



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI INGEGNERI



# History of Engineering

International Conference on History of Engineering  
Atti del VIII Convegno di Storia dell'Ingegneria

*Naples, 2020 December 11<sup>th</sup>*

volume II



# History of Engineering Storia dell'Ingegneria

Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference  
Atti dell'8<sup>o</sup> Convegno Nazionale

Naples, 2020

Volume I

Editors

Salvatore D'Agostino, Francesca Romana d'Ambrosio Alfano



First edition: april 2020  
Prima edizione: aprile 2020



© 2020 Cuzzolin S.r.l.  
Traversa Pietravalle, 8 - 80131 Napoli  
Telefono +39 081 5451143  
Fax +39 081 7707340  
cuzzolineditore@cuzzolin.it  
www.cuzzolineditore.com

ISBN 978-88-86638-87-6

All rights reserved  
No part of this publication may be reproduced or transmitted  
in any form or by any means, including recording or photo-  
copying, without permission of the publisher

Tutti i diritti riservati  
Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta o  
trasmessa in alcuna forma o con alcun mezzo, compresa la regi-  
strazione o le fotocopie, senza il permesso dell'editore

Editorial Office / Redazione:  
MAURIZIO CUZZOLIN

Printing / Stampa:

## Summary / Sommario

### Volume 1

#### *Preface/Prefazione*

SALVATORE D'AGOSTINO

XIII

#### *Ricordi*

In ricordo di *Vito Cardone*

SALVATORE BARBA, BARBARA MESSINA

XVII

In ricordo di *Gennaro Improta*

GIUSEPPE BRUNO

XIX

#### Invited lectures / Relazioni a invito

*La sfida dell'energia del futuro: Clean Energy For All. Riflessioni su energia e democrazia*

LIVIO DE SANTOLI

3

*20 luglio 1969: il primo uomo sulla Luna. L'evento e le sue ricadute*

MARIO CALAMIA, GIORGIO FRANCESCHETTI, MONICA GHERARDELLI

15

## **HISTORY AND SCIENCE OF ENGINEERING STORIA E SCIENZA DELL'INGEGNERIA**

*La Collaborazione Internazionale in Campo Scientifico: il caso della F.T.C.*

LUCIANO DE MENNA

31

*Pozzuoli: terremoti e fenomeni vulcanici nel lungo periodo. Limiti della definizione attuale di pericolosità*

EMANUELA GUIDOBONI

45

*Ingegneria strutturale e conservazione del patrimonio architettonico*

SALVATORE D'AGOSTINO

63

*Sostenibilità del vincolo geotecnico nella storia dei monumenti*

RUGGIERO JAPPELLI, VALENTINA JAPPELLI

77

*Duecento anni di chimica nella Scuola d'Ingegneria di Napoli. Parte seconda: Dalla chimica degli "assaggi" alla scienza e tecnologia dei materiali*

CARMINE COLELLA

89

*Mathew Baker (1530–1613) e la nascita dell'ingegnere navale*

CLAUDIA TACCHELLA

101

<i>Storia del termometro per le misure ambientali: dai termoscopi ai sensori elettronici</i>	113
MATTEO DE VINCENZI, GIANNI FASANO	
<i>Le camere anecoiche acustiche: albori e sviluppi</i>	127
CARMINE IANNIELLO	
<i>Dagli archivi in rete al museo diffuso dell'ingegneria: il fondo del Genio Civile di Verona e la sua valorizzazione</i>	137
ANGELO BERTOLAZZI, LUIGI STENDARDO	
<i>Tecniche costruttive storiche diffuse nelle Quattro Province: un progetto colto di organizzazione del territorio</i>	147
VALENTINA CINIERI, GIACOMO A. TURCO	
<i>Storia dell'industria del gas a Napoli</i>	159
ANDREA LIZZA	

## SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL EVOLUTION EVOLUZIONE SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

<i>Le reti di distribuzione di acqua potabile in epoca romana. Fistule ritrovate e quantità d'acqua erogata in due case pompeiane</i>	173
MARIA CARMELA MONTELEONE	
<i>Antichi testi di Meccanica, nuovi ritrovamenti. La Majmu'a (Raccolta) n° 197 di Tehrān</i>	189
GIUSEPPINA FERRIELLO	
<i>Sir Robert Seppings (1767–1840): l'invenzione nella tecnica e l'arte della costruzione navale</i>	203
MASSIMO CORRADI	
<i>Appunti per l'arte del costruire: postille ai quattro libri dell'Architettura di Andrea Palladio</i>	219
SALVATORE D'AGOSTINO	
<i>L'evoluzione dei sistemi di copertura a grande luce in Italia dal XVII al XIX secolo</i>	237
LUCA GUARDIGLI, DAVIDE PRATI	
<i>"Sketchbook on military art". Un compendio tra cultura tecnica e ibridazione artistica nell'Europa del XVII secolo</i>	251
CONSUELO GOMEZ LOPEZ	
<i>Ingegneria dell'emergenza: ponti portatili "made in Italy" (1876-1945)</i>	265
ILARIA GIANNETTI	
<i>The double-curvature shell of the Musmeci's bridge</i>	277
FRANCESCO MARMO, CRISTOFORO DEMARTINO, DAVIDE PELLECCIA, MASSIMO PARADISO, NICOLÒ VAIANA, SALVATORE SESSA, LUCIANO ROSATI	

<i>Storia della Statica dello Strallo e sua interazione con la costruzione dei ponti strallati in acciaio</i>	287
MARIO COMO	
<i>Rigidità dello strallo in c.a.p.</i>	299
MARIO COMO	
<i>La sicurezza antincendio negli edifici pregevoli per arte e storia</i>	309
ANNA NATALE, ETTORE NARDI, GABRIELLA VALENTINO	
<i>Macchine e uomini della refrigerazione</i>	319
CARMINE CASALE	
<i>I nuovi materiali da costruzione prodotti e diffusi in Italia negli anni Trenta</i>	333
FRANCESCO SPADA	
<i>La costruzione a secco nel dibattito sulle tecniche costruttive in Italia nel secondo dopoguerra. Note sull'attività della rivista "Cantieri" (1946-50)</i>	345
LAURA GRECO	
<i>Some considerations about the role of the historical drawings on the modern design</i>	355
CARLO E. ROTTENBACHER, EDOARDO ROVIDA	

