

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE SECADO SOLAR DE UNA REGION

M. Condori
 Instituto de Investigación en Energía No Convencional (INENCO)
 Universidad Nacional de Salta (UNSa)
 Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta, Argentina.
 Te: 54-387-4255424, Fax: 54-387-4255489, email: condori@inenco.net

RESUMEN: En el presente trabajo se presenta un modelo de evaporación de agua libre en un secador ideal simple, que considera como fuentes de energía a la radiación solar y a la capacidad de absorción de humedad del aire ambiente. Como resultado del mismo se obtienen indicadores para determinar la potencialidad energética de una región en cuanto al secado solar. Se aplica el modelo para determinar estos indicadores, el potencial de secado solar y el índice de secado solar, para tres localidades de la provincia de Salta. Se realiza el estudio comparativo del potencial de secado para cada mes del año.

Palabras Claves: Energía, Potencial de Secado, Secado Solar

INTRODUCCIÓN

El óptimo aprovechamiento de cualquier tipo de recurso natural, debe basarse indefectiblemente en el pleno conocimiento de su disponibilidad. Partiendo de esta premisa, se torna fundamental la evaluación de la potencialidad que posee una localidad para emprendimientos productivos tal como puede ser el caso del secado con el uso de energía solar.

En el proceso de secado interactúan las variables características del producto a secar, del secador y del recurso energético que propicia los mecanismos de transferencia de calor y masa. Son las características del secador y del producto las que determinan la eficiencia con la que se lo utiliza dicho recurso energético. En el caso del secado solar propiamente dicho, deben considerarse los aportes de dos variables meteorológicas, la radiación solar y la humedad relativa.

En trabajos anteriores (Condori y Saravia, 1998; 2003) se introdujo el concepto de potencial de secado para describir la operación de secadores solares simples y de tipo túnel. Estos conceptos se extienden en el presente trabajo, para determinar el potencial de secado de una región utilizando un modelo de evaporación de agua libre. Se definen entonces dos tipos de potenciales: uno referido a la energía solar disponible (dependiente de la radiación solar), y otro correspondiente al déficit de saturación del aire (que depende en la temperatura y humedad específica), de la combinación de ambos, surge el potencial "total" de secado de una región.

A partir de este modelo es posible avanzar hacia un mapeo espacio-temporal de la potencialidad de la región en cuanto al recurso disponible para el secado solar (Altobelli y Condori, 2009). Su análisis, comprende una valiosa herramienta de decisión, que permite orientar con mayor certeza los esfuerzos y recursos económicos hacia sitios óptimos para este tipo de emprendimientos en mayores escalas de producción.

MODELO DE EVAPORACIÓN DE AGUA LIBRE

Un producto fruti-hortícola puede contener el 80 % de su masa en forma líquida, su extracción siempre presenta resistencia debido a las distintas formas de ligaduras que existen entre el agua y la estructura de la materia. Un secado ideal sería el que se realiza con un producto que presente resistencia nula a la extracción. Se puede considerar como aproximación una bandeja con una superficie constante de agua libre. Esta bandeja evaporará una cierta cantidad de agua de acuerdo a las condiciones ambientes en la que se encuentra, ésta cantidad será mayor si la bandeja se coloca dentro de un secador solar.

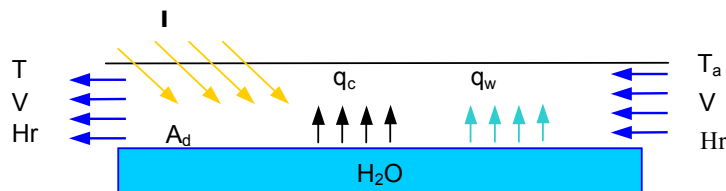


Figura 1: Esquema de una bandeja de agua libre en un secador solar simple

En la Figura 1 se muestra un esquema del modelo de evaporación de agua libre dentro de un secador solar simple, que se utilizará para analizar la interacción entre los fenómenos de transferencia de calor y masa involucrados en el proceso. El secador consta de una cubierta transparente a la radiación solar que confina al flujo de aire que circula por entre la cubierta y la bandeja. El aire puede ser impulsado ya sea por medios activos o pasivos.

