

2. ANTECEDENTES

La zona de Pinar del Río, en Cuba, cuenta con grandes yacimientos minerales, tanto metálicos como no metálicos que han sido explotados mediante minería subterránea y a cielo abierto. El distrito minero Santa Lucía-Matahambre es reconocido internacionalmente dada la existencia de yacimientos minerales con cobre, plomo, zinc, oro y plata entre otros (Huenelaf y Huatatocha, 2006). Desde 1913, la provincia adquirió auge en la explotación y comercialización de minerales metálicos y no metálicos. Las áreas más importantes se encuentran al noroeste coincidiendo con el distrito metalogénico.

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La mina inactiva de Santa Lucía se encuentra ubicada al noroeste de la provincia de Pinar del Río, al oeste de Cuba. Pertenece al municipio Minas de Matahambre y se encuentra a 46 km de la capital con la que se comunica a través de varias carreteras asfaltadas. Las dos más importantes son la carretera Pinar del Río-Viñales-Pons-Matahambre y la carretera Pinar del Río-Cabezas-Pons-Matahambre (Huenelaf y Huatatocha, 2006) (Fig. 1).

El área que ocupa la unidad se encuentra limitada entre las coordenadas geográficas latitud: $22^{\circ} 30' 30''$ y $22^{\circ} 23' 30''$ y longitud: $y -83^{\circ} 40' 15''$.

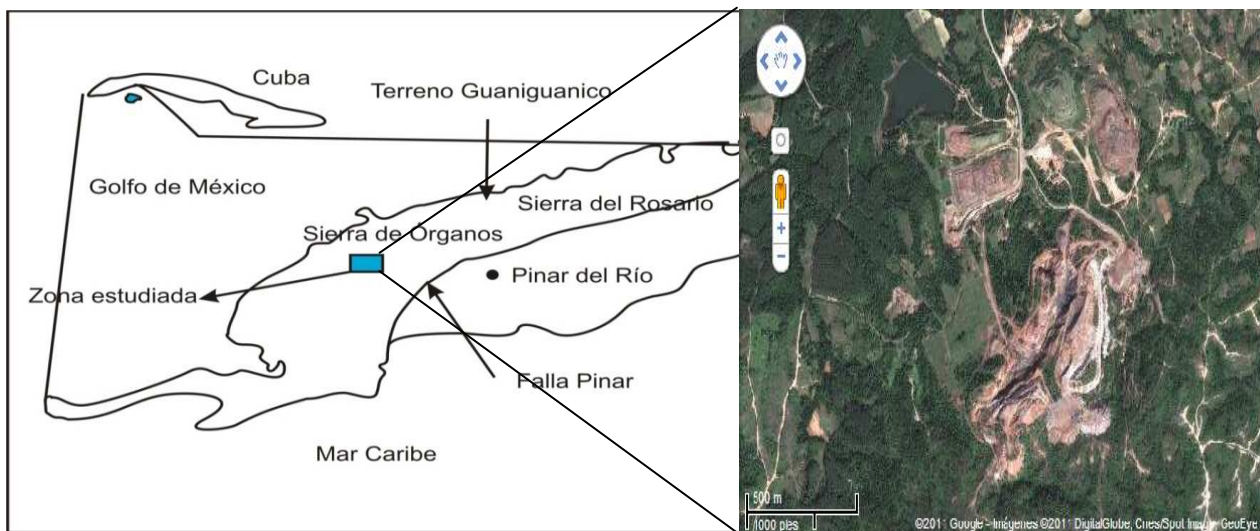


Fig. 1. Ubicación geográfica de la zona en estudio que se encuentra en la región de la Sierra de Órganos la cual se extiende al SW-NE de Cuba (Modificado de Valdés-Nodarse *et al.*, 1993).

2.2 GEOLOGÍA REGIONAL

El área en estudio es una región de relieve erosionado de bajas montañas que pertenecen a la Sierra de Órganos, la cual se extiende en dirección SW-NE a través de toda la provincia (Pérez-Vázquez y Melgarejo, 1998). Las características del relieve comprenden como una cadena de cuevas bajas extendidas conforme al rumbo general de las estructuras geológicas (noreste) con crestas laterales bien contorneadas de rumbo noroeste y sureste. Las crestas más altas son las elevaciones Matahambre (243 m) y Rogelia (256 m), las más bajas corresponden al valle del río Matahambre. Las cimas y pendientes están cubiertas por bosques de pinos; eucaliptos y otros arbustos tropicales en menor proporción. En los valles Limonar y Matahambre se desarrolla la agricultura y se encuentra asentada la mayor parte de la población (Pérez- Vázquez y Melgarejo, 1998).

