

# WHITE CLAYS FROM ARGENTINE PATAGONIA

## ARGILLE BIANCHE DALLA PATAGONIA ARGENTINA

Claudio Iglesias, Piedra Grande (Buenos Aires, Argentina)  
Michele Dondi, CNR-IRSTEC (Faenza, Italy)

Clays from the Donets Basin in Ukraine occupied a prominent place in the European ceramic industry for more than 20 years until war broke out in the region in January 2022 and the subsequent international crisis drastically modified the supply chain. This prompted European companies to focus their attention on non-traditional providers: Turkey, India, South Africa and South America.

In Argentine Patagonia, the production of kaolin and clay for the ceramic industry began in 1939 and still today is mainly aimed at this sector. The clays are found in a wide variety of Jurassic volcanic rocks and in sedimentary Cretaceous or Palaeocene layers in an area of 45,000 km<sup>2</sup> in the Chubut and Santa Cruz provinces. Between 2004 and 2015, the joint work of research groups from CNR-IRSTEC in Italy (Michele Dondi), CONICET-UNS in Argentina (Eduardo Dominguez) and the Argentine mining company Piedra Grande (Claudio Iglesias) have characterized the geology, mineralogy and ceramic behaviour of a wide range of kaolins from Patagonia. In addition, they investigated the improvement achieved through blending and compared it with Ukrainian clays.

The lithological differences between the altered rocks and the sedimentary processes result in different clay properties that in turn give rise to different ceramic behaviours. The data concern mineral qualities of typical deposits with different geological settings and their correlated ceramic properties. It has been shown that the clay qualities are similar to those of European clays and that with appropriate blending it is possible to achieve optimal levels of quality.

In view of the current importance of these issues, this article pro-

Le argille ucraine del bacino del Donets hanno occupato un posto di rilievo nell'industria ceramica europea per oltre 20 anni, fino a quando il conflitto iniziato nel gennaio 2022 in quell'area e la successiva crisi internazionale hanno modificato drasticamente la catena di approvvigionamento. Questo ha portato gli operatori europei a guardare con attenzione lo sviluppo di fornitori non tradizionali: Turchia, India, Sud Africa e Sud America.

Nella Patagonia argentina, la produzione di caolino e argilla per l'industria ceramica è iniziata nel 1939 ed è tuttora pre-

valentemente rivolta a questo settore. Le argille si trovano in un'ampia varietà di rocce vulcaniche giurassiche e in strati sedimentari del Cretaceo o del Paleocene in un'area di 45.000 Km<sup>2</sup> nelle province di Chubut e Santa Cruz.

Tra il 2004 e il 2015, il lavoro congiunto di un gruppo di ricerca composto da rappresentanti del CNR-ISTEC in Italia (Michele Dondi), del CONICET-UNS in Argentina (Eduardo Dominguez) e dell'azienda mineraria argentina Piedra Grande (Claudio Iglesias) ha caratterizzato la geologia, la mineralogia e il comportamento ceramico di una vasta gamma di caolini della Patagonia. I ricercatori ne hanno anche studiato il miglioramento attraverso miscelazione (blending) confrontandolo poi con le argille ucraine. Le differenze litologiche tra le rocce alterate e i processi sedimentari coinvolgono diverse proprietà dell'argilla che danno luogo a diversi comportamenti ceramici. I dati presentati riguardano le qualità minerali di depositi tipici con diversa impostazione geologica e le relative proprietà ceramiche. È stato dimostrato che le qualità dell'argilla sono simili a quelle delle argille europee e che con miscele appropriate si raggiungono qualità ottimali.

