, con algunos niveles de mármol y esquisto carbonático-grafítico, también algo foliado. Es una unidad metasedimentaria con protolito pelítico y psamítico, originalmente con alto contenido de materia orgánica, depositada en aguas reductoras. La unidad alcanzó la facies de esquisto verde (clorita), como parte del metamorfismo regional del Terciario medio que afectó la mayor parte de las unidades de la Cordillera de la Costa, como producto de la interacción de las placas Caribe y Suramericana.

*Cuerpo de serpentinita sin nombre formal.* Esta litología está delimitada por dos fallas en el cerro Tarana, rodeada del Esquisto de Aroa. La serpentinita es antigorítica-talcosa y todavía contiene ortopiroxeno residual, pero el olivino no se preserva. El protolito corresponde a una lonja de manto sub-oceánico mayormente harzburgita. Se desconoce la edad, pero como otros cuerpos de serpentinita de la Cordillera de la Costa, se infiere que correspondas a parte de la litósfera proto-Caribe y en consecuencia de edad Jurásico-Cretácico. Este cuerpo comprende rocas típicas de bajo grado, en la facies del esquisto verde (clorita).

*Complejo Yumare.* Las rocas gabro-anortosítico-sienítico-monzoníticas exhiben minerales remanentes de un metamorfismo de alto grado, como clino- y ortopiroxeno, que se han preservado muy localmente y en escasa cantidad. La presencia de algunas texturas de alto grado, como texturas antipertítica y mesopertítica, así como zircones redondeados con morfología de pelota de fútbol (*soccer ball*), atestigua un metamorfismo en la facies de la granulita. Este Complejo, con sus segregaciones de óxidos de Fe-Ti, constituye una asociación metaplutónica de anortosita-mangerita-charnockita-granito (AMCG) desmembrada.

Es difícil discernir si la retrogradación es realmente debida a la superimposición de un metamorfismo regional de bajo grado durante el Mesozoico tardío - Paleógeno sobre la mineralogía original de alto grado, o es más bien debida a alteración hidrotermal

favorecida por el fallamiento que ha afectado estas rocas a lo largo de su historia. Consideramos que esta última hipótesis es la preferencial debido al hecho que las rocas carecen de estructuras penetrativas, pero localmente muestran típicas texturas cataclásticas (un caso similar ocurre con la Metadiorita de Todasana, Urbani *et al.* 2008). Minerales de baja temperatura sustituyen a los piroxenos originales, a veces completamente, pero no dan indicios de un nuevo evento metamórfico de bajo grado, ni del desarrollo de una foliación, como sí ocurre con el Complejo San Quintín o en el Esquisto de Aroa.

*Complejo San Quintín.* Las rocas de este complejo son de protolito volcánico y sedimentario (piroclásticas a epiclásticas y de carácter máfico a intermedio), están levemente foliadas y su mineralogía comprende asociaciones típicas de bajo grado, con algo de clinopiroxeno residual, que parecen indicar un metamorfismo en la facies del esquisto verde (clorita), con típicos minerales como epidoto, clorita y actinolita.

*Metagabro de La Zurda.* Presenta una asociación mineralógica correspondiente a un metamorfismo en la subfacies de clorita de la facies del esquisto verde. Probablemente sea un bloque de la corteza oceánica proto-Caribe. Muestras de las unidades de San Quintín y La Zurda se encuentran en proceso de datación por el método U-Pb en cristales de zircón.

*Complejo San Julián.* Esta unidad presenta una mezcla de rocas que van desde esquisto a gneis, incluyendo rocas de protolito ígneo félsico y sedimentario, con una asociación mineralógica cuarzo - feldespática - micácea, donde resalta la coexistencia de biotita, barroisita y granate (en reliquias). El ensamblaje mineralógico muestra que la unidad ha sido sometida a un metamorfismo en la facies de la anfibolita epidótica, en condiciones de P-T cercanas al límite con la facies del esquisto azul, para hacer factible la presencia del anfíbol barroisítico. Asociaciones mineralógicas similares han sido reportadas a lo largo de la extensa franja de esta unidad desde Cabo Codera hasta Yumare por Suiero & Urbina (2010).

Las texturas cataclásticas son comunes en todos

los cerros del norte de Yumare, pero como se dijo anteriormente es difícil acertar la acción de un evento metamórfico retrógrado de bajo grado que haya afectado a los complejos de Yumare y San Julián.

## CLASTOS METAMÓRFICOS EN LA FORMA-CIÓN CASUPAL

En este trabajo no presentaremos detalles de las unidades sedimentarias, por no ser el objeto del mismo, pudiéndose consultar en la publicación de Lozano & Mussari (2008). En esta sección solamente se resumen algunas descripciones petrográficas de clastos metamórficos contenidos en el conglomerado basal de la Formación Casupal (Tabla 6), depositado en discordancia angular sobre la Formación Matatere en la quebrada Chepano (para su ubicación véase flecha en la Figura 4). Allí aflora un conglomerado de peñas y peñones hasta de tamaños decimétricos, que contiene clastos de rocas sedimentarias (arenisca cuarzosa, arenisca feldespática, grauvaca feldespática), metaígneas (clinopiroxénita) y metasedimentarias de alto grado. A continuación sólo se describirá este último grupo de rocas, debido a la novedad del hallazgo y su posible relación con los terrenos de afinidad grenvilliana en el noroccidente del país (Grande & Urbani, 2009; Baquero 2013). Para los detalles de los demás tipos de clastos, puede consultarse Lozano & Mussari (2008).

## Mármol flogopítico con espinela

Es una roca de grano muy grueso (hasta 2 cm), muy rica en flogopita y es el único mármol hallado en el NO de Venezuela que contiene espinela. Es de color gris azulado, mostrando grandes clivajes en el carbonato, conspicuas hojuelas de color bronce de flogopita y algunos cristales pardo-verdosos de espinela. Su descripción sigue:

*Calcita*: incolora, xenoblástica, se halla muy cizallada y orientada, con planos de macla polisintética deformados.

*Flogopita*: incolora con leve pleocroismo pardo claro, con hábito micáceo a tabular. Presenta textura ojo de pájaro y evidencia deformación por presentar extinción ondulatoria. Se halla alterada en los bordes a clorita pseudo-isotrópica.

*Forsterita* (serpentinizada): cristales nodulares de forsterita original, totalmente remplazada por serpentina de color amarillo verdoso, en crecimientos paralelos entremezclados.

*Espinela*: de color pardo verdoso, xenoblástica, algunos cristales son bastamente octaédricos. Escasa pero conspicua debido a su intenso color de absorción y alto relieve.

