



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTRAL DE CUBASOLAR

**REVISTA CIENTÍFICA de las
FUENTES RENOVABLES de ENERGÍA**

67

DIRECTOR GENERAL

Dr. Luis Bérriz Pérez

EDITORES

Lic. Lourdes Tagle Rodríguez
Ing. Jorge Santamarina Guerra

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Luis Bérriz Pérez
M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez
Ing. Otto Escalona Pérez
Ing. Miguel González Royo
Ing. Dolores Cepillo Méndez

DISEÑO Y COMPOSICIÓN

Alejandro F. Romero Ávila

WEB MASTER

Jesús Guillermo Gil Delgado

RELACIONES PÚBLICAS

Mabel Blanco de la Cruz

CONSEJO ASESOR

Dra. Elena Vigil Santos
Dr. Conrado Moreno Figueredo
Dr. José Guardado Chacón
Dr. Deny Oliva Merrecio
Dra. Dania González Couret
Lic. Bruno Henríquez Pérez
Lic. Ricardo Bérriz Valle
M.Sc. Mario A. Arrastía Ávila

Eco Solar, no. 67 / 2019

Revista científica de las
fuentes renovables de energía

Enero-marzo, 2019

ISSN-1028-6004

RNPS-2220



CETER



DIRECCIÓN

Calle 20, No. 4113, e/ 18A y 47
Playa, La Habana, Cuba

TEL.: (53) 72040010; 72062061

E-MAIL: madelaine@cubasolar.cu

HTTP://www.cubasolar.cu



CONTENIDO

INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN DE LOS PANELES SOLARES EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN ESPACIOS LIMITADOS.....3

Dr. C. Luis Hilario Bérriz Pérez

CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....12

J. Emilio Camejo, H. Rivas Prieto, R. Ramos Heredia y R. Proenza Yero

DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN CON COMBUSTIBLE EN ACEITES LUBRICANTES UTILIZADOS EN ÓMNIBUS DAEWOO.....17

Dr. C. Andrés Frank Paz Menéndez y M.Sc. Enrique Viant Garrido

INTENSIFICACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR MEDIANTE PERTURBACIÓN DE FLUJO EN ALETAS.....21

Ing. Jorge Luis Verdecia Rodríguez*

ESTUDIO DE LA RESILIENCIA EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE MONTAÑA EN EL MACIZO GUAMUHAYA, CUBA

Dra. C. Leidy Casimiro Rodríguez.....28

CULTURA ALIMENTARIA EN FINCAS FAMILIARES CUBANAS BENEFICIADAS POR EL PROYECTO BIOMAS FASE III

Madelaine Vázquez Gálvez y Dra. C. Leidy Casimiro Rodríguez36

editorial
cubasolar

INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN DE LOS PANELES SOLARES EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN ESPACIOS LIMITADOS

Por Dr. C. Luis Hilario Bériz Pérez*

* Presidente de Cubasolar

E-mail: berriz@cubasolar.cu

Resumen

En este trabajo se estudia la influencia que tienen factores, tales como el ángulo de inclinación y de azimut de los módulos fotovoltaicos en la producción de electricidad de un sistema fotovoltaico. Otros factores, como la radiación solar incidente sobre la superficie horizontal, el coeficiente de transparencia atmosférica de la mañana y de la tarde, el coeficiente de aprovechamiento del área, la ubicación de la instalación e inclusive los aspectos climáticos, son también tratados.

En el trabajo se demuestra que dentro de determinados rangos el ángulo de azimut influye poco en la producción de una instalación fotovoltaica, principalmente si es de inyección a red. Se demuestra también la importancia del área disponible para la producción de electricidad, lo que es básico en ciudades, techos y lugares limitados.

En el trabajo se introducen dos conceptos nuevos: la latitud equivalente ϕ_E y la diferencia entre el mediodía real y el aparente $\Delta\omega_e$ el cual conduce al concepto de longitud aparente, factores de importancia fundamentalmente cuando la transparencia atmosférica de la tarde es diferente a la de la mañana. Se incluye además una nueva forma para la determinación de las sombras provocadas por los propios módulos fotovoltaicos.

Este trabajo resulta de gran utilidad para aquellos que tratan de optimizar la producción fotovoltaica de electricidad considerando todos los factores, como son, el valor del área o terreno de la instalación.

Palabras clave: Radiación solar, energía fotovoltaica, fuentes renovables de energía.

INFLUENCE OF THE ORIENTATION OF SOLAR PANELS IN THE PRODUCTION OF ELECTRICAL ENERGY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN LIMITED SPACES

Abstract

This paper studies the influence of factors such as the angle of inclination and azimuth of photovoltaic modules in the production of electricity from a photovoltaic system. Other factors, such as solar radiation incident on the horizontal and oriented surface, the coefficient of atmospheric transparency in the morning and afternoon, the coefficient of use of the area, the location of the installation and even climatic aspects, are also treated.

The work shows that within certain ranges, the azimuth angle has little influence on the production of a photovoltaic installation, mainly if it is a grid injection. The importance of the area available for the production of electricity is also demonstrated, which is basic in cities, roofs and limited places.

In the work two new concepts are introduced: the equivalent latitude ϕ_E and the difference between the real noon and the apparent $D\omega_E$ which leads to the concept of apparent longitude, factors of importance especially when the atmospheric transparency of the afternoon is different from that of the morning. It also includes a new way to determine the shadows caused by the photovoltaic modules themselves.

This work is especially useful for those who try to optimize the photovoltaic production of electricity, considering all the factors such as the value of the area or land of the installation.

Key words: Solar radiation, photovoltaic energy, renewable energy sources.

Introducción

Son muchos los factores que en estos últimos años han influenciado en la determinación de una política energética basada en la producción de electricidad a partir de las fuentes renovables de energía, y muy especialmente con el uso directo de la radiación solar como fuente energética primaria, entre ellos: el cambio climático provocado por la política energética actual altamente contaminante del medioambiente; el conocimiento de las posibilidades reales de autoabastecimiento con los recursos locales; el desarrollo científico y tecnológico, así como la disminución del costo del kilowatt-hora producido con las fuentes renovables y específicamente con la radiación solar como fuente primaria.

No son pocos los que actualmente consideran que (al igual que el autor de este artículo) el futuro energético mundial, y como es natural de cada país, estará organizado preferentemente en redes energéticas locales con el uso de los recursos locales para la producción de la electricidad y la satisfacción de las propias necesidades locales.

Cada día proliferan más las instalaciones solares fotovoltaicas para la producción de electricidad, ya sean aisladas o conectadas a la red; y Cuba no está ajena a este desarrollo. En no pocos casos no se utilizan correctamente los espacios ocupados por las instalaciones solares, principalmente por orientaciones inadecuadas de los paneles solares. Por estas razones se hace necesario la disponibilidad de metodologías de cálculo que permitan optimizar el aprovechamiento de los espacios y locales disponibles y de esta forma contribuir al desarrollo energético del país.

Para el cálculo de la energía generada por una instalación solar fotovoltaica en dependencia de la orientación de los paneles, se debe proceder de la forma siguiente:

1. Cálculo de la energía solar incidente en la superficie horizontal.
2. Cálculo de la energía solar incidente en la superficie orientada.
3. Cálculo de la energía producida por el sistema o parque fotovoltaico.

En este trabajo se ha tenido en consideración un horizonte despejado, o sea, un espacio aprovechable energéticamente cuando el Sol tiene una altura por encima de 15 grados. Otras situaciones relacionadas con las sombras serán vistas en otros trabajos.

Cálculo de la energía solar incidente en la superficie horizontal

La energía solar incidente en la superficie horizontal depende de la latitud y las condiciones climáticas del lugar, y su cálculo puede ser hecho por la ecuación:

$$H=K_T H_0 \quad (1)$$

Donde:

H: Energía solar recibida en la superficie horizontal en un período determinado que normalmente es de un día.

K_T : Coeficiente de transparencia de la atmósfera.

H_0 : Energía solar que se recibiera si no hubiese atmósfera en el mismo período.

Esta fórmula resulta cómoda, pues H_0 resulta calculable y depende del día del año y de la latitud del lugar. El coeficiente de transparencia de la atmósfera constituye un dato que generalmente se tiene o es fácil de determinar en las estaciones meteorológicas para los diferentes días del año. Aunque este coeficiente varía también con la hora del día, normalmente lo que se tiene es su valor diario, el cual resulta representativo de grandes extensiones de terreno.

En el caso de Cuba, isla tropical alargada de este a oeste y situada entre latitudes de 20 a 23 grados, la transparencia de la mañana suele ser mayor que por la tarde debido a la nubosidad y al calentamiento diurno.

En este trabajo se han tomado los datos de K_T del Polígono Experimental de Cubasolar de La Habana, el cual tiene un K_T para la mañana (hasta el mediodía solar) y otro para la tarde (después del mediodía solar). Los valores de K_T tomados constituyen los valores medios de cada mes. Para los efectos de este trabajo, los valores de K_T tomados de La Habana se pueden aplicar también al resto del país hasta latitudes de 20 grados.

El valor de la energía solar que se recibiera sobre el plano horizontal si no hubiera atmósfera se calcula por la fórmula siguiente:

$$H_0 = (24G_{SC}/\pi) \times [1 + 0,033 \cos(360n/365)] \times [\cos\delta \cos\phi \sin\omega_s + (\pi\omega_s/180) \sin\phi \sin\delta] \quad (2)$$

Donde:

G_{SC} : Constante solar $G_{SC} = 1353 \text{ W/m}^2$.

N: Día del año.

δ : declinación del sol, la cual varía con el día n del año.

ϕ : Latitud del lugar.

ω_s : Angulo horario de salida del sol.

H_0 se da en kilowatt-hora por metro cuadrado al día ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{día}$) o en megajoule por metro cuadrado al día ($\text{MJ/m}^2 \cdot \text{día}$).

La declinación del sol depende del día del año y se puede calcular por la fórmula:

$$\delta = 23,45 \sin[360(284+n)/365] \quad (3)$$

El ángulo horario de salida y puesta del sol con simetría al mediodía solar, depende de la declinación solar y de la latitud local, y puede ser calculado por la fórmula:

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan\delta \tan\phi) \quad (4)$$

El ángulo horario de salida del sol es negativo y el de puesta es positivo. En el ecuador, ambos son de 90 grados y duran 6 horas, o sea, el sol sale a las 6:00 a.m. y se pone a las 6:00 p.m. de la tarde para cualquier día del año. A medida en que la latitud aumenta, la diferencia de la duración del día solar entre el solsticio de verano y el de invierno se hace mayor, aunque el promedio entre ambos sigue siendo de 180 grados.

En la Tabla 1 aparece en la primera columna, el mes del año promedio, y en la segunda, el día del año que corresponde a dicho mes y por el que se calcula la declinación solar promedio mensual. Por este dato de la declinación se

puede apreciar que en el solsticio de verano (21 de junio) en La Habana, al mediodía solar el sol está justamente en el cenit. En Santiago de Cuba el sol está en el cenit unos días antes del solsticio de verano y unos días después.

Los datos de K_T , o sea, de la transparencia atmosférica, tienen un valor máximo en abril y uno mínimo en noviembre y junio.

Los datos de la energía solar incidente sobre el plano horizontal son muy similares en todo el país y su valor promedio oscila alrededor de 5 kW/h/m^2 al día. Solo en algunos microclimas cubanos los datos se diferencian de los dados en la Tabla 1.

Tabla 1. Demanda energética para cada mes de la instalación hotelera

Latitud $\phi=23$								
Mes	n	δ	w_s	H_0	K_{T1}	K_{T2}	K_T	H
Enero	17	-20,9	80,7	6,95	0,54	0,5	0,52	3,62
Febrero	47	-13,0	84,4	8,07	0,52	0,5	0,51	4,12
Marzo	75	-2,4	89,0	9,32	0,59	0,58	0,59	5,45
Abril	105	9,4	94,0	10,37	0,61	0,59	0,60	6,22
Mayo	135	18,8	98,3	10,89	0,61	0,57	0,59	6,43
Junio	162	23,1	100,4	11,03	0,53	0,47	0,50	5,52
Julio	198	21,2	99,5	10,93	0,54	0,5	0,52	5,68
Agosto	228	13,5	95,8	10,53	0,58	0,54	0,56	5,89
Septiembre	258	2,2	90,9	9,67	0,53	0,49	0,51	4,93
Octubre	288	-9,6	85,9	8,41	0,53	0,49	0,51	4,29
Noviembre	318	-18,9	81,6	7,20	0,5	0,49	0,50	3,56
Diciembre	344	-23,0	79,6	6,61	0,56	0,54	0,55	3,64
Promedio		0,0	90,0	9,16	0,55	0,52	0,54	4,95

Latitud $\phi=20$								
Mes	n	δ	w_s	H_0	K_{T1}	K_{T2}	K_T	H
Enero	17	-20,9	82,0	7,40	0,54	0,5	0,52	3,85
Febrero	47	-13,0	85,2	8,44	0,52	0,5	0,51	4,31
Marzo	75	-2,4	89,1	9,56	0,59	0,58	0,59	5,59
Abril	105	9,4	93,5	10,43	0,61	0,59	0,60	6,26
Mayo	135	18,8	97,1	10,80	0,61	0,57	0,59	6,37
Junio	162	23,1	98,9	10,87	0,53	0,47	0,50	5,44
Julio	198	21,2	98,1	10,80	0,54	0,5	0,52	5,62
Agosto	228	13,5	95,0	10,52	0,58	0,54	0,56	5,89
Septiembre	258	2,2	90,8	9,83	0,53	0,49	0,51	5,02
Octubre	288	-9,6	86,5	8,74	0,53	0,49	0,51	4,46
Noviembre	318	-18,9	82,8	7,63	0,5	0,49	0,50	3,78
Diciembre	344	-23,0	81,1	7,08	0,56	0,54	0,55	3,90
Promedio		0,0	90,0	9,34	0,55	0,52	0,54	5,04

Cálculo de la energía solar incidente en la superficie orientada del módulo fotovoltaico

Todo plano, independientemente del valor de su inclinación y rotación en azimut, tiene un plano equivalente horizontal en determinado lugar de la esfera terrestre con una latitud y una longitud equivalentes. Para poder visualizar mejor las relaciones que existen entre estos valores, se puede analizar la Figura 1. En esta figura la recta OAβ es la normal al plano de referencia con inclinación sobre el plano horizontal y rotación en azimut con relación al eje norte-sur local.

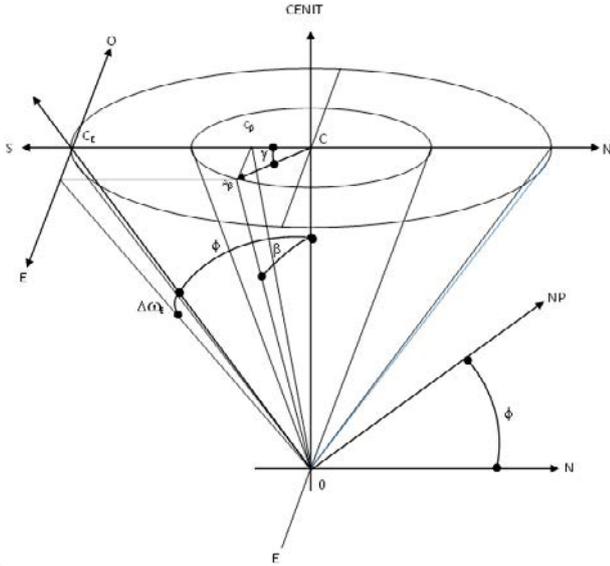


Fig. 1. Doble rotación de un plano en inclinación y en azimut.

- En esta Figura se pueden apreciar los valores siguientes:
- φ – Ángulo de latitud, el cual hace referencia al lugar de la Tierra donde esté situado el punto local.
 - β – Ángulo de inclinación, referido al plano horizontal.
 - γ – Ángulo de azimut, referido al cenit local, tomando un valor positivo del sur al oeste y negativo del sur al este.
 - N, S, E Y O – Puntos cardinales: norte, sur, este y oeste.
 - NP – Norte olar.
 - o – Centro de la Tierra.
 - C – Centro de referencia en la superficie de la Tierra.
 - φ_E – Ángulo de latitud equivalente.
 - Dω_E – Diferencia entre el mediodía real y el aparente.

La latitud equivalente φ_E puede determinarse por la ecuación:

$$\phi_E = \phi - \tan^{-1}(\tan\beta \cdot \cos\gamma) \quad (5)$$

El valor Dω_E da la diferencia entre la longitud local y la aparente relacionada con el plano inclinado en β y γ, y puede ser determinada por:

$$\tan(D\omega_E) = \sin\gamma \cdot \cos\phi \cdot \tan\beta \quad (6)$$

Este valor es importante determinarlo, principalmente para aquellos lugares donde se tengan los valores de K_T para las mañanas y las tardes y estos sean diferentes. Así,

un ángulo de azimut puede dirigir el plano hacia la mañana o hacia la tarde según las conveniencias.

Es importante destacar que el valor Dω_E depende principalmente del valor del ángulo de inclinación β y su valor máximo en La Habana va estar dado por la fórmula:

$$\tan(D\omega_{E(\max)}) = 0,92 \tan\beta \quad (7)$$

y en Santiago de Cuba por:

$$\tan(D\omega_{E(\max)}) = 0,94 \tan\beta \quad (8)$$

La energía H_T incidente sobre cualquier plano puede calcularse por la ecuación:

$$H_T = RH \quad (9)$$

Donde:
H: Energía solar incidente sobre el plano horizontal y R se puede determinar por la fórmula:

$$R = [1 - (H_d/H)]R_b + (H_d/H)[(1 + \cos\beta)/2] + \rho(1 - \cos\beta)/2 \quad (10)$$

Donde:
ρ: Reflectancia del piso que para Cuba se puede tomar un valor de 0,2.

El valor de H_d/H se puede calcular por la ecuación:

$$H_d/H = 0,755 + 0,00653(w_s - 90) - [0,505 + 0,00455(w_s - 90)] \cos(115K_T - 103) \quad (11)$$

Una fórmula desarrollada por Klein en 1977 permite calcular el valor de R_b para cualquier plano inclinado. Esta fórmula se expresa por:

$$R_b = [(\cos\beta \sin\delta \sin\phi)(w_{sp} - w_{ss})(\pi/180) - (\sin\delta \cos\beta \sin\phi \cos\gamma)(w_{sp} - w_{ss})(\pi/180) + (\cos\phi \cos\delta \cos\beta)(\sin w_{sp} - \sin w_{ss}) + (\cos\delta \cos\gamma \sin\phi \sin\beta)(\sin w_{sp} - \sin w_{ss}) - (\cos\delta \sin\beta \sin\gamma)(\cos w_{sp} - \cos w_{ss})] / 2(\cos\phi \cos\delta \sin w_s + \sin\phi \sin\delta \delta/180) \quad (12)$$

(w_{sp} - w_{ss}) es la duración del día solar para el plano inclinado:

Donde:
w_{sp}: Ángulo de salida del sol.
w_{ss}: Ángulo de puesta del sol.
En este caso del plano inclinado, w_{sp} y w_{ss} no tienen por qué ser iguales, sino toman el menor valor entre w_s y un nuevo valor calculado. El valor w_s es el ángulo de salida y puesta del sol positivo en la tarde y negativo en la mañana. Así, los nuevos valores calculados son:

Para γ > 0: $\cos w_{ss} = [AB + (A^2 - B^2 + 1)^{1/2}] / (A^2 + 1)$
 $\cos w_{sp} = [AB - (A^2 - B^2 + 1)^{1/2}] / (A^2 + 1) \quad (13)$

Para γ < 0: $\cos w_{ss} = [AB - (A^2 - B^2 + 1)^{1/2}] / (A^2 + 1)$
 $\cos w_{sp} = [AB + (A^2 - B^2 + 1)^{1/2}] / (A^2 + 1) \quad (14)$

Donde:
A = (cosφ / senγ tanβ) + senφ / tang $\quad (15)$

$$B = \tan[\cos\phi/\tan\gamma] - (\sin\phi/\sin\gamma \tan\beta) \quad (16)$$

En el grupo de Tablas 2, desde la A hasta la D, se reflejan los datos que relacionan R y la energía solar H_T sobre el plano inclinado para valores de latitud de 23 y 20 grados, y para ángulos de inclinación de β igual a 15 grados y 30 grados, y para ángulos de azimut que varían de 30 en 30 desde 0 hasta 360. En estas Tablas se pueden apreciar varias relaciones interesantes entre los valores de R y H_T , tales como:

La variación de la energía incidente H_T sobre la superficie inclinada varía poco con relación a la variación de la latitud desde 20 hasta 23, o sea, en todo el país.

La influencia del ángulo de azimut aumenta a medida del aumento del valor del ángulo de inclinación β . Para va-

lores pequeños de β , la influencia del ángulo de azimut se hace despreciable.

Para inclinaciones de 15°, las variaciones de la energía incidente con relación al ángulo de azimut son aceptables para valores inferiores a más o menos 60°.

El ángulo de inclinación entre valores aceptables tiene un valor significativo en la energía incidente en diferentes meses, pero no es significativo en la energía solar recibida durante todo el año. Este es un factor muy importante a tener en cuenta, pues para las condiciones de Cuba es decisivo el papel de los huracanes y vientos fuertes en las instalaciones solares, y mientras los paneles sean más inclinados, los efectos de los vientos serán mayores.

TABLA 2.A- ENERGÍA SOLAR INCIDENTE SOBRE EL PLANO INCLINADO CON $\phi=23$ Y $\beta=15$

MES	γ	R	H_T															
Enero	0	1,218	4,40	30	1,184	4,28	60	1,098	3,96	90	0,987	3,56	120	0,867	3,12	150	0,768	2,77
Febrero	0	1,145	4,72	30	1,122	4,62	60	1,065	4,38	90	0,989	4,07	120	0,901	3,71	150	0,829	3,41
Marzo	0	1,069	5,83	30	1,057	5,76	60	1,029	5,61	90	0,989	5,39	120	0,936	5,10	150	0,892	4,86
Abril	0	0,999	6,21	30	0,995	6,19	60	0,994	6,18	90	0,987	6,13	120	0,966	6,00	150	0,949	5,90
Mayo	0	0,948	6,09	30	0,951	6,11	60	0,968	6,21	90	0,984	6,31	120	0,986	6,33	150	0,989	6,35
Junio	0	0,926	5,10	30	0,931	5,12	60	0,956	5,26	90	0,982	5,39	120	0,995	5,47	150	1,006	5,54
Julio	0	0,936	5,31	30	0,940	5,33	60	0,962	5,45	90	0,983	5,57	120	0,991	5,62	150	0,999	5,67
Agosto	0	0,977	5,76	30	0,976	5,75	60	0,983	5,78	90	0,985	5,79	120	0,975	5,73	150	0,966	5,69
Setiembre	0	1,041	5,13	30	1,032	5,08	60	1,015	4,99	90	0,988	4,86	120	0,948	4,66	150	0,916	4,51
Octubre	0	1,119	4,80	30	1,100	4,71	60	1,053	4,51	90	0,989	4,23	120	0,913	3,91	150	0,851	3,65
Noviembre	0	1,198	4,27	30	1,168	4,16	60	1,089	3,88	90	0,988	3,52	120	0,876	3,12	150	0,785	2,80
Diciembre	0	1,241	4,51	30	1,204	4,37	60	1,108	4,02	90	0,986	3,58	120	0,855	3,11	150	0,749	2,72
PROMEDIO		1,068	5,18		1,055	5,12		1,027	5,02		0,986	4,87		0,934	4,66		0,892	4,49

MES	γ	R	H_T															
Enero	180	0,727	2,63	210	0,768	2,78	240	0,867	3,14	270	0,987	3,58	300	1,098	3,98	330	1,185	4,29
Febrero	180	0,801	3,30	210	0,829	3,42	240	0,901	3,72	270	0,989	4,08	300	1,065	4,39	330	1,122	4,63
Marzo	180	0,878	4,79	210	0,892	4,87	240	0,936	5,11	270	0,989	5,40	300	1,029	5,62	330	1,057	5,77
Abril	180	0,948	5,90	210	0,949	5,91	240	0,966	6,01	270	0,987	6,14	300	0,994	6,19	330	0,995	6,19
Mayo	180	0,998	6,41	210	0,989	6,36	240	0,986	6,35	270	0,984	6,34	300	0,968	6,24	330	0,951	6,12
Junio	180	1,019	5,62	210	1,006	5,56	240	0,995	5,51	270	0,982	5,44	300	0,956	5,29	330	0,931	5,14
Julio	180	1,010	5,74	210	0,999	5,68	240	0,991	5,64	270	0,983	5,60	300	0,962	5,48	330	0,940	5,35
Agosto	180	0,970	5,72	210	0,966	5,70	240	0,975	5,76	270	0,985	5,82	300	0,983	5,81	330	0,976	5,76
Setiembre	180	0,907	4,47	210	0,916	4,52	240	0,948	4,69	270	0,988	4,89	300	1,015	5,02	330	1,032	5,09
Octubre	180	0,828	3,55	210	0,851	3,66	240	0,913	3,93	270	0,989	4,26	300	1,053	4,53	330	1,100	4,73
Noviembre	180	0,747	2,66	210	0,785	2,80	240	0,876	3,12	270	0,988	3,52	300	1,089	3,89	330	1,168	4,16
Diciembre	180	0,703	2,56	210	0,749	2,73	240	0,855	3,12	270	0,986	3,59	300	1,108	4,04	330	1,204	4,38
PROMEDIO		0,878	4,45		0,892	4,50		0,934	4,68		0,986	4,89		1,027	5,04		1,055	5,13

Influencia de la orientación de los paneles solares en la producción de energía...

