

DESARROLLO DE PROTOTIPOS DE SECADEROS SOLARES



MUNICIPALIDAD DE ROSARIO
Secretaría de Promoción Social
Subsecretaría de Economía Solidaria
Programa de Agricultura Urbana



¿Qué es conservar un alimento? 1

Secado artificial 5

Secadero de tambor 11

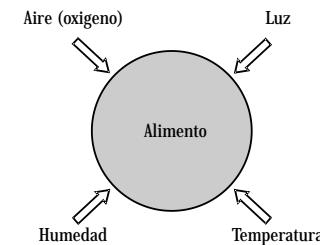
Secadero solar tradicional 15

Secadero tipo túnel 19

Los alimentos cuando entran en contacto con el aire, después de un tiempo, se alteran y cambian de aspecto, olor y sabor. Así, la carne se pudre, las frutas frescas fermentan y el pan toma un color oscuro verdoso. Para evitar que esto suceda, se deben guardar y proteger a fin de que duren más tiempo, no pierdan su valor nutritivo y no tengan que ser desechados.

Los alimentos se alteran por diferentes tipos de procesos. Entre las causas de estos procesos puede citarse los excesos de temperatura, la humedad, la luz, el oxígeno o simplemente el tiempo. Todos estos factores provocan diversos cambios físicos y químicos, que se manifiestan por alteraciones del color, olor, sabor, consistencia o textura de los alimentos.

Además, los microorganismos (como las bacterias del medio ambiente) y las enzimas presentes en los alimentos, producen la descomposición de los mismos. Para que se produzcan estos procesos se



necesitan ciertas condiciones apropiadas: acceso del aire, humedad (agua) y temperatura.

Entonces, conservar un alimento es mantener el mayor tiempo posible, el grado más alto de calidad, tratando de disminuir los efectos de estos mecanismos de alteración y deterioro.

Se puede hablar de la conservación de un producto fresco (frutas, verduras), materia prima (harinas) o producto elaborado (pan).

En cada hogar y en forma cotidiana se protegen los alimentos según sus características: algunos se conservan en la heladera, otros en recipientes herméticos u oscuros, otros en lugares secos.

Todos los alimentos industrializados tienen algún proceso de conservación que normalmente debe combinarse con los cuidados hogareños, por ejemplo la leche pasteurizada, debe conservarse en la heladera.

Entonces el objetivo de conservar un alimento es: Mantener la calidad del alimento.

Cuando hablamos de calidad de un alimento nos referimos a tres aspectos fundamentales:

Calidad higiénica:

La calidad higiénica sanitaria está directamente ligada a la presencia en el producto alimenticio de bacterias o microorganismos, capaces de producir enfermedades. Por ejemplo: la toxina botulínica, producida por una bacteria, *Clostridium botulinum*, en las conservas mal esterilizadas, embutidos y en otros productos, es una sustancia altamente venenosa.

Entonces una alta calidad higiénica asegura un producto libre del desarrollo de microorganismos perjudiciales para la salud.

Calidad nutricional:

La calidad nutricional se refiere a la composición (proteínas, vitaminas, grasas, etc.) del alimento, necesaria para una buena alimentación según cada etapa de la vida.

Entonces una alta calidad nutricional asegura un producto con alto contenido nutricional.

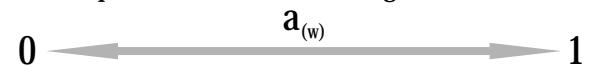
Calidad sensorial:

La calidad sensorial se refiere al color, aspecto, olor y sabor que identifican a cada alimento.

Entonces una alta calidad sensorial asegura un producto con características altamente agradables para los consumidores.

La actividad del agua (a_w)

El proceso de deterioro de los alimentos producidos por los microorganismos y enzimas, se produce cuando se dan ciertas condiciones de humedad, temperatura y presencia de oxígeno. El medio donde se producen todas las reacciones químicas relacionadas con ese proceso de deterioro es el agua.



La actividad del agua es un parámetro que mide la disponibilidad del agua en los alimentos e indica el riesgo de deterioro.

Un valor de actividad del agua igual a cero, corresponde a un producto totalmente libre de agua. Un valor igual a uno (1) corresponde al máximo posible.

El alimento más seco tiene menor actividad de agua y se conserva mejor porque no dispone de las condiciones adecuadas para el desarrollo de los microorganismos.

Métodos de conservación

Métodos Indirectos de Conservación: Estos

métodos modifican las condiciones (eliminando el aire, el agua y el calor excesivos) impidiendo que los microorganismos alteren los alimentos.

- ▶ Envasados al vacío: alimentos en envases de vidrio
- ▶ Deshidratados: leche en polvo, sopas de sobre, té en polvo, mermeladas, pescado seco (bacalao)
- ▶ Refrigerados: frutas, hortalizas
- ▶ Congelados: helados, pescados, frutas

Todos estos métodos tienden a disminuir la actividad del agua del producto.

Los métodos Directos de Conservación: destruyen, en mayor o menor medida, los microorganismos. Entre estos métodos se encuentran la esterilización por calor, la pasteurización y el empleo de aditivos.

Algunas formas de conservar alimento reduciendo la actividad del agua

a) disminuyendo la temperatura

Refrigeración: se mantiene el alimento a bajas temperaturas (entre 2 y 8°C) sin alcanzar la congelación.

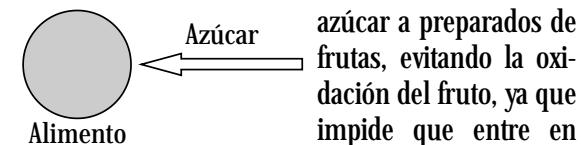
Congelación: se somete el alimento a temperaturas inferiores al punto de congelación (-18°C) durante un tiempo reducido.

b) agregando sal o azúcar

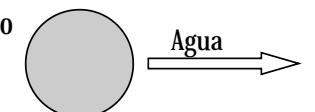
La salación o adición de sal: Es un proceso de conservación basado en la adición de sal en cantidad más o menos abundante.

Ésta capta el agua del alimento deshidratándolo y privando de este elemento vital a los microorganismos.

El concentrado de azúcar: Consiste en agregar



contacto con el oxígeno del aire.



c) eliminando el agua (secado)

Consiste en eliminar en forma total o parcialmente, el agua del producto.

esta última técnica es la que vamos a desarrollar

El secado

Es una técnica de conservación de alimentos que consiste en extraer total o parcialmente el contenido de agua de los productos frescos por medio de algún agente como aire, calor, vapor, vacío, etc.

Ventajas del secado

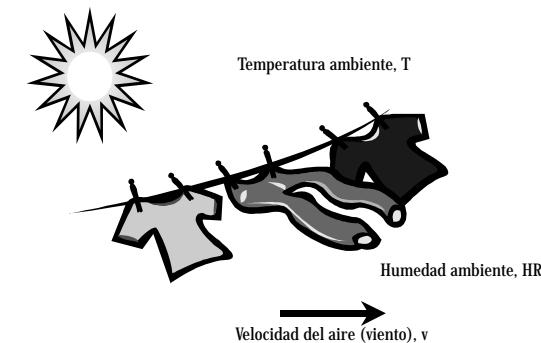
Además de prolongar la vida de los alimentos y de reducir las pérdidas, el secado ofrece otras ventajas:

- ▶ Es una técnica de bajo costo.
- ▶ Los principios del secado son fáciles de entender.
- ▶ Puede reducir los costos de envasado a simples bolsas herméticas de plástico.
- ▶ El peso del producto final es bajo, lo que facilita el transporte.

