
Caracterización de sitios geológicos

como herramienta
geoeducativa: eje carretero
Guaranda-San Juan, Ecuador

Characterization of geological sites
as a geoeducative strategy:
Guaranda-San Juan road axis, Ecuador

José Luis Sánchez-Cortez¹

Cesar Fuentes-Campuzano²

Rita Andrade-Díaz²

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Carrera de Ingeniería Ambiental,

² Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Carrera de Ingeniería Geológica,
Guayaquil, Ecuador

jossancor@gmail.com; jose.sanchezco@ug.edu.ec; cesaroswald@gmail.com;

cesar.fuentesc@ug.edu.ec; andrade_rita@hotmail.com; rita.andraded@ug.edu.ec

Resumen

El trabajo de campo es una herramienta fundamental en la instrucción de las ciencias de la Tierra, y es ampliamente utilizada en el proceso de enseñanza-aprendizaje; sin embargo, establecer lugares indicados que permitan cubrir la mayor cantidad de los temas impartidos en el aula, resulta sumamente complejo. En el presente trabajo se expone el caso del eje carretero Guaranda-San Juan, como un recorrido con variados intereses geológicos afines a los contenidos académicos de las carreras relacionadas con las geociencias. Los contenidos identificados en dicho recorrido resultan funcionales no solo para cursos regulares o universitarios ya que, con otro grado interpretativo, pueden ser empleados como herramienta geoturística. De esta manera, este instrumento pedagógico cumpliría con funciones educativas y divulgativas, promoviendo el conocimiento de las ciencias de la Tierra.

PALABRAS CLAVE: geoeducación; ciencias de la Tierra; interpretación geológica.

Abstract

Fieldwork is a fundamental tool in the instruction of Earth Sciences and is widely used in the teaching-learning process. However, establishing indicated places that allow covering the higher number of topics taught in the classroom is extremely complex. In this work, the case of the Guaranda-San Juan road axis is dealt with, as a route with varied geological interests related to the academic contents of geoscience degrees. Nevertheless, the contents identified on this route are not only functional for regular or university courses, since with another interpretative degree it can be used as a geotourism tool. Thus, this pedagogical instrument would fulfill educational and informative functions, promoting the knowledge of Earth Sciences.

KEY WORDS: geoeducation; Earth Sciences; geological interpretation.

1. Introducción

Los recorridos de campo son estrategias educacionales efectivas para las ciencias de la Tierra que cumplen funciones fundamentales, por ejemplo el hecho de desarrollar la creatividad del estudiante en la interpretación de procesos, obtener experiencia apegada a la realidad profesional y transformar la educación en una práctica activa (Pedrinaci *et al.*, 1994; Clark, 1997). Estas rutas son previamente seleccionadas considerando áreas que ejemplifican importantes y/o diversos tipos de variables geológicas. Las rutas geológicas son recursos recurrentes para docentes de ciencias de la Tierra, pero también para turistas que buscan mayor conocimiento del territorio que visitan (Kubalíková y Kirchner, 2016).

Realmente los recorridos geológicos tienen múltiples aplicaciones. Norrish *et al.* (2014), señalan que los geositorios identificados en rutas o travesías geológicas, logran tener potencial para el desarrollo del geoturismo, la interpretación científica y didáctica. Por ejemplo, el manejo del tiempo geológico es un concepto asimilable en campo, cuando se relacionan estructuras tridimensionales que permiten comparar variaciones temporales a partir de depósitos de sedimentos (Karlstrom *et al.*, 2008).

En ese ámbito, las regiones montañosas tienen un adecuado marco para usos educativos, considerando las variaciones tectónicas, estructurales y climáticas que constituyen el paisaje, y que son piezas fundamentales en la geodinámica del territorio (Garavaglia y Pelfini, 2011). Es así que entre los principales objetivos de este trabajo estuvo el destacar la importancia de los afloramientos geológicos del denominado ‘valle interandino’ (FIGURA 1), considerando su geodiversidad como objeto fundamental para su empleo en actividades académicas; a la vez de proponer los sitios geológicos del trayecto del eje carretero entre Guaranda y San Juan como herramienta geoeseducativa.