TABLA 2.B- ENERGÍA SOLAR INCIDENTE SOBRE EL PLANO INCLINADO CON $f=20$ Y $b=15$

MES	γ	R	H_t															
Enero	0	1,195	4,60	30	1,165	4,48	60	1,088	4,18	90	0,988	3,79	120	0,878	3,37	150	0,788	3,03
Febrero	0	1,129	4,86	30	1,108	4,77	60	1,057	4,54	90	0,989	4,25	120	0,909	3,91	150	0,844	3,63
Marzo	0	1,057	5,91	30	1,046	5,85	60	1,023	5,72	90	0,988	5,52	120	0,941	5,26	150	0,902	5,04
Abril	0	0,990	6,19	30	0,987	6,17	60	0,989	6,18	90	0,986	6,16	120	0,971	6,07	150	0,958	5,99
Mayo	0	0,940	5,99	30	0,944	6,01	60	0,964	6,13	90	0,984	6,26	120	0,992	6,31	150	0,998	6,35
Junio	0	0,918	4,99	30	0,925	5,02	60	0,953	5,16	90	0,983	5,32	120	1,001	5,42	150	1,015	5,51
Julio	0	0,928	5,21	30	0,933	5,23	60	0,958	5,37	90	0,983	5,51	120	0,997	5,58	150	1,007	5,65
Agosto	0	0,968	5,70	30	0,969	5,70	60	0,979	5,75	90	0,985	5,79	120	0,980	5,76	150	0,975	5,74
Setiembre	0	1,030	5,16	30	1,022	5,12	60	1,009	5,05	90	0,988	4,94	120	0,953	4,77	150	0,925	4,63
Octubre	0	1,104	4,92	30	1,087	4,84	60	1,045	4,65	90	0,989	4,39	120	0,920	4,09	150	0,864	3,84
Noviembre	0	1,177	4,45	30	1,150	4,34	60	1,079	4,07	90	0,988	3,73	120	0,886	3,34	150	0,803	3,03
Diciembre	0	1,216	4,74	30	1,183	4,60	60	1,097	4,27	90	0,987	3,84	120	0,868	3,38	150	0,771	3,00
PROMEDIO		1,054	5,23		1,043	5,18		1,020	5,09		0,986	4,96		0,941	4,77		0,904	4,62

MES	γ	R	H_t															
Enero	180	0,751	2,89	210	0,788	3,04	240	0,878	3,39	270	0,988	3,82	300	1,088	4,20	330	1,165	4,49
Febrero	180	0,819	3,52	210	0,844	3,63	240	0,909	3,92	270	0,989	4,26	300	1,057	4,56	330	1,108	4,77
Marzo	180	0,891	4,98	210	0,902	5,05	240	0,941	5,27	270	0,988	5,53	300	1,023	5,72	330	1,046	5,85
Abril	180	0,958	5,99	210	0,958	5,99	240	0,971	6,08	270	0,986	6,18	300	0,989	6,20	330	0,987	6,18
Mayo	180	1,007	6,42	210	0,998	6,37	240	0,992	6,33	270	0,984	6,29	300	0,964	6,16	330	0,944	6,03
Junio	180	1,029	5,59	210	1,015	5,53	240	1,001	5,46	270	0,983	5,36	300	0,953	5,20	330	0,925	5,04
Julio	180	1,019	5,72	210	1,007	5,67	240	0,997	5,61	270	0,983	5,54	300	0,958	5,39	330	0,933	5,25
Agosto	180	0,979	5,77	210	0,975	5,75	240	0,980	5,79	270	0,985	5,82	300	0,979	5,78	330	0,969	5,72
Setiembre	180	0,918	4,60	210	0,925	4,65	240	0,953	4,79	270	0,988	4,97	300	1,009	5,08	330	1,022	5,13
Octubre	180	0,843	3,76	210	0,864	3,86	240	0,920	4,11	270	0,989	4,42	300	1,045	4,67	330	1,087	4,85
Noviembre	180	0,769	2,91	210	0,803	3,03	240	0,886	3,35	270	0,988	3,73	300	1,079	4,08	330	1,150	4,34
Diciembre	180	0,730	2,85	210	0,771	3,01	240	0,868	3,39	270	0,987	3,85	300	1,097	4,28	330	1,183	4,61
PROMEDIO		0,893	4,58		0,904	4,63		0,941	4,79		0,986	4,98		1,020	5,11		1,043	5,19

TABLA 2.C- ENERGÍA SOLAR INCIDENTE SOBRE EL PLANO INCLINADO CON $\phi=23$ Y $\beta=30$

MES	γ	R	H_t															
Enero	0	1,369	4,95	30	1,306	4,71	60	1,152	4,14	90	0,966	3,47	120	0,736	2,65	150	0,526	1,89
Febrero	0	1,228	5,06	30	1,183	4,86	60	1,087	4,46	90	0,961	3,95	120	0,789	3,24	150	0,628	2,58
Marzo	0	1,082	5,90	30	1,057	5,76	60	1,018	5,55	90	0,956	5,21	120	0,845	4,61	150	0,741	4,04
Abril	0	0,949	5,91	30	0,944	5,86	60	0,955	5,93	90	0,950	5,89	120	0,898	5,57	150	0,849	5,28
Mayo	0	0,860	5,53	30	0,865	5,54	60	0,910	5,82	90	0,945	6,04	120	0,936	5,99	150	0,930	5,96
Junio	0	0,823	4,54	30	0,831	4,57	60	0,890	4,87	90	0,942	5,15	120	0,954	5,22	150	0,966	5,31
Julio	0	0,839	4,77	30	0,846	4,79	60	0,899	5,08	90	0,943	5,33	120	0,946	5,35	150	0,950	5,38
Agosto	0	0,910	5,36	30	0,908	5,34	60	0,935	5,49	90	0,948	5,56	120	0,915	5,37	150	0,884	5,20
Setiembre	0	1,027	5,06	30	1,010	4,96	60	0,992	4,87	90	0,953	4,67	120	0,867	4,25	150	0,785	3,86
Octubre	0	1,178	5,05	30	1,139	4,87	60	1,063	4,54	90	0,960	4,09	120	0,808	3,45	150	0,666	2,85
Noviembre	0	1,331	4,74	30	1,272	4,53	60	1,134	4,04	90	0,965	3,43	120	0,751	2,67	150	0,553	1,97
Diciembre	0	1,413	5,14	30	1,345	4,88	60	1,173	4,25	90	0,967	3,51	120	0,720	2,61	150	0,495	1,80
PROMEDIO		1,084	5,17		1,059	5,06		1,017	4,92		0,955	4,69		0,847	4,25		0,748	3,84

MES	γ	R	H_T															
Enero	180	0,440	1,59	210	0,526	1,91	240	0,736	2,68	270	0,966	3,51	300	1,152	4,19	330	1,306	4,74
Febrero	180	0,570	2,35	210	0,628	2,59	240	0,789	3,26	270	0,961	3,97	300	1,087	4,49	330	1,183	4,88
Marzo	180	0,713	3,89	210	0,741	4,04	240	0,845	4,62	270	0,956	5,22	300	1,018	5,56	330	1,057	5,77
Abril	180	0,851	5,29	210	0,849	5,29	240	0,898	5,60	270	0,950	5,92	300	0,955	5,95	330	0,944	5,88
Mayo	180	0,953	6,13	210	0,930	5,99	240	0,936	6,04	270	0,945	6,10	300	0,910	5,87	330	0,865	5,57
Junio	180	1,000	5,52	210	0,966	5,35	240	0,954	5,30	270	0,942	5,24	300	0,890	4,95	330	0,831	4,61
Julio	180	0,979	5,56	210	0,950	5,41	240	0,946	5,40	270	0,943	5,39	300	0,899	5,13	330	0,846	4,82
Agosto	180	0,895	5,28	210	0,884	5,23	240	0,915	5,42	270	0,948	5,61	300	0,935	5,54	330	0,908	5,37
Setiembre	180	0,769	3,79	210	0,785	3,88	240	0,867	4,30	270	0,953	4,73	300	0,992	4,92	330	1,010	5,00
Octubre	180	0,619	2,65	210	0,666	2,87	240	0,808	3,49	270	0,960	4,14	300	1,063	4,59	330	1,139	4,90
Noviembre	180	0,475	1,69	210	0,553	1,97	240	0,751	2,68	270	0,965	3,44	300	1,134	4,05	330	1,272	4,54
Diciembre	180	0,400	1,46	210	0,495	1,80	240	0,720	2,63	270	0,967	3,53	300	1,173	4,28	330	1,345	4,90
PROMEDIO		0,722	3,77		0,748	3,86		0,847	4,28		0,955	4,73		1,017	4,96		1,059	5,08

TABLA 2.D- ENERGÍA SOLAR INCIDENTE SOBRE EL PLANO INCLINADO CON $\phi=20$ Y $\beta=30$

MES	γ	R	H_T															
Enero	0	1,325	5,10	30	1,267	4,86	60	1,129	4,32	90	0,962	3,68	120	0,752	2,88	150	0,559	2,14
Febrero	0	1,196	5,15	30	1,155	4,96	60	1,070	4,59	90	0,958	4,11	120	0,801	3,44	150	0,654	2,81
Marzo	0	1,058	5,92	30	1,037	5,79	60	1,006	5,62	90	0,953	5,32	120	0,855	4,77	150	0,761	4,25
Abril	0	0,931	5,82	30	0,928	5,80	60	0,945	5,90	90	0,948	5,92	120	0,907	5,66	150	0,866	5,41
Mayo	0	0,843	5,38	30	0,850	5,41	60	0,901	5,72	90	0,944	5,99	120	0,945	6,00	150	0,946	6,01
Junio	0	0,806	4,38	30	0,817	4,42	60	0,882	4,76	90	0,942	5,08	120	0,962	5,19	150	0,982	5,32
Julio	0	0,822	4,62	30	0,831	4,65	60	0,891	4,98	90	0,943	5,27	120	0,955	5,33	150	0,966	5,41
Agosto	0	0,892	5,26	30	0,893	5,25	60	0,926	5,43	90	0,947	5,55	120	0,923	5,41	150	0,900	5,29
Setiembre	0	1,006	5,04	30	0,992	4,96	60	0,981	4,89	90	0,951	4,74	120	0,876	4,37	150	0,803	4,01
Octubre	0	1,149	5,12	30	1,114	4,95	60	1,048	4,64	90	0,957	4,24	120	0,819	3,63	150	0,690	3,06
Noviembre	0	1,290	4,87	30	1,237	4,67	60	1,113	4,20	90	0,961	3,62	120	0,765	2,89	150	0,584	2,20
Diciembre	0	1,364	5,31	30	1,303	5,07	60	1,148	4,46	90	0,963	3,74	120	0,737	2,86	150	0,531	2,06
PROMEDIO		1,057	5,16		1,035	5,06		1,003	4,96		0,952	4,77		0,858	4,37		0,770	4,00

Cálculo de la energía producida por el sistema o parque fotovoltaico

En la producción de electricidad de un sistema fotovoltaico influyen muchos factores; varios de ellos son las condiciones del lugar, el clima, la geografía y las características del horizonte. A no ser la sombra de un árbol que se pueda cortar, todos esos factores resultan variables independientes, que son muchas veces necesarias conocer, pero que no se pueden cambiar. Sin embargo, hay algunas variables dependientes que se pueden cambiar, tales como la orientación de los módulos, su cantidad y su colocación en el área o campo.

En algunas instalaciones el área no es importante, pero en la mayoría el área es una limitante en la producción de electricidad, principalmente en las ciudades y edificaciones específicas. Pero en todo caso el área tiene un valor que hay que tener en cuenta. En no pocos casos, como ya el área existe, no se tiene en cuenta su valor lo que sin dudas, no es correcto.

Uno de los parámetros que se debe seleccionar es el ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos. En esta selección influyen también varios factores. Diferentes autores recomiendan poner ángulos de inclinación iguales o superiores a 15 grados para mantener la autolimpieza de las instalaciones. Otros autores recomiendan tener en cuenta energéticamente la radiación solar que llega cuando el sol está 15 grados por encima del horizonte.

En este trabajo se ha visto que la inclinación del módulo, dentro de determinados valores, influye poco en la energía ganada durante todo el año, no así en la ganada mensualmente. Por eso, si una instalación está conectada a la red nacional, el ángulo de inclinación no es muy importante, pero si está aislada hay que tenerlo en cuenta.

Otro de los factores importantes es el viento y los ciclones. Mientras el ángulo de inclinación es mayor, mayores serán los efectos del viento.

Por estas razones, y en término general no esquemático, se recomienda una inclinación de 15 grados para insta-

laciones conectadas a la red y de 30 grados para instalaciones aisladas.

En la Figura 2 se puede apreciar el módulo de longitud L sobre el plano horizontal con un ángulo de inclinación β . El punto que da la sombra es el punto superior B y la distancia Z_0 define la distancia que hay que dejar libre en el área horizontal.

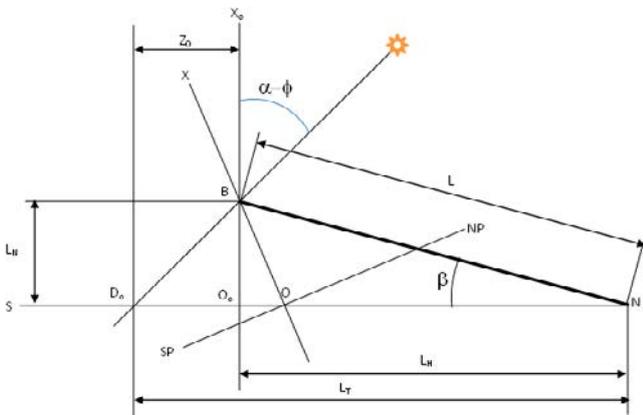


Fig. 2. La sombra del módulo fotovoltaico.

Donde:

L_r : Distancia total de una fila a la otra para que no reciba sombra.

O_0B : Altura del punto B.

D_0 : Sombra de B sobre el plano horizontal.

En la Figura 3 se aprecian los dos sistemas de coordenadas: el XYZ, donde Z indica el Sur polar y Y el Este, así como el sistema $X_0Y_0Z_0$ de referencia local, donde Z_0 indica el Sur local, Y_0 el Este y X_0 el cenit.

Según estos ejes locales, las coordenadas de la sombra sobre el plano horizontal están definidas por:

$$Z_0 = L_N \tan(\alpha - \phi) \quad (17)$$

$$Y_0 = (OB - H) \tan \omega \quad (18)$$

$$\text{donde: } OB = LN / \cos \phi \quad (19)$$

$$H = L_N \sin \phi [\tan \phi + \tan(\alpha - \phi)] \quad (20)$$

$$Y \text{ tan } \alpha = \tan \delta / \cos \phi \quad (21)$$

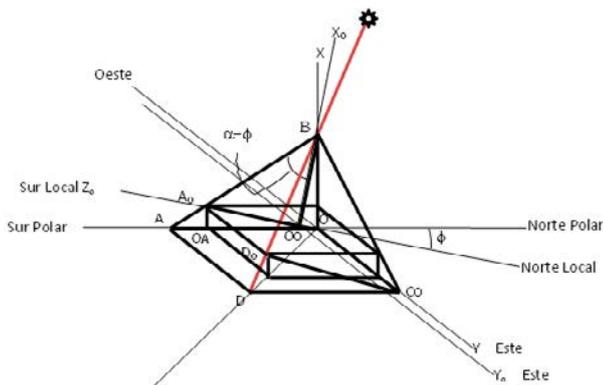


Fig. 3. La sombra en coordenadas locales $X_0Y_0Z_0$

En las condiciones de Cuba, los días críticos de sombra son los cercanos al solsticio de invierno, o sea, al 21 de diciembre.

Con las fórmulas anteriores y el criterio de aprovechar toda la radiación solar que caiga sobre el terreno durante determinadas horas, se puede determinar el coeficiente de aprovechamiento del área de la instalación fotovoltaica.

En la tabla 3 A se dan los valores para La Habana y Santiago de Cuba de los coeficientes de aprovechamiento del área de los sistemas fotovoltaicos acoplados a la red en dependencia del valor del ángulo de azimut de los módulos fotovoltaicos. Se debe seleccionar el número menor de la hora seleccionada para que no le dé sombra.

En la Tabla 3 B se dan los valores también para las mismas latitudes, pero para sistemas independientes que trabajan de forma aislada. En ellos la separación entre filas debe ser un poco mayor y por lo tanto el coeficiente de aprovechamiento del área es un poco menor. Es evidente que a medida que el ángulo de inclinación aumenta, el coeficiente de aprovechamiento del área disminuye significativamente.

Por último, para el cálculo de la energía eléctrica producida por el sistema o parque fotovoltaico, se puede recurrir a la ecuación siguiente:

$$E_{pm} = \eta_s \eta_m dk_{aAsHT} \quad (22)$$

Donde:

E_{pm} es: Energía eléctrica producida por el sistema en un mes determinado.

η_s : Eficiencia del sistema que depende fundamentalmente del equipamiento utilizado, tales como los inversores.

Una eficiencia del sistema de 80 % es aceptable.

η_m : Eficiencia del módulo fotovoltaico en potencia pico (valor de fábrica).

D: Cantidad de días del mes determinado.

k_a : Coeficiente de aprovechamiento del área.

As: Área disponible para la instalación del sistema.

H_r : Energía incidente en el plano del módulo, calculada anteriormente.

A manera de ejemplo se puede observar en la Tabla 4 A la energía producida por un campo fotovoltaico situado en La Habana durante los diferentes meses del año, con inyección a la red eléctrica nacional, o sea, donde los módulos fotovoltaicos están colocados con un ángulo de inclinación de 15 grados y orientados directamente al sur local, esto es, sin azimut. La producción anual en dicho campo es de 1,6 GWh.

En la Tabla 4 B se dan los valores de la energía eléctrica producida por un campo de una hectárea situado en La Habana durante los diferentes meses del año, que trabaja aisladamente. En este caso, los módulos se han orientado con un ángulo de inclinación de 30 grados para favorecer la producción de invierno, por lo que el aprovechamiento del terreno es inferior.

Tabla 4 A. Energía eléctrica producida por un campo fotovoltaico de una hectárea

ϕ	Mes	β	γ	k_a	A_s	H_T	Producción
23	Enero	15	0	0,7	100 000	4,399	114,545
23	Febrero	15	0	0,7	100 000	4,714	122,764
23	Marzo	15	0	0,7	100 000	5,833	151,894
23	Abril	15	0	0,7	100 000	6,215	161,845
23	Mayo	15	0	0,7	100 000	6,094	158,690
23	Junio	15	0	0,7	100 000	5,105	132,933
23	Julio	15	0	0,7	100 000	5,315	138,401
23	Agosto	15	0	0,7	100 000	5,757	149,925
23	Setiembre	15	0	0,7	100 000	5,131	133,608
23	Octubre	15	0	0,7	100 000	4,802	125,039
23	Noviembre	15	0	0,7	100 000	4,267	111,111
23	Diciembre	15	0	0,7	100 000	4,506	117,333
23	Total					5,178	1618,088

Tabla 4 B. Energía eléctrica producida por un campo fotovoltaico de una hectárea

ϕ	Mes	β	γ	k_a	A_s	H_T	Producción
23	Enero	30	0	0,6	100 000	4,985	111,261
23	Febrero	30	0	0,6	100 000	5,071	113,187
23	Marzo	30	0	0,6	100 000	5,902	131,726
23	Abril	30	0	0,6	100 000	5,898	131,650
23	Mayo	30	0	0,6	100 000	5,530	123,419
23	Junio	30	0	0,6	100 000	4,537	101,270
23	Julio	30	0	0,6	100 000	4,767	106,404
23	Agosto	30	0	0,6	100 000	5,363	119,695
23	Setiembre	30	0	0,6	100 000	5,061	112,967
23	Octubre	30	0	0,6	100 000	5,062	112,975
23	Noviembre	30	0	0,6	100 000	4,770	106,460
23	Diciembre	30	0	0,6	100 000	5,184	115,713
23	Total					5,177	1386,727

En el próximo número se analizarán diferentes variantes de colocación de los módulos fotovoltaicos, entre ellas los colocados sobre naves a dos aguas.

Bibliografía

STOLIK NOVYGRD DANIEL (2019). *Energía fotovoltaica para Cuba*. La Habana: Ed. Cubasolar.
 BÉRRIZ PÉREZ, LUIS Y MANUEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ (2018). *Cálculo de la distancia entre filas de paneles solares fotovoltaicos*. *Eco Solar*, No. 64: abr.-jun., 2018. La Habana: Ed. Cubasolar.

BÉRRIZ PÉREZ, LUIS; MANUEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ, WILFREDO PÉREZ BERMÚDEZ Y JESÚS MIGUEL IGLESIAS FERRER (2016). *Manual de calentadores solares*, 2da. edición. La Habana: Ed. Cubasolar.
 BÉRRIZ PÉREZ, LUIS Y MANUEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ (2004). *Influencia del ángulo de inclinación de una superficie captadora solar sobre la radiación incidente*. *Eco Solar*, No. 8: abr.-jun., 2004. La Habana: Ed. Cubasolar.
 DUFFIE J. A. AND W. A. BECKMAN (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2nd edn. New York: Wiley Interscience.

CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Por J. Emilio Camejo,* H. Rivas Prieto,* R. Ramos Heredia* y R. Proenza Yero*

*Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES), Santiago de Cuba.

E-mail: jcamejo@cies.cu

Resumen

Se presentan los resultados de la evaluación eléctrica de una muestra de 29 módulos fotovoltaicos de Si-policristalino de potencia pico 240 Wp, modelo DSM-240-C, instalados en un generador fotovoltaico (GFV) conectado a la red. Los resultados de la evaluación de la potencia presentan como promedio que la potencia real medida (222,96 Wp) es 8,6 % inferior al valor Flash declarado por el fabricante.

Palabras clave: Módulos fotovoltaicos, Si-policristalino.

ELECTRICAL CHARACTERIZATION OF PHOTOVOLTAIC MODULES

Abstract

We present the results of the electrical characterization of a sample of 29 Si-polycrystalline photovoltaic modules of pico power 240 Wp, model DSM-240-C, connected the grid. The results of the evaluation of the power of these modules present as average that the actual power measured (222.96 Wp) is 8.6% lower than the Flash value declared by the manufacturer.

Key words: Photovoltaic modules, Si-polycrystalline.

Introducción

Hoy en día, el control de calidad de las instalaciones fotovoltaicas se basa cada vez más en condiciones estándar de medida (CEM), conocida también por sus siglas en inglés STC, de potencia de muestras de módulos fotovoltaicos individuales, realizados en laboratorios especializados antes de su instalación en el campo. Esto asegura la potencia inicial entregada por el fabricante fotovoltaico, pero no excluye las nuevas ocurrencias de fenómenos no deseados, como la degradación inicial de luz, puntos calientes, «polarización», etc., que también forma parte de la realidad sobre el terreno [Martínez Moreno, Lorenzo, Muñoz y Moretón, 2011]. Por otra parte, no permite el control de las pérdidas de energía debido a la suciedad, mala adaptación y el cableado. Este marco favorece el florecimiento de importantes disparidades entre la efectividad de la potencia en CEM y la potencia nominal del generador fotovoltaico, que no

es más que la suma de la potencia CEM de los módulos, dada por sus fabricantes.

Este estudio aborda la experiencia del Centro de Investigaciones de Energía solar (CIES) en la caracterización eléctrica de módulos fotovoltaicos (FV) y consistió en evaluar la potencia eléctrica de una muestra de 29 módulos fotovoltaicos (FV) de Si-policristalino de potencia pico 240 Wp, a partir del trazado de la curva I-V y su corrección a las CEM bajo las condiciones ambientales características de la zona, donde confluyen de manera conjunta altos niveles de radiación solar, temperatura ambiente y humedad relativa, según lo establecido en la Norma IEC (del inglés International Electrotechnical Commission).

Desarrollo

El generador fotovoltaico (GFV) se encuentra ubicado en las coordenadas siguientes: Latitud: 20° 00' 75" y longitud: 75° 77' 07".

Las mediciones se realizaron con un trazador de curva I-V, comercial, marca HT, modelo I-V 400 fabricado por HT Instruments [https://HT-instruments.com], el cual permite de forma directa la obtención de la curva I-V y las características de sus principales parámetros eléctricos. Este Trazador de Curva permite medir hasta un máximo de 1000 V y 10 A, con una exactitud de $\pm 2\%$. Las curvas I-V obtenidas se corrigen según la norma EC-60891, 2006, que establece que estas deben hacerse solo cuando la irradiancia total no fluctúe en más de $\pm 1\%$ durante la medición y sea superior a 700 W/m^2 .

La medida de irradiancia incidente se realizó con una célula de referencia modelo HT304, de la misma tecnología y material de los módulos FV, colocada de forma coplanar al módulo FV y la temperatura de la célula, mediante una termorresistencia, modelo PT300N, colocada en el centro de la parte trasera de cada módulo FV evaluado. Ambos dispositivos auxiliares forman parte del trazador de curva comercial, modelo I-V 400, cuyas características principales son las siguientes:

1. Sensor de irradiancia.

Célula de referencia, modelo HT304, marca HT

- Tecnología: Si- policristalino
- Sensibilidad de la celda: 28.9 mV/kW/m^2
- Coeficiente de temperatura I_{sc} : $0.06\%/^{\circ}\text{C}$.
- Rango de operación: $50 - 1400\text{ W/m}^2$.
- Precisión: $\pm 3\%$.
- Campo [mV]: $1.0 \div 100,0$.
- Resolución [mV]: $0,1$.
- Incertidumbre: $\pm (1,0\% \text{ lectura} + \text{cinco dígitos.})$.