Secado natural

Para entender los principios del secado se analizará un proceso cotidiano del que todos tienen amplia experiencia: *el secado de ropa*.

Para secar la ropa, la tendemos al aire libre, al sol. Sin embargo, también podemos tender la ropa a la



sombra, por ejemplo, si no disponemos de sol directo (debido a árboles, edificios, etc.).

Cuando tendemos la ropa a la sombra, también se seca, aunque pueda demorar un poco más.

Entonces la primera conclusión que podemos sacar es que el sol no es necesario en forma directa para secar la ropa, es decir la ropa se seca aunque el sol no esté.

Ahora veamos la diferencia entre días húmedos y secos.

Cuando hablamos de aire ambiente nos referimos a una mezcla de oxígeno, nitrógeno, otros gases que puede contener distintas proporciones de vapor de agua.

La humedad relativa nos indica cuanta agua (en forma de vapor) tiene el aire ambiente en relación a la cantidad máxima que puede contener a una temperatura dada. Por ejemplo un día con 80% de humedad relativa significa que el aire contiene el 80% del agua total que es capaz de retener. Entonces decimos que el aire está saturado cuando la humedad relativa es del 100%. En estas condiciones el aire no puede contener más agua en forma de vapor.

Todos sabemos que si el día es seco (baja humedad relativa), la ropa se seca rápidamente, mientras que en un día muy húmedo (alta humedad relativa) es muy difícil secarla (incluso estando al sol).

Entonces,
¿Qué es lo que seca la ropa? El aire

El agua líquida contenida en la ropa se evapora y, en forma de vapor, pasa el aire. El aire absorbe el agua que estaba contenida en la ropa.

En un día húmedo, el aire tiene poca capacidad de absorber vapor de agua porque ya tiene bastante, sin embargo en un día seco, el aire tiene gran capacidad de absorber agua en forma de vapor.

Además el secado es más rápido cuando hay viento, ya que la circulación de aire remueve más fácilmente el agua recién evaporada de la ropa.

Las temperaturas altas (por ejemplo en verano) también ayudan al secado porque facilitan la evaporación del agua.

Un tema importante es la forma en que la ropa es colocada en la soga. Siempre se tiene el cuidado de tender la ropa bien extendida (sin doblar en lo posible). Esto facilitará el contacto de la ropa con el aire. En general no se tiende la ropa encimada o doblada excesivamente, porque se secarán las partes de afuera pero el interior seguirá mojado ya que el aire no tiene posibilidad de llegar hasta allí.

Entonces para secar la ropa necesitamos aire con gran capacidad de absorber agua, o sea con capacidad de secado. Es decir aire con baja humedad relativa, cálido y en movimiento.

¿Qué hacemos para secar la ropa un día de invierno muy húmedo?

En un día muy húmedo, la ropa tendida al aire libre no se seca (o demora demasiado). Entonces la entramos a la casa, encendemos la estufa o el horno y colocamos la ropa cerca de estas fuentes de calor.

El aire ambiente (muy húmedo) no es adecuado para el secado. Con la estufa estamos modificando las condiciones del aire para que tenga capacidad de secado. Al calentar el aire, estamos disminuyendo su

humedad relativa.

Conclusiones

- 1- El aire es el responsable del secado.
- 2- El sol no es necesario en forma directa.
- 3- El producto debe estar en contacto con el aire lo mejor posible.
- 4- Las mejores condiciones del aire son: aire seco (baja humedad), cálido y moviéndose (alta velocidad).

¿Por qué no secar la verdura igual que la ropa?

¿Por qué no tenderla al aire libre y al Sol?

Hay muchas razones por las cuales vamos a descartar el secado directo al sol:

- 1- Dependemos totalmente del clima (ej. lluvias)
- 2- La calidad del producto disminuye por contaminación, polvo, insectos, hongos, ataques de animales, etc.
- 3- La luz del sol directa cambia los colores tanto de los productos como de la ropa, alterando el aspecto natural.

No obstante en algunas regiones del país con climas muy secos (Salta, Jujuy, Mendoza) esta técnica se emplea para secar algunos productos.

Debemos ser concientes, que a pesar de que esta forma de secar es posible, la calidad del producto final no es buena.

Entonces, ¿cómo vamos a secar?

Debido a las condiciones climáticas de nuestra zona, muy húmeda, el aire ambiente tiene poca capacidad de secado. Debemos construir un equipo que nos permita obtener aire con capacidad de secado. Este método se conoce como secado artificial.

Además para asegurar buenas condiciones de higiene y alta calidad del producto seco, los vegetales que queremos secar los colocaremos protegidos den-

tro de una cámara cerrada (cámara de secado).

Nos referimos al secado artificial cuando el proceso de secado se realiza con la intervención de algún tipo de tecnología. Se busca cambiar las condiciones del aire ambiente para que posea capacidad de secado. Para disminuir la humedad relativa del aire, el método más usado es calentarlo.

Existen distintas fuentes de energía para calentar el aire. Entre las formas tradicionales de calentar el aire se puede mencionar la quema de algún combustible tal como gas, kerosén, gasoil, carbón, leña u otros residuos y el empleo de calentadores eléctricos. Estos últimos no producen contaminación como sucede con los gases de la combustión.

Dentro de las formas no tradicionales o alternativas se tiene el uso de la energía solar para calentar el aire ambiente. Entonces, en este caso se habla de secado solar.

Surge entonces la siguiente pregunta: ¿cómo se captura la energía proveniente del sol?. Para ello se utilizan unos dispositivos llamados colectores solares que captan la energía del sol y la emplean para calentar el aire ambiente.

Para diseñar y construir colectores solares es necesario conocer cómo funcionan estos equipos. Con este objetivo describiremos brevemente cuales son los mecanismos de transferencia de calor.

Mecanismos de transferencia de calor

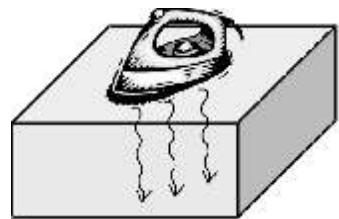
La transferencia de energía de una parte a otra de un cuerpo, o entre distintos cuerpos, debido a que existe una diferencia de temperatura entre ellos, se conoce con el nombre de transferencia de calor.

El calor es energía en tránsito; siempre la energía fluye de una zona de mayor temperatura a una zona de menor temperatura, con lo que eleva la temperatura de la zona fría y reduce la de la zona caliente.

La energía no fluye desde un objeto frío a otro caliente en forma espontánea. Un ejemplo cotidiano consiste en colocar un trozo de hielo dentro de una taza con agua caliente. La energía fluye hacia el trozo de hielo que al ir absorbiéndola se derrite paulatinamente en forma espontánea. Sin embargo si deseamos obtener hielo a partir de agua líquida debemos recurrir a una heladera que necesita energía eléctrica para funcionar.

