

# Calidad cerámica de los suelos en la zona Chorotega, Santa Cruz y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica

Ceramic quality of the soils in the Chorotega region, Guanacaste, Santa Cruz y Nicoya, Costa Rica

Diego A. Guadamuz<sup>1\*</sup>, Luis G. Obando-Acuña<sup>1</sup>, Stephanie Murillo-Maikut<sup>2</sup>  
y Pilar Madrigal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consultor independiente, Colegio de Geólogos de Costa Rica (CGCR), San José, Costa Rica

<sup>2</sup>Universidad de Costa Rica (UCR), Escuela Centroamericana de Geología (ECG), San José, Costa Rica

\*Autor para contacto: [Diego.guadamuz.geo@gmail.com](mailto:Diego.guadamuz.geo@gmail.com)

(Recibido: 24/05/2022; aceptado: 25/10/2022)

**Resumen:** La zona de estudio se ubica entre los cantones de Santa Cruz y Nicoya de Guanacaste, tiene un área geográfica de 164 km<sup>2</sup>, y un tipo de clima que varía entre tropical seco y húmedo, donde afloran rocas ígneas y sedimentarias en su superficie. La prospección geológica evaluó y analizó arcillas desde un punto de vista mecánico, edafológico y cerámico, para determinar la calidad del producto cerámico que se generará a partir de los suelos finos que se encuentran en el área de estudio. Se recolectaron 44 muestras de suelos y 30 muestras de rocas en puntos cercanos a la llanura aluvial. Los resultados obtenidos demuestran que los basaltos alterados, ricos en aluminosilicatos, y las areniscas líticas, son las principales rocas precursoras de las arcillas utilizadas en la fabricación de cerámicas por los alfareros de la región Chorotega. Además, se comprueba que los suelos del área de estudio son Vertisoles y Alfisoles los cuales son buena materia prima para generar cerámicas, debido a que contienen arcillas de la familia de la esmectita y caolinita, tipo *ballclay* y *fireclay* (Nelson, 1960). Mecánicamente presentan porosidades entre el 51 % y el 61 %, índices de plasticidad del 14 a 29, densidades mayores a 1,7 g/cm<sup>3</sup>, un contenido de finos superior al 59,9 % y que, al cocinarse a 900 °C, experimentan un engorgamiento menor al 11 % y una pérdida de humedad inferior al 30 %. Por lo que, el estudio concluye que los suelos presentan las propiedades cerámicas adecuadas para poder elaborar piezas con pocos defectos cerámicos, resistentes y sin problemas para su engobe, ni para el acabado final.

**Palabras claves:** arcillas; cerámica; *ballclay*; *fireclay*; Guaitil; San Vicente.

**Abstract:** The study area is located between the towns of Santa Cruz and Nicoya, Guanacaste, it is a geographic area of 164 km<sup>2</sup> with a dry to humid tropical climate, where igneous and sedimentary rocks are exposed on the surface. Our research it is a geological prospecting, evaluated and analyzed the clays from a mechanical, edaphological and ceramic perspective to determine the quality of the ceramic products generated using the soils in the study area. A total of 44 soil samples and 30 rock samples were collected from locations near the floodplain. The results obtained show that altered basalts bearing secondary aluminosilicate minerals and silica-rich sandstones are the main precursor rocks for clays used in the manufacture of ceramics by potters from Chorotega region. It is also verified that the soils of the study area belong to the vertisols and alfisols taxonomy, which can generate good quality ceramic pieces, since they are *ballclay* and *fireclay* type clays (Nelson, 1960). They show porosities between 51 % and 61 %, plasticity indices of 14 to 29, densities greater than 1.7 g/cm<sup>3</sup>, a clay content greater than 59.9 % and that, when fired at 900 °C, they experience a lower swelling than 11 % and a moisture loss lower than 30 %. Therefore, the study concludes that the soils present the appropriate ceramic properties to be able to elaborate pieces with few ceramic defects, resistant and without problems for their glazing, nor for the final finish.



city indexes ranging from 14 to 29, densities greater than 1,7 g/cm<sup>3</sup>, a content of fines greater than 59,9 %, and when cooked, they have less than 11 % shrinkage and less than 30 % moisture loss. Therefore, the study concludes that the soils have the appropriate ceramic properties to be able to produce pieces with few ceramic defects, resistant and without problems either for their slip or for the final details and decorations.

**Keywords:** clays; ceramic; *ballclay*; *fireclay*; Guaitil; San Vicente.

## Introducción

En la Península de Nicoya de Guanacaste, las comunidades descendientes de los aborígenes Chorotegas elaboran piezas cerámicas a partir de los suelos arcillosos que afloran en la superficie. La elaboración de las piezas es una tradición milenaria que se remonta a tiempos prehispánicos (Salas, Camacho y Guier, 2015), actualmente las principales comunidades dedicadas a la elaboración de cerámicas son las comunidades de Guaitil de Santa Cruz y San Vicente de Nicoya de Guanacaste. Las materias primas que extrae este colectivo son: arcillas, la arena tipo “Arena de Iguana” y el pigmento “Curiol”, de los suelos cercanos a las comunidades donde viven.

En cuanto al concepto de Chorotegas, es un término acuñado para un grupo étnico que migró hace 1200 años desde la zona de México hacia el sur, pasando por Costa Rica, donde se mezclaron con los habitantes en ese momento de la Gran Nicoya, es por ello que en la actualidad los habitantes de la zona nicoyana se identifican como mestizos de chorotegas y nicaraos (Weil y Herrera, 2014). En el caso de San Vicente y Guaitil, estas son dos de las muchas comunidades, que mantienen la tradición de elaborar replicas cerámicas, con algunos cambios significativos en las técnicas de cocción, herramientas y la distribución de las tareas del hogar, que estaban relacionadas a la elaboración de una pieza precolombina.

En la actualidad, estas replicas reciben el nombre de cerámica tipo Chorotega y con el paso del tiempo han incrementado su demanda en el mercado local y global (Rubí, 2011); sin embargo, este aumento en ventas no se ha visto reflejado en el desarrollo de las comunidades locales, pues es, una zona con baja escolaridad y un turismo inestable, producto de deficientes técnicas de mercadeo, carencia de recursos económicos y la escasez de la materia prima arcillosa, que les impide aumentar su oferta cerámica. Asimismo, existe un temor constante de que ya no existan las arcillas o el “barro” necesario para continuar con la producción de más cerámicas o que el recurso arcilloso se encuentre agotado.

Chang (2019), considera que la escasez actual de “barro” es producto de la adquisición de fincas para fines ganaderos, hoteleros y a la aparición de las compañías transnacionales, debido a los cambios en el modelo de desarrollo del país para 1990. Por ejemplo, Guanacaste pasó de ser una tierra agrícola a un punto de fuerte inversión turística, que significó la demanda de mejores infraestructuras (carreteras, puentes, torres y edificios más modernos), lo que terminó por desplazar o mezclar los suelos donde anteriormente podían existir depósitos de “barro”.

La falta del recurso arcilloso y la dificultad que representa encontrar suelos para la producción de cerámicas, ha generado que muchos deserten de la tradición, así como también, riñas vecinales y que las personas más jóvenes no puedan continuar con la actividad y deban buscar nuevas fuentes de ingresos para mantener estable la economía de sus hogares (Rubí, 2011). También autores como Salas et al. (2015); Salas y Hernández (2012); Instituto de Desarrollo Rural (2016), han señalado en el pasado, la importancia de un estudio geológico que permita caracterizar a los suelos arcillosos y con esta información localizar sitios con los suelos que presenten la mejor aptitud para producir cerámicas. Es importante aclarar que a pesar de que en la zona hay más de 200 familias dedicadas a la elaboración de alfarería, este estudio se va a centrar en los suelos que afloran en los alrededores de Arado, Guaitil, Limón, San Vicente, Talolinga, Piedras Blancas, Santa Cruz, Nambí, Moracia, Diría y San Antonio (Fig. 1), puesto que según (Chang, 2019), son éstas las comunidades que desde 1990 han estado al frente de la lucha por mantener la tradición Chorotega, aquí se encuentran la mayor cantidad de talleres dedicados a la fabricación de cerámicas y debido a la presencia de antiguos sitios de extracción de la materia prima: las arcillas, el Curiol y la Arena de Iguana.

En este trabajo se les asigna a los suelos ensayados el nombre de Arcillas Chorotegas, ya que la zona de muestreo abarca parte del sector este del Sello de Denominación de Origen tipo Chorotega (DO) y también debido a que son suelos que pueden ser utilizados para la fabricación de cerámicas con detalles étnicos de los Chorotegas. Estas arcillas poseen características fi-

sicas muy variadas, pero de manera general presentan colores grises blanquecinos amarillentos, verdes claros, rojos, negros y marrones, plasticidades altas y tienden a generar bizcochos de alta calidad (Guadamuz, 2019). Existen pocos estudios entorno a estos suelos, donde autores como Alvarado, Mata y Chinchilla (2014), hacen mención de que la cantidad de información sobre la composición y propiedades de las arcillas en la región de la Península de Nicoya, es casi nula. Otros autores como Salas y Hernández (2012) y Padilla (2016), han realizado estudios sobre las propiedades de las arcillas, sin tratar el tema de la calidad cerámica y con resultados poco esperanzadores para las comunidades.

## Área de estudio y el Sello de Denominación de Origen Chorotega (DO)

La zona de estudio se ubica entre los cantones de Santa Cruz y Nicoya de Guanacaste, cubre un área geográfica de 164 km<sup>2</sup> y abarca la parte este del área delimitada por el Sello de Denominación de Origen de la cerámica tipo Chorotega (DO).

El DO es un distintivo que garantiza la autenticidad de las piezas cerámicas elaboradas por los artesanos de la zona y es un reconocimiento para algunas de comunidades que han luchado por mantener la longeva tradición de producir cerámicas. Es por esto que es importante para esta investigación que los suelos encontrados puedan también ser utilizados para elaborar cerámica tipo Chorotega. Una característica de este Sello de Denominación de Origen es que enmarca aspectos técnicos de carácter geográfico, histórico, antropológico, sociológico y arqueológico que se deben de respetar. Según, Salas y Hernández (2012), las principales condiciones para que el producto sea reconocido por el sello son:

a) Ser decorado con trazos geométricos y con productos autóctonos de la zona.

b) Las piezas deben pintarse con la técnica del “Curiol”, que son pigmentos arcillosos naturales, extraídos del cerro San Vicente. Los mismos son de color blanco, color naranja, amarillo, rojo y negro. En caso de que no sean pintadas, deben tener el color natural de los suelos de la zona, sin ningún aditivo artificial.

c) Deben ser producidas utilizando los barro autóctonos y puede venir mezclada con la “Arena de Iguana” u otro aditivo de la zona.

d) Las piezas solo pueden tener diseños zoomórficos y adornos geométricos (Fig. 2).