## **ORIGINS AND TRAINING OF ENGINEERS ORIGINI E FORMAZIONE DELL'INGEGNERE**

<i>Alluvioni, esondazioni, impaludamenti: costruire e coltivare in paesaggi fragili. Alcuni esempi dall'antichità: Paestum e Velia</i>	367
GIOVANNA GRECO	
<i>Lagune e agricoltura. Vivere e coltivare in paesaggi fragili: tra Cuma e Metaponto</i>	383
GIOVANNA GRECO	
<i>Archimede e il sistema di caricamento della balista da un talento utilizzata nella fortezza dell'Eurialo di Siracusa</i>	393
UMBERTO DI MARCO, PIER GABRIELE MOLARI	
<i>Terme di Caracalla, misura e calcolo per la conservazione</i>	409
MARIA LETIZIA CONFORTO	
<i>Le opere di ingegneria nell'antichità. L'esempio dell'Appia</i>	421
GIULIANA TOCCO SCIARELLI	
<i>Le scale impiegate nell'arte bellica per superare le mura nemiche: dai Romani al Rinascimento</i>	435
PIER GABRIELE MOLARI, ROSANNA DI BATTISTA	
<i>Il paesaggio a nord di Neapolis: la necropoli ellenistica e l'acquedotto del Serino. Il racconto con le moderne tecnologie</i>	449
FEDERICO CAPRIUOLI, FRANCESCO COLUSSI, CARLO LEGGIERI	

<i>Un criterio di classificazione di imbarcazioni di interesse archeologico, storico o etnografico</i>	463
LUIGI OMBRATO, CLAUDIO PENSA, VINCENZO SORRENTINO, CHIARA ZAZZARO	
<i>La carpenteria litica nell'Hawrān siro-giordano</i>	475
LUIGI MARINO, MASSIMO COLI	
<i>Analogie fra i ceri di Gubbio e alcune antiche macchine belliche, in particolare con quella che produceva il fuoco greco: lume della fede e spirito guerriero</i>	487
VINCENZO AMBROGI, PIER GABRIELE MOLARI	
<i>Il 'Codice Tarsia' nella Biblioteca Nazionale di Napoli: metodi e linguaggi per l'architettura e l'ingegneria del Mezzogiorno nel Cinquecento</i>	499
ALFREDO BUCCARO	
<i>Cultura e formazione degli ingegneri. Studi ottocenteschi intorno a Leonardo da Vinci</i>	511
ELENA GIANASSO	
<i>La formazione "ambientalista" dei giovani ingegneri nell'Ottocento borbonico</i>	523
GIUSEPPE FOSCARI	
<i>L'insegnamento dell'architettura agli ingegneri a Pavia dall'Unità d'Italia alla fine dell'Ottocento</i>	531
EMANUELE ZAMPERINI	
<i>"Protagoniste invisibili": le donne nell'ingegneria dal XIX secolo a oggi</i>	545
FRANCESCA ROMANA D'AMBROSIO ALFANO, MARIA ROSARIA PELIZZARI, DANIELA PEPE	
<i>Tecniche Sapiienti. Una storia al femminile della Facoltà di Ingegneria di Roma Sapienza (1910-1969)</i>	559
CHIARA BELINGARDI, CLAUDIA MATTOGNO	
<i>Università, Ingegneria e quadri tecnici: 60 anni di politica incerta con ritardi e carenze nel Mezzogiorno. Quale formazione nel futuro?</i>	571
UMBERTO RUGGIERO, FRANCESCO RUGGIERO	

Volume 2

**WORKS AND PROTAGONIST BETWEEN ANCIENT AND MODERN  
LAVORI E PROTAGONISTI TRA ANTICO E MODERNO**

<i>Concrete bridge heritage in Italy: the role of Riccardo Morandi</i> ENZO SIVIERO, MICHELE CULATTI, ALBERTO ZANCHETTIN	589
<i>Sir Nigel Gresley e la leggenda del Flying Scotsman</i> ANDREA LIZZA	601
<i>Francesco Del Giudice, ingegnere Direttore della Compagnia dei Pompieri di Napoli nel 1800. Comandante, scienziato, innovatore e docente</i> MICHELE MARIA LA VEGLIA, CARMINE PICCOLO	611
<i>L'ingegnere Ernesto Besenjanica e la Ferrovia Adriatico-Sangritana</i> CATERINA SERAFINI, VINCENZO DI FLORIO	621
<i>Itinerari digitali tra carte e disegni del patrimonio dell'archivio Porcheddu. Le pratiche delle opere torinesi nel periodo 1894-1927</i> GIUSEPPA NOVELLO, MAURIZIO MARCO BOCCONCINO	633
<i>Gli ingegneri Inverardi nell'edilizia scolastica nel corso del Novecento in Abruzzo</i> SIMONETTA CIRANNA, FRANCESCA GEMINIANI, MARCO FELLI	647
<i>Gli ingegneri e la rappresentazione grafica dei territori nell'Ottocento</i> LIA MARIA PAPA	661
<i>Il Castello di Ischia nel disegno dell'ingegnere regio Benvenuto Tortelli. Architettura e ingegneria al servizio delle difese del Regno di Napoli alla fine del Cinquecento</i> FRANCESCA CAPANO	671
<i>Da bóveda estrellada a cupola di rotazione. Le peculiarità della grande volta della Sala dei Baroni in Castel Nuovo</i> MARIA TERESA COMO	681
<i>Il restauro della Cappella della Sindone di Torino</i> GENNARO MICCIO	691
<i>I "mulini reali" di Caserta. Nuove acquisizioni e strategie di conservazione e riuso</i> RAFFAELE AMORE, MARIANGELA TERRACCIANO	705
<i>Lo sviluppo dei bacini idroelettrici in Alta Valtellina (1906-1960)</i> STEFANO MOROSINI, ANDREA SILVESTRI, FABRIZIO TRISOGLIO	719
<i>Protagonisti politecnici di AEM in Alta Valtellina</i> STEFANO MOROSINI, ANDREA SILVESTRI, FABRIZIO TRISOGLIO	733
<i>Gli "edifici baraccati" nel territorio di Cosenza dopo il terremoto del 1905</i> VALENTINA GUAGLIARDI	743



<i>Il Magazzino juta e cotone nel Porto di Napoli. Uno dei primi edifici in cemento armato realizzati a Napoli</i>	755
GIACOMO RASULO, ALESSANDRO RASULO	
<i>1905: l'arrivo dell'energia elettrica a Pavia e la centrale realizzata sulla riva del Naviglio Pavese</i>	767
FRANCESCO BIANCHI	
<i>Tra architettura militare e architettura: la sala d'armi di Capua</i>	777
MARIA GABRIELLA PEZONE	
<i>Recupero e riuso delle tipologie specialistiche dell'architettura italiana del Novecento. Il caso dell'Orfanotrofio Don Minozzi ad Antrodoto</i>	791
ALESSANDRA BELLICOSO, ALESSANDRA TOSONE, FEDERICA TEDESCHINI	
<i>La gestione delle risorse idriche nelle città di Cusco e Lima in epoca coloniale</i>	803
CLAUDIO MAZZANTI, ADRIANA NORA SCALETTI CARDENAS	
<i>Linee ferrate dismesse. La ferrovia del Vallo di Diano Sicignano degli Alburni-Lagonegro</i>	817
FEDERICA RIBERA, PASQUALE CUCCO	
<i>Le case dell'Opera Valorizzazione Sila, patrimonio edilizio storico della Calabria del Novecento</i>	829
ALESSANDRO CAMPOLONGO	
<i>Gli edifici scolastici a Catania dall'Unità nazionale alla seconda guerra mondiale: schema distributivo, stili architettonici e tecniche costruttive</i>	843
DOMENICO GIACCONE	
<i>Per la nuova sede del Politecnico di Torino: studi, progetti, realizzazione (1939-1958)</i>	855
MARGHERITA BONGIOVANNI, MARIANNA GAETANI	
<i>Variations on the theme of Plattenbau Heavy prefabrication and total industrialisation in the experience of the Göhner housing estates in Switzerland (1966-1979)</i>	869
GIULIA MARINO	
<i>Un'opera di Samu Pecz: la Boiler House dell'Università di Tecnologia ed Economia a Budapest</i>	881
FEDERICA RIBERA, ROSSELLA DEL REGNO, FLORA ARRICHIELLO	
<i>I grattacieli italiani. La trasposizione di una tipologia</i>	895
SIMONA TALENTI, ANNARITA TEODOSIO	
<i>Street architecture: l'infrastruttura come spazio della città e del paesaggio</i>	905
ALESSANDRA COMO, LUISA SMERAGLIUOLO PERROTTA	
<i>Il Nucleo NBCR dei Vigili del Fuoco: una storia recente</i>	915
MICHELE MARIA LA VEGLIA	
<i>Author Index / Indice degli Autori</i>	921