Data l'attuale particolare rilevanza del tema, in questo articolo si presentano

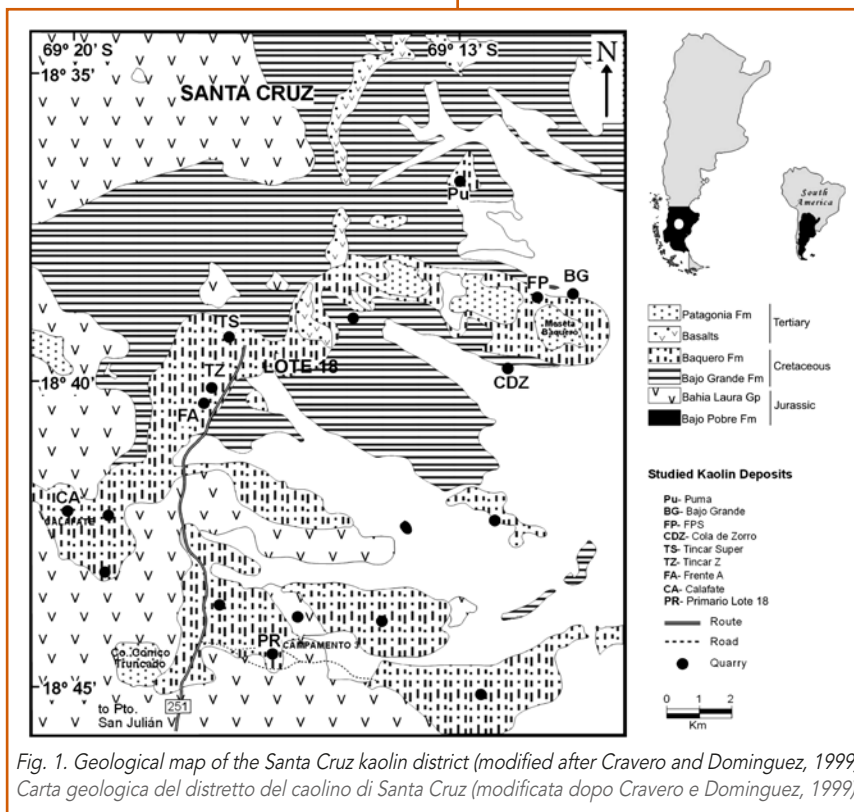


Fig. 1. Geological map of the Santa Cruz kaolin district (modified after Cravero and Dominguez, 1999)  
Carta geologica del distretto del caolino di Santa Cruz (modificata dopo Cravero e Dominguez, 1999)



Piedra Grande's deposit of Puma clay located in Lote 19, Santa Cruz province

vides an overview of the information published to date as well as new data on the logistics and supply chain.

## GENESIS, GEOLOGY AND MINERALOGY

In the Santa Cruz and Chubut provinces in Patagonia, Argentina, kaolin deposits were formed by in-situ alteration of volcanoclastic rocks, such as the Bajo Grande, Chon Aike or Marifil Formations, or by erosion, transportation and deposition of residual clays in small basins.

Dominguez (2008) describes the genesis, geology, mineralogy, major, minor and trace element geochemistry, grain size distribution and specific surface area of natural and washed kaolins in an attempt to understand their behaviour in the ceramic process.

The sedimentary clays of the Baqueró Formation Lower Member, related to the Bajo Grande basement, are kaolinitic-smectitic, very fine-grained, and with a very high specific surface area.

The clays related to the Chon Aike or Marifil formations are kaolinitic and display intermediate values of specific surface area and a coarser particle size distribution, associated with a fairly fine-grained texture.

The Baqueró Formation Upper Member received a considerable pyroclastic supply, fostering the development of a fine-grained clay with a prevalence of kaolinite ( $\pm$ halloysite) with higher values of kaolinite crystal order.

Primary kaolins – derived from weathering of pyroclastic sequences of Chon Aike and Marifil Formations – are coarse-grained, composed of kaolinite + quartz  $\pm$  halloysite and exhibit a very low specific surface area.

le informazioni pubblicate finora, unitamente a nuovi dati sulla catena logistica delle spedizioni.

## GENESI, GEOLOGIA E MINERALOGIA

Nelle province di Santa Cruz e Chubut, Patagonia, Argentina, i depositi di caolino sono stati formati dall'alterazione "in situ" di rocce vulcaniche, come le formazioni Bajo Grande, Chon Aike o Marifil, o dall'erosione, trasporto e deposizione di argille residue in piccoli bacini.

Per comprendere il comportamento nel processo ceramico di questi caolini naturali e lavati, Dominguez (2008) ne descrive genesi, geologia, mineralogia, geochemica degli elementi maggiori, minori e in traccia, distribuzione granulometrica e superficie specifica.

Le argille sedimentarie del membro inferiore della formazione Baqueró, collegata alla formazione Bajo Grande, sono caolinitico-smectiche, a grana

molto fine e con una superficie specifica molto elevata.