**Tabla 4.** Mineralogía y clasificación petrográfica del Complejo San Quintín.

**Table 4.** Mineralogy and petrographic classification of Quintín Complex.

ID	Qtz	Pl <sup>†</sup>	Mus	Ser	Cpx	Chl	Ep <sup>†</sup>	Cal	Tur	Zr	Ttn	Op	Mtz	Litología
Ya-42	45	25	2	2		5						4	17 <sup>a</sup>	Grauvaca feld.
Ya-124A	35	10		10				5		Tz		15	25 <sup>a</sup>	
Ya-131	27	20		10						1		7	35 <sup>a</sup>	
Ya-126	35	6		10		3	Tz	6	Tz	Tz		10	30	Limolita carb.
Ya-40	5	10				5						5	85 <sup>v</sup>	Toba máfica vítreo-cristalina
Ya-43A		1		29		5						5	60 <sup>v</sup>	
Ya-111 <sup>m</sup>	10	52				13	Tz				Tz	5	20	
Ya-113	8	15		1		2						Tz	74 <sup>v</sup>	
YA-127	15	5		55				5					20	Toba sericitizada
Ya-41	3	50			3	7						20	17 <sup>v</sup>	Toba lítica máfica
Ya-128	5	55				Tz		3				37		Basalto afírico

<sup>†</sup>: epidoto producto de alteración de clinopiroxeno y plagioclasa; <sup>m</sup>: roca milonítica;

<sup>v</sup>: matriz vítreo desvitrificada; <sup>a</sup>: matriz arcillosa fina; <sup>s</sup>: incluye alteración a sericita.

Modificado de Lozano & Mussari (2008) en Grande (2013a).

**Tabla 5.** Mineralogía y clasificación petrográfica del Metagabro de La Zurda.

**Table 5.** Mineralogy and petrographic classification of La Zurda Metagabbro.

MC	ID	Qtz	Pl <sup>†</sup>	Cpx	Hb	Amp	Chl	Ep <sup>‡</sup>	Cal	Zr	Ap	Ttn	Op	Litología
SQ	Ya-35 <sup>m</sup>	3	62			15	10	7		Tz		1	2	Metagabro clorítico-epid- actinolítico ±milonitizado
LZ	Ya-92		49	Tz		30		20					1	
LZ	Ya-95B	1	63	15		9		10			3		1	
SQ	Ya-112	6	69	Tz		6	2	14					3	
SQ	Ya-116 <sup>m</sup>	3	65				20	10				Tz	1	
SQ	Ya-147 <sup>m</sup>	2	46		3	22	5	20	1				1	
LZ	Ya-61		1		7	90		1				1		Anfibolititac

<sup>m</sup>: rocas miloníticas con bandas ultramiloníticas; <sup>‡</sup>: epidoto producto de alteración de clinopiroxeno, hornblenda y plagioclasa;

<sup>‡</sup>: cumulado hornblendítico alterado; <sup>§</sup>: incluye alteración a sericita.

MC: Macizos; SQ: San Quintín; LZ: La Zurda.

Tomado de Grande (2013a).

**Tabla 6.** Mineralogía y clasificación petrográfica de cantos ígneo-metamórficos en el drenaje de los cerros La Zurda y Salsipuedes, probablemente provenientes de conglomerados de la Formación Casupal.

**Table 6.** Mineralogy and petrographic classification of igneous-metamorphic clasts from the drainage of La Zurda and Salsipuedes massifs, probably from the Casupal Formation conglomerates

ID	Qtz	Afs	Pl <sup>†</sup>	Bt <sup>‡</sup>	Ms	Chl	Ep <sup>‡</sup>	Amp	Cal	Cpx	Opx	Ttn	Op	Litología
Fa-27A	45	5	39	8	4		Al<1		1				1	Gneis porfidoclástico
Ya-27A	7		65			Tz	4	12 <sup>a</sup>						Metagabro anfibólico
Ya-137	1		45				10			40	3h	1	1	Gabro charnockítico
Ya-141A	65	25	3		2				5	11		2	2	Cuarcita-feld-cpx

<sup>‡</sup>: epidoto como alteración de piroxeno; <sup>a</sup>: hornblenda actinolitizada y epidotizada; <sup>§</sup>: incluye alteración a sericita;

<sup>h</sup>: hipersteno oxidado a hematita con clorita rellenando planos de clivaje; <sup>\*</sup>: biotita cloritizada.

Modificado de Lozano & Mussari (2008).

**Clorita:** de color verde pálido, pseudo-isotrópica, producto de alteración de la flogopita. A veces en pseudomorfos de posible diópsido original.

**Opacos:** escasa *pirita* en granos irregulares.

### ¿Meta-psammita feldespato-alcalínica?

Contiene feldespato alcalino mesopertítico, pseudomorfos de posible hornblenda o piroxeno ahora cloritizados, cristales de zircón de hábito redondeado del tipo “pelota de fútbol”. En su conjunto estas características permiten interpretar que pudo haber estado sometida a un metamorfismo en la facies de la granulita.

**Cuarzo:** xenoblástico, muy abundante, define la foliación de la roca por orientación preferencial de sus granos. Fuerte extinción ondulatoria.

**Feldespato alcalino:** tiene manchones de aspecto

sucio sobre las exsoluciones pertíticas que están sericitizadas. Textura mesopertítica con lamelas albiticas algo sericitizadas, en las cuales se observan sobrecrecimientos albiticos en contacto con el *cuarzo*.

**Plagioclasa:** con maclado polisintético complejo, a veces fuertemente deformado, de levemente a muy sericitizada. Es difícil determinar su composición, pero pudiera tratarse al menos de oligoclasa. Una de las muestras presenta textura antipertítica con exsoluciones lobulares de feldespato alcalino.

**Biotita:** con pleocroismo moderado en tonos verdes y cloritizada en sus bordes.

**Clorita:** marronzuca, como producto de alteración de *biotita* u *hornblenda*. Otra variedad es de color verde claro, más plumosa, y parece provenir de alteración de posible *piroxeno* previo.

*Zircón*: pardo claro y de hábito redondeado.

*Rutilo*: redondeado e incluido en cuarzo.

*Calcita*: de aspecto algo sucio, forma vetillas que atraviesan la roca.

## GEOCROLOGÍA U-Pb

Para datación fue procesado un gneis cuarzo - plagioclásico - micáceo (Fa-15) (ubicación en la Figura 4 y petrografía en la Tabla 3), colectado en el cerro Salsipuedes. La escogencia de esta muestra del Complejo San Julián se debió a que en sección fina se observaron cristales de zircón redondeados, grandes y en una concentración mayor a las demás rocas de la región. La roca es de naturaleza metasedimentaria. Está muy cizallada, pudiéndose clasificar como una cataclasita, con un 30% de porfidoclastos de plagioclasa de 1-2 mm de diámetro, que a menudo exhiben bordes triturados con textura de mortero, rodeados por granos de

plagioclasa más pequeños. La plagioclasa es del tipo oligoclasa ( $An_{14}$ ), moderadamente alterada a epidoto y sericita, y contiene pequeñas inclusiones de biotita. Los minerales micáceos rodean a los porfidoclastos de plagioclasa y a agregados de cuarzo poligonalizado, siendo éste un posible producto de trituración de granos de cuarzo previos de 2-3 mm de diámetro; este cuarzo policristalino tiene bordes de rectos a suturados. El zircón está presente en las bandas micáceas. Es difícil establecer un protolito para esta roca, pudo ser una grauvaca feldespática, o una tonalita. Considerando a la muestra aisladamente, la facies metamórfica aparentemente es esquisto verde (biotita), aunque asociada con esta litología en el mismo cerro de Salsipuedes se hallan rocas de la facies de anfibolita epidótica, quizás su composición química no permitió la formación de minerales diagnósticos como barroisita o granate, pero el contenido de An un poco elevado de la plagioclasa pudiera ser indicativo de una facies inicial de mayor grado que la del esquisto verde.

