

EL POTENCIAL DE SECADO SOLAR. APLICACIÓN EN SALTA, ARGENTINA

Ing. Fabiana Altobelli* - fab_i_altobelli@yahoo.com.ar
Dr. Miguel Condorí* - miguel.angel.condori@gmail.com
Ing. Gabriel Díaz Russo^{†*} - gabriel.diazrusso@gmail.com
Lic. Gonzalo Durán* - gondur99@yahoo.com.ar

*Instituto de Investigación en Energías no Convencionales (INENCO)
Consejo Nacional Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Universidad Nacional de Salta (UNSa)

[†]Programa Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
Gobierno de la Provincia de Salta.
Provincia de Salta, Argentina.

Tema 1. Datos meteorológicos

Resumen: Se presentan los resultados obtenidos en la aplicación de Modelos de estimación del Potencial e Índice de Secado Solar de una localidad, propuestos por Condorí (2009). Los datos obtenidos para estaciones del NOA han sido mapeados con el uso del software ArcGis 9.0, e interpolados con los módulos IDW y Kriging del mismo programa. Se analizan los resultados obtenidos en escala colorimétrica. Asimismo se muestran los resultados para la validación de los modelos de Potencial a partir de mediciones de campo de la localidad de San Carlos, provincia de Salta. Este lugar es el emplazamiento de un secadero solar de pimienta para pimientón de funcionamiento evaluado. Se comprueba la validez del uso de los potenciales de secado para caracterizar un sitio, constituyéndose en una importante herramienta de decisión.

Palabras-claves: Potencial de secado, Modelo físico, NOA argentino

1. INTRODUCCION

En los últimos tiempos, la crisis de agotamiento de las fuentes tradicionales de energía, unida a los graves problemas de contaminación que su empleo desmedido viene produciendo, ha llevado a la necesidad de buscar alternativas renovables para abastecer a una demanda energética creciente. En este marco, las aplicaciones de aprovechamiento de energía solar se encuentran en un proceso de desarrollo promisorio en la región noroeste de la República Argentina, generando la necesidad de dirigir las acciones hacia un adecuado y sustentable aprovechamiento de esta fuente energética. 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 de productos agrícolas con el uso de energía solar.

El secado puede definirse como un proceso complejo en el que interactúan las variables características del producto a secar, del secador y los mecanismos de transferencias de calor y masa. Es precisamente el recurso energético el que propicia los mecanismos de transferencia, y son las características del secador y del producto las que determinan la eficiencia con la que se utiliza dicho recurso energético. En el caso del secado solar propiamente dicho, en la evaluación del recurso energético deben considerarse los aportes de dos variables meteorológicas, estas son la radiación solar y la humedad relativa. Es decir, que un producto puede ser secado aún en ausencia de radiación solar si es que el aire del lugar es lo suficientemente seco y también es cierto que si el nivel de radiación es lo suficientemente alto se puede secar aún en sitios húmedos.

Si bien puede encontrarse numerosa bibliografía referida a la evaluación del desempeño de colectores solares de aire, existen escasos trabajos referidos a la evaluación de las variables ambientales que inciden en el proceso de secado. Jannot (1998), realiza un primer abordaje sobre el tema al desarrollar el concepto de "Capacidad evaporativa", entendiéndolo que el análisis de la eficiencia de un colector solar de aire acoplado a un secadero de alimentos debía incorporar otro tipo de variables de peso como la humedad relativa del sitio. Luego, Condorí (2009) define un modelo físico para evaluar la aptitud para el secado solar de un emplazamiento definido, denominándolo "Potencial de Secado". La aplicación de estos últimos conceptos fue analizada mediante su determinación y mapeo regional para las provincias del noroeste argentino, con resultados comparables con la distribución de formaciones vegetales del área y con la existencia de secaderos solares de antiguo funcionamiento (Altobelli y Condorí 2009).

El gran inconveniente que supone el cálculo de estos parámetros se halla en la dificultad de acceder a los datos a partir de los cuales se efectúa. En la actualidad son escasos los lugares que cuentan con registros de variables climáticas como temperatura, humedad y radiación; es de público conocimiento el levantamiento de las estaciones meteorológicas

asociadas a la red ferroviaria argentina, y el vacío de información que esto ha generado, debiendo recurrirse en la mayoría de los casos a la aplicación de correlaciones y estimaciones.

Adquiere entonces gran valor el proceso de validación de los modelos propuestos por Condorí (2009), a partir de datos tomados a campo con el empleo de equipos debidamente calibrados. Este tipo de análisis permite evaluar la real utilidad de estos potenciales y su exactitud para caracterizar un lugar.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

El área de estudio del presente fue limitada a la región NOA (Noroeste de la República Argentina), integrada por las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero. De esta manera, pudo darse un carácter regional a la aplicación de los potenciales de secado, permitiendo apreciar su variabilidad espacial.

Luego, para la validación de los resultados, el sitio de estudio seleccionado comprende la localidad de San Carlos, ubicada en los Valles Calchaquíes de la provincia de Salta. La elección del mencionado lugar responde al hecho de existir en el área dos secaderos de pimiento para pimentón de funcionamiento solar, los cuales están actualmente siendo monitoreados por este equipo de trabajo, para evaluar la eficiencia de su desempeño. Esta situación resultó en un emplazamiento óptimo para la instalación de sensores de registro meteorológico en consonancia con el equipo de auditoría de los colectores y secaderos previamente instalados.

