

INVERNADERO GEOTÉRMICO ENERGÉTICAMENTE SUSTENTABLE

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se relaciona con el sector agrícola, principalmente, con tecnología implementada por computador en un invernadero geotérmico que permita a los agricultores cultivar especies que requieran de condiciones óptimas para su desarrollo a fin de afrontar los cambios climáticos, mejorar la capacidad de crecimiento para plantas productoras de alimentos aprovechando las zonas
10 volcánicas y la orografía de un determinado lugar.

ESTADO DE LA TÉCNICA

- En el estado del arte se conocen métodos y dispositivos que pueden mejorar la
15 productividad de agricultores mediante el aprovechamiento de recursos naturales. Es el caso de la patente CN106613533 que divulga un método técnico para mejorar la productividad de la tierra de invernadero mediante la tecnología de bomba de calor geotérmica. El método incluye los pasos de calentar agua mediante una bomba de calor geotérmica, y luego el agua a alta temperatura es transportada a
20 una tubería incrustada debajo de los invernaderos a través de una tubería de aislamiento térmico, donde el material de las tuberías es de alta resistencia, A temperaturas, libre de toxicidad, resistente al desgaste, resistente a la oxidación, y buena conductividad térmica, las especificaciones de los ductos la temperatura del invernadero y la temperatura requerida para los cultivos pueden diseñarse de
25 acuerdo con el tipo de invernadero. El agua que sale del invernadero pasa a través de los ductos y luego regresa bajo tierra o se almacena en un estanque específico para agua de riego.

- De otro lado, el documento CN106613537 reporta que la eficiencia térmica en el
30 proceso de regulación y control de temperatura en un invernadero de luz solar se puede aumentar, así como, reducir el consumo cuando se usa agua como medio acondicionado. Se reporta un sistema automático de control de temperatura de riego

por goteo en un invernadero impulsado por energía solar. El sistema de riego por goteo comprende un subsistema de ajuste de temperatura automático y un subsistema de riego por goteo. El subsistema de ajuste automático de temperatura comprende una capa intermedia llena de agua mientras que el subsistema de riego por goteo impulsado por energía solar utiliza una bomba para bombear dicha capa intermedia. El sistema automático de control de temperatura por goteo del invernadero de luz solar regula automáticamente el coeficiente de transferencia de calor en la pared del invernadero de acuerdo con el flujo relativo entre la temperatura ambiental y la temperatura en el área de control o con el debilitamiento de la transmisión de calor entre el área de control de temperatura y el medio ambiente ahorrando energía.

La patente CN202425377 reporta un sistema de invernadero ecológico inteligente basado en un suplemento de luz solar y aislamiento geotérmico. El sistema comprende un invernadero, un dispositivo de acumulación y alimentación de agua, un dispositivo de fertilización, un dispositivo de condensación de luz solar, un receptor de fibra óptica, un divisor de luz de fibra óptica, una lámpara de suplemento de luz, un dispositivo de generación solar fotovoltaica, una bomba geotérmica con aspas para radiación de calor del agua, un enfriador de cortina de agua, un dispositivo de generación de CO₂, una ventana de ventilación de flujo constante, un dispositivo sensor de temperatura, un dispositivo sensor de humedad, un sensor fotosensible, un dispositivo monitor de video, un dispositivo de detección de CO₂, una batería de almacenamiento, un controlador de fuente de alimentación, un inversor, un host de control, un monitor y una fuente de alimentación.