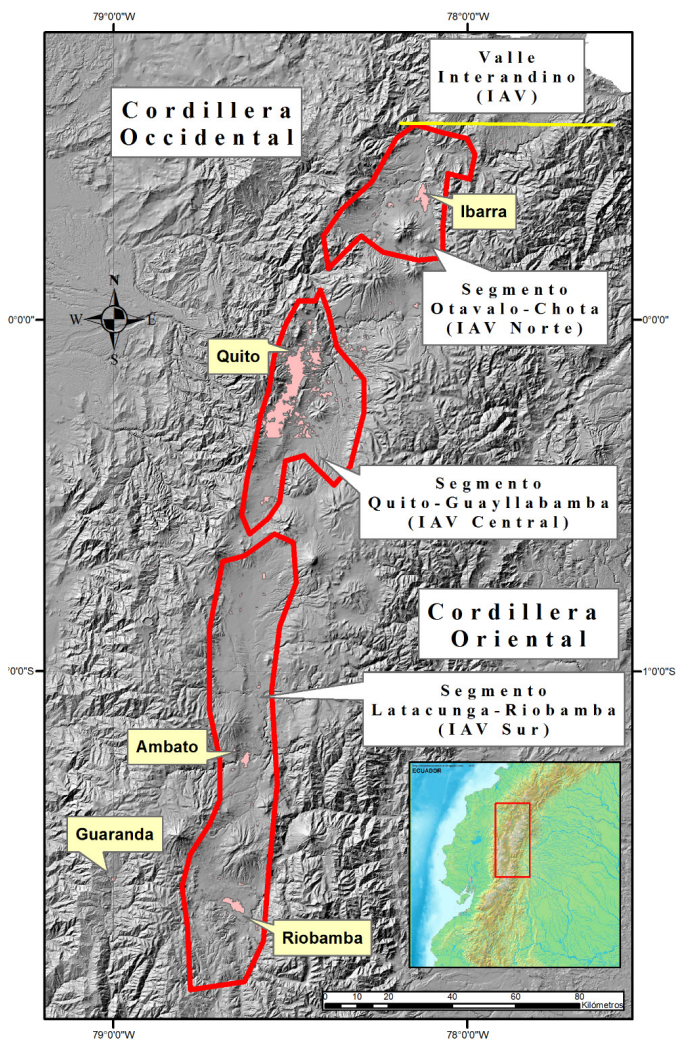
1.1 Contexto del área de estudio

El eje carretero Guaranda-San Juan-Riobamba une las capitales provinciales de Bolívar y Chimborazo respectivamente, atravesando la cordillera occidental ecuatoriana, a una altitud promedio de 3.000 metros sobre el nivel del mar (msnm), justo hacia el sur del nevado Chimborazo (6.310 msnm). Las irregularidades del terreno dan un aspecto montañoso con elevaciones mayores de 4.000 msnm, la formación de colinas y lomeríos se encuentran orientadas en sentido NNE-SSW, generando vertientes fluviales hacia el este (microcuencas del valle interandino) y oeste (cuenca del río Guayas). Estas características morfológicas están fuertemente influenciadas por controles estructurales y la litología prevalente en el territorio considerado en el presente trabajo.

La ciudad de Guaranda y el poblado de San Juan se ubican en la cordillera Occidental de Los Andes, justo en el borde oeste de la depresión del valle interandino (IAV), en el extremo distal sur del denominado segmento Latacunga-Riobamba del IAV (FIGURA 1). Dicha depresión se presenta como una fosa tectónica limitada por fallas; se distingue por su topografía y la dirección casi norte-sur, paralela a las cordilleras Oriental y Occidental (Winkler *et al.*, 2002; Villagómez Díaz, 2003). De forma general, en la cordillera Occidental yacen importantes masas rocosas volcánicas y sedimentarias con edades comprendidas entre los periodos Cretácico y Paleógeno, a su vez, sobre dichos paquetes reposan materiales volcánicos del Neógeno, los cuales cubren el ‘valle interandino’ (Baldock, 1982).

La geología del sector luce compleja y bastante diversa, debido a la presencia de formaciones geológicas de origen volcánico y sedimentario, además de depósitos aluviales y glaciares no consolidados (FIGURA 2). Justo en los alrededores de la localidad de Guaranda, al inicio del recorrido, los enclaves de andesitas y tobas volcánicas afloran en los taludes del carretero. Un poco más hacia el oeste, es posible

FIGURA 1. Detalle de la sección del Valle Interandino (IAV) en el Ecuador. En esta gráfica se detalla los segmentos Norte (Otavalo-Chota), Centro (Quito-Guayllabamba) y Sur (Latacunga-Riobamba) del Valle Interandino. Justo en la ciudad de Guaranda se presenta la depresión del río Chimbo determinado por una serie de fallas NNE-SSW, similares a las estructuras presentes en el carretero Guaranda-San Juan