Se ubica en los límites de la zona estructural de Guaniguanico (Nuñez, 2008), situado en una cuenca sedimentaria de edad jurásica-cretácica. El distrito minero Pinar del Río es parte de la formación San Cayetano en la que se producen yacimientos minerales de Pb-Zn-Ba que constituyen la secuencia de rocas sedimentarias que incluyen edades del jurásico inferior al paleógeno (Valdés-Nodarse *et al.*, 1993). Los depósitos de esta zona han sido interpretados como pertenecientes al tipo sedex (Valdés-Nodarse *et al.*, 1993). La estrecha relación de la mineralización con las rocas sedimentarias (areniscas cuarzosas, limolitas, limoareniscas y esquistos arcillosos) de estas unidades estratigráficas precisa trazar con detalle la estratigrafía y la deformación de las correspondientes unidades. Por encima de la Formación San Cayetano se encuentra el miembro Castellano, formado por esquistos pelíticos, carbonosos, frecuentemente calcáreos, con intercalaciones y lentes de calizas dolomitizadas, areniscas y limolitas. En las series carbonatadas del Jurásico superior se distinguen dos formaciones, que representan cambios laterales de facies en la sedimentación: la formación Artemisa en la Sierra del Rosario y las formaciones Jagua y Guasasa en la Sierra de Órganos (Núñez, 2008).

En la constitución de la zona participan potentes secuencias arenisco-esquistosas del jurásico que forman pliegues lineales isoclinales compuestos y están divididos por fracturas asociadas con el plegamiento.

En esta región existen varios depósitos minerales de sulfuro (Castellanos, Santa Lucía, Matahambre y Nieves, entre otros) con importantes diferencias entre ellos. Sólo los yacimientos minerales de sulfuros Castellanos y Santa Lucía contienen barita, mientras que los depósitos de Matahambre y Nieves se caracterizan por el corte sobre largas zonas de almacenamiento de calcopirita. El yacimiento mineral Matahambre es esencialmente un depósito de cobre que tiene estimadas cerca de 13,000,000 t de mineral y que por encima de este yacen una serie de lentes estratiformes con contenidos de Zn-Pb (aprox. 1,800,000 t reservas). En contraste con el yacimiento de Zn-Pb-Ba de Santa Lucía. Este depósito (aproximadamente 12,000,000 t reservas) corta las zonas de almacenamiento en pequeñas zonas, generalmente permanece debajo de estas. Los cuerpos del yacimiento Santa Lucía (Fig 2) (aproximadamente 19,600,000 t reservas) no se encuentran sustentados sobre las zonas de almacenamiento de la calcopirita entonces la presencia de este mineral dentro del yacimiento es poco no así de la pirita (Valdés-Nodarse *et al.*, 1993).

2.3 YACIMIENTO SANTA LUCÍA

El yacimiento polimetálico Santa Lucía está constituido por dos tipos de menas: las pirito-polimetálicas (que constituyen 90% de las reservas) y las barito-polimetálicas (Pérez-Vázquez y Melgarejo, 1998). Los cuerpos minerales son estratiformes y concordantes, y son alojados en lutitas carbonosas negras. Los cuerpos minerales expuestos han sido sometidos a extensos procesos de oxidación, y al desarrollo de una capa de oxi-hidróxidos de hierro o de gossan (Romero *et al.*, 2009).

La mineralogía del yacimiento Santa Lucía está conformada principalmente por pirita, barita y fosforita. En las partes enriquecidas de plomo y zinc, el mineral predominante es la pirita, además de encontrar calcopirita, esfalerita y galena como minerales metálicos; cuarzo, carbonatos (poca cantidad), principalmente como minerales no metálicos (Nuñez, 2008). El conjunto incluye alteración supergénica de goethita, hematita, magnetita, lepidocrocita, cerusita, anglesita, barita, smithsonita, covelita y calcosina (Romero *et al.*, 2009).

