

Evaluación de factores que inciden en el proceso de deshidratación solar térmica

Evaluation of factors affecting the solar thermal dehydration process

Santos Ramón Valdivia Espinoza

Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí, UNAN-Managua/FAREM-Estelí.
santosvaldivi@yahoo.com

Keybing Caleb Alaníz Alaníz

Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí, UNAN-Managua/FAREM-Estelí.
ealaniz873@gmail.com

Edwin Antonio Reyes Aguilera

Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí, UNAN-Managua/FAREM-Estelí.
<https://orcid.org/0000-0002-0996-1567>
edwinra11@gmail.com

RECIBIDO

21/02/2022

ACEPTADO

15/07/2022

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito el diseño, construcción y evaluación de un prototipo de deshidratación de frutas y legumbres mediante el aprovechamiento de energía solar térmica. Se realizó un estudio de tipo experimental, descriptivo, correlacional. El prototipo se diseñó en el programa Sketchup, se creó en Excel una hoja de recolección de datos que contenía todas las variables de interés. Para las mediciones de las variables se colocaron sensores en diferentes partes del prototipo. Los resultados demuestran efecto significativo de la radiación solar para disminuir el tiempo de secado de la cebolla, así mismo se demostró correlación significativa entre la temperatura, velocidad del viento, radiación y el tiempo de secado ($r = -0.81$; $p = 0.0001$), ($r = -0.59$; $p = 0.0039$), ($r = 0.60$; $p = -0.0221$). Se concluye que el tiempo de secado de la cebolla es aceptable tomando en cuenta que las pruebas se realizaron en días con poca radiación y con presencia de lluvia, el tiempo de secado estuvo determinado por la correlación significativa entre la radiación, velocidad del viento y la temperatura de la cámara.

PALABRAS CLAVE

Deshidratación; radiación solar; tiempo de secado.

ABSTRACT

The purpose of this research was the design, construction and evaluation of a prototype for dehydration of fruits and vegetables using solar thermal energy. An experimental, descriptive and correlational study was carried out. The prototype was designed in the Sketchup program, and a data collection sheet was created in Excel containing all the variables of interest. Sensors were placed in different parts of the prototype to measure the variables. The results show a significant effect of solar radiation to decrease the drying time of the onion, as well as a significant correlation between temperature, wind speed, radiation and drying time ($r = -0.81$; $p = 0.0001$), ($r = -0.59$; $p = 0.0039$), ($r = 0.60$; $p = -0.0221$). It is concluded that the drying time of onion is acceptable taking into account that the tests were carried out in days with little radiation and with the presence of rain, the drying time was determined by the significant correlation between radiation, wind speed and temperature of the camera.

KEYWORDS

Dehydration; solar radiation; drying time.

INTRODUCCIÓN

206

Actualmente la agricultura se considera fundamental para la economía de países en proceso de desarrollo, muchos de los productos como frutas y legumbres requieren un tratamiento para mantener sus características naturales, y el deshidratado es una atractiva opción para los agricultores.

El secado de frutas y legumbres ha sido una práctica habitual de conservación en el campo para asegurar la disponibilidad de los productos alimenticios y medicinales durante todo el año, por esto se presentan la búsqueda de alternativas para satisfacer las demandas energéticas, estudiando y analizando la energía solar de manera intensiva y extensiva (Muñoz & Cabrera, 2006).

En nuestro país no existen industrias estables, desarrolladas, capaz de satisfacer la demanda de producción de estas frutas, por lo tanto, están son pérdidas que se originan en la producción y el mercado, con grandes acumulaciones que se generan por falta de consumo en el país, en el cual también se causan muchos daños en la transportación para ser explotadas.

La problemática principal se debe a las pérdidas de cosechas de frutas y legumbres que muchas veces causan pérdidas económicas a los productores por no conservar la vida útil, valor nutritivo y disponibilidad, sumado a esto la falta de valor agregado a la producción frutícola nicaragüense, como suele observarse en los supermercados la mayoría de los productos con valor agregado son de origen extranjero.

