

# Metodología de Análisis de tres cocinas solares, de Caja, Parvati y Combinada (Caja-Parvati)

## Analysis Methodology three solar cookers, Cash, Parvati and Combined (Box-Parvati)

Thuesman Montaño<sup>1\*</sup>

Milton León<sup>1</sup>

Byron Solórzano<sup>2</sup>

Orlando Alvarez<sup>3</sup>

Jorge Maldonado<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Docentes Investigadores, Universidad Nacional de Loja, Ecuador

<sup>2</sup> Consultor Privado de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, Ecuador.

<sup>3</sup> Proyecto “Prometeo, Viejos Sabios”, SENESCYT, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

<sup>5</sup> Docente Investigador, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: thuesmon@yahoo.es.

Recibido 26 junio 2015; Aceptado 11 septiembre 2015

### Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo materializar y evaluar el rendimiento de un nuevo prototipo de cocina solar. El ejemplar propuesto surge de la combinación de las características fundamentales de dos distintos tipos de cocinas solares; la cocina solar de caja (cocina de acumulación) y de la cocina solar de doble ángulo o Parvati (cocina de concentración), aunque la mayoría de cocinas solares de acumulación son resultado de esta mezcla (adaptación de reflectores para aumentar la captación) en este caso se plantea lo contrario, crear un efecto invernadero en una cocina de concentración, mediante la implementación de un vidrio de cubierta y aislante de fibra de vidrio en las superficies laterales. En lo que respecta a la evaluación, se compara la velocidad de ganancia de calor y la temperatura máxima alcanzada del nuevo prototipo frente a sus dos antecesores. El estudio de los tres ejemplares se realizó todos a la vez y bajo las mismas condiciones solares en la ciudad de Catamayo, provincia de Loja. En la parte de análisis se incorpora una metodología basada en la integración numérica, a efectos de determinar la radiación y la eficiencia media durante las pruebas, así como el comportamiento térmico de las cocinas, para una futura aplicación en sectores sociales de la Región Sur del Ecuador.

**Palabras clave:** Comparación funcional, Eficiencia térmica, Energía Solar.

### Abstract

The aim of this article is materialize and evaluate the efficiency of a new solar cooker prototype which arises from the combination of the fundamental characteristics of two different types of solar cookers: solar box cooker (accumulation stove) and double angle solar cooker or Parvati (concentration stove), although most of accumulation solar cookers resulting from this mixture (reflectors adapted to increase energy capturing) opposite is proposed in this case, to create a greenhouse effect in a concentration stove through the implementation of a cover glass and glass fiber insulation in the side surfaces of the stove. With respect to the evaluation, the heat gain rate and the maximum temperature reached of the prototype is compared with its two predecessors. The testing of the three solar cookers were made at the same time under the same solar conditions in Catamayo City, province of Loja.

A methodology based on numerical integration is incorporated in order to determine the radiation and efficiency mean during the tests, as well as the thermal performance of the solar cookers for future application in social sectors in the Southern Region of Ecuador.

**Key words:** functional comparison, solar radiation, thermal efficiency, solar energy.

## Introducción

Es indiscutible que los recursos solares del Ecuador se encuentran todavía poco explotados, de manera particular en lo referente a procesos de producción de energía eléctrica, climatización, calentamiento de agua, cocción de alimentos, potabilización de agua, entre otros, los cuales presentan grandes posibilidades de brindar beneficios a todos los sectores sociales.

A nivel mundial, se han desarrollado diversos tipos de cocinas solares, los cuales se enfocan principalmente a mejorar los valores de eficiencia térmica y abaratar costos constructivos, lo que conlleva a continuas mejoras de los distintos modelos, surgiendo la necesidad de evaluar mediante acciones investigativas los nuevos prototipos.

Lo antes señalado, hace que en nuestro país aumente notablemente el interés y el número de personas que se dedican a la investigación y desarrollo de diferentes modelos de equipos que utilizan energía solar. Como ejemplo notable se puede mencionar la gestión de la Universidad Nacional de Loja, en especial la carrera de Ingeniería en Electromecánica en cuanto a diseño, construcción y experimentación de cocinas solares, que con la finalidad de introducir las al servicio de comunidades campesinas se han sometido a varias modificaciones y ensayos, por lo que la cantidad y características de estos equipos es cada vez mayor, resultando necesario establecer parámetros que definan su comportamiento. Hasta la actualidad se han construido y monitoreado diversos tipos de cocinas solares; como las de caja, Parvati y parabólicas. Permitiendo en algunos casos caracterizar y relacionar los principales aspectos constructivos con la eficiencia.

En cuanto a la evaluación funcional de las cocinas de caja, se han aplicado varias metodologías de análisis de experimentos mediante proyectos de tesis; como la regresión lineal (Picoita, Pacheco, 2010), y el ajuste de curvas (Correa, 2012), estableciéndose parámetros y variables de diseño que convergen en un prototipo óptimo. Algunas de esas características son: dimensiones de la caja, tipo y espesor de aislante, número y espesor de los vidrios de cubierta, material de la placa absorbidora, entre otros.

En lo referente a las cocinas de concentración (Parvati y Parabólicas) no se ha profundizado el tema, pero se ha logrado notables mejoras

mediante el uso de nuevos materiales y procesos como: acero inoxidable y niquelado de superficies respectivamente, para mejorar el nivel de concentración y con ello la eficiencia.

Se plantea un modelo híbrido de cocina solar (Parvati-Tipo caja) que aprovecha la capacidad de concentración y de almacenaje de energía de los modelos base, con características peculiares (mencionadas anteriormente) obtenidas hasta la fecha en la CIEM-UNL, para brindar una mejor alternativa en lo que a cocción de alimentos se refiere, e insertarla dentro de los programas de vinculación con la sociedad que tiene la Universidad Nacional de Loja y específicamente con la Comunidad de Chaquino en el Cantón Zapotillo de la Provincia de Loja, donde existe el apoyo de la Unión Cantonal de Organizaciones Campesinas, sector donde se implementó un primer avance del desarrollo de la energía solar en equipos de aprovechamiento, que consiste en la transferencia de tecnología y su posterior análisis de impacto social.