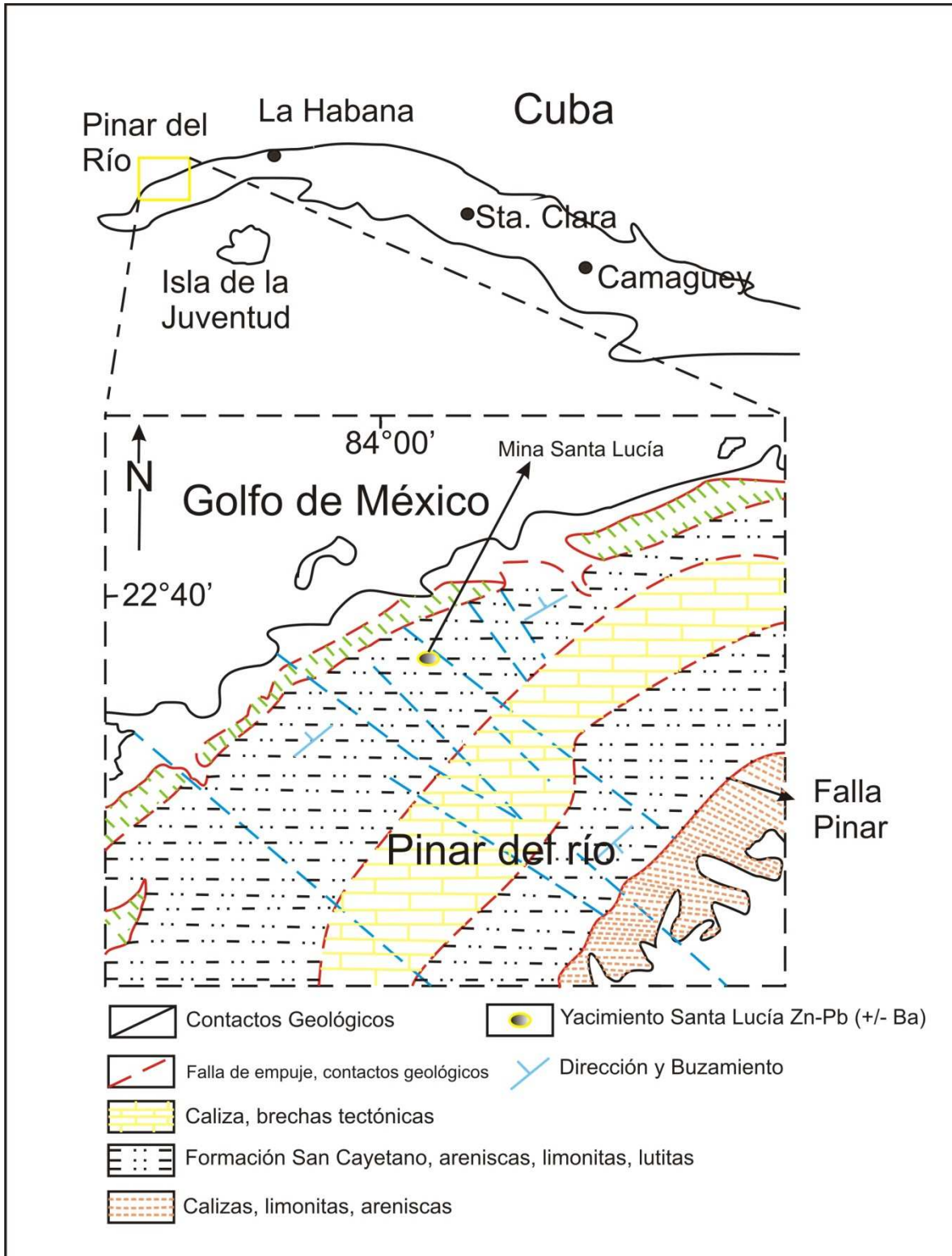


Fig. 2. Mapa geológico de la región de Pinar del Río y localización del yacimiento sedimentario exhalativo Santa Lucía alojado en la formación San Cayetano compuesta principalmente por lutitas. (Modificado de Valdés-Nodarse *et al.*, 1993).

