

LAS FORTIFICACIONES ABALUARTADAS DEL CAMINO REAL DE VERACRUZ-PEROTE-MÉXICO: EVALUACIÓN DE SU MATERIAL PÉTREO

Dra. Dolores PINEDA CAMPOS

Investigadora del Instituto de Antropología de la Universidad Veracruzana, miembro de ICOMOS-COFORT.
dpineda@uv.mx

INTRODUCCIÓN

Las Fortificaciones Coloniales de Veracruz abarcan un periodo constructivo que va desde el siglo XVI hasta el XIX. Durante este tiempo se formaron dos sistemas defensivos: uno, de origen marítimo y el otro de campaña. El primero se ubicó en el borde de la costa de Veracruz y se realizó con el fin de proteger el territorio de los desembarcos de corsarios, piratas y contrabandistas y, al mismo tiempo, asegurar el puerto comercial de San Juan de Ulúa. Esta pequeña isla de la ciudad de Veracruz era un foco de concentración de riqueza en el Virreinato de Nueva España y por el puerto de Acapulco se transportaban sofisticadas mercancías procedentes de Manila, Filipinas y el Lejano Oriente.

El sistema de defensa de la campaña estaba representado por una línea de defensa ubicada en los dos Caminos Reales que llevaban de Veracruz a la Ciudad de México (Veracruz-Xalapa-Veracruz-Córdoba y Perote-Orizaba), puntos de contacto entre el Virreinato de Nueva España y la metrópoli española.

La investigación se enfoca en las fortalezas abaluartadas de San Juan de Ulúa y San Carlos ubicadas en el Camino Real de Veracruz-Perote-México, dos monumentos históricos representativos de gran valor para Veracruz.

La metodología que se llevó a cabo de los materiales pétreos de las Fortalezas consistió en realizar un diagnóstico de las condiciones de conservación para recomendar su restauración, donde se emplearon diferentes técnicas analíticas químicas que nos permitirán identificar la composición y cantidad de sustancia con un enorme grado de exactitud de estos monumentos históricos de gran importancia para México y el Caribe, así como las

más reconocidas a lo largo de la historia del Continente Americano, para en un futuro lograr la integración del Camino Real de Veracruz al Camino Real Tierra Adentro declarado Patrimonio de la humanidad en el 2010 por el Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En el estado de Veracruz las fortificaciones coloniales comprenden el período de su construcción del siglo XVI al XIX. Durante este tiempo se desarrollaron dos sistemas defensivos: uno, de origen marítimo y el otro, de campaña. El primero, estuvo situado a la orilla de la costa de Veracruz y se construyó con el fin de proteger el territorio de los desembarcos de corsarios, piratas y contrabandistas y, al mismo tiempo, velar por el puerto comercial de San Juan de Ulúa. Esta pequeña isla de la ciudad de Veracruz era un foco de concentración de las riquezas del virreinato de Nueva España y de las mercancías sofisticadas que se transportaban desde Manila, Filipinas y el Lejano Oriente a través del puerto de Acapulco.

El sistema defensivo desarrollado en esta zona costera era característico de la Escuela de Fortificación Hispanoamericana, cuyos ingenieros, originarios de la Península ibérica, trazaban en el Caribe patrones similares, adaptados a las características locales de cada región y respondían dinámicamente al desarrollo armamentista y naval de cada período histórico.

Como parte de este plan regional, en Veracruz se levantaron diferentes tipologías constructivas: la casa-fuerte (Villa Rica); la fortificación permanente abaluartada (castillo de San Juan de Ulúa); las murallas (plaza de Veracruz) y las baterías de costa (Vergara, Sacrificios, Mocambo, Antón Lizardo y Alvarado).

El sistema defensivo estaba representado por una línea de fortaleza situada en los dos Caminos Reales que conducían de Veracruz a la Ciudad de México (Veracruz-Xalapa-Perote y Veracruz-Córdoba-Orizaba), puntos de contacto entre el virreinato de Nueva España y la Nación española (véase figura 1).



Figura 1. Camino Real Veracruz-Xalapa-Perote-México

San Juan de Ulúa (SIGLOS XVI-XVIII)

La Fortaleza es una obra monumental patrimonial con historia que trasciende los límites de la frontera mexicana. Su importancia histórica está fundamentada porque fue la puerta de la inmigración europea en México, el único puerto oficial para entrar al país, lugar del cruce de la navegación interoceánica entre Europa, Asia y África, la llave del comercio de Nueva España y el primer bastión de defensa del territorio mexicano.

En su evolución constructiva dejan sus huellas prestigiosos ingenieros en el arte militar como Bautista Antonelli, Jaime Franck, Agustín Crame, Manuel Santiesteban y Miguel del Corral; durante el siglo XVIII adopta su forma definitiva de fortaleza abaluartada, con sus respectivas obras de avanzada.

La plaza de armas es circundada por sólidas edificaciones abovedadas, donde solían colocarse las bodegas, almacenes de pertrechos y municiones, alojamientos para oficiales y la tropa, cuerpo de guardia y polvorín.

En el siglo XIX el castillo adopta un carácter represivo y cuartelario con las luchas independentistas y las invasiones extranjeras. En la actualidad es un símbolo de identidad nacional: a San Juan Ulúa llegan los primeros conquistadores y se define el fin del dominio de España en el territorio mexicano (véase figura 2).



Figura 2. Fortaleza de San Juan de Ulúa

San Carlos de Perote (SIGLO XVIII)

La fortaleza está ubicada en el llano del Perote, región de las grandes montañas del estado de Veracruz y por el antiguo Camino Real de Veracruz a la Ciudad de México.

La primera propuesta de edificación la hace el marqués de Cruillas, en 1763, quien indica fabricar unos almacenes para situar armas, municiones y pólvora; finalmente no se realizan. La situación estratégica respecto a Veracruz y el clima frío y seco de Perote contribuyen a que tres años después surja nuevamente otro proyecto; esta vez para levantar una fortaleza con el fin de acopiar víveres, almacenar y conservar las mercancías que se transportaban para el puerto de Veracruz y dotarla de una tropa y de aditamentos militares para proteger la zona, el Camino Real y la ciudad de Veracruz.

En estas dos propuestas participa Manuel de Santiesteban, nombrado ingeniero director de la colonia, el cual proyecta e inicia las obras en 1770 y las concluye en 1776, como consta en el frontispicio de la entrada principal de la fortaleza.