2. Sensor de temperatura.

- Termorresistencia modelo: PT300N.
- Sensibilidad: $3,85\ \Omega/^{\circ}\text{C}$.
- Precisión: $\pm 1\ ^{\circ}\text{C}$.
- Campo [$^{\circ}\text{C}$]: $-20 \pm 100,0$.
- Resolución [$^{\circ}\text{C}$]: $0,1$.
- Incertidumbre: $\pm (1,0\% \text{ lectura} + 1\ ^{\circ}\text{C})$.

Los módulos FV evaluados están compuestos por 60 celdas solares de Si-policristalino de formato $156\text{ mm} \times 156\text{ mm}$, conectadas en serie. El arreglo de celdas solares se encuentra encapsulado en el interior de dos láminas de EVA (Etilen Vinil Acetato), insertado a la vez entre un vidrio templado con un espesor de $3,2\text{ mm}$ por la parte frontal y por el dorso una lámina multicapas con excelentes propiedades eléctricas, químicas y mecánicas, la cual garantiza la protección del módulo FV y una adherencia perfecta con el EVA (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características eléctricas del módulo FV

MÓDULO SOLAR DSM-240-C	
Potencia nominal [Wp]	240
Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mp}) [A]	8,18
Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{mp}) [V]	29,8
Corriente de corto circuito (I_{sc}) [A]	8,54
Voltaje a circuito abierto (V_{oc}) [V]	37,0
Tolerancia [W]	± 3

Resultados

Evaluación de potencia eléctrica

Durante las mediciones, la irradiancia (G) se comportó entre 799 y 1160 W/m^2 , alcanzando temperatura máxima en la célula (T_c) de los módulos FV de $63,9\ ^{\circ}\text{C}$ y mínima de $48,0\ ^{\circ}\text{C}$.

La Tabla 1, muestran los valores medidos de potencia, irradiancia y temperatura del módulo FV, el porcentaje de error entre la potencia Flash dada por el fabricante y la potencia en CEM, en 29 módulos FV.

De la Tabla 2 se deriva que en promedio la potencia eléctrica en CEM ($222,96\text{ Wp}$) de los 29 módulos FV evaluados es $8,6\%$ inferior al valor de potencia Flash declarada por el fabricante. La Figura 1 muestra el gráfico de dispersión de las medidas de potencia Flash y CEM.

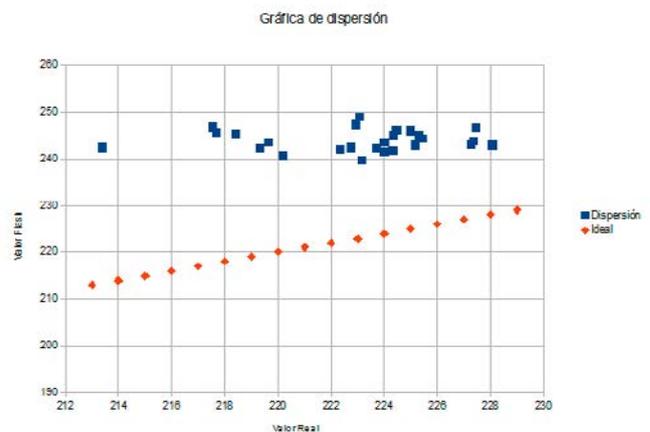


Fig. 1. Gráfico de dispersión de las medidas Flash y en CEM.

En el gráfico de dispersión la línea diagonal (rombos) representa los valores ideales, en el que la potencia Flash es igual a la potencia real en CEM y en cuadrados la dispersión de los valores reales en CEM. En el análisis del gráfico observamos que si los valores de la dispersión se encuentran por debajo de la línea diagonal, ello indica que los valores reales en CEM son mayores que los valores Flash y por el contrario si los valores reales en CEM se encuentran por encima de la diagonal, lo que indica que se encuentran por debajo del valor Flash, como es evidente en el análisis realizado.

Las curvas I-V obtenidas bajo condiciones reales de operación son extrapoladas a CEM (IEC Standard-60891) acorde con los procedimientos y su corrección por temperatura, por valores proporcionados por el fabricante de los módulos FV. La Figura. 2 muestra las curvas I-V de dos módulos FV seleccionados, para las cuales fueron escogidas:

- a. Peor valor de potencia nominal obtenida, correspondiente al módulo FV con número de serie 1309202434.
- b. Mejor valor de potencia nominal obtenido, correspondiente al módulo FV con número de serie 1308202173 y su extrapolación a CEM de conformidad con la nor-

Caracterización eléctrica de módulos fotovoltaicos

ma IEC 60891 utilizando los coeficientes de corriente y tensión de temperatura, $\alpha = 0,065 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ y $\beta = -0,34 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Los datos de potencia Flash y CEM de estos módulos FV pueden observarse en la Tabla 1.

I-V OPC, representación gráfica del módulo FV, trabajando bajo condiciones normales de operación. *I-V Nomi-*

nal, representación gráfica del módulo FV, como si trabajasen a 25°C y $1000 \text{ W}/\text{m}^2$.

I-V CEM, representación gráfica del módulo FV, trabajando bajo condiciones normales de operación y corregido a las CEM, (25°C y $1000 \text{ W}/\text{m}^2$).

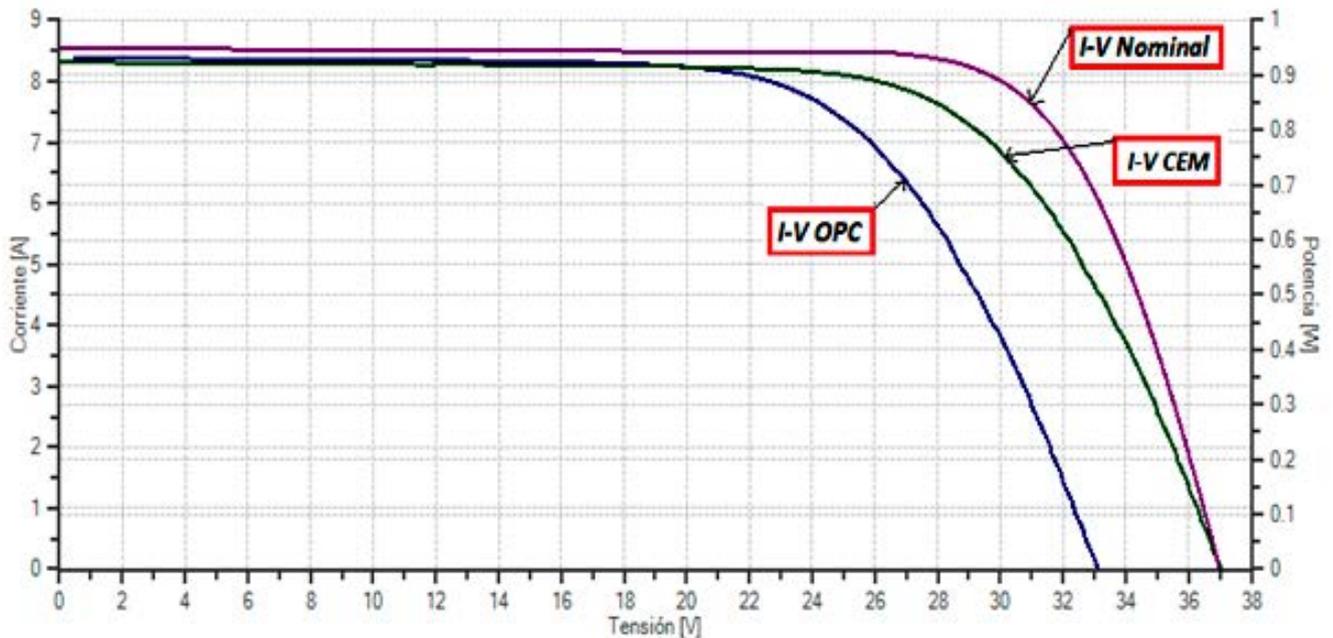


Fig. 2 a). Curva I-V del módulo medido con peor valor de potencia nominal.

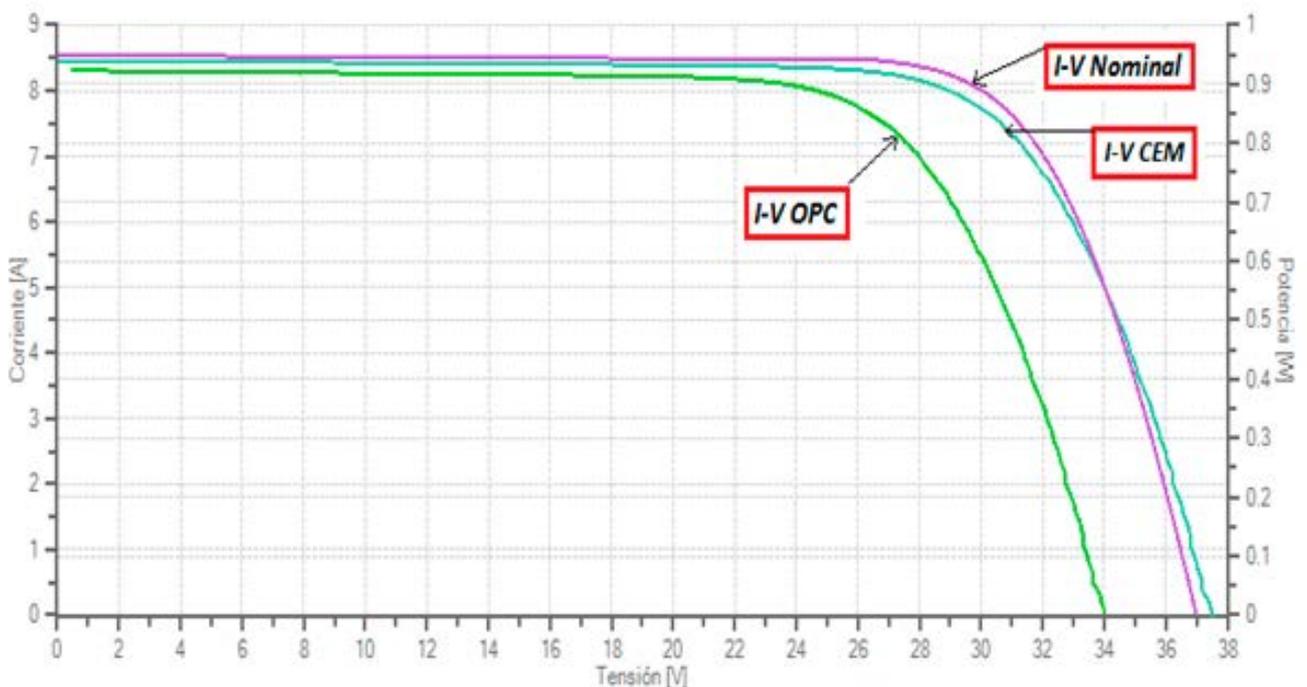


Fig. 2 b). Curva I-V del módulo medido con mejor valor de potencia nominal.

Tabla 1. Valores medidos de potencia, irradiancia y temperatura del módulo FV

No. de serie	P máx. (Wp)	Irradiancia (W/m ²)	Temp. Módulo (°C)	CEM (Wp)	Flash (Wp)	% de error
1309202228	181,24	897	54,1	225,00	245,98	-8,53
1308202138	209,24	1062	50,1	219,33	242,34	-9,49
1308201493	203,76	1033	55,0	224,01	243,48	-8,00
1308201908	200,56	1024	56,3	223,56	245,31	-8,87
1308202196	227,79	1160	56,0	227,45	246,61	-7,77
1306201489	217,11	1063	48,3	225,31	245,01	-8,04
1306802182	197,35	969	50,8	225,42	244,34	-7,74
1308202164	201,65	965	52,7	219,65	243,61	-9,84
1308201360	195,92	978	48,1	224,32	241,71	-7,19
1308201164	205,67	1020	51,1	222,35	241,96	-8,10
1308201368	204,10	1021	50,9	228,08	242,93	-6,11
1308200356	207,29	1006	51,2	223,16	239,76	-6,92
1308203472	210,02	1034	48,0	223,70	242,28	-7,67
1308202161	177,40	889	54,6	225,16	242,88	-7,30
1308203492	188,97	938	52,7	220,20	240,78	-8,55
1308202201	206,42	1016	49,9	227,28	242,99	-6,47
1309202434	198,43	1011	52,9	213,39	242,38	-11,96
1309202491	203,11	1003	53,2	223,07	248,92	-10,38
1309202411	182,74	1016	63,9	227,36	243,80	-6,74
1309202473	203,38	1026	53,6	224,46	246,22	-8,84
1309202459	164,94	799	54,3	224,35	245,09	-8,46
1309202450	166,39	823	55,1	222,75	242,35	-8,09
1309202457	169,89	834	53,7	224,00	241,48	-7,24
1309202431	172,06	861	55,5	217,55	246,80	-11,85
1309202433	174,65	865	55,0	217,69	245,54	-11,34
1309202452	183,01	935	52,6	218,42	245,33	-10,97
1309202425	180,45	958	60,1	222,93	247,30	-9,85
1308202173	190,37	992	55,7	231,97	244,50	-5,12
1308207466	217,58	1107	54,4	223,59	242,50	-7,80
Promedio	194,53	976	53,4	222,96	245,13	-8,6

Conclusiones

Los 29 módulos FV evaluados, en promedio la potencia real medida (222.96 Wp) es un 8,6 % inferior al valor Flash declarado por el fabricante, de lo que se infiere que esta diferencia puede interpretarse como un indicador de mala calidad de los módulos fotovoltaicos.

Bibliografía

<https://HT-instrumens.com>

IEC STANDARD 60904-1, (2006). Photovoltaic Devices. Part 1: Measurements of Photovoltaic Current–Voltage Characteristics. International Electrotechnical Commission.

IEC STANDARD-60891,(2009). Photovoltaic Devices. Procedures for Temperature and Irradiance Corrections to Mea-

sured I–V Characteristics. International Electrotechnical Commission.

MARTÍNEZ-MORENO, F.; E. LORENZO, J. MUÑOZ and R. MORENTÓN (2011). On the testing of large PV arrays. PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS: Res. Appl. 2011.

SPERTINO F, ABETE A, NAPOLI R. (2006). Experimental testing of grid-connected PV Systems with different power in order to assess the yearly energy production. 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2312–2315, Dresden, Germany

Recibido: 14 de junio de 2018.

Aceptado: 25 de septiembre de 2018.

DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN CON COMBUSTIBLE EN ACEITES LUBRICANTES UTILIZADOS EN ÓMNIBUS DAEWOO

Por Dr. C. Andrés Frank Paz Menéndez* y M.Sc. Enrique Viant Garrido**

*Dirección de Tecnología, Etecsa, Cuba.

E-mail: andres.paz@etecsa.cu

**Cubaenergía, Aenta, Citma Cuba.

E-mail: eviant@cubaenergia.cu

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de los análisis de las propiedades físicoquímicas de los aceites usados en los ómnibus Daewoo para determinar la contaminación con combustible diésel. Como resultado de esta investigación, se realizaron acciones correctivas en las bombas de inyección de estos ómnibus para reducir el consumo del aceite lubricante y con ello disminuir los costos en mantenimiento de estos vehículos.

Palabras clave: Contaminación diésel; aceites lubricantes; ómnibus, Daewoo.

IDENTIFYING THE DIESEL POLLUTION IN LUBRICANTS OILS USED IN DAEWOO BUSES

Abstract

This paper shows the results from the assessment of physicochemical properties of oils used in Daewoo buses to find out the diesel pollution. As a positive effect of this research, corrective actions in these fuel injection pumps of these buses were carried out in order to reduce this oil consumption.

Key words: Diesel pollution; lubricants oils; Daewoo buses.

Introducción

El monitoreo de los aceites es una de las herramientas más valiosas que el ingeniero de mantenimiento tiene a su disposición con la finalidad de alargar la vida útil de los equipos mecánicos. Las diferentes técnicas para el monitoreo periódico de los aceites usados, como el análisis físico-químico, la espectrofotometría por emisión atómica, el conteo de partículas y la ferrografía permiten evaluar el estado del aceite para su cambio oportuno y el grado de desgaste de los diferentes mecanismos del equipo, el cual si es anormal permitirá implementar acciones correctivas que eviten la parada no programada, o en caso contrario trabajar con confiabilidad y cuantificar la vida real del servicio del equipo.

Los análisis de aceites usados proporcionan información sobre su estado, el nivel de contaminación con partículas sólidas o combustible, la relación de la viscosidad con la temperatura, el contenido de aditivos, el nivel de deterioro del aceite usado, el nivel de desgaste mecánico

de las superficies metálicas que se lubrican y las materias orgánicas presentes.

Las propiedades físicoquímicas y pruebas más utilizadas para determinar la degradación y contaminación del aceite son: viscosidad cinemática a 40 y 100 (°C), el número básico total (TBN, por sus siglas en Inglés), punto de inflamación, contenido de agua en el aceite y contaminación con combustible.

Esta investigación tiene como antecedentes trabajos presentados por el autor durante los años 2001-2011 [Paz, 2001, 2006, 2011; Paz, Trejo y Carvajal, 2003; Paz, Bonet y Pérez, 2003]. En estos se determinaron las propiedades físicoquímicas que varían cuando hay presencia de combustible en el aceite lubricante usado.

El objetivo principal del trabajo es la evaluación de las propiedades físicoquímicas de los aceites lubricantes usados en los motores de los ómnibus Daewoo, para determinar la contaminación con combustible diésel.

Metodología

El procedimiento que se debe seguir para esta investigación consta de tres fases:

1. Selección de los vehículos como objeto de estudio.
2. Selección de la frecuencia de extracción de muestras.
3. Extracción de las muestras y envío para el Laboratorio de Análisis Químico SETECNA.

A continuación se detallan los aspectos más importantes de las tres fases.

1ra. Fase: Se realiza la selección de los vehículos que serían objeto de estudio, se decide emplear cinco

ómnibus Daewoo, modelo BS-106, que pertenecen al Transporte colectivo de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (Etecsa). Estos ómnibus son los que componen mayoritariamente la flota de transporte colectivo, y la cantidad seleccionada se corresponde con 50 % del total de equipos.

2da. Fase: Se hace necesario fijar la frecuencia de extracción de las muestras. Se considera realizar la extracción de las muestras de aceite usado en el momento en que se extrae el aceite usado a 5000 km (recomendación del fabricante). Esta consideración es debido a que no existen estudios anteriores de muestreo de aceite usado en estos vehículos.

3ra. Fase: En esta fase, de las condiciones para la extracción de las muestras, se tiene en cuenta la experiencia acumulada del autor en otros tipos de vehículos: autos ligeros, camiones y locomotoras.

Se tomaron muestras de aceites usados del cárter del motor y muestras de aceite nuevo, para analizar el nivel de contaminación y degradación.

Por otra parte, se hace necesario conocer el tipo de aceite (si es monogrado o multigrado), quién lo suministra y contar con los recipientes para el envío de las muestras al laboratorio.

Todas las muestras de aceite de motor son aceite multigrado 15 w/40 suministrados por la compañía Castrol. Estas fueron extraídas del cárter del motor en el Taller Central Automotriz de la empresa mencionada anteriormente antes de realizar el cambio de aceite.

Las muestras se depositan en recipientes de 500 mL.

Para esta investigación se efectuaron las siguientes pruebas en el Laboratorio Químico SETECNA: viscosidad cinemática a 40 °C y 100 °C (por el método IP 71 ASTM D 445), el índice de viscosidad (por el método IP 226 ASTM D 2270), el punto de inflamación por el método IP 34 ASTM D93), el número básico total por el método IP 276 ASTM D 2896 y el porcentaje de dilución con combustible diésel.

Considerando la experiencia en trabajos anteriores, solo se hace la solicitud de la prueba de determinación del porcentaje de dilución con combustible diésel si hay disminuciones considerables de las viscosidades y del punto de inflamación.

Las pruebas o ensayos de laboratorio que se efectuaron en el mencionado laboratorio cumplen con los procedimientos internacionales de las normas ASTM (por sus

siglas en inglés), establecidas por la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

Resultados y discusión

En las Tablas (1-5) se presentan los resultados experimentales obtenidos.

Antes de realizar el análisis de los resultados obtenidos se deben establecer los límites condenatorios utilizados por Fygueroa para evaluar las propiedades fisicoquímicas y los contaminantes presentes en los aceites usados. Los límites condenatorios son los valores límites para recomendar el cambio de los aceites en uso. Se considera utilizar estos límites condenatorios teniendo en cuenta que los valores sugeridos por el autor anteriormente mencionado representan el valor promedio con relación a otros reportados por otros autores. Los límites condenatorios utilizados en esta investigación fueron:

1. Viscosidad cinemática a (40 y 100) °C. Es permisible una disminución de un 25 % y un aumento de 30 % de su valor inicial.
2. TBN: Es permisible hasta una disminución de un 60 % con relación a su valor nominal.
3. Punto de inflamación: permisible una disminución hasta un valor de 180 °C o una disminución de 30 %.
4. Dilución por combustible diésel: es permisible una disminución de 5 % en volumen.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del aceite 15 w/40 en el ómnibus 513

Ensayos	UM	Aceite nuevo	A.U
Viscosidad cinemática a 40 °C	(mm ² /s)	132,41	135,97
Viscosidad cinemática a 100 °C	(mm ² /s)	15,38	14,35
Índice de viscosidad	---	120	104
Punto de inflamación	°C	216	222
Número básico total (TBN)	(mg KOH/g)	11,95	5,28
Dilución con combustible diésel	%	---	1,0

Leyenda: UM- unidad de medida.

A.U- aceite usado.

Fuente: Andrés Frank Paz Menéndez.

El análisis de los resultados obtenidos en los ensayos realizados al ómnibus 513 permite observar, en la Tabla 1, que las disminuciones de las viscosidades cinemáticas no son de consideración con respecto a los valores del aceite nuevo. Esto significa que no hay presencia de materias sólidas que incrementen las viscosidades cinemáticas ni de combustible, que provocaría una disminución de estas viscosidades.

El único parámetro del aceite que ha disminuido es el TBN, pero como la disminución es de 55 % se podría seguir utilizando hasta que se incremente la disminución a 60 %.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas del aceite 15 w/40 en el ómnibus 514

Ensayos	UM	Aceite nuevo	A.U
Viscosidad cinemática a 40 °C	(mm ² /s)	132,41	85,28
Viscosidad cinemática a 100 °C	(mm ² /s)	15,38	12,20
Índice de viscosidad	---	120	138
Punto de inflamación	°C	216	204
Número Básico Total (TBN)	(mg KOH/g)	11,95	7,59
Dilución con combustible diésel	%	---	8,0

Fuente: Andrés Frank Paz Menéndez.

Con relación a los resultados de los ensayos realizados al Ómnibus 514 se puede apreciar en la Tabla 2 las disminuciones de las viscosidades cinemáticas. La viscosidad a 40°C disminuyó a 36 %, y la viscosidad a 100 °C disminuyó a 21 %. Teniendo en cuenta nuestra experiencia y los resultados reportados por otros autores en la literatura internacional, se hace necesario analizar el punto de inflamación. Como este punto ha disminuido se solicitó al laboratorio determinar el porcentaje de dilución con combustible diésel.

El porcentaje de dilución es de 8 %, por lo que se sugirió al Taller la revisión del sistema de alimentación de combustible, dado que esta dilución hace que se incremente el consumo del aceite.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas del aceite 15 w/40 en el ómnibus 515

Ensayos	UM	Aceite nuevo	A.U
Viscosidad cinemática a 40 °C	(mm ² /s)	132,41	87,36
Viscosidad cinemática a 100 °C	(mm ² /s)	15,38	12,00
Índice de viscosidad	---	120	130
Punto de inflamación	°C	216	202
Número básico total (TBN)	(mg KOH/g)	11,95	9,48
Dilución con combustible diésel	%	---	8,0

Fuente: Andrés Frank Paz Menéndez.

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas del aceite 15 w/40 en el ómnibus 516

Ensayos	UM	Aceite nuevo	A.U
Viscosidad cinemática a 40 °C	(mm ² /s)	132,41	114,43
Viscosidad cinemática a 100 °C	(mm ² /s)	15,38	13,28
Índice de viscosidad	---	120	112
Punto de inflamación	°C	216	212
Número básico total (TBN)	(mg KOH/g)	11,95	10,59
Dilución con combustible diésel	%	---	3,0

Fuente: Andrés Frank Paz Menéndez.

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas del aceite 15 w/40 en el ómnibus 517

Ensayos	UM	Aceite nuevo	A.U
Viscosidad cinemática a 40 °C	(mm ² /s)	132,41	86,83
Viscosidad cinemática a 100 °C	(mm ² /s)	15,8	12,51
Índice de viscosidad	---	120	141
Punto de inflamación	°C	21	196
Número básico total (TBN)	(mg KOH/g)	11,95	10,0
Dilución con combustible diésel	%	---	8,0

Fuente: Andrés Frank Paz Menéndez.

Conclusiones

Se realizó la evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los aceites lubricantes usados para determinar la contaminación del aceite con combustible diésel, cumpliendo el objetivo principal de este trabajo.

Se determinó la relación que existe entre las propiedades determinadas y la contaminación.

Como aspectos positivos de los resultados de esta investigación se realizó la sustitución y reparación de las bombas de inyección de combustible diésel, disminuyendo los altos consumos de aceite algunos de los ómnibus.