La razón por la que el área de estudio considera los límites establecidos por la DO tipo Chorotega, es debido a que dentro del sector este del DO se encuentran antiguos depósitos arcillosos (Chang, 2019) y también es donde afloran otros materiales para la fabricación de cerámicas. El área de estudio también considera los suelos en las comunidades de Talolinga, Lechuza, Nambí y Piedras Blancas, por la cercanía y similitud con los suelos encontrados dentro de la DO.

Por último, se debe tener presente que la finalidad de esta investigación, no es hacer énfasis si la DO abarca a todas las comunidades que son descendientes de los Chorotegas, puesto que es un tema que tiene aristas geográficas, legales, artísticas y políticas. Sino tomar como referencia la información que existe en la DO con relación a los suelos y con ello mostrar que existen arcillas que pueden ser útiles, tanto para la fabricación de replicas chorotegas de alto valor comercial, como un comal y vasijas caseras tradicionales (Fig. 2).

## Geología local

En el área de estudio afloran rocas ígneas y sedimentarias de afinidad oceánica, correspondientes a rocas con edades que van del Cretácico al Cuaternario (Denyer, Aguilar y Montero, 2014; Flores, Denyer y Aguilar, 2003; Kuijpers, 1979; Astorga, 1987; Dengo, 1962) (Fig. 3).

Las rocas ígneas que afloran en la región son del Complejo de Nicoya y sus unidades de Basaltos y de Radiolaritas (Denyer y Arias, 1993; Dengo, 1962; Kuijpers, 1979).

Las rocas sedimentarias que afloran en la región Chorotega pertenecen a las formaciones Puerto Carrillo, Barrahonda, Nambí y Sabana Grande (Flores, 2003; Astorga, 1987; Denyer y Arias, 1993; Dengo, 1962). Esta secuencia estratigráfica se encuentra cubierta por los depósitos del Cuaternario como limos, coluvios, arenas, sedimentos de zonas de manglar y aluviones (Denyer et al., 2014).

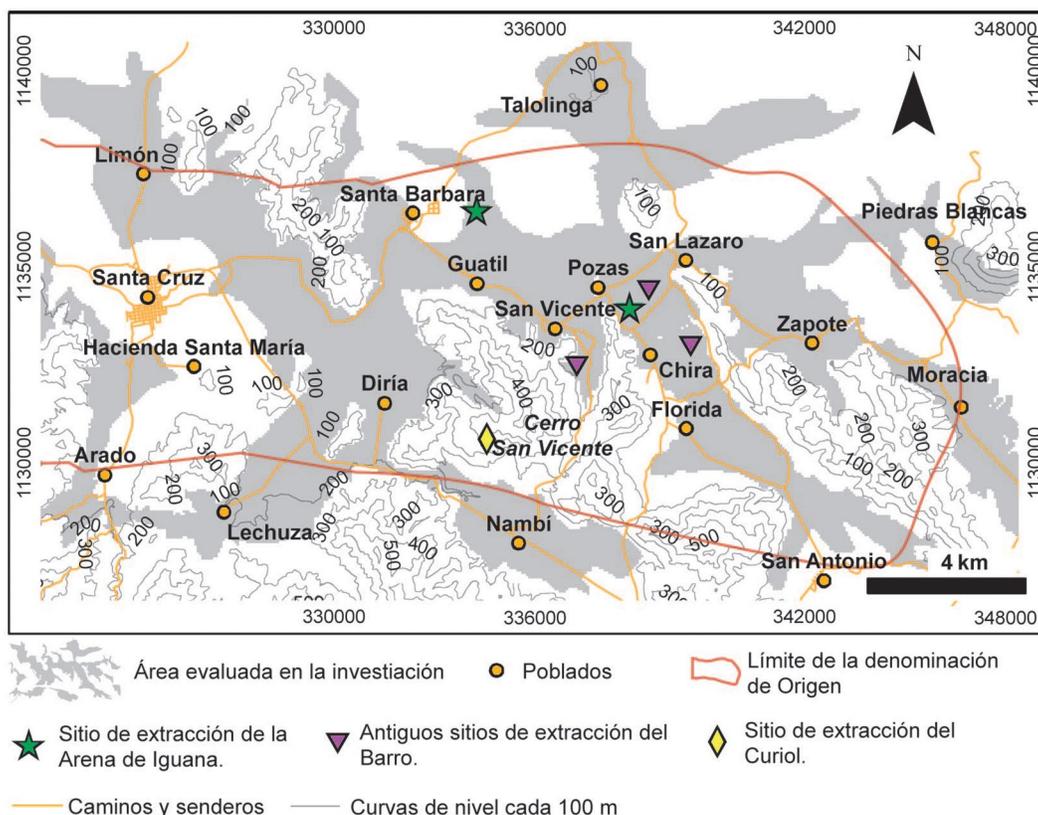


Fig. 1: Mapa de ubicación del área estudiada.

## Metodología

El presente estudio es la prospección geológica del recurso arcilloso así como ensayos de laboratorio a fin de determinar la calidad cerámica del recurso. Esto sin importar que piezas cerámicas se produzcan con estas arcillas, o sea no importando si son replicas precolombinas (de uso comercial) o de uso tradicional sencillo (casero). Sin embargo, con el afán de ayudar a la economía de la zona se tomó en cuenta las características que debe tener toda pieza que intente cumplir con la DO, principalmente porque son las piezas de mayor demanda comercial y porque son las que presentan mayores problemas de producción, pues parece que el Curiol, no se puede combinar bien con cualquier tipo de arcilla y el yacimiento hasta hoy día se encuentra en una finca privada.

El estudio de campo involucró 172 análisis in situ, tanto dentro de la DO como fuera de ella, para medir la plasticidad de los suelos, observar características como color, tamaño de grano y el color de la mancha. Para medir la plasticidad se hicieron cilindros o bizcochos de 5 a 10 cm de largo (entre más se estire y se deforme el material, más plástico es). Para analizar el color del suelo y para su mancha se utilizó la tabla de Munsell de suelos (Munsell Color, 1975).

Además, se recolectaron 44 muestras, entre 1–2 kg de suelos franco-arcillosos y 30 muestras de rocas, para ser ensayadas en laboratorios y medir cuantitativamente aspectos relacionados a la porosidad, plasticidad, mineralogía, granulometría, grado de encogimiento y pérdida de humedad. Para ensayar las muestras no se realizaron procesos adicionales, tales como el agregar minerales reductores de la plasticidad o fundentes, que mejoran la permeabilidad y empaquetamiento de la pasta arcillosa (Norton, 1979), ya que se busca que los suelos encontrados puedan ser utilizadas para generar piezas que cumplan con la DO y también para las piezas de uso casero.



Fig. 2: Fotografías de las piezas cerámicas elaboradas por los artesanos de la zona de estudio, nótese el acabado de las piezas.

Las muestras de rocas y suelos se tomaron en las cercanías de las comunidades de Arado, Guaitil, San Vicente, Talolinga, Piedras Blancas, Santa Cruz, Nambí, Moracia, Diría y San Antonio (Fig. 4).

Para establecer la aptitud cerámica de los suelos ensayados, se utilizaron las descripciones realizadas por Nelson (1960) sobre los 7 tipos de arcillas cerámicas, técnicas como la Difracción de Rayos X (DRX) y la petrografía microscópica de rocas. Además, se compararon los resultados obtenidos con datos de arcillas que son popularmente empleadas por ceramistas, con el fin de llenar los vacíos que deja la subjetividad de analizar la calidad de un suelo para producir cerámicas y demostrar que aún quedan depósitos arcillosos, para que se continúe con la elaboración de estas piezas cerámicas que son patrimonio de los Chorotegas y de la cultura costarricense.

## Propiedades mecánicas de los suelos.

Para obtener las propiedades mecánicas de los suelos, se tomaron 2 kg de cada una de las 44 muestras y en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Escuela Centroamericana de Geología se determinó el límite plástico y límite líquido, porosidad, granulometría y densidad de cada muestra. Para ello se utilizaron las siguientes normas: ASTM International (2005) para la porosidad, ASTM International (2016a) para granulometría, ASTM International (2016b) para el peso unitario y densidad y la norma ASTM International (2017) para el índice de plasticidad, que está compuesto por el límite plástico y el límite líquido de los suelos.

El límite plástico es un ensayo de secado donde se moldea un cilindro de suelo menor a 1 cm y se seca para medir el cambio de humedad y el límite líquido se mide a partir de un gráfico que relaciona la cantidad de agua que un suelo necesita para pasar de sólido a líquido y la cantidad de golpes que da la cuchara de Casa Grande. Por su parte, el índice de plasticidad y la granulometría se utilizan para clasificar, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (ASTM International, 2000), los suelos correspondientes en suelo limoso o arcilloso.