Este estudio permitirá la utilización de energía sustentable, con lo cual podrían los productores reducir costos en el secado como parte de un beneficio económico; el prototipo de deshidratador planteado en la presente investigación puede ser utilizado por comunidades alejadas que no cuentan con energía eléctrica.

En este proyecto se evidencia la importancia de un diseño propio de un deshidratador de frutas y legumbres que se adapte a las necesidades y capacidades tanto económicas como productivas, de una microempresa, de tal manera que se logre un mayor almacenamiento y la reducción en costos de transporte, buscando que la vida útil de la cebolla se alargue y que no pierda ni su sabor característico ni sus propiedades nutricionales. A partir de la conservación de la cebolla, inicia el origen del reto de innovación propuesto por el Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa de Nicaragua (MEFCCA) al Centro de Innovación Abierta de la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM) Estelí.

Tomando en cuenta lo anterior, surge la principal interrogante para poder dar la solución a la problemática: ¿Cómo se evaluará el secador solar mediante el aprovechamiento de energía solar para el deshidratado de frutas y legumbres en la ciudad de Estelí?

La base conceptual del estudio

Según Moncayo, Roa, & Ortega (2011), la radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. Este se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la Ley de Planck, a una temperatura de unos 6000K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

La radiación solar es absorbida por la atmósfera, nubes y partículas suspendidas en la atmósfera, cierta cantidad de radiación es reflejada y devuelta al espacio, y, parte de esta es absorbida por la superficie de la Tierra. Como resultado de la influencia de la cubierta de nubes y de la dispersión de la luz solar, la radiación recibida en cualquier punto es la combinación de radiación directa, reflejada, y difusa.

De acuerdo a Moraga (2013), los deshidratadores solares son dispositivos que utilizan la radiación solar para calentar aire y así retirar el agua de los tejidos de productos como frutas, verduras, semillas, carne, hierbas o madera. Ya que han sido deshidratados, los alimentos pueden conservarse secos hasta por un año sin perder sus propiedades nutritivas, bromatológicas y organolépticas. La deshidratación solar es una alternativa renovable para la micro-industria y un mecanismo de desarrollo económico para pequeños productores hortofrutícolas.

Martínez (2018), menciona que en la deshidratación, la remoción de humedad es el proceso de interés porque relaciona la transferencia de masa y transferencia de calor, y determina las condiciones del producto final. Los alimentos, particularmente frutas y hortalizas, requieren aire caliente con rango de temperaturas entre 45 y 60 °C, para una deshidratación segura, es decir, que los productos conserven la mayoría de sus propiedades nutricionales y organolépticas.

El colector está cubierto con vidrio y tiene en su interior una chapa de color negro lisa, para aumentar su superficie de intercambio de calor con el aire. El aire ambiental ingresa por la extremidad inferior del colector, que está cubierta por una malla de metal tipo cedazo, y se calienta gradualmente hasta una temperatura superior a la temperatura ambiental. Entra finalmente en la cámara, donde atraviesa las bandejas, ejerciendo su poder secador, provocando por convección, una corriente de aire caliente que pasa entre los productos colocados en su camino, secándolos, y arrastrando la humedad al exterior por una chimenea.

Martínez (2018), plantea que el tiempo de secado depende de varios factores. Los más importantes son:

- Tipo de producto (mayor contenido de agua, mayor tiempo)
- Tamaño de los trozos del producto (más grande, mayor tiempo)
- Temperatura del aire (más elevada, menor tiempo)
- Humedad relativa del aire (más elevada, mayor tiempo)

- Velocidad del aire (más elevada, menor tiempo)
- Radiación solar (mayor radiación, mayor temperatura en la cámara del deshidratador, mayor temperatura en el colector)

Este estudio se enfoca en la cebolla que es una planta bianual que produce bulbo. El bulbo está formado por hojas modificadas llamadas “catafilas”, cuyo tamaño, diámetro y desarrollo dependen del fotoperíodo (duración de la luz del día). Países como Nicaragua ubicados en latitudes menores de 30° se usan principalmente variedades de fotoperíodo corto. Estas variedades comúnmente son más dulces y no son buenas para largos períodos de almacenamiento (www.infoagro.com, 2008).