## *La gestione delle risorse idriche nelle città di Cusco e Lima in epoca coloniale*

### *Abstract*

After the conquest of Peru, the Spaniards decided to move the capital city of the Viceroyalty from Cusco to Lima. Until that time Cusco, the capital of the Inca empire, already had a strongly consolidated urban conformation; Lima, instead, a city of new foundation, was preferred above all for its proximity to the port of Callao. Both towns have been characterized by the construction of important structures for the management of the rivers, which have allowed the relevant building development in the following centuries. The aim of the study is to compare the progress of engineering culture in the two great Peruvian cities, in the colonial era; the historical importance of the management of water courses for the creation of public fountains and other utilitarian equipment must be highlighted, verifying above all to what extent this, after the great earthquakes of Cusco in 1650 and of Lima in 1745, conditioned the phases of the reconstruction and made possible the construction of extraordinary architecture.

### *Introduzione*

#### *Sistema urbano, gestione e distribuzione dell'acqua a Cusco*

Questo studio confronta i progressi della cultura tecnica nella gestione delle risorse idriche a Cusco e a Lima<sup>1</sup>, le principali città del Perù antico e moderno; vengono considerate le importanti opere ingegneristiche realizzate a partire dalle prime fasi del periodo coloniale per la canalizzazione e il superamento dei corsi d'acqua, dando continuità alle esperienze maturate dai popoli precolombiani; tali infrastrutture hanno permesso, fino ad oggi, un rilevante sviluppo urbano di tali località.

Lima, di nuova fondazione, dopo la conquista da parte degli spagnoli nella prima metà del XVI secolo, divenne sede del potere vicereale sostituendosi all'impero incaico, del quale Cusco era stata l'antica capitale; quest'ultima, perciò, aveva già una struttura urbana fortemente consolidata, risultato dei cambiamenti avvenuti soprattutto nel secolo precedente durante il regno di Pachacútec, nono sovrano Inca.

L'assetto di Cusco all'arrivo di Pizarro e delle sue truppe era definito secondo uno schema pressoché ortogonale, indipendente dalla conformazione del suolo; nel caso di forte pendenza, infatti, esistevano percorsi anche molto ripidi, ma con andamento

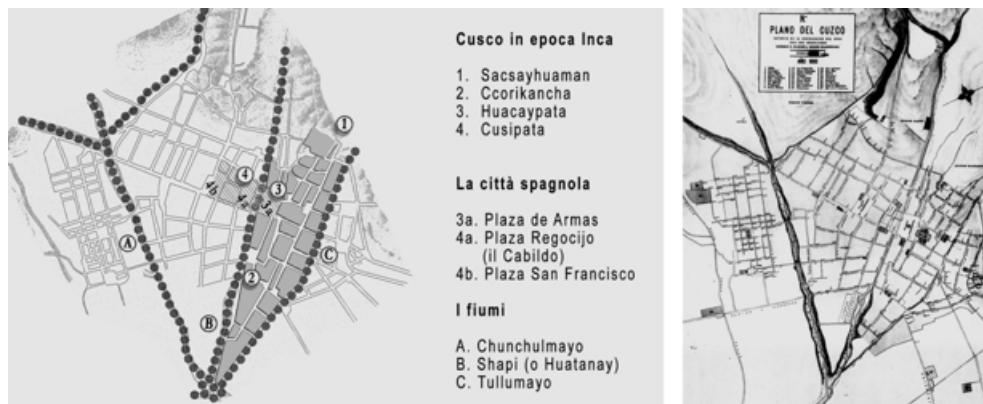


Fig. 1 – Cusco, la città in rapporto ai fiumi. A sinistra: planimetria al momento della Conquista (disegno CM); a destra: rilievo del 1900 (Biblioteca Nacional Argentina).

rigorosamente rettilineo (Hardoy, 1987). La particolare morfologia del sito rendeva necessaria un'accurata regolamentazione delle acque; l'impianto cittadino veniva infatti fortemente condizionato dalla presenza dei corsi d'acqua, soprattutto i fiumi Chunchulmayo, Saphi - o Huatanay - e Tullumayo, in Figura 1.

La presenza dei fiumi ha continuato a condizionare la città fino all'inizio del XX secolo, come si può verificare nella mappa del 1900, a destra della stessa Figura 1. Tra i corsi d'acqua si estendeva l'antico insediamento incaico, affacciato su un'ampia zona sacra ineditata che, quasi pianeggiante, era delimitata dagli opposti versanti decisamente scoscesi; per le sue eccezionali dimensioni, pari a circa 10 ettari, appariva coerente con la percezione tipica della cultura andina del paesaggio illimitato e del rapporto tra il territorio e la città. La spianata, attraversata dal fiume Saphy, risultava divisa in due zone, entrambe destinate a cerimonie religiose, feste popolari e adunate collettive (Joyce Christie et al., 2016); la porzione a est, contigua all'abitato preispanico, era chiamata Huacaypata; l'altra a ovest, il Cusipata, si estendeva in origine nel mezzo di un vasto pianoro a uso agricolo. L'organizzazione spaziale del sistema urbano prevedeva anche la regolarizzazione dei canali idrici e dei suoli fortemente in pendio, tramite la costruzione di massicci muri di sostegno del terreno per ricavare un insieme di piattaforme gradonate, le *andenes*, tutt'intorno all'area edificata, con scopi agricoli (Angles Vargas, 1983). La struttura precolombiana influenzò il nuovo impianto insediativo spagnolo, predisposto secondo i canoni del Vecchio Mondo tramite strade a scacchiera che definivano isolati pressoché equivalenti tra loro; lentamente l'architettura coloniale iniziò a sovrapporsi a quella incaica, con nuovi palazzi innalzati sulle mura già esistenti, usate come strutture di fondazione. La grande superficie sacra venne frazionata attraverso l'interposizione di nuovi blocchi edilizi ed ebbe così origine un complesso di poli pubblici non lontani tra loro:

L'Huacaypata divenne la Plaza de Armas spagnola, piazza maggiore, edificata su tutti i quattro lati, quasi quadrata: qui le strutture murarie preispaniche, ancora riconoscibili, confermano che il suo perimetro coincide, per la maggior parte, con l'originario impianto risalente a Pachacútec. L'altra porzione, il Cusipata, fu divisa in due piazzali: in quello più lontano dalla piazza maggiore s'insediò il convento di San Francisco, da cui la denominazione della piazza; tra questa e la Plaza de Armas, nella Plaza Regocijo fu innalzato il Cabildo, sede dell'amministrazione pubblica. L'espansione spagnola della città, tra i fiumi Saphy e Chunchulmayo, ebbe inizio verso la seconda metà del XVI secolo, a partire dai terreni agricoli contigui all'antica superficie sacra; Cusco iniziò rapidamente a crescere con l'aggiunta di nuovi isolati, sempre di forma regolare. La possibilità di avere punti di facile approvvigionamento dell'acqua sfruttando la pendenza dei versanti naturali è stata da subito uno dei principali propositi del governo vicereale (Viñuales, 2004): il 31 agosto del 1548, il Cabildo ordinò che l'acqua del fiume Tullumayo fosse portata nel grande spazio libero degli inca, lo Huacaypata, ancora immutato; nel medesimo luogo, lo stesso anno, sul lato opposto al sito dove si stava iniziando a fabbricare la Cattedrale, venne autorizzata anche la costruzione di alcuni isolati, proprio al di sopra del Saphy; i nuovi edifici, dotati di portico sul fronte principale, completavano il perimetro della Plaza de Armas. Il fiume, con la realizzazione di un fossato rettilineo e privo di copertura, era già stato incanalato dall'epoca incaica; in alcune occasioni speciali venivano collocate, tra le due sponde, grandi lastre di pietra monolitiche: strutture provvisorie che unificavano lo spazio urbano, permettendo di scavalcare il corso d'acqua (Cornejo Buroncle, 1960). Le case costruite dagli spagnoli sul Saphy hanno avuto, nel corso dei secoli, diversi problemi di tipo strutturale, in quanto i muri poggiano su grandi archi di scarico così da permettere lo scorrimento sottostante dell'acqua.

I conquistatori s'insediarono nelle zone più centrali e prestigiose della città, così i nativi, gli abitanti originari, dovettero spostarsi in aree lontane dall'antico nucleo aristocratico, nei cosiddetti *barrios de indios*: nuovi agglomerati più umili, sorti attorno ad alcune chiese, come San Cristobal, San Blas e San Pedro. Tali zone sono state sin dalle origini caratterizzate dal problema del ruscellamento negli stretti vicoli rettilinei e in forte pendenza, con il deflusso vorticoso dell'acqua piovana in occasione dei nubifragi tipici della stagione estiva: fenomeno denominato *lloclla* nella lingua quecha degli inca, che in spagnolo diventa *avenidas de agua*<sup>2</sup>.

Insieme al problema, ancora attuale, della gestione dei fenomeni meteorici, c'era in passato quello della fornitura idrica, risolto inizialmente tramite fonti d'acqua collettive per usi domestici e per i cantieri edili avviati con la rifondazione della città coloniale. Tradizionalmente, le comunità religiose disponevano di fontane, messe a disposizione anche del vicinato, come uno dei servizi dati dal convento alla comunità parrocchiale; ugualmente c'erano forniture idriche pubbliche, gestite direttamente dal Cabildo, che si trovavano in piazze o in luoghi di facile accesso.

Nel 1567, per la prima volta fu autorizzata la deviazione di un corso d'acqua, una derivazione del Tullumayo, per convogliarlo verso un terreno privato<sup>3</sup> il cui proprietario era Juan de Salas, in quel momento uno dei principali personaggi di Cusco, fiduciario del viceré Francisco de Toledo<sup>4</sup>; per di più doveva trattarsi quasi certamente di un semplice canale d'irrigazione, mentre solo molto più tardi la possibilità di avere una fornitura diretta d'acqua venne concessa anche ad alcune abitazioni private (Gutierrez, 1981). Nel 1571, il viceré Toledo ordinò di convogliare verso Cusco un abbondante corso d'acqua da Chinchero, località distante diversi chilometri dalla città, utilizzando un canale idrico appositamente scavato e realizzando così un'infrastruttura permanente; tale condotta terminava in Plaza San Francisco, dove venne costruita una *caja de agua*, serbatoio per mezzo del quale avveniva poi la distribuzione, rendendo così possibile un'iniziale fornitura nella città. La corrente proseguiva tramite un ulteriore ramo dell'acquedotto per raggiungere, infine, la Plaza de Armas, dove alimentava un'altra fonte pubblica (Viñuales, 2004). Due anni dopo, a Hipocahua cominciò la costruzione di una prima cisterna di maggiori dimensioni, non distante dal centro abitato e profonda undici piedi: sia l'inizio dei lavori, sia l'inaugurazione nel 1583 della relativa infrastruttura a servizio della città, vennero celebrati con solenni festeggiamenti (Esquivel y Navia, 1749). Sempre per volontà del viceré, l'acqua fu convogliata anche da Pitopaccha e, poco dopo, pure da TicaTica, località a pochi chilometri dalla Plaza de Armas (Viñuales, 2004).

Nel 1593, una ulteriore fonte pubblica venne installata nei pressi del convento di Santo Domingo<sup>5</sup>: il contratto prevedeva la realizzazione di un grande contenitore, fabbricato con pietre, mattoni e calce, verso cui convogliare “le tre acque reali”<sup>6</sup>. Nel 1616 fu inaugurata, in Plaza Regocijo, un'altra fontana con due vasche di pietra e un getto centrale che riceveva acqua dalle sorgenti di Ccantoc e di Parhuayo; circa 80 anni dopo, la fontana fu spostata per costruire la Casa de la Moneda (Elorrieta de Aranzabal, 1956).