En la Figura 2 se muestra un esquema para el análisis termodinámico entre las fases agua-aire y las variables que importan en el proceso de transferencia. De la bandeja se considera sólo la película superior de agua libre, donde se supone que las propiedades involucradas en los procesos se mantienen constantes. Por encima de esta película de agua se establece una zona

de aire saturado a la temperatura de la superficie del agua, y más arriba, otra zona de aire húmedo donde se produce la difusión de calor y masa provocado por las diferencias de temperatura y presión de vapor entre la zona de aire saturado y la zona de aire húmedo. Como principal hipótesis se considera que las zonas de aire saturado y aire húmedo tienen una distribución uniforme de temperatura y humedad.

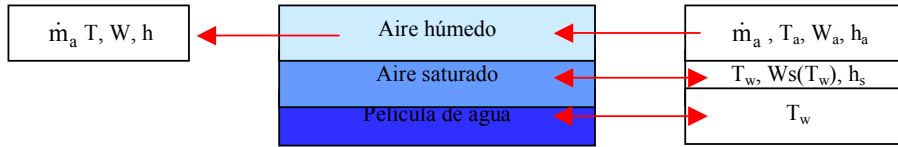


Figura 2: Esquema de las variables involucradas en el proceso termodinámico

Sobre la superficie de agua libre incide la radiación solar que se transmite a través de la cubierta superior, mientras que el flujo de aire \dot{m}_a remueve continuamente el aire húmedo del secador. Se considera que este flujo es constante durante todo el proceso. Esta suposición es cierta para sistemas de circulación de aire activos, pero con sistemas pasivos la suposición implica utilizar valores promediados en un cierto intervalo de tiempo ya que se tienen ráfagas de intensidad variable.

Se considera también que la superficie de agua y el aire saturado, por encima de ésta, se encuentran en equilibrio térmico a temperatura T_w . Entonces el aire saturado tendrá una humedad específica de saturación $W_s(T_w)$, y dado que ésta es mayor que la del aire húmedo, existirá transferencia de masa en forma de vapor hacia la zona de aire más seco. La temperatura y la humedad dependen de la posición respecto a la entrada del secador. Estas condiciones tienden a uniformizarse si el secador es lo suficientemente largo. Bajo esta consideración es que se plantean los balances que siguen.

Por la ley de difusión de masa de Fick se establece la siguiente relación para la velocidad de evaporación del agua:

$$\dot{m}_w = A_d \sigma_d (W_s(T_w) - W) \quad (1)$$

donde \dot{m}_w (Kg s^{-1}) es la velocidad de evaporación, A_d (m^2) es el área expuesta para la difusión de agua, W_s es la humedad específica de saturación evaluada a la temperatura de la superficie de agua T_w y W es la humedad específica del aire. σ_d ($\text{Kg m}^{-2}\text{s}^{-1}$) es el coeficiente de difusión de masa correspondiente y depende de la velocidad del aire sobre la superficie, de la forma de la misma y de la temperatura.

La energía que se necesita para convertir el agua en vapor, con la velocidad \dot{m}_w será:

$$Q_w = \dot{m}_w q_v \quad (2)$$

donde q_v es el calor de cambio de fase del agua o calor latente de evaporación evaluada a la temperatura T_w .

Simultáneamente se forma un gradiente de temperatura entre la temperatura de la superficie de agua T_w y la del aire húmedo T . La "ley de enfriamiento de Newton" establece la siguiente relación entre este gradiente y la difusión de calor:

$$Q_c = h_c A_d (T_w - T) \quad (3)$$

donde h_c es el coeficiente de transferencia de calor por convección expresado en $\text{Wm}^{-2}\text{C}^{-1}$. Éste es función de la velocidad del aire sobre la superficie. T es la temperatura del aire húmedo. En las ecuaciones (1) y (3) se toma el área de difusión térmica igual a la de masa, lo cual es cierto para la bandeja de agua libre pero no necesariamente para otros productos.

Sobre la superficie de agua incide radiación solar, y la potencia efectiva asociada se calcula por la siguiente expresión:

$$Q_I = (\tau\alpha) A_d I \quad (4)$$

donde I es la radiación solar que incide por unidad de superficie de agua libre, es decir sobre superficie horizontal, τ es la transmisividad de la cubierta y α el coeficiente de absorción del agua para la radiación solar.