Adicionalmente se encuentra la patente CN203907757 que divulga un sistema de combinación de una bomba geotérmica y un invernadero de energía solar. El sistema de combinación de bomba de energía geotérmica e invernadero de energía solar consta de tres ciclos: un invernadero, un tanque de almacenamiento de calor y un intercambiador de calor en el invernadero que forman un circuito; y en donde un tanque de agua caliente, un pozo de agua y un sistema de agua caliente que se controla a través de una válvula mezcladora de agua, forman un circuito de agua viva; un sistema de tubería enterrada, una unidad de máquina de bomba de calor,

una bomba de circulación de agua, un intercambiador de calor de placas, válvulas de control y un tanque de almacenamiento de calor forman un sistema de bomba geotérmica. Cuando la energía proporcionada por el colector de energía solar es insuficiente o excede la cantidad que necesita el invernadero, el sistema de bomba geotérmica se ajusta para mantener el invernadero a la temperatura que las plantas necesitan, para formar un circuito de temperatura de aire acondicionado. De acuerdo con el sistema de combinación de bomba geotérmica e invernadero de energía solar, las energías limpias, incluida la energía solar y geotérmica se utilizan lo suficiente; para ajustar la temperatura en el invernadero.

10

También se sabe del documento CN202697379 que reporta un sistema de riego por goteo de gravedad en un invernadero que utiliza energía geotérmica provista por energía solar. El sistema de riego por gravedad comprende un invernadero provisto de una pared. El sistema de riego por gravedad se caracteriza por incluir un colector de calor de energía solar y una tubería enterrada y conectada con correas de riego por goteo. El colector de calor de energía solar está fijado en la parte superior del invernadero, la parte superior del colector de calor de energía solar está provisto de una tubería de transporte de agua y la parte inferior está provista de una tubería de salida de agua. El tubo de transporte de agua está conectado respectivamente con un tanque de agua y un tubo de entrada de agua, el extremo posterior del tubo de salida de agua está conectado con un tanque y un soporte y un tubo principal está instalado respectivamente en el fondo del tanque de agua. La tubería principal está conectada con la tubería enterrada y las cintas de riego por goteo están conectadas directamente con la tubería enterrada a través de tuercas de seguridad.

25

La patente CN202941214 se refiere a un invernadero en el que el calor del agua subterránea se utiliza para retener el calor en el interior del domo. El invernadero geotérmico comprende un cuerpo de invernadero sellado y adopta una estructura de marco compuesto en el cuerpo de invernadero sellado y comprende, además, un cuerpo de pared lateral que puede ser una pared de enfriamiento de cortina de agua que comprende una base de pared y un radiador de cortina de agua geotérmica. Además, comprende un cuerpo de pared opuesto a la pared de

30

enfriamiento de la cortina de agua, el cual es un cuerpo de pared de ventilador que está provista de una pluralidad de ventiladores uno al lado del otro. El sistema también comprende un sub-sistema de calefacción de piso que se proporciona con tubos radiantes y se adapta en el suelo del invernadero. El invernadero geotérmico
5 combina y utiliza completamente la temperatura del agua subterránea, tiene una alta eficiencia de transferencia de calor, logra un calentamiento ecológico y libre de contaminación, y tiene un buen efecto de protección ambiental.

Por último, la patente CN202503966 se relaciona con un sistema de invernadero agrícola basado en energía solar y energía geotérmica superficial. El sistema
10 resuelve los problemas técnicos de alto costo de suministro de calor y la baja relación de eficiencia energética. El sistema de invernadero comprende un colector de calor de energía solar, un sistema de calor de tierra y un sistema intercambiador de calor subterráneo que están conectados respectivamente con un dispositivo de
15 acumulación de calor. El colector de calor de energía solar está provisto de un sensor de temperatura utilizado para detectar la temperatura del agua en el colector de calor de energía solar, en donde, el sensor de temperatura puede detectar la temperatura del agua para controlar el funcionamiento de todo el sistema de invernadero. El sistema de invernadero agrícola basado en la energía solar y la
20 energía geotérmica superficial tiene las ventajas de ahorrar energía, reducir la contaminación ambiental, ser amplio en el rango de aplicación y similares.