Se diseñó el modelo híbrido y se construyó en conjunto con las dos cocinas sucesoras: de caja y Parvati, con la finalidad de someterlas a evaluación funcional y verificar la hipótesis inicial que afirma que “De la nueva cocina solar se obtendrá un mayor aprovechamiento energético”, lo cual fue verificado inmediatamente en la fase experimental.

## Metodología

Para la fase experimental de las cocinas solares, se tomó en parte la Norma Americana (Sociedad Americana de Ingenieros Agrónomos) NORMA ASAE S580 (ASAE, 2003), la cual recomienda el monitoreo de la variación energética de una masa de prueba, ubicada en un recipiente contenido por la cocina, mientras que esta opera bajo un conjunto de directrices indicadas en la norma tales como:

- Las pruebas deben efectuarse cuando la velocidad del viento es inferior a 1,0 m/s. En caso de ráfagas de viento con velocidades superiores a 2,5 m/s, por más de diez minutos, se descartan los datos de prueba.
- La masa del agua o sustancia es la misma en las tres cocinas.
- El tiempo de la toma de datos es en intervalos de 10 minutos.
- La temperatura ambiente debe oscilar entre los 20 y 35°C.

- La temperatura del agua en las ollas debe oscilar entre 5°C más alto que la temperatura ambiente y 5°C más baja que la temperatura de ebullición.
- Las pruebas no se realizarán cuando las lecturas de irradiación solar se encuentren por debajo de 450 W/m<sup>2</sup> o por encima de 1100 W/m<sup>2</sup>.
- El horario de medición adecuado está entre las 10h00 y 14h00.

Se consideró en parte la norma ASAE S580, puesto que la recolección de datos se la realizó con el doble de frecuencia (cada 5 minutos) que lo recomendado, esto debido a que actualmente existen modificaciones por parte de organismos internacionales a la mencionada norma destacándose este parámetro, caso claro de ello, se puede citar: La Guía Didáctica de Energía Solar del Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. 2007 y el protocolo de ensayos para la evaluación de cocinas solares elaborado por la Red Iberoamericana de Energía Solar RICSA.

La variable principal de mérito utilizada, es la potencia de cocción que se calculó mediante la siguiente relación:

$$Q = \frac{(\Delta_T) \cdot m \cdot C_p}{300}$$

De donde:

Q es la potencia de cocción (W).

m es la masa de prueba (Kg).

$\Delta_T$  es la variación de temperatura, (°C)

$C_p$  es la capacidad calorífica de la sustancia de prueba (W/m°C).

La constante numérica 300 hace referencia a los segundos existentes entre cada intervalo de medición (5 minutos).

La ecuación de la variación de temperatura es:

$$\Delta_T = T_{i+1} - T_i$$

De donde:

$T_{i+1}$  es la temperatura final de la masa de prueba en cada fase de monitoreo (agua) (°C).

$T_i$  es la temperatura inicial de la masa de prueba en cada fase de monitoreo (°C).

### Método de Simpson

Se adoptó la técnica de integración numérica (Método de Simpson) para determinar los valores medios de las curvas de radiación y energía obtenidas.

Se construyeron dos gráficas, la primera muestra la variación de la temperatura respecto al número de mediciones y la segunda, detalla la radiación solar global en cada tiempo de medición.

Se determinó el valor medio de la variación de temperatura y de la radiación solar global, mediante la división del área bajo cada gráfica entre su respectivo dominio.

En cuanto al dominio, se tomaron en cuenta únicamente las mediciones correspondientes a los valores que cumplen con la norma prescrita anteriormente llegando hasta al punto en donde la temperatura de la masa de prueba en cada prototipo de cocina solar alcanzó su valor máximo, esto bajo la suposición de que para los siguientes puntos de medición ya no existe ganancia de temperatura ( $\Delta T \approx 0$ ) y por ende la energía aprovechada también era nula.

El área bajo la curva se determinó mediante el método numérico de Simpson, ya que las gráficas obtenidas representan funciones complejas, difíciles de representar bajo un ajuste de curva o algún método de regresión, lo que también dificulta la estimación de la mencionada área por algún método de integración convencional.

La formulación del método de Simpson es:

$$\int_a^b f(x) dx = \left(\frac{b-a}{3n}\right) (f_0 + 4f_1 + 2f_2 + 4f_3 + 2f_4 + \dots + 2f_{n-2} + 4f_{n-1} + f_n)$$

El valor medio de las funciones se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\hat{f} = \frac{1}{n} \int_a^b f(x) \cdot dx$$

Las variables resultantes sirven para caracterizar cada prototipo.

### Cálculo del rendimiento instantáneo

El rendimiento se determinó en función de la potencia instantánea de salida y de la potencia instantánea de entrada:

$$\eta_i = \frac{P_{s_i}}{P_{e_i}}$$

$$Pe_i = \overline{Rad}_i \times Ac$$

$$\overline{Rad}_i = \frac{Rad_i + Rad_{i+1}}{2}$$

$$Ps_i = \frac{Ec}{300 s}$$

$$Ec = m \times Cp_{H2O} \times \Delta T$$

Donde:

$\eta_i$  es el rendimiento energético de la cocina en cada frecuencia de monitoreo.

$Ps_i$  es la potencia de salida en cada lapso de monitoreo, (W).

$Pe_i$  es la potencia de entrada a la cocina en cada lapso de monitoreo, (W).

$Rad_i$ ,  $Rad_{(i+1)}$  y  $(Rad)_i$  son las muestras de radiación solar instantáneas y promedio, referente a cada muestreo, (W/m<sup>2</sup>).

$Ac$  es el área de captación de cada cocina solar, (m<sup>2</sup>).

$Ec$  es la energía de cocción monitoreada en la masa de prueba.

Para la obtención de información de las tres cocinas solares en el sector de Catamayo, se contó con los debidos sensores de temperatura (Termo-cupla) y de radiación solar (Mac-Solar), instrumento que cuenta con sensor integrado, con capacidad de

memoria de 64 Kb y memoria interna que puede transmitirse con ayuda del software a la interfaz de serie de un PC).