Hay tres mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. Por ejemplo, el calor se trasmite a través de la pared de una casa fundamentalmente por conducción, el agua de una cacerola situada sobre una hornalla de gas se calienta en gran medida por convección, y la Tierra recibe calor del sol casi exclusivamente por radiación. Aunque estos tres procesos pueden ocurrir al mismo tiempo, suele suceder que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

Conducción térmica: La conducción es la forma de transferencia de calor entre los cuerpos sólidos. Si una persona sostiene uno de los extremos de una barra metálica y pone en contacto el otro extremo con la llama de una hornalla, luego de transcurrido cierto tiempo, sentirá por el contacto de su mano con el extremo frío cómo este extremo eleva su temperatura. Esto se debe a que el calor se transmitió del extremo caliente hasta el extremo más frío por conducción a través de la barra.



Se puede realizar otra experiencia similar utilizando una plancha caliente. Si ésta se pone en contacto por ejemplo con una placa metálica, rápidamente se puede percibir cómo fluye la energía a través de la placa por el aumento de la temperatura de la cara opuesta.

Si se repite la experiencia empleando una placa de madera del mismo espesor se puede comprobar que el aumento de la temperatura de la cara opuesta resulta mucho menor.

La capacidad para conducir la energía depende de cada material y esta propiedad se conoce con el nombre de conductividad térmica.

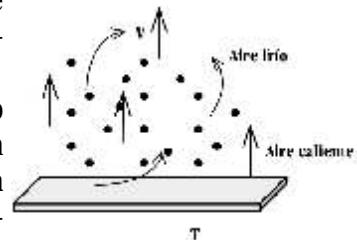
Los metales son buenos conductores del calor, mientras que existen sustancias, como el telgopor, corcho, aire, madera, lana, etc., que son malos conductores térmicos (aislantes).

Convección térmica: Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un fluido (un líquido o un gas), es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección.

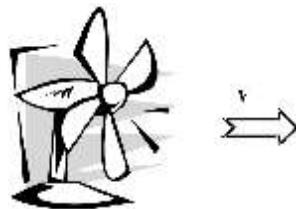
Cuando un recipiente con agua se calienta sobre una hornalla, la capa de agua que está en el fondo recibe calor transmitido por conducción a través de la placa metálica del fondo de la cacerola. Por efecto de la temperatura, esta capa de agua caliente se vuelve más liviana y se mueve hacia la parte superior del recipiente desplazando el agua más fría hacia el fondo. El proceso prosigue, con una circulación continua de masas de agua más caliente hacia arriba, y de masas de agua más fría hacia abajo, movimientos que se denominan corrientes de convección. Así, el calor que se trasmite por conducción al fondo de la cacerola, se va distribuyendo por convección a toda la masa del líquido.

De la misma forma, si tenemos una placa metálica a alta temperatura que está en contacto con aire, al calentarse las capas de aire en contacto con la placa se originan corrientes de convección. El proceso de convección es el responsable de la mayor parte del calor que se trasmite a través de los fluidos (agua, aire, gas).

El calentamiento de una habitación mediante una estufa depende principalmente de las



corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto de la habitación se dirija hacia la estufa. Debido a que el aire caliente tiende a subir y el aire frío a bajar, las estufas deben colocarse cerca del suelo (y los aparatos de aire acondicionado cerca del techo) para que la eficiencia sea máxima.



En los ejemplos mencionados, las corrientes de fluido se inician al volverse el fluido (agua, aire, gas) más liviano. Esto se conoce como convección natural. Muchas veces, para aumentar la circulación del fluido y mejorar la transferencia de energía se puede recurrir al empleo de ventiladores o bombas. En este caso se habla de convección forzada.

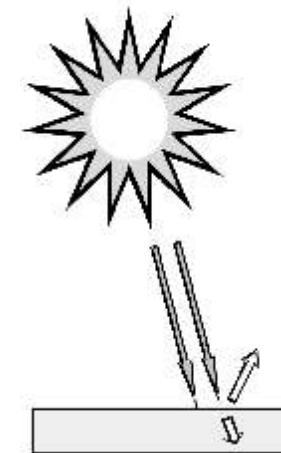
Radiación térmica: El calor del sol llega a la Tierra después de un largo viaje a través del espacio vacío. El calor del sol no se propaga ni por conducción, ni por convección. Mientras que en la conducción y la convección era preciso la existencia de un medio material para transportar la energía (por ejemplo un trozo de metal en primero y el aire o el agua, en el segundo), en la radiación el calor se transmite a través del vacío, o atravesando un material transparente (aire, vidrio, acrílico, etc.). Es decir los cuerpos que intercambian calor por radiación no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separados. Cuando acercamos la palma de la mano a una lámpara eléctrica, o a un hierro calentado al rojo, el calor que recibimos llega principalmente por radiación.

La expresión radiación se refiere a la emisión continua de energía desde la superficie del cuerpo. Esta energía se denomina energía radiante y se propaga a través del vacío lo mismo que lo hace a través del aire.

La energía radiante emitida depende de las características de la superficie y de su temperatura. Al aumentar la temperatura que tiene la superficie crece muy rápidamente la capacidad de emisión de energía radiante. La temperatura promedio del sol es de aproximadamente unos 5700 grados centígrados, convirtiéndolo en una enorme fuente de radiación térmica. La temperatura de la superficie del cuerpo humano es de aproximadamente unos 36.5 grados centígrados. En este caso la cantidad de energía que es capaz de

emitir una persona desde la superficie de su cuerpo será muchísimo menor que en caso del sol.

Cuando la radiación emitida por un cuerpo llega a la superficie de otro cuerpo, la energía es en parte absorbida y en parte reflejada, siendo estas cantidades dependientes de las características de la superficie.



Hay algunas superficies que tienen la capacidad de absorber prácticamente toda la energía incidente. Tal es el caso de las superficies rugosas de color negro.

Otras, como los espejos o superficies pulidas, tienen la capacidad de reflejar prácticamente toda la energía radiante incidente.

En la práctica, muchas veces las superficies se recubren con pinturas para acentuar las propiedades absorbentes (pinturas negras) o reflectoras (pinturas blancas) de las mismas. Por ejemplo, las membranas aislantes que se colocan sobre los techos poseen una capa metalizada. De esta forma gran parte de la radiación incidente será reflejada. Solamente una pequeña cantidad de energía es absorbida y transferida por conducción térmica a través de techo hacia el interior de la vivienda.

Tras la breve presentación de los mecanismos de transferencia de calor se puede responder la pregunta ¿cómo funcionan los colectores solares?

Colectores solares simples

Recordemos brevemente que el objetivo de la

utilización de los colectores es captar la energía del sol para elevar la temperatura del aire y así otorgarle mayor capacidad de secado.

La figura muestra dos colectores solares sencillos. Los mismos consisten en dos placas metálicas de forma rectangular entre medio de las cuales circula el aire cuya temperatura se desea aumentar.