Después de San Juan de Ulúa es la fortificación abaluartada más importante de México. A diferencia de éste, no sufre una evolución constructiva; su traza original corresponde a los cánones constructivos modernos del siglo XVIII, época de su fabricación.

Sobre una superficie de 137 907,29 metros cuadrados se levanta sólidamente en sillares; es diseñada con una planta cuadrada y flanqueada con los baluartes de San Carlos, San Antonio, San Julián y San José.

La plaza de armas es cerrada con cuatro edificios de planta alta que desempeñan diferentes usos, un aljibe y una capilla. Por la parte suroeste y sureste se encuentran distribuidas veintitrés bóvedas acasamatadas. El exterior está rodeado por el foso, el camino cubierto con traveses y el glacis (véase figura 3).

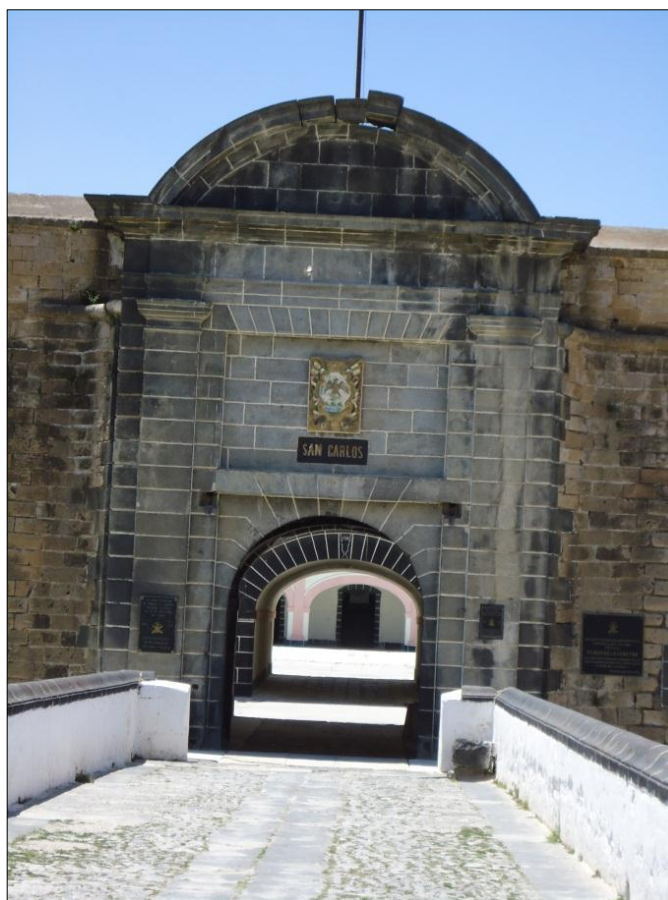


Figura 3. Fortaleza de San Carlos de Perote

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LOS MATERIALES PETREOS

En la metodología de trabajo para el estudio analítico de los materiales de construcción de los monumentos de San Juan de Ulúa del puerto de Veracruz y San Carlos de Perote, en esta publicación solo mencionaremos ejemplos de las muestras del material pétreo que fueron sometidas al análisis por las técnicas analíticas químicas no destructivas, por emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE), Difracción de Rayos X (XRD), Fluorescencia de Rayos X (XRF), Luz Polarizada y Microscopia Electrónica de Barrido (SEM).

Material pétreo de la Fortaleza de San Juan de Ulúa

Los materiales pétreos inorgánicos que se tomaron para su análisis fueron del muro de las argollas (figura 4) y baluarte de San Crispín (figura 5), las muestras del material se observan en la figura 6.



Figura 4. Banqueta muro de las argollas



Figura 5. Muro Baluarte San Crispín



Figura 6. Material de Banqueta muro de las argollas y Baluarte de San Crispín

Material pétreo de la Fortaleza de San Carlos de Perote

Las muestras del material pétreo inorgánico se tomaron del muro exterior de la fortificación (figura 7 y 8).



Figura 7. Muro Fortaleza de San Carlos



Figura 8. Material del muro de la fortaleza de San Carlos

Técnica de PIXE

La Emisión de Rayos X Inducida por Partículas (PIXE), es una técnica esencialmente no destructiva con la cual se puede conocer la composición elemental de la superficie del material irradiado, esta técnica nos proporciona información multielemental, cuantitativa, de manera rápida, precisa y con una gran sensibilidad (mg/g). PIXE es una técnica analítica multi-elemental, por lo que no es necesario la elección de determinados elementos para su cuantificación y los análisis suelen ser en general rápidos permitiendo el estudio de un número considerable de muestras en poco tiempo.

Los resultados que se observaron con los detectores de cristal de silicio y de LEGe en las muestras de los monumentos se muestran en las figuras 9 y 10, tablas 1y 2 en el caso de San Juan de Ulúa y en las figuras 11 y 12, tablas 3 y 4 de San Carlos de Perote.