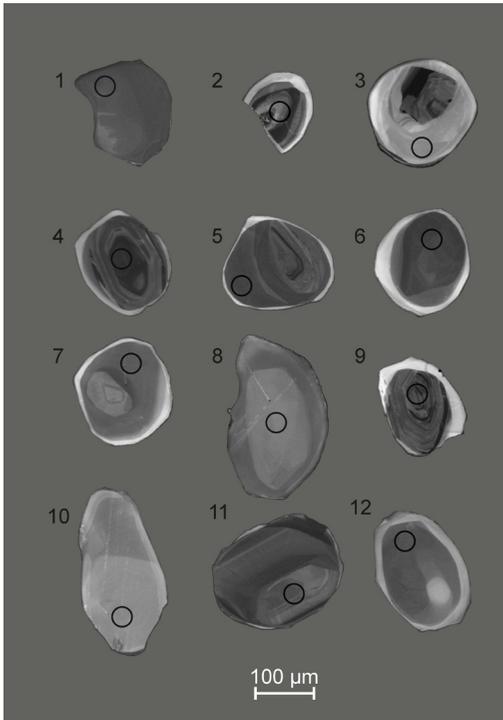
**Tabla 7.** Datos analíticos de la datación U-Pb en cristales de zircón de la muestra Fa-15. Complejo San Julián.

**Table 7.** Analytical data for the U-Pb dating of zircon crystals of sample Fa-15. San Julián Complex.

ID	ppm U	ppm Th	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	% err	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	% err	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	% err	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	% err	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	% err
Fa15-1	89	104	0,0690	2,0	0,3620	1,3	1,197	0,0482	1,7	1,498	2,5	0,1608	1,0
Fa15-2	53	143	0,0664	2,5	0,8204	3,6	2,757	0,0430	3,9	1,280	3,9	0,1454	1,4
Fa15-3	25	14	0,0750	3,1	0,1891	3,3	0,601	0,0454	5,5	1,484	5,5	0,1544	2,0
Fa15-4	460	236	0,0718	1,1	0,1596	4,0	0,530	0,0482	4,0	1,589	1,2	0,1604	0,5
Fa15-5	95	365	0,0662	2,3	1,1954	1,4	3,966	0,0474	1,7	1,435	2,5	0,1571	0,9
Fa15-6	135	122	0,0758	2,4	0,2737	3,2	0,928	0,0482	3,5	1,696	2,9	0,1657	0,9
Fa15-7	52	85	0,0775	4,7	0,4833	1,8	1,678	0,0505	2,3	1,874	4,9	0,1753	1,5
Fa15-8	30	34	0,0756	5,8	0,3779	6,4	1,206	0,0547	6,7	1,785	6,5	0,1772	1,7
Fa15-9	183	103	0,0727	1,0	0,1675	1,6	0,582	0,0502	1,8	1,745	1,3	0,1749	0,8
Fa15-10	20	29	0,0755	4,1	0,4347	3,3	1,511	0,0500	3,9	1,810	4,6	0,1738	2,1
Fa15-11	50	230	0,0700	2,1	1,4289	1,1	4,751	0,0467	1,7	1,498	2,5	0,1552	1,3
Fa15-12	73	111	0,0760	1,7	0,4738	1,2	1,576	0,0495	1,6	1,726	2,0	0,1647	1,1

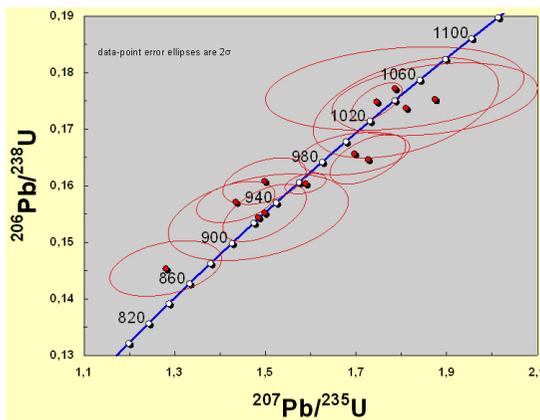
De la muestra se extrajeron los cristales de zircón y 12 de ellos fueron analizados por uno de los autores (J.W.) por el método U-Pb, en un equipo SHRIMP-RG en la Universidad de Stanford, siguiendo los protocolos analíticos y de preparación de muestras expuestos en Viscarret *et al.* (2009). Los cristales tienen morfología de “pelota de fútbol”, con 150 a 250  $\mu\text{m}$  de diámetro (Figura 11).

Los puntos analizados por la microsonda SHRIMP (Tabla 7) corresponden tanto a núcleos, como a sobrecrecimientos metamórficos (círculos negros en Figura 11), y todos aportan edades entre 1.060 y 855 Ma (Figura 12), que corresponde al intervalo del orógeno grenvilliano, de manera que inclusive los núcleos fueron reiniciados en su reloj isotópico por un metamorfismo de alta temperatura.



**Figura 11.** Imágenes de los cristales de zircón datados por U-Pb. Muestra Fa-15 del Complejo San Julián. Los círculos negros indican los sitios exactos de los impactos del haz de iones del equipo SHRIMP-RG.

**Figure 11.** Images of the U-Pb dated zircon crystals. Sample Fa-15 of San Julián Complex. Black circles locate the places of analysis with SHRIMP-RG.