La energía utilizada en producir la evaporación se determina a partir del balance de energía sobre la superficie de agua, en régimen estacionario. Es decir:

$$q_v \dot{m}_w = (\tau\alpha) A_d I + h_c A_d (T - T_w) + h_r A_d (T_w - T_c) \quad (5)$$

Esta ecuación tiene en cuenta el aporte de la energía solar antes mencionado, la transferencia térmica por convección y el intercambio neto de radiación con la cubierta superior. Este intercambio puede ser despreciado si las temperaturas de las superficies son iguales o si la emisividad es nula.

En la Figura 3 se muestra el diagrama psicrométrico correspondiente al proceso. El aire ambiente ingresa al secador con humedad específica W_a , temperatura T_a y entalpía específica h_a . Si no tiene aportes o pérdidas de energías el proceso de evaporación debe seguir la “curva de saturación adiabática”, es decir un proceso a entalpía h_a constante, en la que el aire saturado se halla a la humedad específica $W_s(T_w)$, línea de color azul en la figura. Como en nuestro caso se cuenta con el aporte de energía solar, la entalpía de salida del aire húmedo será mayor, es decir $h > h_a$, línea roja en el gráfico. Para este caso el aire en contacto con la película de agua incorpora vapor hasta alcanzar la humedad específica W , disminuyendo su temperatura seca hasta la temperatura T debido al fenómeno de “enfriamiento evaporativo”, punto 2 del gráfico. Si el aporte de energía es suficiente el proceso puede continuar hasta la curva de saturación del aire donde la temperatura seca será T_s y la humedad específica de saturación $W_s(T_s)$, punto 3 de la grafica.

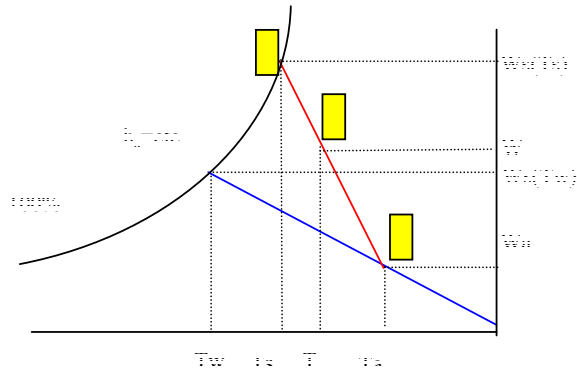


Figura 3: Diagrama psicrométrico correspondiente al secador ideal simple

Considerando el punto 2 de la grafica, el aumento de humedad específica del aire se debe a la incorporación de agua evaporada. El balance de masas establece la siguiente relación para la velocidad de evaporación:

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (W - W_a) \quad (6)$$

Donde \dot{m}_a es el flujo másico del aire en el secador, que se considera constante durante el proceso. El aumento de entalpía del aire húmedo se debe tanto a contribuciones de calor sensible como de calor latente. Se considerará que el cambio de calor sensible del aire húmedo, en este caso disminución por enfriamiento evaporativo, es igual a la transferencia de calor por convección desde el aire a la película de agua.

$$C_p \dot{m}_a (T - T_a) \approx A_d h_c (T_w - T) \quad (7)$$

donde C_p el calor específico del aire húmedo. También existe un intercambio por convección con la cubierta superior pero ésta se puede despreciar si la transmitancia de la cubierta es alta y las pérdidas bajas, como se supondrá en lo que sigue.

El potencial e índice de secado

El máximo potencial de secado se obtiene colocando un producto ideal dentro del secador ideal. Un secador ideal sería uno con eficiencia máxima, esto es sin pérdidas térmicas ni ópticas, incluyendo máxima absorción de radiación. Bajo esta consideración la ecuación (5) se modifica como sigue:

$$A_d I = (q_v \dot{m}_w)_{ideal} + A_d h_c (T_w - T) \quad (8)$$

Es decir que la energía solar total incidente en el área del secador y la energía que cede el aire por convección se utilizan en la evaporación del agua. Incorporando la ecuación (7) en la (8) se muestra claramente que la evaporación de agua libre se puede producir por dos fuentes de energía: la radiación solar absorbida y el cambio de calor sensible del aire.

$$(q_v \dot{m}_w)_{ideal} = A_d I + \dot{m}_a C_p (T_a - T) \quad (9)$$

La máxima cantidad de agua que se puede evaporar en un secador ideal se debe corresponderse con el aprovechamiento del máximo de estos dos potenciales de secado.