Le argille delle formazioni Chon Aike o Marifil sono caolinitiche, mostrano valori intermedi di area superficiale specifica e hanno una distribuzione granulometrica più grossolana, associata ad una tessitura a grana piuttosto fine.

Il membro superiore della formazione Baqueró ha ricevuto una notevole fornitura piroclastica, favorendo lo sviluppo di un'argilla a grana fine in cui prevale la caolinite ( $\pm$ halloysite) con valori più elevati di ordine cristallino della caolinite.

I caolini primari delle formazioni Chon Aike e Marifil – derivati dall'alterazione superficiale (weathering) delle sequenze piroclastiche – sono a grana grossolana, composti da caolinite + quarzo  $\pm$  halloysite e presentano una superficie specifica molto bassa.

L'alterazione dei piroclasti prevalentemente cristallini ha prodotto caolinite e illite (+halloysite) con una distribuzione gra-

Alteration of mostly crystalline pyroclastics yielded ordered kaolinite and illite (+halloysite) with a fine particle size distribution and intermediate values of specific surface area. Alteration of mainly vitreous pyroclastics produced halloysite (+kaolinite) with a fine-grained texture and moderately high values of specific surface area. A supergene origin of primary kaolins is inferred on the basis of paleoclimatic and geochemical evidence that corroborates stable isotopic data. The mineralogy, grain size, and textural characteristics of clays are controlled by parent rock composition (primary kaolins) or by provenance and proximity to source areas (sedimentary kaolins).

**CERAMIC BEHAVIOUR**

According to Dondi (2008), the Patagonian kaolins originate from numerous deposits and have widely varying compositions, mineral processing and ceramic properties, providing a rare opportunity to investigate the interdependence between mineralogy, chemical composition, particle size distribution, texture and surface activity and their technological behaviour in sanitaryware and porcelain stoneware production.

Plasticity is strictly dependent on surface activity, >2 µm fraction and expandable clay minerals; slip rheology is affected by soluble salts and expandable clay minerals, but also by high specific surface area or tubular halloysite.

Kaolinite/halloysite play an opposite role versus smectite/interstratified I/S in slip casting and tile pressing: the former allows for faster casting rates, while the latter improves powder flowability and mechanical strength.

Kaolinite and quartz are beneficial for drying behaviour while high surface activity or expandable clay minerals significantly increase drying sensitivity. Firing behaviour is mainly affected by minor components that supply "fluxing" (i.e. iron, alkali and alkaline-earth) oxides.

Many technological parameters appear to be reasonably predicted by the surface activity of clays and especially the Methylene Blue index, which is the most reliable, simple and economic method for predicting and controlling the ceramic response of kaolins and ball clays.

All these features define several broad classes of raw materials, with technological performances comparable to those of the kaolins and ball clays currently used in high-quality ceramic applications (Fig. 2):

- Highly plastic ball clays recovered from low energy sedimentary basins (particularly those close to a smectite-bearing basement) are increasingly being used to improve the properties of unfired tiles.

nulometrica fine e valori intermedi di area superficiale specifica; quella dei piroclasti principalmente vetrosi ha prodotto halloysite (+caolinite) con tessitura fine e valori moderatamente elevati di area superficiale specifica. Un'origine supergenica dei caolini primari è dedotta sulla base di prove paleoclimatiche e geochimiche che corroborano dati isotopici stabili. La mineralogia, la granulometria e le caratteristiche tessiturali delle argille sono controllate dalla composizione della roccia madre (caolini primari) o dalla provenienza e dalla vicinanza alle aree di origine (caolini sedimentari).

**COMPORAMENTO CERAMICO**

Secondo Dondi (2008), i caolini della Patagonia, provenendo da svariati depositi di diversa origine, offrono una vasta gamma di composizioni, lavorazione dei minerali e proprietà ceramiche; offrono inoltre una rara opportunità per indagare l'interdipendenza tra mineralogia, composizione chimica, distribuzione granulometrica, consistenza, attività superficiale e il loro comportamento tecnologico nella produzione di sanitari e piastrelle in gres porcellanato. La plasticità dipende stretta-

mente dall'attività superficiale, dalla frazione >2 µm e dai minerali argillosi espandibili; la reologia della barbotina è influenzata da sali solubili e minerali argillosi espandibili, ma anche da alta superficie specifica o halloysite tubolare.