**Figura 12.** Diagrama concordia de la muestra Fa.15 del Complejo San Julián. Elaborado con Isoplot (Ludwig, 2008).

**Figure 12.** Concordia diagram for sample Fa-15 from San Julián Complex. Prepared with Isoplot (Ludwig, 2008).

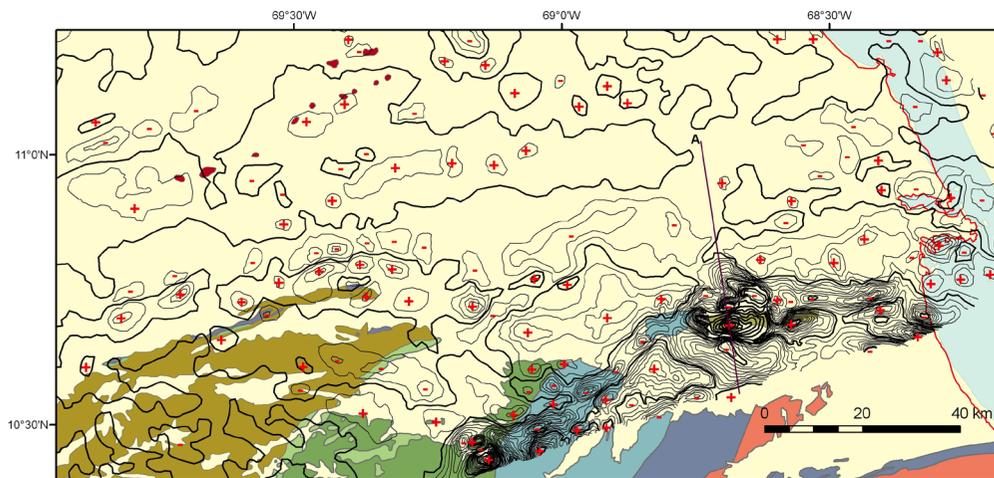
La muestra en sí, ha sido afectada por un metamorfismo no mayor a la facies de la anfíbolita epidótica, es decir a temperaturas menores a las necesarias para alterar el reloj isotópico de los

zircones detríticos. En consecuencia en la cuenca fuente del protolito, debió aflorar ya sea unidades del orógeno Grenville, o rocas sedimentarias posteriores que ya contuviesen zircones grenvillianos. Con esta información, el Complejo San Julián, al menos en la zona de estudio, ha de considerarse de edad post-grenvilliana, para ser subsiguientemente metamorfozido a la facies de la anfíbolita epidótica (o esquisto verde, biotita) en algún ciclo orogénico Paleozoico.

### LEVANTAMIENTO AEROMAGNÉTICO

En 1959, la empresa Gulf Research & Development Company lleva a cabo un levantamiento aeromagnético del noroccidente del país (GRDC, 1959), del cual sólo se conoce el mapa de contornos de la segunda derivada vertical del campo magnético total (Figura 13), donde la zona de los cerros estudiados en este trabajo muestra muy pronunciados altos y bajos magnéticos. El mayor pico positivo ubicado junto a su par negativo adyacente, alcanza una amplitud de 100 gammas y ocurre justamente sobre el cuerpo de anortosita ilmenítica de la mitad septentrional del cerro de San Quintín (Figuras 13 a 15). La explicación mineralógica se encuentra en la presencia de altas concentraciones de magnetita, ilmenita y hematita, tanto en la roca fresca, como en el material residual y aluviones de las quebradas; tanto es así, que la región fue estudiada en detalle por el MMH (Rodríguez & Añez, 1978), para la posible explotación de los minerales pesados y extracción de titanio.

En la Figura 16 se presentan las mismas curvas de isointensidad de la Figura 13, pero sin la base geológica. Sobre ella se muestra un análisis morfológico preliminar, donde hemos subdividido la región en cinco zonas con características distintas de la respuesta a la segunda derivada vertical del campo magnético total, las cuales se describen a continuación: La Zona 1 muestra muy altos contrastes positivos y negativos, coincidentes con la zona de afloramientos del Complejo Yumare, pero con una extensión hacia el SO donde aflora el Esquisto de Aroa, sugiriendo que debajo de dicha unidad podría haber una continuidad de rocas del tipo Complejo Yumare. Zona 2 corresponde a bajos contrastes positivos y negativos y se ubica como

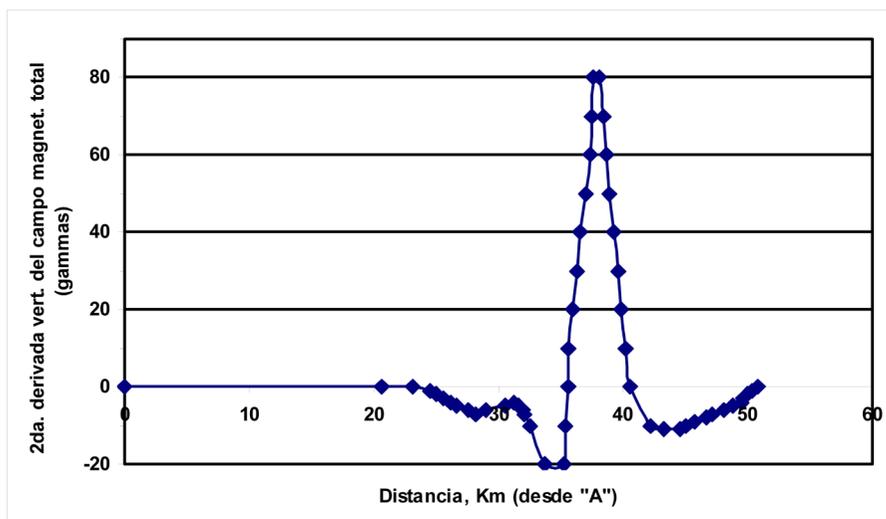


**Figura 13.** Parte del mapa de contornos de la segunda derivada del campo magnético total (GRDC, 1959), sobrepuesto sobre el mapa geológico de Hackley et al. (2005).

Leyenda geológica: Amarillo pálido: unidades del Neógeno. Marrón: Formación Matatere. Verde: formaciones Bobare y Mamey. Azul: Esquistos de Aroa. Violeta: Complejo Nirgua. Rojo: Complejo San Julián. Los puntos rojos alineados en la parte NO del mapa corresponden a los cuerpos de rocas volcánicas de Falcón central. Curvas principales: 10 gammas, curvas secundarias: 1 gamma. Las curvas mayores del sector NO corresponden a cero y los signos + y - identifican posiciones con valores positivos y negativos respectivamente.

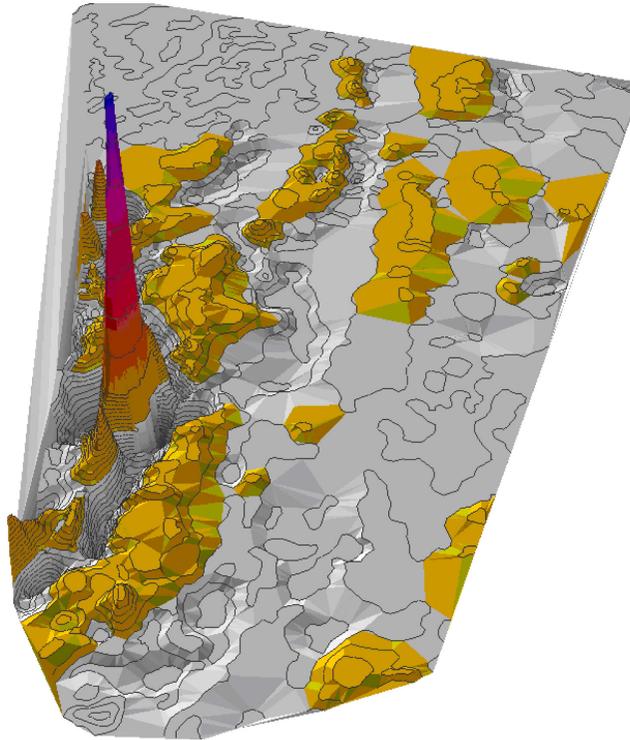
**Figure 13.** Fraction of the contour map of the second vertical derivative of the total magnetic field (GRDC, 1959), superimposed on the geological map of Hackley et al. (2005).