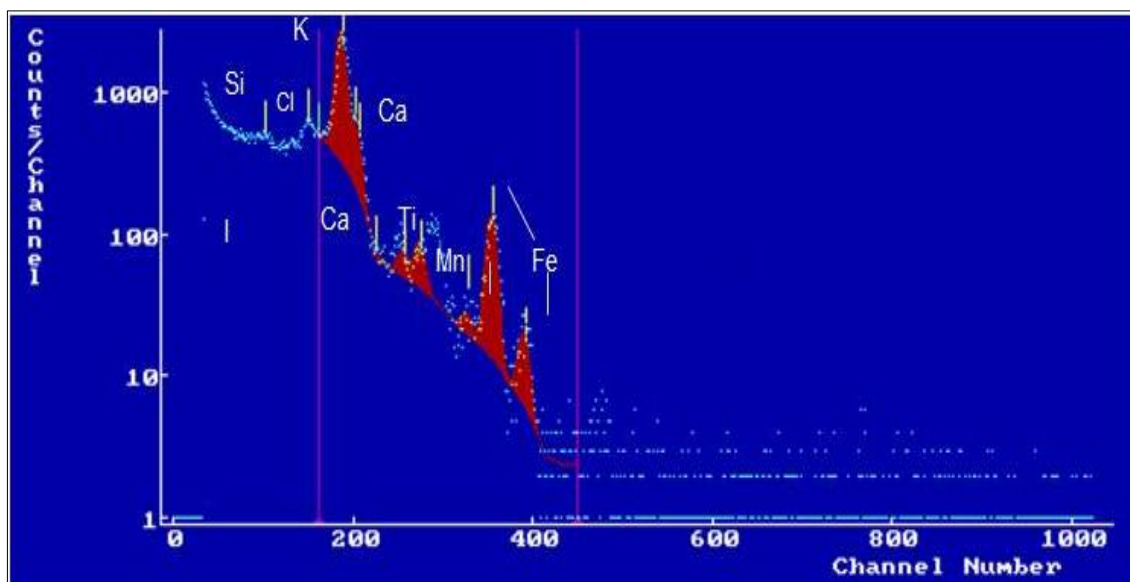


Figura 9. Espectro detector de cristal de Si, muestra de San Juan de Ulúa

Elemento	Energía (KeV)	Área
Si-K		
KA	1.740	1074
Cl-K		
KA	2.622	5426
K-K		
KA	3.313	39661
Ca-Ka	3.691	2126
Ti-Ka	4.509	560
Ti-kb	4.932	379
Mn-Ka	5.895	154
Fe-Ka	6.399	1799
Fe-Kb	7.059	221

Tabla 1. Detector de cristal de Si, muestra de San Juan de Ulúa

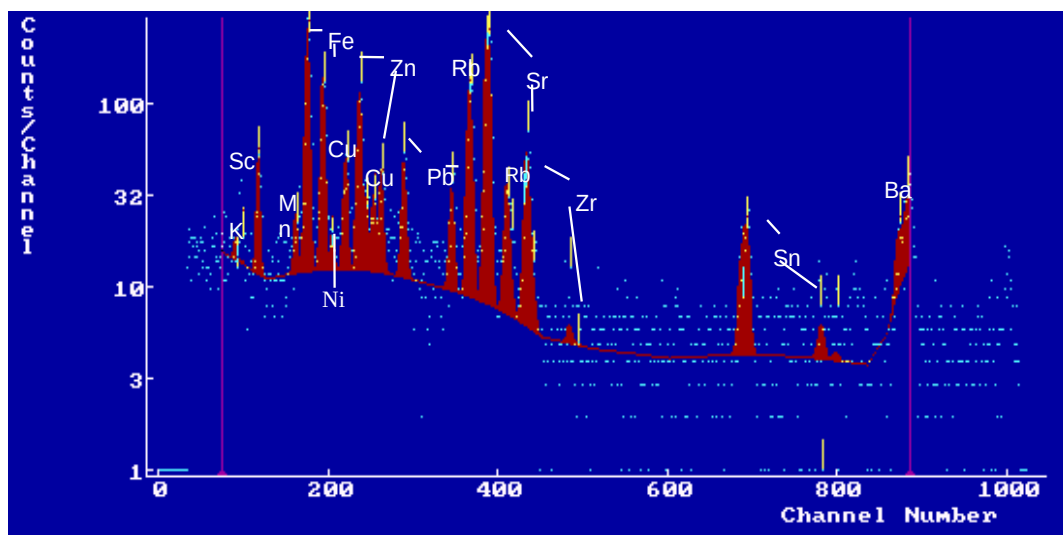


Figura 10. Espectro detector de LEGe, muestra de San Juan de Ulúa

Elemento	Energía (KeV)	Área
K-K	3.313	20
Mn-Ka	5.895	59
Fe-Ka	6.399	1382
Fe-Kb	7.059	705
Ni-Ka	7.478	25
Cu-Ka	8.048	205
Cu-Kb	8.905	92
Zn-Ka	8.639	21
Zn-Kb	9.572	13
Ga-Ka	9.252	12
Rb-Ka	13.395	23
Rb-Kb	14.958	14
Sr-Ka	14.165	32
Sr-Kb	15.832	18
Zr-Ka	15.775	16
Sn-Ka	25.271	13
Sn-Kb	28.486	20
Ba-Ka	32.197	461
GR01	10.540	231
GR03	4.290	211
GR04	29.750	51
GR05	12.600	161
GR06	14.780	24

Tabla 2. Detector de LEGe, muestra de San Juan de Ulúa

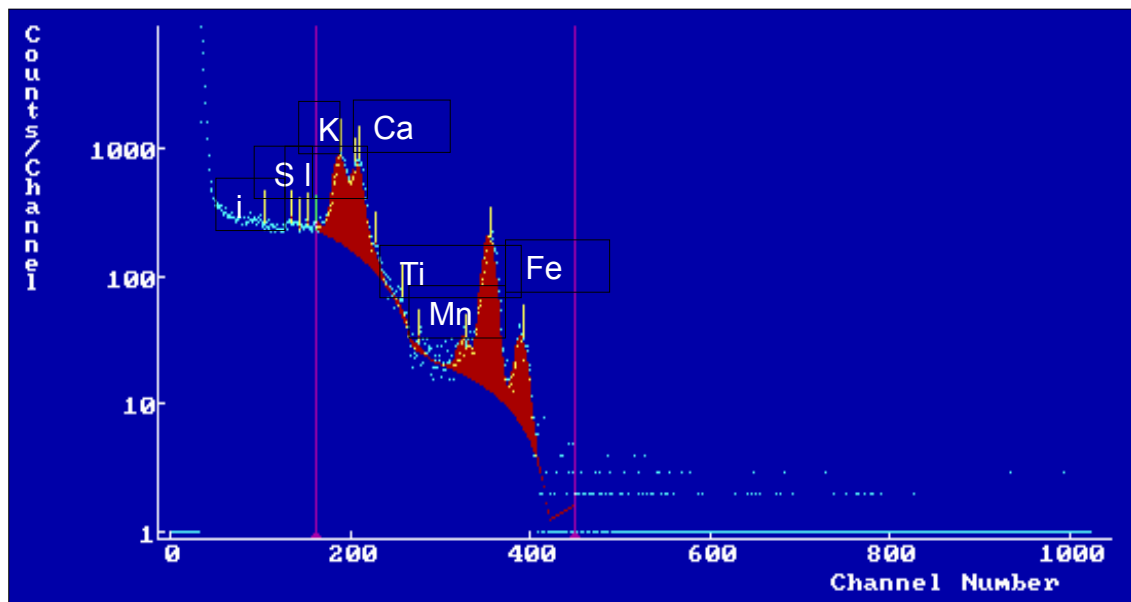


Figura 11. Espectro detector de cristal de Si, muestra San Carlos

Elemento	Energía (KeV)	Área
S-K	2.307	892
K-K	3.313	13130
Ca-Ka	3.691	9266
Ca-Kb	4.013	831
Ti-Ka	4.509	201
Ti-Kb	4.932	72
Mn-Ka	5.895	294
Fe-Ka	6.399	3370
Fe-Kb	7.059	466
GR02	2.186	89