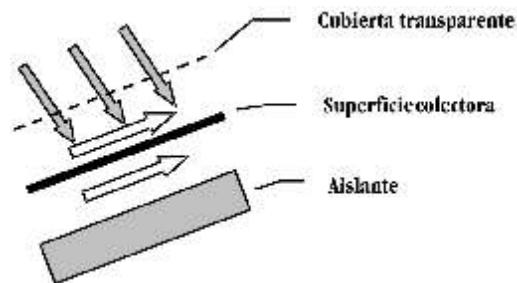


La energía radiante emitida por el sol llega a la primera placa (placa colectora) que se pinta de negro para aumentar las propiedades absorbentes de la superficie y reducir la cantidad de energía reflejada. La energía absorbida provoca un aumento de la temperatura de la cara expuesta al Sol. Esta energía es fácilmente transmitida por conducción hacia la cara opuesta de la placa, que está a menor temperatura. Se produce entonces un aumento de la temperatura de la cara en contacto con el aire y la energía se transfiere al aire por convección. El aire caliente más liviano tiende a desplazarse hacia arriba y en el caso del colector con las placas inclinadas comienza a circular naturalmente (convección natural), con un tiraje similar al de las chimeneas. El dispositivo con placas horizontales emplea un ventilador para forzar la circulación del aire (convección forzada) hacia el extremo de salida de las placas. El aire caliente en el conducto transfiere calor por convección a la placa inferior que se transmite al medio ambiente por conducción a través del espesor de esta placa. Esto representa una pérdida de parte de la energía incidente.

Para mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas de la energía captada, se pueden introducir algunas modificaciones sencillas al diseño de los colectores como se muestra en la siguiente figura.

Respecto al diseño anterior, la placa inferior del colector se construye con un material aislante (mal conductor del calor) para reducir las pérdidas por conducción.

Por otro lado se coloca una cubierta transparente sobre la superficie colectora. Esta superficie al absorber la energía solar puede alcanzar temperaturas entre 70 y 100 grados centígrados, dependiendo de la época del año. En consecuencia esta superficie también es capaz de emitir energía radiante así como



transferir energía por convección al medio ambiente. La cubierta transparente tiene la capacidad de permitir el paso de la energía emitida por el sol mientras que impide la salida de la energía emitida por la placa. Este efecto es el llamado efecto invernadero. De esta forma el aire encerrado entre la cubierta y la placa colectora también se calienta y puede emplearse para el secado.

Es importante remarcar que a pesar de estas mejoras al diseño, los colectores solares simples tienen una baja eficiencia, aproximadamente entre 20 y 45%. Esto significa que del total de la energía incidente sólo el 20-45 % es realmente utilizada para calentar el aire. El resto se pierde. Por esta razón debemos

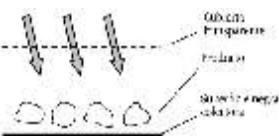
extremar los cuidados para no desperdiciar el aire que tanto costo calentar.

Secadero solar básico

Se pueden mencionar tres formas de secar empleando energía solar:

a) Por exposición directa al sol (secado solar directo). Se puede formar una costra en la superficie de algunos productos. Además pueden ser atacado por insectos y rehumectado en la noche. Presenta desventajas desde el punto de vista de la higiene de producto.

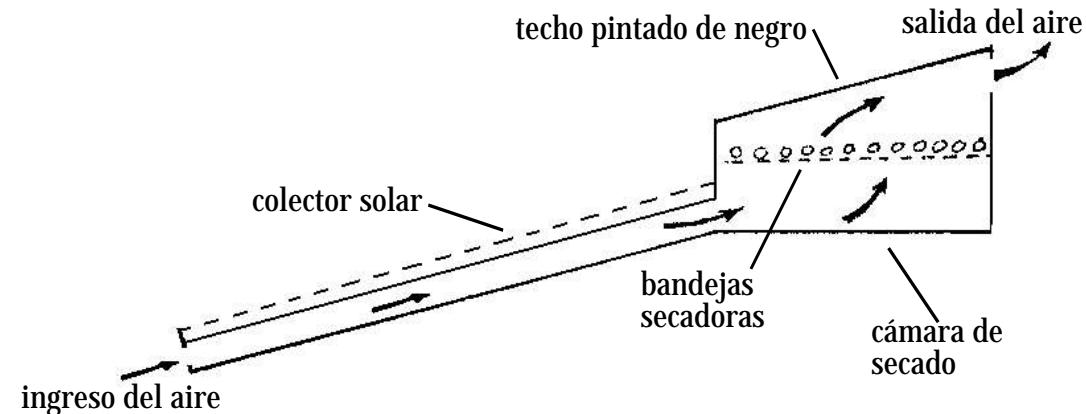
b) Por exposición a los rayos solares a través de una cubierta transpa-



rente (vidrio, polietileno, etc.) (secado solar indirecto). Si bien mejoran las condiciones de higiene, el producto se mancha, y pierde una parte importante de sus propiedades a causa de la temperatura elevada.

c) Secado en una cámara exponiendo el producto a una corriente de aire con temperatura menor a 50°C, (secado solar indirecto). En estas condiciones los productos conservan la mayoría de sus vitaminas y elementos nutritivos.

Un secadero solar debería reunir las condiciones óptimas de secado: sombra, circulación de aire caliente, protección contra los insectos, la intemperie y la humedad nocturna.



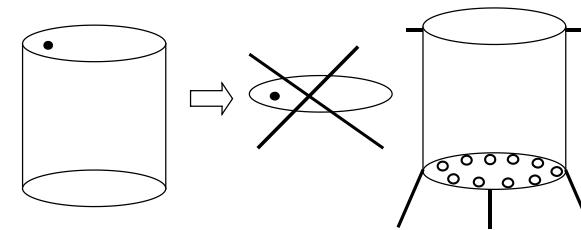
En la figura se muestra el esquema de un secadero solar básico, que consta de un colector solar y de una cámara de secado. El aire ambiente ingresa por el extremo inferior del colector. Por acción de la radiación incidente el aire incrementa su temperatura y asciende naturalmente hacia la cámara de secado. La misma puede construirse de madera cuidando de que no haya pérdidas del aire circulante. En el interior de la cámara se colocan las bandejas en las cuales se acomoda el producto, que al entrar en contacto con aire caliente se seca. La cámara consta de una abertura en la parte superior para la salida del aire de secado.

Este secadero es una simplificación de lo que llamamos "secadero solar básico" porque no tiene las dos partes principales (colector solar y cámara de secado) por separado sino que es una cámara que además cumple la función de colector solar y el aire circula por convección natural.

Construcción:

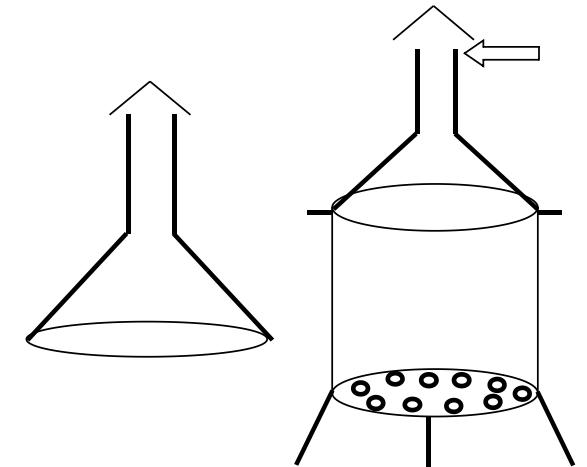
El elemento básico es un tambor de chapa de hierro de 200 litros con el que se va a proceder de la siguiente manera:

- 1- Quitar la tapa superior
- 2- Limpiar perfectamente el interior
- 3- Soldar dos manijas y tres o cuatro patas de manera de elevarlo unos 30 centímetros (cm.) del suelo
- 4- Hacer una serie de agujeros en la tapa inferior (base) de aproximadamente 5 cm. de diámetro



- 5- Construir una tapa-chimenea de chapa para la parte superior. El cono puede sobresalir levemente

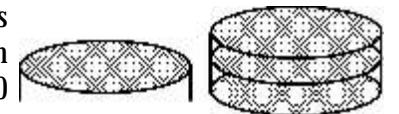
te del borde del tambor y la chimenea tendrá un



diámetro de aproximadamente cuatro pulgadas (unos 10 cm.) y 60 a 80 cm. de largo.