El potencial correspondiente a la energía solar es la radiación solar incidente sobre el plano del secador con absorción igual a la unidad. Es decir, la máxima posible:

$$P_i = (q_v \dot{m}_w)_i^{\max} = A_d I \quad (10)$$

La ecuación (9) muestra que se puede secar sin radiación solar si el potencial de secado del aire es lo suficientemente alto. La máxima cantidad de agua que se puede evaporar en ausencia de radiación solar se produce sólo por el aporte del cambio de calor sensible del aire, siguiendo la curva de saturación adiabática hasta el estado de saturación (línea azul de la Figura 3).

$$P_a = \dot{m}_a C_p (T_a - T_w) \quad (11)$$

Utilizando la ecuación de balance de masa se puede determinar la velocidad de secado, en ausencia de radiación solar, cuando el aire está bajo esta condición de saturación:

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a [W_s(T_w) - W_a] \quad (12)$$

En consecuencia, el máximo potencial de secado del aire, sin radiación solar, expresado en unidades de potencia es:

$$P_a = (q_v \dot{m}_w)_a^{\max} = q_v \dot{m}_a [W_s(T_w) - W_a] \quad (13)$$

Esta ecuación expresa la cantidad de energía asociada al agua que podría incorporarse al aire ambiente saturándolo a temperatura de bulbo húmedo. En este sentido $[W_s(T_w) - W_a]$ puede considerarse como el déficit de saturación del aire en ausencia de aportes de energía externa.

Se define como potencial de secado a la potencia total relacionada con la máxima tasa de evaporación posible que se obtiene de utilizar el máximo de ambos potenciales:

$$P_T = P_i + P_a = (q_v \dot{m}_w)_i^{\max} + (q_v \dot{m}_w)_a^{\max} \quad (14)$$

El potencial total de secado solar, también es la potencia asociada a la cantidad de agua evaporada hasta la curva de saturación por un producto ideal en un secador ideal, y de acuerdo a las ecuaciones (10) y (13) se obtiene de:

$$P_T = A_d I + q_v \dot{m}_a [W_s(T_w) - W_a] \quad (15)$$

Este potencial se puede determinar para cada región y se requiere el conocimiento de la radiación solar, la temperatura ambiente y la humedad específica ambiente del lugar. Esta última se consigue a través de la humedad relativa.

Para proceder a comparar la producción del secador ideal en distintos lugares es necesario fijar la geometría y las condiciones de funcionamiento del mismo. En lo que concierne a la ecuación (15), se requiere convenir valores para el área del secador y el flujo másico de operación, como así también para el calor latente de evaporación de referencia. La elección no es totalmente arbitraria sino que se realiza sobre la base de valores ciertos y de la experiencia para obtener valores razonables de comparación. En lo que sigue se utilizarán los siguientes valores: flujo másico del aire $0,1 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, área de secador 1 m^2 y un valor constante para el calor latente de vaporización de $2380 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

El potencial de la ecuación (15) puede cambiar mes a mes de acuerdo cambian las condiciones climáticas del lugar y su determinación puede servir para comparar regiones en cuanto a su potencial de secado para cada época del año según el tiempo de cosecha del producto que se esté considerando. Por ejemplo si un producto se cosecha en varias regiones de enero a marzo, se puede comparar el potencial de secado de estas regiones para determinar cuál es la más conveniente para realizar el secador solar de acuerdo al recurso de cada región.

A los fines del diseño de un secador real puede ser conveniente saber cuál de los dos potenciales de secado es el más importante en el lugar y de acuerdo a ello favorecer más el área de colección solar o el uso de aire del medio ambiente. Para lo cual, a partir de la definición del potencial total de secado de la ecuación (14), es posible introducir una variable adimensional, el índice de secado Z , que se define como:

$$Z = \frac{P_a}{P_i + P_a} \quad (16)$$

Es decir que este índice de secado me permite medir el porcentaje del potencial de secado del aire respecto al potencial total disponible. Los valores de Z se encuentran dentro del intervalo $[0,1]$. El valor $Z = 0$ corresponde al caso de tener ingresando al colector aire ambiente saturado, que no contribuye al potencial total de secado. El valor $Z = 1$ ocurre cuando no hay radiación solar. Por ejemplo el valor $Z = 0,6$ implica que el potencial de radiación es $2/3$ del potencial del aire.