### Resultados

A continuación se muestran las cocinas construidas y posteriormente evaluadas (ver figura 1).

Las características de la cocinas tipo caja y Parvati que sirvieron para el nuevo modelo fueron:

- De la tipo Caja.

- Aislante térmico lateral de lana de vidrio, con un espesor de 5cm.

- Cubierta superior de un solo vidrio, con un espesor de 5 mm.

- Cubierta exterior de Plywood con un espesor de 8 mm.

- De la Parvati.

- Número de lados reflectores igual a 12.

- Doble ángulo de reflexión

- Altura de ubicación del foco concentrador, 22 cm desde el vértice inferior.

El cuadro 1 muestra la hoja de monitoreo desarrollada para la fase de adquisición de datos, la misma que facilita el proceso experimental acorde a los requerimientos mencionados en la Norma y método adoptado.



a)



b)



c)

Figura 1. Cocinas solares sometidas evaluación y comparación: a) Tipo caja, b) Parvati, c) Híbrida o combinada.

Cuadro 1. Modelo de monitoreo de las tres cocinas solares

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA									
ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES									
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA									
HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS									
Nombre del proyecto: "Diseño, construcción y análisis funcional-experimental de una cocina solar combinada (parvati – tipo caja) para el Laboratorio de Energías Renovables de la CIEM – UNL".									
Responsables: Egido, César Uyaguari Carrión.					Director: Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta.			Período de monitoreo (hh/min)	
Sector: Catamayo - Loja - Ecuador					Fecha: 12 de Noviembre del 2013.			Inicio	Fin
Observaciones: Primer día de Monitoreo									
Datos generales del sector					Datos base del monitoreo				
Altitud	Presión barométrica		Temperatura promedio		Temp. inicio		Temp final		Frecuencia de muestra (min):
msnm	KPa	Bar	°C	°K	°C	°K	°C	°K	
1200	87	0,870	28	301	33	306	90	363	Masa o volumen de prueba:
Observaciones: Se monitorea tres equipos simultáneamente (Parvati, Caja, Combinada)									
N.	Hh/min	Rad <sub>i</sub> watts/m <sup>2</sup>	Temp <sub>i</sub>						Observaciones
			Parvati		Caja		Combinada		
			°C	°K	°C	°K	°C	°K	
0	10:15	667	33,00	306,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Inicio de monitoreo de cocina Parvati
1	10:20	672	35,30	308,30	0,00	0,00	33,90	306,90	Inicio de monitoreo de cocina Combinada
2	10:25	681	36,90	309,90	32,80	305,80	35,90	308,90	Inicio de monitoreo de cocina de Caja
3	10:30	700	39,40	312,40	34,00	307,00	38,30	311,30	
4	10:35	728	41,60	314,60	35,50	308,50	40,60	313,60	
5	10:40	740	43,50	316,50	37,30	310,30	43,10	316,10	
6	10:45	779	44,30	317,30	38,40	311,40	45,50	318,50	
7	10:50	821	45,10	318,10	38,60	311,60	48,40	321,40	
8	10:55	833	46,70	319,70	38,90	311,90	51,60	324,60	
9	11:00	862	47,20	320,20	39,10	312,10	58,20	331,20	
10	11:05	869	48,60	321,60	39,50	312,50	65,10	338,10	
11	11:10	885	49,50	322,50	40,10	313,10	69,30	342,30	
12	11:15	904	50,40	323,40	40,60	313,60	72,10	345,10	
13	11:20	922	51,50	324,50	40,90	313,90	75,30	348,30	
14	11:25	931	52,80	325,80	41,40	314,40	76,80	349,80	
15	11:30	953	53,10	326,10	41,90	314,90	79,10	352,10	
16	11:35	961	54,70	327,70	42,20	315,20	80,60	353,60	
17	11:40	968	55,80	328,80	43,70	316,70	82,90	355,90	
18	11:45	985	57,10	330,10	45,40	318,40	84,90	357,90	
19	11:50	993	59,20	332,20	46,70	319,70	86,40	359,40	
20	11:55	998	60,30	333,30	48,80	321,80	89,90	362,90	Fin de monitoreo en cocina Combinada
21	12:00	1014	61,40	334,40	50,70	323,70	93,10	366,10	
22	12:05	1021	63,20	336,20	52,40	325,40	95,10	368,10	
23	12:10	1030	65,40	338,40	53,80	326,80	96,40	369,40	
24	12:15	1030	67,70	340,70	54,70	327,70	98,10	371,10	
25	12:20	1037	69,30	342,30	55,90	328,90	98,90	371,90	Máximo de temperatura en la cocina Combinada
26	12:25	1049	71,20	344,20	57,80	330,80	97,80	370,80	
27	12:30	1047	72,90	345,90	59,60	332,60	96,20	369,20	
28	12:35	1053	74,10	347,10	61,20	334,20	95,10	368,10	
29	12:40	1065	75,40	348,40	62,30	335,30	95,40	368,40	
30	12:45	1095	76,50	349,50	63,50	336,50	96,20	369,20	
31	12:50	1087	77,40	350,40	64,60	337,60	96,40	369,40	
32	12:55	1079	78,90	351,90	66,10	339,10	96,50	369,50	
33	13:00	1077	81,10	354,10	67,40	340,40	96,60	369,60	
34	13:05	1063	81,60	354,60	68,60	341,60	96,50	369,50	
35	13:10	1053	81,40	354,40	69,60	342,60	96,60	369,60	
36	13:15	1056	81,90	354,90	71,00	344,00	96,40	369,40	
37	13:20	1067	82,70	355,70	72,10	345,10	96,40	369,40	
38	13:25	1054	83,10	356,10	72,80	345,80	96,50	369,50	
39	13:30	1047	83,30	356,30	73,90	346,90	96,70	369,70	
40	13:35	1039	83,40	356,40	74,60	347,60	96,90	369,90	Máximo de temperatura en la cocina Parvati
41	13:40	1029	82,50	355,50	75,40	348,40	96,50	369,50	
42	13:45	1015	81,60	354,60	76,30	349,30	96,60	369,60	
43	13:50	993	81,60	354,60	76,90	349,90	96,40	369,40	
44	13:55	962	79,70	352,70	77,90	350,90	96,30	369,30	
45	14:00	952	78,70	351,70	78,40	351,40	96,20	369,20	
46	14:05	930	79,10	352,10	79,00	352,00	96,10	369,10	Máximo de temperatura en la cocina de Caja

Como ejemplo de la metodología propuesta, se presenta el caso de la cocina de doble ángulo (Parvati) donde se realizaron separadamente dos gráficas; la primera muestra la variación de la temperatura respecto al número de mediciones y por su lado la segunda gráfica, detalla la radiación

solar global en cada tiempo de medición.