Bibliografía

- ALBARRACÍN, P. (1993) *Tribología y lubricación industrial y automotriz*. Tomo I, 2da. edición, Colombia.
- FYGUEROA, S. (1997). «Técnicas de análisis de aceite empleadas en el mantenimiento de los motores diésel». Consejo de Publicaciones, Universidad de los Andes, Venezuela.
- PAZ, A. (2001). «Diagnóstico de motores diésel a partir del estado del lubricante». 6^o Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas.
- PAZ, A. (2006). «La regeneración de aceites lubricantes usados una tecnología para la industria en Cuba». IV Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica.
- PAZ, A. (2011). «Selección de los lubricantes y su aplicación en el diagnóstico de los motores de combustión interna». V Taller Nacional de Portadores Energéticos.
- PAZ, A.; C. BONET y J. PÉREZ (2007). «Diagnóstico técnico a motores diésel a partir de la aplicación de los análisis de aceites». Revista *Transporte, Desarrollo y Medio Ambiente*, vol. 27: 57-60.
- PAZ, A.; A. TREJO e I. CARVAJAL (2003). «Evaluación experimental de aceites automotrices nuevos, usados y regenerados mediante la extracción supercrítica». VII Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas.

Recibido: 14 de junio de 2018.

Aceptado: 25 de septiembre de 2018.

INTENSIFICACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR MEDIANTE PERTURBACIÓN DE FLUJO EN ALETAS

Por Ing. Jorge Luis Verdecia Rodríguez*

*Ceter, Ave. 114, # 11901, e/ Ciclo vía y Rotonda, Marianao, La Habana.

E-mail: jverdecia@gmail.com

Resumen

En este artículo se realiza un estudio de un intercambiador de calor con tubos circulares dispuestos en línea y aletas lisas. El objetivo es intensificar la transferencia de calor en el intercambiador de calor con esta configuración utilizando generadores de vórtices colocados sobre la superficie de las aletas. Para ello se realiza un estudio de diferentes localizaciones del generador de vórtices, buscando el que mayor impacto tuviera sobre el traspaso de calor. Conocida la mejor localización entre las estudiadas se procedió a variar el ángulo de ataque y la razón de su aspecto, estudiando el comportamiento bajo estas nuevas condiciones. Finalmente, el generador de vórtices (GVs) con un ángulo de ataque de 45° y razón de aspecto igual a dos resultó ser el que produjo mayor transferencia de calor. Los valores que se obtuvieron de la intensificación de la transferencia de calor estuvieron entre 0,31 % y 3,92 %, mientras que la caída de presión aumentó entre 2,55 % y 26,85 %. Como conclusión más significativa de este trabajo se obtuvo que la inclusión de GV's sobre la aleta aumenta la transferencia de calor, así como las pérdidas de presión, cuando se comparan con la aleta en configuración lisa.

Palabras clave: Tubos en línea, intensificación de la transferencia de calor, generadores de vórtices.

ENHANCEMENT OF HEAT TRANSFER USING FLOW DISTURBANCES IN HEAT EXCHANGERS

Abstract

In this work was carried out the study of a heat exchanger with the tubes in line configuration and smooth fins. The aim is to intensify heat transfer in the finned tube heat exchanger with in-line configuration using vortex generators punched on the fin's surface. Several positions of the generator were investigated, looking for the one which produces the highest heat transferred. Knowing the best location of the vortex generator were varied the angle of attack and the aspect ratio and its performance was studied. Vortex generators having angle of attack of 45° and a aspect ratio of 2 was responsible for the highest heat transferred. An enhancement heat transfer ranging from 0,31 % to 3,92 % was found, while the pressure drop increased from 2,55 % up to 26,85 %. The inclusion of vortex generators on the fin increases the heat transfer, as well as the pressure losses, when compared with the fin in smooth configuration.

Key words: In-line tubes, enhancement of heat transfer, vortex generators.

Introducción

Los intercambiadores de calor son dispositivos usados para transferir calor entre dos o más fluidos, existiendo, en muchos casos, un fluido que se calienta y otro que se enfría, así como una determinada parte del calor que se pierde en los alrededores.

Los intercambiadores de calor compactos son comúnmente usados en los procesos de ventilación, calentamiento, refrigeración y también de aire acondicionado (HVACR), debido a su economía, facilidad de construcción y operación.

Los más empleados son el de tubos aletados y el de placas. La configuración de la aleta puede ser rectangular

o circular, continua o individual. Por otro lado, la geometría de los tubos puede ser circular, plana u oval. Durante la operación de los equipos de enfriamiento de aire, parte o toda la superficie de la aleta puede estar cubierta por una película de agua producida por la condensación del vapor de agua en la corriente de aire entrante.

El área de superficie de transferencia de calor por unidad de volumen es a menudo usada como una medida de la compacticidad de un intercambiador de calor. Si esta relación excede $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$, el intercambiador es comúnmente referido como un intercambiador de calor compacto. Estos equipos son de gran interés por varias razones, como son: poseer una alta eficiencia, permitir la recuperación de importantes cantidades de energía entre las corrientes de procesos y ser más versátiles en términos del número de corrientes de proceso que pueden ser manejadas.

Algunos intercambiadores de calor compactos pueden manejar únicamente dos corrientes [B.y Mascone, 1991], otros pueden manejar cuatro o más con facilidad [K. Liu, 1998]. Entre los aspectos estudiados con respecto a los intercambiadores de calor está poco claro el efecto hidrodinámico de la película del líquido cuando existe condensación del lado del aire. En ocasiones la película aumenta y en otras disminuye el coeficiente de transferencia de calor. Por otro lado, el factor de fricción siempre aumenta ante la presencia de condensado. Los resultados reportados en la literatura generalmente indican que el coeficiente de transferencia de calor aumenta cuando la superficie está húmeda, mientras otros reportan la tendencia opuesta. El efecto de elementos perturbadores de la corriente fluida es comúnmente empleado buscando intensificar la transferencia de calor, aunque esto último aumenta la caída de presión a lo largo del intercambiador.

Intercambiadores de calor, superficies extendidas y generadores de vórtices

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, separados por una barrera o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, el acondicionamiento de aire, la producción de energía y el procesamiento químico. Un intercambiador típico es el radiador del motor de un automóvil, en el que el fluido refrigerante, calentado por la acción del motor, se refrigera por la corriente de aire que fluye sobre él y, a su vez, reduce la temperatura del motor volviendo a circular en su interior [Y. B. Cubás, 2013].

El término superficie extendida se usa normalmente con referencia a un sólido que experimenta transferencia de energía por conducción dentro de sus límites y transferencia de energía por convección (y/o radiación) entre sus límites y los alrededores.

Existen muchas situaciones diferentes que implican efectos combinados de conducción y convección. La aplicación más frecuente es aquella en la que se usa una superficie extendida de manera específica para aumentar la cantidad de calor transferido entre un sólido y un fluido contiguo. Esta superficie extendida se denomina comúnmente aleta.

Los generadores de vórtices no aumentan significativamente el área de la superficie de traspaso de calor de

la aleta, pero aumentan el coeficiente de transferencia de calor, creando vórtices longitudinales que promueven el intercambio de calor entre la superficie sólida y el fluido, generalmente un gas.

Los generadores de vórtices son un tipo relativamente nuevo de dispositivo que mejora el traspaso de calor en los intercambiadores de calor compactos. Un óptimo lugar para su colocación, o el número óptimo de ellos, aún no ha sido logrado. Existen muchas variantes o posibilidades en cuanto a ubicación y cantidad de GV's. Adicionalmente pueden ser variados el ángulo de ataque, la razón de aspecto, y/o la disposición relativa entre generadores de vórtices (GV's).

Los GV's, entre otros, existen en forma de alas delta o medias alas delta. También existen generadores de vórtices con formas rectangulares, que pueden ser montados o troquelados directamente sobre la placa o aleta, a fin de que incidan sobre la dirección principal del fluido con determinado ángulo de ataque, aunque el sentido del flujo se mantenga. Si el borde de salida de un generador de vórtices está pegado a la placa es llamado ala delta, mientras que cuando la cuerda está pegada a la placa se les denomina media ala delta. La Figura 1 presenta variantes de generadores de vórtices rectangulares y triangulares y cómo son dispuestos sobre la placa o aleta, en relación con el flujo principal. La figura permite aclarar lo relacionado con el nombre de los GV's triangulares.

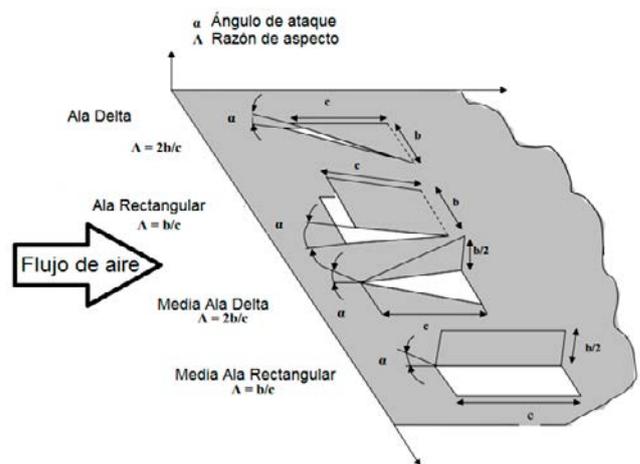


Fig. 1. Diferentes geometrías de los generadores de vórtices.

Los GV's inducen vórtices con ejes de rotación longitudinales que siguen la misma dirección del flujo. Los vórtices se desarrollan a lo largo del borde del generador, producidos debido a la diferencia de presiones entre la superficie delantera enfrentada al flujo y la superficie trasera de este. Generalmente se reconocen tres vórtices longitudinales diferentes: el principal, el de esquina y el inducido (Fig. 2).

Los vórtices son llamados longitudinales porque sus ejes de rotación están alineados con la dirección de flujo principal –como se puede apreciar en la Figura 3– a diferencia de los vórtices transversales, que surgen cuando un flujo se dispone cruzado con un cuerpo tridimensional. Estos últimos poseen ejes de rotación perpendiculares al flujo principal.

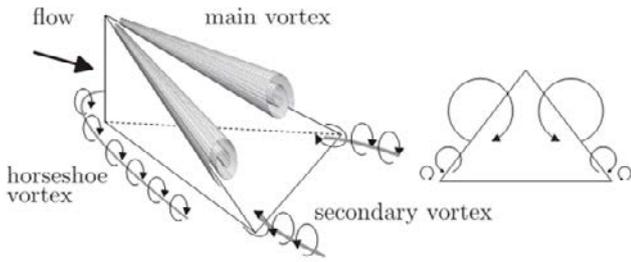


Fig. 2. Vórtices creados por la inclusión de un GV en un canal de flujo.

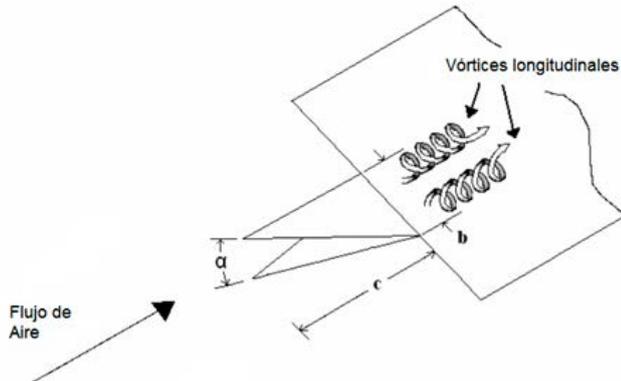


Fig. 3. Representación de los vórtices longitudinales para un generador de vórtice tipo Ala Delta (Delta Wing).

Lin & Jang apud Kattea *et al.* estudiaron el uso de los generadores de vórtices montados sobre aletas onduladas, para elevar la transferencia térmica en intercambiadores de calor compactos con tubos planos. Mediante una cámara de visión infrarroja determinaron el comportamiento térmico, observando la distribución de temperaturas sobre la superficie de las aletas lisas y sobre las aletas con generadores de vórtices montados. El estudio identificó una mejora de hasta 120 % en el coeficiente de transferencia de calor local, y un incremento de 18,5 % en su valor promedio. Además encontraron que se podía reducir el área de la aleta ondulada aproximadamente entre 18 % y 20 % de su tamaño original si se usaban los generadores de vórtices sobre ellas. Finalmente, notaron que la magnitud de la reducción alcanzable del área de la aleta ondulada aumenta el número de Reynolds para la misma velocidad.

Pesteei *et al.* midieron los coeficientes locales de transferencia de calor en un intercambiador de calor compacto de tubos y aletas con generadores de vórtices del tipo *winglets*, usando un calentador de 2 pulgs. de diámetro para cinco posiciones diferentes de los generadores de vórtices. Los experimentos se realizaron para un número de Reynolds cercano a 2250. Las pérdidas de presión fueron determinadas midiéndolas directamente en la instalación experimental. Los resultados mostraron un aumento sustancial en la transferencia de calor con generadores de vórtices del tipo *winglets*. Fue observado que el número de Nusselt, número adimensional que proporciona una

medida de la transferencia de calor por convección en una superficie, aumentó por encima de 46 %; gracias a que los coeficientes locales de transferencia de calor fueron mejorados en comparación con el intercambiador de calor de tubos y aleta lisa. La máxima mejora se obtuvo en la zona de recirculación. El incremento en la caída de presión para la situación existente fue del orden de 18 %.

Torii *et al.* apud Kattea *et al.* declaran que aumentaron la transferencia de calor y redujeron la caída de presión en un intercambiador de calor compacto de tubos circulares y aletas para un número de Reynolds relativamente bajo, utilizando generadores de vórtices del tipo media ala delta. Las medias alas delta fueron colocadas con orientación hacia arriba en el área de flujo común. La configuración que propusieron causa un retraso significativo en la separación del flujo, según indicaron, reduciéndose el arrastre de forma sobre los tubos, y elimina la pobre transferencia de calor en la zona de recirculación.

Materiales y métodos

Definición del modelo en estudio

El intercambiador de calor en estudio posee tubos circulares, aletas lisas y solo una fila de tubos. Para un número múltiple de aletas y varias secciones de los tubos, la forma real de un intercambiador de calor se representa en la Figura 4. El dominio computacional que se va a utilizar se construirá a partir de una geometría simplificada, capaz de reproducir el comportamiento del intercambiador real, pero con menores dimensiones y solo una fila de tubos.

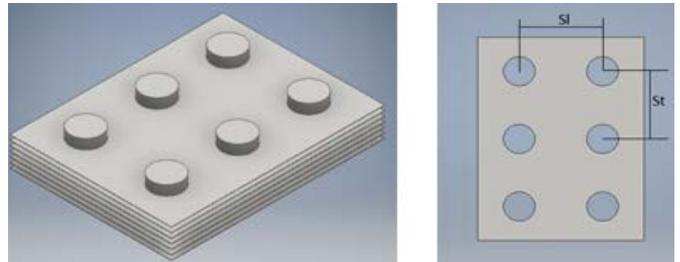


Fig.4. Intercambiador de calor de tubos y aletas con disposición en línea de los tubos.

Construcción de la geometría

Las geometrías que se precisan para realizar este estudio serán creadas en el software Autodesk Inventor Profesional 2016. Se necesita, además del tubo aletado, crear un canal que emula la región a través de la cual circula el aire. La aleta se construyó con un espesor de 0,1 mm, una longitud que coincide con el espaciamiento longitudinal de los tubos igual a 22 mm y un espaciamiento transversal de los tubos de 25 mm. Debe aclararse que utilizando condiciones de contorno del tipo simetría este espaciamiento puede ser reducido a la mitad, o sea, 12,5 mm. Todas las geometrías en este estudio cuentan con solo una fila de tubos. En la Figura 6 se presenta una vista del modelo representando las dimensiones fundamentales. Puede notarse que la representación general es solo de la mitad del espaciamiento transversal. Además de las dimensiones acotadas es importante especificar que se empleará un espaciamiento entre aletas de 1,6 mm.

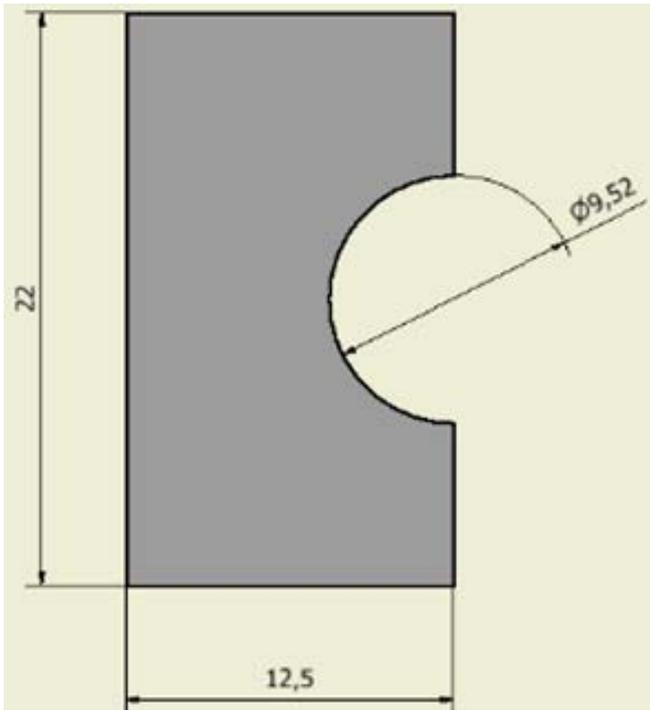


Fig. 5. Aleta lisa y tubo circular. Todas las dimensiones están en mm.

Por otra lado, el canal se dividió en tres partes diferentes conectadas entre sí, con una altura de 1,6 mm, longitud total de 69 mm, y un ancho igual a la mitad del espaciamiento transversal que coincide con el de la sección de aleta modelada.

Después de tener la geometría construida se exporta con formato CAD y extensión *.SAT. La Figura 6 muestra una perspectiva de la aleta insertada en el canal con las tres secciones antes mencionadas. Nótese que la aleta ha sido incluida en el centro del dominio, dividiendo así en dos regiones el canal intermedio, que a su vez, es de altura similar al espacio entre aletas.

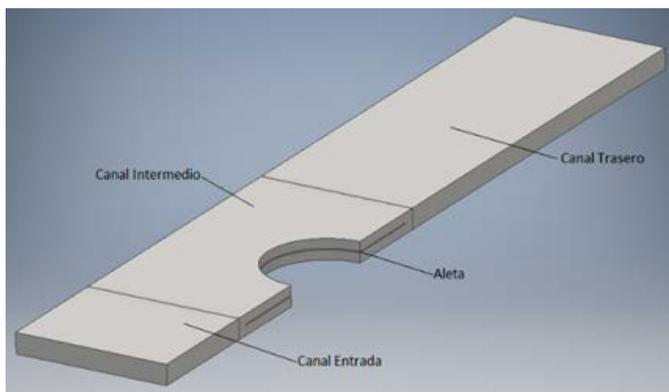


Fig. 6. Disposición general del modelo de tubo aletado con tres canales.

Generación de la malla

Partiendo de la geometría exportada desde el software Autodesk Inventor esta es importada desde el software Gambit 2.2.3, utilizando el formato conocido como *.ASIS, equivalente a la extensión *.SAT.

En la región del canal delantero y trasero se emplearon elementos del tipo hexaédricos para el mallado, mientras

que para la aleta y el canal intermedio fueron usados tetraedros híbridos (TGrid). En general, el modelo después de mallado posee un número de volúmenes totales de 1 094 208. Las mallas correspondientes con las secciones extremas en la dirección vertical fueron previamente asociadas, para permitir condiciones de contorno de tipo periódica. Esta malla posee un tamaño de elementos tal que garantiza una solución independiente del número de ellos. Fue encontrada después de experimentar sucesivamente con elementos de mayor talla. La malla finalmente aceptada no posee ningún volumen con elevada esbeltez, ni tampoco con valor negativo que impida su correcta utilización.

Características físicas del flujo

Para el modelo en estudio se considera que el flujo de aire se mantiene siempre dentro del régimen laminar. Los números de Reynolds son bajos por las bajas velocidades que se modelan. La razón es la búsqueda de bajos niveles de ruidos cinéticos debidos a la circulación del aire en el intercambiador de calor real. Las propiedades físicas del flujo se consideran constantes, pues sufren una variación despreciable gracias al pequeño rango de temperaturas estudiado. La simulación será realizada en estado estacionario, obviando las soluciones que precisen de flujo transitorio. El flujo se modeló con un carácter tridimensional, con los campos de velocidad y temperatura desacoplados, permitiendo la solución del campo de velocidades de forma independiente al campo de temperaturas. También se considera el flujo incompresible, con valores de las propiedades físicas constantes y condiciones de trabajo que a continuación se relacionan:

- Presión manométrica de operación: 0 kPa.
- Densidad del aire: 1,225 kg/m³.
- Viscosidad dinámica: 1,7894x10⁻⁵kg/ms.
- Velocidad del aire a la entrada: Entre 0,5 y 5 m/s.
- Temperatura del aire a la entrada del modelo: 300 K.
- Temperatura de la pared del tubo: 340 K.
- Conductividad térmica del aire: 0,0242 W/mK
- Calor específico del aire a presión constante: 1006.43 J/kgK.

Ecuaciones gobernantes y condiciones de contorno

Las ecuaciones gobernantes del fenómeno que estudia el movimiento de un fluido y el intercambio de calor entre este y una superficie sólida son: la ecuación de continuidad, las ecuaciones de cantidad de movimiento en cada uno de los ejes y la ecuación de la energía. Estas ecuaciones en el dominio computacional, para flujo incompresible; con propiedades constantes y en estado estacionario sin considerar la disipación viscosa y en régimen laminar, pueden ser expresadas en el mismo orden en que se mencionan, como sigue:

$$\frac{\partial u_i}{\partial u_i} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left[\frac{\partial u_j}{\partial t} + \frac{\partial u_j u_i}{\partial x_j} \right] = - \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} \quad (2)$$

$$c_p \rho \left[\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial u_j T}{\partial x_j} \right] = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\lambda \frac{\partial T}{\partial x_j} \right] \quad (3)$$

La solución de las ecuaciones anteriores se resuelve para un dominio computacional discretizado, el cual se muestra en la Figura 7. Las condiciones de contorno que se emplearán en cada una de las superficies del dominio aparecen etiquetadas en la Figura.

Adicionalmente se declaran las tres secciones del canal como un fluido y la aleta como un sólido. Otras condiciones que deben ser especificadas numéricamente son los parámetros de entrada del fluido y la temperatura superficial del tubo. Esta última se considera igual a la del flujo que circula por dentro del tubo, despreciando la conducción del calor a través de su pared. Por otro lado, la velocidad del fluido al inicio del canal de entrada puede variar, pues durante el estudio se utilizan diferentes números de Reynolds.

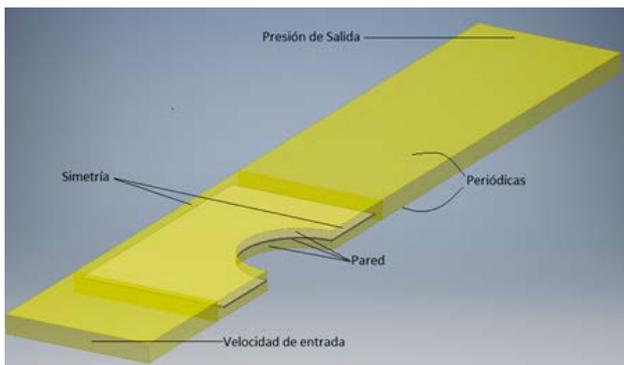


Fig. 7. Dominio computacional con las condiciones de contorno establecidas en el programa.

Todas las condiciones de contorno por regiones se resumen a continuación:

A la entrada del modelo:

$$v = w = 0 \quad u = cte \quad T = cte \quad (4)$$

En la superficie de la aleta, además de existir transferencia de calor conjugada, se tiene la condición de no deslizamiento:

$$u = v = w = 0 \quad (5)$$

En la superficie del tubo se tiene:

$$u = v = w = 0 \quad T = cte \quad (6)$$

Las caras superiores e inferiores del dominio, y que constituyen los límites de cada canal en la dirección vertical (coordenada z), son consideradas periódicas de tipo traslacional.

Simulación en el FLUENT

La solución del sistema de ecuaciones de balance es obtenida utilizando el software FLUENT. A partir del conocimiento de los campos de velocidad, presión y temperatura se podrá conocer el comportamiento de los parámetros de interés. El coeficiente convectivo de transferencia de calor h, la caída de presión ΔP y la eficiencia de la aleta η se obtendrán como una función de la velocidad de entrada del aire al canal.

Resultados

Intercambiador de calor con aletas lisas

En la Tabla 3 se muestran los valores de caída de presión, eficiencia de la aleta, coeficiente de transferencia de calor, factores de Colburn y de fricción como función de la velocidad de entrada al modelo, en configuración lisa, necesarios para realizar la comparación con los modelos que utilizan generadores de vórtices (GVs).

Tabla 1. Resultados fundamentales para el modelo en configuración lisa

V_{inlet}	Δp	h	η_o	j	f
[m/s]	[Pa]	[W/m ² K]			
0,5	2,4159	62,515	0,7841	0,0464	0,08206
1	5,8957	72,941	0,7589	0,0270	0,05006
2	15,524	87,101	0,7280	0,01617	0,03295
3	28,042	99,673	0,7032	0,01233	0,02645
4	43,175	111,47	0,6819	0,01034	0,02291
5	60,518	122,23	0,6639	0,00907	0,02055

Intercambiador de calor con aletas intensificadas utilizando generadores de vórtices

Para confeccionar este modelo se emplearon las mismas condiciones de contorno y método de mallado que en la aleta lisa, así como similar tamaño de los elementos en las mallas. Como tendencia para este tipo de aletas la ubicación de los GVs siempre se localiza en la parte cercana al tubo, y en casi la totalidad de los casos más allá de la línea central del tubo y aguas abajo. En este trabajo seguiremos esa tendencia y alrededor de la misma región intentaremos colocar el GVs. El generador de vórtices es del tipo media ala delta, uno de los que mejores prestaciones ha presentado tradicionalmente en múltiples estudios. La Figura 8 muestra cómo se localiza la posición del generador de vórtices a partir de dos variables creadas a tal efecto (Δx y Δy). Es importante considerar que fueron estudiadas cinco posiciones diferentes para la localización de los generadores de vórtices que son mostradas en la Tabla 2 y la Figura 8.

