



## INFORME DE RESULTADOS:

### **Análisis composicional de piedras calizas provenientes del Sitio Arqueológico La Corona, Petén, Guatemala.**

*Elaborado por: Licda. Andrea María Sandoval Molina*

Centro de Investigaciones Arqueológicas y Antropológicas, Instituto de Investigaciones,  
Universidad del Valle de Guatemala

Con el apoyo del Centro de Investigación y Desarrollo, Cementos Progreso S.A.

#### **I. Introducción**

Estudios realizados anteriormente, en el Sitio Arqueológico La Corona, hacen hincapié en la alta calidad de la piedra caliza (de apariencia amarillenta) que se cree que utilizaba para elaborar el estuco, las estelas y los paneles que se han encontrado en el Sitio. La alta calidad de los mismos se comprueba por los altos niveles de conservación de los materiales lo cual hace, para el caso de las estelas, que éstas puedan leerse a la perfección en la actualidad; a diferencia de las que se han encontrado en otros sitios arqueológicos. Es por esto que, investigar a cerca de la calidad de los materiales elaborados a base de piedra caliza cobre gran interés para El Proyecto Arqueológico Regional La Corona.

El objetivo principal de los análisis químicos que se realizaron a las piedras calizas, provenientes del Sitio Arqueológico La Corona, fue identificar la pureza de la caliza encontrada en el sitio. Para lo cual se determinó el contenido de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) y dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ). Se considera que, mientras mayor sea el porcentaje de calcita mayor pureza tiene la piedra.

Las técnicas utilizadas para realizar los siguientes análisis químicos son Difracción de Rayos X, Fluorescencia de Rayos X y Termo Gravimetría.

#### **II. Objetivo**

Determinar el contenido de calcita y dolomita en piedras calizas provenientes del Sitio Arqueológico La Corona.

#### **III. Conceptos**

- Difracción de Rayos X: Técnica que se basa en la difracción de Rayos X para **determinar las fases minerales** (estructuras cristalinas de la materia, como lo son la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) y la dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) a través de sus patrones característicos de difracción (difracto gramas).
- Fluorescencia de Rayos X: Técnica que se basa en la fluorescencia de Rayos X secundarios emitidos por la materia al ser excitada previamente con Rayos X de alta energía; con el fin de obtener un **análisis elemental de la materia**. Por ejemplo, la **determinación la composición de elementos** a través de la cuantificación de los óxidos asociados a los mismos.
- Análisis termo-gravimétrico (TGA): Técnica que se basa en la medición de la diferencia de masa de la materia en función del incremento de la temperatura. En éste caso se utilizó para **corroborar la cantidad de calcita y dolomita** a través de la cuantificación de la diferencia de masa aducida a la pérdida de dióxido de carbono en la muestra ( $\text{CO}_2$ ), proveniente del carbonato ( $\text{CO}_3$ )-<sup>2</sup>.

#### IV. Metodología

Para llevar a cabo el análisis composicional de las rocas provenientes del Sitio Arqueológico La Corona; se utilizaron las técnicas XRD, XRF, TGA y FTIR (ver Cuadro No. 1).

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de la empresa: Cementos Progreso S.A. con los métodos desarrollados previamente por el Laboratorio Químico de la Institución.

Cuadro No. 1 “Metodología utilizada para el análisis químico composicional de estuco y rocas de origen calcáreo.”

Muestra	Origen	Técnica	Siglas	Equipo	Preparación de muestra	Metodología
Rocas de origen calcáreo	Sitio Arqueológico: La Corona	Difracción de Rayos X/ X Ray Diffraction	DRX/XRD	Marca: PANalytical  Modelo: EMPYREAN	Molienda: Molino de Discos.	Pastilla: prensada Método: “Materia prima 4 minutos”.
		Fluorescencia de Rayos X/ X Ray Fluorescence	FRX/XRF	Marca: Termo Electron Corporation Modelo: ARL OPTIM’X	Marca: Herzog  Modelo: HSM 100P	Pastilla: fundida Método: “Óxidos generales.”
		Análisis Termo-gravimétrico/ Thermo Gravimetric Analysis	ATG/TGA	Marca: Mettler Toledo Modelo: TGA1 STAR <sup>e</sup> System	Pasa tamiz: de 0.0029 pulgadas.	-

Cuadro No. 2 "Resumen de los análisis realizados a las piedras calizas, las cuales fueron analizadas en el Centro Tecnológico de CEMPRO."

