

Estado del arte en la estimación de la temperatura interior de las bodegas subterráneas

Por José Francisco Romero García

De las ecuaciones actuales a Forbes

Cuando se quieren conocer las temperaturas subterráneas, en la ingeniería agroalimentaria, es frecuente acudir a varias fórmulas, analíticas o semiexperimentales. Los autores acuden a otros anteriores, en el tiempo y a veces en el espacio, sin preocuparse si fueron los iniciadores o no de estos estudios. El objetivo de este capítulo es, por tanto, clarificar a quién debemos estas ecuaciones.

Lo primero que debemos saber es que la ecuación con la que se estudian las temperaturas subterráneas, origen de todas las variaciones, está en las discusiones científicas entabladas en Edimburgo por Lord Kelvin y James David Forbes. No obstante, es Joseph Fourier el primero, a principios del siglo XIX, que establece una relación matemática entre la temperatura y la profundidad. En su estudio profundizará Siméon-Denis Poisson aunque quien la aplicará con datos experimentales será Forbes cuando los publique en 1846.

Para comprender el proceso que conduce hasta Fourier y Forbes a la fórmula de las temperaturas subterráneas seguimos dos vías: estudiar, por un lado, desde la actualidad hacia el pasado y, por otro, cómo la preocupación por las temperaturas subterráneas lleva a avanzar la termodinámica.

Los artículos, de los últimos veinte años, donde usan la fórmula para las temperaturas subterráneas siguen dos caminos. Uno es el de los que citan a LABS (1981) cuyos antecesores de Labs son KUSUDA y ACHENBACH (1965) que citan a su vez libros como el de CARSLAW y JAEGER (1947) y el INGERSOLL Y ZOBEL (1913). El otro camino es el que sigue BAGGS (1983). Tanto éste como Labs son arquitectos. En algunos ámbitos es más común citar a Baggs que a Labs a pesar de ser éste el primer difusor. Los fundamentos de ambos estudios son casi los mismos: de hecho, Baggs cita a Labs y ambos dan una ecuación para predecir las temperaturas. Baggs busca su fundamento en el libro editado por VAN WIJK (1963), cuyos capítulos que hacen referencia a la variación de temperaturas son escritos por De Vries. Éste, a su vez, había publicado unos años antes un estudio sobre la integración de la ecuación diferencial de calor con las condiciones de frontera de variaciones periódicas de la temperatura, (DE VRIES, 1957) en el que su análisis es más complicado y tiene en cuenta las posibles variaciones de la

difusividad térmica. Para ello, se apoya en unas estudios hechos por LETTAU (1951; 1954) quien investigó analíticamente el balance de calor de la superficie de la tierra bajo los supuestos de que la radiación es una función armónica del tiempo, la evaporación es constante y simplificando el flujo de calor en la tierra y entre la atmósfera y la superficie. Con estas condiciones se obtienen las temperaturas en función del tiempo y de la profundidad. Pero también los autores antes citados, KUSUDA y ACHENBACH (1965), se apoyan en DE VRIES (1957) y en LETTAU(1951; 1954). En fin, los dos caminos que teníamos convergen en uno.

Pero si profundizamos en los estudios anteriores de las temperaturas del subsuelo, encontramos otros artículos como el de TAMURA (1905a) que se basan en el libro de BYERLY (1893). Este libro directamente nos remite a FOURIER (1822). Salvo algunas cuestiones relacionadas con la integración de las ecuaciones diferenciales, todo el aparato teórico está en Fourier. La discusión que hay para aplicar estas ecuaciones se debe a cómo simplificar el problema con las condiciones experimentales adecuadas para poder obtener unos resultados. La principal dificultad está en determinar el valor adecuado de la difusividad del terreno. Esta no tiene un valor constante a lo largo del tiempo y tampoco tiene un valor que no se modifiquen con la profundidad.

Durante el siglo XIX algunos trataron de medir las propiedades térmicas de los terrenos. CALLENDAR Y MCLOED (1897) midieron la difusividad térmica del suelo. En su estudio podemos ver como es más alto durante la primavera y el otoño y más baja durante el invierno y el verano. Estos autores eran canadienses y fue en su país donde hicieron las medidas, por ello la explicación que dan al menor valor de la difusividad en el invierno es que se debía a la capa de nieve. La explicación para el menor valor del verano se debe a la menor humedad del terreno. También Lord Kelvin (THOMSON, 1862) calculó la conductividad térmica de la corteza terrestre a una profundidad de veinticuatro pies.

THE
LONDON, EDINBURGH, AND DUBLIN
PHILOSOPHICAL MAGAZINE
AND
JOURNAL OF SCIENCE.
—
[FOURTH SERIES.]
—
JANUARY 1863.

I. *On the Secular Cooling of the Earth.*
By Professor WILLIAM THOMSON, LL.D., F.R.S., F.R.S.E.*
Ilustración 1

Portada de *On the Secular Cooling of the Earth*, Lord Kelvin. Procede de la edición digital del libro

Son interesantes los cálculos que hace. Aunque el resultado final esté equivocado, el sistema es el mismo que se usará años después. Thomson coincide el lugar y en tiempo con Forbes. Ambos trabajan en Edimburgo aunque Forbes en es mayor que Thomson. De esta manera, llegamos a Forbes. Forbes en 1846 escribe en

Transactions of the Royal Society of Edinburgh un artículo titulado *Account of some experiments on the temperature of the Earth at different depths, and in different soils, near Edinburgh*. Es quizás éste el resumen más completo de todas las experiencias que se han realizado anteriormente y las él mismo realiza, unificándolas con la Teoría Analítica del Calor de Fourier y de Poisson.

Desde la inicios de la Ciencia Moderna hasta Fourier

Después de la invención del termómetro a principios del s. XVII, los primeros que se preocupan por las temperaturas subterráneas son Mariotte y Boyle, que usan la estabilidad de dichas temperaturas cuando la profundidad es grande para calibrar termómetros. Desde 1671 se toman medidas de las temperaturas de los sótanos del Observatorio Astronómico de París. Participaron en ello y en el interpretación de las medidas: Cassini, La Hire, y posteriormente Reamur, Lavoisier, Gay-Lussac, etc. En los primeros 40 años llegaron a la conclusión de que las temperaturas no variaban y por lo tanto lo empezaron a usar como uno de los puntos fijos en las escalas de los termómetros.

Un registro más interesante de temperaturas es el que hace LAMBERT (1779), que en su *Pyrometrie* publica las primeras gráficas de las temperaturas del suelo. Es el primer físico del que tenemos noticia que llega a alguna conclusión con respecto a las temperaturas subterráneas. Más conocido por sus trabajos sobre la luz (Ley de Beer-Lambert), Lambert también tuvo un gran interés en la teoría de la conducción del calor y publicó sus conclusiones en *Pyrometrie*. Basa sus estudios en las mediciones que realizó para él Ott en Zurich desde 1762 hasta 1766. Usando termómetros de alcohol midieron las temperaturas subterráneas desde los 10 cm hasta los 2 m. Sus conclusiones desde el punto de vista formal no son válidas, pero es interesante el gráfico que adjuntamos en el que representa las temperaturas medias mensuales a las diversas temperaturas. Como se puede ver la forma es sinusoidal y hay variaciones en la fase inicial con la profundidad. Esto es claro en la segunda gráfica en la que los máximos y mínimos ocurren más tarde según a la profundidad a la que correspondan las medidas.. De una

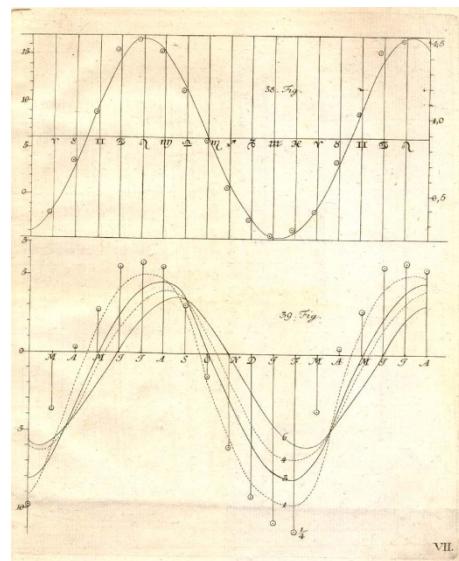


Ilustración 2
Gráfica de temperaturas de *Pyrometrie*

manera experimental llega a lo que luego explicaría FOURIER (1808 y 1822). Y que está más reflejado en el Anexo 1.

Investigaciones previas y revisión de la bibliografía.

En este capítulo se lleva a cabo una revisión y análisis del material bibliográfico de interés en relación con el objeto de esta tesis, con el fin de establecer un "estado del arte" del ámbito del conocimiento objeto de estudio.

El esquema que vamos a seguir en este capítulo es tratar primero de las bodegas. Comenzaremos viendo cómo ha sido la construcción de las bodegas desde la antigüedad hasta nuestros días. Después veremos qué tipo de monitorización se ha instalado en las bodegas y que resultado se han obtenido. También veremos otros tipos de construcciones rurales que se han monitorizado.

Construcciones antiguas relacionadas con el almacenamiento y que intentan conservar la temperatura.

Es fácil entender que los primeros hombres se refugiaron en cuevas y abrigos para protegerse de las variaciones de la temperatura, tanto durante el ritmo circadiano como el anual. Conforme fue avanzando la civilización y se establecieron las primeras construcciones, lo que hicieron los antiguos fue aprovechar las singularidades del terreno para hacer allí las primeras viviendas. Es posible que la primera vivienda edificada tuviera gran parte de la misma subterránea. El término que se usa en inglés para referirse a estas primeras viviendas es *pit-house*, pudiendo traducirse en castellano como “casa pozo”. Este tipo de construcciones los encontramos en la cultura Natufiense que son los moradores de Levante (zona del Cercano Oriente) en el milenio XII a.C. (BAR-YOSEF, 2011). No es el objeto de esta parte hacer una indagación sobre las construcciones en esa época, si no mostrar cómo las primeras construcciones fueron subterráneas. Como es lógico las primeras construcciones se produjeron con motivo de un enfriamiento climático repentino y del dominio de las técnicas de la agricultura.

Nos interesa ahora conocer cómo fueron las primeras construcciones para almacenamiento agrícola que se hicieron. Es razonable pensar que las primeras viviendas tuvieron un uso compartido de refugio de hombres y de sus propiedades. Como el tema de la investigación es

acerca de las bodegas vamos a describir cuando comenzaron a cultivarse las viñas y a producir vino con ellas.

Según MILES (2011) y los artículos que citan hay evidencias arqueológica que sugieren el cultivo de la uva, *Vitis vinifera subsp. vinifera*, comenzó hace 6.000-8.000 años en el Cercano Oriente, procedente de su progenitor silvestre, *Vitis vinifera subsp. sylvestris*. Estos estudios sugieren que los primeros cultivos de uvas tuvieron lugar en el Cáucaso Meridional entre el Caspio y Mar Negro y que las *vitis vinifera* cultivadas se extendieron hacia el sur hasta el oeste lado de la Media Luna Fértil, el valle del Jordán, y Egipto por 5.000 y (1, 21). Los análisis genéticos de la relación entre las poblaciones *vinifera sylvestris* y las *vitis vinifera* son consistentes con los datos arqueológicos y apoyan un origen geográfico de la domesticación de la uva en el Cercano Oriente. El proceso de vinificación, que es necesariamente posterior al de los primeros cultivos, tiene como horizonte temporal inferior el VI milenio A.C. Probablemente, una de las más antiguas pruebas arqueológicas de la elaboración del vino, proviene del yacimiento neolítico Hajji Firuz Tepe (5400-5000 a.C.) al norte de las montañas de Zagros, entre Irán, Iraq y Azerbayán. A los restos de unas tinajas de barro en forma de globo, les hicieron análisis y comprobaron que habían contenido vino.