Nel 1650 Cusco fu l'epicentro di un violento evento sismico: oltre ai crolli dell'edificio, si ebbero anche notevoli ripercussioni nella distribuzione idrica, sia per i cedimenti dei versanti naturali, sia per i danni a condutture e canali; quattro anni dopo il cataclisma furono imposte varie tasse su abbigliamento, vino, peperoncino e carne al fine di raccogliere i 6.000 pesos necessari per riparare gli impianti. In quel periodo fu molto complicato sfruttare i corsi d'acqua, tanto che si dovettero allestire mulini azionati da energie alternative a quella idrica (Esquivel y Navia, 1749). In pochi decenni, però, la città rinacque, con la produzione di un'architettura barocca maestosa, tra le più importanti dell'America Meridionale; meno noto è, in relazione alla ricostruzione, l'uso di ceramiche smaltate, di solito di colore verde, utilizzate per le tubature. Inizialmente, fossati e canali per la distribuzione dell'acqua erano prevalentemente in pietra; poi, proprio nella seconda metà del XVIII secolo, come riscontrato studiando i documenti d'archivio, nonché grazie agli stessi rinvenimenti in occasione di scavi



Fig. 2 – Cusco, memoria delle antiche fontane: a sinistra, la Pila de Arones; a destra, uomini e animali presso una fonte pubblica (da Gutierrez, 1981).

per interventi di restauro, ad esempio quelli per il collegio di San Bernardo nel 1975, è stato possibile verificare che era ormai comunemente diffuso l'uso delle condutture in terracotta, con superficie interna impermeabile, per far scorrere l'acqua al di sotto delle strade o dei marciapiedi; tali tubature potevano servire strutture e luoghi pubblici, come negli esempi delle immagini in Figura 2, ma perfino alloggi privati<sup>7</sup>.

Tuttavia, la gestione dei flussi d'acqua continuò a essere problematica. Una planimetria rinvenuta nel convento della Merced documenta la zona urbana circostante a sud del medesimo insediamento religioso, nel 1737; viene rappresentato anche un vicolo nel quale, a cielo aperto, defluivano gli scarichi fognari dei conventi di San Francesco e Santa Clara, nonché delle abitazioni degli isolati adiacenti: in quel periodo, le acque di scolo erano prosciugate, tanto che nella didascalia corrispondente c'è scritto che "è un grande letamaio con molte buche" (Viñuales, 2004).

Un'altra rappresentazione della fine del XVII secolo, in Figura 3, testimonia, invece, il crollo di un aggregato edilizio nella zona di Cancharani, *barrio de indios* limitrofo alla parrocchia di Santiago, a seguito di straordinari fenomeni meteorici e, pertanto, l'insorgere o l'aggravarsi di seri problemi di tipo idrogeologico. Dopo il lungo periodo di incuria del XIX secolo, nei primi decenni del secolo seguente il sistema urbano iniziò ad essere oggetto di interventi di rigenerazione. La mappa del 1900 in Figura 1, già citata, mostra un preciso rilievo della città, fatto per conoscere il tragitto dei corsi d'acqua. Nel 1920, contestualmente all'approvazione di un piano per il rinnovamento della viabilità, si pensò di programmare anche un intervento sistematico sulla rete idrica sotterranea. Nel decennio seguente iniziarono i preparativi per la commemorazione del IV Centenario della fondazione spagnola di Cusco; tuttavia, soltanto a partire dal 1940 si poterono realmente avviare importanti lavori di urbanizzazione, con la pavimentazione di molte strade all'epoca ancora in terra



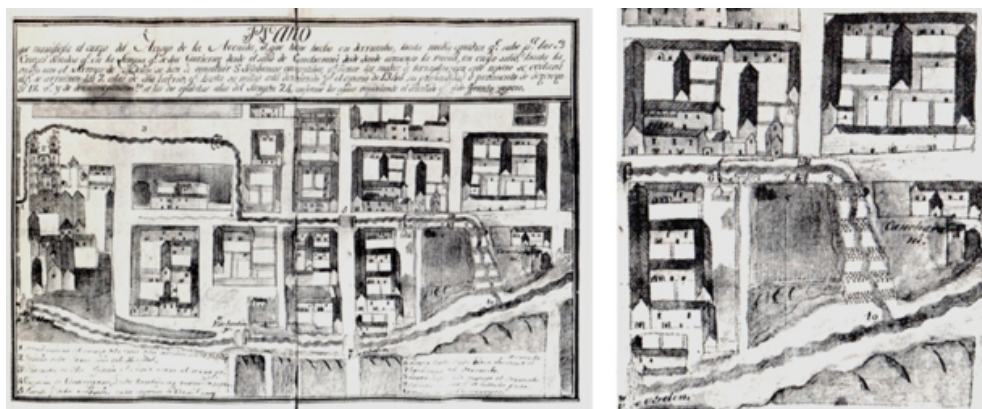


Fig. 3 – Cusco. A sinistra: mappa della zona di Cancharani, alla fine del XVIII secolo; a destra: dettaglio della stessa mappa, con in evidenza la rappresentazione dei crolli in un isolato per dissesto idrogeologico (Archivo Departamental Cusco).

battuta; al contempo, furono incrementati altri servizi funzionali alla residenza, tra i quali l’approvvigionamento idrico, e si procedette a migliorare oltre che, in alcuni casi, a ultimare le opere di canalizzazione e copertura dei fiumi che fino all’inizio del secolo ancora dividevano in più settori il centro storico (Calvo e Huerta, 2013).

Prima dell’altro grande sisma del 1950, lo sviluppo del turismo iniziò ad avere risvolti decisamente positivi sull’economia della città (Villegas 1990); in questo periodo il centro abitato conobbe la maggiore densità abitativa di sempre (Samanez, 2012), tanto che iniziò una forte espansione verso ulteriori zone di urbanizzazione; contemporaneamente, però, aumentò in modo incontrollato anche il fenomeno dell’occupazione degli antichi edifici coloniali, sebbene ancora privi di servizi igienici e del tutto inadatti ad alloggiare tali quantità di abitanti (Azevedo, 1982). In occasione della ricostruzione post-sisma e a seguito dei più recenti progressi tecnici, la distribuzione domestica dell’acqua è diventata di uso comune, tuttavia le fonti pubbliche hanno continuato ancora ad essere utilizzate per vari scopi, anche per servire i mercati all’aperto; oggi invece, con la prevalenza delle attività turistiche e ricettive nel centro della città, conservano quasi solo una funzione ornamentale.

#### *La gestione idrica nella Lima vicereale*

La scelta della valle del Rímac come sito per la fondazione spagnola, nel 1535, della città de *Los Reyes*, ovvero Lima, fu dovuta a molteplici fattori, uno dei quali, non l’unico, era la relativa vicinanza al Pacifico, a circa sei chilometri di distanza. La zona che la metropoli occupa attualmente era già popolata in età preispanica, quando esistevano insediamenti anche grandi e importanti, per esempio i complessi di Maranga

o Armatambo, nell'attuale quartiere di Chorrillos. Sull'area dove gli spagnoli pianificarono la fondazione della città dei viceré, presso il fiume Rimac, sorgeva l'insediamento indigeno governato da Taulichusco, il quale controllava due delle dodici prese d'acqua che, fin dall'epoca della cultura Ichma, avevano permesso l'afflusso idrico nei canali che, successivamente, vennero inclusi nel perimetro urbano della capitale del Perù. I più antichi *Libros del Cabildo de Lima*, i registri del Consiglio Comunale indicati nel seguito come LCL, e in particolare i documenti LCL 13-I e LCL 18-I, del 1535, confermano all'epoca della nascita della nuova capitale spagnola l'esistenza di questo sistema di irrigazione e lo enfatizzano come uno dei fattori più importanti per la fondazione proprio in quel luogo (Cogorno, 2015). Gli stessi argomenti vengono riferiti anche da viaggiatori e cronisti dell'epoca oltre che dei secoli successivi, come Cieza de León (1553), Acosta (1590), Cobo (1639), León Portocarrero (1620) e, nel XIX secolo, Raimondi (1826) e Middendorff (1895), tutti ugualmente impressionati dall'abbondanza di risorse idriche per una città fondata, invece, in una zona di natura desertica. È quindi possibile affermare che se gli abitanti preispanici della valle potevano disporre dell'acqua per molteplici usi, ciò fu reso possibile sempre grazie ai loro continui sforzi per modificare le condizioni dell'ambiente<sup>8</sup>; allo stesso modo, si può comprendere come i conquistatori spagnoli, stabilendo la loro nuova sede del potere a Lima, si avvantaggiarono delle esperienze pregresse e cercarono di mantenere un sistema che già dimostrava di poter funzionare.