Para Morales (2015), la densidad ( $\rho_m$ ) es una relación simple entre el peso unitario ( $P.U$ ) y la gravedad ( $g$ ), que puede ser expresada de la siguiente manera:

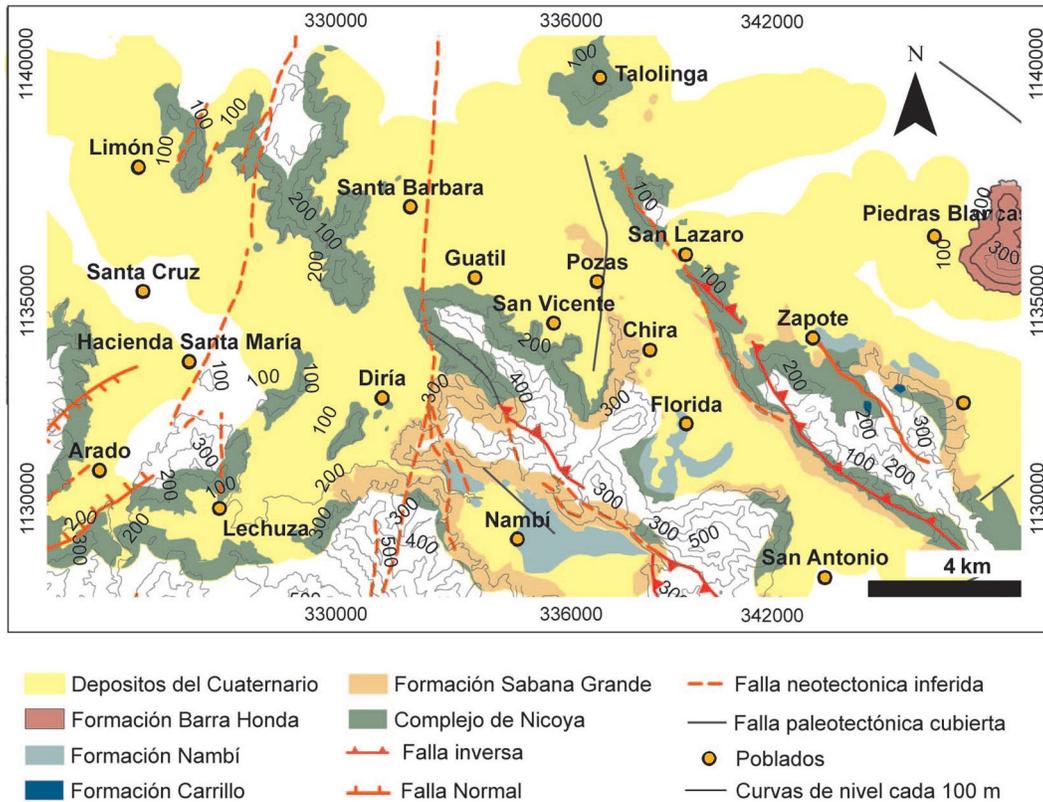


Fig. 3: Geología de la zona estudiada. Modificado de Denyer et al. (2014).

$$\rho_m = P.U / g$$

También se utilizaron los valores obtenidos a partir de ensayos mecánicos a las muestras Ba-Pa y Escazú. Ba-Pa es una mezcla de arcilla y de “Arena de Iguana”, realizada por los artesanos chorotegas; mientras que, Escazú es un barro muy utilizado por los ceramistas de la Universidad de Costa Rica, para elaborar piezas de arte. Estas muestras de arcilla se utilizaron para efectos de comparación.

## Propiedades cerámicas de los suelos

Para determinar las propiedades cerámicas de los suelos se llevó 1 kg de cada muestra tomada, a la Escuela de Artes Plásticas de la Universidad de Costa Rica. Este análisis determina las propiedades de encogimiento y de vitrificación de los suelos luego de ser cocinados a 900 °C en hornos eléctricos.

Para este ensayo se toma la muestra de campo sin alteraciones y se pasa por un proceso de lavado, colado y secado, para obtener un polvo arcilloso libre de materia orgánica, clastos y agua. Al polvo obtenido se le agrega agua de manera paulatina hasta obtener una pasta cerámica, que se va a moldear a manera de una placa de 12 cm x 5 cm, que es pesada, medida y enmarcada. Esta pieza se deja secando a temperatura ambiente por un día.

Una vez la pieza este totalmente seca se utiliza la fórmula de Sergen, que es, una escala de temperatura que muchos ceramistas utilizan para lograr el cambio de pasta cerámica a vidrio. Para el caso en estudio, se establece que la temperatura de vitrificación es de 900 °C (lo que corresponde a un cono Sergen térmico del número 010a) por 24 horas y de esta manera

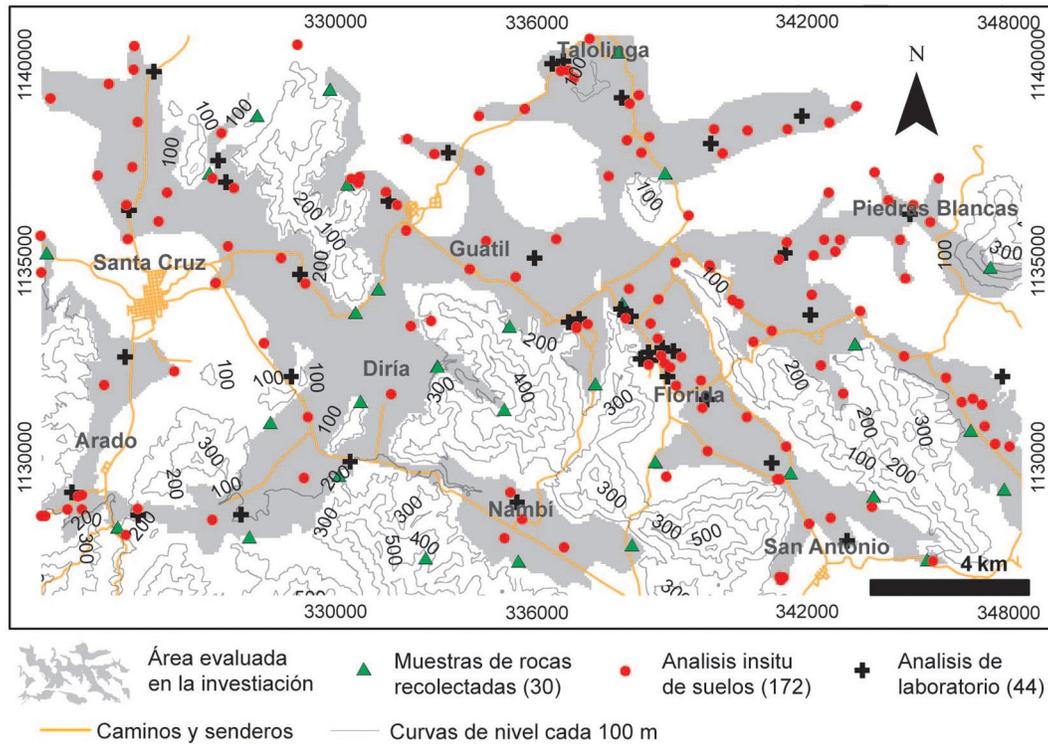


Fig. 4: Ubicación del muestreo, se tomaron 44 muestras de suelos y 30 muestras de rocas.

obtener lo que se conoce como el bischocho cerámico. Cuando el bizchocho este frío, se mide para conocer si la pieza encogió menos del 15%. Este cambio de tamaño es el grado de encogimiento de la pieza (Fig. 5).

El proceso de análisis termina al medir la pérdida de humedad de la placa, para ello, se sumerge la pieza en agua uno o dos días, se seca al aire y se pesa nuevamente la placa cerámica, tanto la diferencia de encogimiento, como la diferencia en humedad, se miden al comparar el cambio del estado inicial de la pieza con el estado final de la misma. Finalmente, la pieza es almacenada con el fin de tener una referencia de control sobre la calidad de las piezas ensayadas.

## Mineralogía de los suelos

Los ensayos mineralógicos se realizaron con la técnica de difracción de rayos X (DRX). Para el análisis se utilizó un difractómetro de rayos X, marca Rigaku, modelo Miniflex 600, con tubo de rayos X de Cu y monocromador de grafito. Se utilizó la base de datos PDF2 (*Powder Diffraction File*) del International Center for Diffraction Data (ICDD).

La separación de la fracción filossilicática se realizó por medio de procesos de disgregación mecánica y se les hizo un barrido en seco y otro humedecido con etilenglicol.

La difracción de rayos X se aplicó a los principales suelos utilizados por los artesanos, que son los suelos de color gris, verde, negro y marrón.

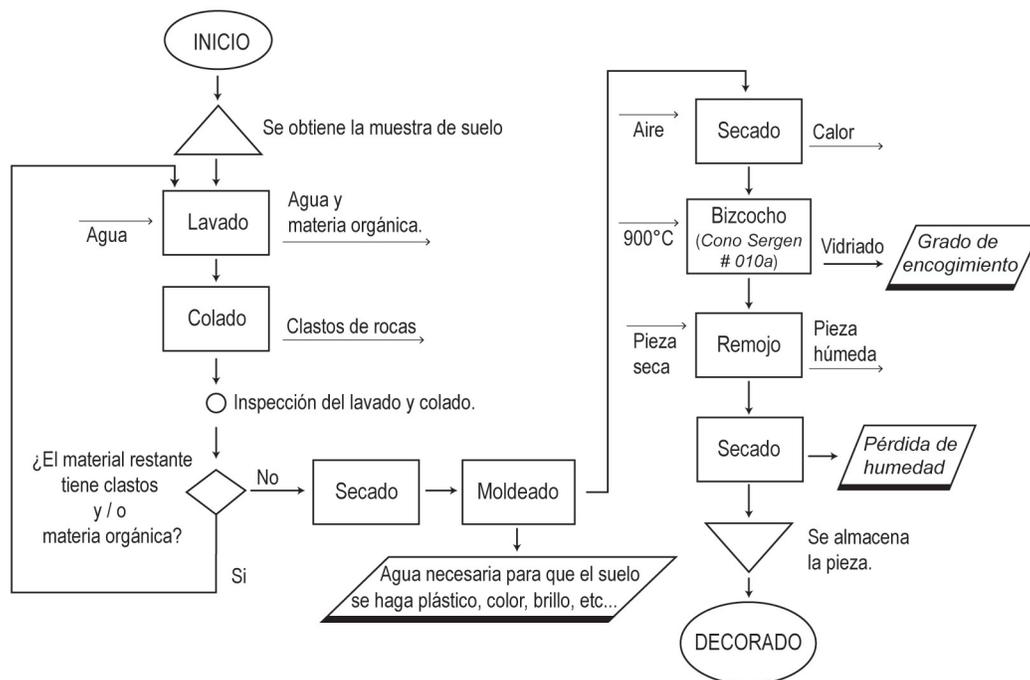


Fig. 5: Diagrama de flujo que demuestra el proceso para ensayar la pieza cerámica (Comunicación verbal con Leonela Méndez).

## Petrografía de rocas cercanas a los yacimientos de arcillas

Se tomaron 30 muestras de rocas y se analizaron petrográficamente 19 de estas, para comprobar el origen del material arcilloso encontrado durante el proceso de DRX. Las secciones delgadas analizadas corresponden a las rocas cercanas a los puntos en los que se tomaron las muestras de suelo.

Para este análisis se utilizó un microscopio polarizante Olympus, de la Escuela Centroamericana de Geología y una cámara Sony CCD, con el que se realizó la identificación de minerales y crear una base de datos de microfotografías de cristales que contienen las muestras de roca.

## Resultados

Luego de haber visitado los 172 puntos sobre los depósitos recientes del Cuaternario, se evalúan las características físicas de los suelos que permiten predecir cómo será el producto cerámico final y las propiedades cerámicas de los suelos finos encontrados, como la resistencia del material, las características mineralógicas, la plasticidad, el grado de encogimiento, la porosidad y el rango de temperatura de vitrificación.