- 6- El tambor y la chimenea deben ser pintados por fuera y por dentro con esmalte sintético de color negro-mate.
- 7- Construir tres bandejas cuya estructura debe ajustar lo mejor posible con la medida del tambor de manera que el aire pase obligadamente por el interior de la bandeja y no por el costado.

Las bandejas se construyen con patas de unos 10

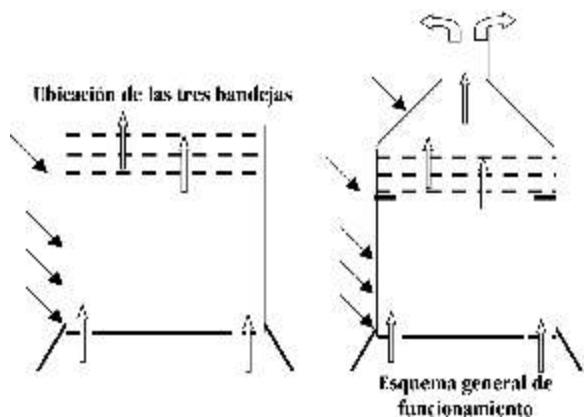


cm de largo para que les sirvan de apoyo y separación. La bandeja inferior apoya sobre tres o cuatro soportes fijos al tambor (soldados, remachados o abulonados).

También es conveniente que cada bandeja tenga manijas (al menos cuatro) para ponerlas y sacarlas con facilidad. Estas manijas podrían ser de sogá, hilo sisal, cable, etc.

La malla de las bandejas puede ser de distintos materiales como tela de mosquiteros (de plástico o aluminio), tela de media sombra, tejido de alambre galvanizado, etc. El tamaño de la malla va a depender del producto a secar y del trozado que hagamos, por lo que es importante tener más de un juego de bandejas con distintas mallas.

Las bandejas irán ubicadas en la parte superior del tambor de manera que el aire que ingresa por la parte



inferior se caliente y aumente su capacidad de secado antes de llegar a las bandejas.

Funcionamiento:

Cuando el secadero comienza a recibir la radiación solar, por estar pintado de negro absorbe esta radiación y comienza a calentarse. Como el hierro es

buen conductor del calor, calienta el aire que está en el interior haciendo que baje su humedad relativa y que se vuelva más liviano. Así el aire sube (convección natural) y atraviesa las bandejas donde se encuentra el producto a secar.

Cuando el aire toma contacto con la superficie húmeda del producto va arrastrando el agua evaporada. Ese intercambio hace que el producto se seque y el aire se enfríe y se humedezca.

El aire que ya atravesó las bandejas con el producto vuelve a calentarse al llegar a la zona de la chimenea lo que ayuda a que salga por la parte superior.

A medida que el aire asciende y sale por la parte superior, hay otra masa de aire ambiente que ingresa por la parte inferior y así se va repitiendo continuamente el proceso mientras el sol caliente las paredes del secadero.

Esta circulación de aire de abajo hacia arriba hace que la bandeja inferior sea la más favorecida y por lo tanto el secado será algo más rápido que en las superiores.

Por otra parte, a medida que el producto se va secando, va reduciendo su tamaño por lo tanto va dejando espacios libres en la bandeja.

Cuando el proceso de secado ya esté bastante avanzado se podrá reagrupar el producto de tres bandejas en dos y colocar producto fresco en la restante.

En este caso, la bandeja con producto fresco se colocará en la parte superior por las siguientes razones:

- 1.- Extraer agua de un producto fresco es más fácil que de uno parcialmente seco.
- 2.- Cuando el aire atraviesa un producto fresco se humedece y enfría más que al atravesar un producto parcialmente seco y queda con menor capacidad de secado.

Por lo tanto, si el objetivo es hacer un secado conti-

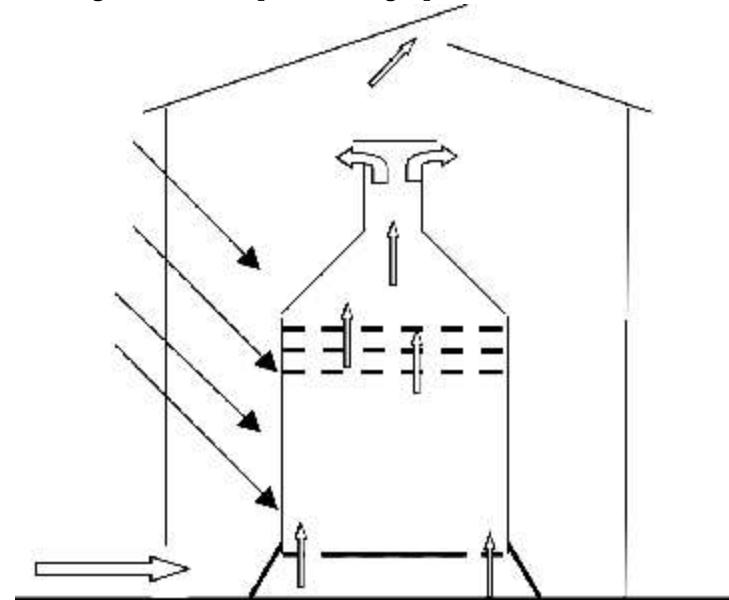
nuo, conviene ir agrupando lo más seco en la parte inferior para que sea atacado por el aire con mayor capacidad de secado y agregar producto fresco en la bandeja superior.

Si lo que se desea es secar sin ir agregando producto fresco, lo que conviene es ir rotando las posiciones de las bandejas para favorecerlas alternativamente. Esto se llama secado discontinuo.

Independientemente de la posición de las bandejas, siempre es conveniente remover el producto para que el aire tome contacto con distintas partes y así acelerar el secado.

No es conveniente saturar las bandejas para que el aire pueda atravesarlas con cierta facilidad ni dejar mucho espacio libre porque se pierde eficiencia en el proceso de secado.

Las ventajas de este secadero es fundamentalmente su sencillez constructiva pero comparado con otros diseños más elaborados presenta desventajas como una superficie colectora reducida y que al no poseer ninguna aislación pierde energía por toda su



superficie.

Estas características hacen que este diseño sea especialmente útil para verano porque las pérdidas se compensan con la alta temperatura y radiación.