Se determina el valor medio de la variación de temperatura y de la radiación solar global, mediante la división del área bajo cada gráfica entre su respectivo dominio.

Montaño *et al.* 2015. Metodología de Análisis de tres cocinas solares, de Caja, Parvati y Combinada (Caja-Parvati)

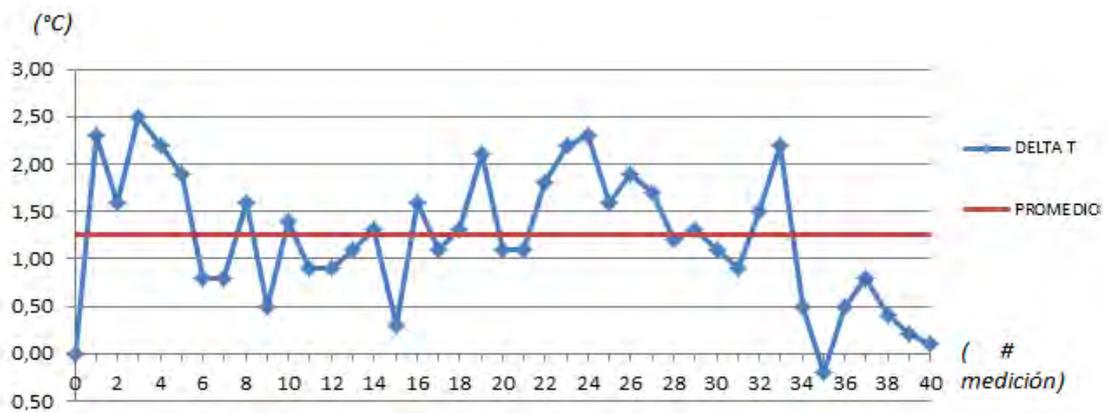


Figura 2. Variación de la temperatura respecto al número de mediciones

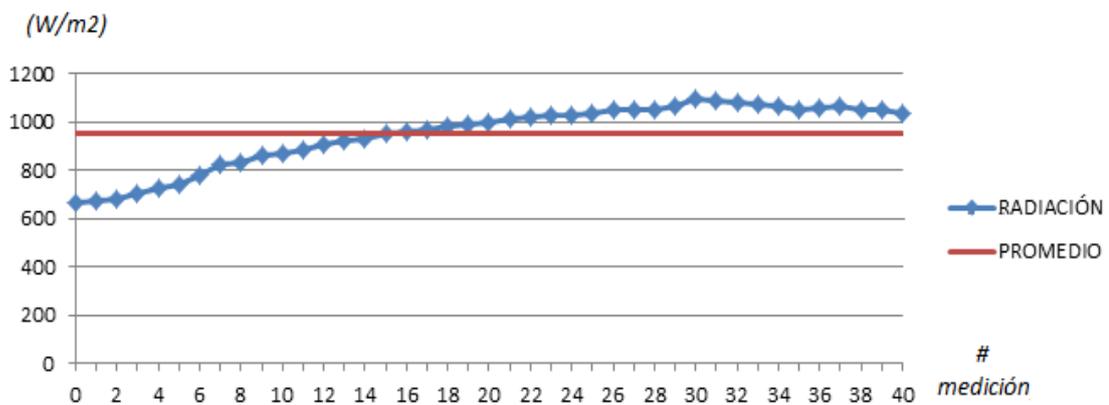


Figura 3. Variación de radiación solar respecto al número de mediciones

El valor promedio de la temperatura y de la radiación obtenida durante el monitoreo en el caso de la cocina Parvati, se obtuvo mediante las ecuaciones 3 y 4.

Temperatura media:

$$T_{(media)} = \left[ \frac{40}{3 \cdot (40)^2} \right] \cdot \left( \sum f_{(extremos)} + 4 \cdot \sum f_{(impares)} + 2 \cdot \sum f_{(pares)} \right)$$

$$\Delta T_{(media)} = \frac{(0,1 + 101,2 + 50)}{120} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{(media)} = 1,26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Radiación media:

$$R_{(media)} = \left[ \frac{40}{3 \cdot (40)^2} \right] \cdot \left( \sum R_{(extremos)} + 4 \cdot \sum R_{(impares)} + 2 \cdot \sum R_{(pares)} \right)$$

$$R_{(media)} = \frac{(1706 + 36338 + 76160)}{120} \frac{W}{m^2}$$

$$R_{(media)} = 951,7 \frac{W}{m^2}$$

Las potencias de entrada (Ecuación 6) y de salida (Ecuación 8) que se obtuvieron respectivamente son:

$$P_e = R_{(media)} \cdot A_{cocina\_parvati}$$

$$P_e = 951,7 \frac{W}{m^2} \cdot 0,59m^2$$

$$P_e = 561,5 W$$

$$P_o = \frac{m_{prueba} \cdot C_{p\_H2O} \cdot \Delta T_{(media)}}{t}$$

$$P_o = \frac{1kg \cdot 4185,5 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 1,26 ^\circ C}{300s}$$

$$P_o = 17,58 W$$

Siendo el rendimiento (Ecuación 5) en este caso igual a:

$$\eta_{parvati} = \frac{P_o}{P_e}$$

$$\eta_{parvati} = \frac{17,58 W}{561,5 W}$$

$$\eta_{parvati} = 0,031$$

El mismo procedimiento se utilizó para la cocina de caja y la combinada (Parvati – caja), de tal manera que los resultados promedio obtenidos durante 21 días de monitoreo en días de alta radiación se los muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados finales de las cocinas monitoreadas

Cocina	$\Delta T(m)$ (5 min)	Rad(m)	Pot- entrada(m)	Pot-promedio	Rendimiento
	$^\circ C$	Watts/m2	Watts	Watts	
Parvati	1,10	954,43	575,83	15,36	0,027
Caja	1,13		322,14	15,79	0,049
Combinada	2,86		563,11	39,81	0,071

De la fase de monitoreo se obtuvo la siguiente gráfica que permite diferenciar el comportamiento de cada cocina bajo las mismas condiciones de monitoreo.