2.2. Metodología de Análisis

Con el fin de aplicar los modelos desarrollados por Condorí (cit op), fue necesario contar con información climática (valores medios mensuales) de las localidades del Noroeste argentino referidas a: temperatura, humedad relativa y radiación. Para el caso de los primeros parámetros climáticos, se empleó información proveniente del Centro de Información Meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional y del Atlas Climático elaborado por el INENCO (Proyecto IPDUV, 1960-1980). Los datos correspondientes a Cerrillos fueron cedidos por la Estación Experimental EEA INTA Cerrillos. Por su parte, para el caso de Salar El Rincón, se trabajó con datos medidos a campo, tomados de Salazar (2009), registrados con el empleo de un sensor VAISALA QMS 101 (fotovoltaico), con un error reportado del 5% (período 2007).

Con respecto a la variable radiación, pobremente medida en la zona, se debieron aplicar correlaciones de estimación. Fue elegida para el presente, la correlación desarrollada por Hargreaves et al (Citado por Raichijk et al, 2005). Esta correlación para el índice de claridad comprende una expresión lineal de la raíz cuadrada del promedio de la amplitud térmica diaria:

$$\overline{Kt} = a + b \times \sqrt{(T - t)} \quad (1)$$

Donde:

\overline{Kt} = Índice de claridad

a y b = Constantes relacionadas al lugar de origen de los datos

T = Temperatura media máxima

t = Temperatura media mínima

Para aplicar la mencionada correlación en el área de estudio fueron empleadas las constantes calculadas por Raichijk et al (2005), para diversas localidades argentinas. Dada la característica del área de estudio y las localidades para las cuales existen datos climáticos, fueron seleccionadas las constantes de Famaillá y Cerrillos, adoptando un criterio de proximidad hacia las estaciones requeridas. En el caso de Salar El Rincón, se contó con datos de radiación medidos, no requiriendo el empleo de estimaciones.

Tabla 1: Constantes aplicadas a cada localidad para estimar radiación.

Localidad	Latitud	Longitud	Estación	Constantes	
				a	b
La Quiaca	-22.01	-65.62			
Orán	-23.13	-64.33			
Humahuaca	-23.2	-65.35			
Rivadavia	-24.18	-62.90			
Jujuy	-24.18	-65.30	Cerrillos	0.1283	0.0948
Salta	-24.51	-65.29			
La Poma	-24.72	-66.22			
Cerrillos	-24.78	-65.42			
Cachi	-25.12	-66.18			
San Carlos	-25.88	-65.95			
Tartagal	-22.53	-63.82	Famaillá	0.0911	0.1056
Rosario de la Frontera	-25.80	-64.97			

Tucumán	-26.80	-65.20
Famaillá	-27.05	-65.40
Santiago del Estero	-27.78	-64.27
Tinogasta	-28.07	-67.57
Catamarca	-28.47	-65.78

El error medio (RSME) reportado por Raichijk et al (2005), para esta estimación es del 11%. Si se considera la propagación de errores de las ecuaciones de potenciales e índice de secado, no debería esperarse un error inferior al 17-18% en el modelo aquí presentado. A pesar de esto, todas las variables tenidas en cuenta en el presente son susceptibles de ser medidas con mayor precisión, con lo cual, se estima sería posible disminuir el error global al 10%, con mejores bases de datos.

Seguidamente, para poder automatizar los cálculos de Contenido de Humedad y Presiones de Saturación; y debido a la dificultad que representaba su estimación manual desde programas de gráficos psicométricos, fueron empleadas ecuaciones de tipo ASHRAE (1989).

$$\ln P_{ws} = \left(-5.8002206E^3 / T\right) + 1.3914993 + \left(-4.8640239E^{-2} \times T\right) + \left(4.1764768E^{-5} \times T^2\right) + \left(-1.4452093E^{-8} \times T^3\right) + \left(6.5459673 \times \ln T\right) \quad (2)$$

$$W_s = 0.62198 \times (P_{ws} / P - P_{ws}) \quad (3)$$

$$P_w = HR / 100 \times P \quad (4)$$

$$W_a = 0.62198 \times (P_w / P - P_w) \quad (5)$$

donde:

P_{ws} : Presión de vapor de saturación

W_s : Contenido de humedad de saturación

P_w : Presión de vapor

W_a : Contenido de humedad

HR : Humedad relativa

P : Presión atmosférica

Teniendo los contenidos de humedad, específicos y de saturación, se calcularon los correspondientes déficits de saturación, entendidos como la diferencia entre los valores de humedad de saturación y humedad actual, siguiendo un proceso a temperatura de bulbo húmedo constante. La longitud del día para el día medio del mes fue, a su vez, estimada con los valores de latitud y longitud de cada localidad, mediante el cálculo del ángulo horario para la puesta del sol (Duffie y Beckman, 2006). Estos datos fueron empleados luego para el cálculo de los potenciales e índices de secado.

Potenciales:

$$Q_i = 1 \times Rad / Ldia \quad (6)$$

$$Q_w = \dot{m} \times q_e \times D_s \quad (7)$$

$$Q_T = Q_i + Q_w \quad (8)$$

Índice:

$$Z = \frac{Q_w}{(Q_i + Q_w)} = \frac{Q_w}{Q_T} \quad (9)$$

$Ldia$: Longitud del día (segundos)

Rad : Radiación diaria

q_e : Calor latente de evaporación

D_s : Déficit de saturación

Q_i : Potencial de secado radiativo

Q_w : Potencial de secado del aire

Q_T : Potencial de secado total

Z : Índice de secado

Los potenciales están expresados en unidades de potencia, por lo que el potencial de secado por radiación está referido a un área de 1 m^2 y el potencial debido al déficit de saturación a un flujo másico (\dot{m}) de $0,1 \text{ Kgs}^{-1}$. El índice de

secado Z es un indicativo del porcentual del potencial se secado que tiene el aire frente al total. Es conveniente aclarar que se trabajó con un valor de calor latente de evaporación (qe) de 2380000 Jkg⁻¹.