Geological legend: Pale yellow: Neogene units. Brown: Matatere Formation. Green: Mamey and Bobare formations. Blue: Aroa Schist. Violet: Nirgua Complex. Red: San Julián Complex. The aligned red dots in the NW part of the map correspond to the bodies of volcanic rocks of Central Falcon. Major Curves: 10 gammas, secondary curves: 1 gamma. The principal curves in the NW section of the map correspond to zero and the + and - identify positions with positive and negative values respectively.



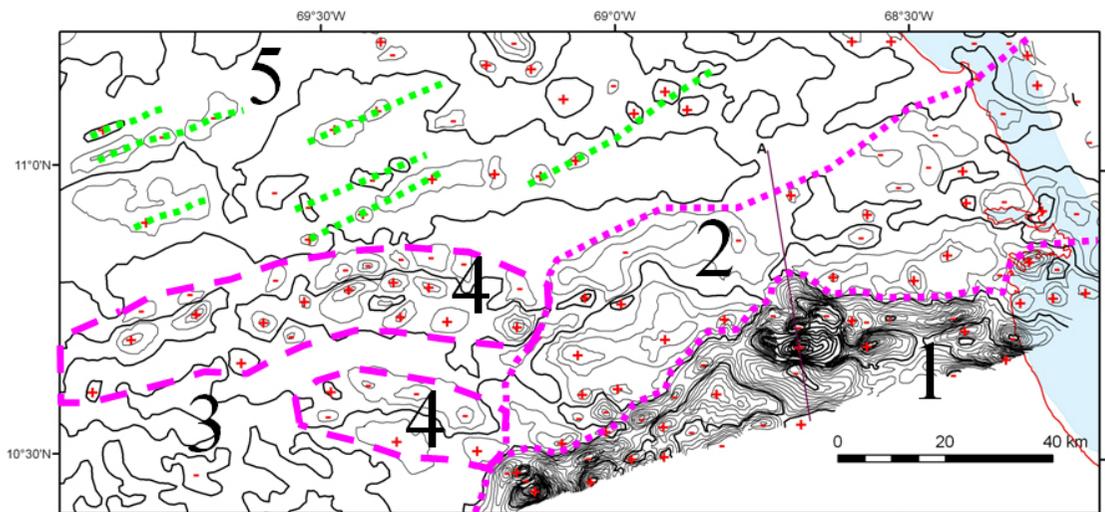
**Figura 14.** Perfil magnético de la línea A (ubicada en la Figura 13). El pico coincide con el cerro de San Quintín, donde aflora la anortosita ilmenítica del Complejo Yumare.

**Figure 14.** Magnetic profile of line A (located in Figure 13). The peak coincides with the San Quintín massif, where the ilmenite-anorthosite Yumare Complex crops out.



**Figura 15.** Representación tridimensional de los valores de la segunda derivada vertical del campo magnético total (a partir de las curvas de isointensidades mostradas en la Figura 13). Las zonas con mayores contrastes negativos y positivos coinciden con los cerros San Quintín y La Zurda. Esta imagen cubre la misma área de las Figuras 13 y 16.

**Figure 15.** Three-dimensional representation of the values of the second vertical derivative of the total magnetic field (from the isointensity curves shown in Figure 13). Areas with higher negative and positive contrast match with the San Quintín and La Zurda massifs. This image covers the same area of Figures 13 and 16.



**Figura 16.** Contornos de la segunda derivada vertical del campo magnético total (GRDC, 1959), señalando cinco zonas con características distintas en la respuesta magnética.

**Figure 16.** Contours of the second vertical derivative of the total magnetic field (GRDC, 1959), outlining five areas with different characteristics in the magnetic response.

una franja justo al norte de la zona anterior. La zona 3 tiene los más bajos contrastes de magnetismo y coincide globalmente con la extensión de la Formación Matatere. Las zonas arqueadas 4, se ajustan a la distribución de la Ofiolita de Siquisique (visible en campo) y la posible proyección en el subsuelo de la(s) napa(s) que la contienen. En la parte septentrional, la zona 5 prácticamente corresponde a la cuenca neógena de Falcón con ciertos trenes de orientación NE-SO que coinciden gruesamente con la orientación del plegamiento, o la alineación de intrusivos subvolcánicos terciarios en su eje.

Un análisis del mapa aeromagnético completo de GRDC (1959) para todo el noroccidente del país, será objeto de un trabajo separado bajo la dirección de dos coautores del presente trabajo (NO y JC).

## SUMARIO Y CONCLUSIONES

Las rocas del Complejo Yumare están constituidas por la asociación metaígneas de anortosita – mangerita – charnockita – granito (AMCG), donde aparte de la obvia anortosita ilmenítica, tanto la mangerita como la charnockita, están representadas por rocas identificadas en el campo como “gabroides” y demás máficas, en algunas se pueden observar relictos de ortopiroxeno, mientras que las rocas graníticas se encuentran mayormente en la forma textural de granofiro. En las condiciones actuales no se observan claramente las asociaciones de alta temperatura, pero no parece que hayan sido sobrepuestas por fases metamórficas posteriores, tanto en el Paleozoico como durante el metamorfismo regional del ciclo Caribe en la facies del esquisto verde. Mas bien, la alteración de estas rocas probablemente ocurrió en un ambiente hidratado que propició la transformación de los piroxenos originales a actinolita, con mucha cloritización y concentraciones relativamente altas de epidoto, tanto en las rocas en sí, como en vetillas junto con cuarzo o carbonato, de origen hidrotermal, ocurriendo probablemente durante su emplazamiento tectónico sobre el margen continental de Suramérica, con una intensa actividad hidrotermal y fuerte cataclasis asociada, sin observarse la generación de estructuras penetrativas.

La presencia en el Complejo Yumare de anortosita ilmenítica, semejante a las rocas descritas en los macizos de Santa Marta y Santander en Colombia, permitió a Bellizzia & Rodríguez (1976) interpretar acertadamente a la unidad como de edad precámbrica. Una muestra de este Complejo (Ya-70a; Tabla 1) se encuentra en proceso de datación U-Pb zircón.