## Granulometría y densidad

La densidad aparente de los suelos ronda los 1,6–1,95 g/cm<sup>3</sup>, que según Morales (2015), corresponden a valores típicos de arcillas utilizadas en las cerámicas. Mientras que con la norma ASTM International (2016b) y ASTM International (2014),

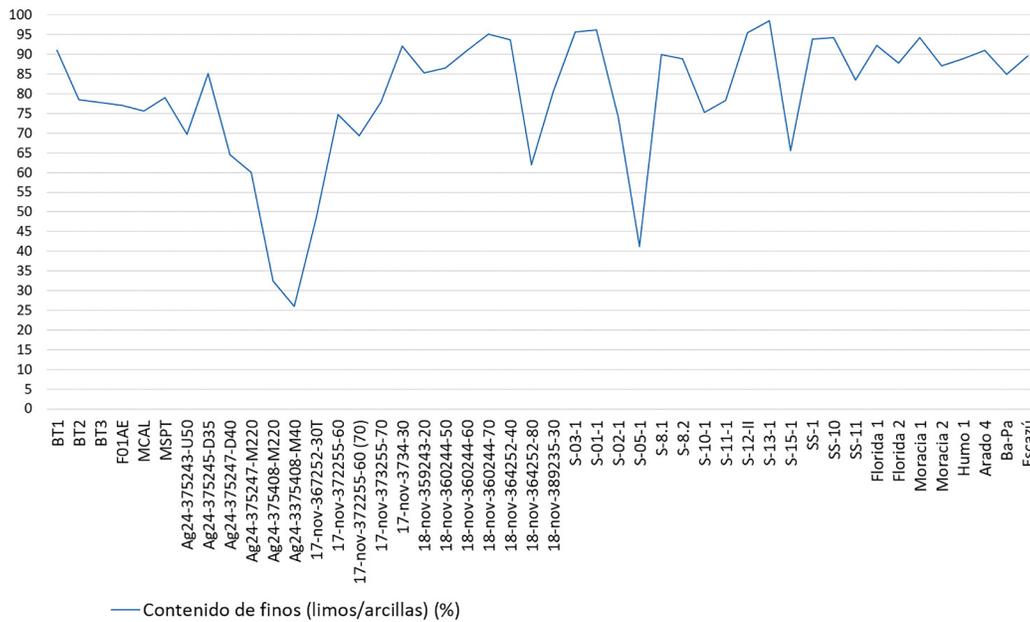


Fig. 6: El contenido de finos en los suelos oscila entre 25 % y 95 %.

se determinan densidades de 1,38 g/cm<sup>3</sup> hasta 1,92 g/cm<sup>3</sup> como valores típicos de arcillas limosas y limos arenosos (Fig. 6).

La granulometría muestra que los suelos contienen de 1% a 3% de fracción gruesa tamaño guijarro de clastos de rocas sedimentarias e ígneas y un contenido de arcillas-limos superior al 50% (Fig. 7). Asimismo, las muestras Ba-Pa y Escazú, revelaron densidades entre 1,85 g/cm<sup>3</sup> y 1,95 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de finos mayor al 80%.

Norton (1979) y Morales (2015), mencionan que aspectos como la granulometría y densidad, son características que definen la resistencia del producto final, por ello, para comprobar la resistencia de cada pieza, se tomaron las muestras que presentaron valores mayores a 1,7 g/cm<sup>3</sup> y se les aplicó un esfuerzo, a manera de golpe puntual, con un removedor de sarro de acero, de 15 cm en una de las esquinas y el mismo procedimiento se aplicó a las muestras que dieron resultados menores a 1,7 g/cm<sup>3</sup>. Con esta sencilla prueba se comprobó que la resistencia de una pieza aumenta conforme lo hace la densidad del suelo y a menor densidad mayor probabilidad de que la pieza se desquebraje.

## Porosidad, plasticidad de los suelos y su clasificación SUCS

Los resultados de los valores de porosidad de los suelos en el área de estudio mostraron rangos que van desde un 41% hasta 63% de espacios vacíos, porcentajes típicos para suelos franco-arcillosos (Morales, 2015). Norton (1979), relaciona la dureza de una pieza cerámica y la capacidad para absorber el esmalte con la porosidad de la materia prima y afirma que son las arcillas de porosidades intermedias (40 % al 50 %) las que generan piezas de mejor calidad. Asimismo, las piezas que dan los mejores resultados cerámicos muestran un índice de plasticidad de 11,6 a 28,6, donde las muestras Ba-Pa y Escazú, presentan plasticidades menores a 30 y valores de porosidad inferiores al 42 % (Fig. 8).

A partir del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, ASTM International, 2000) se determinó que los suelos con índices de plasticidad igual a 0 (cero) corresponden a suelos limo-arenosos de baja plasticidad; mientras que índices de plasticidad superiores a 90 son suelos limosos muy densos, de plasticidad extremadamente alta (Fig. 9).

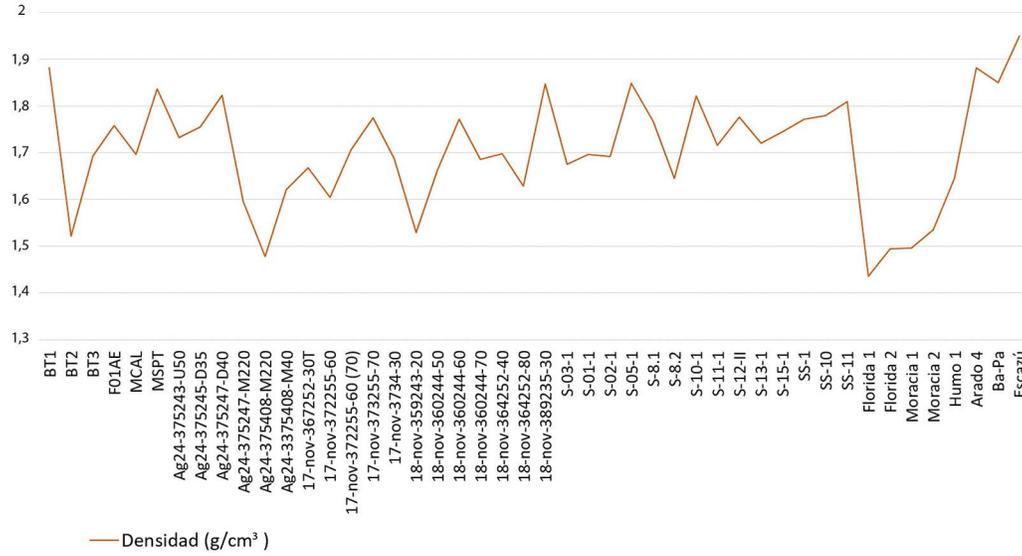


Fig. 7: Las densidades medidas en los suelos van de 1,38 g/cm<sup>3</sup> a 1,95 g/cm<sup>3</sup>. Los suelos de mayor densidad (>1,7 g/cm<sup>3</sup>) generaron las piezas de mayor dureza.

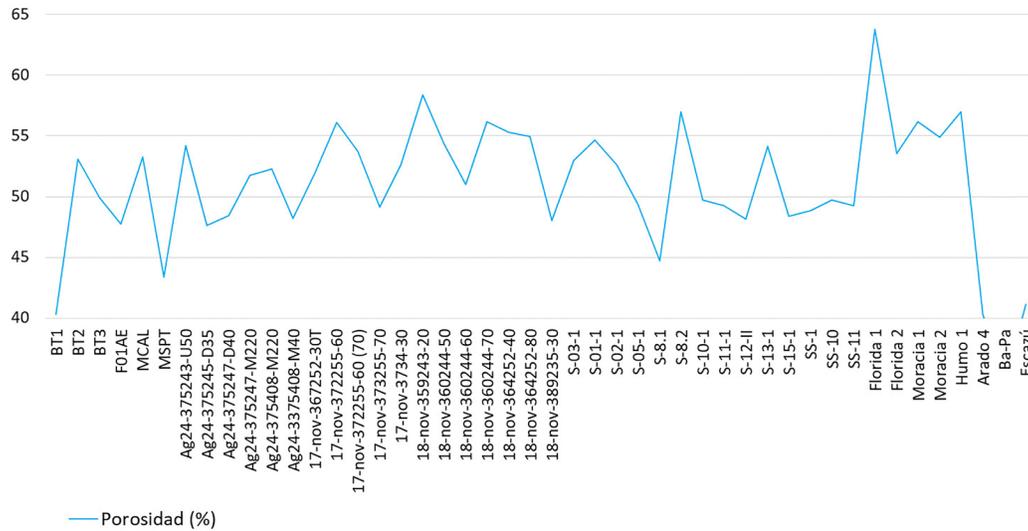


Fig. 8: Los valores de porosidad de los suelos presentan un rango que va del 40 % hasta 63,8 % de espacios vacíos, estos son valores típicos de suelos de granulometría fina.

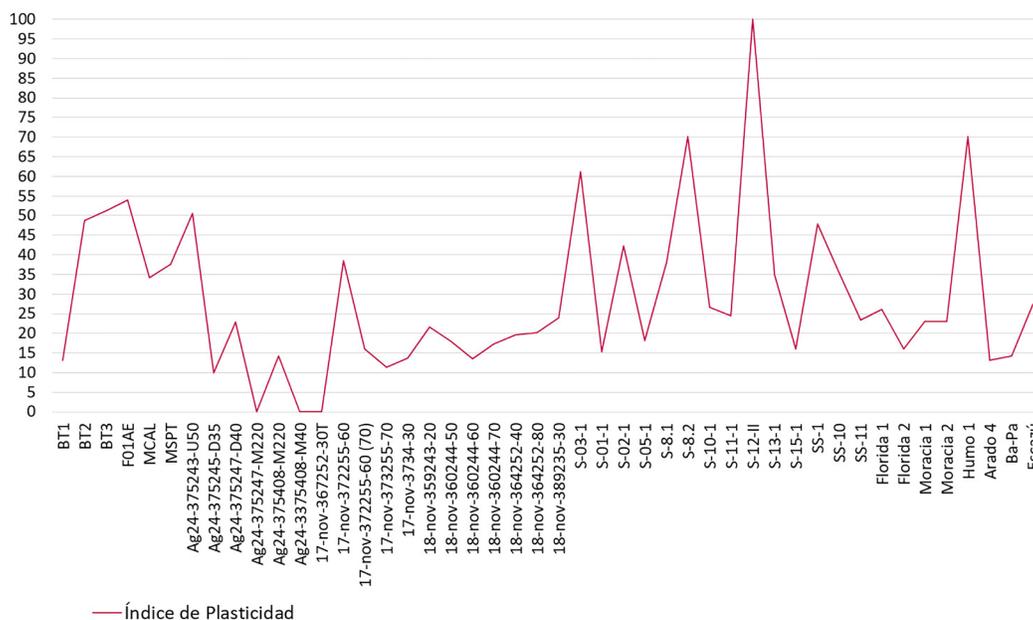


Fig. 9: Los valores del índice de plasticidad tienen un rango de 0 a 100. Se trata de suelos plásticos, muy plásticos y algunas arenas silíceas.