2.3. Metodología de mapeo

Una vez que se contó con los datos de potencial e índices de secado para cada una de las localidades evaluadas, se procedió a efectuar su mapeo. Fue empleado para esto el programa ArcGis 9.0, dentro del cual se realizaron procedimientos de interpolación con el fin de visualizar de manera continua la distribución de estas variables en el terreno. Dada la espacialidad de los puntos con datos, así como las características de las variables mapeadas, se optó, entre los múltiples tipos de interpolación que brinda este software, por el método Kriging para valores anuales. Este es un método geoestadístico que emplea una poderosa técnica estadística para predecir valores derivados de medir la relación entre los datos, y emplea sofisticadas técnicas de peso promedio. Para el caso de los resultados mensuales, fue elegido el módulo IDW de interpolación, dada la suavidad de curvas que genera. En ambos casos fueron elegidas 10 categorías en escala colorimétrica.

Primeramente fueron mapeados los valores medios anuales, para proceder luego a la representación espacial de aquellos referidos a datos mensuales. Para este último caso, fueron escogidos meses representativos de cada estación (Diciembre, Marzo, Junio y Septiembre), a los fines de visualizar la variación estacional de la disponibilidad de energía solar para el secado de productos.

2.4. Validación de Resultados

Una vez logrado el mapeo, se notó la necesidad de contar con un proceso de validación de los modelos a partir de datos tomados correctamente a campo y con equipos calibrados. Este tipo de análisis permite evaluar la real utilidad de estos potenciales y su exactitud para caracterizar un lugar. De esta manera, fueron instalados sensores meteorológicos en proximidades a una locación de secado solar. Los sensores instalados incluyen termocuplas tipo K para el registro de temperatura ambiente, sensores de radiación solar, sensores de registro de humedad relativa, anemómetros y cazoletas de viento. Los mismos fueron configurados para un intervalo de registro de un minuto, buscando cubrir la totalidad de la variación diaria en las medidas. El período durante el cual se extendió la medición comprende desde marzo del año 2009 a fines de febrero del año 2010. Si bien el significado estadístico demuestra la necesidad de contar con una mayor cantidad de mediciones, a los fines de poner a prueba con datos reales los modelos bajo análisis, puede considerarse adecuado.

Una vez que se tuvieron los datos correspondientes a intervalos de un minuto, se procedió a promediar aquellos referidos a temperatura y humedad relativa para el período diario y posteriormente para el mes. Con respecto a los valores de radiación, estos fueron registrados en W/m², y se efectuó por tanto su transformación a valores de MJ, multiplicando cada dato por 60 segundos (en referencia a la equivalencia J/s=W) y culminando con la suma de todos los valores positivos de radiación para el día. Finalmente el valor mensual fue obtenido mediante el promedio de los valores diarios (media diaria mensual).

3. RESULTADOS

De las localidades analizadas, Salar El Rincón resultó con el mayor valor de potencial total (QT) de secado, seguido por Rivadavia, La Poma y La Quiaca. Para el primer caso, fueron determinantes la baja humedad relativa y la alta disponibilidad radiativa de este paraje puneño; mientras que para el segundo las altas temperaturas del Chaco ejercen una marcada influencia. Con respecto al Índice de secado, la situación óptima es representada por Rivadavia, que es seguida por Catamarca y Tinogasta. Esto implica que, dadas las condiciones climáticas imperantes, las tres estaciones poseen potenciales de secado próximos a los máximos posibles. Teniendo en cuenta la estacionalidad de la región con respecto a los factores temperatura, radiación y humedad, se consideró conveniente la elección para el mapeo de los valores mensuales correspondientes a: Diciembre, Marzo, Junio y Septiembre.

Tabla 2: Resultados obtenidos por localidad en promedios anuales.

Localidad	Radiación	HR	Qi	Qw	QT	Índice
La Quiaca	23.5	47.7	542.0	480.1	1022.1	0.47
Tartagal	16.3	75.1	371.4	301.3	672.7	0.43
Oran	15.5	76.2	354.0	291.8	645.8	0.43
Humahuaca	18.2	52.6	417.5	486.6	904.0	0.54
Salar El Rincón	27.4	22.3	623.0	791.0	1414.0	0.55
Rivadavia	16.0	43.1	366.4	695.9	1062.2	0.65
Jujuy	15.7	67.2	359.2	384.1	743.4	0.50
Salta	15.1	73.3	345.6	292.4	638.0	0.44
La Poma	22.0	47.3	504.5	529.4	1034.0	0.51
Cerrillos	15.4	72.0	352.3	309.8	662.2	0.46
Cachi	17.6	51.2	404.1	510.1	914.3	0.56

Rosario de la Frontera	15.5	70.5	354.3	338.3	692.6	0.47
San Carlos	20.3	59.7	466.1	472.0	938.2	0.50
Tucumán	15.1	73.7	344.6	302.0	646.6	0.46
Famaillá	15.3	76.5	349.2	267.0	616.2	0.42
Santiago del Estero	15.8	61.9	359.1	446.8	806.0	0.54
Tinogasta	17.7	54.2	403.7	530.5	934.2	0.56
Catamarca	15.3	56.2	349.7	560.3	910.0	0.60

En los mapas anuales obtenidos puede apreciarse un ajuste entre los valores representados y las formaciones florísticas del noroeste argentino. Puede verse también la influencia directa, así como el peso que poseen, para el caso del potencial de secado del aire, los valores de humedad, registrándose los sectores de mayor potencial hacia el este (Región de Chaco Salteño), el sudoeste (Región de Monte) y el oeste (Región Altoandina). Por su parte, el potencial de secado radiativo, presenta sus mayores valores hacia el sector occidental, de mayor altitud (Región Puneña). Se destacan también los Valles Calchaqués y la Quebrada de Humahuaca. El sector central de la región ostenta los menores valores en concordancia con menor irradiación y mayores contenidos de humedad, correspondiéndose a su vez con la formación selvática de Yungas (Fig. 1 a 4).