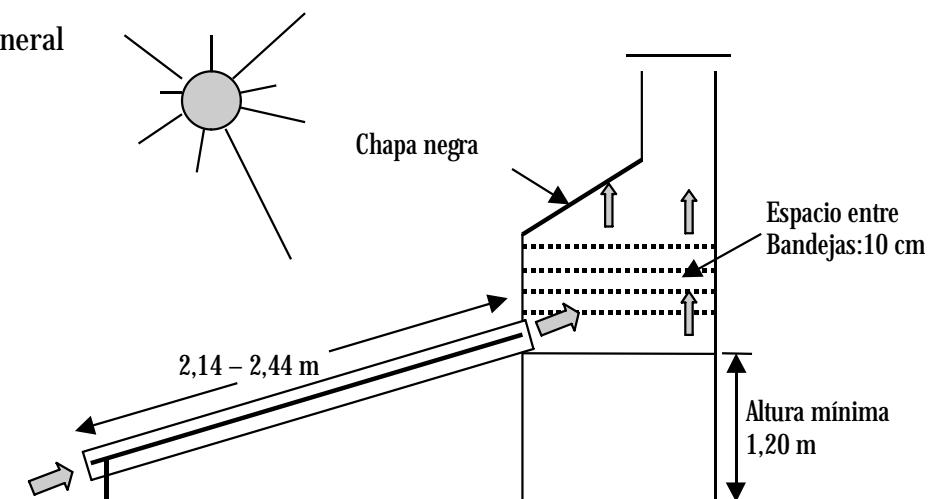
Este mismo diseño sometido a las condiciones invernales (baja temperatura y radiación) puede llegar a ser inútil o muy ineficiente debido a las grandes pérdidas de calor hacia el medio ambiente.

Una forma de reducir esas pérdidas es colocar el secadero dentro de una cubierta de plástico transparente de manera de permitir el paso de la radiación y disminuir las pérdidas por efecto de las bajas temperaturas y el viento.

En el caso de tener varios secaderos de este tipo se puede construir un invernáculo común para agruparlos en un único ambiente y mejorar aún más las condiciones.

Cuando se realice secado con días soleados pero muy húmedos es conveniente retirar el producto del secadero al caer el sol o tapar las entradas de aire (inferiores y chimenea) para evitar que se humedezca con el aire ambiente durante la noche.

Esquema general



Este secadero es el más difundido entre los secaderos solares indirectos de escala familiar⁽¹⁾. La circulación de aire es por convección natural aunque podría adaptarse para circulación forzada adicionando un ventilador en la entrada o salida del colector o en la chimenea de la cámara de secado (tomando aire del interior).

Colector solar

Los materiales básicos para construir el colector de aire simple son: madera, chapa acanalada de hierro y polietileno transparente.

La estructura es una caja con laterales y fondo de

madera y una cubierta superior de polietileno. Entre la cubierta y el fondo se coloca la chapa pintada de color negro mate (superficie colectora).

Utilizamos chapa acanalada por una razón de practicidad, ya que se pueden conseguir fácilmente y poseen un tamaño adecuado a las necesidades de un secadero familiar. También es posible y aún mejor, utilizar chapa lisa en caso que se disponga o se consiga.

Las chapas acanaladas tienen un ancho de 1,1 m. y un largo variable. En nuestro caso vamos a utilizar un largo máximo de 2,44 m. porque esta medida va a definir la inclinación del colector.

El espesor o profundidad de la caja será de aproximadamente 12 cm., con la chapa ubicada en el

medio.

Si la base se construye con listones de madera debe tenerse especial cuidado en sellar perfectamente las uniones para evitar filtraciones de aire. Para esto es conveniente el uso de madera machimbrada.

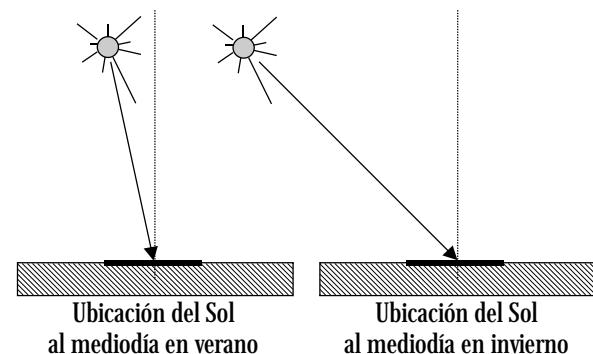
Externamente, la caja puede ser pintada de blanco para evitar que la madera se caliente, se humedezca y deforme.

La cubierta de polietileno además de fijarse en los laterales de madera, debe estar sostenida por soportes transversales para que al calentarse y estirarse no caiga hacia la chapa. Estos soportes transversales no deben producir demasiada sombra sobre la chapa por lo que pueden ser contruidos con alambre forrado en plástico blanco (alambre para tendadero de ropa) para evitar que se caliente y "queme" el polietileno en el lugar de contacto.

Inclinación del colector

La inclinación del colector tiene mucha importancia en su rendimiento, especialmente en invierno cuando la radiación es menor.

La radiación solar es variable según la hora del día, la estación del año y el lugar del planeta donde nos encontremos. No sólo varía la intensidad de la radiación sino la inclinación con que los "rayos" solares llegan a una superficie horizontal en cada lugar. Esta

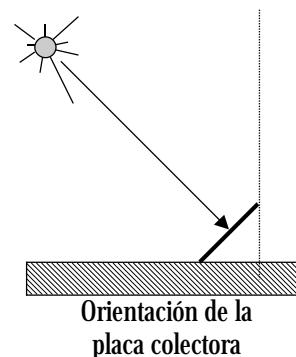


inclinación puede determinarse según la posición del sol en el cielo.

Si bien es imposible modificar la inclinación original de los rayos solares podemos modificar la inclinación de nuestra superficie colectora y de esa manera aumentar la captación.

La posición ideal del colector, en cada momento, es la que permite recibir los rayos solares en forma perpendicular a la superficie colectora (chapa negra). Teniendo en cuenta que lograr esto en la práctica es imposible tratándose de un diseño simple, tendremos que buscar una inclinación y orientación que se adapte a las peores condiciones de uso del secadero en relación a la radiación. Si se lo utiliza todo el año, el invierno será la peor época, o sea la de menor radiación.

Para nuestra zona y en términos prácticos, pode-



mos decir que el ángulo óptimo del colector con la horizontal para el invierno es de 43 a 45 grados y orientado hacia el norte.

En el diseño que estamos describiendo, el colector tendrá un ángulo menor debido a su longitud y a la altura que colocaremos la cámara de secado por razones de comodidad para su utilización.

Cámara de secado

Se puede construir también en madera teniendo la precaución de evitar fugas de aire, especialmente en la parte inferior o sea la zona que recorre el aire antes de llegar a las bandejas. Al igual que en el caso de la base del colector se puede utilizar madera machimbrada pintándola de blanco en la cara externa.

Las dimensiones de esta cámara dependen del tamaño del colector. En nuestro caso, el ancho debe permitir que la salida del colector (1,10 m.) calce en su base herméticamente para evitar pérdidas de aire en esa zona.

La altura debe ser tal que contenga una zona inferior libre donde ingresa el aire del colector, a continuación una serie de tres o cuatro bandejas y por encima de ellas la chimenea.

La altura de la zona de bandejas va a depender del espesor de cada marco y de la separación entre ellas. Una medida razonable de separación es 10 cm, lo cual permite colocar una buena cantidad de producto fresco dejando una cámara de aire antes de la bandeja siguiente.

La chimenea comienza inmediatamente por encima de las bandejas e incluye en la parte frontal una chapa pintada de negro que cumple funciones colectoras para recalentar el aire que se ha enfriado parcialmente al atravesar el producto húmedo y de esta manera mejorar el tiraje.