La caolinite/halloysite svolge un ruolo opposto rispetto alla smectite interstratificata I/S nel collaggio della barbotina e nella pressatura delle piastrelle: la prima consente un collaggio più rapido, mentre la seconda migliora la scorrevolezza della polvere e la resistenza meccanica.

La caolinite e il quarzo sono utili per il comportamento in essiccazione, mentre l'elevata attività superficiale o i minerali argillosi espandibili aumentano significativamente la sensibilità all'essiccazione. Il comportamento in cottura è influenzato principalmente da componenti minori che forniscono ossidi "fondenti" (ferro, alcali e alcalino-terrosi). Una grande quantità di parametri tecnologici sembra essere ragionevolmente prevista dall'attività superficiale delle argille e in particolare dall'Indice del Blu di Metilene, che è il metodo più affidabile, semplice ed economico per prevedere e controllare la risposta ceramica dei caolini e delle ball clay.

Tutte queste caratteristiche definiscono alcune ampie classi di materie prime, con prestazioni tecnologiche paragonabili ai caolini e alle ball clay attualmente utilizzate in applicazioni ceramiche di alta qualità (Fig. 2):

- Le ball clay altamente plastiche, recuperate da bacini sedimentari a bassa energia (in particolare vicino a un basamento a base smectitica), sono sempre più utilizzate per migliorare le proprietà delle piastrelle crude.
- Le ball clay con plasticità da intermedia a bassa, depositate in bacini

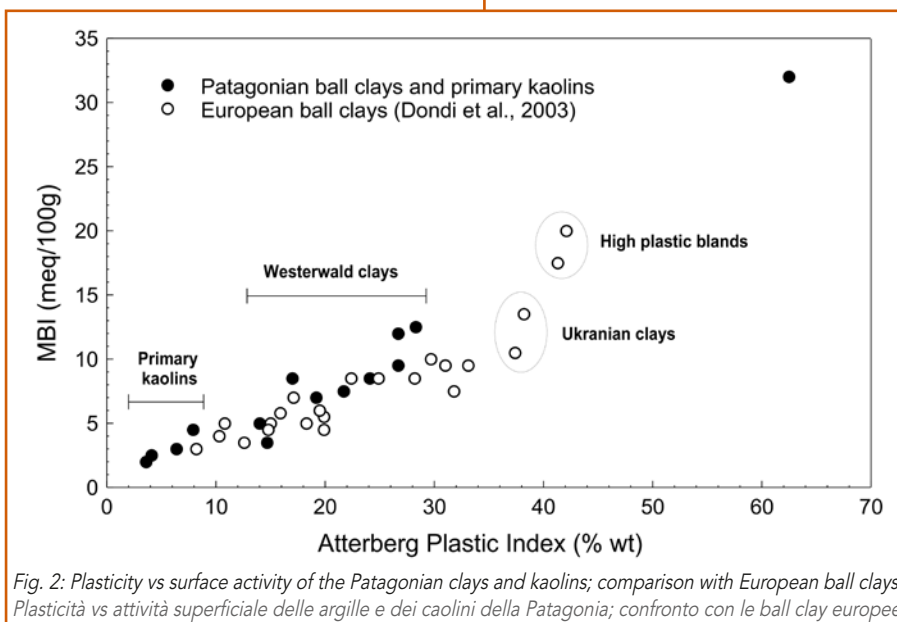


Fig. 2: Plasticity vs surface activity of the Patagonian clays and kaolins; comparison with European ball clays. Plasticità vs attività superficiale delle argille e dei caolini della Patagonia; confronto con le ball clay europee

- Intermediate to low plasticity ball clays deposited in higher energy sedimentary basins supplied essentially by kaolinized source areas are suitable for both whitewares and tile-making.
- Primary kaolinization of porous and highly crystalline pyroclastics led to kaolinite+illite paragenesis well suited to slip casting and especially to enhanced rheological performances
- Weathering of mainly vitreous pyroclastic rocks produced predominantly halloysitic kaolins, which can be used in slip cast products such as sanitaryware.