## Pérdida de humedad y encogimiento

A partir de la cocción es posible conocer el porcentaje de pérdida de humedad y el grado de encogimiento que presenta el material después de calentarse y secarse (Morales, 2015). Por ejemplo, las arcillas con baja plasticidad tienden a resquebrajarse y las piezas muy plásticas a pandearse (Morales, 2015).

Los suelos ensayados presentan grados de encogimiento que van desde un 4,6 % a más de un 15 %. Las piezas que superan el 15 % se descartan, debido a que no pueden utilizarse para elaborar piezas cerámicas (Fig. 10).

En el caso de las piezas ensayadas, la pérdida de humedad para todas ellas es menor del 30 %, así que, los suelos presentan una pérdida de humedad ideal.

## Petrografía de las rocas

En la zona de estudio se observaron basaltos, areniscas finas y medias, de coloraciones blanco-amarillas y grises, lodolitas de colores grisáceos y blancos, lodolitas silicificadas y calizas.

Microscópicamente los basaltos presentan textura hipocrystalina-hipidiomorfa porfirítica, con fenocristales de plagioclasa (20 % - 40 %) y augita (5 % - 25 %) en una matriz de textura intergranular (35 % - 60 %) (Fig. 11A). Las lodolitas, por su parte, presentan diferentes grados de meteorización y una leve reacción al HCl, poseen una matriz rica en arcillas y limos (> 25 %) y presentan clastos líticos (25 % - 50 %) (Fig. 11B).

Las areniscas tienen la matriz compuesta por sílice, arcillas y limos (25 %) y presentan minerales de alteración como cloritas (0 % - 5 %), óxidos de hierro (0 % - 25 %), zeolitas (0 % - 10 %), clastos líticos (35 % - 40 %) (Fig. 11C). Finalmente, hacia el oeste afloran calizas tipo packstone de color blanco cristalino. Estas son calizas de matriz fina, rica en algas y restos de fósiles (47 %) con cemento calcáreo (Fig. 11D).

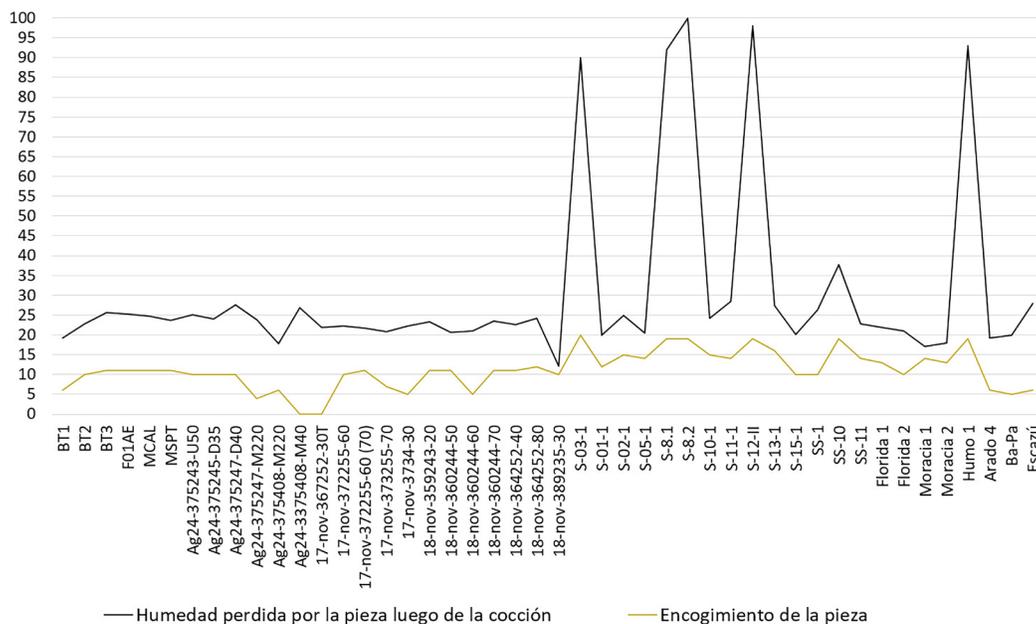


Fig. 10: Porcentajes de pérdida de humedad y de encogimiento de los suelos, luego de ser cocinados en hornos cerámicos a 900 °C.

## Curiol y Arena Iguana

El “Curiol” y “Arena Iguana” son nombres locales dados por los artesanos. El “Curiol” aflora en la cima del cerro San Vicente, de acuerdo a Guadamuz (2019), es una lodolita silicificada con óxidos de hierro (Fig. 11B), presenta un alto grado de meteorización, con vetas de sílice, la roca es de color blanco a gris blanquecino en las partes menos meteorizadas y tiene una marcada pátina de meteorización varicolor: naranja, amarillo, rojo y localmente negros, De esta roca los artesanos extraen el color “Fanta” (naranja/rojizo) y “blanco” para pintar (engobar) las piezas cerámicas.

Microscópicamente presenta un 6,25 % de óxidos de hierro; calcedonia con un 10,75 % relleno de vetas y oquedades, con textura sacarosa dando aspecto arenoso. La matriz (83 %), está compuesta principalmente por arcillas y limos, con zonaciones de sílice y sin cemento calcáreo, es una matriz de color pardo-rojiza. Texturalmente es de grano muy fino, no presenta clastos bien diferenciados y los granos que la componen presentan una buena selección de sus componentes. El afloramiento rocoso, está afectado por procesos intensos de alteración hidrotermal que permitieron la depositación de sílice (Guadamuz, 2019).

La “Arena Iguana” es una arena cuarzosa de grano fino a medio, utilizada para disminuir la plasticidad de la pasta cerámica (antiplástico). Aflora a la orilla de algunas quebradas formando parte de los aluviones (Guadamuz, 2019). Las quebradas discurren por las comunidades de Florida, San Vicente, Chira y Diría en fincas que son propiedad privada. El nombre procede de la asociación con los nidos de iguana (Guadamuz, 2019).

## Mineralogía de las arcillas

Las muestras seleccionadas para este análisis fueron las muestras F01AE, SS-11, MSPT y BT3, que corresponden a los suelos de color gris, verde, negro y marrón, respectivamente. El análisis de DRX demostró que las arcillas están compuestas principalmente por minerales de caolinita y esmectita, que son grupos mineralógicos muy utilizados para la elaboración de piezas ornamentales. En la figura 12 y en la figura 13 se muestran los resultados de los ensayos con el difractor, junto con la pieza que se elaboró de estos suelos. La pieza se caracteriza por ser de buena calidad, es resistente, de fácil engobe y no

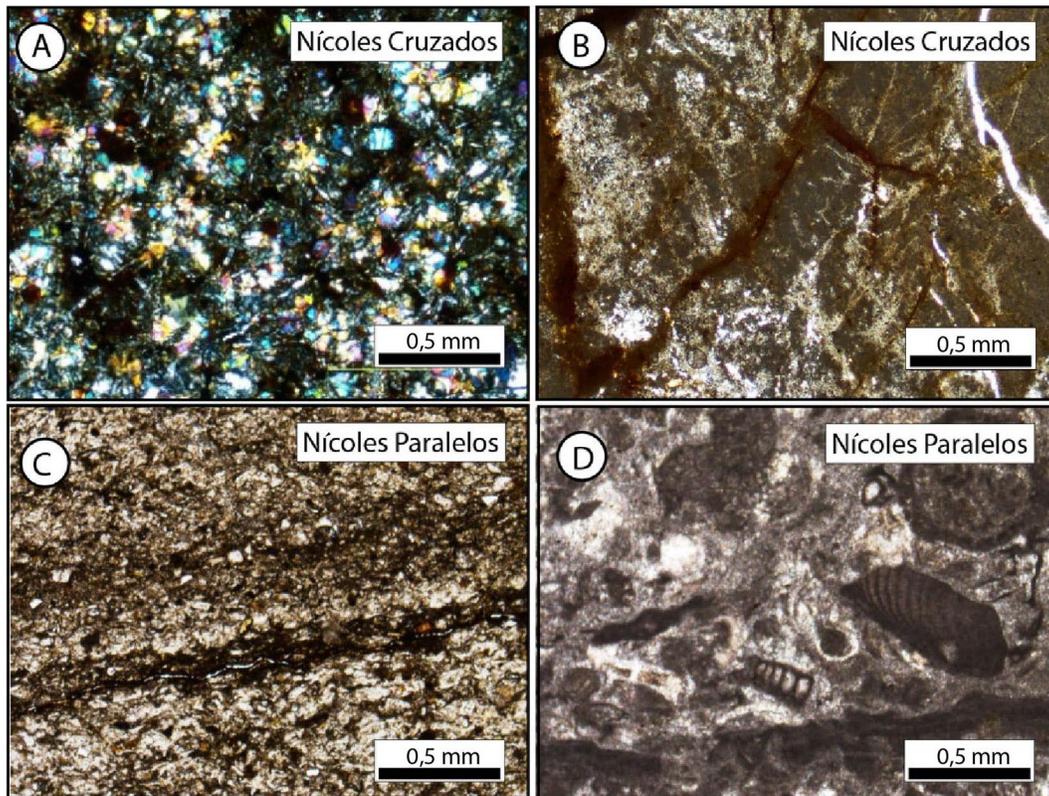


Fig. 11: Microfotografías de las secciones delgadas de los principales tipos de rocas. A) Basaltos; B) Lodolitas; C) Areniscas líticas; D) Caliza tipo packstone.

presenta problemas de ruptura en los bordes superficiales ni en su base. Se confirma que los suelos finos en la zona de estudio son de la familia de los vertisoles, los cuales son ricos en arcillas, y que estas son de la familia de la caolinita y de la familia de la esmectitas, grupos mineralógicos muy utilizados para la elaboración de piezas alfareras ornamentales.