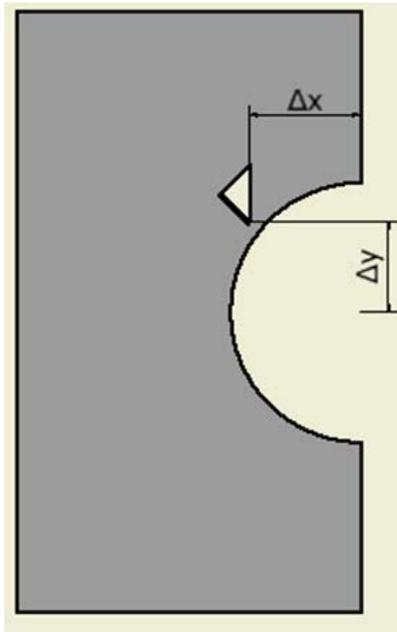


Fig. 8. Representación de cómo fueron definidas las cotas para la ubicación de los generadores de vórtices.

Tabla 2. Posición de cada generador de vórtices sobre la superficie de la aleta

Generador	Δx [mm]	Δy [mm]
GV	4,353	3,494
GV 1	4,053	2,294
GV 2	4,123	2,223
GV 3	4,992	0,677
GV 3.1	4,992	0,677

Confeccionadas las geometrías para cada una de las posiciones de estos generadores de vórtices se realizaron las simulaciones numéricas para una velocidad de entrada al modelo de 3 m/s. En los resultados de estas simulaciones se puede apreciar, a juzgar por la intensificación de la transferencia de calor, que la forma y posición que mejor resultados presentó fue la denominada GV, por lo que esta fue la estudiada paraméricamente en este trabajo. Las simulaciones numéricas arrojaron que se logra elevar la transferencia de calor para todas las velocidades estudiadas a la entrada del modelo. A continuación se muestran los resultados obtenidos para el modelo con generador de vórtices y una fila de tubos. Para que sea más fácil la comparación entre la superficie lisa y la intensificada, se repiten en la Tabla 3 los valores de la aleta lisa.

En la Figura 9 se muestra el comportamiento de la caída de presión y el coeficiente de transferencia de calor global como función de la velocidad de entrada al modelo. Existe un aumento de la transferencia de calor en la superficie de la aleta, siendo superior a los valores obtenidos para la aleta en condición lisa y para todas las velocidades. Por otro lado, se puede apreciar que la caída de presión sobrepasa los valores presentes en la aleta con configuración lisa, lo cual ocurre, entre otras cosas, por un mayor arrastre de forma.

Tabla 3. Resultados de las simulaciones en la aleta GV con una fila de tubos

u_{inlet}	Configuración Lisa			Con GV		
	Δp	h_o	h	Δp	h_o	h
[m/s]	[Pa]		[W/m ² K]	[Pa]		[W/m ² K]
0.5+	2,4159	0,7841	62,5156	2,4776	0,7821	63,3530
1	5,8957	0,7589	72,9411	6,1307	0,7538	75,2047
2	15,5248	0,7280	87,1010	16,5293	0,7197	91,1718
3	28,0421	0,7032	99,6734	32,7899	0,6938	104,7430
4	43,1756	0,6819	111,4757	52,6811	0,6710	117,9284
5	60,5181	0,6639	122,2360	76,7701	0,6512	130,3925

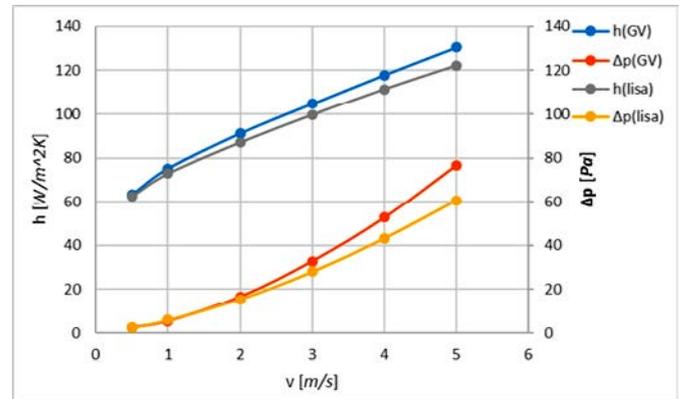


Fig. 9. Representación y comparación gráfica de los valores de caída de presión y h para la aleta con generador de vórtices y la aleta lisa.

En la Figura 10 se observa una comparación gráfica del flujo de calor intercambiado sobre la superficie de la aleta en condición lisa y con generador de vórtices, para tres velocidades de entrada.

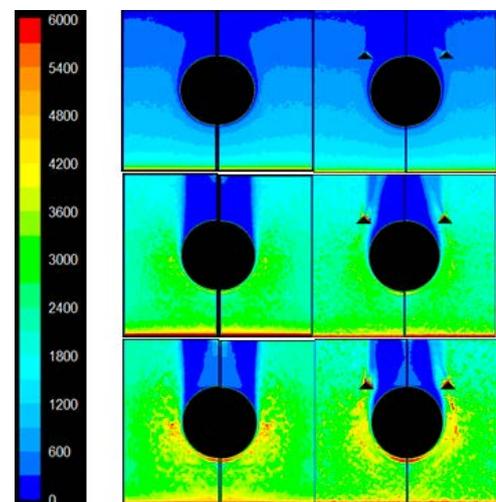


Fig. 10. Calor en la aleta en condición lisa y con generador de vórtices para una velocidad a la entrada del modelo de 0,5, 3 y 5 m/s, respectivamente.

Nótese que a medida que aumenta la velocidad es mayor el efecto que produce el GVs sobre la región de la aleta donde normalmente la transferencia de calor es muy baja. La influencia se ejerce porque el flujo es desviado hacia esa posición y al hacerlo introduce un flujo de aire más frío en esa región, aumentando el intercambio de calor por aumentar el ΔT .

La Figura 11 muestra un gráfico de j y f donde se demuestra cómo mejora ligeramente el comportamiento térmico de la aleta que posee GVs con respecto a la lisa, en la medida en que aumenta la velocidad y con ella el número de Reynolds. En el caso del factor de fricción se puede observar que para las velocidades más bajas existe poca influencia del GVs sobre el factor de fricción. Al aumentar la velocidad, la brecha entre ambos valores se va agrandando; esto demuestra el hecho de que a medida que se incorporan GVs empeora el comportamiento hidráulico del modelo, sobre todo a velocidades elevadas.

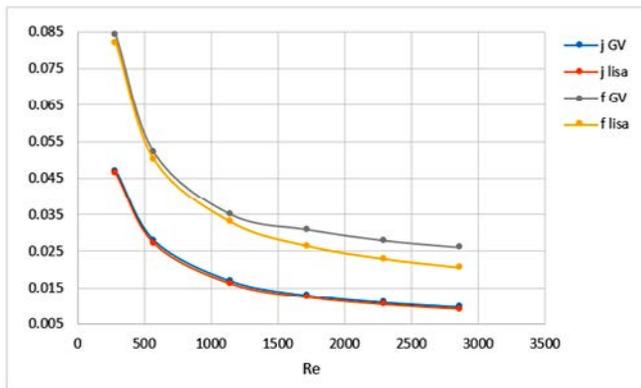


Fig. 11. Factor de Colburn y de fricción para la aleta lisa y con GVs.

Conclusiones

Concluido el trabajo pueden extraerse las conclusiones siguientes:

El modelo numérico generado reproduce el comportamiento del intercambiador real con buena exactitud, en

lo que a transferencia de calor se refiere. La transferencia de calor y las pérdidas de presión se encontraron aumentando con la velocidad de entrada para los modelos con GVs o sin ellos, aunque las pérdidas de presión lo hacen con una mayor tasa de incremento. La intensificación de la transferencia de calor aumentó en un rango entre 0,31 % y 3,92 %, mientras que la caída de presión se incrementó entre 2,55 % y 26,85 %. La inclusión de GVs sobre la aleta aumenta la transferencia de calor, así como las pérdidas de presión, cuando se comparan con la aleta en configuración lisa. La razón para el incremento fue la influencia de los GVs en la región de recirculación tras los tubos. Entre los ángulos probados el que mejor resultados presentó fue el de 45°. La razón de aspecto que produce las mayores intensificaciones de la transferencia de calor fue aquella con valor 2, es decir, el tamaño de la base es igual a la altura del GVs.

Bibliografía

- CUBÁS, Y. B. *Caracterización termohidráulica de un Intercambiador de calor compacto de tubos elípticos*, Ceter, 2013, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Hecheverría.
- KATTEA, et al. *An Experimental Study on the Effect of Shape and Location of Vortex Generators Ahead of a Heat Exchanger*. Al-Khwarizmi- Engineering Journal, 2012. 8: pp. 12-29.
- LIU, K.y. 1998.
- MASCONI, B.y. 1991.
- PESTEEL, S. YANG. *Heat transfer enhancement of wavy finned flat tube by punched longitudinal vortex generators*. (2014). 368-380.
- Recibido:** 14 de junio de 2018.
- Aceptado:** 25 de septiembre de 2018.

ESTUDIO DE LA RESILIENCIA EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE MONTAÑA EN EL MACIZO GUAMUHAYA, CUBA

Por **Dra. C. Leidy Casimiro Rodríguez***

* Universidad de Sancti Spíritus, Cuba

E-mail: leidy7580@gmail.com

Resumen

La producción agropecuaria en los diferentes macizos de Cuba es en gran parte para el consumo local, con aplicación limitada de las prácticas de conservación del suelo, dando lugar a incrementos en las tasas de erosión y a la reducción de la fertilidad del suelo y la productividad. La agricultura familiar es a pequeña escala y se basa en las prácticas tradicionales de tala y quema. Estas áreas contienen niveles altos de biodiversidad, generan bienes y servicios de importancia nacional y son vulnerables a una serie de amenazas, tanto de origen antrópico como natural, por lo que los estudios que realicen valoraciones en este sentido son importantes para la implementación de estrategias que favorezcan la resiliencia de los sistemas socioecológicos (RSE) de montaña. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la RSE en fincas familiares del macizo montañoso Guamuhaya al centro de Cuba, para contribuir con el análisis a futuras acciones de intervención para la transición agroecológica de fincas campesinas en el territorio.

Se aplicó la metodología para la evaluación de la resiliencia socioecológica (MERS) de Casimiro et al. (2017) en nueve fincas familiares del territorio, lo que permitió evaluar un conjunto de criterios tecnológicos y de eficiencia y proponer acciones que podrán incidir en una estrategia de transición agroecológica enfocado en la resiliencia de las fincas familiares en la región.

Palabras clave: Resiliencia socioecológica, agricultura familiar, soberanías, eficiencia, políticas públicas.

STUDY OF RESILIENCE IN FAMILY MOUNTAIN AGRICULTURE IN GUAMUHAYA, CUBA

Abstract

Agricultural production in the different massifs of Cuba, is largely for local consumption, with limited application of soil conservation practices, leading to increases in erosion rates and reduced soil fertility and productivity. Family farming is small-scale and based on traditional logging and burning practices. These areas contain high levels of biodiversity, generate goods and services of national importance and are vulnerable to a series of threats, both of anthropic and natural origin, so that studies that make assessments in this regard are important for the implementation of strategies that promote the resilience of mountain socioecological systems (CSR). Therefore, the objective of this research was to evaluate CSR in family farms of the Guamuhaya Mountain Massif in central Cuba, to contribute with the analysis, to future intervention actions for the agroecological transition of peasant farms in the territory.

The Methodology for the Evaluation of Socio-Ecological Resilience (MERS) of Casimiro *et al.* [2017] in nine family farms in the territory, which allowed evaluating a set of technological and efficiency criteria and proposing actions that could influence an agroecological transition strategy focused on the resilience of family farms in the region.

Key words: Socio-ecological resilience, family farming, sovereignty, efficiency, public policies.

Introducción

Los pequeños agricultores, en 70 % mujeres, son quienes alimentan al mundo. La suma de sus pequeñas producciones, los cuales llegan a los mercados locales, representa 70 % de los alimentos que consumen los seres humanos [FAO, 2014].

En este sentido las acciones que se emprendan para estudiar y apoyar la agricultura familiar pueden constituir antecedentes efectivos para el futuro de la humanidad, ya que esta agricultura familiar se enfrenta actualmente a grandes crisis financieras, ecológicas, socioculturales y políticas.

En Cuba la agricultura de montaña también ha estado influenciada por la tendencia del desarrollo del modelo agrícola cubano posterior a la Revolución de 1959 y anterior a los años noventa, que se basó en una agricultura industrial, de altos insumos, baja eficiencia y alta dependencia externa sustentada en una gran disponibilidad y uso de recursos foráneos, lo que, entre otros factores, creó una mentalidad entre los campesinos de que solo con altos insumos, elevada mecanización e inversiones por área se pueden obtener altas producciones [CPP, 2014; García *et al.*, 2014; Nova, 2016], aunque por las características propias de los ecosistemas de montaña el uso de la mecanización es mínima, pero a la vez son sistemas más vulnerables a las prácticas agrícolas inadecuadas,

Sin embargo, se reconoce que las familias campesinas en Cuba obtienen resultados productivos favorables respecto a otros modelos agrícolas, sobre la base de una escala productiva menor, un uso más eficiente de los limitados recursos, un mejor aprovechamiento y conservación de los recursos naturales en sistemas diversificados, la utilización de la tracción animal y fuentes alternativas de energía, la asociación y rotación de cultivos, la producción de semillas y el uso de excretas como abono [Machín *et al.*, 2010].

Estas circunstancias, durante el Período Especial amortiguaron la crisis económica cubana con la pérdida de sus mercados prioritarios y las familias de agricultores, a partir de medidas que se tomaron, como la apertura al mercado libre campesino, garantizaron rápidos crecimientos productivos que paliaron la crisis alimentaria y favoreció el avance del Movimiento Agroecológico de Campesino a Campesino (MACAC) en los años posteriores [Machín *et al.*, 2010; Nova, 2016].

El MACAC demostró en Cuba el papel que pueden desempeñar las familias campesinas a través del diseño y manejo agroecológico, en el aporte a la soberanía alimentaria del país. Sin embargo, aunque en la actualidad muchas familias campesinas siguen realizando prácticas agroecológicas, varios autores reconocen que las razones que han motivado el desarrollo de agroecosistemas menos dependientes han estado inducidas por problemas económicos, ante la escasez de insumos y no dirigidos a la conservación de los recursos naturales o por convicción, lo que no da seguridad de que ante nuevas condiciones favorables y subsidios de paquetes tecnológicos convencionales no se regresaría a métodos anteriores a los de la crisis económica que dio lugar a estas prácticas [Cruz, 2007; Funes-Monzote, 2009; CPP, 2014].

Las sequías que afectan al país han duplicado su frecuencia en las últimas décadas. La incidencia de huracanes en el Caribe se ha elevado; se reconocen 109 fenómenos que han impactado directamente a Cuba desde 1800 hasta 2016 [ONEI, 2016]. En el año 2008 por estas causas hubo pérdidas de 10 mil millones de USD en plantaciones agrícolas [Chan y Freyre, 2010]. Unido a ello se prevé una reducción paulatina del potencial hídrico de las cuencas, la disminución del agua embalsada y su disponibilidad para el riego de los cultivos [CPP, 2014].

Según CPP (2014), la desertificación afecta 14 % del país, mientras que la salinización se hace presente en un millón de hectáreas. Por otra parte, las afectaciones en el territorio nacional se clasifican en: fuerte erosión (2,9 millones de ha), drenaje deficiente (2,7 millones de ha), altos niveles de compactación (1,6 millones de ha), altos niveles de acidez (2,7 millones de ha) y bajos volúmenes de materia orgánica (4,7 millones de ha). Se reconoce que en miles de hectáreas coinciden más de una de estas afectaciones.

Además, la población rural envejece y no existe motivación entre los jóvenes para insertarse a la vida campesina. A pesar del incremento de productores agrícolas con la entrega en usufructo de tierras ociosas, para un total de 312 296 usufructuarios [ONEI, 2016], estos se están desarrollando principalmente desde una agricultura a distancia sin la seguridad de un relevo generacional para garantizar la cultura y el desarrollo de la agricultura familiar en el país, mucho menos de la agroecología.

Todo lo expuesto anteriormente pone en riesgo la resiliencia de la agricultura familiar en el país, la cual hay que proteger, pues no solo aporta más de 75 % de los alimentos que se producen en Cuba, sino que además proporciona varios servicios socioculturales, económicos y ecológicos en la producción de alimentos con características organolépticas y calidad superiores a los producidos de forma industrial.

Ante estos desafíos, el enfoque de la resiliencia socioecológica se desarrolla para determinar la sustentabilidad de los agroecosistemas, incorporando la idea de adaptación, aprendizaje, innovación, novedad y autoorganización ante situaciones de stress o luego de una perturbación, de forma tal que los sistemas socioecológicos puedan preservar los atributos esenciales dentro de un régimen socialmente deseable y ecológicamente posible, siendo de esta forma sostenible en el tiempo [Salas *et al.*, 2011; Montalba *et al.*, 2013].

La resiliencia socioecológica (RSE) es la capacidad que tienen los agroecosistemas de llevar a cabo cambios adaptativos en sus estructuras e interacciones socioecológicas para sobreponerse a las perturbaciones y mantener una producción agrícola en armonía con la cultura, la organización social, la satisfacción de necesidades y la capacidad de los ecosistemas [Ríos *et al.*, 2013]. Por esa razón, en su comprensión no es suficiente el conocimiento de las características y dinámicas biofísicas y técnicas de los sistemas agrícolas [Ríos *et al.*, 2013], pues también está directamente influenciada por su entorno económico, sociocultural y político.

El estudio de la RSE resulta adecuado para la transición agroecológica, ya que permite la evaluación y el rediseño de fincas campesinas sobre la base de principios agroecológicos, además de en la obtención de información clave

para la toma de decisiones de los actores implicados y la conformación de políticas públicas que favorezcan los medios de vida y la permanencia y prosperidad de la agricultura familiar en el tiempo.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la RSE en fincas familiares del macizo montañoso Guamuhaya, para contribuir con el análisis, a futuras acciones de intervención para la TA de fincas campesinas en el territorio.

Materiales y métodos

Se aplicó la metodología para la evaluación de la resiliencia socioecológica (MERS) de Casimiro Rodríguez [2016] en nueve fincas familiares del macizo montañoso Guamuhaya en el centro de Cuba. Las fincas se seleccionaron debido a su destacada participación comunitaria en la producción de alimentos y conocimientos, y en el desarrollo de prácticas agroecológicas, articuladas a los principales proyectos locales aplicados en los últimos años. Además, propuestas por la universidad en el territorio y de forma tal que estuvieran representadas las tres provincias que forman parte de la región.

Las fincas fueron caracterizadas en detalle para conocer su estructura y funcionamiento tanto como fue posible; se describieron de forma detallada los límites y superficie (área) del sistema, los subsistemas, sus interacciones principales, así como las entradas y salidas utilizando la ficha de captura de información propuesta por Casimiro Rodríguez [2016].

El análisis de los diferentes indicadores e índices se realizó con la información correspondiente a 2016 abarcando solo el primer ciclo de MERS; no obstante, para la evaluación de la RSE se tuvo en cuenta la información generada en los recorridos de campo y entrevistas realizadas a diferentes actores locales y otras familias campesinas. Por tanto, se tuvo en cuenta información histórica de las diferentes comunidades.

Para determinar el valor de cada índice se establecieron las fórmulas [Casimiro Rodríguez, 2016] y procedimientos en hojas de cálculo Excel.

Resultados y discusión

Aplicación de MERS en fincas del Guamuhaya

Contexto¹

Específicamente el grupo orográfico Guamuhaya está situado al sur de la porción central de Cuba. Limita al norte con las alturas de Santa Clara, al este con el valle del río Zaza, al oeste con el valle del río Arimao y al sur con el mar Caribe. Ocupa una superficie de 1,948 km² (aproximadamente 11 % del área montañosa de Cuba). La altitud de la zona oscila mayoritariamente entre 700 y 900 msnm, con algunas áreas por encima de 1000 m.

El elevado grado de complejidad del relieve y los altos valores de las características morfométricas de esta

región, restringen la vocación del territorio fundamentalmente al uso forestal y a la economía cafetalera, en muchos casos con la aplicación de medidas antierosivas.

No obstante, existen áreas como los fondos de valles fluviales, la parte baja de depresiones intramontañas y fragmentos de superficies de planeación, que aceptan una utilización agrícola con cierto grado de diversificación. En la actualidad más de 50 % del área se encuentra afectada por diferentes grados de erosión: el incremento erosivo afecta de manera notoria el azolvamiento que reciben actualmente fuentes de abasto tan importantes como la presa Hanabanilla.

Existen algunas amenazas presentes en el macizo, que según el proyecto Conectando Paisaje se resumen en la destrucción y la fragmentación de hábitats naturales como principal causa de la pérdida de biodiversidad. Los incendios incontrolados provocados por los agricultores, con el fin de limpiar la vegetación, eliminar las malezas y plagas de los pastos, conducen a la degradación de la estructura de los ecosistemas y la reducción de su valor como hábitat para especies de importancia.

Los ecosistemas de agua dulce de las zonas de montaña, y los ecosistemas costeros y marinos en los que drenan, están sujetos a la contaminación proveniente de diferentes fuentes, incluidos los desechos orgánicos de las plantas despulpadoras de café. Las prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas en áreas escarpadas, sin la aplicación de medidas adecuadas para la protección del suelo, está provocando su erosión y la generación de altos niveles de carga de sedimentos en cursos de agua. Estas y otras amenazas se ven agravadas además por los efectos del cambio climático.

Resiliencia socioecológica en las fincas seleccionadas

La Tabla 3 muestra la caracterización de las fincas seleccionadas, en cuanto al área, objeto social y evolución de la transición agroecológica.

Las fincas mostraron alta heterogeneidad entre ellas, pues a pesar de todas poseer como objeto social la producción de café, varían el tamaño, diseño y manejo según su topografía y preferencias.

Se destacan varios elementos y rasgos comunes entre el total de las fincas y en la zona, a partir de las entrevistas realizadas y recorridos de campo, entre los que se pueden mencionar:

- Todas las familias tienen acceso permanente a los servicios de salud y educación gratuitas y están vinculadas a los diferentes proyectos sociales de la Revolución.
- Las familias campesinas viven dentro de su sistema productivo.
- La mano de obra en las fincas es abastecida fundamentalmente por la familia campesina.
- Las familias campesinas están asociadas a diferentes organizaciones de masa y a Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS).
- El trabajo en la finca es fundamentalmente artesanal, sin equipos o maquinarias; además, con poco uso de la tracción animal. El consumo de combustibles fósiles

¹ Parte de esta información fue facilitada por actores del Gobierno Municipal de Manicaragua a partir del diagnóstico realizado por el proyecto de desarrollo local «Un enfoque paisajístico para conservar ecosistemas montañosos amenazados»- «Conectando Paisaje» de la Universidad Central de Las Villas, Cuba.

les es para el traslado de los alimentos en tractor a zonas aledañas para su comercialización.

- Los costos de los jornales para la contratación de mano de obra externa es alrededor de 50 pesos el jornal de 8 h de trabajo.
- Integración (en mayor o menor grado) ganadería-agricultura, aunque por lo general no hay presencia de ganado vacuno en las fincas, pero sí alta presencia de ganado menor.
- Presencia de arboleda de frutales cercana a la vivienda de la finca y de variedades de frutas exóticas.
- Abastecimiento familiar en un gran porcentaje con los alimentos producidos en la finca.

- Alto consumo de azúcar por las familias entrevistadas.
- Las diferentes infraestructuras de la vivienda y de la finca están deterioradas.
- En el año 2016 presentaron los niveles históricos más bajos en la producción cafetalera, por debajo del 30 % de sus valores promedios anualmente.

A partir del estudio de cada finca, su estructura, funcionamiento, subsistemas, interacciones principales, entradas y salidas, se determinó el comportamiento de los diferentes indicadores y el valor de los índices de SA, SE, ST, EEco y el IRS (Tabla 4).

Tabla 3. Fincas familiares evaluadas en el macizo Guamuhaya

Provincia	Municipio	Nombre de la finca	CCS	Área (ha)	Objeto social	Evolución de la TA*
Cienfuegos	Cumanayagua	Orlando García (1)	Lucas Castellano	4	Café	3
Sancti Spiritus	Trinidad. Topes de Collantes	La Cuba (2)	Lucas Castellano	6,43	Café	3
		La Providencia (3)	Lucas Castellano	26	Café	3
		El Manantial (4)	Lucas Castellano	2	Café	4
		Mangos Pelones (5)	Lucas Castellano	8,29	Café	3
		El Jengibre (6)	Lucas Castellano	3	Café	3
Villa Clara	Manicaragua	El Piñal (7)	Cecilio Miranda	0,58	Café	3
		Salvaremos el futuro (8)	Ignacio Pérez	17	Café	5
		El Girasol (9)	Ignacio Pérez	2,5	Café	4

*Evolución de la TA: 1. Totalmente agricultura convencional. 2. Desarrollo de algunas prácticas agroecológicas. 3. Desarrollo de prácticas agroecológicas combinadas con el uso de agroquímicos y concentrados externos. 4. Predominan el diseño y manejo agroecológico aunque utilicen algunos agroquímicos y concentrados externos. 5. Total manejo y diseño agroecológico.