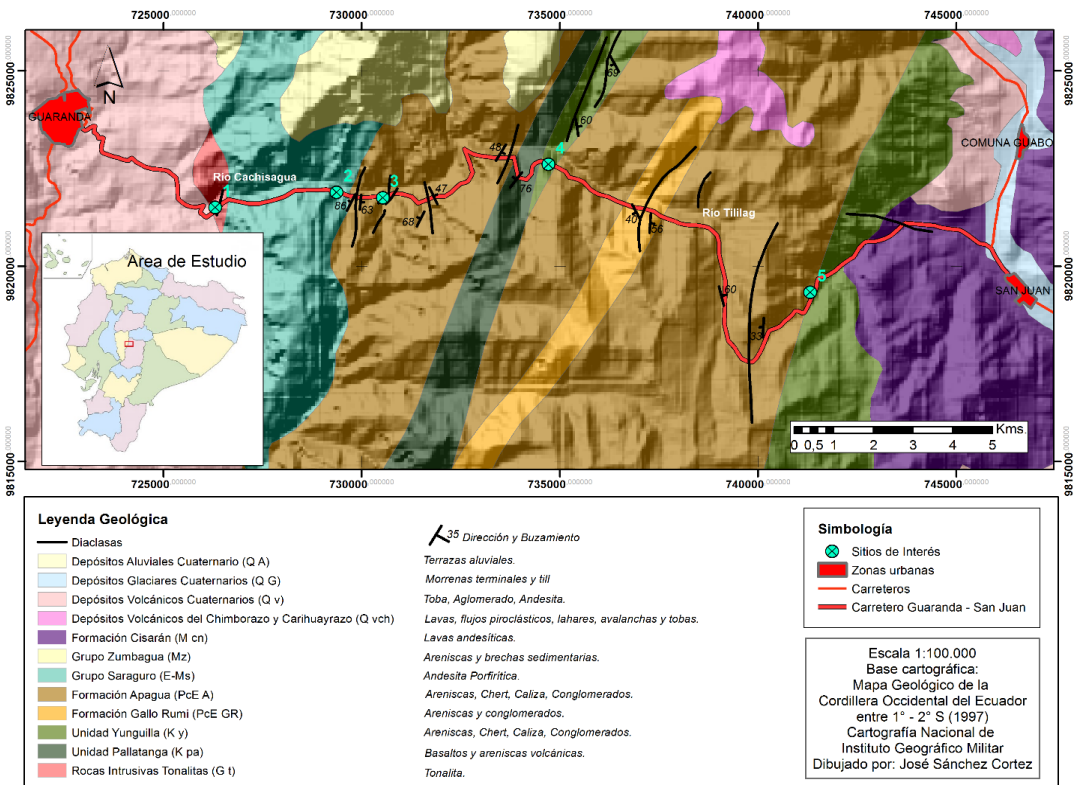


observar afloramientos de andesitas porfídicas con alto grado de diaclasamiento, pertenecientes al Grupo Saraguro (Eoceno-Mioceno). Sin embargo, el mayor porcentaje del recorrido coincide con afloramientos de la Formación Apagua (Paleoceno-Eoceno), cuya exposición muestra rasgos de intensa actividad tectónica con múltiples pliegues

sinclinales, anticlinales, chevron y recumbentes. Los ejes de dichos pliegues fijan una orientación NNE-SSW. Los contactos entre las principales formaciones geológicas presentes en el sector no son visibles. A lo largo del segmento, se evidencian fallas en sentido este-oeste, sin embargo son poco frecuentes.

FIGURA 2. Mapa geológico y estructural del eje carretero entre Guaranda y San Juan. Distribución de las formaciones geológicas presentes en el trayecto, así también representaciones gráficas de las principales estructuras geológicas.

FUENTE: MAPA GEOLÓGICO DEL ECUADOR (1976) Y MAPA GEOLÓGICO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL ECUADOR ENTRE 1° Y 2° S, ESCALA 1:200.000 ((INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, 1997)



La Formación Apagua muestra una serie alternada de conglomerados, grauwacas (brechas sedimentarias, según el mapa geológico de la cordillera Occidental de 1997), calizas, cherts y lutitas (Baldock, 1982). En las proximidades del contacto entre Saraguro y Apagua, las interestratificaciones más comunes son entre lutitas negras, cherts y areniscas, mientras que hacia el oriente, los conglomerados, areniscas y lutitas son mayormente comunes. También es posible la presencia de mantos de andesita intercalados entre lutitas negras (Mapa Geológico del Ecuador, 1976).

Hacia la comunidad de San Juan, en el extremo oriental del trayecto presentado en este trabajo,

afloran la Formación Cisarán (Mioceno), caracterizada por secuencias predominantemente piroclásticas de tobas que cubren masas rocosas de lavas andesíticas porfíricas, con leves coloraciones marrón chocolate y gris verdosa. Al llegar a la localidad de San Juan, la morfología del valle del río Chimborazo evidencia actividad glacial a raíz del deshielo del volcán homónimo.