Tabla 3. Detector de cristal de Si, muestra San Carlos

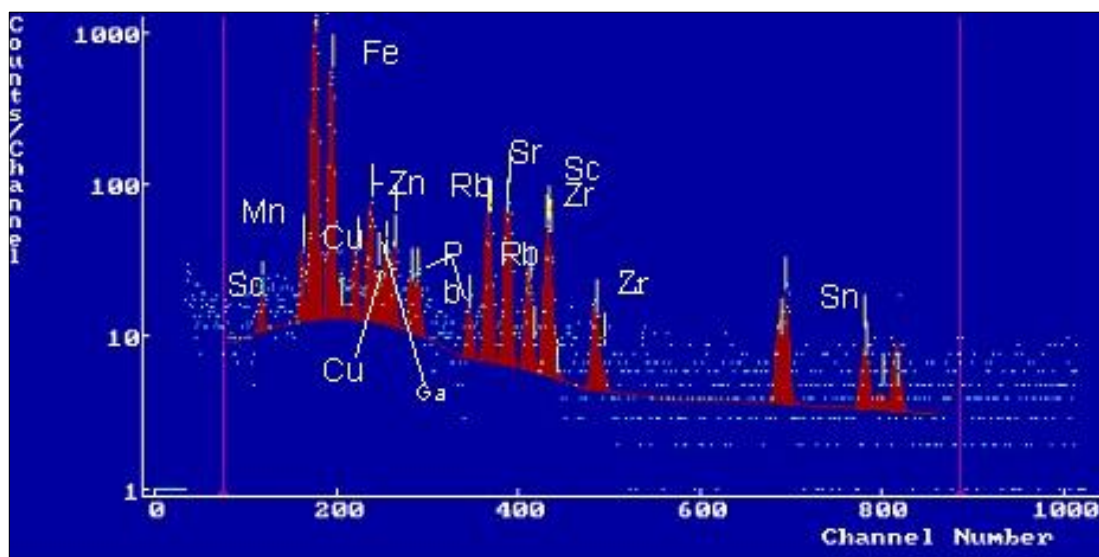


Figura 12. Espectro detector de LEGe, muestra San Carlos

Elemento	Energía (KeV)	Área
Mn-Ka	5.895	122
Fe-Ka	6.399	6681
Fe-Kb	7.059	3402
Ni-Ka	7.478	71
Cu-Ka	8.048	156
Cu-Kb	8.905	73
Zn-Ka	8.639	383
Zn-Kb	9.572	187
Ga-Ka	9.252	166
Ga-Kb	10.263	81
Rb-Ka	13.395	463
Rb-Kb	14.958	175
Sr-Ka	14.165	550
Sr-Kb	15.832	92
Zr-Ka	15.775	342
Zr-Kb	17.663	108
Sn-Ka	25.271	188
Sn-Kb	28.486	71

GR01	10.540	107
GR02	12.600	79
GR03	4.290	57
GR04	29.750	60

Tabla 4. Elementos obtenidos detector de LGe, muestra San Carlos

En los resultados preliminares de la muestra del Baluarte de San Crispín se adquirieron diversos elementos, con el detector de del cristal de silicio, se aprecia en el espectro de la figura 7, donde se identificaron los elementos de peso menor del Fe, se observaron las señales de K, Ca y Fe en mayor área bajo la curva y en menor área Si, Cl y Mn estas señales se confirman en la tabla 1, donde se muestran las áreas de energía, área de pico de la señal y parámetro de ajuste y los elementos del espectro del detector de cristal de Sílice.

En la figura 8 se muestra el espectro con el detector de LGe donde se observan los picos de Fe, Zn, Rb y Sr en mayor área, K, Mn, Sc, Ni, Cu, Pb, Zr, Sn y Ba en menor concentración, también se aprecian señales que se sobreponen la los pico de los elementos Sr y Zr, como se muestran en la tabla 2.

En el espectro de la muestra de la Fortaleza de San Carlos de Perote en la figura 9, se observa con el detector de Sílice la señal de S y los elementos K, Ca y Fe representados con picos de área y altura mayor en referencia con los picos de Si, Cl y Mn como se muestran en la tabla 3.

Por lo que respecta a los resultados que se obtuvieron con el detector LGe, se muestran en el espectro de la figura 10 donde se observan los elementos de Fe, Zn, Sr, Rb y Sn con picos más representativos y Sc, Mn, Cu, Pb y Ga, los que presentan en áreas menores y menor concentración.

Técnica de Difracción de Rayos X (XRD) y Fluorescencia de Rayos X (XRF)

La Difracción de rayos X y la Fluorescencia de rayos X son técnicas regularmente ocupadas como complementarias, debido a que la Fluorescencia de rayos X aporta datos cuantitativos de los compuestos químicos del material estudiado y la Difracción de rayos X ayuda a la identificación mineralógica. Juntando los resultados de ambas técnicas

obtenemos la composición del material pétreo utilizado en la construcción de los monumentos de San Juan de Ulúa y San Carlos.

Difracción de Rayos X (XRD)

Al obtener los resultados en el caso de la Fortaleza de San Juan de Ulúa en el espectro de la figura 13 y tabla 5, podemos ver la presencia de cuarzo, albita (del grupo de feldespatos), flogopita (del grupo de la mica), minerales característicos de las rocas ígneas. En el espectro se observan las zonas de intensidades de los tres minerales que conforman la roca presente en el monumento.