### IMPROVING TECHNOLOGICAL PERFORMANCE

Zannelli (2011) has also shown that the qualities of these clays are similar to those of European clays and that with appropriate blending it is possible to achieve optimal levels of quality. Innovation in the ceramic tile industry is focusing on properties such as powder flowability and the ability to toughen green tiles, so the technological requirements of ball clays are becoming increasingly strict in terms of plasticity, dispersion in water, rheological properties, workability in the green state, refractoriness and firing colour. The mineralogy, plasticity, methylene blue index and ceramic behaviour of the Patagonian ball clays are analogous to those of European clays, but improvement is needed to approach the highest quality materials taken as a benchmark. On this basis, four Patagonian deposits were selected (Lote 8, Frente A, Super and Puma) and their characteristics enhanced by adding highly plastic corrective clays. Porcelain stoneware formulations containing improved ball clay mixes underwent experimentation at both laboratory and industrial scale. The improved ball clays behave like the best raw materials currently used, although modest changes occur in terms of mechanical

sedimentari ad alta energia alimentati essenzialmente da aree a base caolinifica, sono adatte per la produzione sia di sanitari e stoviglie, sia di piastrelle.

- La caolinizzazione primaria di piroclasti porosi e altamente cristallini ha portato alla paragenesi caolinite+illite, adatta per il collaggio e soprattutto per migliorare le prestazioni reologiche.
- L'alterazione superficiale (weathering) di rocce piroclastiche principalmente vetrose ha prodotto prevalentemente caolini halloysitici, utilizzabili per la produzione di articoli formati per collaggio, come i sanitari.

### MIGLIORARE LE PRESTAZIONI TECNOLOGICHE

Anche Zannelli (2011) ha dimostrato che le qualità di queste argille sono simili a quelle delle argille europee e che con miscele appropriate si raggiungono qualità ottimali.

L'innovazione nell'industria delle piastrelle di ceramica sta

mettendo in risalto proprietà come la scorrevolezza della polvere e la maggiore resistenza della piastrella in crudo, rendendo così i requisiti tecnologici delle ball clay sempre più severi in termini di plasticità, dispersione in acqua, proprietà reologiche, lavorabilità in crudo, refrattarietà e colore in cottura.

Sotto questo profilo, la mineralogia, la plasticità, l'indice del blu di metilene e il comportamento ceramico delle ball clay della Patagonia risultano analoghi a quelli delle argille europee. Tuttavia, si è voluto migliorare ulteriormente le prestazioni tecnologiche per avvicinarsi alle materie prime di più alta qualità presenti sul mercato, che sono state prese come benchmark.

Sono quindi stati selezionati quattro depositi della Patagonia (Lote 8, Frente A, Super e Puma) e le loro caratteristiche sono state migliorate aggiungendo argille correttive altamente plastiche. Le formulazioni di impasti per gres porcellanato contenenti le nuove miscele di ball clay sono state sperimentate sia in laboratorio che su scala indu-



Piedra Grande's deposit of Cola de Zorro clay located in Lote 18, Santa Cruz province

### PIEDRA GRANDE

Buenos Aires-based company Piedra Grande has been mining and processing non-metallic industrial minerals for more than 70 years. It owns deposits in La Toma (San Luis province), Dique Ameghino (Chubut province), Gobernador Gregores (Santa Cruz province) and Zapala (Neuquén province). It has an annual clay production of more than 250,000 tons, which it sells on the domestic market and internationally. Its main products are Cola de Zorro clay (with resources of 4 million tons) and Puma clay (with resources of 1 million tons).

properties, water absorption and whiteness of the fired products.

### ANNUAL PRODUCTION AND RESOURCES

The yearly extraction of clays from the deposits in Argentine Patagonia is 300,000 tons, with estimated reserves of 7 million tons and total resources of 16 million tons. These figures are sufficient to sustain production in the coming years.

The data are obtained from surveys, exploration boreholes and estimates based on the geology of the deposits (Dominguez 2013). In the case of Santa Cruz, the information is based on 9,000 metres of drilling in 50 mines.

In the case of **Chubut**, reserves of around 2 million tons and resources for some 8 million tons are estimated to be tested and characterized technically.

In **Santa Cruz**, there are currently 5 million tons of reserves and estimated resources of about 8 million tons.