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de la cebolla es alrededor de los 14 °C, con temperaturas máximas de 30 °C y mínimas de 7 °C. Se debe resaltar que las temperaturas altas aceleran la formación del bulbo y las temperaturas bajas lo retardan. Este cultivo se produce tanto en suelos arcillosos como en francos, preferiblemente con el pH entre 6,0 y 6,5. Se ha observado que la siembra en suelos muy pesados, arcillas llamadas barro de olla, induce la formación de bulbos deformes, lo que tiene repercusión en su rendimiento (Araya G. , 2012).

La composición química de las cebollas difiere entre las distintas variedades, pero en general, se caracterizan por un gran contenido en agua, con un 92 % como término medio. El contenido en materia seca unos 7,5 %, en los que destaca un contenido en carbohidratos alrededor de un 75% en forma de azúcares simples (glucosa y fructosa), un 18% en forma de sacarosa y un 7% como fructanos de reserva. Y una de sus principales características son sus típicos compuestos azufrados, que les proporcionan su característico sabor picante y olor particular (Brewster, 1994).

De acuerdo a Infoagro (www.infoagro.com, 2008) la clasificación taxonómica y morfológica de la cebolla es la siguiente:

Familia: *Liliaceae*.

Nombre científico: *Allium cepa* L.

Planta: bienal, a veces vivaz de tallo reducido a una plataforma que da lugar por debajo a numerosas raíces y encima a hojas, cuya base carnosa e hinchada constituye el bulbo.

Bulbo: está formado por numerosas capas gruesas y carnosas al interior, que realizan las funciones de reserva de sustancias nutritivas necesarias para la alimentación de los brotes y están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son base de las hojas. La sección longitudinal muestra un eje caulinar llamado corma, siendo cónico y provisto en la base de raíces fasciculadas.

Sistema radicular: es fasciculado, corto y poco ramificado; siendo las raíces blancas, espesas y simples.

Tallo: el tallo que sostiene la inflorescencia es derecho, de 80 a 150 cm de

altura, hueco, con inflamamiento ventrudo en su mitad inferior.

Hojas: envainadoras, alargadas, fistulosas y puntiagudas en su parte libre.

Flores: hermafroditas, pequeñas, verdosas, blancas o violáceas, que se agrupan en umbelas.

Fruto: es una cápsula con tres caras, de ángulos redondeados, que contienen las semillas, las cuales son de color negro, angulosas, aplastadas y de superficie rugosa.

La agroindustria de la Cebolla en Nicaragua esta poco desarrollada, y sus formas de industrialización son meramente artesanales, tales como la fabricación de encurtidos de cebolla, que se comercializan en los mercados, pulperías y supermercados nacionales. También se puede industrializar en cebolla deshidratada y cebolla en vinagre (www.infoagro.com, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí) específicamente en el área de prototipos, aquí se construyó y evaluó el prototipo de deshidratación solar.

Según el enfoque filosófico de la investigación es cuantitativo, acorde al método de investigación es experimental, de acuerdo a su propósito la presente investigación es Aplicada o Tecnológica, perteneciente al “contexto de la aplicación”. De acuerdo el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo, de acuerdo a su clasificación es correlacional.

Según al tiempo de ocurrencia de los hechos y el registro de la información, el estudio es prospectivo y por periodo y secuencia del estudio es longitudinal.

En este experimento, la muestra representativa se circunscribe al espacio inferencial representativo que le corresponde definido por el número de réplicas y el número de tratamientos, de los cuales contó con cuatro replicas para la determinación del tiempo de secado de los tratamientos: cebolla, por tanto, se construyó una unidad experimental que fue un deshidratador solar indirecto.

El procedimiento que se siguió para la recolección de los datos e información se presenta de acuerdo al compromiso de cada objetivo planteado. La unidad experimental, que consta de un deshidratador solar indirecto, con capacidad de 0.24 m³ se diseñó en el programa Sketch Up, el cual es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones basado en caras.