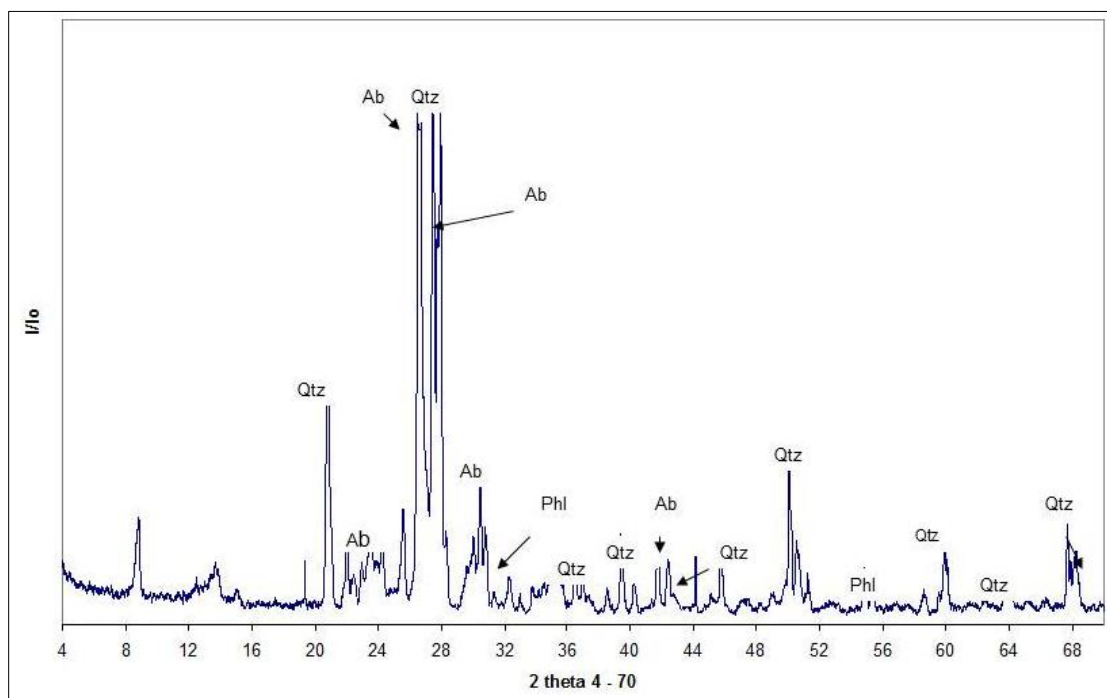


Figura 13. Espectro de DRX de la muestra de San Juan de Ulúa

Muestras	Minerales	Grupo de Minerales
Muro de las argollas	Cuarzo-Albita- Flogopita	Cuarzo-Feldespatos-Mica
Baluarte de San Crispín	Calcita	Carbonatos

Tabla 5. Resultados cualitativos de DRX de San Juan de Ulúa

Al conseguir los resultados en el caso de la Fortaleza de San Carlos en el espectro de la figura 14 y tabla 6, observamos en las cinco muestras de material pétreo representativas de diferentes partes del muro de la fortaleza.

En el espectro podemos distinguir la presencia de anortita, albita y sanidina (del grupo de los feldespatos), hiperstena (del grupo del piroxeno) y tridimita, característicos de las rocas ígneas.

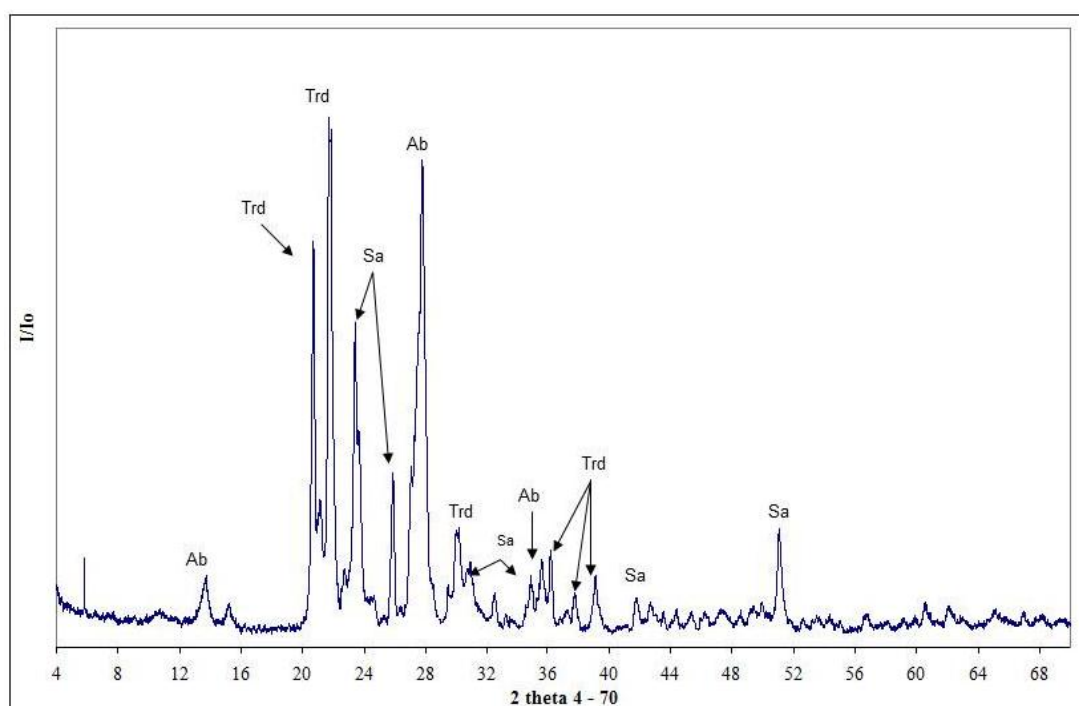


Figura 14. Espectro de DRX de la muestra 3 de San Carlos

Muestras	Minerales	Grupo de Minerales
M-1	Anortita	Feldespatos
M-2	Anortita	Feldespatos
M-3	Tridimita-Albita-Sanidina	Cuarzo- Feldespatos
M-4	Anortita-Albita	Feldespatos
M-5	Albita-Hiperstena	Feldespatos- Piroxeno