Los resultados de la Difracción de Rayos X (Fig. 12) son consecuentes con lo observado en la petrografía de las rocas, pues los suelos ensayados muestran picos de sílice, y esto hace que sean suelos naturalmente ideales para la fabricación de cerámicas, ya que este mineral es un agente común para mejorar la calidad de una mezcla arcillosa.

## Calidad de los suelos para ser utilizados en la fabricación de cerámicas

En esta sección se relacionan los resultados obtenidos de las pruebas mecánicas, vitrificación y de encogimiento y donde los resultados obtenidos se interpolan con los de las pruebas de laboratorio.

De las piezas cocinadas solamente un 47,7 % son aptas para producir piezas cerámicas (Fig. 14); mientras que el 52,3 % de las piezas no mostraron ser útiles para la producción de alfarerías, debido a que son quebradizas, de baja densidad ( $< 1,7 \text{ g/cm}^3$ ) y de plasticidades inadecuadas ( $> 30$ ). También las piezas con un contenido de finos muy bajo ( $< 35\%$ ) mostraron nula plasticidad y ninguna aptitud cerámica (Fig. 15).

Mediante la información obtenida en los ensayos de cocción, el análisis de la mineralogía de suelos y de las propiedades mecánicas se obtiene que, de acuerdo con la clasificación de arcillas cerámicas de Nelson (1960), los suelos de colores claros son arcillas del tipo *ballclay* y los suelos de colores rojizos son de tipo *fireclay* para los suelos de colores rojizos. Es decir, solo un 47,7 % de los suelos del área estudiada cumplen con las condiciones necesarias para ser clasificadas con base a Nelson (1960) y tienen las características óptimas para la fabricación de cerámicas.

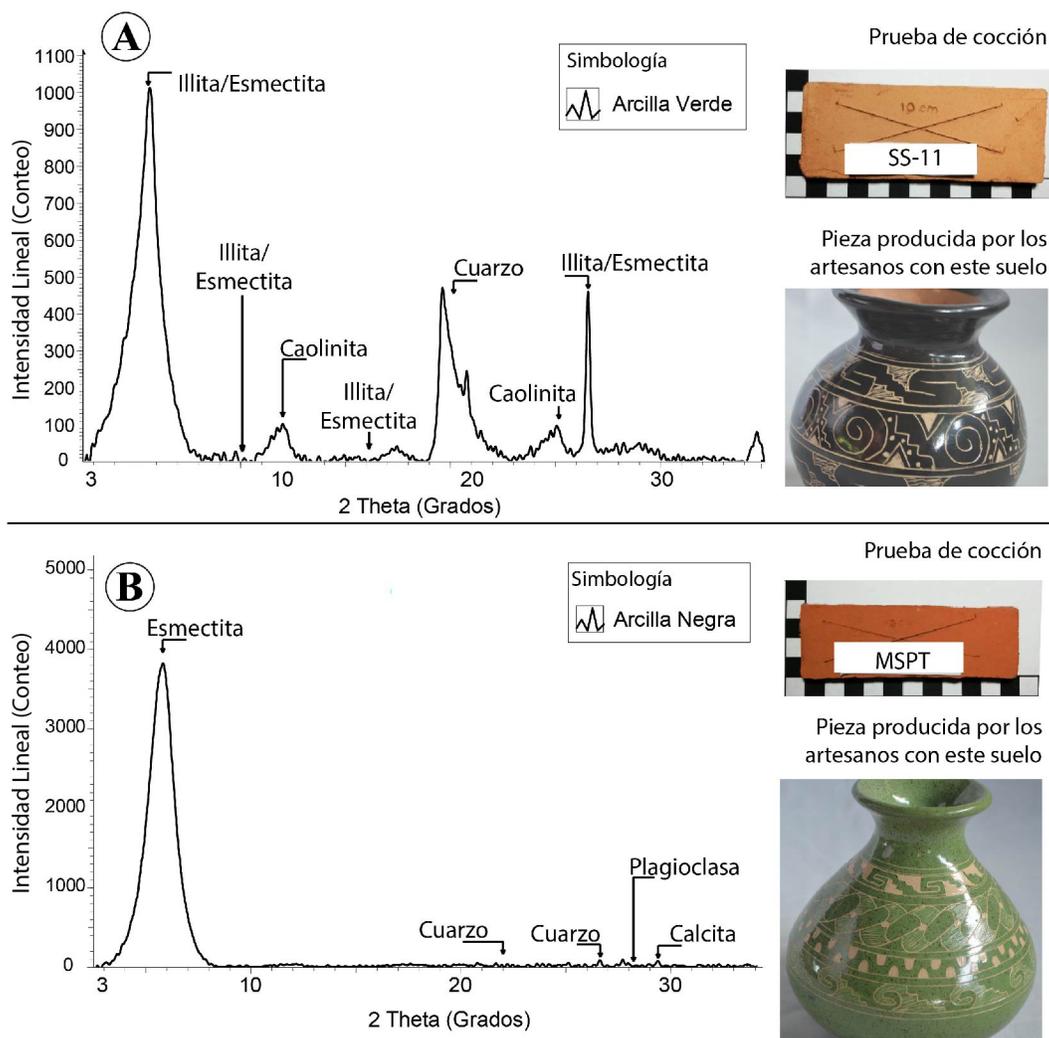


Fig. 12: Resultados de la Difracción de Rayos X en las arcillas de color verde y negro. A) Muestra SS-11, aparecen illita/esmectita, caolinita y cuarzo. B) Muestra MSPT, aparecen illita, cuarzo, plagioclasa y calcita.

## Discusión

La medición de la calidad de un suelo para ser utilizado en la elaboración de cerámicas debe hacerse a partir de la combinación de técnicas artísticas, como los datos de la cocción cerámica, junto con descripciones geológicas, como la petrografía de las rocas, la mineralogía y las propiedades mecánicas del suelo. Puesto que si se considera únicamente la calidad de cocción de las piezas y su belleza, se dificulta la repetición de los datos y su fiabilidad, ya que estos son factores dependientes de la mano artística y de la técnica de cocción que se utilice. Mientras que medir únicamente las propiedades físicas del suelo, obstaculiza contextualizar los resultados de cocción obtenidos, pues se desconoce el resultado que se puede esperar de este suelo al ser horneado.

Por ello, para subsanar esta ambigüedad, se contó con la información de autores como Nelson (1960) y Norton (1979), que consideraban que una pieza con buena calidad cerámica es una pieza que tiene poco pandeo, no tiende a resquebrajarse, es resistente y no presenta problemas en sus acabados finales; y con las descripciones industrializadas para materiales cerámicos

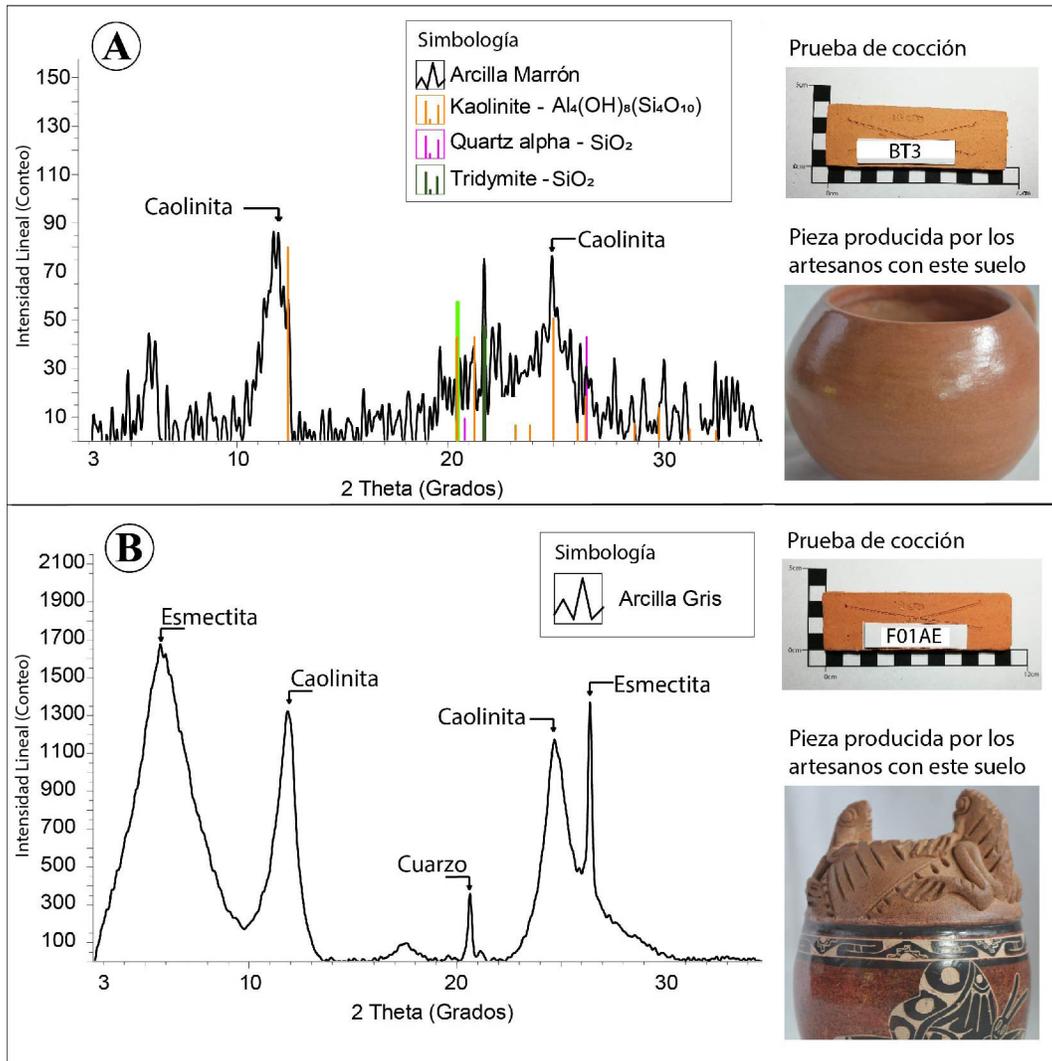


Fig. 13: Resultados de la Difracción de Rayos X en las arcillas de color marrón y gris. A) Muestra BT3, muestra caolinita, tridimita y cuarzo. B) Muestra F01AE, muestra esmeclita, caolinita y cuarzo.