Se diseñó en Excel una hoja de recolección de datos que contenía todas las variables de interés. Las pruebas de secado se realizaron en los meses de junio

y julio de 2020, desde 9:00 hasta las 15:00 horas. Para las mediciones de las variables se colocaron cuatro sensores de temperatura: colector, cámara de secado, salida de chimenea y al aire libre, para esto se utilizó un equipo de medición dataloggers el que se configuró para medidas cada 15 minutos. La velocidad de aire se midió cada 15 minutos comprendida de 9 a 3 de la tarde, usándose un anemómetro de hilo caliente de la marca PCE.

La humedad relativa de la cámara de secado se midió con un equipo dataloggers de humedad, presión y temperatura en el mismo período de tiempo de las demás variables. A través de las mediciones de radiación solar, temperatura, velocidad del aire, humedad, tiempo de deshidratado, realizadas en la cámara de secado, se procedió determinar estadísticamente el efecto de estas variables sobre el tiempo de secado.

El producto a utilizar en el secado fue la cebolla amarilla, la que fue adquirida en un mercado municipal de la ciudad, luego se procedió a realizar su inspección y comprobar que estuviera en buen estado y se realizó lo siguiente:

1. Pesaje de las cebollas hasta 438 gramos. Utilizando una balanza analítica KERN con una precisión de 0,001 g.
2. Se cortaron las cebollas en anillos con un grosor de 1 cm aproximadamente.
3. Luego se colocaron en las bandejas, separadas entre sí, luego se introdujeron a la cámara de secado.
4. Las mediciones de secado de acuerdo al peso se realizaron dos veces al día, esto permitió se elaborarán las curvas de secado y conocer el tiempo de deshidratación del producto realizándose cuatro réplicas diferentes.
5. El análisis organoléptico (olor, color y textura) se realizó al finalizar el secado, mediante la observación y comparación con el producto fresco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como punto de inicio del proyecto, se diseñó la estructura del prototipo utilizando la herramienta de diseño Sketchup, (figura 1) y posteriormente se realizó la construcción con las medidas específicas determinadas dentro del programa, tomando en cuenta las dimensiones del deshidratador (figura 2).

El colector solar construido tiene un área de 0.56 m², en la parte superior, tiene una cubierta transparente de vidrio de 6 mm de espesor que permite la reducción de la emisión calorífica por convección desde el absorbedor al ambiente y protegerlo, a la vez, de agentes externos.

Se colocó una placa absorbidora hecha de zinc liso calibre 26 pintada en color negro, es el encargado de absorber primero la radiación solar y transformarla después en radiación térmica para transferirla por conducción al fluido circulante,

la carcasa que sostiene el vidrio y la placa captadora es de aluminio para mejor resistencia a la intemperie y los efectos corrosivos de la atmosfera, esta carcasa se encarga de proteger y soportar a los elementos que conforman el colector. En la parte inferior de la placa captadora se ha colocado un aislante de fibra de vidrio para evitar pérdidas de calor hacia el exterior y mantener mayor tiempo la temperatura que será arrastrada hacia la cámara donde estarán ubicadas las cebollas. En la entrada de aire del colector se colocó una malla con la finalidad de evitar la entrada de insectos.

La cámara de deshidratado está cubierta con láminas metálicas de zinc liso calibre 26 con estructura de tubo de hierro cuadrado de 1 pulgada, se colocó alrededor de la cámara, un aislante térmico (aislante de doble burbuja de aluminio y aislante de fibra de vidrio) con el fin de evitar pérdidas de calor y mejorar la eficiencia térmica del deshidratador.

La cámara debe situarse a cierta altura, para permitir que la salida superior del calentador quede a la misma altura que la base de la cámara, por lo que se construyó sobre un pedestal de 30 cm de alto. La capacidad de la cámara es de 0.24 m³ totalmente cubierta en su interior por aislante térmico, las bandejas quedan con una separación de 15 cm que resulta cómoda para introducirlas y extraerlas sin dificultad.