Las bandejas, al igual que en el "Secadero de tambor", poseen una base de malla y sus dimensiones deben ajustar a las de la cámara para que el aire pase obligadamente por su interior y no por los costados.

Se colocan sobre soportes o correderas individua-

les fijos a la estructura y se sacan y ponen en la cámara por medio de puertas ubicadas en la cara opuesta al colector. Estas puertas también deben poseer un cierre hermético.

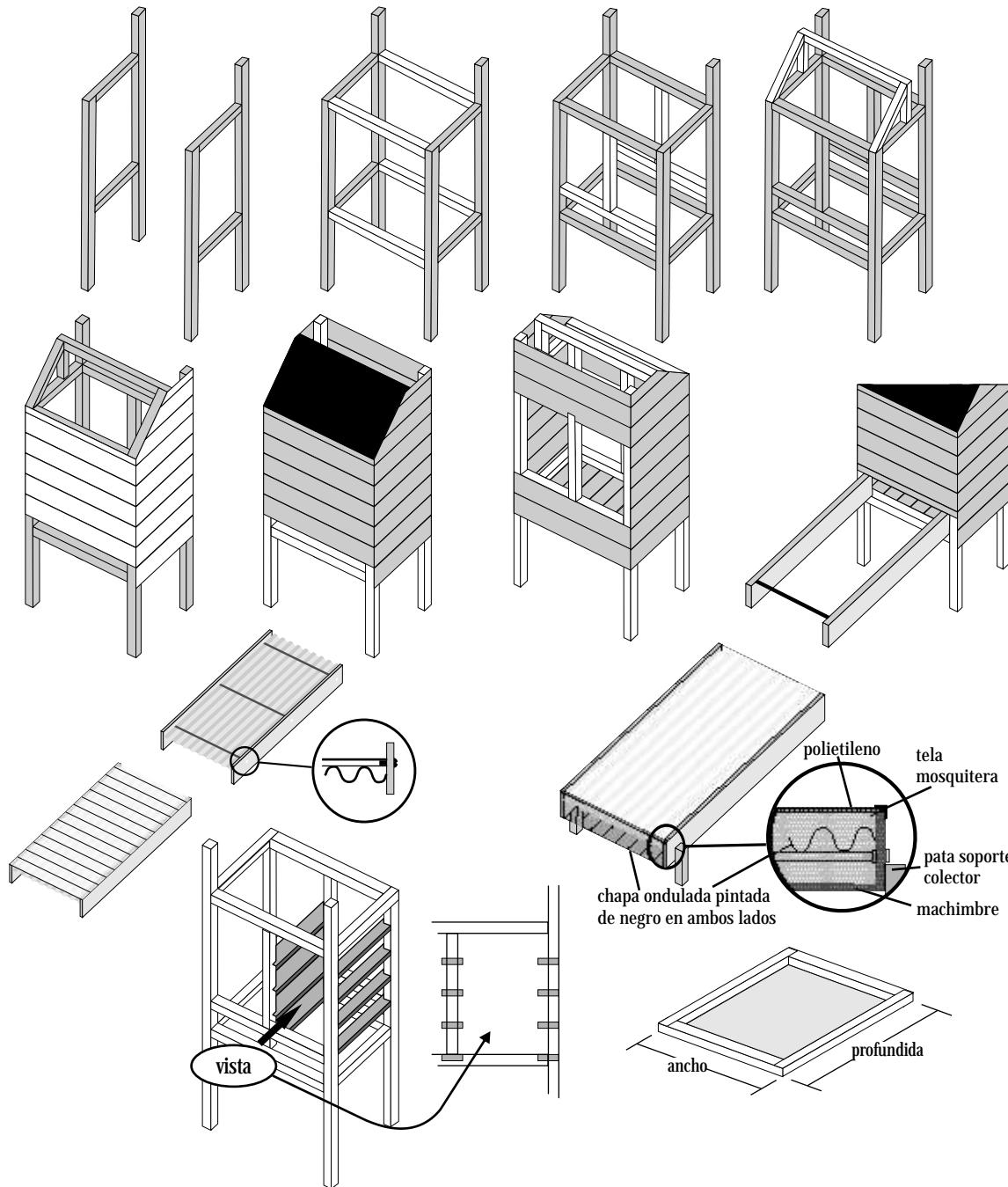
La cámara de secado se puede montar sobre cuatro patas o sobre una plataforma que se disponga (caballetes, mesa, etc). Lo importante es que entre la parte más baja del colector y la base de la cámara de secado, haya al menos 1,2 m. Esta medida (para el caso de nuestro ejemplo) y el largo del colector son las que determinan la inclinación final del colector.

A modo de ejemplo se incluye una serie de esquemas que muestran paso a paso la construcción de un secadero como el que se acaba de describir (1).

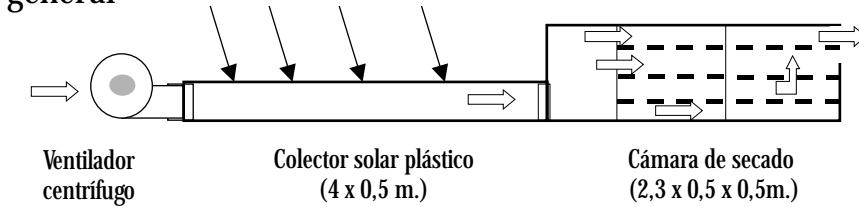
(1)- A. Busso, S. Sogari y M. Leyes.

"Secado Solar de Productos Hortícolas en el Noreste Argentino".

Departamento de Física, FaCENA, Universidad Nacional del Noreste (UNNE). (2002), SSADA 11-02, ajbusso@exa.unne.edu.ar - Corrientes, Argentina.



Esquema general



Este secadero presenta diferencias importantes respecto de los anteriores:

1. Circulación de aire por convección forzada pasando entre las bandejas en forma horizontal y en menor medida en forma vertical atravesándolas.

2. Colector solar construido en polietileno y posición horizontal de trabajo.

Los componentes principales del sistema son tres: ventilador eléctrico centrífugo, colector solar y cámara de secado.

El ventilador toma el aire ambiente, lo insufla dentro del colector donde se calienta y aumenta su capacidad de secado. Siguiendo el recorrido del sistema, el aire llega a la cámara de secado donde se encuentran las bandejas con el producto a secar y finalmente vuelve a salir al exterior por la parte superior de la cámara.

Colector solar plástico

Consta de una "manga" de polietileno negro (superficie colectora) por donde circula el aire prove-

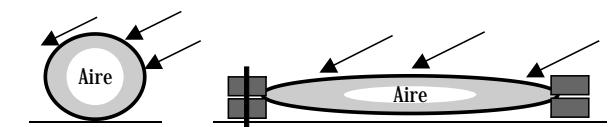
niente del ventilador y una cubierta transparente también de polietileno.

Para la construcción de la manga colectora se debe tener en cuenta lo siguiente:

Al insuflar aire en una manga la obligamos a tomar una forma circular.

Si sujetamos esta manga desde dos puntos opuestos en toda su extensión, al insuflar aire ya no tomará una forma circular sino ovalada (más achatada). De esta manera lograremos tener más superficie expuesta a la radiación solar y mejor intercambio de calor entre la superficie caliente y el aire que circula por dentro.