Tra i canali in attività all'arrivo degli europei, il più importante era quello di Surco, che ancora oggi varca la città, come mostrato in Figura 4, attraversando



Fig. 4 – Lima, il canale di Surco nella zona di San Borja, stato attuale (foto ASC).



i distretti di Ate, Santa Anita, El Agustino, La Molina, Monterrico, San Borja, Miraflores, Barranco, Chorrillos e, infine, la zona paludosa di Villa (Cogorno e Ortiz de Zevallos, 2018); tale corso era quello che, sin da allora, aveva il maggiore volume d'acqua. Un altro grande canale, quello di Ate, si congiungeva a quello di Surco dopo aver bagnato le aree di Monterrico e San Borja. Più piccolo, ma decisivo nella storia urbana di Lima, era il canale Huadca, o Huatica; questo, partendo dalla zona di Atarjea e superando una laguna prossima all'insediamento, attraversava la zona centrale della città di Pizarro, raggiungendo le antiche *huacas*<sup>9</sup> di Huallamarca, nella moderna San Isidro, nonché Pucllana e Santa Cruz, a Miraflores, per poi confluire nell'area di Marbella. Altro elemento idrico di assoluto rilievo è il canale detto La Legua. Da tutti questi corsi d'acqua hanno origine anche ulteriori diramazioni naturali minori, così come alcuni dei più rilevanti fossati scavati dall'uomo. Ai canali deve essere aggiunta la presenza di *puquios* o sorgenti sotterranee. A Lima queste aumentavano la possibilità di poter disporre d'acqua, dato che erano comunemente utilizzate dalla popolazione, così come consentivano la coltivazione di ortaggi e altri prodotti agricoli nelle zone periferiche. Tale contesto viene descritto, ad esempio, dal cronista Fray Antonio de la Calancha (1638), il quale sottolinea che esistevano “*altre sorgenti chiamate puquios, con acque copiose che servono alcuni frutteti e fertilizzano i raccolti ...*” (Calancha, 1638). In tempi recenti si è potuto appurare che la falda acquifera della valle del Rímac, prodotta dalle infiltrazioni nelle aree di montagna nonché da quelle lungo il corso dello stesso fiume, è una delle più grandi della regione, con circa 230 km<sup>2</sup> di acque sotterranee (Adams, 1906). Il complesso sistema di gestione delle risorse idriche che gli spagnoli trovarono al loro arrivo, gestito da specifici settori della società indigena<sup>10</sup>, oltre a garantire la fornitura di acqua potabile, per usi igienici e per l'irrigazione dei giardini urbani e rurali, consentì anche la creazione di stabilimenti proto-industriali e officine di vario tipo, necessarie per lo sviluppo della città appena fondata: con l'energia idrica venivano infatti azionati i mulini, le concerie e così via (Cogorno e Ortiz de Zevallos, 2018).

La presenza di canali e pozzi rappresenta anche un valido indicatore per comprendere le fasi di costruzione e occupazione dei lotti negli isolati in cui, sin dall'inizio, venne divisa la città: ad esempio, l'esistenza in passato di un ramo del canale Huatica in corrispondenza dell'attuale via Ancash dimostra come tale strada sia un adattamento alla morfologia naturale del letto del fiume; in questa zona, inoltre, si ha notizia di importanti strutture produttive come il mulino di Santa Clara. Lo stesso accade con il ramo del canale Surco, che riforniva di acqua la zona più elevata del cosiddetto BarriosAltos, un chilometro a est della Plaza Mayor di Lima: la presenza in questa zona della risorsa idrica permise lo sviluppo di un quartiere periferico, il Cercado, destinato alla popolazione indigena. È noto, poi, che gli edifici destinati alla corte vicereale, edificati nei dintorni della Plaza Mayor, poterono

disporre d'acqua solo da quando Pizarro fece realizzare un pozzo e deviare un ramo del Huatica. A partire dal 1535, il sistema idraulico indigeno fu adattato ai concetti urbani d'impronta europea, in funzione delle necessità economiche e dei nuovi usi e costumi della vita quotidiana dei conquistatori.

I cambiamenti nel sistema delle *acequias*, i canali di distribuzione minori, nella città avvennero in vari modi: inizialmente venne regolarizzato l'insieme di corsi d'acqua della fase preispanica, che aveva una gestione particolarmente complessa perché costituito da una fitta trama di fossati tra loro quasi ortogonali, facendoli corrispondere ai tracciati della scacchiera urbana; al modello di utilizzo della risorsa idrica ai soli fini agricoli, vennero aggiunte dagli spagnoli nuove modalità di erogazione, a servizio del centro urbano, che portarono a stabilire tipologie tra loro chiaramente differenziate. La diversificazione dell'uso ha quindi dato origine anche a due distinti sistemi di *acequias*, quelle di natura residenziale e quelle rurali.

Le ordinanze di Cañete e quelle di Toledo del 1577 confermano l'esistenza di questi due sistemi tra loro alternativi (Cogorno, 2015). I materiali preferiti per la costruzione delle *acequias* nelle zone abitate in epoca vicereale erano i mattoni legati con la calce, fabbricati ai margini del centro urbano. Tali *acequias* erano in parte coperte; in alcuni casi venivano perfino incanalate in tubi di terracotta, in particolare quelle situate intorno alla Plaza Mayor: tale importante innovazione è documentata, ad esempio, nel registro LCL 6-VIII-1585, relativo ad alcuni lavori di ristrutturazione di questo importante luogo della città, appunto nel 1585. Già in precedenza, però, erano stati introdotti rilevanti cambiamenti nella gestione della risorsa idrica; ad esempio verso il 1551 fu costruita la prima *caja de agua*, "cassone d'acqua", un serbatoio funzionale per la successiva distribuzione alle *acequias* maggiori e minori, permettendo così la fornitura dell'acqua verso alcune zone della città. La prima di queste "scatole" fu realizzata di fronte all'Ospedale della Carità, nel luogo in cui si trova oggi il Congresso della Repubblica. Non distante da tale luogo, anni dopo fu sistemata anche la *caja* di Santo Tomás, collegata a un acquedotto, come testimoniato dal LCL 6-XII-1591: ciò permise a gran parte degli abitanti della zona di disporre di acqua potabile, evitando di prelevarla direttamente dal fiume o di acquistarla dagli *aguateros*<sup>11</sup>.