Con respecto al análisis de la evolución mensual de los resultados, se observa una correspondencia entre los mapas y la variación climática estacional de la región. Puede apreciarse la influencia de las precipitaciones estivales como elemento de descenso de QT para casi toda el área de estudio. Es en esta estación del año (verano) donde se destacan por el alto potencial las localidades de El Rincón, Catamarca, y Rivadavia (Fig. 5). Luego, en Marzo, y de manera representativa de la estación otoñal, la tendencia se mantiene (Fig. 6). Durante Junio los sectores de mayor altitud, caracterizados por su baja humedad y sus cielos diáfanos, manifiestan una elevada aptitud para este análisis, contrastando con las bajas temperaturas de las otras locaciones (Fig. 7).

Finalmente, el mes de septiembre (y en sí la estación primaveral), comprende la temporada de mayor importancia para el secado de toda la región. La combinación del período de bajas precipitaciones invernales, seguido por el inicio de altas temperaturas y la influencia del viento zonda, generan condiciones apropiadas para el secado de productos agrícolas (Fig. 8).

De esta manera, y en términos generales, la temporada de primavera puede ser definida como la de mayor importancia con respecto al secado solar, mientras que los valores menores se corresponden con los meses de la estación invernal. Sin embargo, en todos los casos se mantiene la localización de potenciales superiores en torno a las mismas localidades.

En particular, el mapa de potencial radiativo (Q_i) fue contrastado con Atlas de Energía Solar de la República Argentina (Grossi Gallegos y Righini, 2007), comprobando la existencia de tendencias similares entorno a la disponibilidad de radiación. Puede decirse, sin embargo, que no fue posible lograr un mayor ajuste con estos atlas debido a la escasez de datos correspondientes al sector oriental y sur oriental de la región