Tabla 4. Comportamiento de los indicadores e índices evaluados para las fincas estudiadas (año 2016)

Finca	Pp	Pe	AF (%)	IUT	IE (%)	H	IAFRE (%)	IIF (%)	EE	EFE (%)	EF (%)	BE	CEP	RCB	IDIE (%)	SA (%)	ST (%)	SE (%)	EEco (%)	IRS (%)
1	3,1	3,1	85	0,9	35	1,7	0	60	0,48	95	5	0,4	380	0,76	36	87	50	20	78	59
2	4,3	3,6	85	2,5	15	2,3	0	75	1,4	91	9	1,4	98	0,22	15	87	66	32	100	71
3	1,03	0,7	75	0,5	60	1,6	0	61	0,93	65	35	0,7	148	0,48	55	73	45	20	62	50
4	13,8	6,9	85	0,8	40	2,5	0	66	0,16	99	1	0,2	561	0,85	76	99	55	20	40	54
5	1,1	1,7	60	4,3	30	1,3	0	66	3,1	78	22	2,8	96	1,1	15	47	50	50	92	60
6	3,4	2	75	1,3	35	1,8	0	75	0,9	60	40	1,2	90	0,56	35	87	52	34	34	51
7	17	23	40	3,2	30	1,6	0	62	1,1	88	12	0,9	247	1,1	27	60	48	28	74	53
8	4,9	2,9	80	2,3	30	2,5	0	85	3,5	66	34	2,9	33,2	0,68	33	87	64	64	74	72
9	3,4	1,6	80	0,39	30	2,4	0	85	0,95	84	16	0,76	107	1,33	18	87	63	20	92	66

Del análisis de los diferentes indicadores se pudo determinar el grado de resiliencia de cada finca estudiada (Tabla 5).

Los resultados muestran cómo las fincas en su mayoría son medianamente resilientes. Otros indicadores, como los reflejados en la Tabla 6, muestran elementos que favorecieron la discusión.

Por lo general las fincas muestran balances energéticos desfavorables. La principal causa radica en el poco aprovechamiento de los recursos locales y de las fuentes renovables de energía.

La soberanía alimentaria tiene valores positivos en la mayoría de los casos, pues a pesar de no tener una alta productividad, la alimentación familiar es autoabastecida

en más de 80 % como promedio. Este indicador es precisamente el que mayor peso e importancia tiene para el índice Soberanía Alimentaria.

Respecto a otros estudios realizados en fincas familiares en Cuba, donde como promedio los sistemas son capaces de alimentar a más de 10 personas por hectárea al año en energía y proteína [Funes- Monzote *et al.*, 2011; Márquez *et al.*, 2011, Casimiro Rodríguez, 2016], las fincas estudiadas tienen bajos rendimientos y como promedio son capaces de alimentar a solo cinco personas por hectárea al año.

Los altos valores de los indicadores Pp y Pe en la finca 4 y 7 estuvieron dados en que la producción de estas fincas se centra fundamentalmente en la cría porcina, que tiene

Tabla 5. Grado de resiliencia socioecológica en las fincas estudiadas

Finca	IRS (%)	Resiliencia socioecológica
Orlando García (1)	59	Medianamente resiliente
La Cuba (2)	71	Resiliente
La Providencia (3)	50	Medianamente resiliente
El Manantial (4)	54	Medianamente resiliente
Mangos Pelones (5)	60	Medianamente resiliente
El Jengibre (6)	51	Medianamente resiliente
El Piñal (7)	53	Medianamente resiliente
Salvaremos el futuro (8)	72	Resiliente
El Girasol (9)	59	Medianamente resiliente

Tabla 6. Otros indicadores resultantes del estudio en las fincas evaluadas

Finca	Ganancias	Rendimiento por hectárea	Horas de trabajo al año por hectárea
Orlando García (1)	28.567,80	2457,3	1760
La Cuba (2)	159.429,86	4460,8	965
La Providencia (3)	69.554,50	997,3	259,2
El Manantial (4)	15.925,10	5025,9	2555
Mangos Pelones (5)	-3.552,20	1170,9	704,5
El Jengibre (6)	25.345,5	1567	860
El Piñal (7)	-1.934,60	24102	12 586,2
Salvaremos el futuro (8)	33.221,00	2635,2	1536,7
El Girasol (9)	-8.361,00	1850,9	1752

alto potencial calórico y proteico. Sin embargo, la cantidad de concentrados usados para la alimentación de los cerdos hacen que estas fincas, a pesar de una alta diversidad de especies y cultivos, sean fincas muy ineficientes desde el punto de vista energético, en concordancia con Casimiro Rodríguez [2016], dado además por dedicar mayor cantidad de fuerza de trabajo por hectárea al año.

En las fincas con mayor diversificación y una mejor estrategia en el diseño y manejo agroecológico (fincas 2 y 8), los aportes energéticos y proteicos no fueron tan destacados como en las fincas 4 y 7; a esto contribuyó que parte de la producción, como el caso de los frutales, son bajos en los aportes de energía y proteína, por lo que afectan además el balance energético; sin embargo, el autoabastecimiento familiar obtuvo porcentajes muy favorables y la interrelación con el mercado local de alimentos se caracteriza por su variedad, dinámica y flujo constante. En estas fincas el uso de insumos químicos para la producción fue menor que en el resto, debido a la menor incidencia de plagas y/o enfermedades y suelos mejor conservados. Estas dos fincas son las únicas que alcanzaron el grado de resilientes.

Exceptuando las fincas 5 y 8, en las demás la eficiencia energética es desfavorable, resultado debido a la importación de insumos químico-sintéticos para la producción. Las fincas 5 y 8 no usan químicos sintéticos, por tanto la eficiencia energética fue mucho mayor, al ser menos dependientes del mercado externo de insumos.

La finca 8 produce 10 t de humus de lombriz al año, abono orgánico que usan en las diferentes áreas de cultivo; obtienen resultados satisfactorios y conservan los suelos. El resto de las fincas no aprovecha los residuales para la producción de abonos orgánicos y desperdician estos recursos benéficos para la salud de los cultivos y el suelo.

Por lo general, en todas las fincas el potencial para el aprovechamiento de las disímiles fuentes renovables de energía se está desperdiciando. A esto contribuye la inexistencia en el mercado nacional de tecnologías apropiadas y de recursos para su instalación, puesta en marcha y mantenimiento, así como los altos costos de adquisición de aquellas tecnologías que se comercializan en el país, lo que imposibilita su acceso las familias campesinas, en correspondencia con los estudios de Casimiro Rodríguez [2016].

Las ganancias en las fincas no se consideran destacadas. Las fincas 5, 7 y 9 obtuvieron pérdidas, y lo desconocen, fundamentalmente porque no reflejan en los costos de producción los salarios que deben recibir los familiares por aportar su fuerza de trabajo a las labores de la finca. Esto se hace presente en la mayoría de los predios estudiados, lo que coincide con los estudios realizados por Casimiro Rodríguez [2016] en sistemas familiares del llano a lo largo del país.

Sin embargo, el índice de dependencia de recursos externos, exceptuando la finca 4, que utiliza considerables recursos monetarios para la compra de concentrados para la alimentación de los cerdos, el resto de las fincas obtuvo resultados satisfactorios, dado que del total de recursos monetarios usados para los procesos productivos la ma-

yor parte se refiere a la mano de obra, que es abastecida por la familia.

Otros elementos que inciden en que las familias no obtengan mejores índices de resiliencia y suficientes ganancias para mejorar su confort y diferentes infraestructuras para la producción de alimentos son los siguientes:

- No agregan valor a las producciones, pues las venden brutas al sector estatal o privado, ya sea por normativas establecidas o por la falta de cultura o recursos para enriquecer y alargar el ciclo productivo de alimentos, en concordancia con los estudios de Casimiro Rodríguez (2016).
- Efectos del cambio climático que les da pérdidas en las cosechas. Incremento de las temperaturas en los últimos años, así como el desfase de las diferentes estaciones, con etapas de fuertes lluvias y extensos períodos de sequía en momentos atípicos, lo que concuerda con los datos publicados por IPCC (2007) y Henao (2013), donde advierten que durante los últimos 50 años se han observado cambios generalizados en las temperaturas extremas, con un incremento de la frecuencia de precipitaciones fuertes e intensas sequías en la mayoría de las áreas terrestres, en correspondencia con el calentamiento y los aumentos observados del vapor de agua atmosférico.
- Pobre acceso al mercado de insumos agropecuarios, dado por la poca oferta o la carestía de los existentes.
- No usan tecnologías apropiadas para el uso de las fuentes renovables de energía en la producción, por lo que son ineficientes energéticamente.
- Se desperdician volúmenes de la producción, debido a ineficiencias en los mecanismos de comercio, beneficio, empaque, transportación, conservación, y almacenamiento, lo que refuerza los resultados de la investigación de Funes-Monzote [2009] y Casimiro Rodríguez [2016].
- Pobres infraestructuras para el riego y dependencia para el balance hídrico de lo que disponga el tiempo o las precipitaciones en las diferentes épocas del año.
- Poca uso de diseños agroecológicos o de permacultura para el aprovechamiento de los espacios y los recursos localmente disponibles.
- Dependencia de insumos externos, tales como abonos nitrogenados o concentrados para la alimentación animal.
- Poca presencia de puntos de venta o mecanismos para la comercialización local. Por tanto, los campesinos se deben desplazar a grandes distancias para la venta de sus producciones y el consumidor local también debe viajar a otras comunidades para abastecer su demanda de alimentos. Todo esto conlleva a un gasto de energía y recursos innecesarios, además de perder en frescura y calidad los alimentos que se ofertan.

Recomendaciones para la agricultura familiar de la región

Al evaluar el comportamiento de la resiliencia socioecológica en fincas destacadas del territorio, se considera que las propuestas que generen este estudio pueden ser válidas para el resto de la agricultura familiar en la zona.

A pesar de ser fincas con niveles medios de resiliencia, las ganancias económicas y los medios de vida no son favorables para la mejoría de los resultados.

En este aspecto deben influir nuevas políticas públicas y actividades de fomento para incentivar la permanencia de familias campesinas y la producción de alimentos sobre bases agroecológicas, de igual forma para que eleven sus índices de eficiencia, productividad y resiliencia.

Para que las fincas logren aumentar sus índices de RSE deben aprovechar con mayor eficiencia los recursos endógenos y rediseñar sus sistemas bajo los principios de la agroecología, disminuir considerablemente la entrada de recursos externos, tales como concentrados, combustibles y productos químico-sintéticos, además de contextualizar diferentes tecnologías apropiadas para el máximo aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

Por lo general, las familias campesinas estudiadas tienen alta capacidad de cambio tecnológico, y esas capacidades para innovar, experimentar y explorar ante diferentes situaciones pueden constituir un facilitador para trabajar conjuntamente en nuevas estrategias de diseño y manejo del agroecosistema.

Programas o proyectos de desarrollo local, así como diferentes políticas, pueden proyectarse en acciones para incidir en una estrategia de transición agroecológica enfocada en la resiliencia socioecológica de las fincas familiares, algunos de los elementos que se deben tener en cuenta son:

- Procesos de capacitación sobre cultura alimentaria para la gestión del conocimiento sobre bases agroecológicas.
- Diseño y manejo agroecológico con el uso de tecnologías apropiadas para el máximo uso posible de las fuentes renovables de energía y los recursos localmente disponibles.
- Que las capacidades que se formen sean sobre la base de la resiliencia socioecológica de la finca familiar, que afiancen la independencia del mercado externo a sus agroecosistemas y la capacidad de innovación y validación de tecnologías agroecológicas apropiadas para su contexto.
- Acceso a servicios de asistencia técnica y de extensión rural, promoviendo una interacción eficaz entre el conocimiento de los agricultores y el de los mediadores, de forma que se complementen.
- Favorecer circuitos cortos de comercialización que abaraten costos de transportación y almacenamiento, a la vez que mejoren en calidad y frescura a los productos ofertados en el mercado local.
- Incentivar el consumo responsable y la economía solidaria en la región.
- Promoción y ejecución de las actividades y tecnologías que generan más valor agregado a las producciones familiares, de forma tal que se amplíe el portafolio de productos que estas puedan ofertar en el mercado local, se amplíen las etapas de los procesos de producción dentro de sus fincas y la capacidad productiva, a la vez que generen un autoempleo familiar y comunitario más eficiente.

- Promoción de actividades y acciones para la certificación popular de las producciones de alimentos provenientes de la agricultura familiar de montaña.
- Sensibilización, inclusión y participación del consumidor en las decisiones sobre el mercado de productos agroecológicos de montaña.
- Mejoramiento de la infraestructura y los servicios en el entorno rural que favorezcan los medios de vida de las familias campesinas.
- Dado el contexto del macizo Guamuhaya en el turismo de paisaje, involucrar a las familias campesinas no solamente con prácticas productivas de alimentos, sino también en otras actividades no agrícolas que afiancen las relaciones campo-ciudad y con otros actores de la sociedad, tales como la educación agroecológica, el turismo rural y el desarrollo de miniindustrias.

Conclusiones

MERS permitió visualizar puntos críticos en el manejo socioecológico y la proyección de estrategias para el desarrollo de fases futuras en las fincas familiares, sobre bases agroecológicas.

En las fincas seleccionadas se destaca la necesidad de fortalecer, sobre bases agroecológicas, la agricultura familiar en el macizo Guamuhaya, con acciones, programas y políticas públicas que le permitan manejar de forma holística, con opciones tecnológicas válidas para su contexto, los recursos que posee en su entorno, incorporando acciones colectivas y participativas para mejorar los niveles de vida e incrementar sus niveles de biodiversidad, eficiencia y resiliencia.

Bibliografía

- ALTIERI, M. A.; P. KOOHAFKAN, E. HOLT (2012). «Agricultura verde: fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos». *Agroecología* 7 (1): 7-18.
- CASIMIRO RODRÍGUEZ, L. (2016). «Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba». UdeA: Universidad de Antioquia.
- CHAN M y FREYRE E. F. (2010). *Atando cabos. La agricultura cubana: contratiempos, reajustes y desafíos*. La Habana: OXFAM International.
- CPP (2014). «Apoyo a la implementación del programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Cuba». La Habana: Iré Production.
- CRONBACH L. J. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika* 16 (1): 1-16.
- CRUZ M. C. (2007). *¿Agricultura sostenible? Desarrollo local en Cuba: retos y perspectivas* (Guzón A, ed.). La Habana: Academia.
- FAO. (2014). «El estado mundial de la agricultura y la alimentación». 175 pp.

- FUNES-MONZOTE, F. R. (2009). «Agricultura con futuro: «La alternativa agroecológica para Cuba». Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Funes-Monzote, F. R., Martín G. J., Suárez J., Blanco D., Reyes F., Cepero L., Rivero J. L., Rodríguez E., Savrán V., Del Valle Y., Cala M., Vigil M. C., Sotolongo J. A., Boillat S., Sánchez J. E. 2011. Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. *Pastos y Forrajes* 44 (4): 445-462.
- GARCÍA, A.; A. NOVA, B. A. CRUZ (2014). *Despegue del sector agropecuario: condición necesaria para el desarrollo de la economía cubana. Economía Cubana: transformaciones y desafíos* (CEES, ed.). La Habana: Ed. de Ciencias Sociales, pp. 197-260.
- HENAO, A. (2013). «Propuesta metodológica de medición de la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos: un estudio de caso en los andes colombianos». *Agroecología* 8 (1): 85-91.
- IBM 2013. SPSS Statistics. Versión 22 para Windows. Valencia, España: Business Machines Corp.
- IPCC (2007). Summary for Policymakers. In: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon S, ed.). Cambridge: University Press, pp. 199-221.
- MACHÍN, B.; A. D. ROQUE, D. R. ÁVILA y P. M. ROSSET (2010). «Revolución agroecológica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. Cuando el campesino ve, hace fe». La Habana: ANAP-Vía Campesina.
- Márquez, M.; N. Valdés, E. Ferro, I. Paneque, Y. Rodríguez, E. Chirino, L. M. Gómez, D. Vargas, F. R. Funes-Monzote (2011). «Análisis agroenergético de tipologías agrícolas en La Palma». *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático* (Ríos H, Vargas D y Funes-Monzote FR, eds.). La Habana: INCA, pp. 105-123.
- MONTALBA, R.; M. GARCÍA, A. M. ALTIERI, F. FONSECA y L. VIELI (2013). «Utilización del Índice Holístico de Riesgo (IHR) como medida de resiliencia socioecológica en condiciones de escasez de recursos hídricos». *Aplicación en comunidades campesinas e indígenas de la Araucanía, Chile. Agroecología* 8 (1): 63-70.
- NOVA, A. (2016). «La agricultura en Cuba». Taller Nacional de Intercambio sobre agricultura sostenible. Varadero: Fundación Antonio Núñez Jiménez.
- ONEI (2016). «Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca». *Anuario Estadístico de Cuba 2016* (ONEI, ed.). La Habana: Oficina Nacional de Estadística e Información, pp. 223-250.
- PEARSON, K. (1900). On the Criterion that a Given System of Deviations from the Probable in. *Philosophical Magazine* 5 (50): 157-175.
- RÍOS, L. A.; W. A. SALAS y J. A. ESPINOSA (2013). «Resiliencia socioecológica de los agroecosistemas. Más que una externalidad». *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls C. I, Ríos L. A y Altieri M. A, eds.). Medellín: REDAGRES, CYTED y SOCLA, pp. 60-76.
- SALAS, W. A.; L. A. RÍOS, J. ÁLVAREZ (2011). «Bases conceptuales para una clasificación de los sistemas socioecológicos de la investigación en sostenibilidad». *Revista Lasallista de Investigación* 8 (2): 136-142.
- SARANDÓN, S. J.; C. C. FLORES, A. GARGOLOFF y M. L. BLANDI (2014). Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. En *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Sarandón S. J, Flores C. C, eds.). Argentina: Universidad de La Plata, pp. 375-410.

Recibido: 14 de junio de 2018.

Aceptado: 25 de septiembre de 2018.

CULTURA ALIMENTARIA EN FINCAS FAMILIARES CUBANAS BENEFICIADAS POR EL PROYECTO BIOMAS FASE III

M.Sc. **Madelaine Vázquez Gálvez*** y **Dra. C. Leidy Casimiro Rodríguez****

*Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental, Cubasolar.

E-mail: madelaine@cubasolar.cu

**Universidad de Sancti Spiritus.

E-mail: leidy7580@gmail.com

Resumen

El trabajo expone la investigación realizada en 25 fincas familiares cubanas del oriente y centro del país, vinculadas al proyecto Biomasa Cuba en su tercera fase recién iniciada. Se realizaron recorridos de campo y se aplicaron cuestionarios a más de 80 campesinos, para evaluar los hábitos y costumbres alimentarios de las familias campesinas, los niveles de conocimientos en nutrición e higiene de los alimentos, las preferencias en la comida, la diversidad del menú, los principios de condimentación, las frecuencias de consumo de vegetales y frutas, la salvaguarda de las tradiciones y el estado de salud, entre otros aspectos. Asimismo, se recopiló información sobre el manejo y el estado de las fincas para evaluar aspectos tecnológicos y culturales, que incluyeron a las comunidades aledañas y los niveles de autoabastecimiento y comercialización de alimentos. Los resultados reflejaron que se mantienen algunas costumbres alimentarias, las cuales están notablemente arraigadas, todavía resulta insuficiente el consumo de vegetales y frutas, persisten los hábitos de alto consumo de azúcar, se mantiene el consumo de productos convencionales, no se valora aún la alta diversidad vegetal con fines alimentarios, y los niveles de conocimientos de estas poblaciones con relación a la cultura alimentaria aún no son satisfactorios. En las fincas se observó que se aprovecha la biomasa como fuente renovable de energía para la producción de biogás y fertilizantes; sin embargo, se necesita introducir otras tecnologías apropiadas para aprovechar la energía eólica y solar, fundamentalmente, para mejorar la eficiencia energética. Las familias campesinas se autoabastecen de alimentos, como promedio en más de 75 %, no obstante se necesita agregar valor a las producciones que hoy se comercializan como materia prima.

Palabras clave: Cultura alimentaria, sostenibilidad, conocimientos, actitudes, prácticas y preferencias alimentarias, autoconsumo, comercialización.

FOOD CULTURE IN CUBAN FAMILY FARMS BENEFITING FROM THE BIOMAS PHASE III PROJECT

Abstract

The work exposes the research carried out in 25 Cuban family farms in the east and center of the country, linked to the Biomasa Cuba project in its third phase just started. Field trips were carried out and questionnaires were applied to more than 80 peasants, to assess the eating habits and customs of peasant families, knowledge levels in nutrition and food hygiene, preferences in food, menu diversity, the principles of seasoning, the frequencies of consumption of vegetables and fruits, the safeguarding of traditions and the state of health, among other aspects. In addition, information was collected on the management and status of farms to assess technological and cultural aspects, which included the surrounding communities and the levels of self-supply and commercialization of food. The results reflected that some food habits are maintained, which are remarkably entrenched, the consumption of vegetables and fruits is still insufficient, the habits of high sugar consumption persist, the consumption of conventional products is maintained, the high diversity is not yet valued vegetable for food purposes, and the levels of knowledge of these populations

in relation to food culture are not yet satisfactory. In the farms it was observed that biomass is used as a renewable source of energy for the production of biogas and fertilizers; however, other appropriate technologies need to be introduced to take advantage of wind and solar energy, fundamentally, to improve energy efficiency. Peasant families are self-sufficient for food, on average more than 75 %, however, it is necessary to add value to the productions that are now marketed as raw material.

Key words: *Food culture, sustainability, knowledge, attitudes, practices and food preferences, self-consumption, marketing.*

Introducción

El estudio toma como base el carácter complejo de la cultura alimentaria, que incorpora aspectos relacionados con lo bio-psico-social, al que se le agregan los componentes tecnológico y ambiental [Contreras y Gracia, 2005]. Según las autoras la cultura alimentaria es una categoría compleja, llena de significados que trascienden lo puramente biológico. Por sus nexos con la calidad de vida humana y planetaria deviene campo en pleno auge de intervención, donde antropólogos, sociólogos, nutricionistas, pedagogos e investigadores intentan develar las regularidades de este proceso y propiciar su transformación y mejoramiento.

La cultura alimentaria es un conjunto de valores, sintetizados en múltiples manifestaciones asociadas a los modos y estilos del comer, que constituyen reflejos del proceso histórico local y mundial en que se desarrollan, presupone una unidad entre lo biológico y lo socio-histórico-cultural, y contiene elementos afectivos. La conformación de la cultura alimentaria de cada país está muy condicionada por diversos factores [Vázquez, 2010].

Para el abordaje de la cultura alimentaria en territorios campesinos cubanos, es preciso resaltar el panorama pre-revolucionario de la alimentación en el país que se destacaba por una economía insostenible: importación de 70 % de los alimentos y 80 % del ingreso del país proveniente de la caña de azúcar [Figuroa, *et al.*, 2005].

Según Nova [2003], a finales de 1956 y principios de 1957 los miembros de la Agrupación Católica Universitaria de La Habana realizaron una encuesta para precisar cuál era la situación económica del campesinado cubano, que se destacó por bajos ingresos (546,00 pesos/año/familia), desnutrición y envejecimiento precoz; solo 4 % de los encuestados mencionó la carne como integrante de su ración alimentaria habitual. Consumía pescado menos de 1 % de los encuestados, solamente 2,12 % consumía huevo; leche: 11,22 % y pan 3,36 %. El elemento proteico básico eran los frijoles. Además, constituía el sector poblacional más atrasado higiénicamente.

La Revolución Cubana contrajo el ineludible deber de distribuir los alimentos de una forma equitativa entre todos los ciudadanos, lo que marcó, junto al bloqueo comercial decretado por el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, el inicio del racionamiento de los productos alimenticios.

Antes del llamado Período Especial la población cubana sobrepasaba los indicadores de consumo recomendados de energía y proteínas, no sufría de carencias alimentarias que se manifestaran en enfermedades crónicas visibles, aunque en los indicadores de salud aumentaban los índices de enfermedades no transmisibles. Ya durante este período la producción nacional de alimentos se redujo considera-

blemente entre 20 y 50 %, así como la importación de alimentos. En términos nutricionales, por ejemplo, en 1993 la ingestión de energía per cápita disminuyó a 1863 Kcal/día y las proteínas a 46 g/día, lo que significa una reducción de 63 y 59%, respectivamente, con relación al cuadro de 1988. En situación similar se produjo un decrecimiento en la ingestión de grasas, vitamina A, vitaminas del complejo B, hierro, calcio y otros nutrientes [Figuroa, *et al.*, 2005].

Hoy en día aún se mantienen índices elevados de importación de alimentos, que ascienden a 70 % del total de su disponibilidad [ONEI, 2018].

En este sentido es válido destacar que la agricultura familiar en el país aporta más de 75 % de los alimentos que se producen en Cuba, e históricamente ha mantenido prácticas tradicionales y agroecológicas que han posibilitado un uso más eficiente de la tierra y una mejor conservación de los suelos con relación a los sistemas agrícolas convencionales de la empresa agrícola. Muchas de estas familias campesinas han demostrado la viabilidad de desarrollar sistemas autosustentables de producción de alimentos. Todo lo anterior evidencia la importancia del fomento de la agricultura familiar para Cuba y la necesidad de incrementar la biodiversidad y cultura alimentaria para abastecer espacios insatisfechos del mercado y de la canasta doméstica.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en 25 fincas familiares con diferentes modos de tenencia y tamaño de área (Tabla 1).