Es evidente que en estado de la técnica existe aún la necesidad no satisfecha de invernaderos auto-sostenibles que aprovechen la energía geotérmica y que sean
25 adecuados para todo tipo de cultivo. En este sentido, la presente invención hace un aporte mediante un invernadero geotérmico o geo invernadero (1) útil para aprovechar las zonas volcánicas que, por sus condiciones climáticas, son una estrategia de éxito para el suministro de productos alimenticios, minimizando de forma importante el impacto ambiental que puede tener un cultivo tradicional.
30 Además de aprovechar un insumo natural como lo es, las aguas termales que se encuentran cerca de las zonas volcánicas; en combinación con tecnología de

sensores que permitan controlar la temperatura ambiente y del aprovechamiento de la tierra que es muy fértil por la alta concentración de nutrientes en zonas volcánicas.

Otras ventajas que proporciona el geo invernadero (1) de la presente invención es
5 permitir el cultivo de alimentos durante todo el año, aumenta la productividad y
calidad del cultivo, mejora las condiciones alimenticias y económicas de la región,
es replicable a diferentes escalas, por lo tanto, se puede aplicar a producciones
industriales; permite la investigación *in situ* del control de plagas, insumos, variables
climáticas y de terreno; permite la producción de cultivos fuera de su temporada, es
10 auto-sostenible energéticamente, amigable con el medio ambiente, fácil de construir
y adaptable a distintos materiales de construcción, toda vez que, se pueden usar
como materiales de construcción, aquellos que se encuentran en el entorno (ej.
Piedra, madera, etc.), diseño simple y resistente, eficiente energéticamente al
disminuir pérdidas de calor por reducción de esquinas y se integra tecnológicamente
15 con las herramientas TIC.

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención está relacionada con un invernadero geotérmico (1) que tiene
20 una estructura circular (2) por debajo del nivel del suelo (3), y dos o más tanques de
almacenamiento (4) de aguas lluvias para las diversas tareas que se puedan
necesitar para el invernadero (1); y en donde el riego se realiza a través de cintas
de goteo (5), optimizando así el uso del agua. Además, el invernadero geotérmico
o geo-invernadero (1) tiene muros de soporte (6) los cuales pueden estar
25 recubiertos por membrana geotextil (6') como impermeabilizantes.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

La presente invención se entiende de forma más clara a partir de las siguientes
30 figuras donde se muestran los diferentes componentes, partes y elementos
constitutivos del invernadero de acuerdo con la presente invención:

La Figura 1 ilustra una vista en corte longitudinal de la configuración de un geo-invernadero o invernadero geotérmico (1) de la presente invención.

La Figura 2 ilustra una vista extendida de la pared lateral del invernadero con una
5 posible configuración de válvulas y tuberías internas para calefacción del geoinvernadero (1) de la presente invención.

La Figura 3 ilustra una vista superior de la configuración del geoinvernadero de la presente invención (1) sin el domo (1')

10

La Figura 4 ilustra una vista superior de una posible configuración del domo (1')

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15 La presente invención está dirigida un invernadero geotérmico o geo invernadero (1) que aprovecha las zonas volcánicas que tienen insumos naturales térmicos y minerales como lo es, las aguas termales que en combinación con tecnologías de las comunicaciones permiten controlar la temperatura ambiente y del aprovechamiento de la tierra contenida en el geo-invernadero para producción de
20 alimentos.

Otras ventajas que proporciona el geo invernadero (1) de la presente invención es permitir el cultivo de alimentos durante todo el año, aumenta la productividad y calidad del cultivo, reduce el riesgo de producción, mejora las condiciones
25 alimenticias y económicas de la región, es replicable a diferentes escalas, por lo tanto, se puede aplicar a producciones industriales, permite la investigación *in situ* del control de plagas, insumos, variables climáticas y de terreno, permite la producción de cultivos fuera de su temporada, es auto-sostenible energéticamente, amigable con el medio ambiente, fácil de construir y adaptable a distintos materiales
30 de construcción, toda vez que se puede usar como materiales de construcción aquello que se encuentran en el entorno (ej. Piedra), diseño simple y resistente,

eficiente energéticamente al disminuir pérdidas de calor por reducción de esquinas, se integra tecnológicamente con las herramientas TIC.