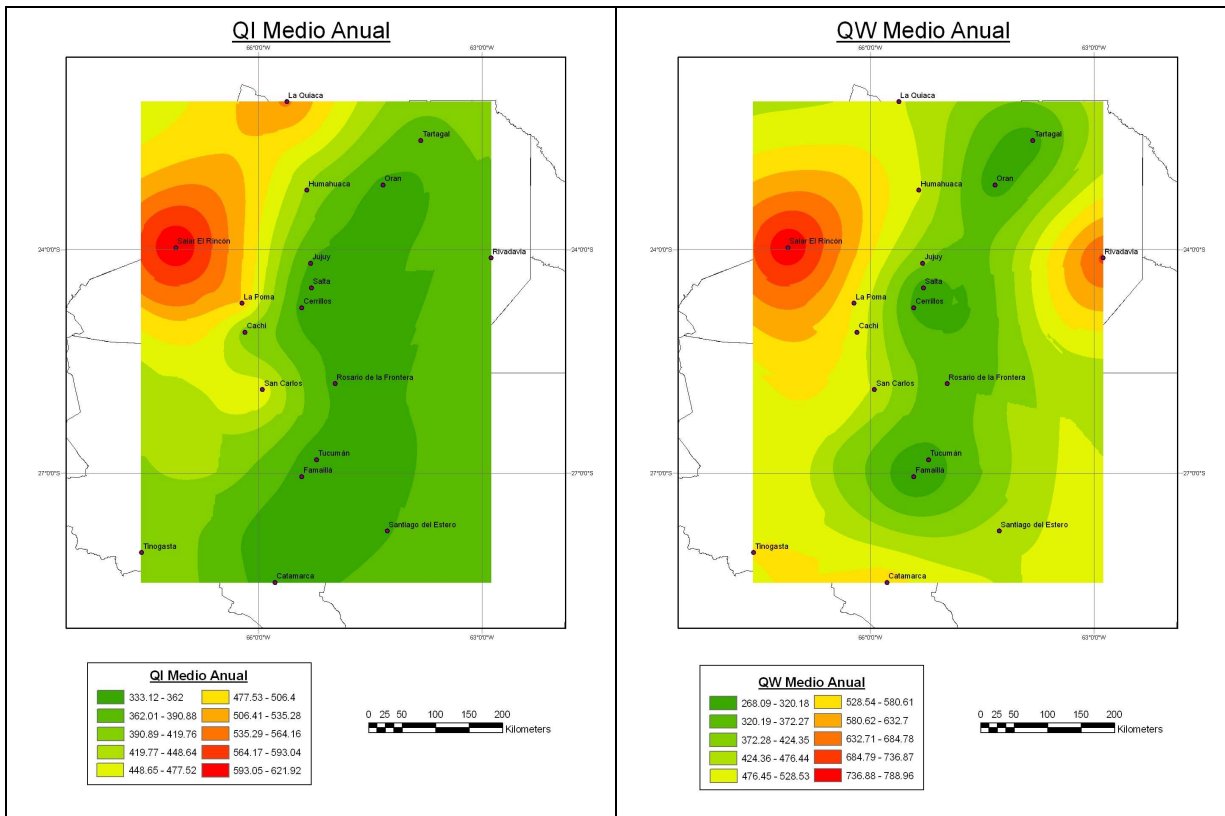


Figura 1: Mapa QI Anual del NOA

Figura 2: Mapa QW Anual del NOA

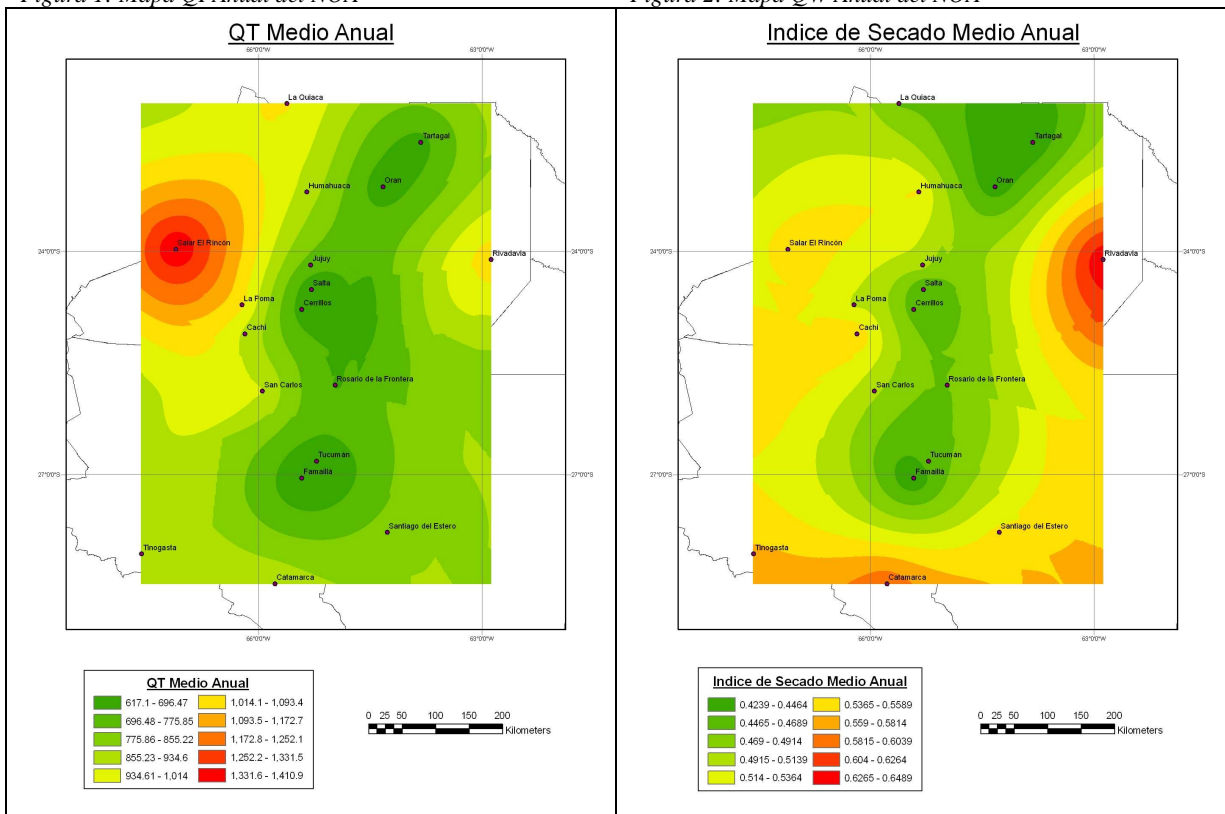


Figura 3: Mapa QT Anual del NOA

Figura 4: Mapa Índice de Secado Anual del NOA

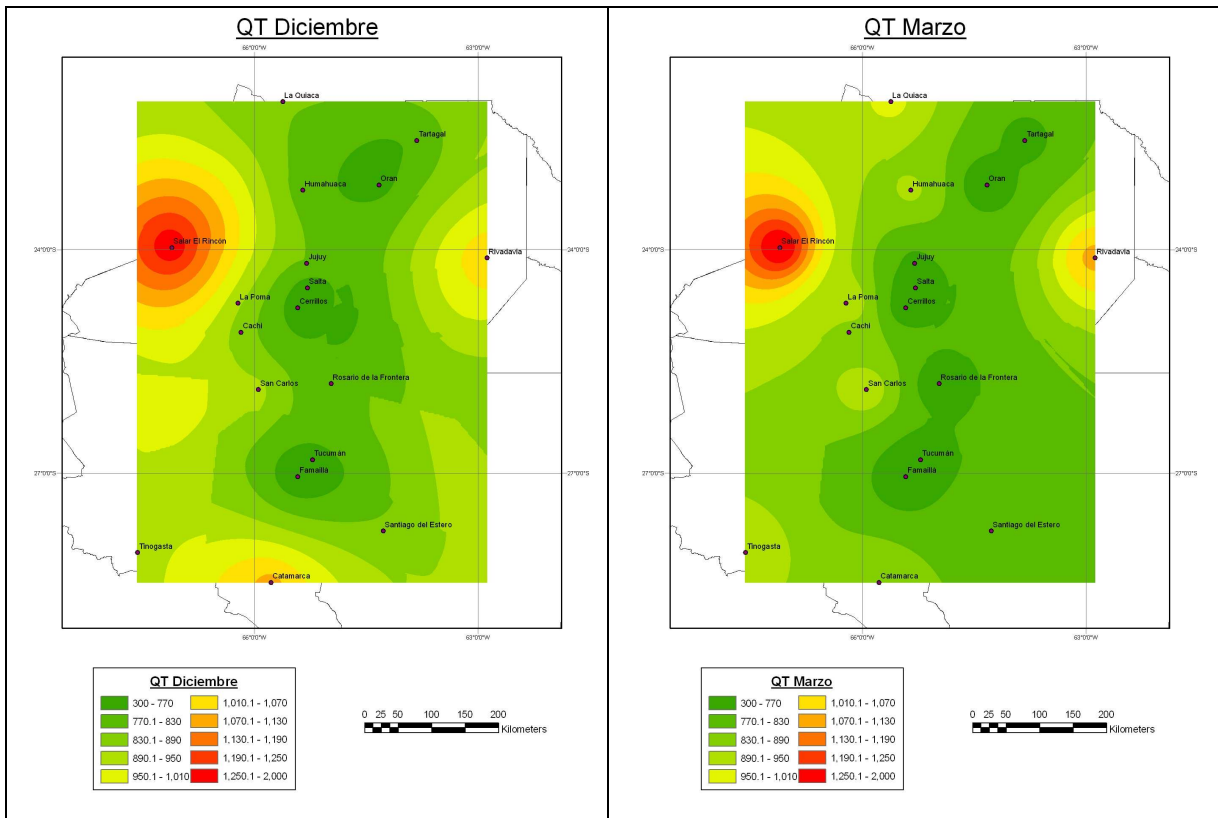


Figura 5: Mapa QT para el mes de Diciembre.

Figura 6: Mapa QT para el mes de Marzo.

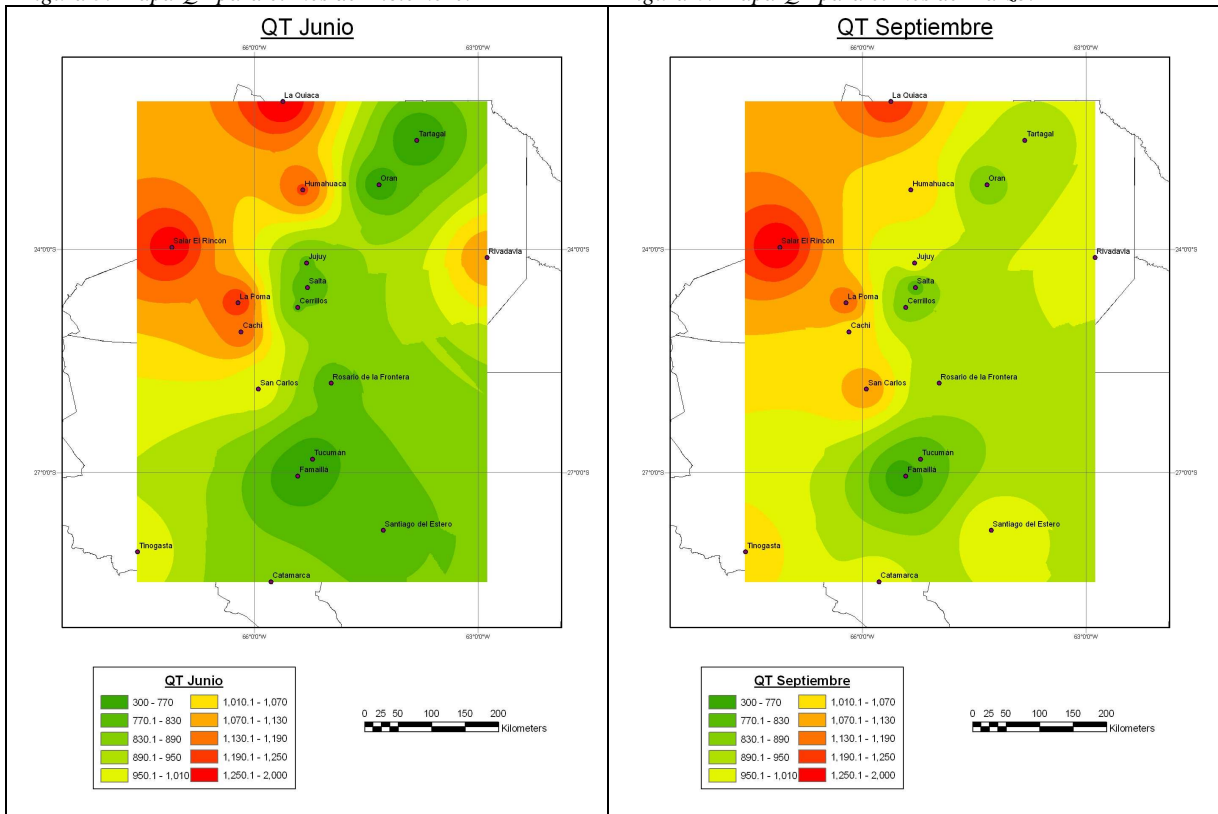


Figura 7: Mapa QT para el mes de Julio.

Figura 8: Mapa QT para el mes de Septiembre.

Por otro lado, una vez que se contó con el mapeo regional de los potenciales e índices de secado mediante la estimación de los datos de radiación, se procedió a efectuar un ajuste de estos resultados. El sitio elegido para el registro de datos meteorológico fue la localidad de San Carlos, al sur de los Valles Calchaquíes de la provincia de Salta. La Tab. 3 presenta los resultados obtenidos durante los meses incluidos en la toma de datos a campo.

Tabla 3: Potenciales calculados para la localidad de San Carlos.