La ecuación (15) está expresada en términos de unidades de potencia, vatios, y es más apropiada para comparar el potencial de secado entre regiones, en cambio el índice adimensional de la ecuación (16) permite medir el porcentaje del potencial del secado del aire para una dada región, y a partir de éste tomar decisiones de diseño a incorporar al secador.

Índice de evaporación y eficiencia de un secador

Se puede expresar el potencial de secado en términos de masa de agua, es decir, los kilogramos de agua evaporada con la energía disponible en un intervalo de tiempo dado:

$$M_{\text{ideal}} = \frac{P_T}{q_v} \Delta t \quad (17)$$

Esta requiere la determinación del potencial de secado en el intervalo Δt , tiempo expresado en segundos. Parece lógico trabajar con valores medios diarios. En este caso Δt será igual a la duración del día solar, que en el caso de un plano horizontal dependerá de la latitud del lugar y del día del año a través de la declinación.

Por último, se puede obtener un método estándar para calcular la eficiencia de un secador real utilizando el potencial de secado de uno ideal que opera bajo las mismas condiciones. En el caso de evaporar bandejas de agua y utilizando la ecuación (17), la eficiencia del secador real se define como el cociente entre la masa de agua que evapora el secador real y la que evapora el secador ideal en un determinado intervalo de tiempo.

$$\eta_{\text{sec}} = \frac{M_{\text{real}}}{M_{\text{ideal}}} \quad (18)$$

La metodología para la determinación de la eficiencia del secador real sería medir mediante una balanza la pérdida de agua de las bandejas y todas las variables necesarias para determinar la masa evaporada del secador ideal según la ecuación (17).

DIAGRAMAS DE POTENCIAL E INDICE DE SECADO

Análisis del recurso

Para la determinación del potencial de secado en una región, de acuerdo a la ecuación (15), es necesario conocer los recursos de radiación solar sobre el plano del colector, la temperatura ambiente y la humedad específica. Esta última se obtiene a partir de la humedad relativa ambiente y la presión atmosférica del lugar.

Es conveniente que los valores del recurso estén sobre la base de valores medios mensuales, y para que tenga mayor rigor estadístico sobre una base de datos de varios años. No muchos lugares cuentan con observatorios meteorológicos que recogen estos datos en forma sistemática. Pero también se cuenta con el aporte de la información suministrada por satélites meteorológicos, cuya información se puede disponer en sitios de Internet.

Hay una diferencia entre los datos obtenidos para la radiación y las otras variables en cuanto al tiempo utilizado para el promedio diario. Obviamente, el de radiación se corresponde con la longitud del día solar que se mide como el tiempo entre la salida y puesta del sol. Pero en el caso de las otras variables, el tiempo de promedio son las 24 horas de registro lo que lleva a valores distintos a los que se obtienen si se considera las horas de sol. Por lo general valores de 24 horas pueden estar subestimados respecto a los de horas de sol pero en términos de realizar una comparación cuantitativa y cualitativa entre dos lugares esta no pierde sentido, ya que se utilizará la misma referencia temporal.

Metodología

- Para el cálculo del potencial de radiación se parte de valores diarios medios mensuales de radiación global sobre plano horizontal para una determinada región, estos están expresados en MJm^{-2} .
- Se calcula para el día medio del mes, n , la declinación mediante la ecuación

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right)$$

- Con la declinación δ y la latitud del lugar ϕ , se calcula la longitud del día solar mediante la ecuación:

$$N = \frac{2}{15} \arccos(-\text{tg}\phi \cdot \text{tg}\delta)$$

- Se divide la radiación global del ítem a) por la longitud del día N expresada en segundos, con lo que se obtiene la potencia instantánea media diaria por metro cuadrado, I .
- Se refieren los cálculos de la ecuación (10) a un área de colección de 1 m^2 , con lo que se obtiene P_T , el potencial de secado debido al recurso solar.
- Para el cálculo del potencial del aire se utilizan datos diarios medios mensuales de temperatura ambiente (T_a) y de humedad relativa ambiente (Hra). Con la ayuda de un diagrama psicrométrico, para la presión atmosférica del lugar, se obtiene la humedad específica ambiente W_a .
- La temperatura ambiente T_a y la humedad específica W_a determinan un punto en el diagrama psicrométrico, con una dada temperatura de bulbo húmedo. Siguiendo el proceso a temperatura de bulbo húmedo constante, se obtiene la humedad específica de saturación del aire ambiente, $W_s(T_w)$, y con ella se calcula el déficit de saturación del aire $W_s(T_w) - W_a$.
- Considerando un flujo másico de $\dot{m}_w = 0,1 \text{ kg s}^{-1}$ se obtiene el potencial de secado del aire P_a utilizando la ecuación (13).
- Se calcula el potencial total de secado P_T mediante la ecuación (15) y el índice de secado Z mediante la ecuación (16).