La cámara tiene en la parte inferior una abertura donde se conecta el calentador solar y una puerta que permite introducir y sacar las bandejas, pero lo suficientemente segura de modo que evita la entrada de insectos.

En la cámara de deshidratado se acomodaron las bandejas a modo de repisas. Se construyeron de marco de aluminio y se les colocó una malla plástica resistente (tipo mosquitero). Estas tienen una superficie de 0.31 m² cada una. El secador posee 3 bandejas por lo que la superficie total es de 0.93 m².

La bandeja utilizada fue de malla plástica de 1/8 que es de fácil limpieza, pues con frecuencia las hortalizas desprenden jugos que se pegan a la bandeja y que aguanta como mínimo 70°C sin deformarse, esa es la temperatura que puntualmente se puede alcanzar en el interior del deshidratador.

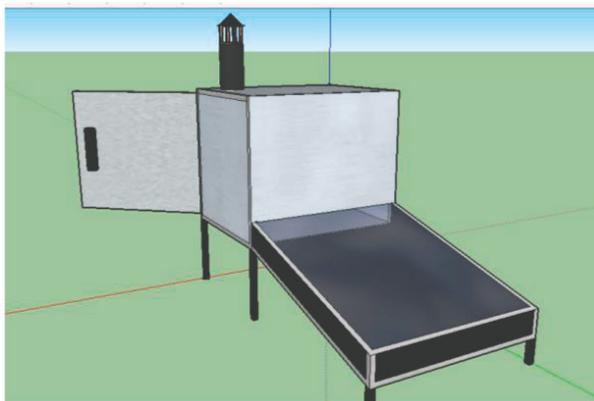


Figura 1. Diseño en Sketchup



Figura 2. Deshidratador solar construido

La determinación del tiempo de secado de la cebolla sometida al proceso de deshidratación en el prototipo de deshidratador solar térmico, se realizó de la siguiente manera:

Se procedió a calcular la disminución de humedad que la cebolla experimentará durante el proceso de secado, así:

$$\text{Ecuación 1} \quad \Delta H = \frac{H_o - H_f}{100 - H_f} * 100$$

Primero se midió el porcentaje de humedad de la cebolla, dando como resultado $H_o = 90\%$, de acuerdo a la literatura consultada para el deshidratado esta debe llevarse hasta el 12%. Aplicando la ecuación 1 se obtiene que el 88% de humedad debe retirarse en el proceso de deshidratación. Este resultado coincide con Collado *et al.*, (2006), quien reporta que composición química de las cebollas difiere entre las distintas variedades, pero en general, se caracterizan por un gran contenido en agua, con un 92 % como término medio.

Se realizaron cuatro replicas en el cual se introdujeron 438 gramos de masa total y luego del proceso de secado resultó 50 g de producto seco. En las curvas de secado de acuerdo a cada réplica se puede observar que se produce un calentamiento inicial de la cebolla y luego aumenta la velocidad del secado producto de la temperatura de la cámara de secado.

En este proceso se utiliza la energía solar únicamente, por lo tanto, se observaron variaciones de secado por la noche en el cual el secado es más lento, pero no se detiene, esta observación coincidió con lo reportado por Pulfer (2008) que refiere que cuando se seca un producto con energía solar en forma exclusiva

y sin dispositivo de almacenamiento de calor, el proceso de secado sufre una interrupción durante la noche.

Se puede observar en las figuras que las tres primeras pruebas deshidrataron la cebolla en seis días y la prueba cuatro el tiempo de deshidratación fue de cuatro días, es decir hay una diferencia significativa de dos días, esto debido a la relación entre la temperatura, la radiación solar incidente en el plano del colector y la velocidad del aire.