Montaño *et al.* 2015. Metodología de Análisis de tres cocinas solares, de Caja, Parvati y Combinada (Caja-Parvati)

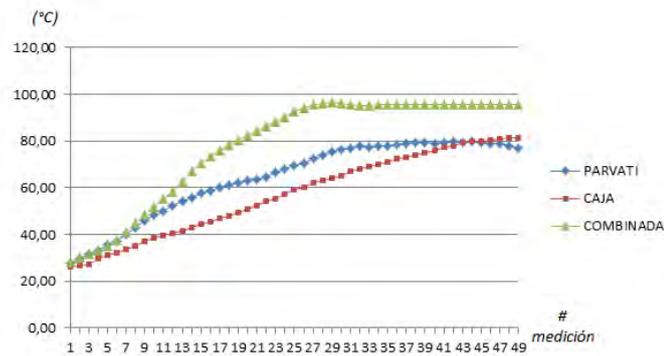


Figura 4. Temperatura instantánea de cada cocina en función del número de mediciones (bajo las mismas condiciones de radiación solar).

## Discusión

La combinación de las características constructivas y funcionales de dos cocinas básicas permitió obtener un nuevo y mejor prototipo, el mismo que posee mayor temperatura final y mayor velocidad de calentamiento. Esto da una pauta significativa sobre la posibilidad de mejorar los diversos dispositivos de aprovechamiento solar.

El nuevo modelo combina la capacidad de generar mayor temperatura mediante la concentración de la energía solar en un sector focal (característica de la cocina de doble ángulo) y mantenerla en su interior gracias al aislante de las paredes laterales, sumando a esto el beneficio del efecto invernadero que produce la cubierta de vidrio al existir en cierta forma emisión de energía infra-roja por la superficie del recipiente de aprovechamiento (características de la cocina de caja) que es de color negro.

Lo mencionado sería en resumen el principio funcional de la cocina solar planteada que hasta el final de la presente investigación brindó resultados prometedores.

## Conclusiones

- La temperatura máxima alcanzada en el interior del recipiente de la masa de pruebas de la cocina combinada es de 98°C, la misma que es superior a las alcanzadas por los 2 prototipos restantes.
- Del monitoreo y cálculos realizados se determina que la cocina combinada, tiene una eficiencia térmica mayor a las cocinas Parvati y de caja
- Por los resultados obtenidos la cocina combinada posee mejores parám de funcionamiento, lo que determina su elegibilidad para introducirla con éxito en comunidades campesinas, donde hay condiciones favorables de irradiación solar.

## Agradecimientos

Este trabajo científico, tuvo el apoyo del Sr. César Uyaguari.

## Bibliografía

- ASAE, S580, 2003. American Society of Agricultural Engineers. 3pag.
- Cerquera Rojas Armando. 2011. Integración Numérica Método de Simpson. Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila, Colombia. 18pag.
- Correa Martínez Jorge 2010, "Evaluación Térmica de Cocinas Solares Tipo Caja y Transferencia de Tecnología en el Cantón Zapotillo Parroquia Bolaspamba Barrio Chaquino"; (Tesis de Ingeniería Electromecánica), Loja – Ecuador, Universidad Nacional de Loja, Área de Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Carrera Ingeniería Electromecánica.
- Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2007 Guía Didáctica de Energía Solar. Canarias, España. 12pag.
- Picoita Cristian, Pacheco Fabián, 2010, "Experimentación y Valoración Matemática de Cocinas Solares Tipo Caja", (Tesis de Ingeniería Electromecánica), Loja – Ecuador, Universidad Nacional de Loja, Área de Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Carrera Ingeniería Electromecánica, I y II.

# Manejo de vólvulo cecal: diagnóstico y tratamiento

## Management of cecal volvulus: diagnosis and treatment

Oscar Sarango-Pelaez<sup>1\*</sup>  
Edgar Soto-Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Médico Cirujano del Hospital Julius Doepfner Zamora  
<sup>2</sup> Médico Residente del Servicio de Cirugía del Hospital Julius Doepfner Zamora  
\* Autor para correspondencia: sarangoscar2@gmail.com

Recibido: 10 junio 2015; Aceptado: 03 septiembre 2015

### Resumen

El vólvulo colon es considerado dentro de la literatura como causa de cuadro de obstrucción intestinal siendo la del segmento sigmoideo el área más frecuente de afectación. Debido a la escasa frecuencia de presentación de esta patología (vólvulo cecal) que no supera más de 10 al 15 % de casos en nuestro medio se decidió realizar una revisión de literatura a cerca de tema.

Se tomaron en cuenta para esta revisión artículos científicos que no superen los últimos 5 años de diversos temas tal como revisiones sistemáticas, epidemiológica, patogénesis, diagnóstico y tratamiento así como presentación de diversos casos y formas de abordaje de los mismos, así llegar a un consenso general para el abordaje de esta patología aunque poco frecuente pero muy importante.

**Palabras clave:** Ciego, Colon, Diagnóstico, Obstrucción Intestinal, Tratamiento.

### Abstract

Colon volvulus is considered in the literature as a cause of intestinal obstruction being the sigmoid segment and cecal the most common area of involvement. Because of the rarity of this disease presentation that does not exceed more than 10 to 15 % of cases in our country we decided to conduct a literature review about the subject.

They were considered for this review scientific articles coming within the past five years in various subjects such as epidemiology, pathogenesis, diagnosis and treatment as well as presentation of various cases and ways of addressing the same, and even reach general consensus the approach to this condition although rare but very important.