Del Complejo San Quintín se carece de dataciones e información geoquímica; sin embargo, Bellizzia & Rodríguez (1976) y Stephan (1982) lo han interpretado como de edad Cretácico por su semejanza con algunas unidades de la misma naturaleza, incluidas en la faja de Caucaagua-El Tinaco de la Cordillera de la Costa. Este Complejo ha sido afectado por una fase metamórfica de bajo grado y muestra un grado intermedio de deformación. Las volcánicas de esta unidad difieren de los diques basálticos neógenos no metamorfizados, ni deformados hallados en la quebrada Yaracuybare, a unos 15 km al norte (Urbani *et al.* 2012b).

El contacto entre los complejos San Quintín y Yumare está cubierto o sumamente meteorizado sin ser posible acertar a ciencia cierta su naturaleza, pero se interpreta como un contacto de falla (Figura 3). El único contacto bien expuesto corresponde a un dique de basalto toleítico sin metamorfizar que corta la anortosita (Figura 7), el cual tampoco se asemeja a las volcánicas del Complejo San Quintín. En los cerros de San Quintín y La Zurda aflora una unidad denominada Metagabro de La Zurda, en contacto de falla con los complejos Yumare y San Quintín. Dicha unidad está afectada por metamorfismo de bajo grado (clorita). Este cuerpo de gabro al igual que otros similares de la Cordillera de la Costa, probablemente corresponda a fragmentos del proto-Caribe de edad cretácica, como en la Ofiolita de Siquisique (Baumgartner *et al.* 2013), el gabro de Oruza (Reátegui *et al.* 2013) y la Ofiolita de Loma de Hierro (Baquero *et al.* 2013).

El Complejo San Julián sólo aflora en el cerro Salsipuedes, el más oriental de la región, está constituido mayormente de esquisto micáceo - cuarzo - epidótico - albítico, anfíbolita epidoto - barroisítica, esquisto micáceo y gneis feldespato

- cuarífero. Los datos geocronológicos (SHRIMP-RG, U-Pb, zircón) de una muestra metasedimentaria de esta unidad, aportan edades en el intervalo 1.060-855 Ma, lo cual confirma la presencia de rocas en la facies de la granulita grenvillianas como fuente de sedimentos para alguno de los ciclos post-grenvillianos donde se depositó el protolito de la muestra. Los cristales de zircón con forma de pelota de fútbol (Figura 11) probablemente reflejan una etapa de altas temperaturas, correspondientes a distintos eventos asociados a la orogénesis grenvilliana, en particular la fase Rigolet de alto grado, hace  $900 \pm 30$  Ma.

En el cerro de Tarana aflora el Esquisto de Aroa, compuesto de esquisto micáceo - grafitoso con intercalaciones de mármol. Esta unidad es de protolito pelítico rico en materia orgánica. A diferencia de la zona de su localidad tipo en la Serranía de Aroa, aquí no se localizaron cuerpos de rocas metavolcánicas (mayormente piroclásticas) intercaladas con el esquisto grafitoso. La unidad probablemente se depositó en una posición de antearco pudiendo entremezclarse los sedimentos pelíticos con flujos de naturaleza volcánica. En Tarana también aflora un cuerpo elongado de serpentinita limitado por fallas. Por otra parte las formaciones La Luna y Matatere (Figuras 3 y 4) se encuentran en contacto de falla con los complejos Yumare y San Julián, en los cerros de La Zurda y Salsipuedes.

En resumen, los cuatro cerros ubicados al norte de Yumare están constituidos por escamas de unidades de diversos orígenes y edades (Tabla 8), con una compleja combinación de rocas ígneo-metamórficas, imbricadas ya sea entre sí o con unidades sedimentarias. Esto permite interpretar que durante el Eoceno medio al iniciarse los procesos compresivos generadores de las Napas de Lara (Pindell *et al.* 2005), a través de fallas de corrimiento fueron emplazados bloques de rocas ígneo-metamórficas: pre-mesozoicas de alto grado, pre-mesozoicas de medio grado, otras de bajo a muy bajo grado probablemente cretácicas, así como rocas sedimentarias del margen pasivo suramericano del Cretácico Tardío, y turbiditas depositadas en el Eoceno medio en las cuencas antepais debido al avance de la placa Caribe.

Así, la evolución de la región continúa con la exhumación de las Napas de Lara, su peneplanación, y la generación de la cuenca falconiana, donde una amplia transgresión deposita las formaciones Casupal y Capadare, en forma inconforme sobre los complejos Yumare, San Quintín y San Julián, como discordante sobre las formaciones La Luna y Matatere. Posteriormente, durante el Mioceno medio se inicia la inversión de la cuenca falconiana (Baquero *et al.* 2009), continuando hasta hoy día con la activación del sistema de fallas de Oca-Ancón, todo lo cual ha causado la configuración actual de gran fragmentación y rotación de bloques, correspondientes a los cuatro cerros de la región de estudio.

Actualmente la cuenca cuaternaria de Yumare-Aroa se encuentra en proceso de cierre sometida a un régimen compresivo que genera frentes inversos (Audemard, 1993), con vergencia sur en el borde norte y con vergencia norte en el borde sur.

Una situación estructural semejante a Yumare, es visible en los alrededores de Siquisique, municipio Urdaneta del estado Lara, donde una unidad ofiolítica (gabro-diabasa-basalto-chert del Cretácico Tardío) se encuentra imbricada con las formaciones La Luna y Matatere. Allí también, estas unidades aparecen cubiertas inconforme/discordantemente por las formaciones Castillo y Capadare.

---

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución de los proyectos GEODINOS Geodinámica de la interacción de las placas Caribe y Suramérica, y LOCTI Investigaciones geológicas del norte de Venezuela. Se agradece a Marina Peña por la esmerada elaboración de las Figuras 1 a 4, a Andrei Ichaso por las Figuras 12, 14 y 15.

A dos árbitros que permitieron mejorar el manuscrito.

Se ha preparado un atlas petrográfico de 81 páginas, de las unidades metamórficas descritas en este trabajo, el cual puede ser solicitado a los autores.

**Tabla 8.** Resumen de las características y relaciones entre de las unidades aflorantes en los distintos cerros del norte de Yumare. Las unidades se enumeran según el orden en que afloran de norte a sur y sus nombres aparecen simplificados en cursivas.

**Table 8.** Summary of features and relationships between the units that crop out in the hills north of Yumare. The units are listed in order of appearance from north to south, and their names are abbreviated in italics.