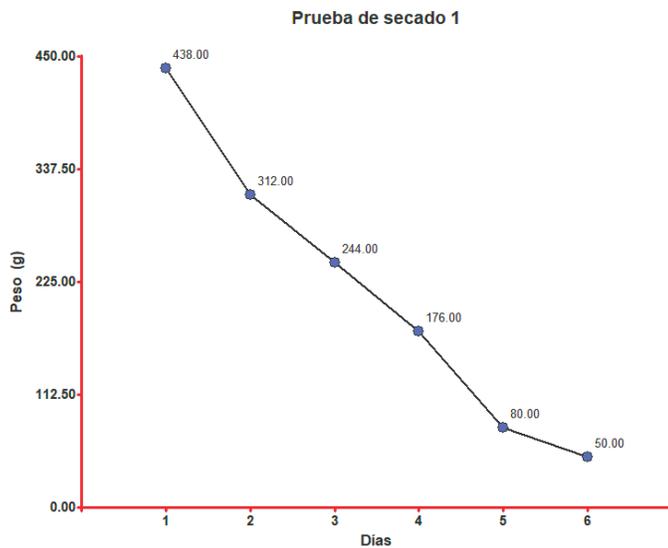


Figura 3. Prueba de secado 1

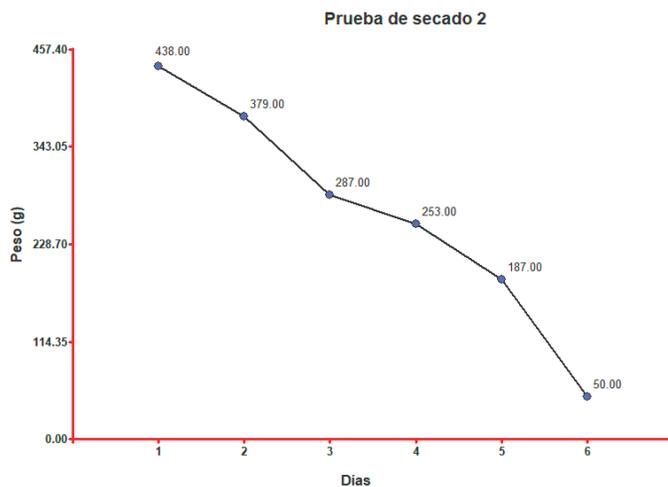


Figura 4. Prueba de secado 2

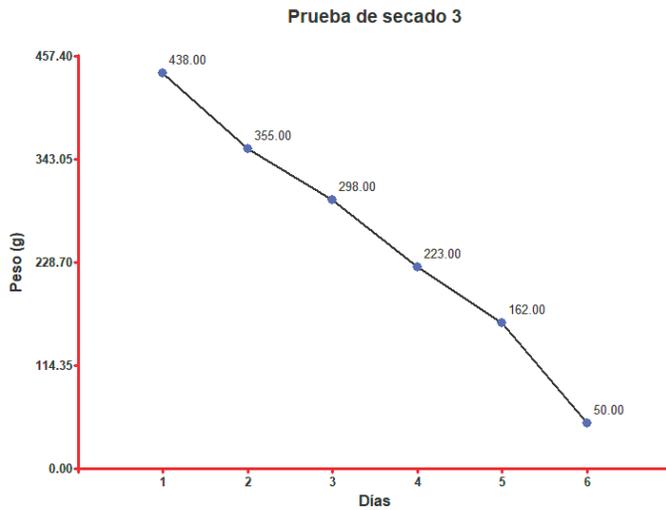


Figura 5. Prueba de secado 3

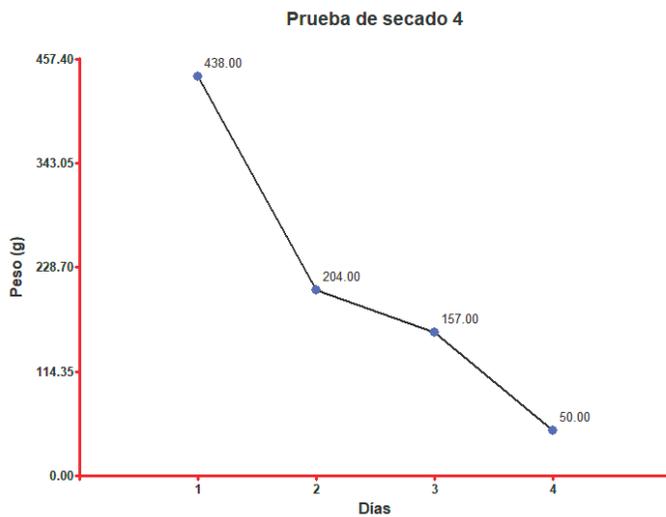


Figura 6. Prueba de secado 4

Se determinó el efecto de la radiación solar, la temperatura, velocidad del viento en el tiempo de secado del producto sometido al proceso de deshidratación obteniéndose los siguientes resultados:

El Análisis de Correlación (ANACORR), consiste en determinar el grado de asociación entre dos variables cuantitativas continuas o discretas, o calificar tal relación, lo cual se mide por el coeficiente de correlación "r" de Pearson y se realiza bajo la hipótesis nula de $H_0: \rho = 0$

A continuación, se presenta el procedimiento del ANACORR realizado con el programa estadístico InfoStat para determinar la correlación entre las variables, tiempo de secado de la cebolla, peso final obtenido, radiación solar, temperatura

de la cámara de secado, velocidad del viento y la humedad en la chimenea para determinar si estas variables están correlacionadas o no, lo cual aportará pistas para estudiar las causas de la deshidratación.

Tabla 1. Correlaciones de Pearson, tiempo de secado y peso final de la cebolla deshidratada

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tiempo de secado (Días)	Peso final (g)	22	0.88	0.0001

El análisis de correlación de Pearson realizado para las variables tiempo de secado y peso final de la cebolla deshidratada, dio como resultado un coeficiente de correlación “r” igual a 0,88, indicando que se tiene una asociación fuerte positiva entre las variables. Este fuerte valor del “r” fue obtenido con un $p = 0,0001$, el cual resulta ser menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de $H_0: \rho = 0$, esto quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables tiempo de secado y peso final de la cebolla deshidratada.

Referente a la segunda correlación realizada entre las variables, tiempo de secado y radiación solar para conocer si están correlacionadas se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 2. Correlaciones de Pearson, tiempo de secado y radiación solar

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tiempo de secado (Días)	Radiación solar	22	0.60	0.0221

El análisis de correlación de Pearson realizado para las variables tiempo de secado y radiación solar, dio como resultado un coeficiente de correlación “r” igual a -0,60, indicando que se tiene una asociación moderada negativa entre las variables. Este moderado valor del “r” fue obtenido con un $p = 0,0221$, el cual resulta ser menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de $H_0: \rho = 0$, esto quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables tiempo de secado y radiación solar. De ahí que, se confirma la hipótesis de que el tiempo de secado de los productos está asociado con la radiación solar incidente en el plano del colector del deshidratador.

Referente a la tercera correlación realizada entre las variables, tiempo de secado y temperatura en la cámara de secado para comprobar si estas están correlacionadas se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 3. Correlaciones de Pearson, tiempo de secado y temperatura en la cámara de secado

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tiempo de seacado (Días)	Temperatura de cámara	22	0.81	0.0001

El análisis de correlación de Pearson realizado para las variables tiempo de secado y temperatura en la cámara de secado, dio como resultado un coeficiente de correlación "r" igual a 0,81, indicando que se tiene una asociación fuerte negativa entre las variables. Este fuerte valor del "r" fue obtenido con un $p = 0,0001$, el cual resulta ser menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de $H_0: \rho = 0$, esto quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables tiempo de secado y temperatura en la cámara de secado. De ahí que, se confirma la hipótesis de que el tiempo de secado de los productos está asociado con la temperatura a la que se encuentre la cámara del deshidratador, es decir a mayor temperatura menor tiempo de secado de los productos.

Se realizó una última correlación entre las variables, tiempo de secado y velocidad del viento para saber si estas están correlacionadas se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4. Correlaciones de Pearson, tiempo de secado y velocidad del viento

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tiempo de seacado (Días)	Velocidad de viento	22	0.59	0.0039

El análisis de correlación de Pearson realizado para las variables tiempo de secado y velocidad del viento, dio como resultado un coeficiente de correlación "r" igual a -0,59, indicando que se tiene una asociación moderada negativa entre las variables. Este moderado valor del "r" fue obtenido con un $p = 0,0039$, el cual resulta ser menor que el nivel crítico de comparación $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de $H_0: \rho = 0$, esto quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables tiempo de secado y velocidad del viento.