2. Metodología

El trayecto propuesto fue identificado de manera empírica como un recorrido que presenta condiciones geológicas, logísticas, visuales y estratégicas

para la enseñanza de las ciencias geológicas. A partir de caracterizaciones previas en el campo, se procedió al levantamiento detallado de datos que acrediten y confirmen su valía como un recurso de importancia didáctica.

El levantamiento de la información geológica y estructural del trayecto se realizó a partir de observación en campo, complementada con datos geológicos disponibles a nivel nacional. En campo se empleó el método de mapeo geológico transversal, también denominado mapeo por perfiles (Coe *et al.*, 2010; Echeveste, *s/f*), el cual es aplicado en regiones grandes a escalas pequeñas. Para su utilización es necesaria la permanente exposición de rocas y es ampliamente utilizado para afloramientos en ejes carreteros, ríos o zonas con buenos accesos. Previamente se estableció el recorrido a lo largo del eje carretero Guaranda-San Juan-Riobamba, hasta la altura del poblado de San Juan, debido a sus características geológicas. De la misma manera, a lo largo de los 40 kilómetros de extensión del tramo, se establecieron varios sitios de control para iniciar las caminatas en los afloramientos. Los sitios de control estaban separados entre sí por cinco kilómetros aproximadamente. Durante estas caminatas a partir de elementos, estructuras y procesos observados de forma empírica, se establecieron las áreas de interés con potencial geoes educativo. En cada sitio de interés se procedió a la toma de datos de estructuras geológicas, toma de muestras de rocas, descripción del afloramiento y registro fotográfico. La determinación primaria de los litotipos y las formaciones geológicas fueron desarrolladas en campo, y posteriormente revisadas en laboratorio. Toda la información levantada fue almacenada en una base de datos de un sistema de información geográfica.

3. Resultados y discusión

Los resultados del presente trabajo se enfocan en las observaciones realizadas en el recorrido previamente establecido, coincidente con el eje carretero Guaranda - San Juan - Riobamba, hasta el poblado de San Juan. En este trayecto es posible la determinación de múltiples elementos geológicos asociados a procesos sedimentarios marinos y costeros, dominios geomorfológicos (laderas, valles, piedemontes), complejos volcánicos (marinos y continentales) y vulcano sedimentarios, además de estructuras de deformación y ruptura en rocas volcánicas y sedimentarias, generados a partir de la rotura de los límites elástico y plástico de las rocas (Saklani, 2008). En paralelo, las estructuras falladas con rumbos NNE-SSW, N-S, y NE-SW (coincidentes con el sistema de fallas Pallatanga y Chimbo), son las principales manifestaciones estructurales a consecuencia del tectonismo de la fase andina. Este marco geológico se destaca a lo largo de la cordillera de Los Andes en el Ecuador.

Sin embargo, en paralelo a las observaciones detalladas en este trabajo, es necesario abrir la discusión sobre el empleo de estos afloramientos como instrumento disponible para mejorar los métodos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias geológicas, dada las características didácticas que poseen los elementos estudiados. Dichas cualidades serán expuestas en detalle posteriormente. Y es que la enseñanza de las ciencias geológicas es todo un desafío, debido al grado de abstracción que el geólogo emplea para explicar uno u otro proceso. Por ejemplo, transmitir correctamente a un estudiante cómo se determina la evolución del planeta y el tiempo geológico, resultan tareas bastante difíciles para el docente, el cual debe usar múltiples artilugios para lograr el objetivo de enseñanza trazado (Pérez-Nácar y Pachano, 2007).

Los recursos geológicos disponibles en el campo funcionan como una valiosa herramienta para exponer conceptos que no son de fácil compren-

sión. La geología es una ciencia de exterior, y se considera la Tierra como su laboratorio (Press y Siever, 1994). Las salidas de campo se transforman en un apoyo educativo para el docente (Barstow y Yazjian, 2004), en donde los estudiantes pueden observar la geología en su contexto funcional; es decir, la enseñanza de la geología en el campo permite palpar y evidenciar los múltiples aportes que brinda la geodiversidad en los sistemas ecológicos, o los denominados geosistemas. Por ejemplo, el aporte de energía, agua, recursos minerales, sustento físico, regulación, sumidero, etc. (*Geological Society*, 2015). Las observaciones en campo dan la posibilidad de entender dichas dinámicas y las migraciones a través de los sistemas naturales e incluso los sistemas sociales.