(véase Morales, 2015), utilizando escalas cuantitativas de porosidad, densidad y plasticidad, recopiladas de datos empíricos de diferentes suelos, talleres y arcillas del mundo. Además, se utilizaron los datos empíricos obtenidos a partir de las propiedades mecánicas, de “Ba-Pa” y “Escazú”; y se clasificaron las arcillas encontradas en tipo *ballclay* y *fireclay*, caracterizados por su universalidad en torno a la calidad de las buenas piezas que producen.

Respecto a la calidad medida en los suelos ensayados y su análisis, algunos suelos no mostraron un comportamiento plástico, ni cerámico (el 22,4 % de los suelos analizados), ya que, contenían más de 50 % de arenas, baja porosidad, baja densidad o, por otro lado, una excesiva plasticidad; mientras que un 29,9% producen piezas de calidad intermedia desquebrajables, de dureza media y de fácil engobe que pueden mejorar si se aplican fundentes. Por último, el 47,7 % de los suelos ensayados, muestran una aptitud muy buena para la fabricación de cerámicas con valores de porosidad, densidad y plasticidad muy cercanos a las muestras Ba-Pa y Escazú, y los descritos por Morales (2015). Los resultados expuestos en esta investigación contradicen lo dicho por Padilla (2016), donde no existía una visión interdisciplinaria a la problemática y se aseveró que en la zona ya no quedaba material arcilloso para producir cerámicas o que el material sin explotar era de mala calidad.

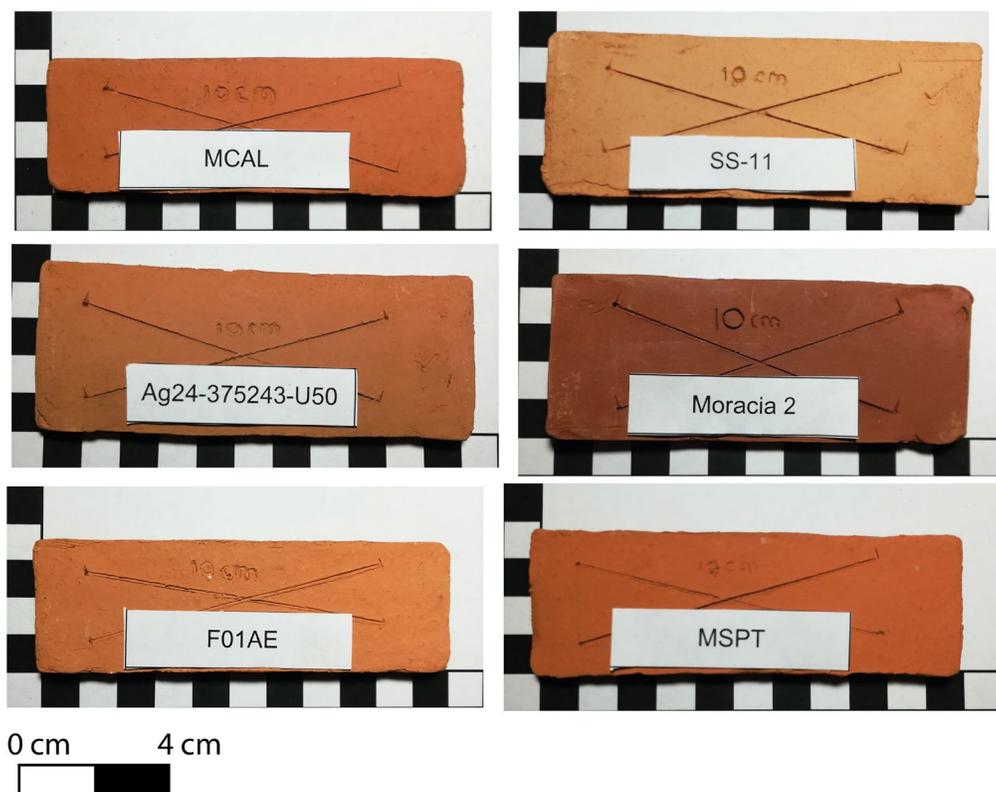


Fig. 14: Resultado de las pruebas de cocción de las muestras de piezas MSPT, F01AE, MCAL, Moracia 2, Ag24-375247-D40 y Ag24-375243-U50.

Este estudio encontró que los basaltos del Complejo de Nicoya, los cuales son ricos en aluminosilicatos, mezclados con las areniscas líticas de la Formación Sabana Grande, son los principales paquetes líticos que dan origen a las Arcillas Chorotegas. Dicha relación entre rocas y suelos es evidente en los resultados de la petrografía y la DRX, pues se demuestra que las rocas al estar compuestas principalmente por minerales de plagioclasas, augitas, cuarzos, zeolitas, calcitas y óxidos de hierro, producen suelos de taxonomía Vertisol y Alfisol, constituidos por arcillas del grupo de la caolinita y esmectita, junto con minerales de cuarzo. Esta relación es clave para delimitar las zonas enriquecidas con estos grupos arcillosos, pues son los suelos encontrados entre los basaltos meteorizados y los sedimentos líticos los que producen piezas de mejor calidad.

Un rasgo importante de esta investigación, es que a las muestras analizadas no se le agregaron aditivos químicos adicionales (requisitos de la DO), ya que son las cerámicas tipo Chorotega las más cotizadas en el mercado y de manera general, se espera que cualquier suelo que cumpla con las características para fabricar las réplicas Chorotegas, también puede ser utilizado para fabricar otros tipos de cerámicas tales como vasijas, comales y jarras para uso diario (casero). Sin embargo, para las cerámicas fuera de la DO, se recomienda mejorar la pasta cerámica, a partir del uso de fundentes, tales como los sílice amorfo ó bien carbonatos procedentes de las calizas de la zona (Formación Barra Honda). También se debe determinar y cuantificar las falencias que tiene el sistema de horneado, ya que actualmente las piezas están quedando crudas y esto limita el uso de la cerámicas para fines más allá de lo ornamental. Adicionalmente, se debe mejorar la técnica de cocción y experimentar con fundentes, esto permitiría ampliar el espectro de uso, por ejemplo, se podrían hacer piezas de buena calidad para almacenar líquidos o cocinar alimentos como vasijas, comales, platos, jarras etc., de uso diario, que además resultarían atractivas para aquellos turistas que deseen llevarse una pieza funcional, no un ornamento como tal.

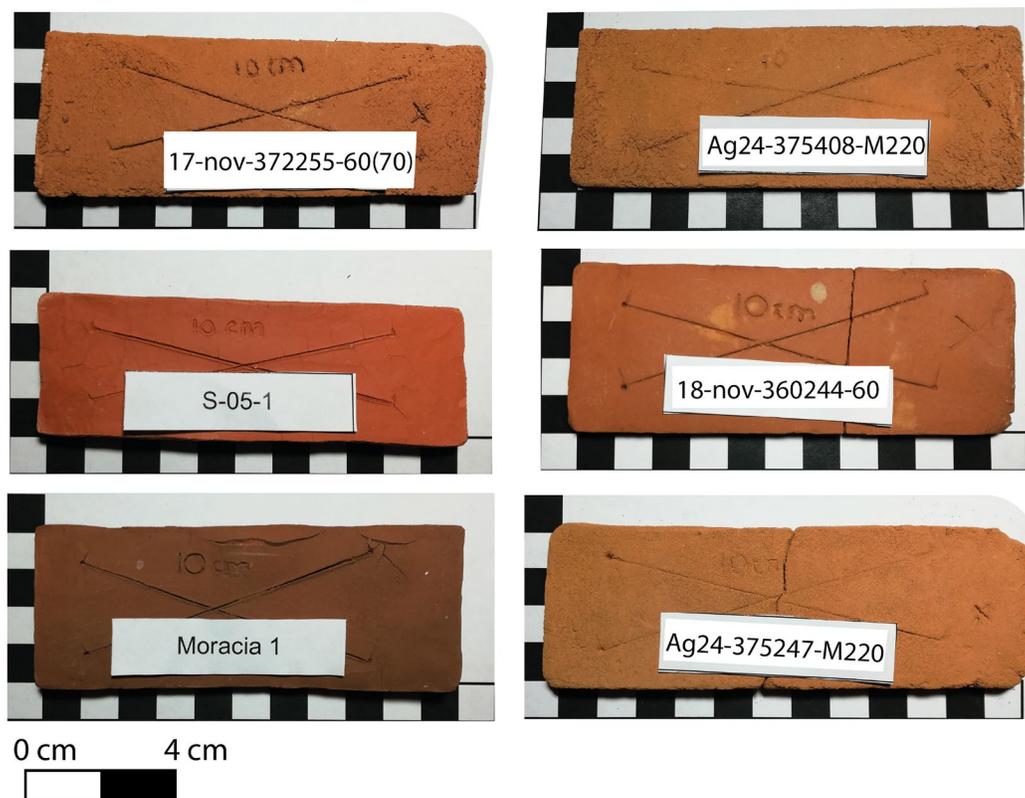


Fig. 15: Piezas ensayadas de baja calidad, experimentaron pandeo y desquebraja.

Otro rasgo significativo es que, al encontrar suelos aptos para producir piezas cerámicas, se da un paso fundamental en la solución a la problemática relacionada con la falta del recurso arcilloso, que ha repercutido negativamente en la economía de más de 200 familias de baja escolaridad y en condición de pobreza a pobreza extrema, lo anterior sumado a un escaso conocimiento técnico, causa que dichas familias dependan en su mayoría de los ingresos generados por la venta de alfarerías y manualidades tipo Chorotega. Debido a esto, cuando se pensaba que no quedaban suelos útiles para la producción de cerámicas, se intensificaron los problemas sociales y riñas vecinales en la zona, además disminuyeron las expectativas de los más jóvenes de continuar con la tradición, debido al temor de no poder cumplir con la creciente demanda de cerámicas y de carecer de una ventaja competitiva, como lo podría ser una mina de arcilla, que les permitiría disminuir costos y aumentar sus ganancias.

Es por ello, que con la información obtenida de las rocas y de los suelos, también se desarrolla un mapa de ubicación de los sitios que poseen las mejores características para la elaboración de cerámicas. Estos sitios se encuentran al este de Talolinga, Pozas, San Vicente, sureste de La Florida y El Silencio (Fig. 16), comunidades que se encuentran sobre abanicos aluviales y cuyos terrenos están compuestos por horizontes de suelos de colores negros, rojizos y amarillo blanquecinos, los cuales, mediante estudios de mayor detalle de localización y cálculos de reservas, demostrarían ser rentables y aprovechables en proyectos mineros de pequeña escala o de tipo artesanal, por las comunidades descendientes de la cultura Chorotega, y esto, además de fortalecer la tradición, daría un valor agregado a los suelos del sitio al convertirlos en productos con valor comercial.