**Tarana** (Figura 2)

- Cenozoico sedimentario (*Casupal, Capadare, Ojo de Agua, Cuaternario*)
- Inconformidad (sedimentario sobre metamórfico)
- Margen pasivo suramericano (Cretácico Tardío?). Metam. de bajo grado (clorita). (Filita y esquistos, *Aroa*)
- Falla
- Serpentinita (litósfera oceánica serpentinizada) (*sin nombre formal*)
- Falla
- Margen pasivo suramericano (Cretácico Tardío?). Metam. de bajo grado (clorita). (Esquistos y mármol, *Aroa*)
- Inconformidad
- Cenozoico sedimentario (*Capadare, Cuaternario*)

**San Quintín** (Figura 3)

- Cenozoico sedimentario (*Casupal, Capadare, Cuaternario*)
- Inconformidad (sedimentario sobre metamórfico)
- Corteza continental, mayormente anortosita. Neoproterozoico? (*Yumare*)
- Lo intruye un *dique de basalto* (Cretácico?).
- Falla
- Volcano-sedimentarias, mayormente sedimentarias (Cretácico?). Metam. de bajo grado (clorita) (*San Quintín*)
- Falla
- Metagabro (Cretácico?). Metam. de bajo grado (clorita)
- Falla
- Volcano-sedimentarias, mayormente volcánicas (Cretácico?). Metam. de bajo grado (clorita) (*San Quintín*)
- Inconformidad
- Cenozoico sedimentario (*Capadare, Cuaternario*)

**La Zurda** (Figuras 3 y 4)

- Cenozoico sedimentario (*Casupal, Capadare, Cuaternario*)
- Inconformidad (sedimentario sobre metamórfico)
- Corteza continental, mayormente charnockita. Neoproterozoico? (*Yumare*)
- Falla
- Margen pasivo suramericano. No metamorfizado (Cretácico Tardío) (*La Luna*)
- Falla
- Corteza continental, mayormente charnockita. Neoproterozoico? (*Yumare*)
- Falla
- Metagabro (Cretácico?). Metam. de bajo grado (clorita) (*La Zurda*)
- Falla
- Corteza continental, mayormente charnockita. Neoproterozoico? (*Yumare*)
- Inconformidad
- Cenozoico sedimentario (*Cuaternario*)

**Salsipuedes** (Figura 4)

- Cenozoico sedimentario (*Casupal*)
- Discordancia angular abrupta
- Turbiditas (Eoceno medio) (*Matatere*)
- Falla
- Corteza continental. Metam. de medio grado (facies anfíbolita-epidótica o anfíbolita) (*San Julián*)
- Inconformidad (sedimentario sobre metamórfico)
- Cenozoico sedimentario (*Capadare, Cuaternario*)

**Abreviatura:** Metam.: Metamorfismo

**REFERENCIAS**

- AUDEMARD, F. A. (1993). Néotectonique, Sismotectonique et Aléa Sismique du Nord-ouest du Venezuela (Système de Failles d'Oca-Ancón). Univ. Montpellier II, Francia. Tesis Doctoral. (Reproducido en Geos, UCV, Caracas, 40(2009):76 + 355 p. en DVD, 2011).
- BAQUERO, M. (2013). Evolución geodinámica de la cuenca de Falcón y su basamento: basado en nuevas datos de geocronología, geoquímica e isotópicos. Tesis doctoral, UCV. En progreso.
- BAQUERO, M., ACOSTA, J., KASSABJI, E., ZAMORA, J., SOUSA, J. C., RODRÍGUEZ, J., GROBAS, J., MELO, L., SCHNEIDER, F. (2009). Polyphase development of the Falcón Basin in northwestern Venezuela: Implications for oil generation. En: K. H. James, M. A. Lorente & J. L. Pindell (eds). The Origin and Evolution of the Caribbean Plate. Geological Society, London, Special Publications, 328: 587-612.
- BAQUERO, M., VALENCIA, V., GRANDE, S., URBANI, F., HURTADO, R. (2013). Geocronología U-Pb en cristales de zircón de la Metadiorita de La Guacamaya, gabro de la Ofiolita de Loma de Hierro y Gabro de El Chacao, estados Aragua y Guárico. V Simposio Venezolano de Geociencias de Rocas Ígneas y Metamórficas, UCV, 28-29 noviembre. Rev. Ven. Cienc. Tierra, 45, en prensa.
- BAUMGARTNER P., O., ROJAS-AGRAMONTE, Y., SANDOVAL-GUTIÉRREZ, M., URBANI, F., GARCÍA-DELGADO, D., GARBÁN, G., PÉREZ-RODRÍGUEZ, M. (2013). Late Jurassic breakup of the proto-Caribbean and circum-global circulation across Pangea. V Simposio Venezolano de Geociencias de Rocas Ígneas y Metamórficas, UCV, 28-29 noviembre. Rev. Ven. Cienc. Tierra, 45, en prensa.
- BELLIZZIA, A. (1986). Sistema montañoso del Caribe. Una cordillera alóctona en la parte norte de América del Sur. Mem. VI Congr. Geol. Venezolano, Caracas, 10: 6657-6836.
- BELLIZZIA, A. & RODRÍGUEZ G., D. (1966). Mapa geológico de la región de Yumare. Min. Minas Hidrocarburos, Dir. Geología. Mapa 1:25.000, inédito.
- BELLIZZIA, A. & RODRÍGUEZ G., D. (1976). Geología del estado Yaracuy. Mem. IV Congr. Geol. Venezolano, Caracas 1969. Bol. Geol., Public. Esp. 5, 6: 3317-3417.
- BELLIZZIA, A., RODRÍGUEZ G., D., ZAMBRANO, E. (1968). Mapa geológico del estado Yaracuy. Min. Minas Hidrocarburos, Dir. Geología. Mapa 1:100.000, inédito.
- BERMÚDEZ, P. J. & RODRÍGUEZ G., D. (1962). Notas sobre la presencia de tintinidos o calpionelas en Venezuela. Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Min. Petrol. 5(2): 51-57.
- GRANDE, S. (2013a). Petrología de las rocas de alto grado metamórfico presentes en el noroccidente de Venezuela. UCV, Fac. Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Tesis de Maestría, 300 p. Inédito.
- GRANDE, S. (2013b). Terreno Falconia: Bloque alóctono Neoproterozoico de alto grado metamórfico en el NO de Venezuela. Rev. Ven. Cienc. Tierra (Geos), UCV, Caracas, 45, en prensa.
- GRANDE, S. (2013c). Consideraciones acerca de la alteración hidrotermal del hipersteno en rocas charnockíticas del noroccidente de Venezuela. Memorias del V Simposio Venezolano de Geociencias de las Rocas Ígneas y Metamórficas, UCV, Caracas, nov. 2013. En prensa.
- GRANDE, S. & URBANI, F. (2009). Presence of high-grade rocks in NW Venezuela of possible Grenvillian affinity. En: K. H. James, M. A. Lorente & J. L. Pindell (eds). The Origin and Evolution of the Caribbean Plate. Geol. Soc., London, Spec. Publ., 328: 533-548.
- GRDC - GULF RESEARCH & DEVELOPMENT COMPANY. (1959). Second vertical derivatives of total magnetic intensity northwestern Venezuela. Gulf Research & Development Company. Reproducido en Geos, UCV, Caracas, 40 (2009): 107 + mapa en carpeta 96 de DVD (2010)..
- HACKLEY, P., URBANI, F., GARRITY, C. (2005). Geologic shaded relief map of Venezuela. U.S. Geological Survey, Open File Report 2005-1038. <http://pubs.usgs.gov/of/2005/1038>
- JAIMES, M. (2012). Estudio geológico-petrográfico de la zona de Crucito-Albarico-Carabobo, edo. Yaracuy. Geos, UCV, Caracas, 42: 126-127 + 108 p. en carpeta 5 de DVD.
- KUGLER, H. G. (1949). Geological notes on the area of Salsipuedes, District of Silva, State of Falcón. North Venezuelan Petrol. Co.
- LITTLE, R. A. (1928). The geology of Venezuela and Trinidad. Fort Worth: J. P. MacGowan, p. 552
- LOZANO, F. & MUSSARI, A. (2008). Geología de los macizos ígneo-metamórficos del norte de Yumare, estados Yaracuy y Falcón. UCV-G (Reproducido en Geos, UCV, Caracas, 40(2009):63-64 + 286 p. en carpeta 36 del DVD, 2010).
- LUDWIG, K. R. (2008). Isoplot. 3.60. [http://www.bgc.org/isoplot\\_etc/isoplot.html](http://www.bgc.org/isoplot_etc/isoplot.html)
- NATERA, B. R. (1957). Geology of the lower Río Tocuyo basin. Creole Petroleum Corporation, Informe 4330.11-42. (Reproducido en Geos, UCV, Caracas, 40(2009):105-106 + 64 p. en DVD, 2010).
- NACSN - THE NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE. (2005). North American Stratigraphic Code. AAPG Bull. 89(11): 1547-1591.