Tabla 6. Resultados cualitativos de DRX de San Carlos

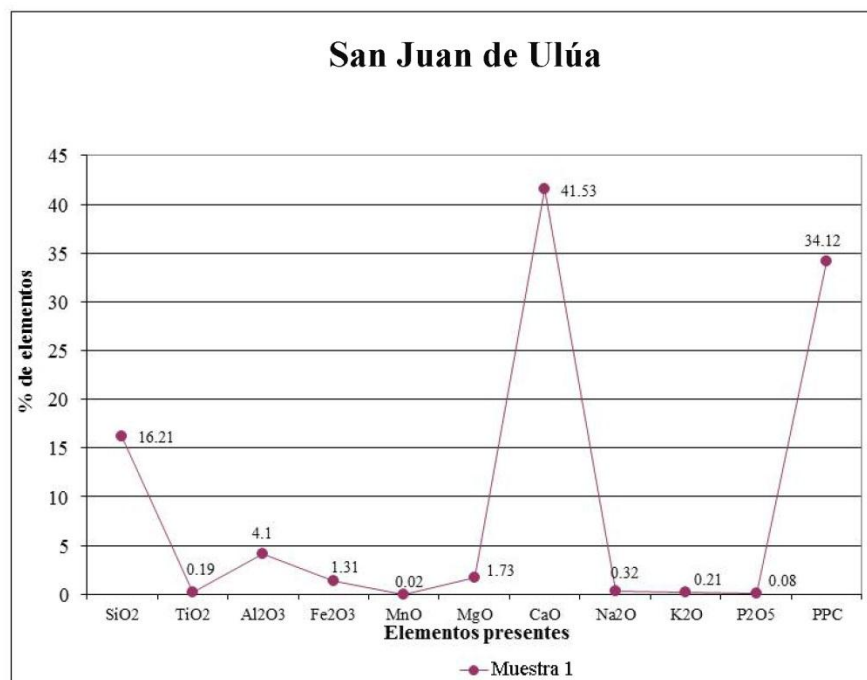
Fluorescencia de Rayos X (XRF)

Esta técnica tiene como finalidad principal el análisis químico elemental, tanto cualitativo como cuantitativo, de los elementos comprendidos entre el flúor (F) y el uranio (U) de muestras sólidas como es el caso de las rocas de los monumentos históricos de San Juan de Ulúa y San Carlos.

En la tabla 7 podemos observar en las muestras del muro de las argollas teniendo como mayor componente el SiO_2 (68%) y el Al_2O_3 (14.83 %) con una pérdida por calcinación muy pequeña (0.71). comprobando los valores en la gráfica 1, donde se observa que el valor más bajo es el MnO (0.02%). En la muestra del Baluarte de San Crispín presenta un componente mayoritario de CaO (53.34 %) y la pérdida por calcinación de 43.41 %. Los demás componentes presentan menos del 1%.

Elemento	Muestra-1 Muro de las Argollas	Muestra-2 Baluarte de San Crispín
SiO_2	68.32	0.44
TiO_2	0.58	0
Al_2O_3	14.83	0,53
Fe_2O_3	3.30	0.01
MnO	0.02	0
MgO	0.69	0.78
CaO	1.62	53.34
Na_2O	3.48	0
K_2O	5.68	0.01
P_2O_5	0.14	0.01
PPC	0.71	43.41

Tabla 7. Resultados de FRX de San Juan de Ulúa

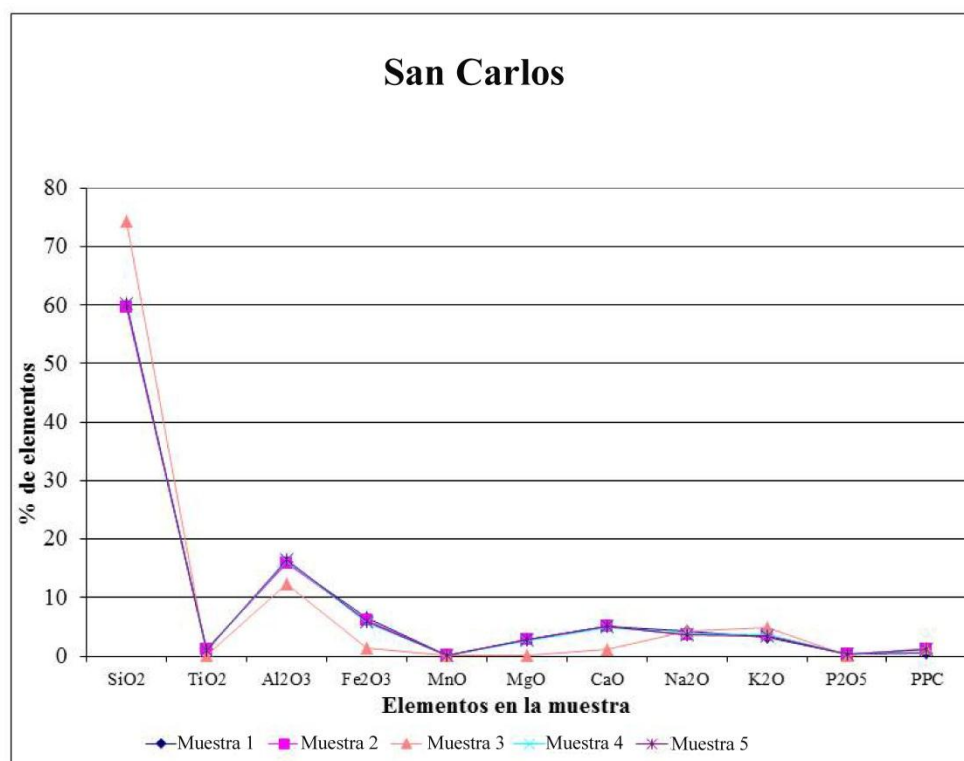


Grafica 1. Valores de la muestra del muro de las argollas de San Juan de Ulúa

En la Tabla 8, se obtuvieron los resultados de las muestras de material pétreo de San Carlos, en la muestra 1, se tuvieron 60.11% de SiO₂ y 16.04 de Al₂O₃, el valor más bajo fue el de MnO 0.095% y pérdida por calcinación de 0.57%. En la muestra 2, se obtuvieron valores más altos SiO₂ 59.66%, de MnO 0.91% y pérdida por calcinación 1.11%. Muestra 3, se obtuvo de 74.33% de SiO₂ y 12.25% de Al₂O₃, con 0.03 de MnO y una pérdida por calcinación de 1.11%. Muestra 4, contiene 60.25% de SiO₂ y 16.195% de Al₂O₃, con una pérdida por calcinación de 1.24% y un valor muy bajo de 0.08% de MnO. En la muestra 5, se obtuvieron los elementos mayoritarios con valor de 60.29% de SiO₂ y Al₂O₃ de 16.50%, con una pérdida por calcinación de 1.06%, y el elemento de valor más bajo fue MnO de 0.09%, los datos se pueden comprobar en la gráfica 2.