Las menas oxidadas de plomo-limonita se desarrollan en las zonas de oxidación piríticas de plomo y zinc, que constituyen el sombrero de hierro. La zona superior posee minerales de composición goethito-hidrohematítica. La zona media consiste en formaciones goethita-hidrohematíticas compactas con cerusita y ocre ferruginosos. La parte inferior, posee formaciones ocre-arcillosas con contenidos aumentados de plomo (Pérez-Vázquez y Melgarejo, 1998).

Los elementos químicos predominantes en las menas del yacimiento son: zinc, plomo, azufre, plata (0.025-0.08%), cadmio (0.1%), talio (0.12%), arsénico (0.7%), antimonio (0.11%), germanio (0.008), molibdeno (0.003%), bario (1%) y cobre (0.01-0.1%) (Pérez-Vázquez y Melgarejo, 1998).

2.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN CUBA

En Cuba, la actividad minera se expande casi por todo el territorio, tanto en las provincias occidentales como orientales. A partir del año 1959 el Estado adoptó medidas y leyes con el objetivo de regular la explotación irracional de minerales útiles y promover el cuidado del medio natural. En 1981, la Ley No.33 de la Protección de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales dicta la obligatoriedad de garantizar la ejecución de las medidas preventivas, así como la eliminación de los daños o riesgos que amenacen la vida o la salud de las personas por parte de los organismos y empresas estatales que desempeñan labores de aprovechamiento de los recursos minerales, lo que constituye el primer acercamiento a la protección del medio ambiente en las zonas de interés minero. Los estudios geoambientales adquirieron en Cuba cierta sistematicidad a partir del año 1995, posteriormente se ampliaron a estudios de impacto ambiental que cada vez fueron más profundos e integrales (Huenelaf y Huatatocha, 2006).

La mina inactiva Santa Lucía, ubicada en Pinar del Río, al oeste de Cuba, fue explotada en los años 1980 a 1998 y debido a sus características geológicas y geomorfológicas, se utilizó un minado a cielo abierto para la extracción de sulfuros, principalmente pirita, y posteriormente para la producción de ácido sulfúrico (H₂SO₄). Esta mina formó grandes cantidades de residuos minerales y de roca estéril rica en sulfuros

(Romero *et al.*, 2009), los cuales sufrieron intemperismo al estar expuestos sin ningún tipo de cobertura.

La zona donde se ubica la mina se caracteriza por tener un clima tropical con dos periodos bien definidos, el período seco de noviembre hasta abril y el periodo de lluvia de mayo hasta octubre, así como una humedad relativa media de 80%, una temperatura entre 25 y 28°C y una precipitación anual de 1200 a 1400 mm (Núñez, 2008). Además, existe una corriente intermitente de agua a través de la mina y de los residuos que confluye en el río Santa Lucía y que posteriormente desemboca al Mar Caribe (Romero *et al.*, 2009).

Estudios geoquímicos realizados por Romero y colaboradores en 2009 en la mina polimetálica de Pb-Zn-Ba de Santa Lucía, se enfocaron en los residuos mineros caracterizados por altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos con valores promedio de 17.4% de Fe, 5.47% de Ba, 2.27% de Pb, 0.83% de Zn, 1724 mg/kg As y 811 mg/kg de Cu (Romero *et al.*, 2009). La exposición de los residuos ricos en sulfuros produjeron efluentes de mina ácidos con pH de 2,5 a 2,6 y con concentraciones de sulfato (hasta 6754 mg/L), Fe (hasta 4629 mg/L) y Zn (hasta 2090 mg/L) (Romero *et al.*, 2009). Estas condiciones facilitan el lixiviado de elementos potencialmente tóxicos que son solubles en medio ácido, se ha sido reportado en estudios (Nuñez 2009). En investigaciones se menciona que el transporte de partículas finas de los desechos mineros y efluentes ácidos de la mina Santa Lucía han contaminado las aguas superficiales y sedimentos hasta 2500 m aguas abajo de la mina (Núñez, 2008). Sin embargo, los efluentes ácidos y las aguas superficiales afectadas se caracterizan por concentraciones disueltas relativamente bajas de elementos tóxicos como el arsénico (As), bario (Ba) y plomo (Pb), lo que sugiere que estos elementos han sido atenuados naturalmente, puesto que no existen trabajos de remediación en el área.