Ejemplos

A continuación se calcula como ejemplo el potencial de secado para tres ciudades de la provincia de Salta. Se han utilizado datos medios mensuales de radiación solar, temperatura ambiente y humedad relativa obtenidos del atlas climatológico elaborado por el INENCO para la región NOA, proyecto IPDUV (1980). Estos datos se muestran como gráficos de barras en las figuras 4, 6 y 8 respectivamente.

Ejemplo 1: Cálculo del potencial de secado para la capital de la provincia de Salta, Argentina, (24° 48' S, 65° 25' O, 1180 msnm). Localizada en zona tropical con verano moderado y un invierno seco y templado.

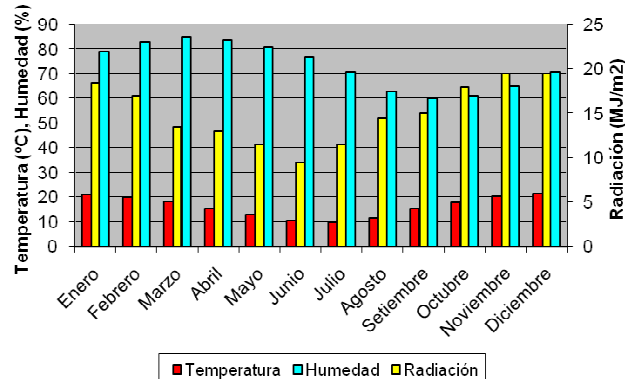


Figura 4: Datos diarios medios mensuales de Temperatura ambiente, Humedad relativa ambiente y Radiación solar global sobre plano horizontal para Salta capital.

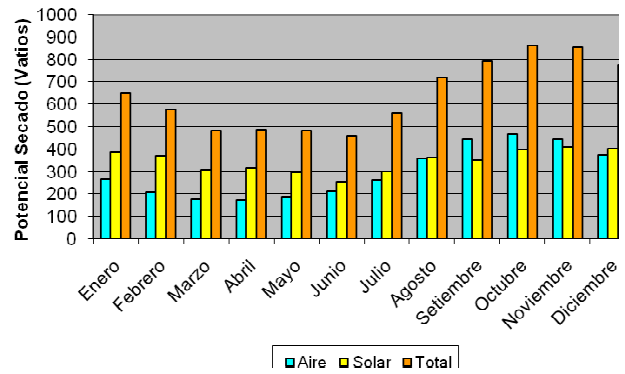


Figura 5: Valores calculados para el potencial de secado para Salta capital.

Se observa que el potencial de secado de marzo a junio es mas o menos el mismo, mientras que los niveles de radiación decrecen en ese período. Que el potencial del aire de agosto a noviembre es tan importante o mas alto que el potencial de radiación, coincidiendo con la época de pocas lluvias.

Ejemplo 2: Cálculo del potencial de secado para la ciudad de San Carlos, provincia de Salta, que se encuentra a 200 km al oeste de la ciudad de Salta, (25° 54' S, 65° 57' O, 1710 msnm). Tiene un clima seco y árido con grandes amplitudes térmicas y días soleados. Lluvias escasas mayormente en el verano menor a los 200 mm anuales.

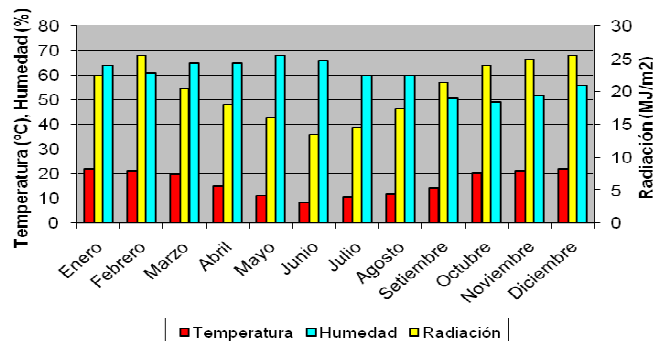


Figura 6: Datos diarios medios mensuales de Temperatura ambiente, Humedad relativa ambiente y Radiación solar global sobre plano horizontal para la ciudad de San Carlos.