Sitio Arqueológico de Procedencia	Material	Muestra	Submuestra*	Submuestra específica**	Análisis realizado				
					XRD	XRF	TGA	IR	
La Corona	Piedra caliza	CR-31B-16-2-2	-	-	x	x	x		
		CR-31B-11-5-B	-	Muestra sin calcinar	x	x	x	x	
				Muestra calcinada a 900°C				x	
		1	-	-	x				
		2	-	-	x				
		3	-	-	x				
		4	-	-	x	x			
		5	-	-	x				
		6	-	-	x				
		7	-	-	x				
		8	-	-	x	x			
		9	-	-	x				
		10	-	-	x	x			
		11	-	-	x				
		12	-	-	x				
		13	-	-	x	x			
		14	-	-	x				
		15	-	-	x				
		16	-	-	x				
		17	-	-	x	x			
		18	-	-	x				
		19	-	-	x				
		20	-	-	x				
21	-	-	x						
22	-	-	x	x					
23	-	-	x						

## V. Fotografías de las muestras analizadas

Imagen No. 1 "Fotografías de las piedras calizas provenientes del Sitio Arqueológico La Corona.  
Muestras: CR-31B-11-5-B y CR-31B-16-2-2."



Fotografías: Andrea Sandoval.

Imagen No. 2 "Fotografías de las piedras calizas provenientes del Sitio Arqueológico La Corona. Grupo de la 1 a la 9."



Fotografías: Andrea Sandoval.

Imagen No. 3 "Fotografías de las piedras calizas provenientes del Sitio Arqueológico La Corona. Grupo de la 10 a la 18."



Fotografías: Andrea Sandoval.

Imagen No. 4 "Fotografías de las piedras calizas provenientes del Sitio Arqueológico La Corona. Grupo de la 19 a la 23."



Fotografías: Andrea Sandoval.

## VI. Resultados

Imagen No. 6 "Comparación de los difractogramas obtenidos durante el análisis de las muestras: CR-31B-11-5-B y CR-31B-16-2-2. Técnica: Difracción de Rayos X."