De ahí que, se confirma la hipótesis de que el tiempo de secado de los productos está asociado con la velocidad del viento a la que se encuentre la cámara del deshidratador.

CONCLUSIONES

Se diseñó el prototipo mediante el programa Sketchup y se construyó en aproximadamente un mes, la mayoría de los materiales fueron reutilizados de otras estructuras y prototipos que se encontraban en la facultad, otros materiales fueron asumidos por el equipo investigador.

El tiempo de secado de la cebolla es aceptable tomando en cuenta que las pruebas se realizaron en días no soleados y con presencia de lluvia.

El tiempo de deshidratación de la cebolla estuvo determinado por la correlación significativa entre la radiación solar, velocidad del viento y la temperatura de la cámara.

La cebolla en el proceso de deshidratación no perdió su textura, color, sabor y olor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araya, G. (2012). *Manual de recomendaciones para el cultivo de cebolla (Allium cepa L)*. San José, Costa Rica: MAG/INTA. Recuperado el 12 de Julio de 2022, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10393.PDF>
- Bejarano Martinez, c. a. (2018). *Evaluacion del Efecto de Uso de un Deshidratador Solar pasivo Indirecto de flujo Turbulento y de un Deshidratador Solar pasivo en Propiedades Fisioquimicas y Organolecticas de mango, Naranjas y mandarinas*. Tesis de Maestria, Tocaima. Recuperado el 19 de Mayo de 2020
- Brewster, J. (1994). *Onions and vegetable alliums* (Segunda ed.).
- Calero, L. C. (2014). *Estudio de un secador solar indirecto por convección natural para el deshidratado de frutas y vegetales en Nicaragua*. Leon.
- Castellon , J., & Espinoza, W. (2009). *Validación del uso de un secador Solar de Café*. Tesis de grado , Esteli. Recuperado el 12 de Junio de 2020
- ecoteca. (2020). *ECOTEC*. (Virtual, Editor) Recuperado el 11 de 10 de 2020, de <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/deshidratadores-solares-2>
- Martínez, C. A. (2018). *Evaluación del Efecto del Uso de un Deshidratador Solar Pasivo Indirecto de Flujo Turbulento y de un Deshidratador Solar Pasivo en Propiedades Fisicoquímicas y Organolépticas de Mango, Naranja y Mandarina*. Colombia.
- Moncayo, M. V., Roa M, G. L., & Ortega Torres, D. B. (2011). *Diseño y Construcción de un Secador Solar por Convección de Aire Caliente Automatizado de Pequeña Escala, para el Secado de café para la Universidad Nacional de*

Loja. Loja.

Moraga Castro, J. J. (2013). *Evaluación del proceso de secado de café pergamino en Beneficio Sajonia S.A. Matagalpa 2012*. tesis de grado. Recuperado el 5 de mayo de 2020

Nevarez , R., & Cuzme, X. (2016). *EFFECTOS DE TEMPERATURA Y TIEMPO DE DESHIDRATACIÓN, EN CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y SENSORIALES DE CEBOLLA PERLA (Allium cepa L) EN POLVO*. Tesis de grado, Calceta. Recuperado el 12 de Mayo de 2020

Pulfer, J. C. (2008). *Cocinas y secadores solares* (Segunda edición ed.). Barcelona: UPC.

Sampier Hernandez, R., Fernandez Collado, C., & Lucio Baptista, P. (2007). En R. Sampier Hernandez, C. Fernandez Collado, & P. Lucio Baptista, *Metodología de la investigacion*. McGraw-Hill Interamericana.

[www.infoagro.com](https://www.infoagro.com/hortalizas/cebolla.htm). (Abril de 2008). Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/cebolla.htm>