**Key words:** Cecum, Colon, Diagnosis, intestinal obstruction, Treatment.

## Introducción

En el Ecuador existen miles de patologías que se convierten en verdaderos retos para llegar a su diagnóstico y así recibir un tratamiento oportuno y eficaz. Dentro de los servicios de emergencia del país el dolor abdominal representan alrededor del 30 % de todos los casos presentados por los usuarios. El verdadero reto está en distinguir cuál de todos los cuadros de dolor abdominal representan una verdadera urgencia de resolución quirúrgica para los médicos cirujanos del país.

El abdomen agudo cómo tal dentro del cirugía se lo puede clasificar de diferentes maneras y dentro de las clasificaciones más comunes utilizadas los divide en los siguientes grupos: abdomen agudo inflamatorio, traumático, vascular, y obstructivo (Brunicardi & Anderson, 2010)

El abdomen agudo obstructivo cómo su nombre lo dice no es más que la interrupción del tránsito intestinal y la causa de obstrucción puede ser diversa dentro de las cuales tenemos a las hernias, adherencias, neoplasias, vólvulos, eventraciones, síndrome de Ogilvie, y divertículos todos nombrados en orden de presentación. De esta manera el vólvulo cómo causa de abdomen agudo obstructivo será objeto de revisión en este estudio debido a su complejidad e importancia de presentación en el medio (Brunicardi & Anderson, 2010)

El vólvulo independientemente del segmento colónico donde se produzca no es más que una rotación axial, que se acompaña de una torsión del mesenterio y de sus vasos y habitualmente produce un cuadro de obstrucción intestinal (Madiba & Thompson, 2002; Hiltunen & Matikainen, 2009; Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009). El sitio de rotación más frecuente es el sigma seguido del ciego, flexura esplénica y el colon transversal, en orden descendente de frecuencia. Representan del 20 al 40 % de casos de Obstrucción Intestinal en nuestro medio y varían según etnia, edad así cómo dieta. (Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009). La presentación clínica es muy variable, que van desde episodios intermitentes de dolor abdominal a catástrofe abdominal, dependiendo del modo, la gravedad y la duración de la obstrucción intestinal, el uso de exámenes complementarios en esta patología son poco específicos debido a la variabilidad de la presentación del mismo pero representan una ayuda importante para determinar su evolución y tratamiento pertinente.

El objetivo del presente artículo no es más que encontrar datos epidemiológicos, estandarizar la

sinomatología del vólvulo cecal en nuestro medio, además de discutir y examinar los diferentes mecanismos de patogenia y llegar a un consenso para definir la misma, estandarizar métodos de diagnóstico aplicados, presentación clínica común de la patología, analizar los diferentes resultados obtenidos en los diferentes artículos para estandarizar algunos protocolos de manejo de los mismo por medio de bibliografía veraz y actualizada.

## Materiales y métodos

Se realizó búsqueda de material bibliográfico que comprenda artículos relacionados con el tema a tratarse teniendo en cuenta que no sobrepasen los 10 años de publicación, con tópicos explícitos acerca de: epidemiología con características poblacionales similares a la nuestra o que no haya agentes externos que aumenten o disminuyan la presentación del cuadro clínico pudiendo diferir enormemente los resultados que se busca obtener; estudios que identifiquen una etiología o patogénesis común para la mayoría de casos encontrados; artículos de revisión con métodos de diagnósticos actualizados o comúnmente utilizados y tratamientos más aceptados o actualizados con presentación de casos clínicos que verifiquen resultados de los mismos.

Los buscadores virtuales utilizados en esta revisión bibliográfica fueron Pubmed, y Cochrane.

Se realizó el hallazgo 40 artículos de revisión de los cuales se utilizaron únicamente 11 y 29 no cumplieron con los criterios inclusión y exclusión.

## Resultados

El vólvulo no es mas que una rotación axial completa de la víscera sobre todo a nivel sigmoideo o cecal que produce torsión del mesenterio y de sus vasos, lo que afecta a la vascularización (Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009; Gingold & Murrell, 2012; Hasbahceci & Basak, 2012)

El vólvulo de colon sigmoideo es la causa más común en el continente Americano así como en la región Este de Europa y menos frecuente en continentes cómo Asia y África; representan el 20 al 50 % de las causas de Vólvulo que producen obstrucción Intestinal (Gingold & Murrell, 2012; Hellinger & Steinhagen, 2009). El vólvulo Cecal es considerado la segunda causa según orden descendente y se han reportado del 2,8 al 7,5 de casos por millón al año y son causa de vólvulos intestinales del 25 al 40 %, le siguen en frecuencia de presentación el a nivel del

ángulo esplénico y transverso. (Gingold & Murrell, 2012) (Consorti & Liu, 2005) De la misma manera la edad de presentación mas común es en edades comprendidas entre 40 y 50 años con predominio de presentación en el sexo Femenino sobre el Masculino, y teniendo cómo factores predisponentes episodios previos de vólvulo, cirugías abdominales previas, intususcepción, megacolon, estreñimiento crónico y el embarazo.

En cuanto a la patogénesis los diferentes estudios indican que existen factores predisponentes para VC (vólvulo cecal) incluyen estreñimiento crónico, masas abdominales, embarazo tardío, cirugía abdominal previa, la inmovilidad prolongada, la ingesta de alto contenido de fibra, íleo paralítico, y la colonoscopia (Hasbahceci & Basak, 2012; Katoh & Shigemori, 2009; Tsai, Lin, & Chang, 2006)

Durante el desarrollo embriológico del colon, la fijación a posterior peritoneo parietal se produce después de la rotación anatómica normal de 270 °, pero el desarrollo de la deficiente fijación con la rotación normal o alargamiento del colon causada por la sobre-rotación hace al ciego móvil. (Hasbahceci & Basak, 2012)

Se cree comúnmente que un ciego móvil con falta de la fijación del colon derecho, ciego, íleon terminal, y mesenterio al peritoneo parietal posterior se requiere principalmente para que se produzca un VC. (Hasbahceci & Basak, 2012) A pesar de todo lo mencionado para la formación de un vólvulo de colon los diferentes estudios indican que es de orden multifactorial la formación de los mismos.