### LOGISTICS CHAIN

In collaboration with the provincial authorities, Piedra Grande SA adapted the logistics chain to be able to operate and load ships of up to 36,000 tons in the port of Punta Quilla, Santa Cruz. The operation begins with land transport from the Puma and Cola de Zorro mines to a storage area near the town of Puerto Santa Cruz (130 km of gravel road and 240 km of paved road). The installation of a 56 m feeder and belt system at the Punta Quilla wharf will allow for the loading of ships at a rate of 6,000 tons/day. ■

### PIEDRA GRANDE

Con sede a Buenos Aires, Piedra Grande è attiva da oltre 70 anni nell'estrazione e lavorazione di minerali industriali non metaliferi. Dispone di giacimenti a La Toma (provincia di San Luis), Dique Ameghino (provincia di Chubut), Gobernador Gregores (provincia di Santa Cruz) e Zapala (provincia di Neuquén). L'azienda ha una produzione annuale di argilla di oltre 250.000 tonnellate, commercializzate sia sul mercato domestico sia all'estero. I suoi prodotti principali sono l'argilla Cola de Zorro (con risorse pari a 4 milioni di tonnellate) e l'argilla Puma (con risorse per un milione di tonnellate).

striale. Il risultato ha confermato che tali miscele di argille si comportano come le migliori materie prime attualmente utilizzate, nonostante modeste variazioni nelle proprietà meccaniche, nell'assorbimento d'acqua e grado di bianchezza dei prodotti cotti.

### PRODUZIONE ANNUA E RISORSE

Nei giacimenti della Patagonia argentina l'estrazione annua di argille è pari a 300.000 tonnellate. Le riserve sfruttabili e le risorse disponibili sono stimate rispettivamente in 7 e in 16 milioni di tonnellate, volumi quindi sufficienti a sostenere la produzione nei prossimi anni. Queste cifre si basano su indagini, pozzi di esplorazione e stime basate sulla geologia dei giacimenti. (Dominguez 2013). Nel distretto di Santa Cruz, ad esempio, sono stati condotti perforazioni per 9.000 metri in 50 miniere.

Nel distretto di **Chubut** oggi si stimano riserve per circa 2 mi-

lioni di tonnellate e risorse testate e caratterizzate tecnicamente pari a circa 8 milioni di tonnellate. Nel distretto di **Santa Cruz** le riserve attuali ammontano a 5 milioni di tonnellate mentre le risorse stimate sono pari a circa 8 milioni di tonnellate.

### CATENA LOGISTICA

In collaborazione con le autorità provinciali, Piedra Grande SA ha adattato la catena logistica per ottenere il funzionamento e il carico di navi fino a 36.000 tonnellate nel porto di Punta Quilla, Santa Cruz.

L'operazione inizia con il trasporto terrestre dalle miniere di Puma e Cola de Zorro a un'area di stoccaggio vicino alla città di Puerto Santa Cruz (130 km di strada sterrata e 240 km di strada asfaltata). L'installazione di un sistema di alimentazione e nastro di 56 m presso il molo di Punta Quilla consentirà il carico delle navi ad una velocità di 6.000 ton/giorno. ■

### Bibliography / Bibliografia

- 1) Domínguez, E.; Iglesias, C.; Michele Dondi (2008). *The geology and mineralogy of a range of kaolins from the Santa Cruz and Chubut Provinces, Patagonia*. Applied Clay Science Volume: 40, N°: 1-4; pp 124 -142.
- 2) Dondi M; Iglesias C, Dominguez E, Guarini G; Raimondo M R, (2008). *The effect of kaolin properties in ceramic processing as illustrated by a range of kaolins from the Santa Cruz and Chubut Provinces, (Argentina)*. Applied Clay Science. Volume: 40; N°: 1-4, pp 143-158
- 3) Zanelli Ch; Iglesias C; Dominguez, E; Raimondo, M. R; Guarini, G; Ullman, R; Dondi, M (2011). *Improving Technological Performances of Ball Clays: A Case-study from Patagonia (Argentina)*. Ceramic Forum International. DKG 88 No. 8-9.
- 4) Zanelli, C., Iglesias, C., Dominguez, E., Gardini, D., Raimondo, M., Guarini, G. and Dondi, M. 2015. *Mineralogical composition and particle size distribution as a key to understand the technological properties of Ukrainian ball clays*. Applied Clay Science 108, 102-110
- 5) Domínguez, E; Iglesias, C; Dondi, M; y Brendel, M: (2013) *Arcillas y caolines de Chubut y Santa Cruz. Geología, propiedades cerámicas, recursos y perspectivas*. En Actas X Congreso de Geología Económica, San Juan, 74-86.