Como resumen podemos decir que los restos más antiguos del cultivo de la vid se encuentran al lado de los restos de las primeras construcciones de la humanidad. No nos interesa profundizar en cómo es el desarrollo de los primeros pobladores y sus artes y oficios. Nos interesa saber que el cultivo de la vid empieza en el quinto milenio antes de Cristo y la producción de vino es también de las mismas fechas.

Desde esa fecha y hasta el primer milenio se produce un desarrollo de la construcción subterránea adaptándose a las condiciones del clima y por eso en la edificación de las viviendas es frecuente encontrar partes subterráneas.

Investigaciones relacionadas con las Bodegas

Investigaciones descriptivas y de análisis

Como podemos ver en BUXÓ (2008) en un gran número de yacimientos arqueológicos de Edad del Hierro encontramos pruebas de que se cultivaba la vid, también sabemos que los fenicios que llegaron a la Península Ibérica en el siglo VIII a.C. y que comerciaban con aceite y con vino. RICE (1996) al estudiar la industria del vino establecida por los españoles en el Perú a partir del

siglo XVI nos señala que muchos de los modos que se usan proceden de los romanos. También nos cuenta del uso de las tinajas semienterradas para la fermentación y el almacenamiento del vino en toda la Península Ibérica hasta el siglo XIX, también en Perú que es en donde realiza su estudio. El motivo por el que entierran las tinajas es disminuir las fluctuaciones de la temperatura. En CRESPO et al. (2015) podemos leer la defensa que hace de la arquitectura vernácula y como las soluciones adoptadas por los constructores-usuarios son eficaces y tienen un rendimiento energético alta. GENÍS-VINYALS et al. (2015) estudian las fresqueras, construcciones subterráneas situadas en el centro de una población con el fin de tener un lugar donde puedan preservar materiales de las altas temperaturas. El estudio se centra en la fresquera de Sant Cugat Sesgarrigues (Barcelona) y señalan que el objetivo principal de las fresqueras es conservar el vino.

FUENTES et al. (2004) estudian los edificios tradicionales, presentando un enfoque metodológico para la realización de un esquema institucional para la recuperación de la arquitectura agrícola tradicional en un contexto regional. Además estudian más de 800 edificios agrícolas en la Ribera de Duero Soriana para analizar su potencial de reutilización. Entre estas construcciones hay bodegas subterráneas, algunas de las cuales han sido posteriormente monitorizadas para el estudio de su comportamiento térmico.

FUENTES Y CAÑAS-GUERRERO (2006) examinan las características formales y funcionales de la arquitectura subterránea vernácula, centrándose en las bodegas. Discuten las características, las técnicas de excavación y realizan una clasificación tipológica de las bodegas subterráneas en la zona de la Ribera de Duero. Por otra parte, también tratan del problema causado por la obsolescencia y el consiguiente abandono de estas construcciones subterráneas y examinan varios usos alternativos para preservar este patrimonio subterráneo.

El trabajo de FUENTES et al. (2010) estudia los posibles usos de las bodegas antiguas tradicionales, es decir, subterráneas. Para la zona rural peninsular, proponen la reutilización de estas en la producción de vinos de alta calidad artesanal, quesos y embutidos, para actividades culturales, restaurantes, o en la producción de setas. Sin embargo, se debe tener especial atención al restaurar estos espacios con el fin de respetar la identidad y la estética de las antiguas bodegas y no entrar en conflicto con las normas urbanísticas y de construcción. También realizan una clasificación tipológica de estas bodegas.

GANEM y COCH (2010) estudian una bodega en la zona de Mendoza (Argentina) y concluyen que como los requisitos de temperatura son muy estrictos en almacenamiento, la inercia térmica es muy importante. Y por ello las mejores soluciones son las subterráneas, ya que

cualquier otra requiere un aporte de energía para asegurar un buen vino. Estos autores, GANEM y COCH (2012) analizan las tendencias que existen en la construcción de nuevas bodegas especialmente las de Marqués de Riscal y las de Viña Tondonia, donde arquitectos famosos han diseñado las nuevas instalaciones. El resultado de sus estudios es que el rendimiento energético de estas instalaciones es bajo, ya que para tener las condiciones adecuadas a la crianza necesitan sistemas de aire acondicionado. El estudio se realiza sin monitorizar las bodegas. BERGHOEF y DODDS (2013) explican el interés de la industria de vino de Ontario en ser ecológica y por lo tanto de bajo consumo energético. Entre sus soluciones están las bodegas subterráneas.

MWITHIGA, MAGAMA Y HLOPHE (2013) estudian un sistema de controlar la humedad relativa teniendo en cuenta la temperatura y a pesar de que lo aplica, al menos en el título y en la introducción a las bodegas, el resultado con el que cuentan hace que no se pueda utilizar las bodegas, ya que la temperaturas para las que lo diseñan son de hasta 25°C. CELORRIO et al. (2015) diseñan un protocolo para poder medir el consumo energético de la producción de vino y explican que este consumo es mucho menor en el caso de las bodegas subterráneas y que el vino que se producen en este tipo de bodegas tiene mejor calidad.

Investigaciones con monitorización y modelización

Los primeros estudios de los que tenemos noticias en los que se hayan monitorizado bodegas son los que realizan MARTÍN Y CAÑAS GUERRERO (2005), en ellos analizan los resultados de la monitorización de diversas bodegas subterráneas tradicionales del área "Tierras Sorianas del Cid". Miden humedad relativa y temperatura en dos momentos, dos semanas de verano y dos de diciembre. Los resultados mostraron que la temperatura registrada en el interior de las bodegas era más constante que la temperatura exterior. También en ese año CAÑAS-GUERRERO Y MARTIN (2005) estudian el comportamiento higrotérmico de dos bodegas subterráneas tradicionales de Morcuera (Soria), para ello se monitorizan la temperatura y la humedad relativa. El objetivo de esta investigación es destacar algunas ventajas de las técnicas de construcción tradicionales sobre las prácticas de construcción modernas desde el punto de vista de ahorro de energía.

En ese mismo años, RUIZ DE ADANA ET AL. (2005) estudian un modelo para calcular las pérdidas de vino durante el envejecimiento del vino en barricas de roble, este modelo se basa en la ecuación de difusión de Fick. Los resultados se comparan con datos experimentales que

proceden de una bodega de Burdeos, de 1996. En consecuencia hay alguna bodega monitorizada en esa época, aunque con un fin distinto.

MARTÍN Y CAÑAS-GUERRERO (2006) usan, para predecir las temperaturas del suelo, un modelo analítico simple. En este artículo estudian el potencial de este modelo para predecir la temperatura dentro de las bodegas, sin tener en cuenta la ventilación. El modelo es bueno para predecir el intervalo de temperaturas interiores pero no es tan preciso para predecir el desarrollo de la temperatura interior con el tiempo.

COSTA,et al. (2007) plantean una red de sensores que están colocados en cada uno de los barriles de una bodega de Oporto y que se comunicarán por una red Wireless y, de manera que el productor tiene un control permanente de las condiciones en las que se está produciendo el vino.

MAZARRÓN Y CAÑAS-GUERRERO (2008) modifican el modelo de análisis sinusoidal clásico para determinar el ciclo anual de las temperaturas del aire en el interior de bodegas subterráneas de Morcuera (Soria), pertenecientes a la denominación de origen Ribera del Duero. Más tarde, MAZARRÓN Y CAÑAS-GUERRERO (2009) estudian las variaciones que se producen en el modelo anteriormente descrito por la existencias de zarceras, sistema de ventilación tradicional en las bodegas tradicionales de Ribera del Duero. Las zarceras son las rejillas de ventilación de viento. Se monitorizan durante un año dos bodegas, una con zarcera y otra sin ventilación. Los resultados muestran que la existencia de la rejilla no aumenta la ventilación de mayo a agosto. Pero de septiembre a marzo la zarcera favorece la ventilación, lo que afecta a la temperatura interior y a la humedad relativa.

MAZARRÓN Y CAÑAS-GUERRERO (2009) estudian el comportamiento térmico anual de las bodegas subterráneas tradicionales de Ribera del Duero, con un método basado en el análisis de regresión múltiple utilizando datos experimentales de un año. Los resultados muestran que la temperatura del aire interior está fundamentalmente condicionada por la profundidad media de la bodega y por la temperatura del aire exterior. Sin embargo, el ajuste de las temperaturas de las bodegas con la temperatura exterior varía según la época del año. En la primavera y el verano, la estabilidad es excelente y la influencia de la temperatura del suelo es mucho mayor que la de la temperatura del aire exterior. En el otoño y el invierno, este ajuste se reduce por el aumento de la ventilación.

Con un objeto distinto, OCÓN et al.(2011) monitorizan una bodega para estudiar el desarrollo del moho en una bodega comercial con una de sus salas subterránea. Posteriormente publican un estudio (OCÓN et al., 2014) donde explican la influencia de la edad de la bodega y

de su diseño en la distribución de los mohos. Estudian la cantidad de muestras que hay en el aire y también el tipo de moho, viendo su variación con el tiempo.

Con otro motivo, GYŐRFI Y CSIGE (2011) monitorizan la radiactividad natural midiendo la actividad de ^{222}Rn en la zona de bodegas de Hajós (Hungría). En esta zona se encuentra el mayor barrio de bodegas subterráneas de Europa con cerca de 1200 bodegas, cerca del Danubio en una zona de loess. El estudio compara la presencia de ^{222}Rn con la presión, elaborando un modelo a partir de la ley de Darcy. Los resultados del modelo los comparan con los datos experimentales.

MAZARRÓN ET AL (2012) analizan la ventilación natural en bodegas subterráneas, centrándose en el túnel de entrada, la chimenea de ventilación y la cueva, con monitorización durante un año. Sus resultados muestran la influencia de la temperatura exterior, chimenea de ventilación y el acceso túnel en las condiciones interiores de la bodega subterránea. Durante los períodos de calor, ventilación natural tiene una influencia insignificante sobre el ambiente interior, a pesar de las rejillas de ventilación permanentemente abiertas en la puerta y la chimenea. Durante los períodos fríos, hay una mayor inestabilidad como consecuencia del aumento de la ventilación natural.