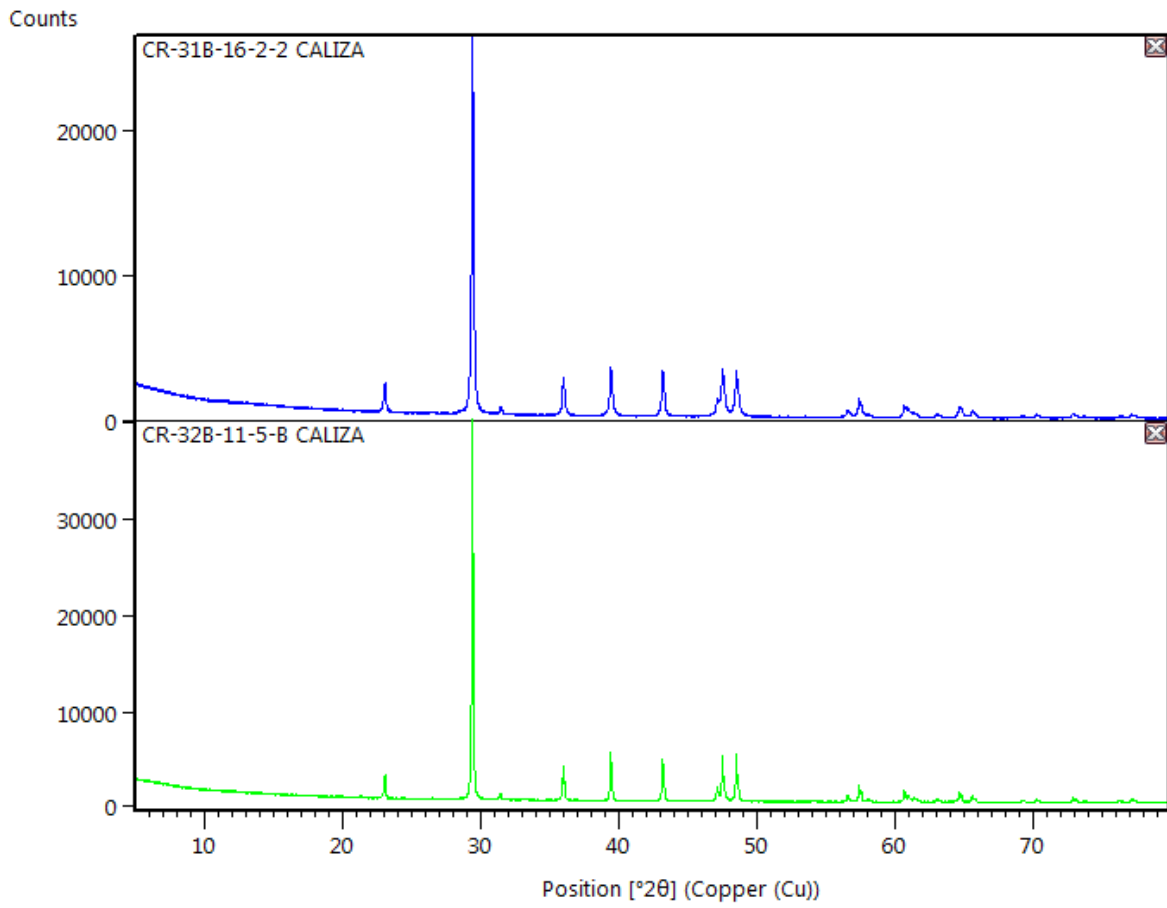
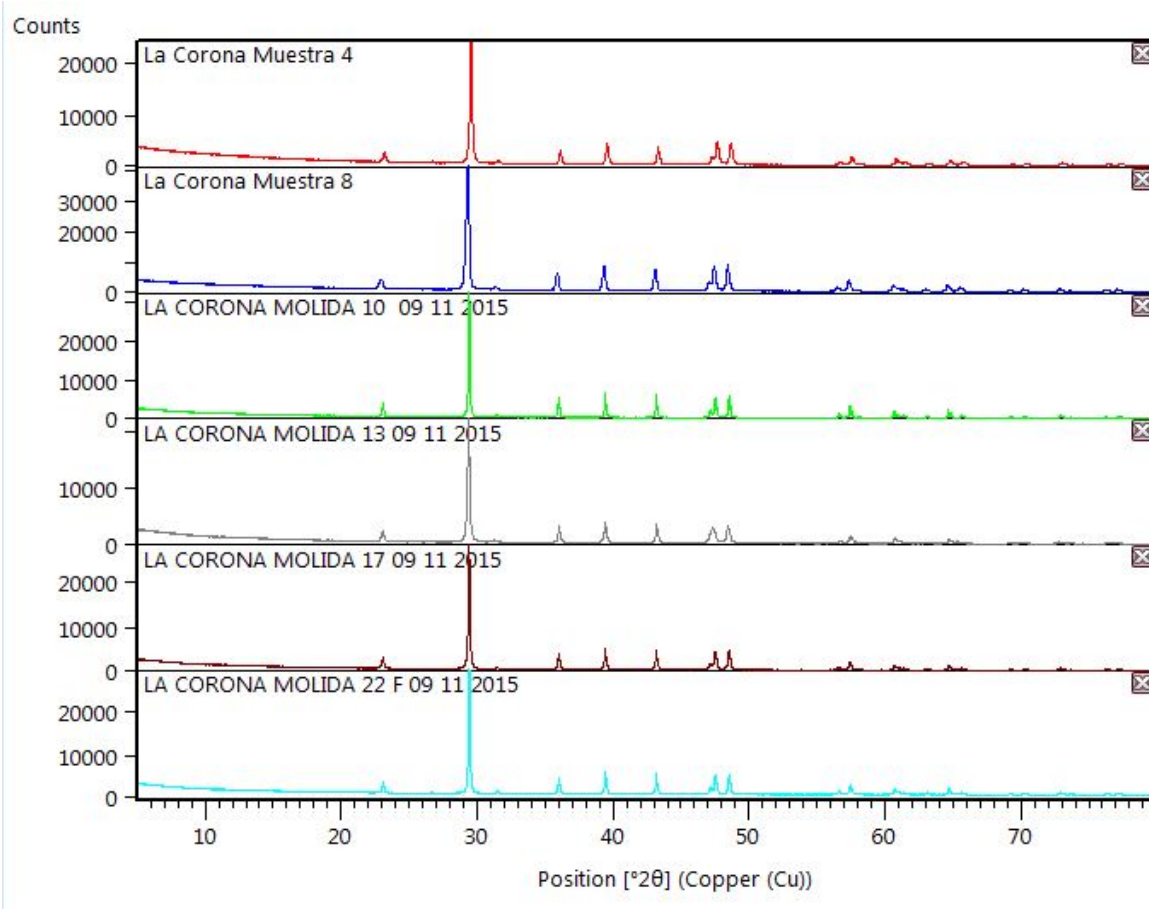




Imagen No. 7 “Comparación de los difractogramas obtenidos durante el análisis de las muestras: 4, 8, 10, 13, 17 y 22. Técnica: Difracción de Rayos X.”