Para la construcción de esta manga puede utilizarse polietileno negro de 200 micrones de espesor.



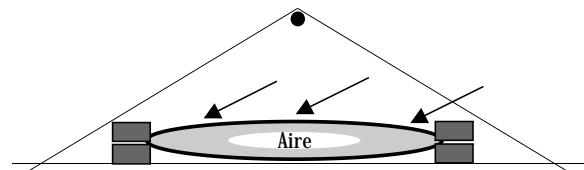
Si la medida final del colector es 4 m. de largo por

50 cm. de superficie expuesta al sol, necesitaremos un rectángulo de polietileno de 4m por 1,2 o 1,3 m. de ancho teniendo en cuenta las dos caras y la porción que debemos tomar para fijarlo en los costados.

Doblando el rectángulo a lo largo, quedará un lado de 4m abierto que deberemos sellar con una soldadura si es posible o con sucesivos dobleces sujetos firmemente con dos listones de madera clavados o abulonados entre sí.

Colocando otros dos listones del lado opuesto y fijándolos al piso como se ve en la figura anterior, la manga será obligada a tomar una forma ovalada cuando se le insufla aire.

El colector se completa con una cubierta transparente que puede ser sostenida con un alambre tensado por encima de la manga y sellando lo mejor posible los bordes que toman contacto con el piso por medio de un peso o fijándolo a las maderas que sostienen la manga negra.



La posición horizontal de este colector lo hace más apto para verano, sin embargo el hecho de funcionar con un ventilador hace que circule mayor cantidad de aire que en los casos de circulación por convección natural y así podemos compensar la menor captación de radiación solar en otras épocas del año.

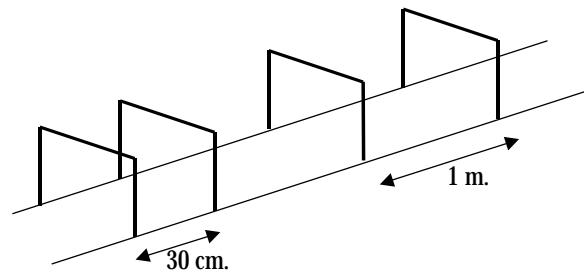
Cámara de secado

Para la construcción de la cámara de secado se deben seguir los mismos criterios que en el caso del secadero tradicional teniendo en cuenta que en este

diseño el sentido de circulación del aire es fundamentalmente horizontal.

Los componentes principales de esta cámara de secado son: entrada de aire con cámara en el extremo próximo al colector, sector de bandejas con soportes y puertas y salida de aire.

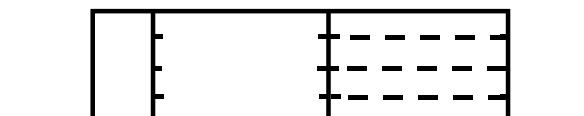
Puede ser construida íntegramente en madera a partir de una estructura simple como en el caso del



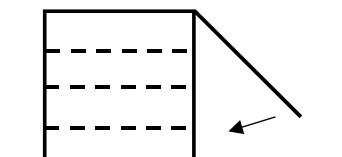
diseño anterior.

La cámara de entrada del aire proveniente del colector en este caso estará ubicada en un extremo y tendrá una profundidad de aproximadamente 30 cm. Su función es uniformar la distribución del aire en los distintos niveles de bandejas.

También la construcción y ubicación de bandejas es similar al diseño tradicional pero en este caso se dejará 15 cm. de separación entre ellas quedando 10



Vista lateral de la cámara de secado
Ubicación de bandejas y soportes



Vista frontal
Bandejas y tapa de carga y descarga

cm. entre la bandeja superior y el techo y entre la bandeja inferior y el piso.

Las puertas de acceso a las bandejas se ubicarán en uno de los laterales de la cámara.

La salida de aire de la cámara se debe hacer en la parte superior del extremo opuesto a la entrada para que el aire que circula por la parte inferior sea obligado a atravesar las bandejas tal como se ve en el esquema general.

Ventilador

Se utilizará un ventilador eléctrico de tipo centrífugo, por ejemplo del tipo de los que se usan para ventilación de baños.

La potencia dependerá del tamaño del colector y del secadero en general. Para las dimensiones que se proponen en el ejemplo es necesario un ventilador de aproximadamente 1/10 HP

Orientación del secadero

Teniendo en cuenta que el colector trabaja en forma horizontal, la orientación no es demasiado importante ya que cualquier posición tendrá ventajas y desventajas según la hora del día.

Para la ubicación se tendrán en cuenta otros factores como disponibilidad de espacio, vientos predominantes, etc.

Ubicación de los secaderos

Los criterios generales a tener en cuenta para la ubicación y utilización de un secadero solar son los siguientes:

1) El secadero no debe recibir sombra en ningún momento del día

Cuando se elige un lugar posible para instalar el secadero es necesario prestar mucha atención en este aspecto y hacer observaciones en el lugar ya que la presencia de construcciones o arboledas próximas pueden no haberse tenido en cuenta.

2) Protección contra animales

Es conveniente construir algún tipo de cerco o cerramiento para evitar roturas por la presencia de animales grandes (caballos, cerdos) o contaminación por animales más pequeños (perros, gatos, ratas).

3) Evitar que ingresen insectos y polvo a las distintas partes de los sistemas

Para mantener la higiene de los productos se puede recurrir a recursos sencillos:

Evitar la introducción de insectos colocando tela de mosquitero en las entradas y salidas de aire.

Reducir la entrada de polvo manteniendo una cubierta de pasto corto en la zona del secadero o al menos una cubierta de plástico en la zona de entrada de aire.

4) Tener un lugar próximo al secadero para trabajar con las bandejas

Esto es importante para remover el producto o cambiar de lugar las bandejas sin apoyarlas en el suelo.

Manejo del producto

Preparación de las frutas y verduras para el secado

Es importante mantener la higiene antes, durante y luego del secado.

En principio debemos partir de productos de buena calidad y bien limpios porque luego del secado no hay posibilidad de limpieza.

El trozado de las hortalizas favorece el secado aumentando la superficie en contacto con el aire.

El tamaño del corte está condicionado por el destino final del producto y por el mejor aprovechamiento del espacio de bandejas de secado.

Por ejemplo: una verdura para sopa puede ser cortada en pequeños trozos, en cambio un tomate que será colocado como vista en una preparación no

debería trozarse demasiado.

Al cortar una hortaliza, los trozos van a ocupar más espacio de bandeja que el producto entero pero mejoramos el tiempo de secado.

También hay que tener en cuenta que el secado solar es un secado lento y las hortalizas al ser trozadas comienzan a sufrir procesos químicos que es necesario detener. Si trozamos un producto con alto contenido de agua y comenzamos a secarlo a media tarde, el secado se interrumpirá en pocas horas por la ausencia de radiación quedando expuesto hasta el día siguiente con exceso de humedad.

La práctica del secado nos dará la experiencia necesaria para decidir en cada momento y de acuerdo a las necesidades si debemos darle más importancia al tiempo de secado, al espacio disponible o a la presentación final del producto.

El producto seco debe conservarse en un lugar protegido y ambiente seco hasta su embalaje y venta.