No obstante, estos recursos educativos suelen encontrarse cada vez más mermados, por una serie de factores, y los mejores elementos didácticos se ubican por lo general siempre lejos del aula (Gómez-Heras *et al.*, 2012). Es por esta razón que las salidas de campo son actividades que se realizan cada vez con menor frecuencia (Rebollada-Casado, 2015).

Considerando todos estos factores, y otros elementos asociados a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias geológicas, el sitio de estudio presentado en este artículo representa un interesante prospecto pedagógico. Entre los aspectos logísticos, los afloramientos se encuentran en el eje carretero, en tal virtud los desplazamientos se reducen y el tiempo ahorrado es mayormente aprovechable, además al ser un carretero con un bajo flujo de tránsito vehicular, se facilita de mejor manera las actividades educativas a desarrollarse. Asimismo, la gran diversidad de estructuras, rocas, texturas y procesos, condensan en un solo afloramiento los contenidos teóricos de varias áreas de las ciencias geológicas. Al mismo tiempo, debido a que el eje carretero ha sido recientemente ampliado, el material geológico expuesto luce en buenas condiciones para su interpretación.

3.1 Caracterización de sitios para interpretación geológica

3.1.1 Sitio 1: Afloramientos de Intrusivo Tonalítico

A la altura de los kilómetros 7 y 8, se suscita la ocurrencia de un cuerpo intrusivo porfídico de tipo tonalítico, cuya principal característica es el alto grado de alteración y diaclasamiento, con rumbos coincidentes con las macroestructuras regionales (FIGURA 3). De acuerdo con el Proyecto de Desarrollo Minero y su Control Ambiental (PRODEMINCA, 1997), las dataciones de los plutones calco-alcalinos, mediante método de K/Ar, rondan los 21 y 19 millones de años, y están asociados a fallas profundas por activación tectónica en el Mioceno.

Entre los intereses asociados a este sitio, cabe mencionar la posibilidad de ensayos y análisis petrográficos *in situ*, y su relación (estructural, mineralógica y petrográfica) con los plutones adyacentes a la ciudad de Guaranda, y las localidades de Balsapamba y Las Guardias. Los detalles del marco tectónico también denotan interés con relación a la geología histórica y regional, así mismo los dominios estructurales del afloramiento. En el campo de las ciencias aplicadas, las propiedades inestables de los taludes pueden dar paso al análisis geotécnico de taludes.

3.1.2 Sitio 2: Afloramientos andesíticos en sector Cachisagua

En el sector Cachisagua, diagonal al Centro Médico, se ubica un cuerpo mineralizado en andesitas porfídicas del Grupo Saraguro (Eoceno-Mioceno), con rumbo NNE-SSW buzando al Este con 22° (FIGURA 4). En el afloramiento se denota depósitos de sulfuros polimetálicos, vinculados con actividad hidrotermal, probablemente relacionado con plutones del Mio-Plioceno adyacentes al sitio. Las estructuras minerales aparecen en forma de brechas y *stockwork*, en minerales de cuarzo y sulfuros (FIGURAS 5 y 6). Los intereses didácticos del sitio se centran

FIGURA 3. Afloramiento de rocas intrusivas tonalíticas (G t). En esta imagen, el afloramiento muestra un rumbo E-W, lo cual permite observar en primer plano, diaclasas estructuradas en sentido NNE-SSW, buzamiento 40°W. Adicional, es posible la observación de otras familias de diaclasas que se agrupan de manera casi paralela; entre las cuales sobresalen los sistemas que siguen la dirección de flujo (NNW – SSE), y otras diaclasas casi perpendiculares a la dirección de flujo (E – W)



FIGURA 4. Afloramiento del Grupo Saraguro (Eoceno-Mioceno), sector Cachisagua. Justo a la altura del Centro Médico de Cachisagua, se observa estructura diaclasada con relictos mineralizados por actividad hidrotermal, emplazada en pórfido andesítico. También son evidentes acumulaciones de cuarzo y polimetálicos en fisuras tipo *stockwork*. La estructura mineralizada muestra una potencia aproximada de 10 metros



FIGURAS 5 y 6. Estructuras mineralizadas, sector Cachisagua, Grupo Saraguro (Eoceno-Mioceno). En la **FIGURA 5** (superior), es posible definir en detalle vetillas de cuarzo formando *stockworks*, estas estructuras están acompañadas por sulfuros polimetálicos. Mayormente afloran en rocas altamente competentes. En la **FIGURA 6** (inferior) se muestra una brecha mineralizada parte de la macro estructura, con fuertes rasgos de alteración hidrotermal y meteorización



en las propiedades petrográficas y la capacidad de estudio de los consorcios minerales en depósitos de utilidad económica.