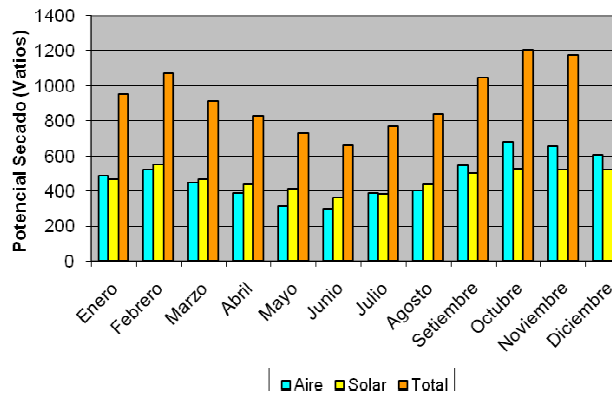


Figura 7: Valores calculados para el potencial de secado para la ciudad de San Carlos.

Ejemplo 3: Cálculo del potencial de secado para la ciudad de Tartagal, provincia de Salta, que se encuentra a 365 km al norte de la ciudad de Salta, (22° 30' S, 65° 50' O, 502 msnm). Tiene un clima tropical con lluvias cercanas a los 1000 mm anuales.

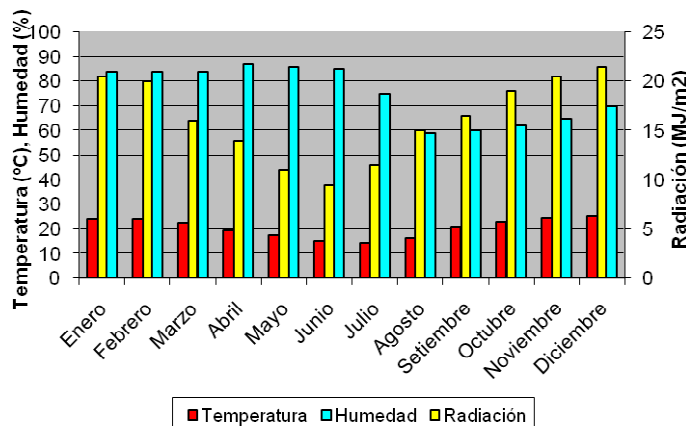


Figura 8: Datos diarios medios mensuales de Temperatura ambiente, Humedad relativa ambiente y Radiación solar global sobre plano horizontal para la ciudad de Tartagal.

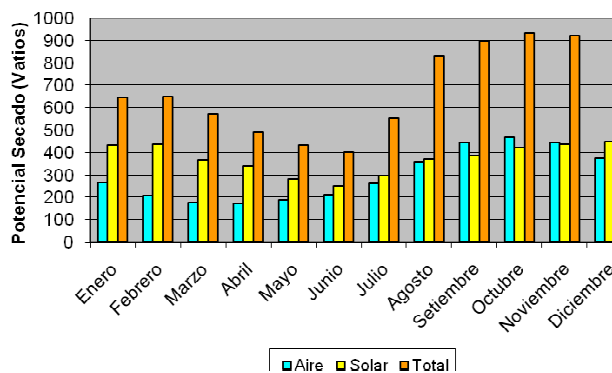


Figura 9: Valores calculados para el potencial de secado para la ciudad de Tartagal.

En las Figuras 10 y 11 se compara para cada mes del año el potencial de secado y el índice de secado para estas tres ciudades. El mayor potencial de secado lo presenta la zona de San Carlos que está incluida en los Valles Calchaquíes y donde se practica el secado a cielo abierto de pimiento para pimentón entre los meses de enero a mayo. Sin embargo los mayores valores de potencial lo presenta de setiembre a diciembre, lo que sugiere la incorporación de un cultivo alternativo con cosecha en agosto. Los valores de índice de secado para San Carlos tienen prácticamente un valor 0,5 para todo el año indicando que en esa zona, y de acuerdo a las referencias tomadas, el potencial de secado del aire y el de radiación son comparables. Esto sugiere que los secadores también funcionan por las noches aprovechando la sequedad del ambiente.