Esisteva anche un sistema di fognature: una delle più importanti era di proprietà della famiglia Aliaga, vicino al vecchio ponte dove si trova attualmente il cosiddetto Ponte di Pietra, nell'area della *bocatoma de Lima*, cioè la presa d'acqua maggiore della città, testimoniata dagli LCL 14-I-1555 e 9-VIII-1557. Una seconda fognatura fu abilitata nelle immediate vicinanze dell'Eremo di *La Peña de Francia*, dove successivamente fu fondato il monastero di Santa Clara, alla quale seguirono molte altre, tra cui quella dell'Ospedale per indigeni di Santa Ana, come riportato negli LCL 27-IV-1556, 19-VII-1585 e 8-II-1576. Al fine di preservare la pulizia dell'acqua, si diedero indicazioni sulle aree del fiume nelle quali era consentito lavare i panni o

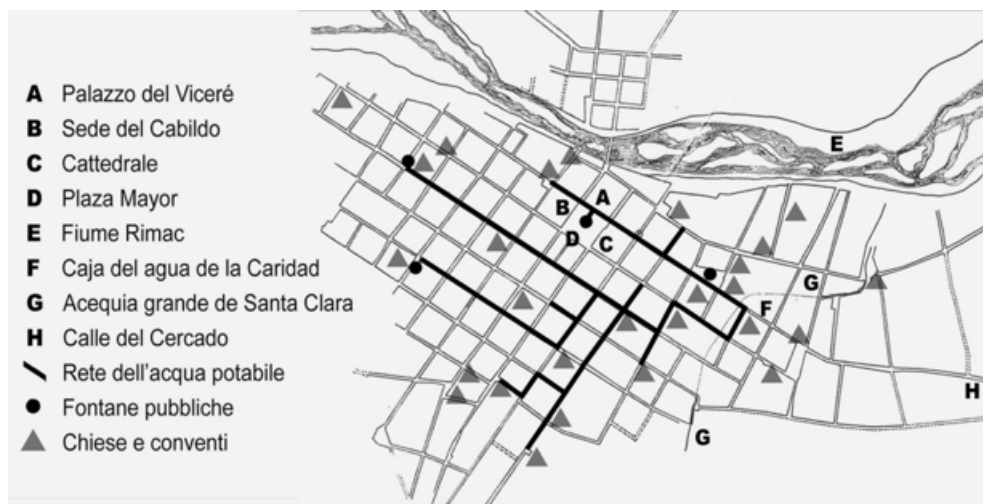


Fig. 5 – Schema urbano di Lima nel 1623, basato sulla mappa intitolata “Padrón de Indios” di Miguel de Contreras, nella Biblioteca Nazionale di Lima (elaborazione ASC).

gettare rifiuti, come ricordato negli LCL 12-VII-1555 e 25-06-1557, principalmente oltre la via del convento di Santo Domingo, in direzione della corrente. I costi di questi servizi e il funzionamento del sistema, in generale, furono sostenuti direttamente dagli abitanti, oltre che dal Consiglio Comunale (Bell, 2016). Alla fine del XVI secolo la città occupava più del doppio dello spazio previsto al momento della fondazione e ospitava 14.262 abitanti (Bromley e Barbagelata, 1955). L’approvvigionamento idrico perciò dovette far fronte a carenze e, soprattutto, necessitava di essere rigorosamente regolamentato. In tale periodo vennero costruiti i *tajamares*, strutture di protezione che dovevano essere rinnovate frequentemente, per le alluvioni stagionali del fiume Rimac, che di solito si verificavano da ottobre ad aprile, il periodo delle piogge nelle Ande (Bell, 2014). Nel XVII secolo furono aggiunte altre condutture pubbliche alle tre sotterranee, istituite nel XVI secolo e tutte provenienti dal serbatoio dell’Ospedale della Carità; alcune erano anche private, come visibile in Figura 5. Per fornire l’acqua pure ai quartieri più lontani, a sud da Plaza Mayor, dove fu realizzata una grande fontana, la rete idrica fu ampliata fino a includere settori come La Merced e Guadalupe, che già da molto tempo avevano bisogno di questo servizio vitale (San Cristóbal, 2005).

I conventi e i monasteri sin dal XVI secolo potevano disporre di collegamenti idrici, esenti da imposte se avessero messo a disposizione del vicinato una fontana di uso pubblico, finanche piccola; dal secolo successivo, proprio a partire dalle citate diramazioni, fu possibile creare nuovi collegamenti privati che resero più

semplice la disponibilità della risorsa idrica, senza dover quotidianamente rifornirsi presso le fonti urbane (Domínguez, 1988). Gabriel Ramón ha anche sottolineato come la stessa disponibilità dell'acqua facesse aumentare il valore di quei lotti, nelle zone urbane, provvisti di connessione alle condutture generali; è possibile, pertanto, riconoscere un'organizzazione sociale dello spazio e un potere economico in funzione di una maggiore qualità della vita (Ramón, 2017). La disponibilità dell'acqua in città fu sempre più necessaria, soprattutto dopo la crescita demografica del Settecento: verso la fine del secolo, nonostante le terribili perdite causate dal grande sisma del 1746, gli abitanti di Lima arrivarono a essere più di 52.000 (San Cristóbal, 2005). Nei primi anni del XIX secolo furono programmate alcune innovazioni nella gestione della rete idraulica, a partire dalle previste riforme borboniche: tra queste, anche se incompiute, il *Paseo de Aguas* nel Rímac e le terme comuni di Piedraliza.

### *Conclusioni*

Con l'Indipendenza, l'organizzazione idrica rimase immutata rispetto alla fase precedente, come mostrato in Figura 6 per Lima; solo all'inizio del XX secolo si assiste a una effettiva modernizzazione degli impianti nelle città peruviane.

La capitale oggi conta dieci milioni di abitanti; pertanto, la gestione della risorsa idrica ha qui raggiunto livelli di complessità inimmaginabili all'epoca della fondazione.