MAZARRÓN, CID-FALCETO Y CAÑAS-GUERRERO (2012a) estudian las temperaturas de bodegas subterráneas mediante una simulación informática de EnergyPlus, validando los datos obtenidos con las medidas de las monitorizaciones de dos bodegas. La simulación tiene en cuenta la profundidad, las propiedades del terreno y las condiciones exteriores. En otro estudio, MAZARRÓN, CID-FALCETO Y CAÑAS-GUERRERO (2012b), aplican lo visto en artículos anteriores de estos autores al diseño térmico pasivo en la construcción de bodegas. Se realiza una tipología de las bodegas y se estudian los beneficios de las construcciones sostenibles, que este caso se refiere a las bodegas tradicionales en la zona de Ribera de Duero, que son subterráneas. Se menciona la importancia de la inercia térmica y se aplican los datos de la monitorización de varias bodegas. En MAZARRÓN, CID-FALCETO Y CAÑAS-GUERRERO (2012c) hacen un estudio de los datos que tienen después de monitorizar varias bodegas durante cuatro años y concluyen que las construcciones subterráneas aseguran una mejor calidad de los vinos con un consumo muy bajo de energía. El resultado de sus investigaciones podría ser de gran utilidad en la industria agroalimentaria, indicando cuáles podrían ser las líneas de un diseño energéticamente eficiente.

MAZARRÓN et al.(2013), partiendo de los estudios previos en las bodegas tradicionales de Ribera de Duero, estudian otras bodegas construidas en los sótanos de los edificios. Son cuatro

sótanos y una construcción semisótano que pertenecen a las bodegas comerciales en España y que se han monitorizado durante varios años. Los resultados muestran que las condiciones ambientales interiores presentan una estabilidad mucho mayor que las condiciones exteriores. La temperatura y la humedad relativa del aire interno mantienen condiciones adecuadas para el envejecimiento y la preservación de vino sin la necesidad de sistemas de aire acondicionado. También han constatado la existencia de diferencias de temperaturas en vertical. En la construcción semisótano las temperaturas que exceden los niveles aceptables para el vino duraron bastantes semanas. Después de haber llevado a cabo este estudio se recomienda el uso de sótanos para la crianza y conservación de vino o productos agroalimentarios que requieren condiciones similares.

WANG et al. (2014) aplican un sistema de aire acondicionado para controlar la humedad la temperatura de una bodega en Beijing donde se guardan muchos miles de botellas. Después de instalar el sistema monitorizan la bodega y todas sus salas para comprobar la eficacia del mismo.

RODRÍGUEZ- GONZÁLVEZ et al. (2014) se presentan un estudio para evaluar con un enfoque multidisciplinar el estado interior y exterior de las bodegas subterráneas con técnicas no invasivas. Integran geotecnologías topográficas (escáner láser terrestre, GPS) con equipos geofísicos de prospección (radar de penetración terrestre, tomografía de resistividad eléctrica).

Desde 2014 hay un grupo de la universidad de Bologna (Italia) que ha publicado varios artículos con investigaciones sobre las temperaturas y la humedad de las bodegas subterráneas. BARBARESI et al. (2014) estudian en este artículo tres posibles modelos de simulación de las temperaturas de una bodega está situada en el sótano del edificio. Usan el programa EnergyPlus y comprueban la validez de sus resultados con los datos productos de la monitorización de la bodega durante un año. Aplicando el modelo descrito por MAZARRÓN et al.(2009) a las paredes de la bodega y el de KUSUDA y ACHENBACH (1965) al suelo logran el mejor resultado. TINTI et al. (2015) estudian una bodega con salas subterráneas y la monitorizan. También monitorizan la temperatura en el terreno cercano a la bodega. Con estos datos adaptan las ecuaciones de manera que se ajusten mejor a los datos experimentales, pero son conscientes de que necesitan más tiempo de monitorización para conseguir resultados fiables. En BARBARESI et al. (2015a y 2015b) estudian el flujo de aire alrededor de las barricas de una bodega subterránea. En BARBARESI et al. (2015c) estudian

como debe ser un sistema de monitorización de temperaturas para que los resultados sean representativos de la temperatura de la bodega.

HERRERO et al.(2015) analizan las bodegas subterráneas utilizando GIT (Geographic Information Technologies) y usan de manera eficaz el escáner láser como una técnica de campo rápida y precisa para la representación de los espacios subterráneos, desarrollando una metodología. El tiempo de post-procesamiento es grande pero los resultados son muy bueno.

ZHANG et al.(2015) diseñan un sistema de bajo coste con comunicación vía Wireless para la monitorización de los barriles de las bodegas, para que la crianza se realice de manera controlada. En esta red controlan la temperatura de los barriles y el nivel de llenado, obteniendo datos en tiempo real.

Construcciones subterráneas

MORADI y ESKANDARI (2012) estudian un *Shovadan*, que es el nombre que recibe la sala subterránea que tradicionalmente se ha utilizado en varias áreas de Irán como sistema de calefacción y refrigeración. Lo estudian con simulación numérica incluyendo en las condiciones la transmisión de las temperaturas en el subsuelo y la ventilación, también lo contrastan con datos experimentales, fruto de la monitorización. En el ejemplo estudiado, cuando la temperatura ambiente es de 7°C en enero y 47°C en julio, en el *Shovadan* las temperaturas medias son de 17°C y 23°C, respectivamente.

KAZEMI y MAHMOODABADI (2014) estudian de una manera el comportamiento térmico de los *Yazd*. Estos son algunos edificios tradicionales de la arquitectura iraní, que se diseñan y construyen según la parte del país en la que están. Ellos se han centrado en la zona de clima caliente y seco, allí monitorizan un *Yazd* y simulan su comportamiento térmico con EnergyPlus. Concluyen que la edificación tradicional ofrece un ahorro energético grande.

Construcción agraria o agro-industrial

Edificaciones

WANG Y ZHANG (2015) proponen un nuevo método para predecir la temperatura interior en almacenes de grano mediante la combinación de modelos termodinámicos y procesos estocásticos espaciales. Un modelo de transferencia de calor transitorio en 3-D se integra en un campo aleatorio Markov gaussiano, este modelo considera la temperatura ambiente, la radiación solar y la transmisión de calor dentro del almacén. Llevan a cabo una simulación con la introducción de los datos ambientales reales. Los resultados del estudio de simulación sirven

como una base práctica de la predicción de la temperatura y para el futuro diseño del plan de monitorización.

Otros usos

OCHSNER et al.(2007) estudian con el modelo de Labs y con otros modelos la capacidad de almacenamiento diario de calor en el suelo como parte necesaria del estudio del balance de energía en los ecosistemas terrestres.

Construcción

Construcción tradicional

TRONCHIN (2004) propone el estudio de un edificio típico del siglo XIX del centro de Italia en el que se utilizan sólo los sistemas de baja energía para cumplir con todos los requisitos de confort, para demostrar que no es necesario el uso de alta tecnología de la energía.

A'ZAMI (2005) estudia la función de los *bagdir*, sistemas de ventilación tradicionales, para favorecer la posibilidad de un clima fresco en el interior de edificios situados en zonas muy cálidas. La arquitectura tradicional iraní tiene estos elementos, así como la edificación de diversas zonas subterráneas.

GONÇALVES et al.(2013) presentan una investigación sobre como la arquitectura tradicional en noreste de Portugal mejora las condiciones interiores(Quinta de Campelo y Quinta do Cano) estudiando las temperaturas interiores durante las semanas de más calor.

Intercambiadores de calor

STEVENS (2004), a partir de estudiar los resultados de la ecuación de Labs, señala cual debe ser la profundidad para situar un intercambiador de calor que se aplique luego a la producción de energía eléctrica.

CUCUMO et al. (2008) estudian el modelo de Labs para poder calcular el intercambio de calor que se puede producir para calentadores y refrigeradores.

Estudios medioambientales

HUANG et al. (2009) recurren al estudio de las temperaturas en el subsuelo con el modelo de Labs para examinar los efectos de la urbanización. Comparan los resultados con otros puntos no urbanizados de la zona.

YESILLER et al. (2005) usan la ecuación de Labs para calcular el calor generado en los vertederos, comparando los valores que se obtienen en dos puntos próximos, uno en el vertedero y otro fuera de él.

KHANAFER y VAFAI, (2002), proponen un análisis térmico del suelo, usando la ecuación de Labs, para localizar las discontinuidades de las minas enterradas.

Otras ciencias

KOO y SONG (2008). establecen un método para estimar la difusividad térmica aparente a partir de los registros de temperaturas de sondeos.

BOLLONGINO y VIGNE (2008) estudian cómo se comportan las temperaturas subterráneas para aplicarlo a las excavaciones arqueológicas. Mediante un modelo de predicción de las temperaturas del suelo analizando la viabilidad de extraer DNA de los restos conseguidos.

Paleoclimatología

KOOI (2008) a partir de registros de temperaturas de diecisésis sondeos, relativamente cercanos, de dos épocas distintas, estudia cómo han variado las medidas y los factores que las afectan: a veces, han cambiado las condiciones del sondeo, y otras veces es el propio suelo el que ha cambiado propiedades.

BALOBAEV et al.(2008) hacen un estudio en profundidad de las condiciones que deben cumplir los registros de temperaturas de sondeos para poder reconstruir con ellos las temperaturas superficiales de épocas pasadas. Muestra como al examinar algunos de los registros las conclusiones que se obtienen son de “enfriamiento global”, lo que se debe a las situaciones de estos sondeos.

FIVEZ y THOEN (2004) estudian los registros de temperaturas de sondeos y concluyen con lo que se llama “Pequeña Edad de Hielo”, el descenso de temperaturas que se produjo entre los siglos XVI y XIX, proponiendo un nuevo método para inferir las temperaturas de superficie de los datos analizados.

Cambio climático

BELTRAMI et al. (2005) muestran como los datos que obtienen al estudiar los registros de temperaturas de sondeos son consistentes y nos permiten reconstruir las temperaturas de la superficie en épocas pasadas.

DOMÍNGUEZ-VILLAR ET AL. (2014), usando los modelos de temperaturas subterráneas, investigan la tendencia al calentamiento de las últimas décadas en cuevas. Utilizan los datos de una sala de la Cueva de Postojna (Eslovenia), que se monitoriza desde 2009 hasta 2013. Como la sala es muy profunda, 37 m, evalúan lo que ha sucedido en el exterior con un retraso de 20-25 años.

Estudios planetarios

WING y AUSTIN, (2005), hacen una descripción de un modelo meteorológico para Marte a partir de un balance de energía similar al que nos permite obtener la ecuación de Labs, comparando los datos que predice el modelo con los registrados por la Mars Path Finder y la Viking I.

SHCHUKO (2004) aplica la ecuación de Labs para estudiar la posibilidad de que exista hielo en el regolith de las regiones cercanas a los polos de Mercurio.

FISHER (2005) expone un modelo por el que se puede formar hielo en el *regolith* de Marte, para estudiar las temperaturas en el *regolith* recurre a la ecuación de Labs.