3.1.3 Sitio 3. Cantera de áridos sector Cachisagua

En el kilómetro 12 se ubica una explotación de materiales áridos de libre aprovechamiento, en la cual es posible la observación de la Formación Apagua (Paleoceno-Eoceno). Desde la base de la labor minera (cota 2.900 aproximadamente), es posible la apreciación de bloques interestratificados de lutitas negras silisificadas (consistencia muy vidriosa y rica en carbonatos) y areniscas cuarzosas con matriz calcárea, y tamaño de granos entre fino y medio (FIGURAS 7 y 8). También es posible observar depósitos muy bien gradados de conglomerados. Aparece en contacto no evidente y disconforme con el Grupo Saraguro (Eoceno-Mioceno).

Los trabajos de la cantera han permitido que el material tenga una excelente exposición; sin embargo, la mala gestión técnica ha determinado inestabilidad en taludes superiores, generando plataformas de trabajo superiores a 30 metros de altura. El sitio es adecuado para la enseñanza de procesos sedimentológicos, petrográficos sedimentarios y geología estructural, en el campo científico básico; y geología económica, geotécnica y explotación de minas, en el campo aplicado.

3.1.4 Sitio 4. Afloramientos de flysch y estructuras deformadas

A la altura del kilómetro 20 (vía Guaranda-San Juan) es posible observar la presencia de la Formación Yunguilla (Cretáceo). Yunguilla muestra una buena variedad de litotipos entre las que destacan lutitas negras, grises y chocolates, rocas calcáreas, areniscas de grano medio y grueso y limolitas negras (Baldock, 1982). Se evidencia altamente contorsionada y deformada, lo cual ha dificultado conocer con exactitud la verdadera potencia de la forma-

ción. De hecho, en este sitio existen importantes evidencias estructurales como consecuencia de las deformaciones corticales que han sufrido los paquetes sedimentarios.

La presencia de estructuras tipo 'boudin' puede asociarse con depósitos de sedimentos secuenciales (*Flysch*), debido a la alternancia de materiales con mayor y menor resistencia y límite plástico (McCrossan, 1958). En este caso, los materiales con mayor competencia (grauwacas, areniscas líticas, brechas sedimentarias) se mantienen íntegros ante los esfuerzos y deformaciones. En paralelo, los plegamientos asimétricos tipo recumbentes y chevron (FIGURA 9A, B y C) son relictos de los esfuerzos a los cuales fueron sometidas las rocas en el sitio, cuyos límites plásticos fueron superados, atestiguados por los fallamientos perpendiculares a la dirección del afloramiento (NNE-SSW, típica en toda la sección del afloramiento).

En este sentido, los intereses didácticos que brinda este sitio de interpretación van desde el aporte a los conocimientos sedimentológicos y su proceso de depositación, hasta las características petrográficas de los componentes líticos que forman parte de las rocas sedimentarias brechadas. Otro componente importante está dado para la interpretación de la geología estructural, y los marcos históricos y regionales de la Formación Yunguilla.

3.1.5 Sitio 5. Pliegues en Cantera de San Juan

El sitio coincide justo con el kilómetro 32 de la vía (FIGURAS 10 y 11), en el cual aflora la Formación Apagua (Paleoceno-Eoceno). En este tramo son comunes los depósitos de lutitas grises y chocolates, así como areniscas de grano fino, en alternancia tipo *flysch*. Sobre el afloramiento de la Formación Apagua descansan, en discordancia angular, finas capas de depósitos piroclásticos no consolidados procedentes del volcán Chimborazo (Mapa Geológico del Ecuador, 1976).

FIGURAS 7 y 8. Cantera de áridos, sector Cachisagua, en Formación Apagua (Paleoceno-Eoceno). En la **FIGURA 7** (superior), se observa los afloramientos de la Formación Apagua, en los que se identifica los bloques interestratificados de areniscas y lutitas negras. Los bancos de trabajo de la cantera coinciden con los afloramientos mencionados. En la **FIGURA 8** (inferior) se observan detalles de bloques desprendidos de lutitas negras. Se presentan muy vídriosas debido a la silicificación, además presenta cristalización de calcita