La presente invención muestra un invernadero geotérmico o geo-invernadero (1) el cual resulta beneficioso para conservar temperaturas deseadas para cultivos de plantas productoras de frutos, por ejemplo, pero sin limitarse a plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum*), ahuyama (*Cucúrbita máxima*) y otras plantas que requieren de temperaturas entre 15 y 37°C, preferiblemente entre 18 y 30°C para su producción, en donde la temperatura debe ser constante, independientemente de las condiciones exteriores (día, noche, estaciones, etc.). Adicionalmente, el invernadero geotérmico de la invención contribuye a una buena estabilidad de la humedad relativa, ya que logra mantener dicha condición en valores dentro del intervalo de desde 20% hasta 90%, preferentemente entre 30% y 60%, más de preferencia entre 50 y 65%.

El invernadero geotérmico (1) de la presente invención, como se muestra en la figura 1, tiene una estructura circular (2) la cual está por debajo del nivel del suelo (3), dos o más tanques de almacenamiento (4), con los cuales se busca la recolección de aguas lluvias para las diversas tareas que se puedan necesitar para el invernadero (1); y en donde uno de esos tanques de almacenamiento (4) es el encargado de almacenar el agua para el riego del cultivo. Es así como dicho riego se realizará a través de cintas de goteo (5), optimizando así el uso del agua. Además, el invernadero (1) tiene muros de soporte (6), los cuales pueden estar recubiertos por membrana geotextil (6') como impermeabilizantes. En la base del geo-invernadero (1) se encuentra un material de relleno (8) el cual puede ser, pero sin limitarse a, piedra caliza, gravilla, material orgánico como, por ejemplo, material vegetal producto de desechos domésticos, etc. La capa de material de relleno (8) puede estar entre un 10% y 80% de la longitud de profundidad desde el nivel del suelo (3) del geo-invernadero (1). Como se muestra adicionalmente en la figura 1 que es un corte longitudinal del geo-invernadero 1 de la presente invención, alrededor del perímetro de dicho geo-invernadero (1) se encuentra un canal (3') al ras del nivel del suelo (3) o más abajo del mismo, en donde el canal (3') colecta toda

el agua lluvia que escurre del domo (1') la cual se almacena en uno de los tanques (4) a través de una tubería o bajante (10). En una modalidad de la invención, los tanques pueden estar interconectados a través de un sistema de conexión (10') a fin de nivelar o suministrar el agua a aquellos tanques (4) que lo requieran y uno o
5 más tanques (4) pueden tener una conexión en tubería (11) que conecta el sistema de tanques (4) con el sistema de riego de cinta (5), en donde dicha conexión tiene una válvula de cierre (11') encerrada en una cajilla de concreto (12) con su respectiva tapa (12'). La conexión (11) tiene en su extremo que se una con la cinta de riego (5) una válvula (11'') para un control más preciso del suministro de agua al
10 interior del geoinvernadero (1). En una modalidad de la invención, un tanque 4 puede estar a nivel del suelo (3) y el otro o los otros puede estar a una altura X por encima del nivel del suelo (3).

La energía con la que se alimenta el geo-invernadero (1) puede provenir de un panel solar (13) colocado sobre una estructura (13') que captura la energía solar para convertirla en energía eléctrica que alimenta el sistema de control del geo-invernadero (1).
15