1. Bibliografía

- A'ZAMI, A. (2005). Badgir in traditional Iranian architecture. *Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*, (May), 1021–1026.
- AICHI, K. (1919). Penetration of Periodic Temperature Waves Into the Soil. *Monthly Weather Review*, 47(11), 802-802.
- ALAM, M. R., ZAIN, M. F. M., KAISH, A. B. M. A., & JAMIL, M. (2013). Underground soil and thermal conductivity materials based heat reduction for energy-efficient building in tropical environment. *Indoor and Built Environment*, 24(2), 185–200.
- ALAPATY, K., NIYOGI, D., CHEN, F., PYLE, P., CHANDRASEKAR, A., & SEAMAN, N. (2008). Development of the flux-adjusting surface data assimilation system for mesoscale models. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(9), 2331–2350.
- ALEMU, A. T., SAMAN, W., & BELUSKO, M. (2012). A model for integrating passive and low energy airflow components into low rise buildings. *Energy and Buildings*, 49, 148–157.
- AL-AJMI, F., LOVEDAY, D. L., & HANBY, V. I. (2006). The cooling potential of earth-air heat exchangers for domestic buildings in a desert climate. *Building and Environment*, 41(3), 235–244.
- AL-SAUD, K. A. M., & AL-HEMIDDI, N. A. M. (2003). The effectiveness of natural evaporative cooling in improving internal thermal environment in hot-dry regions. *International Journal of Ambient Energy*, 24(2), 83–92.
- AL-TEMEEMI, A. A., & HARRIS, D. J. (2001). The generation of subsurface temperature for Kuwait. *Energy and Buildings*, 33(January), 837–841.
- AL-TEMEEMI, A. A., & HARRIS, D. J. (2004). A guideline for assessing the suitability of earth-sheltered mass-housing in hot-arid climates. *Energy and Buildings*, 36(3), 251–260.
- AMERI SIAHOUI, H. R., DEHGHANI, A. R., RAZAVI, M., & KHANI, M. R. (2011). Investigation of thermal stratification in cisterns using analytical and Artificial Neural Networks methods. *Energy Conversion and Management*, 52(1), 505–511.
- ANASTASI, G., FARRUGGIA, O., RE, G. LO, & ORTOLANI, M. (2009). Monitoring High-Quality Wine Production using Wireless Sensor Networks. In *42nd Hawaii International Conference on System Sciences*.

ANDERSSEN, R. S., & SAULL, V. A. (1973). Surface Temperature History Determination from Borehole Measurements. *Mathematical Geology*, 5(3), 269–283.

ANDOLSUN, S., CULP, C. H., HABERL, J., & WITTE, M. J. (2011). EnergyPlus vs . DOE-2 . 1e□: The effect of ground-coupling on energy use of a code house with basement in a hot-humid climate. *Energy & Buildings*, 43, 1663–1675.

ANDRADE, J. A., & ABREU, F. G. (2002). Modelling daily and annual cycles of temperature in two types of soil. In *17. World congress of soil science, Bangkok (Thailand)*.

ANSELM, A. J. (2008). Passive annual heat storage principles in earth sheltered housing, a supplementary energy saving system in residential housing. *Energy and Buildings*, 40(7), 1214–1219.

ARAPITSAS, P., SPERI, G., ANGELI, A., PERENZONI, D., & MATTIVI, F. (2014). The influence of storage on the “chemical age” of red wines. *Metabolomics*, 38010.

ARIAS-PENAS, D., CASTRO-GARCÍA, M. P., REY-RONCO, M. A., & ALONSO-SÁNCHEZ, T. (2015). Geothermics Determining the thermal diffusivity of the ground based on subsoil temperatures . Preliminary results of an experimental geothermal borehole study Q-THERMIE-UNIOVI. *Geothermics*, 54, 35–42.

ARYAN, A., & HANIE, O. (2009). Historical and Traditional Building Techniques in Some Iranian Vernacular Constructions. *The Heritage Journal*, v, 4, 47–73.

ASAEDA, T., CA, V. T., & WAKE, A. (1996). Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere. *Atmospheric Environment*, 30(3), 413–427.

BADAWY, A. (1958). Architectural Provision against Heat in the Orient. *Journal of Near Eastern Studies*, 17(2), 122–128.

BADINO, G. (2005). Underground drainage systems and geothermal flux. *Acta Carsologica*, 34(2), 277–316.

BAGGS, S. A. (1983). Remote prediction of ground temperature in Australian soils and mapping its distribution. *Solar Energy*, 30(4), 351–366.

BALOBAEV, V. T., KUTASOV, I. M. Y EPPELBAUM, L. V., (2008)Borehole paleoclimatology – the effect of deep lakes and “heat islands” on temperature profiles, *Clim. Past Discuss.*, 4, 415–432,

BANDOS, T. V, et al. (2009). Geothermics Finite line-source model for borehole heat exchangers□: effect of vertical temperature variations. *Geothermics*, 38, 263–270.

BARBARESI, A., TORREGGIANI, D., BENNI, S., & TASSINARI, P. (2014). Underground cellar thermal simulation: Definition of a method for modelling performance assessment based on experimental calibration. *Energy and Buildings*, 76, 363–372.

BARBARESI, A., MARIA, F. DE, TORREGGIANI, D., BENNI, S., & TASSINARI, P. (2015a). Performance assessment of thermal simulation approaches of wine storage buildings based on experimental calibration. *Energy and Buildings*, 103, 307–316.

BARBARESI, A., TORREGGIANI, D., BENNI, S., & TASSINARI, P. (2015b). Effective predictions of the airflows involving barrels in a wine-ageing room. In *AIA 2015 International Mid-Term Conference, At Naples*.

BARBARESI, A., TORREGGIANI, D., BENNI, S., & TASSINARI, P. (2015c). Indoor air temperature monitoring: A method lending support to management and design tested on a wine-aging room. *Building and Environment*, 86, 203-210.

BARNETT, M. K. (1956). The Development of Thermometry and the Temperature Concept. *Osiris*, 12, 269–341.

BAR-YOSEF, O. (2011). Climatic Fluctuations and Early Farming in West and East Asia. *Current Anthropology*, 52(S4), S175–S193

BÉHAEGEL, M., SAILHAC, P., & MARQUIS, G. (2007). On the use of surface and ground temperature data to recover soil water content information. *Journal of Applied Geophysics*, 62(3), 234–243.

BELTRAMI, H. (2001). On the relationship between ground temperature histories and meteorological records: a report on the Pomquet station. *Global and Planetary Change*, 29(3-4), 327–348.

BELTRAMI, H., FERGUSON, G., & HARRIS, R. N. (2005). Long-term tracking of climate change by underground temperatures. *Geophysical Research Letters*, 32, L19707.

BENHAMMOU, M., DRAOUI, B., ZERROUKI, M., & MARIF, Y. (2015). Performance analysis of an earth-to-air heat exchanger assisted by a wind tower for passive cooling of buildings in arid and hot climate. *Energy Conversion and Management*, 91, 1–11.

BENFIELD, A. E. (1949). The Effect of Uplift and Denudation on Underground Temperatures. *Journal of Applied Physics*, 20(1), 66.

BERETTA, M., (2000), At the source of Western science: The organization of experimentalism at the Accademia del Cimento (1657–1667), *Notes and records of the Royal Society of London* 54, no. 2: 131-151.

BERGHOEF, N., & DODDS, R. (2013). Determinants of interest in eco-labelling in the Ontario wine industry q. *Journal of Cleaner Production*, 52, 263–271.

BEST, M. J. (1998). A model to predict surface temperatures. *Boundary-Layer Meteorology*, 88(April), 279–306.

BI, Y., CHEN, L., & WU, C. (2002). Ground heat exchanger temperature distribution analysis and experimental verification. *Applied Thermal Engineering*, 22, 183–189.

BILGILI, M., SAHIN, B., & SANGUN, L. (2013). Estimating soil temperature using neighboring station data via multi-nonlinear regression and artificial neural network models. *Environ Monit Assess*, 185(1), 347–358.

BISONIYA, T. S., KUMAR, A., & BAREDAR, P. (2014). Study on Calculation Models of Earth-Air Heat Exchanger Systems. *Journal of Energy*.

BOLLONGINO, R., & VIGNE, J.-D. (2008). Temperature monitoring in archaeological animal bone samples in the Near East arid area, before, during and after excavation. *Journal of Archaeological Science*, 35(4), 873–881.

BOLTON, H. C. (1900), *Evolution of the thermometer 1592-1743* Easton, PA: Chemical

BOSCHIERO, L. (2004). The young and the restless: scientific institutions in the late 17th and early 18th century.

BOYER, L. L. (1982). Earth Sheltered Structures. *Annu. Rev. Energy*, 7, 201–219.

BOYLE, R. (1660), *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air, and its Effects*, Oxford.

BUXÓ, R. (2008). The agricultural consequences of colonial contacts on the Iberian Peninsula in the first millennium b.c. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, 145–154.

BREESCH, H., BOSSAER, A., & JANSSENS, A. (2005). Passive cooling in a low-energy office building. *Solar Energy*, 79, 682–696.

BRONFENBRENNER, M. O., (1928) *The role of scientific societies in the seventeenth century*, Chicago

BROWN, P. J., & DEGAETANO, A. T. (2011). A paradox of cooling winter soil surface temperatures in a warming northeastern United States. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 947–956.

BUTLER, S. L., & PELTIER, W. R. (2002). Thermal evolution of Earth□: Models with time-dependent layering of mantle convection which satisfy the Urey ratio constraint, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012)*, 107(B6), ESE-3.

BYERLY, W. E. (1893). An Elementary Treatise on Fourier's Series and Spherical, cylindrical. Boston, Ginn & Company.

CAJORI, F(1917), *A History of Physics in its elementary branches*, The Macmillan Company, London,

CALLENDAR, H. L., & MCLEOD, C. H. (1897). Observations of soil temperatures with electrical resistance thermometers (No. 4).

CAMDALI, U., & TUNC, M. (2012). Ground temperature estimations for Bolu, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(6), 3721–3729.

CAMUFFO, D., y BERTOLIN, C. (2011). The earliest temperature observations in the world: the Medici Network (1654–1670). *Climatic Change*, 111(2), 335–363.

CAMUFFO, D. y BERTOLIN, C., (2012), The earliest spirit-in-glass thermometer and a comparison between the earliest CET and Italian observations. *Weather*, 67(8), 206–20.

CAÑAS GUERRERO, I., & MARTIN OCAÑA, S. (2005). Study of the thermal behaviour of traditional wine cellars: the case of the area of “Tierras Sorianas del Cid” (Spain). *Renewable Energy*, 30(1), 43–55.

CAÑAS, I., & MAZARRÓN, F. R. (2009). The effect of traditional wind vents called zarceras on the hygrothermal behaviour of underground wine cellars in Spain. *Building and Environment*, 44(9), 1818–1826

CARLINI, M., MONARCA, D., BIONDI, P., HONORATI, T., & CASTELLUCCI, S. (2010). A Simulation Model for the Exploitation of Geothermal Energy for a Greenhouse in the Viterbo Province. In *International Conference Ragusa SHWA2010* (pp. 621–629).

CARSLAW, H. S. & JAEGER, J. C. (1947), *Conduction of heat in solids*, Clarendon Press, Oxford.

CARPENTIER, O., DEFER, D., ANTCZAK, E., CHAUCHOIS, A., & DUTHOIT, B. (2008). In situ thermal properties characterization using frequential methods. *Energy and Buildings*, 40(3), 300–307.

CEBOLLA, V. (1997). Soil solarization in Spain. In CIPA Proceedings. *International Congress for Plastic in Agriculture*. Tel-Aviv. S. Ben-Yehoshua Ed (pp. 380-391).