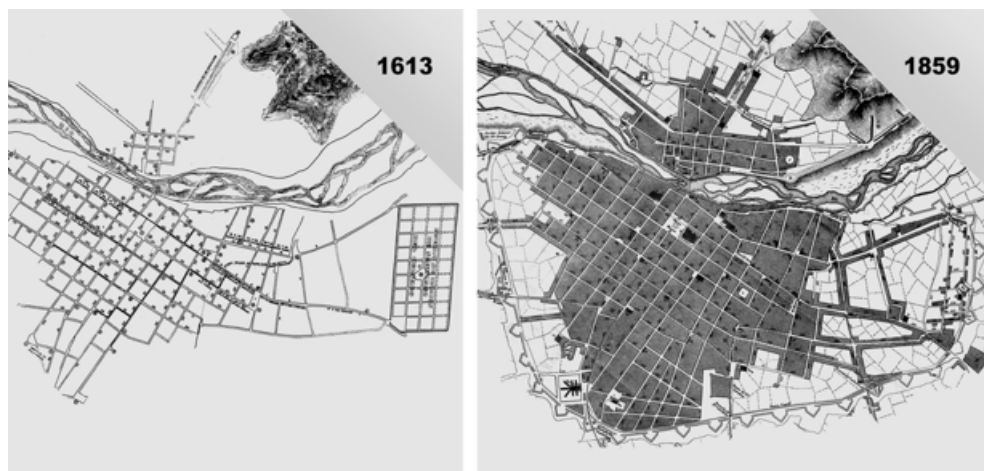


Fig. 6 – Sviluppo urbano e rete idrica di Lima. A sinistra: inizio XVII secolo; a destra: metà XIX secolo (elaborazione ASC).

### *Bibliografía*

- Adams J. 1906. Geología y aguas subterráneas de la Provincia Constitucional del Callao. Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú. 33, 40-58.
- Angles Vargas V. 1983. *Historia del Cusco. Cusco Colonial*. II (I). Lima: Industrialgrafica.
- Azevedo P. 1982. *Cusco ciudad histórica: continuidad y cambio*. Lima: Peisa.
- Bell M. 2014. *Agua y Poder Colonial: Ciclos, Flujos y Procesiones en el Manejo Hidráulico Urbano en Lima durante el Siglo XVII*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Instituto Riva-Agüero.
- Bell M. 2016. Delimitar y gobernar las aguas de Lima: relaciones urbano-rurales y rivalidades administrativas en Lima colonial. *Histórica*, 40(1), 7-33.
- Bromley J., Barbagelata J. 1955. Esquema del desarrollo histórico del Municipio de Lima. Boletín Municipal de Lima, 1612, 45-55.
- Calancha A. 1638. *Chronica moralizada de la Orden de San Agustín en el Perú con sucesos ejemplares en esta Monarquía*. II. Barcellona: Pedro Lacavalleria (Rist. 1974-1981. *Estudio crítico*, a cura di Prado Pastor I. Lima: Universidad Nacional).
- Calvo R., Huerta R. (a cura di). 2013. *El centro histórico del Cusco, consideraciones para la Renovación de su Gestión*. Cusco: Ministerio de Cultura.
- Cogorno G. 2015. *Agua e hidráulica urbana de Lima espacio y gobierno, 1535-1596*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Instituto Riva-Agüero.
- Cogorno G., Ortiz de Zevallos P. 2018. *La Lima que encontró Pizarro*. Lima: Taurus.
- Cornejo Buroncle J. 1960. *Derroteros de Arte Cusqueño*. Cusco: Garcilaso.
- Domínguez N. 1988. Aguas y legislación en los valles de Lima: el repartimiento de 1617. Boletín del Instituto Riva-Agüero, Lima, 15, 119-154.
- Elorrieta de Aranzabal G. 1956. *Datos históricos, leyendas y tradiciones del Cuzco*. II. Cuzco: Garcilaso.
- Esquivel y Navia D. 1749. *Noticias Cronológicas de la Gran Ciudad del Cuzco* (Rist. a cura di Denegri F., 1974). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gutierrez R. et al. 1981. *La casa cusqueña*. Resistencia: Departamento de Historia de la Arquitectura, Universidad Nacional del Nordeste.
- Hardoy J. 1987. El proceso de urbanización entre las culturas precolombinas. In: *De Teotihuacán a Brasilia: estudios de historia urbana iberoamericana y filipina* (a cura di Alomar G., Geisse G.). Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local.
- Joyce Christie J., Bogdanovic J., Guzmán E. 2016. *Political landscapes of capital cities*. Boulder: University Press of Colorado.
- Ramón G. 2017. Autoridades subalternas y proyecto bornónico (1746-1821): el plano de las aguas urbanas de Lima. In: *El ocaso del antiguo régimen en los imperios ibéricos* (a cura di O'Phelan S. e Rodríguez M.). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Samanez R. 2012. El terremoto que afectó al Cusco en 1950 y los aportes de George A. Kumbler. *Arkinka*, 16 (204), 91-95.
- San Cristóbal A. 2005. *Obras civiles en Lima durante el siglo XVII*. Lima: Universidad Nacional, Facultad de Ingeniería.
- Villegas A. 1990. *Centro histórico de Cusco, rehabilitación urbana y vivienda*. Cusco: Editorial Universitaria UNSAAC.
- Viñuales G. 2004. *El espacio urbano en el Cusco colonial: uso y organización de las estructuras simbólicas*. Lima: Cedodal.

*Note*

1. Lo studio relativo a Cusco è stato sviluppato da C. Mazzanti, mentre l'analisi del sistema idrico e della distribuzione dell'acqua a Lima è a cura di A. Scaletti Cárdenas.
2. Ad esempio, nella zona di San Pedro, l'antica calle Lloclla, dall'originario nome del fenomeno in questa parte della città da sempre problematico, viene in tempi più recenti comunemente chiamata calle Avenida.
3. Archivo Diocesano de Cusco: *Beneficencia* n. 8. fs.180. *Presentación de Salas en 1573*.
4. Juan de Salas y Valdez fu tra i primi personaggi di rilievo arrivati a Cusco, della quale fu Alcalde tra il 1571 e il 1572; promosse la costruzione di alcune delle architetture più antiche e prestigiose della città, soprattutto la Casa de los Cuatro Bustos.
5. *Relaciones de los Virreyes y Audiencias que han gobernado el Perú*, t. I: *Memoriales y Ordenanzas de Don Francisco de Toledo*, Imp. del Estado, Lima 1867.
6. Archivo Convento de Santo Domingo, Libro 6. fs. 445. *Poder del convento de Santo Domingo a fray Francisco Balcázar*, 11-9-1593.
7. Archivo Monasterio de Santa Clara, *Libro de gastos*, 1791-1793.
8. Si ha notizia in epoca inca di circa 23.000 ettari di terreno agricolo coltivato nella valle.
9. La parola *huaca* è il nome dato in lingua quechua ai grandi templi precedenti alla Conquista. Gli spagnoli adottarono tale termine per riferirsi in modo generico a qualsiasi opera architettonica non cristiana con caratteristiche accomunabili ad opere dell'antichità, spesso sotto forma di piramidi o piattaforme monumentali, indipendentemente dalla cultura preispanica alla quale era collegata o dal momento storico in cui fu costruita.
10. *Yacucamayocs* o "specialisti in materia di acque": questi agenti dei *curacas*, o capi indigeni locali, erano anche responsabili di una complessa gerarchia di autorità minori, spesso anche con vincoli di parentela.
11. Così erano denominati coloro che provvedevano a vendere l'acqua direttamente lungo le strade, contenuta in grossi vasi trasportati sulle proprie spalle o portati dai muli.