FIGURA 9. Afloramientos de *flysch* y estructuras deformadas, Formación Yunguilla (Cretáceo). (A) Apariencia general de depósitos de lutitas, areniscas y grauwacas (brechas sedimentarias) con alto grado de alteración a consecuencia del fuerte diaclasamiento relacionado con los esfuerzos de compresión tectónica; asimismo aparecen estructuras lenticulares tipo *boudinage*, en estratos de grauwacas; (B) Detalle de deformaciones tipo *boudinage* en estratos muy competentes de rocas grauwacas (brechas sedimentarias). La intensa actividad tectónica en el sector deformó las estructuras de secuenciales de depositación (*Flysch*), entrampando a manera de cuentas de rosario a las rocas más resistentes; (C) Detalle de pliegue sinclinal asimétrico angular (pliegue chevron), además se muestran fallas geológicas con rumbo NNE-SSW en los ejes y flancos de dichos pliegues



A pesar de existir deformaciones plegadas tipo chevron (FIGURA 9), los esfuerzos corticales son menos evidentes que los observados en el anterior sitio de interpretación. Los intereses didácticos radican en la observación y medición de estructuras, así como en la observación de la sedimentación secuencial.

4. Conclusiones

En rasgos genéricos, los recursos geológicos cumplen un rol en las dinámicas naturales e incluso culturales, además del potencial intrínseco para su aprovechamiento y gestión, como en el caso de áreas de protección y recursos turísticos (Pastor Gascón, 2006). En el ámbito educativo, los elementos geológicos tienen varios aspectos que cubrir: formación (estudiantes de geología), capacitación

FIGURAS 10 y 11. Pliegues en cantera de San Juan, Formación Apagua (Paleoceno-Eoceno). En ambas figuras se detallan pliegue sinclinales y anticlinales asimétricos angulares (pliegue chevron), alternados en los depósitos tipo *flysh*, conjuntamente se perciben estructuras falladas con rumbo NNE-SSW en ejes y flancos. En la parte superior de ambas gráficas, es posible observar depósitos discordantes de piroclastos no consolidados



(estudiantes y/o profesionales de áreas afines a la geología y recursos naturales) e interpretación (turistas y público en general). La forma de hacer llegar un mensaje geológico al público en general, merece estrategias específicas que deben ser consideradas a futuro, como elemento divulgador.

La oportunidad de identificar un recorrido de interpretación geológica, con contenidos tan variados, puede dar paso a la estructuración de guías geológicas de campo, las cuales pueden ser empleadas por usuarios interesados en temáticas afines. Incluso, la divulgación de los conocimientos de los contenidos presentes en los sitios identificados da la posibilidad de utilizar el recorrido planteado con fines recreativos. Este tipo de información funge como aprendizaje alternativo, y es una herramienta que ilustra al visitante que busca nuevas experiencias y autoaprendizaje (Cheung, 2016; Martínez, 2017).

Un afloramiento para uso educativo y/o divulgativo debe ser útil para la interpretación de determinados procesos, además de llamar el in-

terés de quien lo observe. En este contexto, los sitios analizados en el presente trabajo, se consideran aptos para la comprensión de la evolución geológica del área de estudio, asimismo permite al observador relacionar el contexto local con la historia geológica desde una perspectiva regional.

5. Nota

Es oportuno señalar que aun cuando en el carretero afloran varias formaciones geológicas, existen sitios que no son adecuados para la didáctica (espacio y dificultades logísticas principalmente) y por tanto, no han sido considerados en el trabajo. Los sitios seleccionados, y que se muestran en el artículo, son los afloramientos que se consideran más adecuados para impartir tareas de docencia en campo. En tal virtud, los sitios expuestos corresponden a los mejores afloramientos para interpretación de determinados procesos geológicos, los cuales ya han venido siendo usados previamente en actividades de divulgación y docencia.

6. Referencias citadas

- BALDOCK, J. W. 1982. *Geología del Ecuador*. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos. Dirección General de Geología y Minas. Quito, Ecuador.
- BARSTOW, D. & H. YAZIJIAN. 2004. "Placing urban schools as the forefront of the revolution in Earth Science Education". *Journal of Geoscience Education*, 52(5): 416-419.
- CHEUNG, L. T. O. 2016. "The effect of geoparks visitors. travel motivations on their willingness to pay for accredited geo-guided Tours". *Geoheritage*, 8(3): 201-209.
- CLARK, G. 1997. "The educational value of the rural trail: A short walk in the Lancashire countryside". *Journal of Geography in Higher Education*, 21(3): 349-362. DOI: 10.1080/03098269708725441
- COE, A. L.; ARGLES, T. W.; ROTHERY, D. A. & R. A. SPICER. 2010. *Geological field techniques*. John Wiley & Sons, Ltd., Publication. United Kingdom.
- ECHEVESTE, H. S/F. *Manual de Levantamiento Geológico. Cátedra de Levantamiento Geológico*. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Disponible en: http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/sipcyt/bfa005522.pdf
- GARAVAGLIA, V. & M. PELFINI. 2011. "Glacial geomorphosites and related landforms: A proposal for a dendrogeomorphological approach and educational trails". *Geoheritage*, 3:15-25 DOI 10.1007/s12371-010-0027-4