CELORRIO, R., BLANCO, J., MARTINEZ, E., JIMENEZ, E., & SAENZ-DIEZ, J. C. (2015). Determination of Energy Savings in Alcoholic Wine Fermentation According to the IPMVP Protocol. *American Journal of Enology and Viticulture*, doi: 10.5344/ajev.2015.14131

CHOW, T. T., LONG, H., MOK, H. Y., & LI, K. W. (2011). Estimation of soil temperature profile in Hong Kong from climatic variables. *Energy and Buildings*, 43(12), 3568–3575.

CHRISTAKI, T., & TZIA, C. (2002). Quality and safety assurance in winemaking. *Food Control*, 13, 503–517.

CICHOTA, R., ELIAS, E. A., & VAN LIER, Q. DE J. (2004). Testing a finite-difference model for soil heat transfer by comparing numerical and analytical solutions. *Environmental Modelling & Software*, 19(5), 495–506.

COLELLA, C., GENNARO, M. D., & AIELLO, R. (2001). Use of Zeolitic Tuff in the Building Industry. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 45(1), 551–587.

COMPTON, J. P. y QUINN, T. J.; (1975) The foundations of thermometry. *Reports on Progress in Physics*, vol. 38, no 2, p. 151.

COOK, J. (1996). Architecture indigenous to extreme climates. *Energy and Buildings*, 23, 277–291.

COSTA, N., FERREIRA, F., SANTOS, N., & PEREIRA, A. (2007). WSNet - WineCellar: An evolutionary wireless sensor network to monitor wine-cellars. In *Second International Conference on Systems and Networks Communications, ICSNC 2007*.

COTTE L., (1774),*Traité de météorologie*, Académie des sciences (France). Publicado por l'Imprimerie Royale, Paris.

CRESPO, I. G., BARRERA, M. B., & RAMOS, L. M. (2015). Climatic analysis methodology of vernacular architecture. *Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future* – Mileto, Vegas, García Soriano & Cristini (Eds). CRC Press, 327–332

CROSLAND, M. (2005). Early laboratories c.1600 - c.1800 and the location of experimental science. *Annals of Science*, 62(2), 233–53.

CUCUMO, M., CUCUMO, S., MONTORO, L., & VULCANO, A. (2008). A one-dimensional transient analytical model for earth-to-air heat exchangers, taking into account condensation phenomena and thermal perturbation from the upper free surface as well as around the buried pipes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 51(3-4), 506–516.

CUI, Y. J., LU, Y. F., DELAGE, P., & RIFFARD, M. (2005). Field simulation of in situ water content and temperature changes due to ground–atmospheric interactions. *Géotechnique*, 55(7), 557–567.

DEBELE, B., SRINIVASAN, R., & YVES PARLANGE, J. (2007). Accuracy evaluation of weather data generation and disaggregation methods at finer timescales. *Advances in Water Resources*, 30, 1286–1300.

DĚDEČEK, P., RAJVER, D., ČERMÁK, V., ŠAFANDA, J., & KREŠL, M. (2013). Six years of ground–air temperature tracking at Malence (Slovenia): thermal diffusivity from subsurface temperature data. *Journal of Geophysics and Engineering*, 10(2), 025012.

DECKER, W. L. (1955), *Determination of soil temperatures from meteorological data*. Retrospective Theses and Dissertations.

DEMEZHKO, D. Y., & SHCHAPOV, V. A. (2001). 80.000 years ground surface temperature history inferred from the temperature–depth log measured in the superdeep hole SG-4 (the Urals, Russia), *Global and Planetary Change*, 29, 219–230.

DERBEL, H. B. J., KESSENTINI, I., & KANOUN, O. (2008). Investigation of the Underground Temperature using Neural Network. In *5th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices*.

DERU, M. (2003). *A Model for Ground-Coupled Heat and Moisture Transfer from Buildings*. National Renewable Energy Laboratory. Golden, Colorado.

- DE FREITAS, C. R., & SCHMEKAL, A. (2003). Condensation as a microclimate process: Measurement, numerical simulation and prediction in the Glowworm Cave, New Zealand. *International Journal of Climatology*, 23, 557–575
- DIAZ-AGUILÓ, M., & DE LEÓN, F. (2015). Adaptive soil model for real-time thermal rating of underground power cables. *IET Science, Measurement & Technology*, 9(6), 654–660.
- DJALILIAN, S., & TAHBAZ, M. (2004). Minimization of energy consumption based on Vernacular Design Strategies. In *The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture*. (pp. 19–22).
- DOMÍNGUEZ-VILLAR, D., LOJEN, S., KRKLEC, K., BAKER, A., & FAIRCHILD, I. J. (2014). Is global warming affecting cave temperatures? Experimental and model data from a paradigmatic case study. *Climate Dynamics*.
- DONAZZI, F., OCCHINI, E., & SEPPI, A. (1979). Soil thermal and hydrological characteristics in designing underground cables. *Electrical Engineers*, 126(6), 506–516.
- DROULIA, F., LYKOUDIS, S., TSIROS, I., ALVERTOS, N., AKYLAS, E., & GAROFALAKIS, I. (2009). Ground temperature estimations using simplified analytical and semi-empirical approaches. *Solar Energy*, 83(2), 211–219.
- ELIAS, E. A., CICHOTA, R., TORRIANI, H. H., & LIER, Q. D. J. VAN. (2004). Analytical Soil-Temperature Model. *Soil Science Society of America*, 68(3), 784–788.
- EL-DIN, M. M. S. (1999). On the heat flow into the ground. *Renewable Energy*, 18, 473–490.
- ESTREICHER, S. K. (2002). From Fermentation to Transportation□: Materials in the History of Wine. *MRS Bulletin*, 27(12), 991–994.
- FABBRI, K., & TRONCHIN, L. (2006). The relationship between climate and energy in vernacular architecture in central Italy. *23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA 2006, Geneva*(September), I95–I99.
- FISHER, D. A., (2005) A process to make massive ice in the martian regolith using long-term diffusion and thermal cracking, *Icarus*, Vol. 179, Issue 2, p. 387–397.
- FISHER, O. (1881). *Physics of the Earth's Crust* (Macmillan & Co.). London.
- FIVEZ, J. y THOEN J (2004). Evidence for a little ice age and recent warming from a borehole temperature data inversion procedure, *Journal of applied physics*, Vol. 10, 5841-5844,

FLEMING, J. R. (2002). History of Meteorology. In *A History of Modern Science and Mathematics* (Vol. 3, pp. 184–217). New York.

FLORIDES, G., & KALOGIROU, S. (2007). Ground heat exchangers—A review of systems, models and applications. *Renewable Energy*, 32(15), 2461–2478.

FOCACCIA, S., TINTI, F., & BRUNO, R. (2013). Computers & Geosciences A software tool for geostatistical analysis of thermal response test data□: GA-TRT. *Computers and Geosciences*, 59, 163–170.

FOURIER, J. B. J. (1808), Mémoire sur la propagation de la chaleur dans les corps solides. p. iv y v en *Nouveau Bulletin des sciences par la Société philomathique de Paris*, N°. 6, Paris, (Bernard)

FOURIER, J. B. J. (1822). *Théorie Analytique de la Chaleur* (Fermin Did). Paris.

FREYMARK, J., SIPPEL, J., SCHECK-WENDEROTH, M., & BÄR, K. (2015). Temperature predictions for geothermal exploration – a lithospheric-scale 3D approach applied to the northern Upper Rhine Graben. *Geophysical Research Abstracts*, 17, 2015.

FUENTES PARDO, J. M., CAÑAS-GUERRERO, I., & OCAÑA, S. M. (2004). The reuse of small agricultural buildings . A methodological and practical example in “Ribera del Duero Soriana” (Central Spain). In *The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture*.

FUENTES PARDO, J. M., & CAÑAS GUERRERO, I. (2006). Subterranean wine cellars of Central-Spain (Ribera de Duero): An underground built heritage to preserve. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 21(5), 475–484.

FUENTES, J. M., GALLEGOS, E., GARCÍA, A. I., & AYUGA, F. (2010). New uses for old traditional farm buildings: The case of the underground wine cellars in Spain. *Land Use Policy*, 27(3), 738–748.

GAMGEE, J. (1871). On the artificial production of cold. *The Journal of the Society of Arts*, 19(963), 497–510.

GANEM, C., & COCH, H. (2010). Envelope characterization and self-climatic regulation assessment for a winery in the province of Mendoza, Argentina. In *World Renewable Energy Congress XI* (pp. 573–578).

- GANEM, C., & COCH, H. (2012). An environmental review of wineries over the last centuries: From vernacular to high tech. *PLEA2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an Environmentally Responsible Architecture*, (November), 3–9.
- GARBER, E. (1995). Reading Mathematics, Constructing Physics: Fourier and His Readers, 1822–1850. In No Truth Except in the Details (pp. 31-54). Springer Netherlands.
- GEDDES, L. A., y HOFF, H. E. (1962). The Beginnings of Recording Graphic. *Isis*, 53(3), 287–324.
- GENÍS-VINYALS, M., PLANELLES-SALVANS, J., MARTÍNEZ, C. S., JULIÁN, O. P., CONTRERAS, R. L., & PARIS, D. S. (2015). Study and preservation of a “fresquera”. *Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future*, 321.
- GIBSON, S. S. (1982). Scientific Societies and Exchange : A Facet of the History of Scientific Communication. *The Journal of Library History* (1974-1987),, 17(2), 144–163
- GONÇALVES, J., MATEUS, R., FERREIRA, T., & FERNANDES, J. (2013). Tradition in continuity: Thermal monitoring in vernacular architecture from Nordeste Transmontano. In *International Conference SB13 Portugal – Sustainable Building Contribution to Achieve the EU 20-20-20* (pp. 259–268).
- GOSWAMI, D. Y., & DHALIWAL, A. S. (198). Heat Transfer Analysis in Environmental Control Using an Underground Air Tunnel. *Journal of Solar Energy Engineering*, 107(May 1985), 141–145.
- GRAF, A., WEIHERMÜLLER, L., HUISMAN, J. A., HERBST, M., BAUER, J., & VEREECKEN, H. (2008). Measurement depth effects on the apparent temperature sensitivity of soil respiration in field studies. *Biogeosciences*, 5, 1175–1188.
- GRANGER, J. (1984). Wine and Vine: The Archaeology of Urban Core to Rural Periphery Transition in Augusta, Kentucky. *North American Archaeologist*, 5(1), 25–43.
- GREGORY, J. W. (1908). Lord Kelvin's Contributions to Geology. *Transactions—Geological Society of Glasgow*, 13, 170–186.
- GULSER, COSKUND y EKBERLI, IMANVERDI, 2004. A Comparison of Estimated and Measured Diurnal Soil Temperature Through a Clay Soil Depth. *Journal of Applied Sciences*, 4: 418-423.