En la parte interior del muro de soporte (6) se encuentra un sistema de calefacción (7) el cual se encarga del intercambio de calor y por ende de la temperatura del geoinvernadero (1), el cual, se basa en elevar y/o mantener la temperatura interna a través de la apertura y cierre de unas válvulas solenoides (71) que permiten el flujo de agua caliente a través en las serpentinas (72) alrededor de la parte interior del muro de soporte (6) del geoinvernadero (1). Este sistema de calefacción (7) puede
20 tener una estructura de serpentinas (72), por ejemplo, como la configuración mostrada en la figura 2. En dicha figura 2, que corresponde también a un esquema extendido del sistema de calefacción (7) del geo invernadero (1), se puede apreciar cuatro zonas 7A, 7B, 7C y 7D, en donde la zona 7A para la modalidad ilustrativa de la figura 2, comprende una tubería recta de cobre (73) ubicada en la parte superior del sistema de calefacción (7) y a la cual mediante una válvula de cierre (74') permite
25 que el agua de calefacción que viene por la tubería recta de cobre (73) haga el recorrido por las serpentinas (72) que, para la configuración mostrada en la figura 2
30

comprende tubos de dos o más longitudes conectados entre sí por medio de codos (74) para unión. Las zonas 7B y 7C comprenden al igual que la zona 7A, serpentines (72) pero comprenden además dos tuberías de cobre (73) y la zona 7D comprenden serpentinas (72) y una sola tubería recta de cobre (73) ubicada en la parte inferior que cierra el circuito con la entrada de la tubería recta de cobre (73) a la entrada de la zona 7A.

Haciendo referencia a la figura 3, ésta muestra una vista superior de la configuración del geoinvernadero (1) de acuerdo con la invención, en donde se puede apreciar una posible configuración interna para los cultivos (9), así como también el sistema de calefacción (7) y las tuberías tanto para riego como para el control de temperatura. La configuración interna (9) para cultivos, puede tener una densidad de siembra que dependerá de la planta, su variedad o híbrido seleccionado, el tipo de poda, el tutorado (es decir, la sujeción de muchas plantas, arbustos y árboles frutales) y la fertilidad del suelo, así como del tipo de riego disponible. Por ejemplo, para un cultivo de tomate, la siembra se puede realizar en surcos sencillos, a una distancia entre surcos de 1,10 a 1,30 metros y entre plantas de 30 a 40 centímetros, con lo que se logra una densidad de 1,9 a 3 plantas por metro cuadrado o 19.000 a 30.000 plantas por hectárea.

Como se mencionó anteriormente, la estructura (2) del geoinvernadero (1) es circular y comprende además un domo (1') como techo. La estructura circular tiene su razón de ser en criterios sostenibles, toda vez que, una estructura circular requiere menos cantidad de material para cubrir superficies, menos suelo y menos paredes, principalmente. Adicionalmente, se encontró que se requiere entre un 15 y un 20% menos de material que en una estructura rectangular. Además de implicar una reducción de dinero, también incrementa la eficiencia energética. Al disponer de menos superficies en contacto con condiciones climatológicas adversas, la energía se conserva mejor en su interior.

El domo (1') puede ser elaborado en estructura metálica con cubierta en policarbonato. Al ser también circular con apariencia cónica, su superficie puede estar comprendida, por ejemplo, con diez paralelos radiales (14) y soportes

concéntricos (14') para proporcionar más estabilidad a la estructura y guayas (14'') que pueden fijar los paralelos radiales (14) entre sí o los mismos con los soportes concéntricos (14'). Dado que el geoinvernadero (1) se encuentra incrustado en la tierra, todo el domo (1') puede estar ubicado a nivel del suelo (3).