Los potenciales de secado de la ciudad de Salta y la ciudad de Tartagal son comparables a pesar de que la segunda pertenece a clima de selva. El menor potencial de secado lo presenta Tartagal en el mes de junio, el índice de secado es del orden del 40% debido a la alta humedad relativa.

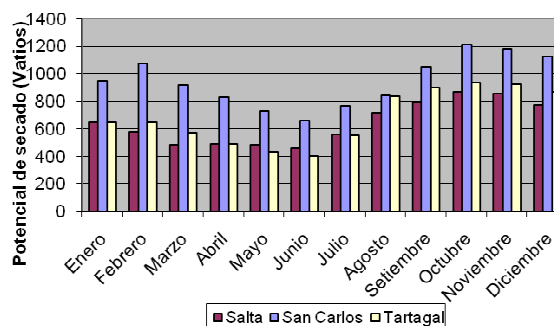


Figura 10: Potencial de secado para las ciudades de Salta, San Carlos y Tartagal.

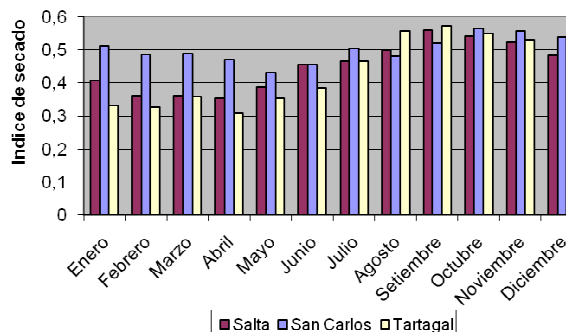


Figura 11: Índice de secado para las ciudades de Salta, San Carlos y Tartagal.

CONCLUSIONES

Se ha elaborado un modelo de evaporación de agua libre dentro de un secador solar ideal. Mediante su aplicación se obtuvieron indicadores que permiten evaluar el potencial energético de la radiación solar incidente en un lugar para evaporar agua, como así también el potencial energético del déficit de saturación del aire ambiente para incorporar agua. Se han definido dos de estos indicadores: El potencial de secado solar y el índice de secado solar. El primero tiene en cuenta el aporte acumulado del potencial de radiación y del aire. El segundo indica que porcentaje representa el potencial del aire frente al total.

Estos dos indicadores permiten evaluar el recurso energético naturalmente disponible en una región para realizar secado solar. Esta evaluación es de carácter espacial y temporal por lo que se puede realizar un mapeo de regiones más extensas. Este tipo de mapas puede tener importancia en decisiones que tienen que ver con: a) el diseño y la determinación de la eficiencia de trabajo de secadores tecnológicos, b) el lugar de emplazamiento de nuevos secadores solares del tipo industrial, c) la decisión sobre cultivos alternativos a los existentes en una región para aprovechar otros meses con buen potencial de secado, d) el análisis de recursos de planes estratégicos de producción o planes territoriales a fin de determinar o favorecer el acceso y la provisión de energía básica para el funcionamiento de plantas de procesos relacionadas con el secado.

REFERENCIAS

- M. Condori, L. Saravia. (1998) *The Performance of Forced Convection Greenhouse Driers* . Renewable Energy, Vol. 13, N°4, pp.453-469, Elsevier Science, Great Britain.
- M. Condori, L. Saravia. (2003) *Analytical Model for the Performance of the Tunnel-type Greenhouse Drier*. Renewable Energy, vol.28, nro. 3, pp 467-485, Elsevier Science, Great Britain.
- F. Altobelli y M. Condori (2009) *Avances en la Aplicación de Modelos para Determinar el Potencial de Secado Solar. Mapeo Regional* (presentado simultáneamente en esta reunión)

ABSTRACT:

In this work, a free water evaporation model in a simple ideal drier is presented. In this model, the solar radiation and the humid absorption capacity of the ambient air is considered as energy sources. As a result, indexes to determine of the energetic potential in relation with the solar drying in a region are obtained. The model is applied to determine two indexes, the solar drying potential and the solar drying index, for tree localities in the province of Salta. The comparative analysis about the drying solar potential for each month of the year is realized.

Keywords: Energy, Drying Potential, Solar drying