Se aplicó una encuesta semiestructurada con adecuaciones creativas a la propuesta por el Instituto de Higiene de los Alimentos [Vázquez, 2010] (Anexo 1), de forma tal que se reflejaran los conocimientos y criterios de los entrevistados referidos a la nutrición, la salud, la higiene, las prácticas alimentarias, los gustos y preferencias, los principios de condimentación, la ingesta del día anterior y el estado de salud, así como las frecuencias de consumo de un grupo de alimentos vegetales. El test inicial de «Conocimientos, actitudes y prácticas alimentarias, CAP», estuvo conformado por un cuestionario de 33 preguntas, clasificadas en cuatro ejes (Nutrición y salud, Higiene de los alimentos, Prácticas alimentarias y Disponibilidad y acceso); Tabla 2. Se lograron medir los hábitos del comer en las familias visitadas y algunos elementos de acceso y disponibilidad en la interpretación de los resultados. Además se aplicó la metodología MERS [Casimiro, 2016], para identificar la capacidad de autoabastecimiento de las fincas y recolectar información diversa para valorar aspectos cualitativos del quehacer campesino en el enfoque de la producción y comercialización de alimentos.

Tabla 1. Fincas estudiadas

No	Nombre de la Finca	Municipio	Área, ha	
			Propiedad	Usufructo
1	Tierra Brava	Guantánamo		6,02
2	El Naranjito	Santiago de Cuba	73,81	
3	La Esperanza	Jiguaní	27,84	
4	La Victoria	Bayamo		40
5	Valle de las Victorias	Urbano Noris		42,84
6	Las Virtudes	Urbano Noris		40,26
7	Santa Ana	Jibara	5	
8	El Porvenir	Manatí		26,84
9	Los Peña	Manatí		67,1
10	Los Pinos	Manatí	19,05	
11	La Recompensa	Las Tunas	9	
12	La Gloriosa	Cabaiguán		26,96
13	El Renacer	Cabaiguán		28,92
14	Finca Lubov	Cabaiguán		2
15	Flor del Cayo	Cabaiguán	9,64	
16	Las Dos Rosas	Cabaiguán		12,42
17	San José	Sancti Spíritus	9,2	
18	Ríos de Agua Viva	Sancti Spíritus	3	
19	La Caoba	Sancti Spíritus		5
20	Las Manas	Cabaiguán		13,42
21	El Despertar	Cabaiguán		13,42
22	La Gloria	Contramaestre	13,42	
23	La Arboleda	Calimete	7	
24	La Coincidencia	Jovellanos		23
25	Cayo Piedra	Perico	40	

Tabla 2. Relación de preguntas que tributan a los cuatro ejes seleccionados

Eje temático	Relación de preguntas
Nutrición y salud	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 21, 22, 27, 29
Higiene	4, 5, 8, 19
Prácticas alimentarias	11, 16, 17, 20, 23, 24, 26, 31, 32, 33
Acceso y disponibilidad	25, 30

Resultados y discusión

Entre los aspectos más significativos de la aplicación de la encuesta de cultura alimentaria se destacan:

- El menú de preferencia es el tradicional (arroz, frijoles, carne de cerdo y viandas).
- Bajos niveles de consumo de pescado.
- Preferencia por los productos fritos y altos niveles de consumo de azúcar.
- Mayor conocimiento de los valores nutricionales del consumo de frutas y vegetales.
- Sobrevaloración del papel de las carnes en la dieta.
- Aproximadamente la mitad de las familias compran sus alimentos fuera de la finca.
- Cierta abandono del desayuno tradicional cubano basado en viandas cocidas, para privilegiar el consumo de leche y pan de harina de trigo.
- Los condimentos priorizados son el ajo, el tomate, el ají, la cebolla, y algunas especias. Poco uso de otras plantas aromáticas (cúrcuma, albahaca, perejil, apio, mejorana, etc.).

- Distribución inadecuada de la energía durante el día.
- Algunos desconocimientos relacionados con la higiene de los alimentos.
- Poco uso de la amplia diversidad alimentaria. Desconocimiento de otros vegetales como la coliflor, brócoli, berza, berro, entre otros.
- Mediana percepción de la relación alimentación y salud.
- Mayor preferencia y frecuencia de consumo de la remolacha, comparado con las poblaciones urbanas.
- Mayor reconocimiento de las frutas tradicionales.
- Se presenta un estilo de comer menos influenciado por la cultura del *fastfood* y de las zonas urbanas.
- Escaso reconocimiento de la necesidad de conocer las fuentes de alimentos.

Los resultados desglosados de las encuestas aplicadas se muestran en las Figuras 1-15. Se entrevistaron un total de 83 campesinos, pertenecientes a 25 fincas en ocho provincias del país (Fig. 1). Se constata un predominio del sexo femenino, y del grupo etario de 41 a 65 años (Fig. 2).

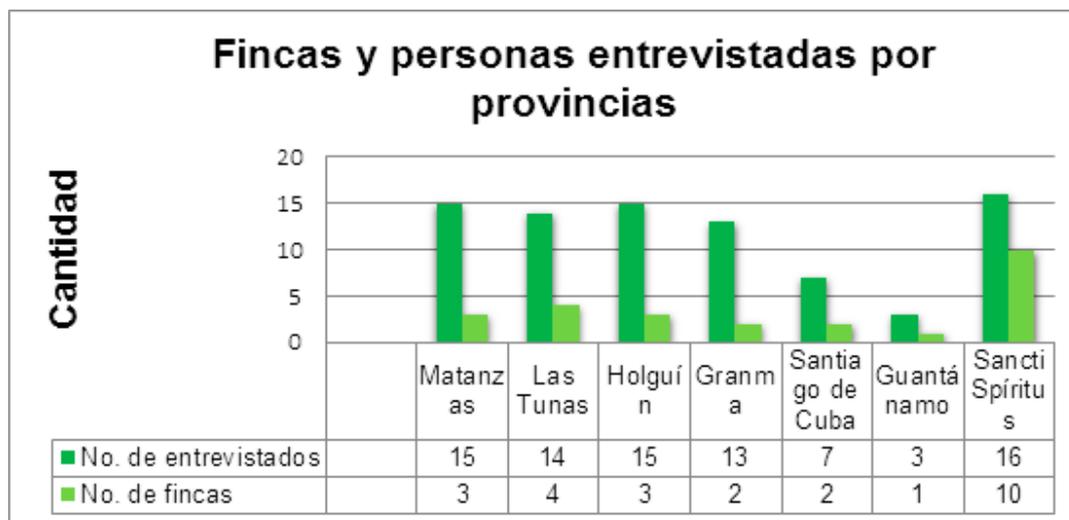


Fig. 1. Fincas y personas entrevistadas por provincias.

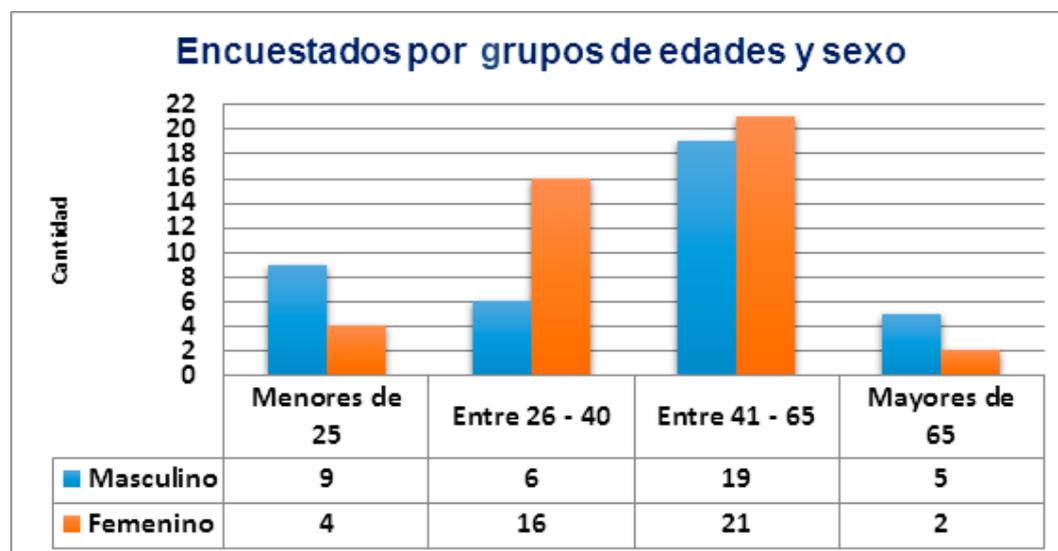


Fig. 2. Encuestados por grupos de edades y género.

En el cuestionario de 31 preguntas sobre «Conocimientos, actitudes y prácticas», fueron contestadas satisfactoriamente 70,35 %, de un total de 2573 (31 x 83) a responder (Fig. 3). Ello presupone que aún deben incrementarse los conocimientos y prácticas en esta materia. Los criterios más desfavorables se refieren a las buenas prácticas, en las que predomina el gusto exacerbado por lo dulce, la insuficiente prevalencia de la ensalada en la mesa, la comida abundante en la noche, el escaso consumo de agua y pescado, el comer en familia, entre otros factores. Algunas respuestas sobre la higiene estuvieron relacionadas con la calidad del agua y los procesos de higienización de alimentos (Fig. 4).

Con relación al acceso de los alimentos, referido al nivel adquisitivo y los niveles de precios de vegetales y frutas, 63,86 % sostuvo que eran poco asequibles (Fig. 5); mientras 9,64 % se abstuvo de contestar. Los niveles de autoabastecimiento son cubiertos en 51,81 %, lo que pudiera ser mayor. Esta cifra es inferior a la de la muestra de

las 25 fincas (75 %), ya que un porcentaje de los encuestados no vivían en las fincas, sino solo trabajaban en ellas.

Las preferencias alimentarias están sustentadas en el imaginario heredado y construido. Este eje refleja el carácter afectivo y sociocultural de lo trófico, más allá de lo biológico. En el caso de las fincas encuestadas 53,01 % prefiere el menú tradicional cubano, conpredominio de los moros y cristianos, el cerdo asado, la yuca con mojo, pollo en fricasé, entre otros, lo cual se puede considerar como un rasgo satisfactorio y distintivo del medio rural. El 21,69 % prefirió comidas más sofisticadas; mientras 25,30 % no respondieron a esa pregunta. Dentro de las frutas favoritas, se mantiene una tendencia por las frutas criollas más conocidas, con predominio del mango y la guayaba (48,19 y 73,49 %, respectivamente) (Fig. 8). De los vegetales preferidos, se destaca el gusto por el tomate (74,70 %), la col (42,17 %), el pepino (42,17 %) y la lechuga (39,76 %). Es de destacar que 12,05 % de los encuestados refirió predilección por la remolacha, lo que no es usual en la dieta cubana (Fig. 9).

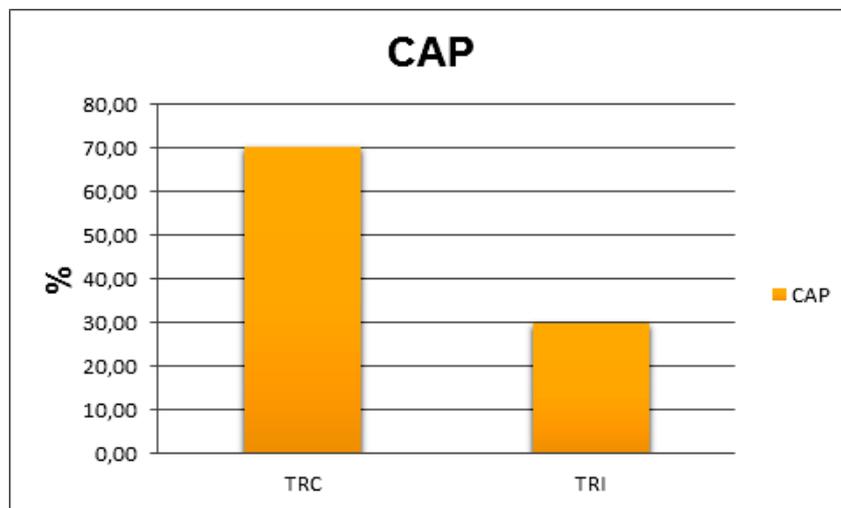


Fig. 3. Evaluación de respuestas al cuestionario.

Legenda: TRC: Total de respuestas correctas; TRI: Total de respuestas incorrectas (estas ultimas también incluyen las no contestadas y los «No sé»).

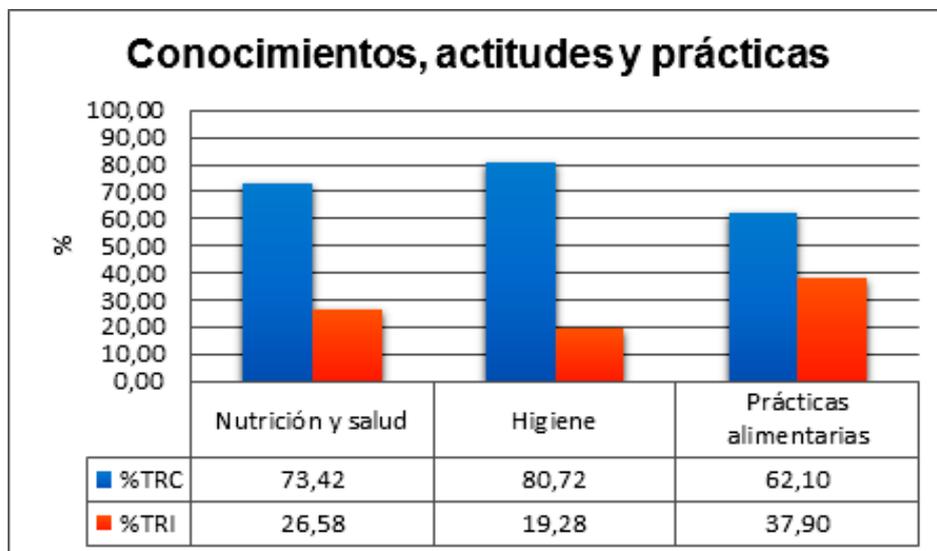


Fig. 4. Resultados del cuestionario aplicado en «Conocimientos, actitudes y prácticas alimentarias».

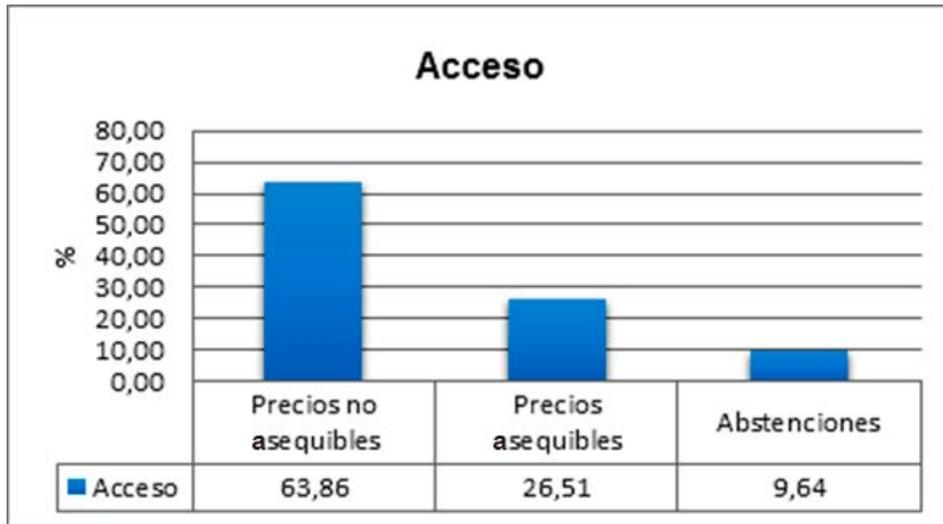


Fig. 5. Acceso a los vegetales y frutas.

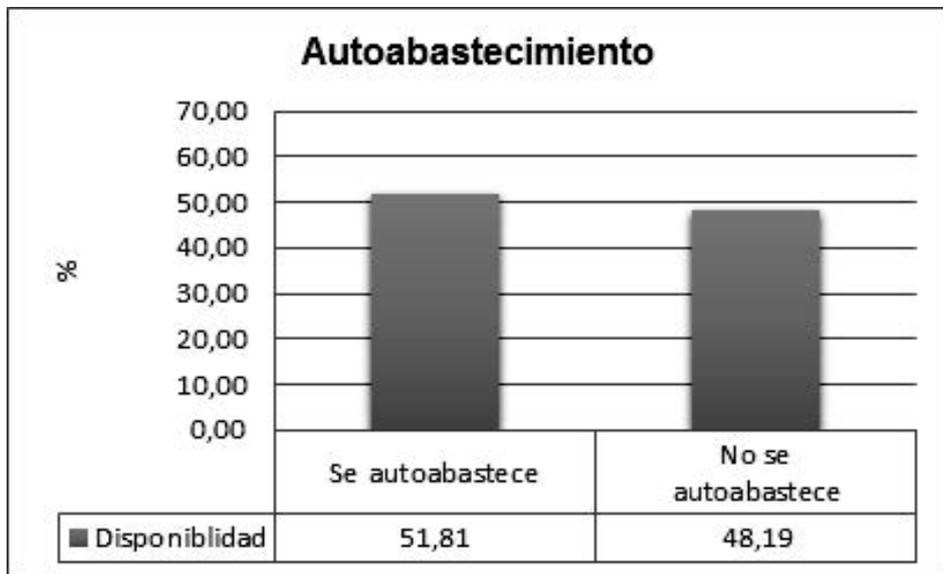


Fig 6. Niveles de autoabastecimiento.

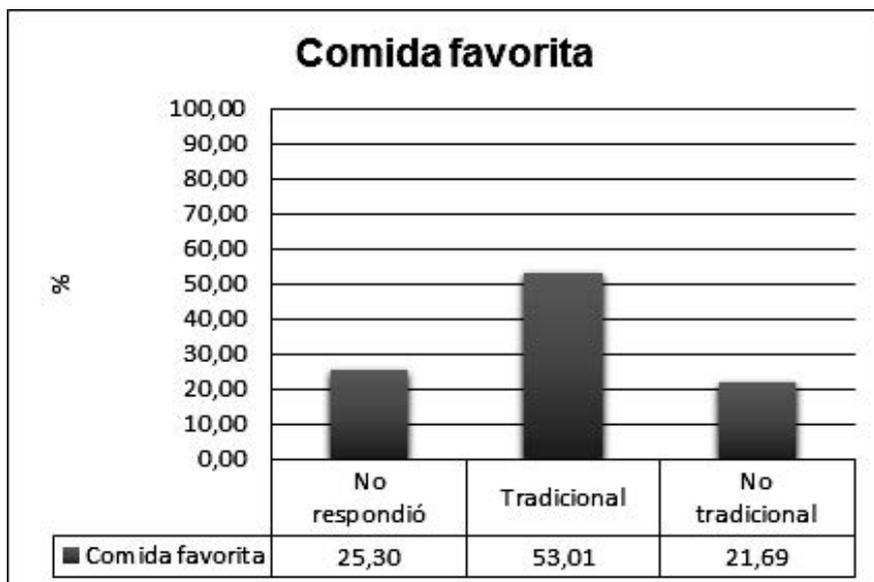


Fig. 7. Comida favorita.

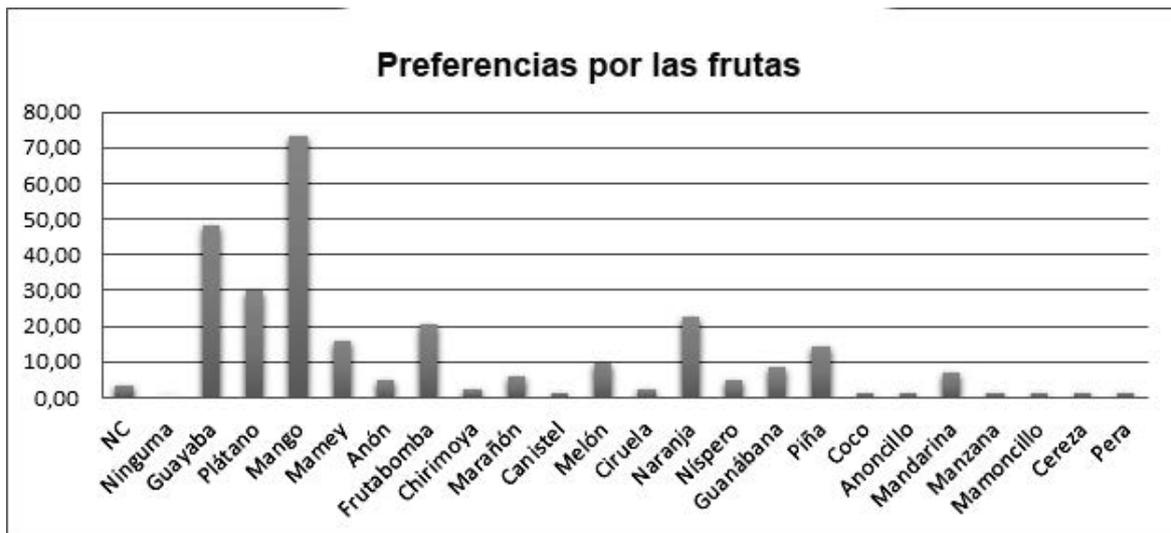


Fig. 8. Preferencias por las frutas.

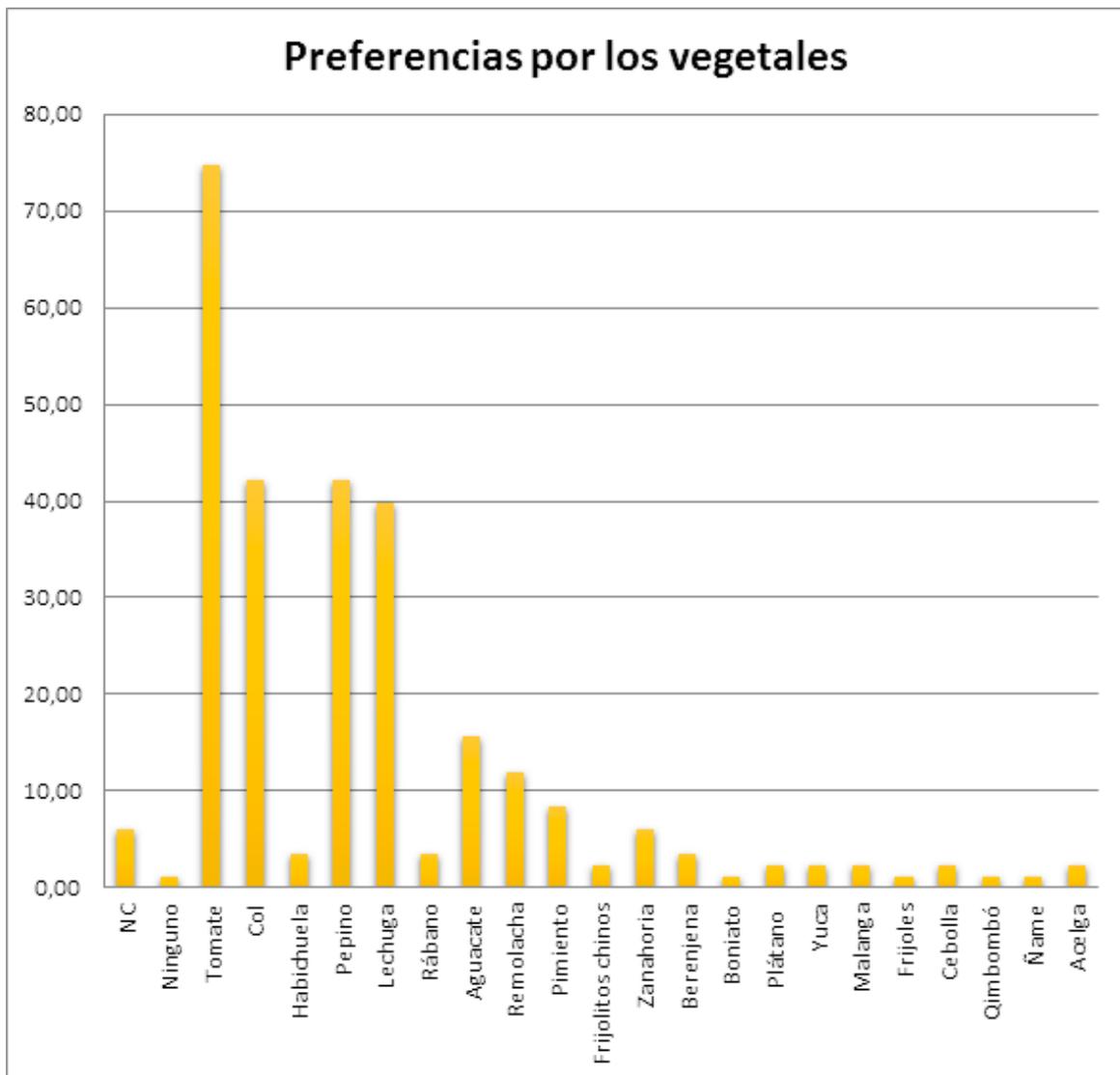


Fig. 9. Preferencia por los vegetales.

Se evaluó la ingesta diaria del día anterior, en la que se destaca que 60,24 % han ingerido cuatro o más platos, que generalmente incluyeron preparaciones a base de arroz, potaje, pollo en fricasé, cerdo, fritos, viandas hervidas y ensalada lo que se puede considerar como un resultado satisfactorio (Fig. 10).