En cuanto al diagnóstico clínico varios estudios indicaron que las características clínicas de manifestación en su mayoría son similares a cualquier obstrucción intestinal las cuales son representadas en gran parte por un dolor abdominal continuo con exacerbaciones tipo cólicas, náusea, vómito y estreñimiento, a la exploración física el abdomen se encuentra distendido, la fiebre además de signos de irritación peritoneal o hipotensión pueden indicar que estamos frente a un caso de gangrena intestinal siendo la intervención quirúrgica inmediata mandatoria. (Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009; Hasbahceci & Basak, 2012; Hellinger & Steinhagen, 2009)

Los exámenes complementarios son de bastante ayuda diagnóstica mas no son concluyentes ya que en su mayoría son inespecíficos para esta patología pero son un pilar importante en el diagnóstico complementario. Dentro de los exámenes en

sangre solicitados podemos encontrar; hemograma completo evidenciándose en su mayoría leucocitosis con neutrofilia, así son de ayuda también la proteína C reactiva que suele estar positivos sobre todo en casos fulminantes, además la química sanguínea con alteración electrolítica se puede evidenciar ya en estadios tardíos. (Madiba & Thompson, 2002; Hasbahceci & Basak, 2012)

Los exámenes de imagen resultan un complemento importante en el diagnóstico de vólvulos. En la radiografía simple de abdomen puede observarse una imagen de masa que se extiende a lo largo de todo el cuadrante superior izquierdo, pero lo más habitual es ver asas de intestino delgado dilatadas con ausencia de gas en colon distal, típico de un cuadro de obstrucción de intestino delgado, un signo típico pero no patognomónico que se puede evidenciar en las radiografía de abdomen es el signo en grano de café que puede ayudarnos además de identificar que se trata un cuadro de obstrucción intestinal el nivel de afectación del mismo. (Madiba & Thompson, 2002; Hasbahceci & Basak, 2012)

Un estudio considerado dentro de esta revisión indican que el enema contrastado y la tomografía axial computarizada tienen una especificidad y sensibilidad del 90 % para el diagnóstico de vólvulo de colon y que deberían ser una herramienta estandarizadas dentro del manejo de los mismos. (Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009) En nuestro medio la disponibilidad de estos estudios de imagen son de difícil acceso y no se los puede estandarizar.

En otro estudio mencionan que la colonoscopia puede llegar a desvolvular el ciego, pero es frecuente que vuelva a volvular y además puede existir una complicación nombrada por algunos autores que es la perforación intestinal.

El tratamiento en la mayoría de las obstrucciones intestinales producidas por vólvulos es la cirugía por lo general urgente la cual depende del tiempo de evolución de cada pacientes así como el compromiso hemodinámico y vascular, teniendo en cuenta estas condiciones las intervenciones quirúrgicas son varias dicho de otra manera la resección quirúrgica inmediata del segmento trenzado es el tratamiento más eficaz para prevenir la progresión a la necrosis que aumenta las tasas de morbilidad y mortalidad sobre varios pliegues.

La mayor controversia que encontramos radica en saber cuál es la técnica más recomendable en los casos en que el colon es viable. Así de esta manera cuando nos encontramos frente a un caso de colon

de vólvulos sigmoideo existen diferentes formas de abordaje que nombra la literatura revisada así tenemos tratamientos más conservadores como la colonoscopia y sigmoidoscopia flexible las cuales solamente es reservada para cierto tipo de pacientes en los cuales el tiempo de evolución no sea mayor a las 48 horas, se encuentre hemodinamicamente estable, no se evidencie signos de irritación peritoneal o gangrena intestinal, además de lo puntualizado el riesgo de perforación durante el procedimiento es alto además del riesgo de recidiva que presenta en la mayoría de los casos. (Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009; Hasbahceci & Basak, 2012; Hellinger & Steinhagen, 2009; Friedman & Odland, 2009)

No hay duda alguna que cuando el paciente presenta gangrena o necrosis del segmento de sigma vólvulado la elección siempre será la intervención quirúrgica con resección, la decisión de crear una anastomosis primaria debe basarse en los principios quirúrgicos generales: estado nutricional del paciente, adecuación del suministro de sangre, la presencia de la tensión, la presencia de liquido purulento o peritonitis fecal, y el estado hemodinámico. (Gingold & Murrell, 2012) Si hay algunos factores que pueden amenazar la viabilidad de un anastomosis primaria, un procedimiento de Hartmann debe ser el de elección. (Friedman & Odland, 2009; Gingold & Murrell, 2012)

Cuando nos encontramos frente a un cuadro de vólvulo cecal el tratamiento endoscópico por lo general es limitado encontrándose éxito en apenas un 30 % de los pacientes, todo esto es debido al alto grado de isquemia, al alto grado de dificultad que conlleva realizar la técnica por lo que la endoscopia y colonoscopia para el tratamiento de vólvulo cecal no está recomendada. (Consorti & Liu, 2005) Para elegir una conducta terapéutica adecuada en cuanto al tipo de intervención quirúrgica a elegir la viabilidad del intestino debe ser evaluada teniendo en cuenta factores ya mencionados como el estado nutricional, anemia, uso crónico de esteroides, gangrena u otras comorbilidades que puedan afectar el proceso de cicatrización la resección es mandataria así como la decisión de realizar una ostomía. La hemicolecotomía derecha es la técnica más utilizada actualmente con buenas tasas de éxito en los estudios realizados y revisados en este estudio. (Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009; Hasbahceci & Basak, 2012; Hellinger & Steinhagen, 2009; Friedman & Odland, 2009; Renzulli, Maurer, & Netzer, 2006).