- GEOLOGICAL SOCIETY. 2015. *Geology for society*. Geological Society of London. Disponible en: www.geolsoc.org.uk/geology-for-society
- GÓMEZ-HERAS, M.; MARTÍNEZ-GARRIDO, M. I.; CASTIÑEIRAS-GARCÍA, P.; MUÑOZ-GARCÍA, M. B.; PÉREZ-SOBA AGUILAR, C.; ROSSI-NIETO, C.; SANZ-MONTERO, E. y M. J. VARAS-MURIEL. 2012. "Guías interactivas creadas con Google Earth™ para la preparación y seguimiento del trabajo de campo en Ciencias de la Tierra". *Relada*, 6(2): 189-196.
- KARLSTROM, K.; SEMKEN, S.; CROSSEY, L.; PERRY, D.; GYLLENHAAL, E. D.; DODICK, J.; WILLIAMS, M.; HELLMICH-BRYAN, J.; CROW, R.; BUENO-WATTS, N. & C. AULT. 2008. "Informal geoscience education on a grand scale: The trail of time exhibition at Grand Canyon". *Journal of Geoscience Education*, 56(4): 354-361. DOI: 10.5408/informal_geoscience_education_
- KUBALÍKOVÁ, L. & K. KIRCHNER. 2016. "Geosite and geomorphosite assessment as a tool for geoconservation and geotourism purposes: a case study from Vizovická vrchovina Highlands (Eastern Part of Czech Republic)". *Geoheritage*, 8: 5-14. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0143-2>
- MAPA GEOLÓGICO DEL ECUADOR. 1976. Hoja 69 – Chimborazo. Escala 1:100.000. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección general de Geología y Minas. Asistencia Técnica del Gobierno de Gran Bretaña. Quito, Ecuador.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. 1997. *Mapa geológico de la cordillera Occidental del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- MARTÍNEZ, E. 2017. "Importancia de las rutas geológicas en la educación de las Geociencias". *Revista Tierra y Tecnología*. 49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21028/emm.2017.02.07>.
- McCROSSAN, R. G. 1958. "Sedimentary "Boudinage" structure in the upper Devonian Ireton Formation in Alberta". *Journal of Sedimentary Petrology*, 28(3): 316-320.
- NORRISH, L; SANDERS, D. & R. DOWLING. 2014. "Geotourism product development and stakeholder perceptions: a case study of proposed geotrail in Perth, Western Australia". *Journal of Ecotourism*, 13(1):52-63. DOI: 10.1080/14724049.2014.938654.
- PASTOR GASCÓN, E. 2006. Geodiversidad y educación ambiental comunitaria: el medio rural de Teruel. *III Jornadas de Educación Ambiental de la Comunidad Autónoma de Aragón*. Zaragoza, España. (24-26 de marzo).
- PEDRINACI, E.; SEQUEIROS, L. y E. GARCÍA DE LA TORRE. 1994. "El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología". *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2: 37-246.
- PÉREZ-NÁCAR, E. y L. PACHANO. 2007. "Geología en el aula vs. Geología cotidiana. Visiones contrapuestas de una realidad compartida". *Geenseñanza*, 12(1): 91-100.
- PRESS, F. & R. SIEVER. 1994. *Understanding Earth*. Freeman & Co. New York, USA.
- PRODEMINCA. 1997. *Mapa Geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 1° y 2°*. Escala 1:200.000. Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero Metalúrgico (CODIGEM). Quito, Ecuador.
- REBOLLADA-CASADO, E. 2015. *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias geológicas a partir de los recursos que ofrece el patrimonio de las ciudades: El caso de Cáceres*. Universidad de Extremadura. Trabajo Final de Máster Universitario en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas. España.

- SAKLANI, P. S. 2008. *Glossary and Structural Geology and Tectonics*. Satish Serial Publishing House. Delhi, India.
- VILLAGÓMEZ-DÍAZ, D. R. 2003. *Evolución geológica Plio-Cuaternaria del Valle Interandino en Ecuador (Zona de Quito-Guayllabamba-San Antonio)*. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. Tesis de Grado de Ingeniero Geólogo.
- WINKLER W.; SPIKINGS R.; VILLAGÓMEZ D.; EGÜEZ A.; ABEGGLEN, P. & S. TOBLER. 2002. The Chota Basin and its significance for the formation of the Inter-Andean Valley in Ecuador. *Fourth ISAG*. pp. 705-708. Toulouse-France.