- PINDELL, J. L., KENNAN, L., MARESCH, W. V., STANECK, K. P., DRAPER, G., HIGGS, R. (2005). Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions: Tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins. In: H. G. Avé-Lallemant & V. B. Sisson (eds.), 2005. Caribbean-South American plate interactions, Venezuela. Geol. Soc. Am. Spec. Paper, 394: 7-52.
- REATEGUI, W., BAQUERO, M., URBANI, F., VALENCIA, V., MENDI, D., GÓMEZ, A. (2013). Ocurrencias de rocas metaígneas dentro de la Filita de Urape y los esquistos Las Mercedes y Chuspita, estado Miranda. V Simposio Venezolano de Geociencias de Rocas Ígneas y Metamórficas, UCV, 28-29 noviembre. Rev. Ven. Cienc. Tierra, 45, en prensa.
- RODRÍGUEZ, S. E. & AÑEZ, G. (1978). Los depósitos de mena titanífera de San Quintín central, estado Yaracuy: Génesis, caracteres geológicos y estimación de reservas. Bol. Geol., 13(24): 87-95.
- SAVIAN, V. (1997). Formación Aroa. Código estratigráfico de las cuencas petroleras de Venezuela. PDVSA. <http://www.pdvsa.com/lexico/a510w.htm>
- SCHERER, W. (ed.). (1997). Código Estratigráfico de las Cuencas Petroleras de Venezuela. <http://www.pdvsa.com/lexico/lexicoh.htm>
- STEPHAN, J. F. (1982). Evolution géodynamique du domaine Caraïbe, Andes et chaîne Caraïbe sur la transversale de Barquisimeto (Vénézuéla). Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI). These doctorat d'état. 512 p. (Reproducido en Geos, UCV, Caracas, 42: 142-143 + 512 p. en carpeta 18 de DVD, 2012).
- SUEIRO, R. & URBINA, L. (2010). Petrografía y geoquímica de las rocas de la Serranía del Litoral, Cordillera de La Costa. Geos, UCV, Caracas, 40 (2009): 72-74 + 525 p. en carpeta 45 de DVD.
- URBANI, F. (2006). Geología de la región de Siquisique, estado Lara. (Guía ilustrada para excursión geológica y curso de geología de campo). Código Geológico de Venezuela, PDVSA-INTEVEP, [http://www.pdvsa.com/lexico/excursio/2006\\_siquisique\\_urbani.pdf](http://www.pdvsa.com/lexico/excursio/2006_siquisique_urbani.pdf)
- URBANI, F. & GÓMEZ, A. (2014). Contribuciones del proyecto GEODINOS a la cartografía geológica del norte de Venezuela. Capítulo 18, este libro.
- URBANI, F. & MENDI, D. (2011). Notas sobre la discordancia del margen sur de la cuenca oligomiocena de Falcón, estados Lara, Falcón y Yaracuy, Venezuela. Bol. Acad. Cienc. Fis., Matem. y Nat., Caracas, 70(2010)(4): 9-25.
- URBANI, F. & RODRÍGUEZ, J. A. (2004). Atlas geológico de la Cordillera de la Costa. Ediciones Fundación Geos y FUNVISIS, 146 hojas.
- URBANI, F., WRIGHT, J., GRANDE, S., VISCARRET, P. (2008). La metadiorita de Todasana, cordillera de La Costa, estado Vargas: Geología y geocronología. Geos, UCV, Caracas, 39 (2007): 94 + 10 p. y 23 láminas en carpeta 163 de DVD).
- URBANI, F., GRANDE, S., REATEGUI, W., MUÑOZ, P., RODRÍGUEZ, H., ICHASO, A., MENDI, D., BAQUERO, M. (2012a). Geología de la Ofiolita de Siquisique y unidades sedimentarias asociadas. Región de Siquisique-Mapararí, edos. Lara y Falcón, Venezuela (Resumen). Geos, UCV, Caracas, 42: 114-117. (Trabajo presentado en el IV Simposio Venezolano de Geociencias de las Rocas Ígneas y Metamórficas, Caracas, dic. 2011).
- URBANI, F., GRANDE, S., BAQUERO, M., FOURNIER, H., MENDI, D., CAMPOSANO, L., ALEMÁN, A., BARITTO, I. (2012b). Los diques de basalto de la quebrada Yaracuybare, municipio Silva, edo. Falcón, Venezuela (Resumen). Geos, UCV, Caracas, 42: 110-113. (Trabajo presentado en el IV Simposio Venezolano de Geociencias de las Rocas Ígneas y Metamórficas, Caracas, dic. 2011).
- URBANI, F., GRANDE, S., LUCARELLI, M., GONZÁLEZ, L., MELO, L. (2012c). Notas sobre los esquistos de Las Mercedes y Chuspita, edo. Miranda, Venezuela. Geos, UCV, Caracas, 42: 15-29.
- VISCARRET, P., WRIGHT, J., URBANI, F. (2009). New U-Pb zircon ages of the Baúl Massif, Cojedes state, Venezuela. Rev. Téc. Ing., Univ. del Zulia, Maracaibo, 32(3): 210-221.

Nota de los autores: Estando este trabajo en prensa, se realizó la determinación geocronológica de la muestra Ya-70a del cerro La Zurda, obteniéndose 919 ±5/-8 Ma (Neoproterozoico) como la mejor aproximación de la edad de cristalización.