## Discusión

Luego del análisis de los diferentes estudios incluidos dentro de esta revisión bibliográfica todos concluyen referente al vólvulo que la mayoría de los pacientes con vólvulo presentan una rotación axial completa sobre todo a nivel sigmoideo o cecal que produce torsión del mesenterio y de sus vasos, lo que afecta a la vascularización la cual al parecer es un concepto por ahora inconcluyente. (Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009)

El continente Americano es el que presenta mayor proporción de casos de obstrucción intestinal debida a vólvulos, lo que apoya rotundamente la realización de esta revisión bibliográfica. La causa por la que se presentan mas en nuestro medio aun no esta esclarecida del todo debido a que existen muchos factores que predisponen a la presentación de vólvulos uno de los cuales consideramos que podría influir es la base de alimentación la cual son los granos pero no podríamos concluir a que sea un factor concluyente. Existen varios factores que son generales para todo el mundo cómo son el sexo femenino, la edad entre 40 a 50 años cirugías previas, estreñimiento, dieta rica en fibra (granos) etc. son varios factores comunes o características que pueden presentar los pacientes que presentan el cuadro clínico. (Gingold & Murrell, 2012; Consorti & Liu, 2005)

Concordamos con la mayoría de autores que la presentación clínica, signos y síntomas son intermitentes y recurrentes más difíciles de diagnosticar en relación al vólvulo sigmoideo, por lo general vamos a encontrar a un paciente con dolor abdominal continuo con exacerbaciones tipo cólicas de varios días de evolución, náusea, vómito y estreñimiento, a la exploración física el abdomen se encuentra distendido, la fiebre además de signos de irritación peritoneal o hipotensión son signos de gravedad. (Friedman & Odland, 2009; Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009)

Respecto a los exámenes complementarios podemos observar que un examen básico como son los hemogramas completos en los cuales se evidencia alteraciones de los contajes de leucocitos, así como la elevación de proteínas reactantes de fase aguda todas ellas inespecíficas para procesos agudos de dolor abdominal. (Madiba & Thompson, 2002; Hasbahceci & Basak, 2012)

Los exámenes de imagen que tienen una gran sensibilidad y especificidad son el enema contrastado y la tomografía axial computarizada pero cabe recalcar que la accesibilidad de dichos exámenes en nuestro medio son difíciles para la población

en general por lo que no se podría protocolizar los mismo, así la utilización de una radiografía simple de abdomen son de bastante ayuda pero al igual que los exámenes de gabinete no son realmente concluyentes para llegar a un diagnóstico certero (Madiba & Thompson, 2002).

Muchos de los estudios indican varias técnicas de manejo de las diferentes presentaciones de vólculos entre las cuales tenemos la devolvulación simple mediante colonoscopia o sigmoidoscopia flexible, cecopexia o cecostomía pero siempre hay que tomar en cuenta de que con estas técnicas puede existir recidivas por lo que se las tomara como medio de abordaje únicamente para casos específicos en la cual el abordaje quirúrgico no sea de elección (Ruiz Tovar & Calero Garcia, 2009). Expresado lo anterior se recomienda que el abordaje quirúrgico dependiendo del estado general del paciente y la evolución será de elección para el cuadro en estudio, la técnica quirúrgica de la misma manera siempre será dependiente de varios factores ya mencionado previamente así como del criterio del cirujano y estado en que se encuentre el paciente antes y durante la cirugía por lo que la técnica mas comúnmente utilizada es hemicolectomía derecha con una segunda intervención para realización de una restitución del tránsito intestinal, incluso en esta técnica ya ha sido utilizada con pacientes de nuestro medio con resultados satisfactorios. (Hasbahceci & Basak, 2012; Gingold & Murrell, 2012).

## Conclusiones

El vólculo de colon independientemente de su segmento de afectación es causa poco común en nuestro medio de obstrucción intestinal y que en su mayoría la resolución del mismo suele ser quirúrgica, su etiología al parecer es multifactorial como son sexo, raza, edad, así como la dieta. Existen muchas formas de llegar a un diagnóstico oportuno para VC dentro de las cuales encontramos fundamentalmente los exámenes de imagen como radiografía simple, tomografía computarizada y hoy por hoy son de ayuda complementarias e importantes para un diagnóstico oportuno. La resección y anastomosis primaria debería ser el procedimiento quirúrgico de elección de la dependiendo de la condición general del paciente; pero, por lo general debido al amplio grado de complicaciones de la mayoría de los pacientes la hemicolectomía derecha es la técnica de elección tanto para el colon viable como para gangrenado, en este último caso se recomienda un procedimiento de Hartmann.

## Literatura Citada

- Brunnicardi, C., & Anderson, D. (2010). Shewarts Principios de Cirugía (Octava Edición ed.). (M. G. Hill, Ed.) houston, texas, Estados Unidos.
- Madiba, T. E., & Thompson, S. R. (2002). The Management of cecal volvulus. *PubMed* , 45-64.
- Hiltunen, K. M., & Matikainen, M. (2009). Colonic volvulus. Diagnosis and results of treatment in 82 patients. *European Journal surgery* , 158-607.
- Ruiz Tovar, J., & Calero Garcia, P. (2009). Vólculo de ciego: presentación de 18 casos y revisión de la literatura. *Cirugía Española* , 110-113.
- Gingold, D., & Murrell, Z. (2012). Management of Colonic Volvulus. *Clinics in Colon and Rectal Surgery* , 25, 236-244.
- Hasbahceci, M., & Basak, F. (2012). Cecal Volvulus. *Indian Journal Surgery* , 74, 476-479.
- Hellinger, M., & Steinhagen, R. (2009). Colonic Volvulus. *The ASCRS Textbook of colon and Rectal Surgery* , 286-298.
- Consorti, E., & Liu, T. (2005). Diagnosis and treatment of caecal. *Postgrad Med Journal* , 81, 772-776.
- Katoh, T., & Shigemori, T. (2009). Cecal volvulus: report of a case and review of Japanese literature. *World Journal Gastroenterol* , 2547-2549.
- Tsai, M., Lin, M., & Chang, K. (2006). Optimal interval from decompression to semi-elective operation in sigmoid volvulus. *Hepatogastroenterology* , 53, 354-356.
- Friedman, J., & Odland, M. (2009). Experience with colonic volvulus. *Dis Colon Rectum* , 32, 409-416.
- Renzulli, P., Maurer, C., & Netzer, P. (2006). Preoperative colonoscopic derotation is beneficial in acute colonic volvulus. *Diagnostic Surgery* , 19, 223.229.