En la imagen No. 6 se observa que no existe diferencia significativa entre las dos muestras de caliza. La fase mineral identificada fue calcita en un 100%.

Se realizó un dendograma para comparar los resultados dados por XRD de las 23 muestras de caliza, el cual dio como resultado que las muestras que más difieren entre sí son la: 4, 8, 10, 13, 17 y 22.

La imagen No. 7 es la comparación de los difractogramas de las muestras seleccionadas anteriormente. Sin embargo, el resultado para las seis muestras seleccionadas es el mismo, siendo identificada calcita como su única fase mineral. Por lo tanto el resultado de las 23 muestras de caliza es 100% calcita.

Para obtener la pureza de las rocas (porcentaje de calcita) se realizó un análisis por XRF, el cual dio como resultado el cuadro No. 3.

Cuadro No. 3 “Comparación de la composición química de las muestras de piedra caliza provenientes del Sitio Arqueológico La Corona. Técnica: Fluorescencia de Rayos X.”

Sitio	Material	Muestra	Submuestra*	Submuestra específica**	MÉTODO: Óxidos Generales														[%] Calci-ta (CaCO <sub>3</sub> )
					[%] Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[%] CaO	[%] Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[%] Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[%] K <sub>2</sub> O	[%] MgO	[%] MnO	[%] Na <sub>2</sub> O	[%] P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	[%] SO <sub>3</sub>	[%] SiO <sub>2</sub>	[%] TiO <sub>2</sub>	% Pérdida al fuego (LOI)	% TOTAL	
La Corona	Piedra caliza	CR-31B-16-2-2	-	-	0.17	54.9	0.04	0.07	0.02	0	0	0.13	0	0	0.2	0	43.57	98.96	97.99
		CR-31B-11-5-B	-	Muestra sin calcinar	1.15	50.76	0.04	3.18	0.08	0	0	0.12	0	0	1.87	0.04	41.2	98.25	90.60
		4	-	-	0.21	55.47	0.04	0.15	0.02	0.73	0	0.08	0	0.01	0.54	0	43.2	100.45	99.00
		8	-	-	0.22	55.79	0.04	0.17	0.01	0.6	0	0.07	0	0.01	0.39	0	43.31	100.61	99.57
		10	-	-	0.71	54.79	0.04	0.26	0	0.29	0	0.07	0	0	0.88	0.01	43.32	100.37	97.79
		13	-	-	0.57	53.4	0.04	0.28	0.02	0.33	0	0.12	0	0.46	0.88	0.01	43.2	99.31	95.31
		17	-	-	0.48	55.09	0.04	0.19	0.01	0.35	0	0.04	0	0	0.9	0.01	43.8	100.91	98.32
		22	-	-	0.97	52.95	0.04	0.46	0.02	0.43	0	0.04	0	0	1.9	0.03	43.6	100.44	94.51

En el Cuadro No. 3 se observa que el contenido mayoritario de todas las muestras es calcio, el cual se asocia con la calcita, única fase mineral identificada por los análisis de Difracción de Rayos X. A través del contenido reportado de óxido de calcio (CaO) se realizaron cálculos estequiométricos para determinar el porcentaje de calcita. Los cuales se observan en la última columna del Cuadro No. 3, obteniendo un promedio de 96.64% de Calcita en las muestras.

En cuanto a los valores reportados de MgO, los cuales pueden asociarse a la presencia de Dolomita, se observa que el contenido es mínimo (menor al 1%). Aunado a que, la Dolomita no fue identificada como fase mineral en los análisis por XRD, por lo que se asume que el Magnesio contenido en las muestras son trazas de la roca.

## VII. Conclusión

- La fase mineral encontrada en las piedras calizas (por medio de XRD), provenientes del Sitio Arqueológico La Corona, es calcita. Y la concentración de calcita en las piedras es de 96.64%. Lo cual indica que las piedras analizadas presentan un alto grado de pureza.

- No se identificó la Dolomita como una fase mineral contenida dentro de las piedras analizadas, ya que el contenido de óxido de magnesio es mínimo (menor a 1%).

#### **VIII. Propuestas para futuros temas de investigación**

- Identificar la piedra caliza utilizada para la elaboración de las distintas aplicaciones del estuco.
- Localizar la fuente de proveniencia de la roca caliza del Sitio Arqueológico La Corona (estudio geoquímico).