	Qw	Qi	QT	Kilos	Índice
ENE	663.18	603.76	1266.93	10.29	0.52
FEB	552.37	622.30	1174.67	9.14	0.47
MAR	479.06	563.38	1042.44	7.67	0.46
ABR	434.87	522.87	957.74	6.60	0.45
MAY	497.21	473.80	971.01	6.31	0.51
JUN	528.21	429.16	957.37	6.03	0.55
JUL	694.29	457.73	1152.02	7.36	0.60
AGO	1299.25	497.17	1796.42	12.08	0.72
SEP	597.73	587.21	1184.94	8.50	0.50
OCT	740.48	616.35	1356.83	10.37	0.55
NOV	734.88	601.71	1336.58	10.74	0.55
DIC	135.19	603.70	738.89	6.07	0.18

Como puede verse, los mayores valores de potencial (QT) se hallan reunidos en los meses de agosto, octubre y noviembre, seguidos por enero y febrero. Para el caso de los dos primeros se conjugan ciertas condiciones atmosféricas de elevadas temperatura y baja humedad relativa (propias de la estación primaveral), mientras que durante la estación estival los altos valores térmicos superan las precipitaciones y nubosidad de diciembre para volver a enero y febrero en meses propicios para el secado solar. Resultado similar sigue el análisis de los kilos de agua que sería posible evaporar a partir de una superficie libre de agua, sometida a las condiciones ambientales imperantes en el área. Por su parte, el Índice de secado demuestra mayores valores porcentuales para los meses de agosto y julio (0.72 y 0.6 respectivamente). En lo que respecta a los potenciales Qi y Qw, un análisis individual de los mismos demuestra la escasa variabilidad anual que presenta Qi (y por consiguiente el recurso solar), en relación a la gran amplitud que posee Qw (influciado por la estacionalidad de las precipitaciones del lugar) (Fig. 9).

De esta manera, y en base a las mediciones realizadas para el año bajo estudio, puede decirse que agosto es el mes en que las condiciones de San Carlos son óptimas para el aprovechamiento de la energía solar con fines de secado.

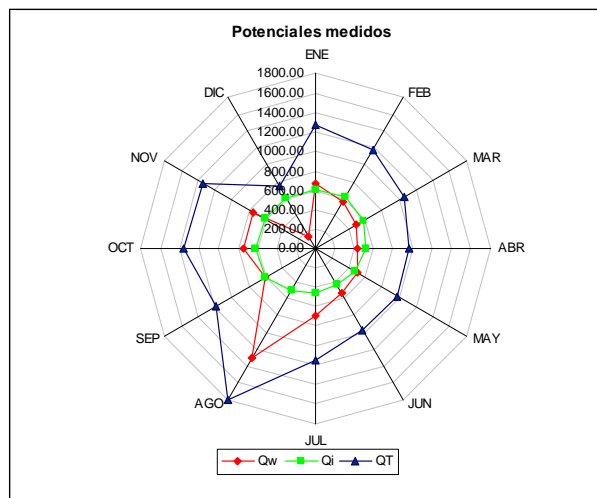


Figura 9: Distribución anual de los valores mensuales de potenciales de secado.

Con respecto a la comparación entre los valores de potenciales de secado obtenidos mediante correlaciones de radiación y aquellos resultantes del empleo de mediciones de campo, puede notarse la superioridad de estos últimos sobre los primeros. Sin embargo esto no debe entenderse como una contradicción sino más bien como una ratificación de las buenas aptitudes que posee la localidad bajo análisis para el secado de productos agrícolas con energía solar (Fig. 10 y 11)).

Al evaluar comparativamente los índices de secado, puede verse una situación similar donde para todos los meses a excepción de diciembre donde las mediciones arrojaron valores inferiores a aquellos resultantes de correlación. Esto puede deberse a condiciones meteorológicas particulares del año de medida, donde las precipitaciones en la zona fueron abundantes (Fig. 12).

Es conveniente aclarar que con fines de validar los resultados previos sería conveniente contar con datos correspondientes a una serie de por lo menos diez años, sin embargo, dada la inexistencia de registros actuales para San Carlos, este análisis comprende la evaluación del primer período de datos obtenidos luego de reiniciarse las mediciones.

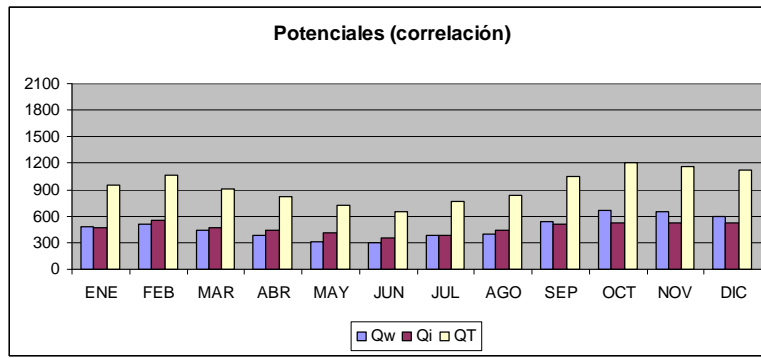


Figura 10: Potenciales de secado obtenidos mediante técnicas de correlación para estimar radiación solar (Altobelli y Condorí, 2009).

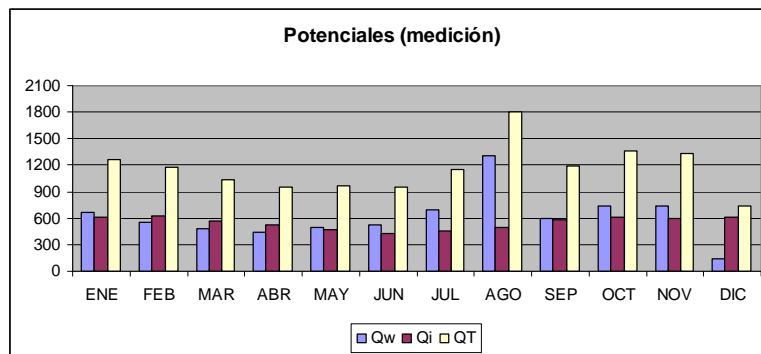


Figura 11: Potenciales de secado mensuales obtenidos a partir de medición de variables climáticas.