Elemento	Muestra-1	Muestra-2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
SiO ₂	60.11	59.66	74.33	60.25	6.29
TiO ₂	1.09	1.06	0.11	0.97	1.00
Al ₂ O ₃	16.04	15.94	12.25	16.19	16.50
Fe ₂ O ₃	6.54	6.2	1.31	5.64	5.94
MnO	0.09	0.09	0.03	0.08	0.09
MgO	2.79	2.86	0,18	2.53	2.8
CaO	5.07	505	1.15	4.96	5.16
Na ₂ O	4.16	3.65	4.35	3.84	3.70
K ₂ O	3.24	3.54	4.84	3.73	3.47
P ₂ O ₅	0.31	023	0.01	0.22	0.25
PPC	0.57	1.11	1.33	1.24	1.06

Tabla 8. Resultados de FRX de San Carlos



Grafica 1. Valores de las muestras de San Carlos

Técnicas de Luz Polarizada y Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)

La microscopia de Luz Polarizada su función principal es proporcionar mayor conocimiento de la estructura y composición de los materiales pétreos de los monumentos históricos en estudio. Nos permite determinar la microestructura de las rocas, es decir, identificar las distintas fases minerales que la componen, la forma de esas fases, el tamaño, el tipo de interfaces que las mantiene unidas, la abundancia de cada fase, presencia de porosidad o espacios vacíos entre otros.

Luz Polarizada

Se identificó la composición de la matriz, textura y clasificación de cada una de las muestras analizadas donde se pueden apreciar en la figura 15, muestra obtenida de la banqueta del muro de las argollas de San Juan de Ulúa en donde observamos una roca constituida en mayor parte por de cuarzo como se indica con el número 1 y con el 2 feldespato y con un circulo con el numero 3 una pequeña parte de mica.

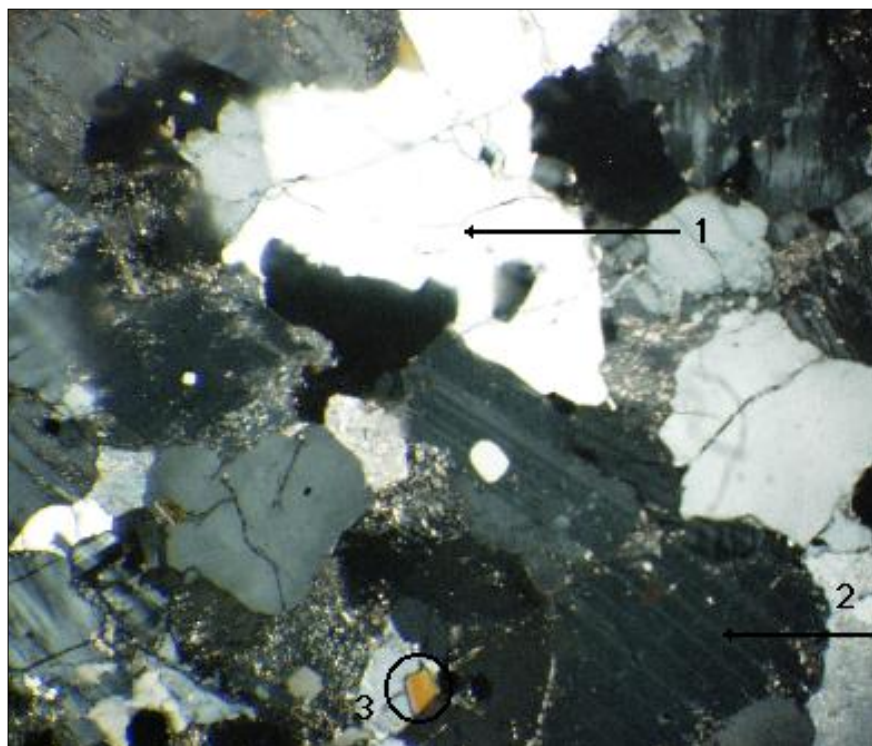


Figura 15. Muestra analizada de la Banqueta del muro de las argolla de San Juan de Ulúa

El análisis con luz polarizada de la muestra del material pétreo de la Fortaleza de San Carlos, en la figura 16 podemos observar los constituyentes de esta roca, en el círculo con el número 1, se distingue un cristal de piroxeno, en los círculos 2 y 3 se destacan los cristales de plagioclasas.

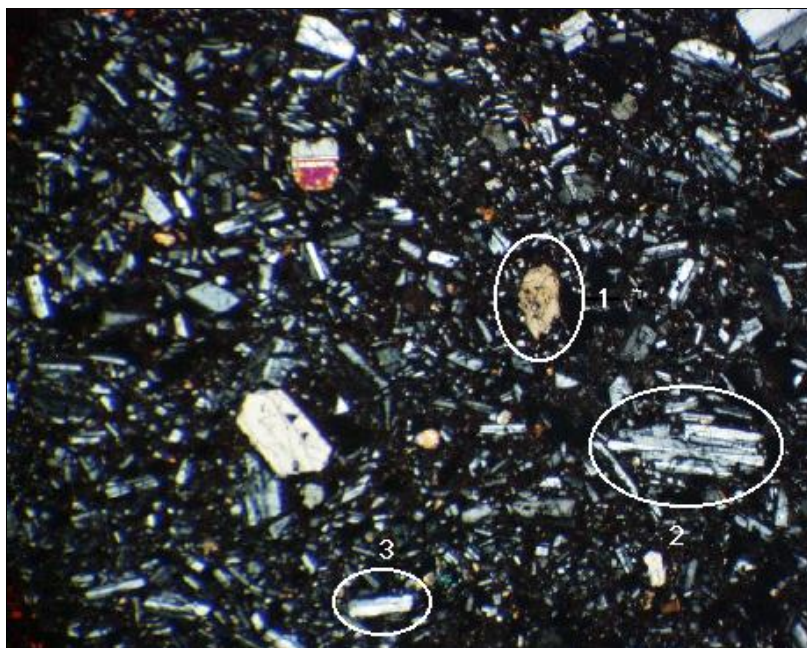


Figura 16. Muestra analizada del material pétreo de San Carlos

Los minerales que se obtuvieron en los materiales pétreos de las dos Fortalezas estudiadas se pueden observar en la tabla 9, donde se muestran los minerales obtenidos en los monumentos históricos determinados por el microscopio de Luz polarizada.