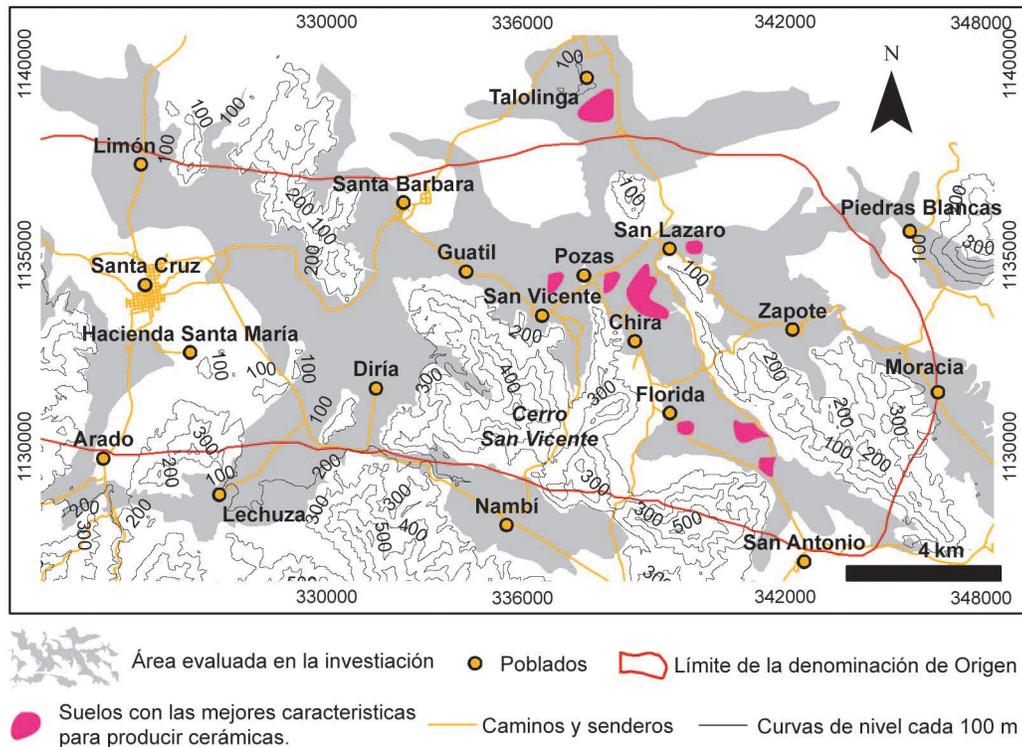


Fig. 16: Mapa de ubicación de los sitios que presentaron las mejores características para la elaboración de cerámicas sin aditivos.

## Conclusiones

a) El 47,7 % de los suelos muestreados producen piezas cerámicas de buena calidad. Las arcillas tipo Chorotega de mejor calidad presentan porosidades entre el 6 % y el 51 %, plasticidades del 14 a 29, densidades mayores a  $1,7 \text{ g/cm}^3$ , un contenido de finos superior al 59,9 % y que, al cocinarse a  $900 \text{ }^\circ\text{C}$ , experimentan un encogimiento menor al 11 % y una pérdida de humedad inferior al 30 %.

b) Las Arcillas Chorotegas pertenecen a los grupos minerales de la caolinita y la esmectita, y son de taxonomía Vertisol y Alfisol. Por lo que presentan una adecuada mineralogía para la producción de piezas cerámicas de calidad.

c) Se clasificaron las Arcillas Chorotegas en tipo *ballclay* y *fireclay*, que según la clasificación de Nelson (1960), son los dos mejores grupos de suelos arcillosos para la producción de alfarería.

d) La prospección geológica rompe con el paradigma sobre creencia de la carencia de arcillas aptas para la cerámica, al mostrar que hay recurso arcilloso sin explotar y puede ser utilizada para resolver la problemática de la materia prima arcillosa.

e) Las Arcillas Chorotegas, por sus buenas características, tienen un gran espectro de uso y como la DO requiere de arcillas de muy buena calidad, con poco pandeo, y tener la capacidad adecuada para absorber el Curiol, no existe duda, que también pueden ser utilizadas para elaborar piezas más sencillas con fines caseros no comerciales.

f) A las cerámicas ajenas a la DO elaboradas a partir de las Arcillas Chorotegas, se les puede agregar aditivos acondicionadores y fundentes, para mejorar la calidad del bischocho cerámico y generar piezas aptas para actividades diarias (caseras) como cocinar, transportar y almacenar agua, granos y etc.

g) Entonces de acuerdo con la prospección geológica de las arcillas Chorotegas, a partir de la metodología descrita en este trabajo de investigación, se demuestra que en las cercanías de Talolinga, San Vicente, La Florida y El Silencio hay arcillas con

las propiedades adecuadas para generar piezas de buena calidad (con pocos defectos cerámicos, no pandean, no desquebrajan, son resistentes y que no presentan problemas durante el proceso de engobe, ni para el acabado final), lo que permite devolver la esperanza a las comunidades que veían amenazada su tradición milenaria.

h) Los yacimientos arcillosos prospectados se encuentran a la fecha, dentro de fincas privadas con obvia limitación de acceso.

## Agradecimientos

Les agradezco a la geóloga Dione Barahona, al Centro Nacional de la Cultura, a la Msc. Iria Salas, a la Ceramista Leonela Rojas, al geólogo Mario Arias, a Dra. Socorro del Pilar Jiménez Álvarez, a la Sra. Carolina Suárez Matarrita y a las personas de las comunidades de Guaitil y San Vicente de Guanacaste, por su apoyo y conocimiento para llevar a cabo este trabajo de investigación. Por último, un agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna forma ayudaron en este proyecto.

## Referencias bibliográficas

- Alvarado, A., Mata, R., y Chinchilla, M. (2014). Arcillas identificadas en suelos de Costa Rica a nivel generalizado durante el período 931-2014: i. Historia, metodología de análisis y mineralogía de arcillas en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 75-106.
- ASTM International. (2005). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D2216-05)*. American Society for Testing and Materials. <https://doi:10.1520/D2216-05>
- ASTM International. (2000). *Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) (ASTM D2487-00)*. American Society for Testing and Materials. [https://doi: 10.1520/D2487-00](https://doi:10.1520/D2487-00)
- ASTM International. (2014). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soils Solids by Water Pycnometer*. (ASTM D854-14). American Society for Testing and Materials. <https://doi:10.1520/D0854-14>
- ASTM International (2016a). *Standard Test Methods for Particle-Size Analysis of Soils (ASTM D422-63(2007)e2)*. American Society for Testing and Materials. [https://doi: 10.1520/D0422-63R07E02](https://doi:10.1520/D0422-63R07E02)
- ASTM International. (2016b). *Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density (ASTM D4254-16)*. American Society for Testing and Materials. [https:// doi:10.1520/D4254-16](https://doi:10.1520/D4254-16)
- ASTM International. (2017). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils (ASTM D4318-17)*. American Society for Testing and Materials. [https:// doi: 10.1520/D4318-17E01](https://doi:10.1520/D4318-17E01)
- Astorga, A. (1987). *El Cretácico Superior y el Paleógeno del vértice pacífico de Nicaragua Meridional y Costa Rica Septentrional*. [Tesis inédita de licenciatura]. Universidad de Costa Rica.
- Chang, G. (2019). Riesgos de la producción cerámica tradicional de Nicoya e interacción de la diversidad patrimonial. *Vínculos*, 39(1-2), 115-134.
- Dengo, G. (1962). *Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica*. Instituto Geográfico Nacional.
- Denyer, P., y Arias, O. (1993). Geología del norte de la Península de Nicoya, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 16, 69–84. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i16.13269>
- Denyer, P., Aguilar, T., y Montero, W. (2014). *Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica: Estratigrafía y Tectónica*. Editorial UCR.
- Flores, K. (2003). *Propuesta tectonoestratigráfica de la región Septentrional del Golfo de Nicoya*. [Tesis inédita de licenciatura]. Universidad de Costa Rica.
- Flores, K., Denyer, P., y Aguilar, T. (2003). Nueva propuesta estratigráfica: geología de las hojas Matambú y Talolinga, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 28, 131–138. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i28.7793>
- Guadamuz, D. (2019). *Localización de recursos útiles de arcillas para la producción de cerámicas en la región chorotega de Costa Rica*. [Tesis inédita de licenciatura]. Universidad de Costa Rica.

- Instituto de Desarrollo Rural (Inder). (2016). *Caracterización del Territorio Santa Cruz-Carrillo*. [Informe inédito]. Inder. <https://www.inder.go.cr/santacruz-carrillo/Caracterizacion-territorio-SantaCruz-Carrillo.pdf>
- Kuijpers, E. (1979). La geología del Complejo Ofiolítico de Nicoya, Costa Rica. *Informe Semestral IGN*, 2,15-75.
- Morales, J. (2015). *Tecnología de los materiales cerámicos*. Diaz de Santos.
- Munsell Color. (1975). *Mussel Soil Color Charts*. Munsell Color Co.
- Nelson, G. (1960). *Ceramics a potter's handbook* (1ª ed.). Holt, Rinhehart and Winston, Inc.
- Norton, F. (1979). *Cerámica para el artista alfarero* (14ª ed.). Continental (CECSA).
- Padilla, A. (2016). *Prospección de arcilla para materia prima de Cerámica Chorotega*. [Informe final Inédito]. Ministerio de Hacienda.
- Rubí, J. (2011). *Diagnóstico de las comunidades productoras de Cerámica Chorotega, Guaitil y San Vicente de la provincia de Guanacaste en Costa Rica*. [Informe Inédito]. COOPESANGUAI.
- Salas, I., Camacho, F., y Guier, I. (2015). *Huellas de nuestra raíz Chorotega. Recorrido histórico de los primeros pobladores en la Gran Nicoya* (1ª ed.). Masterlitho.
- Salas, I., y Hernández, S. (2012). *Descripción de origen de la Cerámica Chorotega*. Masterlitho.
- Weil, J., y Herrera, A. (2014). La herencia alfarera en la península de Nicoya: Persistencia de una tradición. *Cuadernos de Antropología*, 24(2), 25-47. <https://doi.org/10.15517/cat.v24i2.17789>