5

Haciendo mención a la parte cilíndrica formada por el muro de soporte (6) está ubicada por debajo del nivel del suelo (3) y se encuentra construida como sistema de gaviones alrededor del área del cilindro y en todo su perímetro. Este muro de soporte (6) con sistema de gaviones cumple tres funciones: a) Servir de soporte estructural para soportar el domo metálico (1'). b) Contener los posibles deslizamientos internos de tierra. c) Conservar calor gracias a las propiedades térmicas de las piedras naturales que también constituyen el muro soporte (6). Como parte de la obra civil del geoinvernadero (1), se encuentra un sistema de acceso (15) conformado por una rampa (15'), que, puede tener cualquier longitud, por ejemplo, pero sin limitarse a 5,5 m desde la rejilla (16) que recoge el agua lluvia proveniente de la rampa (15') y la lleva a través de una conexión (16') a uno de los tanques (4) y en donde dicha rampa (15') tiene una inclinación desde la base del geo-invernadero (1) hasta el nivel del suelo (3) de 45° y a una profundidad desde la base del geo-invernadero (1) hasta el nivel del suelo (3) entre 150 cm hasta 1000 cm y en donde, todo el sistema del geo-invernadero (1) se encuentra rodeado por una cerca viva (17) que tiene en su estructura postes (17') para guía y control de encerramiento con alambre de manera opcional.

El agua que circula a través del sistema de calefacción (7), son aguas termales, las cuales pasan a través de un sistema de captación de aguas termales y un sistema de tubería madre para distribución del agua termal hacia los serpentines (72) van a estar distribuidos en pares alrededor del perímetro y, el flujo de agua se controlará desde electroválvulas (también conocidas como válvulas solenoides, ubicadas a la entrada de cada uno de los serpentines (72)). Cabe mencionar que el flujo de agua termal será retornado a la fuente para hacer sostenible y renovable el uso del recurso.

Haciendo ahora referencia a la parte de monitoreo, medición y control de variables en el geoinvernadero (1), el sistema de monitoreo y control está compuesto por sensores de las variables asociadas a las condiciones del terreno y su curva de campo, humedad y temperatura al interior del geoinvernadero (1) y variables climáticas al exterior del mismo. Todas las variables se integran con el sistema de comunicación inalámbrica por medio de los nodos denominados nodo control, nodo sensor y nodo actuador. Los cuales, permiten el envío y recepción de información de modo local y remoto accediendo a su propia plataforma, por medio de internet. Una vez captadas y relacionadas entre sí todas las variables, el sistema de control (nodo control) procederá con la apertura o cierre de electroválvulas (válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería, también conocidas como válvulas) para aportar la cantidad de calor que justamente necesite el cultivo.

De igual manera, para el proceso de fertirriego (aplicación de fertilizantes sólidos (diluidos) o líquidos en los cultivos a través del sistema de riego), el geoinvernadero (1) cuenta con un sistema automatizado de riego por goteo (5); el recurso hídrico en este caso, es diferente de las aguas termales y, procede de la fuente de agua cercana y de la captación de aguas lluvias incidentes en el domo (1') del geoinvernadero (1), las cuales, son depositadas en los tanques de almacenamiento (4).

El geoinvernadero (1) comprende, además, un sistema de energización solar fotovoltaica (13) está compuesto por un sistema de paneles solares fotovoltaicos con capacidad para generación de 300 Wp y sus respectivas baterías de almacenamiento de energía, con el cableado necesario para proveer de energía eléctrica a los distintos sensores y componentes electromecánicos del sistema de monitoreo y control. Este sistema de generación de energía eléctrica sumado al proceso de intercambio de calor, garantiza la autosostenibilidad energética del geoinvernadero.

El sistema de cultivo (9) al interior del geoinvernadero (1) está distribuido de acuerdo a la geometría que proyecta la estructura metálica que soporta el domo (1'), es decir, en dos o más circunferencias proyectas en el suelo. En el caso de ser dos circunferencias, estas dos circunferencias concéntricas se ubican los surcos en
5 donde se siembran las plantas. Adicionalmente y, con el objetivo de hacer seguimiento al crecimiento de la planta, se implementa un sistema de tutorado compuesto por poleas suspendidas desde la estructura metálica del domo (1'). La separación entre cada planta sembrada en los surcos de las circunferencias (9) depende del tipo de producto a sembrar. La evolución del cultivo será monitoreada
10 en tiempo real por el sistema de monitoreo y control (20), siempre optimizando la curva de campo.