Monumento	Material	Mineralogía						Textura	Clasificación
		Cuarzo	Feldespato	Cuarzo	Plagioclasea	Micas	Piroxeno		
San Juan	Roca	√	√			√		Fanerítica granular	Granito
San Carlos	Roca				√		√	Microfanerítica-cristalina	Basalto

Tabla 9. Minerales obtenidos en los monumentos históricos por el Microscopio de Luz

Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)

La microscopía electrónica de barrido es una técnica analítica de caracterización superficial no destructiva que proporciona información morfológica, composición química y la topografía de la superficie BEI (Backscattered Electron Image) y los Rayos X, EDS (Energy Dispersive Spectrometer) donde se obtiene información cualitativa de composición química de las muestras de manera rápida y eficiente, realizando un análisis semi-cuantitativo de los elementos detectados en los materiales constituyentes del material pétreo de estos monumentos históricos.

En la tabla 10, podemos observar en la muestra de San Juan de Ulúa, altos porcentajes de O₂ y Si, está compuesta en su mayor parte por Silicatos (SiO₂) como cuarzo, feldespatos plagioclasas, ortosa, biotita y anfíbol. Las cantidades de aluminio y potasio se observan un poco elevadas, como resultado de la presencia de feldespatos plagioclasas (NaAlSi₃O₈), ortosa (KAlSi₃O₈), anfíboles (que se componen de Al, Na, Si, O, entre otros) y biotita (K(Mg,Fe)₃AlSi₃O₈(OHF)₂). Indicándonos la presencia de una roca de granito.

Por lo que respecta a la muestra del material pétreo de San Carlos está formada en su mayor parte por piroxeno, los cuales son silicatos que a su vez contienen Mg o Fe, también en este caso hay Fe, en pocas cantidades de feldespatos plagioclasas ricas en calcio (CaAl₂Si₂O₈) y olivino (Mg,Fe)₂ SiO₄. Los resultados nos indican la presencia de una roca basáltica.

ELEMENTO Wt%	Muestra San Juan de Ulúa	Muestra San Carlos
Si	30.43	22.19
Ti	0.95	1.67
Al	9.10	11.53
Fe	1.62	5.33
Mg	0	0.27
Mn	0.08	0
Ca	0.43	10.46
Na	0.28	0.44
K	10.75	3.08

P	0	0
S	0	0.68
O	46.36	44.34
COMPUESTO Wt%		
SiO₂	65.10	47.46
TiO₂	1.59	2.79
Al₂O₃	17.19	21.79
FeO	2.08	6.86
MgO	0	0.45
MnO	0.1	0
CaO	0.6	14.64
Na₂O	0.38	0.59
K₂O	12.95	3.71
P₂O₅	0	0
SO₃	0	1.70

Tabla 10. Porcentajes de elementos contenidos en las muestras de los monumentos históricos determinados por Microscopia Electrónica de Barrido (Microanálisis de Rayos X)

CONCLUSIONES

Después de haber realizado la investigación sobre el material pétreo presente en la construcción de las fortalezas abaluartadas que forman parte del Camino Real de Veracruz-Perote-México, se realizó un recorrido sobre las fortificaciones veracruzanas más importantes como San Juan de Ulúa y San Carlos surgidas en los Siglos XVI-XVIII de la época colonial, para obtener las muestras con el objetivo de realizar un diagnóstico para determinar su composición y grado de deterioro para su conservación.

Es importante utilizar las técnicas analíticas que empleamos para cada muestra de material para analizar confirmar los resultados en cada una de las muestra de los monumentos históricos lo cual nos llevó a los siguientes resultados para poder proponer un diagnóstico de conservación y restauración.

Por la técnica de PIXE se pudo observar la presencia más frecuente de los elementos Ca, K y Cl en la Fortaleza de San Juan de Ulúa, y en San Carlos K, Ca y Fe, son los componentes con mayor proporción, otros elementos presentes a causa de exposición a agentes contaminantes se encontraron en San Juan de Ulúa Cl, Br y Pb y en la Fortaleza de San Carlos la presentación de Fe, Br y Pb.

Con la Técnica de Difracción de Rayos X (XRD) y Fluorescencia de Rayos X (XRF), deducimos la presencia en San Juan de Ulúa del mineral Cuarzo, Albita y Flagopita y en San Carlos se encontraron anortita, albita, sanidina, hiperstena y tridimita.

Por las Técnicas de Luz Polarizada y Microscopia Electrónica de Barrido (SEM) los resultados nos indican la presencia de Granito en la banqueta del Muro de las argollas de San Juan de Ulúa en el la Fortaleza de San Carlos se utilizó la roca de Basalto para su construcción.

Es importante la necesidad de fortalecer los conocimientos de los veracruzanos con el propósito de incrementar la cultura general integral a cada ciudadano para garantizar el respeto y protección por cada monumento histórico que integra el Camino Real el cual tiene un alto valor para la historia de México.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanes, Tamara y Herrera, Pedro A. (1985) Las Fortificaciones Españolas en el Caribe y el Golfo de México en el S. XVI. *Estudio tipológico en la revista biblioteca nacional José Martí* no. 3, La Habana, Cuba. pp. 123-149.
- Calderón Quijano, José Antonio. (1984) Historia de las Fortificaciones de la Nueva España. Consejo Superior de la Investigación Científica de Madrid, Madrid, España.
- Informe técnico. Dirección General de Oceanografía Naval. (1994) Los Corales Escleractinos de la Fortaleza de San Juan de Ulúa, Ver. Instituto de Investigación de Oceanografía del Golfo de México. Departamento de Oceanografía Biológica y Química Veracruz. Veracruz, México.
- Pineda Campos, Dolores, Coordinadora. (1998) I Taller Internacional de Forum UNESCO “Proyecto de Restauración de la Fortaleza de San Juan de Ulúa”, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Sánchez Lamego Miguel. (1997) *El Castillo de San Carlos de Perote*. México. Colección Suma Veracruzana. pp. 11-26.
- Zapatero, Juan Manuel. (1978) Fortificaciones Abaluartadas en América, Instituto de Cultura Puerto Riqueña, San Juan, Puerto Rico.