- GUNZBURGER, Y., MERRIEN-SOUKATCHOFF, V., & GUGLIELMI, Y. (2005). Influence of daily surface temperature fluctuations on rock slope stability: case study of the Rochers de Valabres slope (France). *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 42(3), 331–349.
- GUNZBURGER, Y., & MERRIEN-SOUKATCHOFF, V. (2011). Near-surface temperatures and heat balance of bare outcrops exposed to solar radiation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(May), 1577–1589.
- GUPTA, H. K., & ROY, S. (2006). *Geothermal energy: an alternative resource for the 21st century*. Elsevier.
- GUERICKE, O., (1672), *Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio*, editado por: Johanned Jansson Waesberge, Amsterdam,
- GUSMAN, A., MARUCCI, A., & PAGNIELLO, B. (2010). Winery design criteria for the production of valuable wine. In *XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR)*.
- GYŐRFI, T., & CSIGE, I. (2011). Effect of atmospheric pressure variations on the ^{222}Rn activity concentration in the air of a wine cellar. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 288(1), 229–232.
- HABIBI, A., KRAMER, R. B., & GILLIES, A. D. S. (2015). Investigating the effects of heat changes in an underground mine. *Applied Thermal Engineering*, 90, 1164–1171.
- HARRIS, D. J. (2006). Ground temperatures in Britain. *International Journal of Ambient Energy*, 27(3), 149–159.
- HASHIZUME, K., & UMEDA, N. (1996). Methoxypyrazine Content of Japanese Red Wines. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 60(5), 802–805.
- HECKEL, P. E. (2015). *The Ethics of Energy Sustainability* (SpringerBr).
- HENDERSON, A. (1824). *The history of ancient and modern wines*. Baldwin, Cradock, and Joy.
- HERB, W. R., JANKE, B., MOHSENI, O., & STEFAN, H. G. (2008). Ground surface temperature simulation for different land covers. *Journal of Hydrology*, 356(3-4), 327–343.
- HERRERO, T., PÉREZ-MARTÍN, E., CONEJO-MARTÍN, M. A., DE HERRERA, J. L., EZQUERRA-CANALEJO, A., & VELASCO-GÓMEZ, J. (2015). Assessment of underground wine cellars using geographic information technologies. *Survey Review*, 47(342), 202–210.

HONGFEI, Z., HUA, J., LIANYING, Z., & YUYUAN, W. (2002). Mathematical model of the thermal utilization coefficient of salt gradient solar ponds. *Energy Conversion and Management*, 43(15), 2009–2017.

HOPCROFT, P. O., GALLAGHER, K., & PAIN, C. C. (2007). Inference of past climate from borehole temperature data using Bayesian Reversible Jump Markov chain Monte Carlo. *Geophysical Journal International*, 171(3), 1430–1439.

HOPPE, E. (1928), *Histoire de la physique / □; traduit de l' allemand , par Henri Besson*, Paris.

HU, Q., FENG, S., & SCHAEFER, G. (2002). Quality Control for USDA NRCS SM-ST Network Soil Temperatures: A Method and a Dataset*. *Journal of Applied Meteorology*, 41(6), 607-619.

HUANG, S., TANIGUCHI, M., YAMANO, M., & WANG, C. (2009). Detecting urbanization effects on surface and subsurface thermal environment--a case study of Osaka. *The Science of the Total Environment*, 407(9), 3142–3152.

HUYGENS, C. (1893). *Oeuvres complètes Tome Cinquième Correspondance 1664-1665* (Martinus N.). La Haye

INGERSOLL, L. R., & ZOBEL, O. J(1913). *An introduction to the mathematical theory of heat conduction; with engineering and geological applications*. Boston. 171 p.

ISLAM, M. P., & MORIMOTO, T. (2015). Performance of Mathematical System Identification in Modeling of Hybrid Evaporative Cooling System. *International Journal of Computer Applications*, 123(1), 44–49.

JANSSEN, H., CARMELIET, J., & HENS, H. (2002). The influence of soil moisture transfer on building heat loss via the ground. *Journal of Building Physics*, 25(4), 825–836.

JENDELE, L. (2002). An improved numerical solution of multiphase flow analysis in soil. *Advances in Engineering Software*, 33(7-10), 659–668.

JOHNSTON, D. E., ARTHUR, J. R. B., METCALFE, C. R., EASTHAM, A., MORGAN, G. C., WOODHEAD, G., ... LOWTHER, A. W. G. (1972). A Roman Building at Chalk ., *Britannia*, 3, 112–148.

KAJTAR, L., NYERS, J., & SZABO, J. (2015). Dynamic thermal dimensioning of underground spaces. *Energy*, 87, 1–8.

KAZEMI, M., & MAHMOODABADI, A. R. (2014). Studying the Thermal Behavior of Winter Sections in Yazd Traditional Homes and Its Optimum Situation. *International Journal of Architecture and Urban Development*, 4(3), 39–50.

KEERY, J. S., & BINLEY, A. (2007). *Temperature measurements for determining groundwater – surface water fluxes*.

KELLER, V. (2013). Re-entangling the Thermometer: Cornelis Drebbel's Description of his Self-regulating Oven, the Regiment of Fire, and the Early History of Temperature. *Nuncius*, 28(2), 243–275.

KHANAFER, K. y VAFAI, K., (2002) Thermal analysis of buried land mines over a diurnal cycle, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 40, issue 2, pág. 461–473

KHORSANDI, F., & WHISLER, F. D. (1996). Validation of the Soil-Temperature Model of GOSSYM-COMAX. *Agricultural Systems*, 51, 131–146.

KOHL, T. (1998). Palaeoclimatic temperature signals can they be washed out? *Tectonophysics*, 291, 225–234.

KOO, M. H., & SONG, Y. (2008). Estimating apparent thermal diffusivity using temperature time series: A comparison of temperature data measured in KMA boreholes and NGMN wells. *Geosciences Journal*, 12(3), 255–264.

KOOI, HENK, (2008) Spatial variability in subsurface warming over the last three decades; insight from repeated borehole temperature measurements in The Netherlands, *Earth and Planetary Science Letters* 270 86–94

KRARTI, M., LOPEZ-ALONZO, C., CLARIDGE, D. E., & KREIDER, J. F. (1995). Analytical model to predict annual soil surface temperature variation. *Journal of Solar Energy Engineering*, 117, 91–98.

KRARTI, M., & KREIDER, J. F. (1996). Analytical model for heat transfer in an underground air tunnel. *Energy Conversion and Management*, 37(10), 1561–1574.

KRARTI, M., CHUANGCHID, P., & IHM, P. (2001). Foundation heat transfer module for EnergyPlus program. In *Seventh International IBPSA Conference* (pp. 931–938).

KRUMBEIN, W. C. (1932). A History of the Principles and Methods of Mechanical Analysis. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, Vol. 2(2), 89–124.

KUSUDA, T., & ACHENBACH, P. R. (1965). Earth temperature and thermal diffusivity at selected stations in the United States. National Bureau of Standards (Vol. 71).

KUSUDA, T. (1999). Early history and future prospects of building system simulation. In *Proceedings of Building Simulation* (p. Vol. 99, pp. 3–15).

KUSUDA, T. (2001). Building environment simulation before desk top computers in the USA through a personal memory. *Energy and Buildings*, 33(4), 291–302.

KUTASOV, I. M., EPPELBAUM, L. V., & DOROFYEVA, R. P. (2001). Physical-mathematical problem of the recent climate reconstruction from subsurface temperature logs. *Scientific Israel*, (1), 79–83.

LABS, K. (1981). Regional-Analysis of Ground and Above-Ground Climate. New Haven, Connecticut.

LABS, K. (1975). The Architectural Use of Underground Space : Issues & Applications. Washington University.

LAMBERT, J. H (1779). *Pyrometrie oder vom Maafse des Feuers und der Wärme*. Berlín.

LASKAR, J. M., BAGAVATHIAPPAN, S., SARDAR, M., JAYAKUMAR, T., PHILIP, J., & RAJ, B. (2008). Measurement of thermal diffusivity of solids using infrared thermography. *Materials Letters*, 62(17-18), 2740–2742.

LEBBAL, N. (1989). Traditional Berber Architecture in the Aures, Algeria. *Vernacular Architecture*, 20(1), 24–37.

LEE, K. H., & STRAND, R. K. (2006). Implementation of an earth tube system into EnergyPlus program. In *Proceedings of the SimBuild 2006 Conference, Boston MA, USA*.

LEE, K. H., & STRAND, R. K. (2008). The cooling and heating potential of an earth tube system in buildings. *Energy and Buildings*, 40(4), 486–494

LEI, S., & BIAN, Z. (2010). Estimating Soil Temperature at Given Depth Based on RS Image and Heat Conduction Model. In *2010 International Conference on Multimedia Technology* (pp. 1–4).

LEHNERT, M. (2014). Factors affecting soil temperature as limits of spatial interpretation and simulation of soil temperature. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis – Geographica*, 45(1), 5–21.

- LETTAU, H. (1951). Theory of surface-temperature and heat-transfer oscillations near a level ground surface. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 32(2), 189-200.
- LETTAU, H. (1954). Improved models of thermal diffusion in the soil. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 35(1), 121-132.
- LINGO JR, L. E., & ROY, U. (2014). Exergy Management between a Building and Its Environment for Residential HVAC. *Journal of Energy Engineering*, 140(4).
- LIU, C., SHI, B., TANG, C., & GAO, L. (2011). A numerical and field investigation of underground temperatures under Urban Heat Island. *Building and Environment*, 46(5), 1205–1210.
- LIU, X., XIAO, Y., INTHAVONG, K., & TU, J. (2014). A fast and simple numerical model for a deeply buried underground tunnel in heating and cooling applications. *Applied Thermal Engineering*, 62(2), 545–552.
- LOZANO, J., SANTOS, J. P., SUAREZ, J. I., CABELLAS, M., ARROYO, T., & HORRILLO, C. (2015). Automatic Sensor System for the Continuous Analysis of the Evolution of Wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(2), 148–155 .
- LSTIBUREK, J. W. (2008). The Truth About Wine Cellars. *ASHRAE Journal*, (June), 56-88
- LU, N., & LECAIN, G. D. (2003). Percolation Induced Heat Transfer in Deep Unsaturated Zones. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 11(November 1), 1040–1053.
- LUHMANN, A. J., COVINGTON, M. D., PETERS, A. J., ALEXANDER, S. C., ANGER, C. T., GREEN, J. A., ... ALEXANDER, E. C. (2011). Classification of Thermal Patterns at Karst Springs and Cave Streams. *Ground Water*, 49(3), 324–335.
- MACH, E. (1902). The Theory of Heat. *The Open Court*, XVI(11), 641–650.
- MAKINDE, O. D., & MOITSHEKI, R. J. (2008). On non-perturbative techniques for thermal radiation effect on natural convection past a vertical plate embedded in a saturated porous medium. *Mathematical Problems in Engineering*, 1–12.
- MARIĆ, J., & FIRŠT-BAČA, M. (2003). Sensory evaluation and some acetate esters of bottle aged Chardonnay wines. *PLANT SOIL ENVIRON.*, 49(7), 332–336.
- MARTÍN OCAÑA, S., & CAÑAS GUERRERO, I (2005). Comparison of hygro-thermal conditions in underground wine cellars from a Spanish area. *Building and Environment*, 40(10), 1384–1394.

MARTÍN OCAÑA, S., & CAÑAS GUERRERO, I. (2006). Comparison of analytical and on site temperature results on Spanish traditional wine cellars. *Applied Thermal Engineering*, 26(7), 700–708.

MAZARRON, F. R., & CANAS, I. (2008). Exponential sinusoidal model for predicting temperature inside underground wine cellars from a Spanish region. *Energy and Buildings*, 40(10), 1931–1940.