Los principios de condimentación caracterizan la cocina de un país. En el caso de Cuba es común el uso de

cuatro plantas aromáticas distintivas que caracterizan la sazón criolla (ajo, tomate, ají y cebolla). Se suman las especias secas como comino, orégano y laurel. En el trabajo se aprecia que la mayoría utiliza los condimentos tradicionales (71,08 %) y que solo 19,20 % emplea otras aromáticas (cúrcuma, boldo, ají picante, entre otras). Solo 9,64 % declara el uso de otros condimentos artificiales como sazón completo, *Maggie*, etc. (Fig. 11).

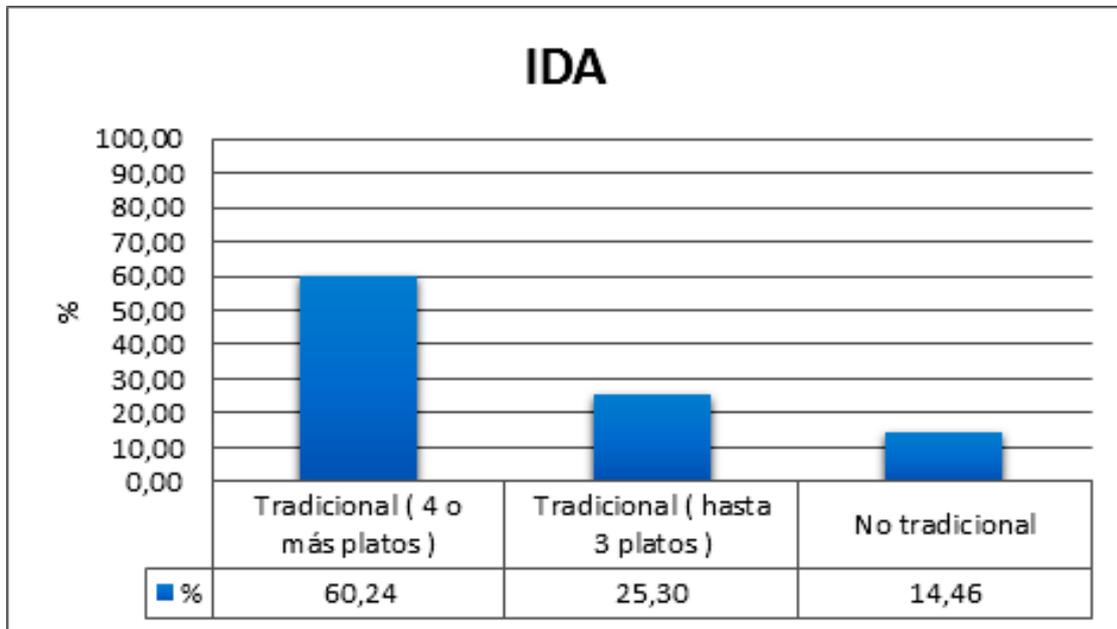


Fig. 10. Ingesta del día anterior.

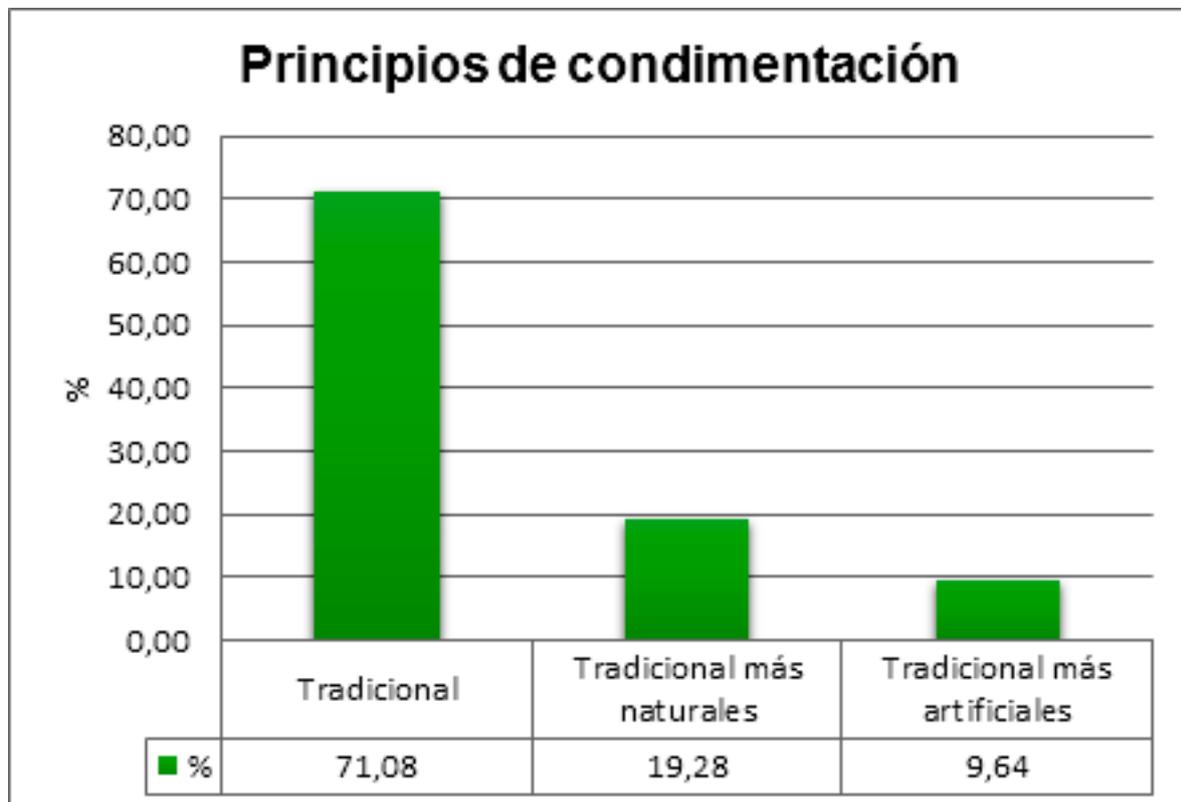


Fig. 11. Principio de condimentación.

En la actualidad se reconocen la correspondencia biunívoca entre salud y alimentación. Sin duda, los estilos de dieta inciden en la tenencia de enfermedades crónicas degenerativas que afectan a buena parte de la población mundial. En tal sentido, a pesar de que 35 % de los entrevistados son personas menores de 40 años y solo 7 % mayores de 65, se refiere 45,78 % de personas que padecen alguna enfermedad crónica (Fig. 12).

La frecuencia de consumo de viandas, vegetales y frutas depende de factores como gustos y preferencias, nivel adquisitivo, disponibilidad, estacionalidad del alimento, entre otros. En este acápite respondieron 78 personas del total 83. En las viandas se destaca el mayor consumo para la yuca (85,7 %) y el boniato (73 %), que son cultivos autóctonos; el ñame se consume solo en 21,8 % (Fig. 13). Con relación a los vegetales resaltan mayores consumos en el ají (97,4 %), tomate (91 %), pepino (83,3 %), y aguacate (83,3 %). Como elemento favorable se refiere 50% de consumo de la remolacha y 20,5 % de la berenjena.

Menos de 20 % de consumo se refiere al quimbombó, zanahoria, rábano, espinaca y berro; casi nulos resultan los consumos de brócoli, coliflor y berza (Fig. 14). En el caso de las frutas, se destaca la frecuencia muy elevada del consumo del plátano de fruta (98,7 %), guayaba (97,4) y limón (87,2 %). El canistel solo se consume con frecuencia en 6 % de los entrevistados (Fig. 15).

A partir de la aplicación de MERS se determinó que como promedio las fincas se autoabastecen en más de 75 % con una variada producción y consumo de alimentos, tanto de origen vegetal como animal, generando un excedente que se comercializa a través de canales estatales fundamentalmente, por las producciones contratadas a través de sus cooperativas con las Empresas de Acopio municipales. Las ventas las realizan en su forma bruta, las que entran en una cadena de intermediarios (estatales o privados), que elevan considerablemente los precios del producto para la venta al consumidor final en los mercados locales.

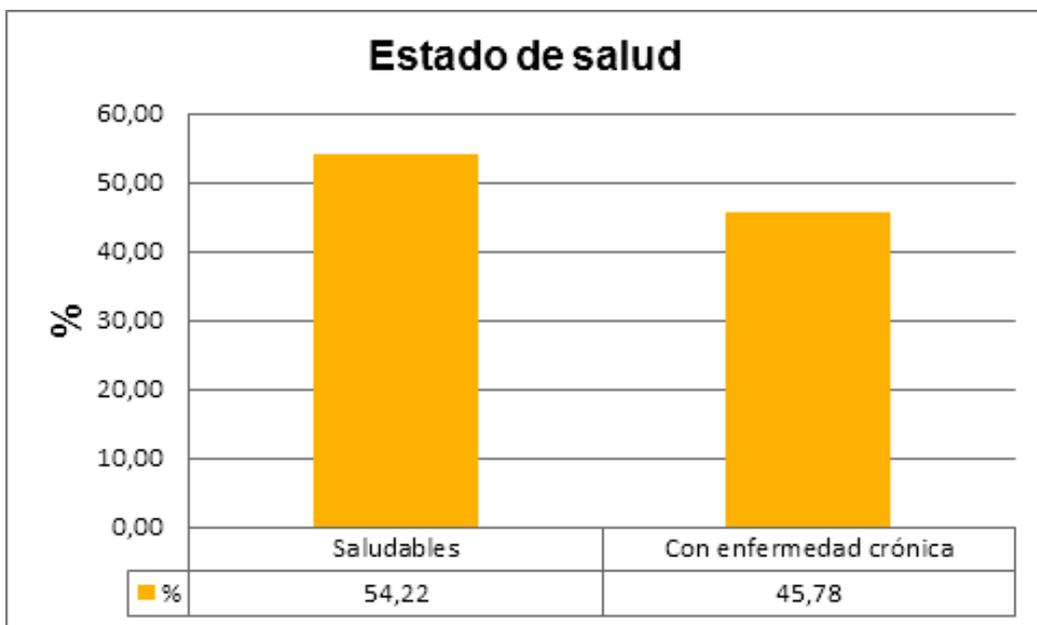


Fig. 12. Estado de salud de los entrevistados.

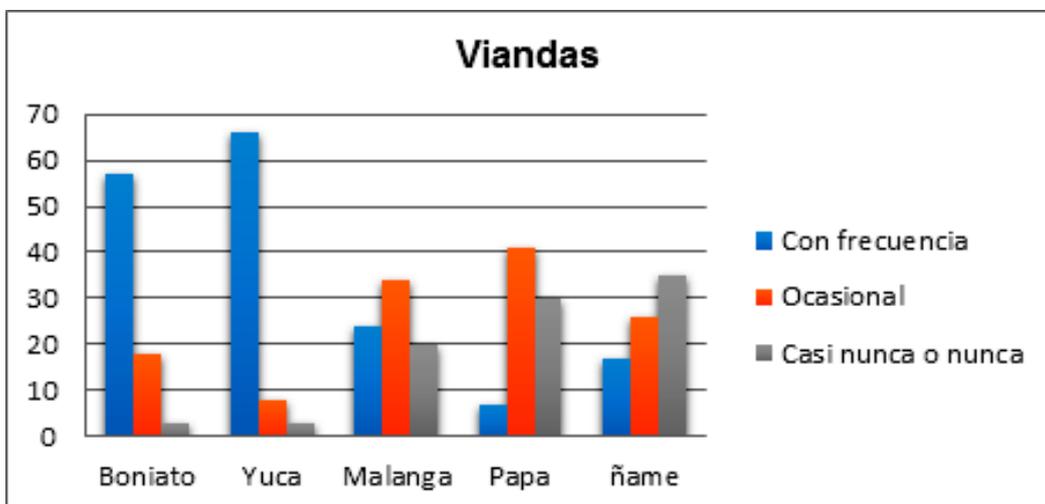


Fig. 13. Frecuencia de consumo de viandas por cantidad de personas.

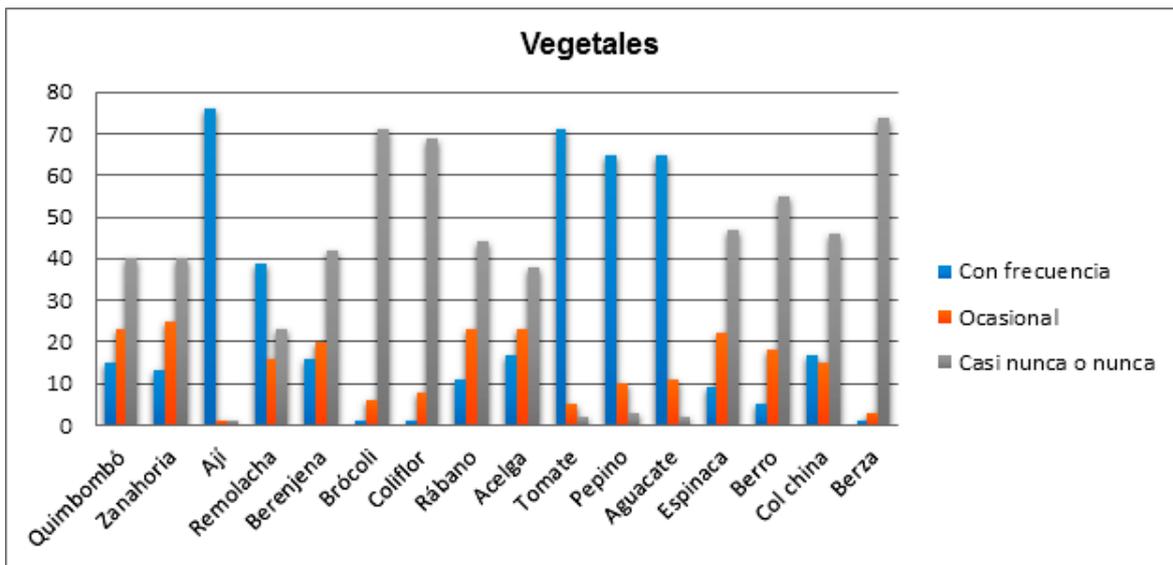


Fig. 14. Frecuencia de consumo de vegetales por cantidad de personas.

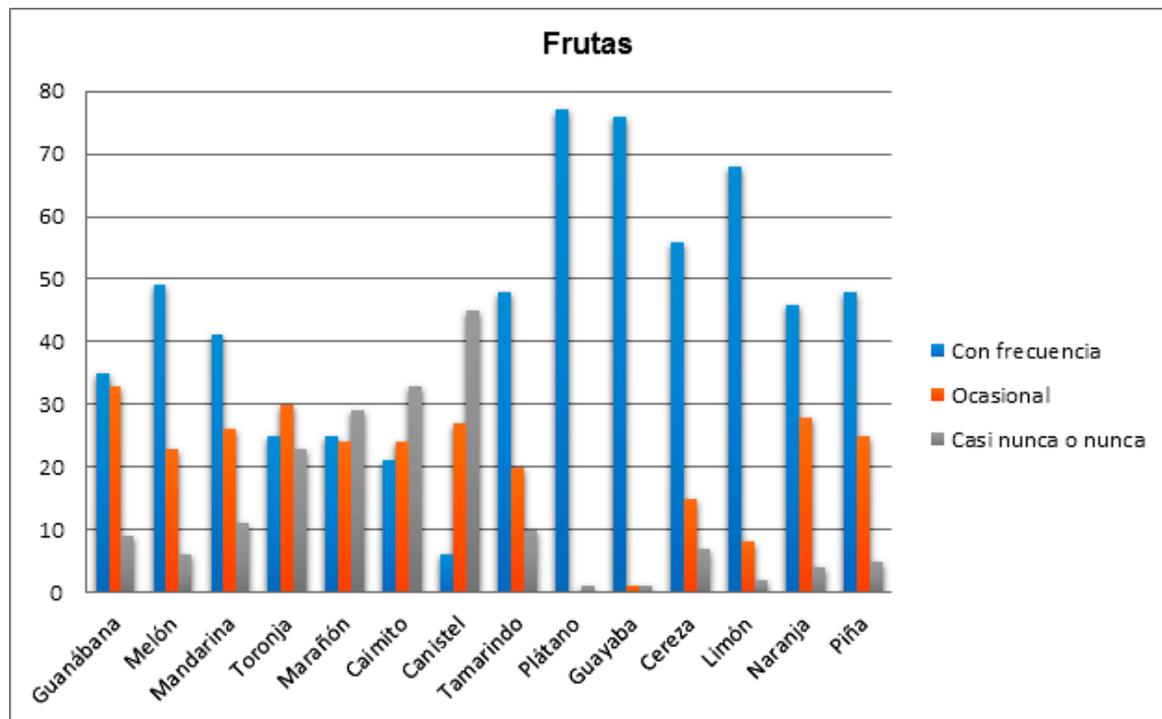


Fig. 15. Frecuencia de consumo de frutas por cantidad de personas.

No agregan valor a las producciones, pues las venden brutas al sector estatal o privado, ya sea por normativas establecidas o por la falta de cultura, infraestructuras o recursos para enriquecer y alargar el ciclo productivo de alimentos.

En este sentido, se desperdician volúmenes de la producción, algunas porque no logran beneficiarse o conservarse por parte de las familias y otras que una vez comercializadas entran en una cadena de ineficiencias en los mecanismos de comercio, beneficio, empaque, transporte, conservación, y almacenamiento, lo que refuerza los resultados de la investigación de Funes Monzote [2009] y Casimiro [2016].

Gracias a la intervención del proyecto Biomás en etapas anteriores las fincas cuentan con la tecnología del biodigestor, que les permite el procesamiento de algunos residuales y la obtención de biogás para la cocción y refrigeración de alimentos, además la producción de abonos orgánicos que a su vez han contribuido a elevar la calidad de vida de las familias y mejorar la salud de los suelos y cultivos.

Sin embargo, existe un gran potencial en todas las fincas aun desaprovechado, pues las energía eólica, hidráulica y solar como fuentes renovables de energía, no se les está dando uso a partir de tecnologías apropiadas para mejorar la eficiencia energética de los sistemas, debido

fundamentalmente a la imposibilidad de acceder a estas tecnologías, dada por la inexistencia de las mismas en el mercado local o la carestía de algunos recursos que si están disponibles itinerantemente, como el cemento, acero, etcétera.

Conclusiones

- La cultura alimentaria tiene un carácter multidimensional y puede ser abordada de manera transversal en diferentes espacios no formales.
- Sus componentes son muy diversos y vinculan varios temas, cuyos contenidos deben ser abordados de manera analítica y creativa para elevar su impacto educativo. El conocimiento de las bases de la agroecología, las ciencias de los alimentos, los sistemas energéticos sostenibles, junto a aspectos políticos y socio culturales, pudieran mejorar los hábitos alimentarios y el uso de prácticas y tecnologías agroecológicas, así como la eficiencia en la diversificación de la producción, comercialización y consumo de alimentos.
- El logro de acciones integradas para la comprensión de los nexos entre la cultura alimentaria y el contexto socioecológico, requiere de estrategias multisectoriales y con un perfil amplio, que permitan sensibilizar a la población sobre la pertinencia de mejorar las conductas alimentarias, el manejo y diseño de fincas campesinas, y la diversidad cultural y ecológica.
- El diagnóstico realizado contribuirá a las intervenciones en fincas en la tercera fase del proyecto, a definir acciones para la diversificación de la producción y el beneficio de alimentos, agregando valor a las produc-

ciones y a la sistematización de resultados que constituyan experiencias y buenas prácticas para incidir en políticas públicas que favorezcan estos procesos escalonadamente.

Bibliografía

- CASIMIRO RODRÍGUEZ, LEIDY (2016). «Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba». Tesis presentada en opción al título académico de Doctor en Agroecología. Medellín: Universidad de Antioquia.
- CONTRERAS HERNÁNDEZ JESUS y MABEL GRACIA ARNÁIZ (2005). *Alimentación y cultura. Perspectivas antropológicas*. Barcelona: Ed. Ariel, S.A. 508 p
- FIGUEROA FRADE, VILDA *et al.* (2005). *Cómo alimentarnos mejor*. La Habana: Ed. Proyecto Conservación de alimentos. 252 pp.
- FUNES-MONZOTE F. R. (2009). *Agricultura con futuro: La alternativa agroecológica para Cuba*. Primera ed. Matanzas, Cuba: Estación Experimental Indio Hatuey. 196p.
- NOVA GONZÁLEZ, ARMANDO (2003). «Situación de la alimentación en el mundo y en Cuba», *Economía y Desarrollo*, XXXIII, 132, (1): 142.
- ONEI. (2018). *Anuario Estadístico de Cuba 2017*. Primera ed. La Habana: Oficina Nacional de Estadística e Información.
- VÁZQUEZ GÁLVEZ, MADELAINE (2010). «Programa de formación de profesores en cultura alimentaria para la Cátedra Universitaria del Adulto Mayor». Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias de la Educación Superior. La Habana: Centro de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior (CEPES), Universidad de La Habana.

Anexo 1. Encuesta aplicada

PLANILLA PARA EL DIAGNÓSTICO DE FINCAS FAMILIARES CULTURA ALIMENTARIA DE LA FAMILIA

Fecha _____ Año que se evalúa _____

Nombre y apellidos del entrevistado: _____

Edad: _____

Compilador: _____

Nombre de la Finca y CCS a la que pertenece: _____

Provincia: _____ Municipio: _____

a) Test individual.

#	V	F	No sé	Por favor, diga si está de acuerdo o no con lo que aquí se enuncia. Responda con una X si es verdadero (V), falso (F) y si tiene dudas responda (No sé)
1				Muchas enfermedades se pueden prevenir con una adecuada alimentación.
2				Una práctica alimentaria saludable debe incluir al menos cinco porciones de frutas y vegetales diariamente.
3				Consumir alimentos <i>subidos de sal</i> solo daña a las personas enfermas.
4				Las manos son un vehículo frecuente en la transmisión de enfermedades digestivas.
5				En la elaboración y conservación de los alimentos, los cocinados y los crudos no deben estar juntos.
6				Los dulces y el azúcar son una buena alternativa para cuando se tiene hambre y porque nos aportan energía buena
7				Las carnes son las mejores fuentes de fibra alimentaria para el organismo humano.
8				Para lavar bien los vegetales es suficiente pasarlos varias veces por el agua de un recipiente.
9				Alimentar exclusivamente con leche materna a niños y niñas hasta el sexto mes, es un riesgo.
10				Realizar ejercicios físicos sistemáticamente mejora el estado de salud física y mental.
11				La comida de la tarde es la más importante del día.
12				Las grasas pueden utilizarse para freír todas las veces que se quiera.
13				Consumir frutas cítricas en las comidas ayuda a prevenir la anemia.
14				Para estar bien alimentado es necesario comer carne al menos una vez todos los días.
15				Las carnes rojas son más nutritivas que el pescado y el pollo.
16				Para que los(as) niños(as) acepten mejor un nuevo alimento, debe mezclársele con algo dulce.
17				Comer en familia es un hábito que, para mí, ya no tiene sentido en la actualidad.
18				Las frutas y vegetales son una buena fuente de fibra dietética.
19				El agua que se vea cristalina y limpia se puede tomar sin hervir.
20				La ensalada es un plato secundario en el menú de casa.
21				Los alimentos que más vitaminas y minerales aportan son las frutas y vegetales.
22				Los alimentos más ricos en colesterol son las vísceras: hígado, riñón y corazón.

Cultura alimentaria en fincas familiares cubanas...

#	V	F	No sé	Por favor, diga si está de acuerdo o no con lo que aquí se enuncia. Responda con una X si es verdadero (V), falso (F) y si tiene dudas responda (No sé)
23				Generalmente tomo poco agua durante el día.
24				No es muy común en casa el consumo de pescado.
25				Generalmente todo lo que cocino proviene de nuestra finca.
26				En un buen desayuno son indispensables la leche y el pan con mantequilla.
27				Los frijoles son una buena fuente de proteínas, y combinados con el arroz pueden sustituir las carnes.
28				Una comida sin postre no tiene valor para mí.
29				Los alimentos correctamente fritos son más saludables que los hervidos.
30				Los precios de la mayoría de las frutas y vegetales están al alcance de mis posibilidades.
31				En casa yo soy la (él) que cocina.
32				Se debe echar azúcar a los jugos, refrescos y yogur para que sepan mejor.
33				La carne de res es mi carne preferida.

b) Describe su comida favorita.

c) ¿Qué comió ayer?

d) Dígame tres vegetales y tres frutas favoritas.

e) Dígame los condimentos que se usan en casa para cocinar.

f). Describa las enfermedades que padece.

g) Señale la frecuencia de consumo de estos vegetales, viandas y frutas.

Vegetales/viandas/frutas	Frecuencia de consumo		
	Con frecuencia	Ocasional	Casi nunca o nunca
Boniato			
Yuca			
Malanga			
Papa			
Quimbombó			
Zanahoria			
Remolacha			
Berenjena			
Brócoli			
Coliflor			
Rábano			
Acelga			
Tomate			
Pepino			
Aguacate			
Espinaca			
Berro			

Vegetales/viandas/frutas	Frecuencia de consumo		
	Con frecuencia	Ocasional	Casi nunca o nunca
Col china			
Berza			
Ñame			
Guanábana			
Melón			
Mandarina			
Toronja			
Marañón			
Caimito			
Canistel			
Tamarindo			
Plátano			
Guayaba			
Cereza			
Limón			
Naranja			
Piña			

Recibido: 14 de junio de 2018.

Aceptado: 25 de septiembre de 2018.