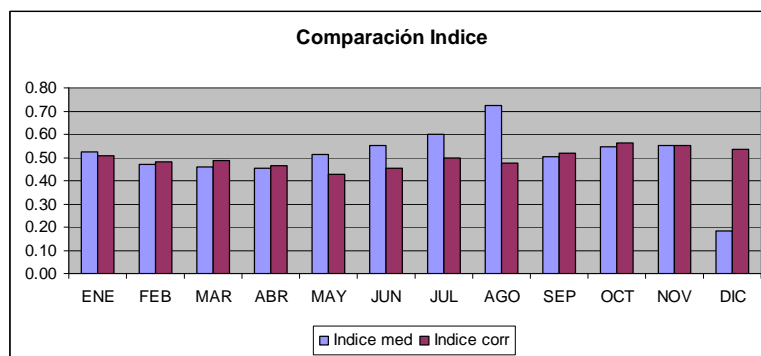


Figura 12: Comparación gráfica de los Índices de secado mensuales obtenidos mediante correlación para estimar radiación y mediante el empleo de mediciones de campo.

4. CONCLUSIONES

A partir del presente trabajo puede concluirse en el enorme valor que poseen tanto el Potencial de Secado como el Índice de Secado Solar, para la evaluación de sitios susceptibles de ser aprovechados con fines de obtención de energía solar térmica para secar. La validez de los mismos se aprecia claramente en la correspondencia existente entre el mapeo obtenido y la distribución que adquieren las provincias fitogeográficas presentes en la región y particularmente en la provincia de Salta. Dada la relación directa entre las condiciones climáticas de humedad y temperatura, con las formaciones florísticas, puede entenderse a los potenciales presentados como buenos indicadores de las aptitudes meteorológicas que imperan en un área, y que terminarán definiendo las posibilidades de secado solar.

Por su parte, la metodología de estimación de valores de radiación, seguida del cálculo de los potenciales y su mapeo, pudo ser validada a partir de las mediciones a campo realizadas en un sector de la provincia de Salta donde el secado solar es un proceso utilizado, y ampliamente estudiado por especialistas del Instituto de Investigación en Energías no Convencionales (INENCO). De esta forma se puede corroborar la validez de los resultados alcanzados en referencia al buen destino para secado solar de la localidad de San Carlos.

También puede ser comprobada la gran utilidad de estos potenciales como herramientas para la toma de decisión. En momentos trascendentales para la búsqueda de alternativas para el aprovisionamiento energético, la explotación energías limpias debe ser adecuadamente planificada de manera de que constituyan una alternativa real de abastecimiento. De esta manera los potenciales evaluados en el presente comprenden una valiosa herramienta para

dirigir los esfuerzos y el financiamiento a zonas que poseen elevada aptitud para el secado solar; también brindan la información necesaria para la búsqueda de cultivos alternativos en la zona cuyo proceso de producción coincida temporalmente con los períodos de disponibilidad de energía solar para el secado.

5. REFERENCIAS

- Altobelli F., Condorí M. (2009) Avances en la aplicación de potenciales e índice de secado solar. Mapeo regional. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 13, p 11.49-11.56.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE) (1989). ASHRAE Handbook. Fundamentals. SI Edition. Atlanta, United States of America.
- Condorí M., L. Saravia. (1998) *The Performance of Forced Convection Greenhouse Driers* . Renewable Energy, Vol. 13, N°4, pp.453-469, Elsevier Science, Great Britain.
- Condorí M., 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.
- Condorí M. (2009). Determinación del potencial de secado de una región. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 13, p 11.57-11.64.
- Duffie J. A.; Beckman W. A. (2006). Solar Engineering of Thermal Processes, 3° edition. Wiley Interscience, New York.
- Grossi Gallegos H.; Righini R. (2003). Aproximación a un trazado de nuevas cartas de irradiación solar para Argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 7, 2, p 11.07-11.11.
- Grossi Gallegos H.; Righini R. (2007). Atlas de energía solar de la Republica Argentina. Editado por SECYT y Universidad Nacional de Luján.
- Jannot Y.; Coulibaly Y. (1998). The "Evaporative Capacity" as a performance index for a solar-drier air-heater. Solar Energy 63, 6, pp. 387–391.
- Raichijk C.; Grossi Gallegos H.; Righini R. (2005). Evaluación de un método alternativo para la estimación de valores medios mensuales de irradiación global en Argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 9, p 11.05-11.08.
- Salazar G. (2009). Estudio y caracterización de patrones de radiación solar a grandes altitudes mediante métodos globales y espectrométricos. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta.

SOLAR DRYING POTENTIAL. APPLICATION IN SALTA, ARGENTINA

Abstract. *The results obtained from the application of the models to estimate the Solar Drying Potentials and Drying Index of a site, proposed by Condorí (2009) are presented. The data of NOA stations have been mapped using the ArcGIS 9.0 software, and interpolated with the Krigging and IDW modules of the same program. The results are presented in a color scale. The results of the validation of the results with field data are also shown. These data was acquired in the town of San Carlos, Salta province. This place is the site of a solar drying of pepper for paprika which performance has been assessed. This study validates the use of drying potential to characterize a site, constituting an important decision tool.*

Keywords: *Drying potential, Physics model, Argentine NOA*