MAZARRON, F. R., & CANAS, I. (2008). Exponential sinusoidal model for predicting temperature inside underground wine cellars from a Spanish region. *Energy and Buildings*, 40(10), 1931–1940.

MAZARRÓN, F. R., & CAÑAS, I. (2009). Seasonal analysis of the thermal behaviour of traditional underground wine cellars in Spain. *Renewable Energy*, 34(11), 2484–2492.

MAZARRÓN, F. R., FALCETO, J. C., & CAÑAS, I. (2011). Uso de bodegas subterráneas tradicionales y modernas excavadas en tierra para la crianza de vino. In *Construcción con tierra, tecnología y arquitectura: Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2010/11* (pp. 29-32). Cátedra Juan de Villanueva.

MAZARRÓN, F. R., PORRAS-AMORES, C., & CID-FALCETO, J. (2012a). Natural ventilation in underground wine cellars. In *International Conference on Agricultura Engineering*.

MAZARRÓN, F. R., CID-FALCETO, J., & CAÑAS, I. (2012b). An assessment of using ground thermal inertia as passive thermal technique in the wine industry around the world. *Applied Thermal Engineering*, 33-34, 54–61.

MAZARRÓN, F. R., CID-FALCETO, J., & CAÑAS, I. (2012c). Ground thermal inertia for energy efficient building design: A case study on food industry. *Energies*, 5, 227–242.

MAZARRÓN, F. R., LÓPEZ-OCÓN, E., GARCIMARTÍN, M. A., & CAÑAS-GUERRERO, I. (2013). Assessment of basement constructions in the winery industry. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 35(C), 200–206.

MAZARRÓN, F. R., PORRAS-AMORES, C., & CAÑAS-GUERRERO, I. (2015). Annual evolution of the natural ventilation in an underground construction□: Influence of the access tunnel and the ventilation chimney. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 49, 188–198.

MICHEL, R. H., & MCGOVERN, P. E. (1993). The first Wine & Beer. *Analytical Chemistry*, 65(8), 408–413.

MIHALAKAKOU, G., SANTAMOURIS, M., & ASIMAKOPOULOS, D. (1992). Modelling the earth temperature using multiyear measurements. *Energy and Buildings*, 19(1), 1–9.

MIHALAKAKOU, G., SANTAMOURIS, M., LEWIS, J. O., & ASIMAKOPOULOS, D. N. (1997). On the application of the energy balance equation to predict ground temperature profiles. *Solar Energy*, 60(3-4), 181–190.

MIMOUNI, T., LEI, L., & LALOUI, L. (2014). Estimating soil thermal diffusivity with interference analyses. *Acta Geotechnica*, 10, 197–208.

MORADI, H., & ESKANDARI, H. (2012). An experimental and numerical investigation of Shovadan heating and cooling operation. *Renewable Energy*, 48(0), 364–368.

MORTIMER, R. K. (2000). Evolution and variation of the yeast (*Saccharomyces*) genome. *Genome Research*, 10(510), 403–409.

MOUSTAFA, S., JARRAR, D., EL-MANSY, H., AL-SHAMI, H., & BRUSEWITZ, G. (1981). Arid soil temperature model. *Solar Energy*, 27(1), 83–88.

MWITHIGA, G., MAGAMA, P., & HLOPHE, M. (2013). Humidity Control System for Wine Maturation Structures. *Advanced Materials Research*, 824, 301–310.

MYLES, S. et al. S. (2011). Genetic structure and domestication history of the grape. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), 3530-3535.

NAM, Y., OOKA, R., & HWANG, S. (2008). Development of a numerical model to predict heat exchange rates for a ground-source heat pump system. *Energy and Buildings*, 40(12), 2133–2140.

NASSAR, Y., ELNOAMAN, A., ABUTAIMA, A., YOUSIF, S., & SALEM, A. (2006). Evaluation of the underground soil thermal storage properties in Libya. *Renewable Energy: An International Journal*, 31, 593–598.

NEGEV, A. A. (1984). Israel Exploration Society Excavations at Carmel (Kh. Susiya) in 1984□: Preliminary Report . *Israel Exploration Journal*, 35(4), 231–252.

NEWTON, I.(1701) Scale graduum Caloris. Calorum Descriptiones & Signa. *Philosophical Trans.* pp. 824-829, 1701

NEYMARK, J., & JUDKOFF, R. (2008). *International Energy Agency Building Energy Simulation Test and Diagnostic Method (IEA BESTEST) In-Depth Diagnostic Cases for Ground Coupled Heat Transfer Related to Slab- on-Grade Construction*. Golden, Colorado.

OCHSNER, T. E., SAUER, T. J., HORTON, R.(2007), Soil Heat Storage Measurements in Energy Balance Studies, *Agronomy Journal*, 99:311-319.

OCÓN, E., et al.(2011). Factors of influence in the distribution of mold in the air in a wine cellar. *Journal of Food Science*, 76(3), 169–174.

OCON, E., GUTIERREZ, A. R., GARIJO, P., SANTAMARIA, P., LOPEZ, R., OLARTE, C., & SANZ, S. (2014). Influence of Winery Age and Design on the Distribution of Airborne Molds in Three Rioja Wine Cellars. *American Journal of Enology and Viticulture*, 65, 479–485.

OLVER, P. J. (2014). *Introduction to Partial Differential Equations* (Springer).

OUZZANE, M., ESLAMI-NEJAD, P., AIDOUN, Z., & LAMARCHE, L. (2014). Analysis of the convective heat exchange effect on the undisturbed ground temperature. *Solar Energy*, 108, 340–347.

OZGENER, O. (2010). Use of solar assisted geothermal heat pump and small wind turbine systems for heating agricultural and residential buildings. *Energy*, 35(1), 262–268.

OZGENER, O., OZGENER, L., & TESTER, J. W. (2013). A practical approach to predict soil temperature variations for geothermal (ground) heat exchangers applications. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 62, 473–480.

PAPPAS, C., HATZIANASTASSIOU, N., KATSOULIS, B. D.(2004), Analysis of cold spells in the Greek region, *Climate Research*, 27, 211-223

PATTERSON, L. D. (1953). The Royal Society's Standard Thermometer, 1663-1709. *Isis*, 44(1), 51–64.

PAUL, K. I., POLGLASE, P. J., SMETHURST, P. J., O'CONNELL, A. M., CARLYLE, C. J., & KHANNA, P. K. (2004). Soil temperature under forests: a simple model for predicting soil temperature under a range of forest types. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(3-4), 167–182.

PERDOMO REYES, M. I.(2001). Los instrumentos científicos y la imagen del mundo: el caso del termómetro en Galileo y R. Fludd. In *Largo campo di filosofare* (pp. 139-150). Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.

PEARSON, R. (2006). Jomon hot spot: increasing sedentism in south-western Japan in the Incipient Jomon (14,000–9250 cal. bc) and Earliest Jomon (9250–5300 cal. bc) periods. *World Archaeology*, 38(2), 239–258

PERRIER, F., MORAT, P., YOSHINO, T., SANO, O., UTADA, H., GENSANE, O., & LE MOUËL, J.-L. (2004). Seasonal thermal signatures of heat transfer by water exchange in an underground vault. *Geophysical Journal International*, 158(1), 372–384.

PERRIER, F., LE MOUEL, J.-L., & RICHON, P. (2010). Spatial and Temporal Dependence of Temperature Variations Induced by Atmospheric Pressure Variations in Shallow Underground Cavities. *Pure And Applied Geophysics*, 167, 253–276.

PHILIPPE, M., BERNIER, M., & MARCHIO, D. (2009). Validity ranges of three analytical solutions to heat transfer in the vicinity of single boreholes. *Geothermics*, 38(4), 407–413.

PINEL, P., CRUICKSHANK, C. A., BEAUSOLEIL-MORRISON, I., & WILLS, A. (2011). A review of available methods for seasonal storage of solar thermal energy in residential applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(7), 3341–3359.

PEYAUD, V., RITZ, C., & KRINNER, G. (2007). of the Past Modelling the Early Weichselian Eurasian Ice Sheets□: role of ice shelves and influence of ice-dammed lakes, (2004), 375–386.

POKLADNÍKOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J., & STŘEDA, T. (2008). Evaluation of soil temperatures at agroclimatological station Pohořelice. *Soil & Water Research*, 3(4), 223-230.

PORRAS-AMORES, C., MAZARRÓN, F. R., & CAÑAS, I. (2014). Study of the Vertical Distribution of Air Temperature in Warehouses. *Energies*, 1193–1206.

PRESTWICH, J. (1885). On Underground Temperatures, with Observations on the Conductivity of Rocks, on the Thermal Effects of Saturation and Imbibition, and on a Special Source of Heat in Mountain Ranges. *Proceedings of t. Proceedings of the Royal Society of London*, 38((1884 - 1885)), 161–168.

PRESTWICH, J. (1886). On Underground Temperatures; with Observations on the Conductivity of Rocks; on the Thermal Effects of Saturation and Imbibition; and on a Special Source of Heat in Mountain Ranges. *Proceedings of the Royal Society*, 41, 1–116.

PRETORIUS, I. S. (2000). Tailoring wine yeast for the new millennium□: novel approaches to the ancient art of winemaking. *Yeast*, 16, 675–729.

PRUNTY, L. D. (2002). Thermal Transients in Closed , Unsaturated Soil Systems. In *In AGU Fall Meeting Abstracts* (p. 0812).

RALEIGH, M. S., LANDRY, C. C., HAYASHI, M., QUINTON, W. L., & LUNDQUIST, J. D. (2013). Approximating snow surface temperature from standard temperature and humidity data: New possibilities for snow model and remote sensing evaluation. *Water Resources Research*, 49(12), 8053–8069.

RAZAVI, M., DEHGHANI-SANJI, A. R., KHANI, M. R., & DEHGHANI, M. R. (2015). Comparing meshless local Petrov–Galerkin and artificial neural networks methods for modeling heat transfer in cisterns. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 521–529.

REN, D., & XUE, M. (2004). A Revised Force–Restore Model for Land Surface Modeling. *Journal of Applied Meteorology*, 43(11), 1768–1782.

RICE, P. M. (1996). Peru's colonial wine industry and its European background. *Antiquity*, 70(May), 785–800.

RIMI, A. (2000). Evidence of recent warming in the north of Morocco from disturbed geothermal gradients. *Geodinamica Acta*, 13(1), 19–27.

ROBINSON, D. (2003). Climate as a pre-design tool. In *Eighth International IBPSA Conference* (pp. 1109–1116).

RODRÍGUEZ, M. E., INFANTE, J. J., MOLINA, M., DOMÍNGUEZ, M., REBORDINOS, L., & CANTORAL, J. M. (2010). Genomic characterization and selection of wine yeast to conduct industrial fermentations of a white wine produced in a SW Spain winery. *Journal of Applied Microbiology*, 108(4), 1292–1302.

RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, P., MUÑOZ-NIETO, Á., GOZALO-SANZ, I., MANCERA-TABOADA, J., GONZÁLEZ-AGUILERA, D., & CARRASCO-MORILLO, P. (2014). Geomatics and Geophysics Synergies to Evaluate Underground Wine Cellars. *International Journal of Architectural Heritage*, 8(4), 537–555.

RUIZ DE ADANA, M., LÓPEZ, L. M., & SALA, J. M. (2005). A Fickian model for calculating wine losses from oak casks depending on conditions in ageing facilities. *Applied Thermal Engineering*, 25(November), 709–718.

SANTORIO, S(1629). *Commentarii in primam sectionem Aphorismorum Hippocratis*, Venetia

SASAMORI, T. (1970). A Numerical Study of Atmospheric and Soil Boundary Layers. *Journal of the Atmospheric Sciences*.

SCHLESINGER, W. (1976). in Hesse□: fortifications Early medieval a general historical report. *World Archaeology*, 7(3), 243–260.

SHAW, N., & AUSTIN, E. E. (1936). *Manual of Meteorology. Comparative Meteorology* (University, Vol. II). Cambridge.

SHCHUKO, O. B. (2004). Mercury: can any ice exist at subpolar regions? *Advances in Space Research*, 33, 2156–2160.

SHETA, S. A. (2010). Attributes of Indoor Environmental Quality to Earth- sheltered Building Design. In *Proceedings of the Tenth International Conference Enhanced Building Operations*.

SIEGELMAN, S. S. (1998). The Genesis of Modern Science□: Contributions of Scientific Societies and Scientific Journals. *Radiology*, 208(1), 9–16.

SIKORA, E., GUPTA, S. C., & KOSSOWSKI, J. (1990). Soil temperature predictions from a numerical heat-flow model using variable and constant thermal diffusivities. *Soil and Tillage Research*, 18(1), 27–36.

SILVERMAN, M. P. (2014). Statistical Analysis of Subsurface Diffusion of Solar Energy with Implications for Urban Heat Stress Statistical Analysis of Subsurface Diffusion of Solar Energy with Implications for Urban Heat Stress. *Journal of Modern Physics*, 5, 751–762.

SINGH, T., KUMAR, A., & BAREDAR, P. (2013). Experimental and analytical studies of earth–air heat exchanger (EAHE) systems in India□: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 238–246.

SMERDON J. E., POLLACK H. N., ENZ J. W., LEWIS M. J. (2003), Conduction-dominated heat transport of the annual temperature signal in soil, *Journal Of Geophysical Research*, 108, NO. B9, 2431

SODHA, M. S., & KHAS, H. (1985). Evaluation of an Earth-Air Tunnel System for Cooling / Heating of a Hospital Complex. *Building and Environment*, 20(2), 115–122.

SOLTANZADEH, H., & BIDELI, M. (2013). The Role of Cellars in Reducing Energy Consumption in the Residential Architecture of Iran. *Space Ontology International Journal*, 1(Spring and Summer), 23–31.

SOULEN JR, R. J. (1991). A brief history of the development of temperature scales: the contributions of Fahrenheit and Kelvin. *Supercond. Sci. Technol.*, 4, 696–699.

STANIEC, M., & NOWAK, H. (2011). Analysis of the earth-sheltered buildings ' heating and cooling energy demand depending on type of soil. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, XI(1).

STEVENS, J.W. (2004), Optimal placement depth of air-ground heat transfer systems, *Applied Thermal Engineering* 24, pp. 149–157,

STEVENS, M. B., SMERDON, J. E., GONZÁLEZ-ROUCO, J. F., STIEGLITZ, M., & BELTRAMI, H. (2007). Effects of bottom boundary placement on subsurface heat storage: Implications for climate model simulations. *Geophysical Research Letters*, 34(2), L02702.

STEVENS, M. B., GONZÁLEZ-ROUCO, J. F., & BELTRAMI, H. (2008). North American climate of the last millennium: Underground temperatures and model comparison. *Journal of Geophysical Research*, 113.

STEVENSON, A. C. (1985). Studies in the vegetational history of S W Spain: II investigations at Laguna de las Madres ,. *Journal of Biogeography*, 12(4), 293–314.

STIEGLITZ, M., RIND, D., FAMIGLIETTI, J., & ROSENZWEIG, C.(1997). An Efficient Approach to Modeling the Topographic Control of Surface Hydrology for Regional and Global Climate Modeling. *Journal of Climate*, 10(January), 118–137.

STOEVA, P., STOEV, A., & KISKINOVA, N. (2006). Long-term changes in the cave atmosphere air temperature as a result of periodic heliophysical processes. *Physics and Chemistry of the Earth*, 31(1-3), 123–128.

TAMURA, S. T. (1905a). Observations of Earth temperature in Japan. *Monthly Weather Review*, Febraury, 296–302.

TAMURA, S. T. (1905b). Mathematical Theory of the Nocturnal Cooling of the Atmosphere. *Monthly Weather Review*, April, 138–147.

TANG, C., SHI, B., GAO, L., DANIELS, J. L., JIANG, H., & LIU, C. (2011). Urbanization effect on soil temperature in Nanjing , China. *Energy & Buildings*, 43(11), 3090–3098.

TAYLOR, F. S.(1942), The origin of the thermometer, *Annals of Science*, 5:2, 129-156,

TEJADA MARTÍNEZ, A. (1991). An exponential model of the curve of mean monthly hourly air temperature. *Atmósfera*, 1, 139-144.

THOMSON, T. (1830). *An outline of the sciences of heat and electricity* (E. Khull &Son). Glasgow.

THOMSON, W (1863) I. On the secular cooling of the earth , Philosophical Magazine Series 4, 25:165, 1-14

TILLING, L. (1975). Early Experimental Graphs. *The British Journal for the History of Science*, 8(3), 193–213.

TINTI, F., BARBARESI, A., BENNI, S., TORREGGIANI, D., BRUNO, R., & TASSINARI, P. (2015). Experimental analysis of thermal interaction between wine cellar and underground. *Energy and Buildings*, 104, 275–286.

TORELLI, M., WARD-PERKINS, J. B., & THREIPLAND, L. M. (2012). A Semi-Subterranean Etruscan Building in the Casale Pian Roseto (Veii) Area. *Papers of the British School at Rome*, 38(1970), 62–121.

TANG, S. B., & TANG, C. A. (2012). Numerical studies on tunnel floor heave in swelling ground under humid conditions. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 55, 139–150.

TURKOGLU, N. (2010). Analysis of urban effects on soil temperature in Ankara. *Environ Monit Assess*, 169, 439–450.

TORREGGIANI, D., BENNI, S., CORZANI, V., TASSINARI, P., & GALASSI, S. (2011). Land Use Policy A meta-design approach to agroindustrial buildings□: A case study for typical Italian wine productions. *Land Use Policy*, 28(1), 11–18.

TRONCHIN, L. (2004). Energy saving in typical architecture□: the energy flow in traditional solutions in a sustainable perspective. In *The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture*.

UNWIN, T. (1991). *Wine and the vine: An Historical Geography of Viticulture and the Wine Trade* (Routledge). London.

VIDHI, R., GOSWAMI, D. Y., & STEFANAKOS, E. K. (2014). Parametric study of supercritical Rankine cycle and earth-air-heat- exchanger for low temperature power generation. *Energy Procedia*, 49, 1228–1237.

VINK, N., DELOIRE, A., BONNARDOT, V., & EWERT, J. (2010). Terroir , climate change , and the future of South Africa ' s wine industry. In *The World's Wine Markets by 2030: Terroir, Climate Change, R&D and Globalization*.

VINNIKOV, K. Y. (2002), Analysis of seasonal cycles in climatic trends with application to satellite observations of sea ice extent, *Geophysical Research Letters*, 29(24), 1-4

DE VRIES, D. A. (1957). On the integration of the heat-conduction equation with periodic variation of temperature. *Journal of Meteorology*, 14(1), 71–76.

WALKER, J. P., WILLGOOSE, G. R., & KALMA, J. D. (2001). One-Dimensional Soil Moisture Profile Retrieval by Assimilation of Near-Surface Measurements: A Simplified Soil Moisture Model and Field Application. *Journal of Hydrometeorology*, 2(4), 356–373.

WANG, D., & ZHANG, X. (2015). A Prediction Method for Interior Temperature of Grain Storage via Dynamics Models□: A Simulation Study. In *2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) Aug 24-28, 2015*. (pp. 1477–1483). Gothenburg, Sweden.

WANG, H., QI, C., WANG, E., & ZHAO, J. (2009). A case study of underground thermal storage in a solar-ground coupled heat pump system for residential buildings. *Renewable Energy*, 34(1), 307–314.

WANG, W., HE, M., LIU, C., & ZHANG, Y. (2014). The research of constant temperature and humidity air-conditioning system of underground cellar. *Applied Mechanics and Materials*, 674, 1722–1728.

WEISS, H. (1991). Archaeology in Syria. *American Journal of Archaeology*, 95(4), 683–740.

VAN WIJK , W. R., (1963) *Physics of Plant Environment*. (Ed.) W. R.. North-Holland Publishing Co, Amsterdam

WILLIAMS, K. E., & MCKAY, C. P. (2015). Comparing flow-through and static ice cave models for Shoshone Ice Cave. *International Journal of Speleology*, 44(May), 115–123.

WING, D. R.; AUSTIN, G. L., (2005), Description of the University of Auckland global Mars mesoscale meteorological model, *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 37, p.697

WU, Q., CHEN, L., & XU, Y. (2013). Yeast community associated with the solid state fermentation of traditional Chinese Maotai - flavor liquor. *International Journal of Food Microbiology*, 166, 323–330.

YESILLER, N., HANSON, J.L., LIU W.L.,(2005) Heat Generation in Municipal Solid Waste Landfills, *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, Volume 131, Issue 11, pp. 1330–1344,

YUAN, Y., JI, H., DU, Y., & CHENG, B. (2008). Semi-analytical solution for steady-periodic heat transfer of attached underground engineering envelope. *Building and Environment*, 43(6), 1147–1152.

YUSOF, T. M., ANUAR, S., & IBRAHIM, H. (2014). Numerical Investigation of Ground Cooling Potential for Malaysian Climate. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)*, 10(July-December), 2081–2090.

ZHANG, D., & ANTHES, R. A. (1982). A high-resolution model of the planetary boundary layer-sensitivity tests and comparisons with SESAME-79 data. *Journal of Applied Meteorology*, 21(11), 1594–1609.

ZHANG, J., & HAGHIGHAT, F. (2005). Simulation of Earth-to-Air Heat Exchangers in Hybrid Ventilation Systems. In *Ninth International IBPSA Conference Montréal, Canada* (pp. 1417–1424).

ZHANG, L., ZHANG, Q., MIN, L., & YAXING, D. (2015). A New Analytical Model for the Underground Temperature Profile under the Intermittent Operation for Ground-coupled Heat Pump Systems. In *The 7th International Conference on Applied Energy – ICAE2015* (Vol. 75, pp. 840–846). Elsevier B.V.

ZHANG, W., SKOUROUMOUNIS, G., MONRO, T., & TAYLOR, D. (2015). Distributed Wireless Monitoring System for Ullage and Temperature in Wine Barrels. *Sensors*, 15(8), 19495–19506.

ZHENG, D., HUNT JR, E. R., & RUNNING, S. W. (1993). A daily soil temperature model based on air temperature and precipitation for continental applications. *Climate Research*, 2, 183–191.

ZORAS, S. (2009). A Review of Building Earth-Contact Heat Transfer. *Advances in Building Energy Research*, 3(1), 289–313.